

2. 研究報告

2. 1. 研究課題

本節には、気象研究所が平成 28 年度に実施したすべての研究について、研究区分（または外部資金）ごとに分類し、研究課題名を掲載している。

重点研究・一般研究

重点研究は、中期研究計画の 5 年間（平成 26 年度開始）に達成すべき研究目標を見据え、5 年以内に業務化のめどをつける問題解決型の研究・技術開発である。また、一般研究は、5 年～10 年後をめどとした実用化をめざす基盤的な研究・技術開発である。平成 28 年度は、次の 20 件の課題を実施した。

（A）「台風・集中豪雨対策の強化」分野

課題区分	研究課題	研究期間	代表研究部
重点研究	（A1）メソスケール気象予測の改善と防災気象情報の高度化に関する研究	H26～H30	予報研究部
重点研究	（A2）顕著現象監視予測技術の高度化に関する研究	H26～H30	気象衛星・観測システム研究部
重点研究	（A3）台風の進路予報・強度解析の精度向上に資する研究	H26～H30	台風研究部
重点研究	（A4）沿岸海況予測技術の高度化に関する研究	H26～H30	海洋・地球化学研究部
一般研究	（a5）大気境界層過程の乱流スキーム高度化に関する研究	H26～H30	環境・応用気象研究部

（B）「地震・津波・火山対策の強化」分野

課題区分	研究課題	研究期間	代表研究部
重点研究	（B1）緊急地震速報の予測手法の高度化に関する研究	H26～H30	地震津波研究部
重点研究	（B2）地震活動・地殻変動監視の高度化に関する研究	H26～H30	地震津波研究部
重点研究	（B3）津波の予測手法の高度化に関する研究	H26～H30	地震津波研究部
重点研究	（B4）大規模噴火時の火山現象の即時把握及び予測技術の高度化に関する研究	H26～H30	火山研究部
重点研究	（B5）地殻変動観測による火山活動評価・予測の高度化に関する研究	H26～H30	火山研究部
重点研究	（B6 後継）南海トラフ沿いのプレート間固着状態監視と津波地震の発生状況即時把握に関する研究	H28～H32	地震津波研究部
重点研究	（B7）火山ガス観測による火山活動監視・予測に関する研究	H28～H32	火山研究部

(C) 「気候変動・地球環境対策の強化」分野

課題区分	研究課題	研究期間	代表研究部
重点研究	(C1) 気候モデルの高度化と気候・環境の長期変動に関する研究	H26～H30	研究調整官
重点研究	(C2) 季節予報の高度化と異常気象の要因解明に関する研究	H26～H30	気候研究部
重点研究	(C3) 地球環境監視・診断・予測技術高度化に関する研究	H26～H30	環境・応用気象研究部
一般研究	(c4) 放射収支の監視システムの高度化と気候変動要因解明に関する研究	H26～H30	気候研究部
一般研究	(c5) 雪氷物理過程の観測とモデル化による雪氷圏変動メカニズムの解明	H26～H30	気候研究部
一般研究	(c6) 大気海洋結合データ同化システムの開発に関する研究	H26～H30	研究調整官
一般研究	(c7) 海洋モデルの高度化に関する研究	H26～H30	海洋・地球化学研究部
一般研究	(c8) 環境要因による局地気候変動のモデル化に関する研究	H26～H30	環境・応用気象研究部

地方共同研究

地方共同研究は、気象業務の現場において取り組むべき研究課題について、気象研究所と気象官署が共同して行う研究である。地方共同研究により、気象業務の現場における潜在的なニーズを的確にとらえ、気象研究所の研究方針や内容に適宜反映させることによって、気象業務の高度化に貢献する。また、研究活動を通じて気象研究所と気象官署の連携を強化し、気象官署における調査業務の支援を図るとともに、職員の資質向上にも貢献する。平成28年度は、次の5件の課題を実施した。

研究課題	研究期間	実施官署	担当研究部
桜島噴火に伴う降下火山レキによる被害軽減のための研究	H26～H28	鹿児島地方気象台	火山研究部
高頻度衛星雲観測を活用した急速に発生発達する降水系に関する研究	H27～H28	東京管区気象台、水戸地方気象台、宇都宮地方気象台、熊谷地方気象台、横浜地方気象台	予報研究部
フェーズドアレイレーダーを用いた顕著現象発生メカニズムに関する研究	H27～H28	大阪管区気象台、京都地方気象台、神戸地方気象台、関西航空地方気象台	気象衛星・観測システム研究部
LETKFを利用した広島の大雨の調査	H27～H28	広島地方気象台	予報研究部
沖縄地方（島嶼部）における荒天時地動ノイズの特性調査と震源自動決定処理への応用	H28～H29	沖縄気象台、石垣島地方気象台、宮古島地方気象台、南大東島地方気象台	地震津波研究部

若手研究

若手研究は、気象研究所内の若手研究者が革新的研究テーマに挑戦して実施する萌芽的研究である。平成28年度は、次の2件の課題を実施した。

研究課題	研究期間	担当研究者
GNSSによる火山性地殻変動の検出とその評価手法の高精度化	H28	火山研究部 岡田 純
エンベロープを利用した同時発生する地震に対応した震源決定の試み	H28	地震津波研究部 小木曾 仁

他省庁予算による研究

他省庁予算による研究は、国土交通省以外の省庁が運用する制度のもとで実施する研究である。平成28年度は、次の11件の課題を実施した。

(1) 地球環境保全等試験研究費による研究（環境省）

地球環境保全等試験研究費は、地球環境問題のうち、地球温暖化分野を対象として、各府省が中長期的視点から計画的かつ着実に関係研究機関において実施すべき研究に活用される経費である。

研究課題	研究期間
民間航空機による温室効果ガスの3次元長期観測とデータ提供システムの構築	H28～H32
分光日射観測とデータ同化によるエアロゾル・雲の地表面放射収支に与える影響監視に関する研究	H26～H30
南鳥島における多成分連続観測によるバックグラウンド大気組成変動の高精度モニタリング	H26～H30

(2) 環境研究総合推進費による研究（環境省）

環境研究総合推進費は、研究活動による科学的知見の集積や科学的側面からの支援等を通じ、オゾン層の破壊や地球温暖化など、数々の地球環境問題を解決に導くための政策に貢献・反映を図ることを目的とした研究に活用される経費である。

研究課題	研究期間
SLCPの環境影響評価と削減パスの探索による気候変動対策の推進	H26～H30
地球温暖化に関わるブラックカーボン放射効果の総合的評価	H26～H28
統合的観測解析システムの構築による全球・アジア太平洋の炭素循環の変化の早期検出	H26～H28
歴史的海洋表層水温観測データの再整備とその気候学的評価	H27～H29
地球温暖化に伴う気候変動と日本・東アジア域の降水現象の変化に関する研究	H27～H29
多様な環境影響評価に資する風送エアロゾル濃度分布情報提供システムの構築	H27～H29

PM2.5 の成分組成、酸化能、呼吸器疾患ハザードとそのモデル予測に関する研究	H28～H30
---	---------

(3) 放射能調査研究費による研究（環境省）

放射能調査研究費は、放射能・放射線に対する国民の安全を確保し、安心感を醸成するため、環境中の天然放射能、及び核爆発実験、原子力施設、投棄された放射性廃棄物等からの人工放射能の環境放射能レベルに関する調査研究を目的とする研究に活用される経費である。

研究課題	研究期間
人工放射性核種のバックグラウンド大気監視と数値解析に関する研究	H27～H31

共同研究

共同研究は、気象研究所が、その所掌事務と密接に関連する事項について、気象庁以外の者と共同して行う調査及び研究である。平成 28 年度は、次の 62 件の共同研究を実施した。

共同研究の体制区分	研究課題名	相手機関
地球環境変動観測ミッション (GCOM)	地上放射観測網からの GCOM-C 大気プロダクト検証データの提供	宇宙航空研究開発機構
	改良粒子散乱モデルを用いた氷雲・エアロゾル解析手法の開発	
降水観測ミッション (PMM)	GSMaP とアンサンブル予測を利用した顕著現象の監視から予測までの包括的プロダクトの開発	宇宙航空研究開発機構
	台風の暖気核形成への潜熱加熱の寄与の評価	
	TRMM 統計から求められたマルチレジーム物理量 PDF を用いた、次世代 MW 降水アルゴリズム	
	GPM 及び GSMaP データを用いた台風強度の統計予報モデルの開発	
陸域観測技術衛星 (ALOS-2)	干渉 SAR 手法を用いたプレート間固着による定常的な地殻変動の検出	宇宙航空研究開発機構
気候変動リスク情報創生プログラム	直面する地球環境変動の予測と診断	東京大学大気海洋研究所
	気候変動リスク情報の基盤技術開発	筑波大学
気候変動適応技術社会実装プログラム (SI-CAT)	「気候変動適応技術社会実装プログラム (信頼度の高い近未来予測技術の開発及び超高解像度ダウンスケーリング技術の開発)」に関わる近未来予測及び海洋ダウンスケーリング手法の開発	海洋研究開発機構
	「気候変動適応技術社会実装プログラム (信頼度の高い近未来予測技術の開発及び超高解像度ダウンスケーリング技術の開発)」に伴う超高解像度ダウンスケーリング技術の確立・汎用化	海洋研究開発機構、防災科学技術研究所

ポスト「京」重点課題	ポスト「京」重点課題④「観測ビッグデータを活用した気象と地球環境の予測の高度化」に関わる革新的な数値天気予報と被害レベル推定に基づく高度な気象防災の開発	海洋研究開発機構
UAE 降水強化プロジェクト	意図的・非意図的気象変化に関する研究	名古屋大学
戦略的創造研究推進事業 CREST	ビッグデータ同化による局地的豪雨予測のための数値天気予報に関する研究	理化学研究所
	「サステナブル漁業に向けたデータ指向型リアルタイム解析基盤の開発」における On-Spot データ同化手法の開発	海洋研究開発機構
NEDO 太陽光	電力系統出力変動対応技術研究開発事業	東京大学生産技術研究所

・その他の共同研究

研究課題名	相手機関
成層圏対流圏結合の力学的化学的予測可能性の研究	京都大学防災研究所
領域化学モデルと降水物理化学観測によるエアロゾルの湿性除去過程の解明	兵庫県、国立環境研究所
アンサンブル予報による顕著現象の予測可能性研究	筑波大学計算科学研究センター
衛星雲・降水観測データのデータ同化システムの構築に関する研究	宇宙航空研究開発機構
エアロゾルモデルの高度化研究	理化学研究所
衛星搭載3次元風観測ドップラーライダー開発・利用に関する研究	情報通信研究機構
局地的シビア現象のための将来型センシング技術および探知・予測に関する研究	大阪大学
Jcup と Scup を統合したカップラーの開発	高度情報科学技術研究機構
気象研究所大気大循環モデル (MRI-AGCM) を用いた気候変動の影響評価に関する研究	京都大学防災研究所
領域気候モデルを活用したメッシュ気象データの精度向上	海洋研究開発機構
4次元変分法データ同化システムを用いた高分解能海洋再解析	海洋研究開発機構
エアロゾルモニタリングシステム開発に関する研究	宇宙航空研究開発機構、九州大学、国立環境研究所
エアロゾル数値モデルによる黄砂の再現と精度検証に関する研究	鳥取大学
領域気候モデルの比較を通じた我が国の温暖化予測の精度向上及び電力設備の温暖化影響評価	電力中央研究所
サーモカメラを用いた熱画像風速測定法 (TIV) による大手町露場内の面的風向風速分布観測	東京工業大学、産業技術総合研究所
GOSAT-2 のデータ解析システム開発に関する研究	国立環境研究所
海洋生態系モデルの社会的利用に向けた海洋生態系同化モデルの開発	北海道大学

地形が大気境界層における拡散現象に及ぼす影響の研究	龍谷大学
粒子画像解析に基づく乱流計測技術に関する研究	国立環境研究所
フェーズドアレイ気象レーダーによる顕著現象の探知に関する基礎研究	情報通信研究機構
次世代型衛星搭載雲降水レーダ開発・利用に関する研究	情報通信研究機構
GNSS データと地震計データを用いた断層すべり推定に関する研究	国土地理院
東海地域における弾性波アクロスを用いた地殻状態変化検出に関する研究	名古屋大学、静岡大学
気候システムの形成と変動に係わる諸過程の研究	筑波大学
民間航空機を用いた温室効果ガス観測に関する研究	国立環境研究所、日本航空株式会社、株式会社ジャムコ、JAL 財団
南鳥島におけるハロカーボン類のモニタリング	国立環境研究所
エアロゾルモデルのモジュールの開発と検証に関する共同研究	東京大学、名古屋大学
高精度センシング技術を用いた、列車運行判断のための災害気象の監視・予測手法の開発	東日本旅客鉄道株式会社
地殻変動データを活用した火山活動等に関する研究	神奈川県温泉地学研究所
南海トラフ沈み込み帯におけるゆっくりすべりに関する共同研究	京都大学防災研究所、東北大学
気象レーダーを活用した火山噴煙に関する研究	鹿児島大学
プレート境界の海底地震活動に関する共同研究	東海大学
南九州の活動的火山の災害軽減に関する共同研究	京都大学防災研究所、防災科学技術研究所、気象庁地震火山部
SSR モード S 気象データによる数値予報の精度向上と航空機の安全運航に関わる気象予測情報の高度利用に関わる研究	電子航法研究所
現地観測と気象予報モデルの連携による極域気候システムの動態の解明	情報・システム研究機構
大雨や大雪をもたらす降水雲・降雪雲の観測的数値的研究	北海道大学
海洋大循環モデル COCO,RIAMOM,kinako,OFES,MRI.COM の開発・改良共有基盤の構築	東京大学、九州大学、北海道大学、海洋研究開発機構
静止海色衛星による海表面塩分の高時空間分解能観測データセットを用いた日本沿岸モデルの再現性検証	神戸大学
北太平洋深層循環における東西経路の解明	東京大学大気海洋研究所
避雷飛行支援システムの研究開発	宇宙航空研究開発機構、海上・港湾・航空技術研究所
水蒸気のリモートセンシングに関する研究開発	情報通信研究機構
なだれ予測の精度向上に資する積雪変質モデルの基礎的研究	防災科学技術研究所
稠密地上気象観測と数値モデルによる降雪雲の微細構造に関する研究	酪農学園大学
バイオエアロゾル放出源を考慮したエアロゾルモデルの高度化	茨城大学、国立環境研究所

台風解析・予報の高度化に資する台風発生の環境要因の解析及びメカニズム推定	横浜国立大学、気象庁予報部
積雪粒径測定手法の相互比較実験（その2）	防災科学技術研究所

公募型共同利用による研究

公募型共同利用による研究は、大学及び研究機関の教官または研究者が研究代表者となり、他の研究機関の研究者とともに、特定の研究課題について当該研究所の施設、設備、データ等を利用して共同で行う研究である。平成28年度は、次の13件の研究を実施した。

相手機関	共同利用区分	課題名	期間
北海道大学 低温科学研究所	共同研究	落下中の降雪粒子の融解過程を表現可能なバルク微物理モデルの開発	H28
統計数理研究所	共同研究	海洋データ同化システムに用いる誤差情報の高度化に関する研究（2）	H28
鳥取大学 乾燥地研究センター	共同研究	エアロゾル数値モデルと観測データの比較による黄砂発生プロセス理解の深化	H28
九州大学 応用力学研究所	共同研究	静止気象衛星データと地球観測衛星データを複合的に利用した氷雲の解析	H28
海洋研究開発機構	共同研究	複数の次世代非静力学全球モデルを用いた高解像度台風予測実験	H28
千葉大学環境リモートセンシング研究センター	共同研究	多波長マイクロ波放射計データを用いた水物質量リトリバルの研究	H28
		GOSATと大気輸送モデルを用いたCO ₂ ・CH ₄ の濃度変動の解析	H28
新潟大学災害・復興科学研究所	共同研究	偏西風蛇行が引き起こす日本海側地域における顕著大気現象発現の特徴抽出と早期予測に向けて	H28
東京大学地震研究所・京都大学防災研究所	拠点間連携共同研究	緊急地震速報を利用した建物地震災害誘因のリアルタイム予測	H28～H29
東京大学 地震研究所	共同利用	首都圏地震観測網を用いた局地的大雨等の予測精度向上のための研究	H28
		都市の脆弱性が引き起こす激甚災害の軽減化プロジェクトデータ	H28
		歴史地震の古文書及びその解読文	H28
京都大学 生存圏研究所	共同研究	船舶搭載GNSSによる水蒸気解析精度向上に関する研究	H28

科学研究費助成事業による研究

科学研究費助成事業（科研費）は、人文・社会科学から自然科学まであらゆる分野で、独創的・先駆的な研究を進展させることを目的として文部科学省、日本学術振興会により制度化されている研究助成費であり、研究者が計画する学術研究に対して、ピア・レビュー（専門分野の近い複数の研究者による審査）が行われ、重要と認められた計画に助成される「競争的研究資金」である。

なお、科研費は個人としての研究者に交付されるものであるが、研究者が所属する研究機関が、科研費について管理・諸手続を研究者に代わって行うことと定められている。

【研究代表者として実施している研究課題】

課題区分	課題名	研究期間
新学術領域研究 (計画研究)	太陽活動が海洋変動と気候に与える影響の解明	H28～H29
	黒潮再循環域の表層・亜表層における生物地球化学的循環の解明	H28～H29
	放射性物質の大気沈着・拡散過程および陸面相互作用の理解	H24～H28
基盤研究(A)	超高解像度観測と数値モデルによる大雪や突風をもたらす降雪雲の動態に関する研究	H26～H28
基盤研究(B)	冬季関東を巨大チャンバーに模した、CCN生成過程に関する研究	H27～H31
	機動的海洋気候変動研究に資する海洋モデル駆動用リアルタイムデータセットの構築	H27～H30
	熱帯太平洋観測システム効率化への成長擾乱・時空間変動特性の利用に関する研究	H27～H30
	偏波・フェーズドアレイレーダー統合システムを利用した積乱雲電荷構造の超高速解析	H27～H30
	マルチスケール大気放射モデルを用いた全球雲解像放射エネルギー収支の定量化	H27～H29
	アンサンブルデータ同化のための最適摂動手法に関する研究	H28～H31
	実時間地震動予測：実況値を反映させる手法の構築	H25～H28
	豪雨の主要因となる海上での下層水蒸気の蓄積メカニズム解明	H25～H28
	太陽活動の北極振動への影響とメカニズムの解明	H26～H28
	局地的大雨予測のための可搬性に優れた次世代型水蒸気ライダーの開発	H26～H28
基盤研究(C)	巨大火山噴火が気候・生態系へ及ぼす影響：地球システムモデルによる解析	H25～H28
	1990年代半ばに生じた熱帯太平洋十年規模変動の位相反転メカニズムの解明	H26～H28
	データ同化による日本沿岸の10日から10年スケールの水位変動メカニズムの解明	H26～H28
	二重偏波レーダーによる豪雨の高精度直前予測手法の開発	H27～H29
	台風強度予測精度向上のための台風強化停止プロセスの解明	H27～H29
	数値予報精度改善に向けた、衛星搭載風ライダーのシミュレーションと同化に関する研究	H27～H29

	雲解像モデルのアンサンブルに基づく同化システムを用いた台風発生過程の解明	H27～H29
	二重偏波レーダーと数値シミュレーションを用いたスーパーセル竜巻の前兆現象の解明	H27～H29
	台風及び非台風降水の地球温暖化による変化予測	H28～H30
	階層的なモデルの比較を通じた台風強度の理解	H28～H30
	氷粒子の多様性を考慮したバルク法雲微物理モデルの設計と構築	H28～H30
	発生初期における巻雲の氷晶発生・成長機構解明に関する実験的研究	H28～H30
若手研究(A)	全球エアロゾル化学気候モデルの開発と黒色炭素粒子の放射効果の高精度評価	H26～H29
若手研究(B)	中部山岳域における積雪分布と積雪構造の把握、及び地球温暖化に伴う積雪変化予測	H26～H28
	アダプティブセンサネットワークを用いた新たな雷放電標定手法の開発と顕著気象予測	H26～H28
	気候モデルによるアンサンブル季節予報を用いた極端異常気象予測	H26～H28
	LESのための接地境界条件の提案	H26～H28
	メソモデルの高解像度化に向けた新たな大気境界層乱流モデルの構築	H26～H28
	大気海洋結合データ同化手法を用いた台風予測可能性の解明	H26～H28
	降水の物理・化学同時観測と気象化学モデルによるエアロゾル湿性除去機構の解明	H27～H28
	リアルタイム津波予測に向けた沿岸の津波伝播特性の補正法の高度化	H27～H29
	海底熱源が作る深層循環3次元構造の解明と物質循環への影響	H27～H30
	気候に影響を与える光吸収性有機エアロゾルの個別粒子解析に関する研究	H28～H30
次世代データ同化とアンサンブルシミュレーションによる積乱雲の発生・発達機構の解明	H28～H30	
薄氷から厚氷までの全海氷データ同化による北極海熱・水輸送解析と気候変動予測の改善	H28～H31	
特別研究員奨励費	非静力学地域気候モデルを用いた東南アジアにおける将来気候変化予測	H27～H28
	高解像度全球予報システムによる成層圏界面上昇現象のメカニズム及び予測可能性の解明	H28～H30

【研究分担者として実施している研究課題】

課題区分	研究課題	研究期間
特別推進研究	グローバル水文学の新展開	H28～H32

新学術領域研究 (研究領域提案型)	福島原発事故により放出された放射性核種の環境動態に関する学際的研究	H24～H28
	放射性降下物大気輸送モデリングと移行過程の理解	H24～H28
	海洋生元素地理の高精度観測からの新海洋区系	H24～H28
	太陽周期活動の予測とその地球環境影響の解明	H27～H31
基盤研究(S)	成層圏 - 対流圏結合系における極端気象変動の現在・過去・未来	H24～H28
	過去 120 年間に於けるアジアモンスーン変動の解明	H26～H30
	豪雨と暴風をもたらす台風の力学的・熱力学的・雲物理学的構造の量的解析	H28～H32
基盤研究(A)	南極海洋生態系センチネル研究－事前観測－	H24～H28
	全球雲微物理特性解明のための次世代複合型アクティブセンサ解析システムの開発	H25～H28
	東アジアの人為起源エアロゾルの間接効果	H26～H29
	熱帯大気海洋系変動と日本の異常天候に関する数値的研究	H26～H29
	エアロゾル地上リモートセンシング観測網による数値モデルの気候変動予測の高度化	H27～H31
	次世代積雪物理量測定技術開発と精密積雪物理モデルに基づく雪氷圏変動監視手法の確立	H27～H31
	等温位/等密度座標に基づく大気/海洋大循環の解析	H27～H31
	海峡力学過程の統合と解剖	H28～H32
	日本周辺の海面水温場が局所的な豪雨・豪雪の予測可能性に与える影響の定量的評価	H28～H31
	遠隔操作の多項目観測による西之島形成プロセスの解明	H28～H30
	近年のグリーンランド氷床表面の暗色化と急激な表面融解に関する研究	H28～H31
基盤研究(B)	衛星搭載アクティブ・パッシブセンサーデータの複合利用による全球エアロゾル解析	H27～H29
	大気中アルゴン濃度の超高精度観測に基づく気候システム温暖化のモニタリング	H27～H29
	階層ベイズモデルを用いたリアルタイム津波予測の高正確度・高精度化に関する研究	H27～H30
	エアロゾル複合分析と個別粒子解析に基づくアジア低緯度域の粒子混合状態の解明	H28～H30
	アジアのオゾン汚染の実態把握と越境汚染の影響評価：衛星観測と化学輸送モデルの比較	H28～H30
	降水時の爆発的火山噴火に関するレーダ気象学的研究	H28～H31
	南西諸島とフィリピンのドップラーレーダーを用いた台風の構造と強度の関係解明	H28～H30
	海洋バクテリアの長期炭素隔離機能に対する海洋酸性化の影響評価	H28～H30

	次世代静止気象衛星と数値モデルを融合したエアロゾル統合研究の新展開	H28～H31
	黒潮続流と中規模渦の変動に伴うモード水の十年規模変動	H25～H28
	北極海における海洋揮発性有機分子の動態とその支配要因に関する研究	H26～H28
	瞠目的手法による大気境界層内の鉛直混合が雲・大気質・放射場に及ぼす影響解明	H26～H28
基盤研究(C)	北日本における春季／夏季気温の強い負相関に関する気候学的要因の解明	H26～H28
	マルチモデルアプローチによる大気組成データ同化研究	H27～H29
	気象モデルからの雲物理過程を考慮した新積雪物理量推定手法の開発	H28～H30
特別研究促進費	平成 27 年 9 月関東・東北豪雨による災害の総合研究	H27～H28

二国間交流事業による研究

独立行政法人日本学術振興会は、諸外国のアカデミーや学術研究会議との間で協定や覚書を締結し、我が国と当該国との間で多様な学術の国際交流を推進しています。交流の主たる形態には、小規模グループ又は個人の研究者を対象とする共同研究、セミナー及び研究者交流（派遣・受入）があります。

課題区分	研究課題	研究期間
二国間交流事業	原発事故により大気中に放出される放射性物質の動態モデルに関する技術交流	H26～H28

2. 2. 研究年次報告

本節には、気象研究所が平成 28 年度に実施した重点研究、一般研究、地方共同研究、若手研究について、課題毎に当該年度の研究計画と研究成果等を掲載した。ただし、平成 28 年度に中間評価を実施した研究課題（14 課題）については 2.3 節で、平成 28 年度に終了した研究課題（6 課題）については 2.4 節でそれぞれ報告する。

2. 2. 1. 重点研究

- ・ A2 顕著現象監視予測技術の高度化に関する研究・・・・・・・・・・・・・・・・ 23
- ・ A4 沿岸海況予測技術の高度化に関する研究・・・・・・・・・・・・・・・・ 29
- ・ B4 大規模噴火時の火山現象の即時把握及び予測技術の高度化に関する研究・・・・・・・・ 31
- ・ B5 地殻変動観測による火山活動評価・予測の高度化に関する研究・・・・・・・・ 34
- ・ B6 南海トラフ沿いのプレート間固着状態監視と津波地震の発生状況即時把握に関する研究・・ 37
- ・ B7 火山ガス観測による火山活動監視・予測に関する研究・・・・・・・・ 39

2. 2. 2. 地方共同研究

- ・ 沖縄地方（島嶼部）における荒天時地動ノイズの特性調査と震源自動決定処理への応用・・・ 41

A2 顕著現象監視予測技術の高度化に関する研究

研究年次：3年目／5年計画（平成26年度～平成30年度）

研究代表者：鈴木 修（気象衛星・観測システム研究部 部長）

研究の目的

局地的大雨・集中豪雨や竜巻等の突風など甚大な災害に直結する顕著現象の監視予測技術の高度化により、国民の安心・安全への貢献を目指す。また、次世代の気象監視予測をにやう観測システム構築に資する技術を開発する。

副課題1 診断的予測技術に関する研究

副課題1の研究担当者

加藤輝之、益子 渉、津口裕茂、荒木健太郎（予報研究部）、廣川康隆（気象庁予報部）

副課題1の目標

数値予報や客観解析資料、さらに高解像度非静力学モデルを活用して豪雨発生および終焉要因について統計的に調査し、気象庁予報担当者の予報現業での診断的予測技術向上に資する知見・手法を得る。

副課題1の本年度の計画

- ①気象庁の予報業務研修での講義や各官署に出向き指導・教育することにより、予警報業務の課題やニーズ、研究成果の問題点を把握する。
- ②集中豪雨や大雪発生時の大気環境場の統計解析を行う。
- ③津口・加藤(2014)で抽出した集中豪雨事例について、NHMによる気象庁55年長期再解析（JRA-55）からの力学的ダウンスケール実験を行い、さらに詳細な集中豪雨の発生要因についての解析を行う。
- ④暖候期の大気熱力学環境場の日変化特性を踏まえた顕著気象の環境場解析を行う。

副課題1の本年度の成果

- ①大阪管区气象台（6月2-3日、12月20-21日）、盛岡地方气象台（6月20日）、東京管区气象台（6月2日、11月22日、11月29日、1月8日）、新潟地方气象台（1月12-13日）において技術指導を行った。また、気象技術総合研修（係員級）、予報業務研修での講義を行った。
- ②以下の統計的な調査を行った。
 - ア）2015年度に引き続き、降水システム形成に寄与する渦位場の特徴を統計解析した。西日本以北の低気圧や温暖前線にともなう降水システムは、対象地域の北西象限に広がる正の渦位偏差や下層の暖湿気塊流入に着目することで、その盛衰を診断でき得ることを示した。
 - イ）1958～2015年冬季の東京都心における降雪・降雨事例について、JRA-55を用いて関東平野の雨と雪をわける要因を統計的に調べた。南岸低気圧の進路、最大発達率、平均移動速度の各特性は、それぞれが単独で東京の雨雪に関係せず、総観スケールでみた大気下層の気温場が大きく寄与していた。特に南岸低気圧が八丈島の北で陸の近くを通過する降雪事例では、同様な降雨事例と比べて暖気流入に大きな違いはないが、低気圧が発達することで、北からの下層寒気移流が強いことがわかった。
- ③西日本域を対象にして、台風本体によらない集中豪雨の発生環境場について、JRA-55を用いて統計解析結果について取りまとめを行った。
- ④東京都奥多摩町で実施した地上マイクロ波放射計（MWR）観測結果等により、2012～2014年7・8月の対流雲の典型事例を対象に、夏季中部山地で午後に発達する対流雲の発生環境場について、その鉛直構造と日変化特性を調べた。気象庁非静力学モデル（NHM）の結果を第一推定値とし、MWR

観測値を用いた鉛直1次元変分法データ同化により数分間隔の気温・水蒸気の高度分布を求め、NHMで表現できなかった日中の持ち上げ凝結高度の増大を統計的に示した。対流雲の活発日・不活発日ともに、高度約1.5km以下で気温・水蒸気が増大して不安定化していたが、15時頃まで活発日のほうが有意に不安定である

副課題2 監視・予測技術改善のための研究・開発

副課題2の研究担当者

楠 研一、小司禎教、足立アホロ、南雲信宏、猪上華子、足立 透、吉田 智、泉 敏治（気象衛星・観測システム研究部）、山田芳則、林 修吾、益子 渉（予報研究部）、佐藤英一（火山研究部）、入口 武史（気候研究部）

副課題2の目標

二重偏波レーダー、GPS 視線方向遅延量、高密度観測網等を用いて、顕著現象をもたらす積乱雲等のじょう乱の発生・発達にとり重要な要素である水蒸気・雨水・固体粒子といった水に関する高精度観測を行い、現象の時空間分布・発生機構の解明を行うとともに、顕著現象の検出・直前予測・短時間予報の改善に資する観測データ処理アルゴリズムを開発する。

副課題2の本年度の計画

- ①サブ課題3で整備したフェーズドアレイレーダー・機能強化した可搬型ドップラーレーダー、雷放電路3次元可視化機動ネットワークシステムで、局地的大雨・竜巻等突風・雷放電などの顕著現象およびそれらをもたらす積乱雲を観測し、時空間的動態の解明を進める。
- ②竜巻自動探知・追跡アルゴリズムによる自動探知実験を、XRAIN・空港気象ドップラーレーダーなどのデータを用い網羅的に行う。また、フェーズドアレイレーダーを念頭に、竜巻等突風・局地的大雨の探知・予測アルゴリズムの開発を行う。
- ③高速スキャン・偏波レーダーとの3次元合成による雷放電・発雷機構の解析、アルゴリズム開発を行う。
- ④ドップラーライダーによる晴天ガストフロント検出アルゴリズム開発を念頭に、ドップラーライダー解析・処理ツール整備を進める。
- ⑤副課題3-③の成果を用い、固体素子二重偏波レーダーによる関東地方の顕著現象の観測を行うとともに、2014年6月24日の東京の降雹などの過去の顕著現象の解析を行う。
- ⑥副課題3-⑤の成果を用い、局地的な水蒸気の非一様の度合いと、豪雨や突風等の顕著気象との関係を調査する。

副課題2の本年度の成果

- ①突風・局地的大雨等について、大阪大学並びに気象研究所のフェーズドアレイレーダーの3Dデータを用いた解析を行った。
 - ア) 2013年8月25日の停滞前線に伴うメソサイクロンの事例では、わずか2分間で急発達する渦の立体構造とそれに伴うVault構造の形成過程を明らかにし、両者の時空間関係を30秒という高時間分解能で捉えた。
 - イ) 2015年8月12日につくば市を通過したスーパーセルの事例では、メソサイクロンの強化に先立つ後面における降水コアの落下とそれに続く鉛直渦ペアの形成過程を捉えた。これらが、スーパーセルの発達の目安となるWall Cloudの発生より10~20分ほど先行していたことは、将来の竜巻発生確度ナウキャストへの利活用の可能性を示唆する。
 - ウ) 2015年8月6日に茨城県桜川市に突風被害をもたらした降水システムでは、後面からのインフローに伴うボウエコーの形成と、その前面における降雹を伴うダウンバーストの発生を確認し、これが被害の原因であることを示した。
 - エ) 2016年8月22日につくば市付近を通過した台風第9号の観測を行い、初めてフェーズドアレイレーダーで台風中心部の立体構造とその変化を捉えることに成功し、境界層から対流圏界面に至る

台風的全領域解析が実現した。上陸後の衰退期において、強風域が循環中心に向かって収縮するとともに、その中心部では対流が急速に発達していた。この過程で観測された、ストリークと呼ばれる地表面付近の筋状の強風構造の解析を行い、これまで未解明であった立体構造を明らかにした。

②突風探知アルゴリズムの多くの事例の適用による検証・改良を進めた。

突風探知アルゴリズムで検出された、冬季日本海側の突風をもたらす可能性のある渦について、6冬にわたり発生頻度や強さ、総観場との関係の把握を行った。突風災害事例（2015年12月4日）については、竜巻およびその親雲の詳細解析を行った。また、竜巻状の渦について、100m間隔で配置した風速計12台と50m間隔で配置した気圧計25台、並びに、近傍のレーダーによる詳細な観測データの解析を、フェーズドアレイレーダーのための竜巻探知アルゴリズムで必要となる渦モデルの策定に資する渦構造のデータが複数事例で得られた。

フェーズドアレイレーダー等のための竜巻3次元自動探知アルゴリズムについて、機能強化した可搬型ドップラーレーダーによる高頻度な3次元観測データを用いた初期動作実験を行ない、冬季竜巻で竜巻渦の自動的な三次元探知・追跡をすることに成功した。

国土交通省のXRAINのデータを用い、竜巻等突風災害が発生した事例について突風探知実験を行うとともに2015年9月6日に千葉県で発生したF0およびF1クラスの竜巻を対象に、東京国際空港（羽田）および新東京国際空港（成田）のDRAWデータを用い、竜巻渦の探知・追跡実験を行った。

③北関東周辺（夏季）、庄内平野周辺（冬季）、大阪平野周辺で雷放電路3次元可視化機動ネットワークシステムにより取得された雷放電の3次元標定データの解析を行った。2016年7月14日に埼玉県内で発生した雷活動が非常に活発な積乱雲の事例（一分あたりの雷放電数が最大40回/分以上）では、雷活動が急激に活発になると同時に、積乱雲内部の上昇気流が発生していた。また、雲放電発生に寄与した正電荷領域も上昇気流発生に伴い上昇していることも明らかにした。大阪平野での観測結果でも同様な雷活動と積乱雲内部の上昇気流との関連を得た。

庄内平野周辺での雷観測により、航空機に落雷が発生する航空機避雷の3次元標定に成功した。航空機被雷事例の解析により、航空機誘発雷の放電特性が明らかになったことに加え、航空機避雷の親雲では自然雷が不活発であったことなど、自然雷とは大きく異なる親雲の特徴を得た。今後観測データの蓄積により、航空機被雷を引き起こす親雲の特徴を見出すことが可能であることを示した。

④固体素子二重偏波レーダーと地上のディストロメーター、高層ゾンデ等の複合観測を用いて顕著な降水現象の観測・解析を行った。2015年8月12日につくば市を通過したスーパーセルのメソサイクロン発生時の偏波情報の特徴を解析した。メソサイクロン中心付近でZDRが極大（大粒の雨滴を形成）となっており、ドップラー速度場から、大粒の雨粒がフックエコー部に流されていること等がわかった。2016年1月29日につくば周辺で観測された凍雨・雨水事例の解析を行った。逆転層構造を持つ上空の温暖前線面において、 ρ_{hv} 値の分布から凍雨（過冷却水滴が凍結）の領域と、雨水（凍結していない）領域に区別されることが示唆された。レーダー直上のこの ρ_{hv} の特徴は、ディストロメーターの観測結果（降水粒子形状や落下速度）が示す氷粒子と水粒子の特徴とも整合していた。

⑤視線遅延量を用いた水蒸気非一様性の度合い(WVI指数と呼ぶ)と短時間強雨の関連について、2016年7-9月のデータを用いて調査を行った。強雨の開始に30分程度先行してWVIが急増する場合が複数見られ、豪雨の直前予測への有効性が示唆される結果を得た。今後統計的な調査を実施する。

副課題3 次世代観測システム構築に向けた研究

副課題3の研究担当者

小司禎教、石元裕史、永井智広、楠研一、上清直隆、足立アホロ、酒井 哲、太田芳文、南雲信宏、猪上華子、足立 透、吉田 智、泉 敏治（気象衛星・観測システム研究部）、瀬古 弘、林 修吾（予報研究部）、岡本幸三（台風研究部）、佐藤英一（火山研究部）、工藤 淳（気象庁予報部）、内山 洋（気象庁観測部）奥山 新、増田一彦（気象衛星センター）、真野裕三、石原正仁、小林隆久、田畑

明、内野 修、新井健一郎、石津尚喜、藤原忠誠、小野村史穂（客員）

副課題3の目標

フェーズドアレイレーダー・3次元雷センサ・水蒸気観測用ラマンライダー・衛星ラピッドスキャン等を用いて、激しい降水をもたらす積乱雲の微細構造を観測するための手法の開発、数値予報精度向上に資する水蒸気分布観測等最新技術の導入、および次期静止気象衛星観測の活用等様々な新しい観測技術の特性を把握するとともに、OSSEなどの技術を用いて、それらの監視・予報精度向上への有効性について客観的に評価する技術を開発し、次世代観測システム構築に資する知見を得る。

副課題3の本年度の計画

- ①フェーズドアレイレーダーについて、ビッグデータ処理システムの整備、品質管理手法の開発、3次元解析処理手法の開発を行う。
- ②放電路3次元可視化機動ネットワークシステムについて、標定精度向上・品質管理手法の開発、標定誤差評価、センサ数と位置による感度実験、次期LIDENとの比較／フィードバックを行う。
- ③国交省のXRAINのデータに対して同様なアルゴリズムの適応の可能性について検討を行う。また開発したプログラムはまだ十分な自動化ができておらず人の手を必要とするため、可能な限り自動化して大量のデータに対しても対応できるような手法を検討する。

竜巻検出について、竜巻をもたらすメソサイクロンと、もたらさなかったメソサイクロンの調査を行い、メソサイクロン内部の粒子構造の違いについての研究を検討している。一方、水蒸気については、今後、適切な事例を選び、解析を検討する。さらに課題3-(8)については感度実験に必要なデータ同化システム及び数値モデルの動かし方に習熟し、ライダー等の観測データが利用可能になったときの準備を行う。

- ④試験観測を継続して行き、気象研究所敷地内においてラジオゾンデや大型ラマンライダーなどとの比較を行って精度の検証などを行った後、機動観測を行う。機動観測に際しては、数値モデルのグループと連携して観測点や時期を選定し、観測データが数値予報モデルの精度向上へ有効であるかを検証する。
- ⑤当初研究計画に則し、研究開発を継続する。
- ⑥ひまわり8号データを用いた雲解析について、雲2層アルゴリズムをOCAに導入し雲頂高度など雲推定精度の向上を図る。OCAの事例解析を継続して実施し、他衛星データを複合的に利用した雲解析手法の開発を行う。

鉱物エアロゾルの散乱データベースを各種放射モデルに組み込み、粒子モデルによる放射効果の影響について調査を行う。形状効果を考慮した内部混合エアロゾル粒子を開発し、リモセン手法によるエアロゾル内部混合を推定する研究を開始する。

赤外サウンダを用いた火山灰推定について、リトリバーバル手法の改良とAIRS以外のサウンダデータを用いた解析事例を増やす。推定した火山灰光学定数を用いたひまわり火山灰解析を実施する。

非球形粒子の散乱特性計算について、氷晶粒子の延長として積雪粒子モデルの改良についての研究を気候6研と防災科技研との共同で開始する。

ひまわり8号データによる大気物理量等の定量的観測精度の評価および感度実験に向けて、可視・近赤外・熱赤外波長に対応したアジョイント放射モデルの開発に着手する。

- ⑦ひまわり8号の赤外輝度温度データの雲域での輝度温度同化に向けて、引き続きモデルとの比較を進める。この結果を元に、A1、A3課題と連携して、同化前処理（観測誤差設定、品質処理）の開発を行い、同化実験を進める。
- ⑧顕著現象の予測や実況監視などに最適な可搬型観測装置を選択するための手順を検討する。また、得られる観測データを想定した観測システムシミュレーション実験についてのアルゴリズムを調査・検討する。

副課題3の本年度の成果

- ①フェーズドアレイレーダーのためのクラッター低減処理技術を開発した。晴天時の地上クラッタ

一や航空機クラッター、降水エコーなどに対し、エコー強度やドップラー速度、速度幅等のデータの統計的特性を調査し、降雨データからクラッターの影響を除去するアルゴリズムを開発した。この過程で取りまとめたレーダーデータの基本品質の情報をを使い、メーカーの支援を得てレーダー・システムに組み込まれた処理技術の詳細調査と改善を実施した。これにより品質が大幅に改善し、平成28年度に発生した台風第9号を含む顕著現象について、良質なデータの取得が可能となった。

- ②雷3次元観測の感度の向上・標定精度向上、さらに安定的運用を可能とするために、雷放電路3次元可視化機動ネットワークシステムのハードウェア改良を行った。この改良の結果、雷放電の高精度な観測が可能であること、数ヶ月に渡る長期安定運用が可能であることを実機で確認した。また、計算機シミュレーションを用いて、観測ネットワーク内の標定精度を明らかにした。

本システムと更新後の新LIDENのデータの比較を行い、両者の標定結果の差が概ね1km以内になることを示した。

- ③昨年度プロトタイプを作成した、二重偏波レーダーの観測データから経験式を用いずに理論的に降水強度を高精度推定する手法について、地上観測との比較による精度評価の実施と自動化・高速化のための開発と改良を行っている。精度評価の結果、気象研のC-band個体素子二重偏波レーダーでは、従来の経験式に基づく手法より精度が高いことを確認した。また、本手法のXRAINのデータへの適用の可能性の検討も行ったが、観測モードが異なるため、現状ではそのままの適用は難しいことが判かった。

固体素子二重偏波レーダーと地上のディストロメーターの複合観測網を用い、降水粒子判別に資する観測・解析を行った。2015年8月12日につくば市を通過した竜巻に至らなかったスーパーセルのメソサイクロン発生時の偏波情報の特徴を解析している。2016年1月29日の関東平野の凍雨・雨氷事例のデータについて、凍雨の時には二重偏波の ρ_{hv} の顕著な低下とともにZDRが増加する領域があり、地上観測の濡れた扁平形状の氷粒子と乾いた球状の氷粒子の存在域に対応することを確認した。

固体素子二重偏波レーダーの位相データを計算し、その時間変化を調査した。現状、位相データに大きなノイズが残っており、本庁や業者とともにパイロット信号位相補正の不具合の可能性等、原因を調査している。ノイズが除去できれば、水蒸気解析に利用できると思われる。

- ④つくばにおいて機動観測用ラマンライダーの試験観測を行い、観測精度などを評価した。試験観測の結果から、日中で高度1.5km～1.8kmまで、夜間は5～6kmまで、有効なデータが取得できることを確認した。次年度以降に行う機動観測点についての調査を行い、数ヶ所の観測点を選定し、観測に向けての準備を行った。数値モデルの検証やモデルへの同化を行ってその効果を検証するための準備を行った。

- ⑤船舶に搭載したGNSS受信機による観測データから、複数の衛星測位を用いてRMS 3mm程度で可降水量を推定する手法を開発した。

気象衛星ひまわり8号のラピッドスキャンによる中・上層の水蒸気情報、地上観測の比湿、及びGNSS可降水量を利用した水蒸気3次元構造の推定手法の開発を行った。水蒸気の逆転層の表現は困難だが、平均して地上から高度10kmまで比湿でRMS 1g/kg未満の精度を得た。積雪深・土壌水分量解析の適用可能性を調査するため、事後残差を用いた国土地理院電子基準点観測網の観測環境の統計評価を実施している。

- ⑥ひまわり8号データを用いた雲解析では、気象研に導入したOCA（最適雲解析）に雲2層アルゴリズムを組み込んだ。2015年8月の台風事例や2015年9月の関東・東北豪雨事例にOCAを実施し、強い対流によってできた氷雲粒径の特徴や、衛星ライダーCALIPSOによる粒子形状情報との関係について調べた。

表面張力を考慮したスス粒子と水溶性物質との内部混合粒子モデルを開発した。この粒子モデルについて、気候3研との共同で多波長スカイラジオメータと衛星ライダーに対応した散乱データベース構築を開始した。

赤外サウンダを用いた火山灰推定については、AIRSに加えてIASIの解析を実施できるようにし、またT-Matrix法で計算した非球形粒子の散乱とDiscrete Ordinate Method (DOM) を使った多重散乱計算の結果をLUT化して基本となる放射計算を高度化した。またこれまで複数の火山について推

定してきた火山灰吸収特性を考慮して、簡略化した火山灰光学定数モデルを作成し、リトリーバル手法の改良を試みた。

衛星リモセンにおける積雪粒子散乱モデルの高度化を目的として、 μ -CTで計測した積雪構造データを入手し、粒子形状を抽出し粒径分布を求めた。粒径分布から決定した散乱有効半径粒子の散乱特性を幾何光学近似法で計算した結果、現在積雪リトリーバルで使われているボロノイ凝集体・ボロノイカラムモデルの組み合わせが現実粒子の散乱特性を比較的よく再現していることがわかった。

- ⑦ハイパーサウンダデータの雲域での利用のため、気象庁現業モデルによるAIRSとIASIデータの全球同化予報実験を行った。観測データごとに予報誤差に対する感度(FSO)を評価しその統計情報をデータ選択に利用した。FSOに基づくデータ選択で予報スコアは改善したが現システムのスコアには及ばず、同化前処理(誤差設定や品質管理)など問題点の調査を行っている。

ひまわり8号データの雲域での利用のため、今年度衛星センターで開発された全天候放射輝度(ASR)プロダクトの全球同化予報実験の整備に着手した。

- ⑧実況監視および数値予報への新規観測データの有効性を評価するための同化実験、および、観測システムシミュレーション(OSSE)を実行するための計算環境をほぼ整えることができた。
- ⑨気象衛星ひまわり8号を想定したアジョイント放射伝達モデルの開発を行った。開発したアジョイント放射伝達モデルの動作試験と検証を行い、光学的厚さや一次散乱アルベド等のバルクパラメータについての線形計算が正常に行えることを確認した。また、東京海洋大学の協力を得て、ひまわり8号の観測バンドに対応したガス吸収モデル(相関k分布法)を整備した。開発の進捗状況について国際・国内学会で発表した。

衛星からの熱赤外放射観測による大気中CO₂濃度解析について、これまでに行ってきたアルゴリズム開発とADEOS衛星によるIMG観測データの解析結果をまとめた論文が、受理・出版された。

A4 沿岸海況予測技術の高度化に関する研究

研究年次：3年目／5年計画（平成26年度～平成30年度）

研究代表者：倉賀野連（海洋・地球化学研究部 部長）

研究の目的

日本沿岸海況変動の要因解明とその予測可能性に関する研究、およびそれらを踏まえた日本沿岸海況監視予測システムの開発と性能評価に関する研究を行い、沿岸防災・海況情報の適切な利用と精度向上に貢献する。

副課題1 日本近海の家況変動の予測精度向上に関する研究

副課題1の研究担当者

山中吾郎、辻野博之、中野英之、坂本 圭、浦川昇吾（海洋・地球化学研究部）、平原幹俊、高谷祐吉、近澤昌寿、杉山貴大（気象庁地球環境・海洋部）

副課題1の目標

- ①沿岸海況変動を再現する現業用高解像度日本近海海洋モデル(MRI.COM-JPN)の開発を行う。
- ②開発されたモデルの検証を行い、各種沿岸海況変動の要因解明を行う。
- ③副課題2の成果と合わせて、日本沿岸海況監視予測システムを構築し、平成30年度に気象庁での現業利用できるシステムとして完成させる。

副課題1の本年度の計画

- ①現業用北太平洋モデルの過去再現実験を行い、改良点を明らかにする。
- ②現業用高解像度日本近海モデルを用いた過去再現実験を行い、改良点を明らかにする。また、大気強制力に対する感度を検証する。
- ③海洋顕著現象の再現性検証を行う。

副課題1の本年度の成果

- ①現業用高解像度日本近海モデルを用いて2009年を対象にした実験を行い、海面水温場や塩分場に加えて潮汐変動についてもおおよそ現実的に再現することを確認した。また、相対風速係数などのモデル設定をチューニングすることで黒潮流路の再現性を向上させた。さらにモデルの低メモリ化にも取り組み、開発当初の半分の計算ノードで実行できるようになった。
- ②神戸大学と共同研究契約を締結し、海色衛星データに基づく高解像度海面塩分データセットの提供を受けた。データに欠損も多いが、高い時空間解像度を持ち、単一の河川出水イベントの再現性検証に有用であることが確認された。

副課題2 アジョイント法に関する同化手法の開発とその応用に関する研究

副課題2の研究担当者

高槻 靖、藤井陽介、碓氷典久、豊田隆寛、広瀬成章（海洋・地球化学研究部）、杉本裕之、谷崎知穂、大野浩史、佐久間祐介、八川操規、高野洋雄、小野田浩克、本山龍也、檜垣将和、桜井敏之（気象庁地球環境・海洋部）

副課題2の目標

- ①全球及び北西太平洋アジョイントシステムの構築及び潮汐同化手法、海氷同化手法の開発を行う。ダウンスケーリングするためのインクリメンタル4DVARを開発し、副課題1で開発する日本近

海海洋モデルの初期値作成技術の開発を行う。

- ②上記データ同化手法による再解析実験により、同化手法の検証と各種沿岸海況変動の要因解明を行う。同化結果の検証のため、海洋気象観測船等による海洋観測を実施する。
- ③副課題1の成果と合わせて、日本沿岸海況監視予測システムを構築し、平成30年度に気象庁での現業利用できるシステムとして完成させる。

副課題2の本年度の計画

- ①全球海洋4DVARデータ同化システムの性能を評価し、同化手法等の改良を進める。また、海氷データ同化手法の開発・改良を進めるとともに、海氷モデルのアジョイントコードの開発に着手する。高精度の全球海洋再解析データの作成を継続する。
- ②北西太平洋版の同化手法を改良して、北太平洋4DVARデータ同化システムを構築する。
- ③検潮データ、DONET、観測船データ、衛星データ、部外海洋関連機関のデータ等を用いて、海洋再解析データにおける海洋現象の再現性を検証する。

副課題2の本年度の成果

- ①気象研究所共用海洋モデル(MRI.COM)バージョン4を用いたアジョイントコードを開発し、全球及び北太平洋域を対象とした4次元変分法(4DVAR)海洋データ同化システムのプロトタイプを構築した。海氷については、それぞれのシステムに3次元変分法同化スキームを導入した。また、海面高度データを同化する際に補正すべき、淡水量変化の寄与及び順圧変動の寄与の見積もり手法を開発し、北太平洋域システムでその効果を確認した。
- ②北太平洋4DVARシステムの解析値を用いて高解像度日本近海モデルを初期化する、インクリメンタル4DVARシステムのプロトタイプを作成した。
- ③それぞれのシステムで、1年から数年の同化実験を行い、良好な再現性を確認した。
- ④既存の北西太平洋同化システムの長期再解析データセット及び本庁で運用中の同システムの解析・予報結果を用いて、海洋現象の再現性や予測スキルの評価を行った。

B4 大規模噴火時の火山現象の即時把握及び予測技術の高度化に関する研究

研究年次：3年目／5年計画（平成26年度～平成30年度）

研究代表者：徳本哲男（火山研究部 第二研究室長）

研究の目的

大規模噴火に対処可能な「噴石に関する情報」、「量的降灰予報」、「航空路火山灰情報」の高度化のため。

副課題1 リモートセンシング等に基づく噴火現象の即時把握に関する研究

副課題1の研究担当者

徳本哲男、佐藤英一、新堀敏基、石井憲介、高木朗充、福井敬一（火山研究部）、藤原善明（気象庁地震火山部）、駒崎由紀夫、星野俊介（高層気象台）、林 勇太（気象衛星センター）

副課題1の目標

気象レーダー、震動観測等を活用した噴火現象の即時的な把握技術の開発。

副課題1の本年度の計画

- ①可搬型レーダー（XバンドMPレーダーおよびKuバンド高速スキャンレーダー）と二次元ビデオディスプレイなどによる桜島での噴煙観測を継続する
- ②可搬型レーダーデータ、既存の気象レーダーデータから噴煙の立体構造や粒径、火山灰量を推定するための手法の開発を進める
- ③ひまわり8号等の衛星観測データを収集し、火山灰雲のモデル化、火山活動の規模評価を進める
- ④噴火が発生した火山の噴石、空振・地震データを収集し、噴石の到達範囲の即時的把握手法について検討する

副課題1の本年度の成果

- ①2016年3月26日桜島（昭和火口）噴火（噴煙の高さ：火口縁上2,700m）に伴う噴煙について、Kuバンド高速スキャンレーダーによる観測データの初期解析を行い、噴煙の3次元構造及び観測サイトにおける天頂方向のドップラー速度分布を得ることが出来た。この観測データは、世界で初めて、約1分毎に火山噴煙の詳細な3次元構造を捉えたものである。その後も、Kuバンド高速スキャンレーダーを用いた事例データの取得に複数成功している。
- ②XバンドMPレーダーについても噴煙の観測を行い、複数の事例について、噴煙の二重偏波パラメータの取得に成功し、初期解析を行った。初期解析の結果、噴煙内部の二重偏波パラメータの空間的・時間的構造の定性的な変化傾向を掴むことが出来た。
- ③2016年10月8日阿蘇山噴火に伴う噴煙の高さについて、気象研究所で開発した気象レーダーを用いた噴煙高度の確率的推定手法を用いて解析を行った結果、海拔 $12,000 \pm 687$ m (1σ) となり、合成レーダーによるエコー頂高度である海拔約15,000mを良く補正している。なお、気象庁の発表によると、衛星観測から得られた噴煙の高さは、11,000mであった。
- ④気象庁レーダー観測網による日本国内における火山噴火噴煙の検知能力、各火山・高度別の検知時間間隔や高度分解能について調査し、小規模な噴火が検知困難な火山や、大規模噴火の検知高度分解能について明らかにした。
- ⑤近年、発生した火山噴火（浅間山2009年、霧島山新燃岳2011年、御嶽山2014年、口永良部島2015年、阿蘇山2016年噴火）について気象庁レーダー観測網で観測されたエコー頂高度の時間変化より、噴出物総量を推定し、野外調査から求められている噴出物総量と比較した。両者は概ね一致し、気象レーダーにより噴出物総量を推測できることを示した。
- ⑥LANDSAT 8号などの地球観測衛星の近赤外画像から西之島の溶岩流の流下方向の時間変化を調査

し、溶岩は時間とともに反時計回りにその流下方向を変化させていたことが分かった。この原因は、溶岩流出によって地形の高まりが生じ、その方向には溶岩が流出しにくくなることが一因と推測できた。

副課題2 数値モデルに基づく火山灰等の拡散予測の高度化に関する研究

副課題2の研究担当者

新堀敏基、石井憲介、佐藤英一、徳本哲男、福井敬一（火山研究部）、橋本明弘（予報研究部）、藤原善明（気象庁地震火山部）、土山博昭（気象庁予報部）

副課題2の目標

噴煙柱及び移流拡散モデルを活用した火山灰等の高精度な予測技術の開発。

副課題1の観測値と副課題2の予測値に基づく火山噴出物データ同化・予測システムを構築し、即時的に把握した噴火現象から高精度な火山灰等の拡散予測を実行して、上記目的を達成することを目標とする。

副課題2の本年度の計画

- ①引続き、過去事例のモデル検証を行い、問題点を整理する
- ②問題点に対処するため、噴煙柱モデル及び移流拡散モデルの改良を進める
- ③気象レーダーや衛星などによる噴煙観測データを噴煙柱モデルおよび移流拡散モデルで利用するための手法開発に着手する

副課題2の本年度の成果

- ①2016年7月26日桜島(昭和火口)噴火(噴煙の高さ:火口縁上5000m)に伴う降灰予報について検証を行った。総噴出量を降灰調査の結果に基づき、噴煙の高さが同じであった2013年8月18日噴火の1/10に設定して再計算した結果、予想降灰域は大きく変化しないが、予報過多であった予想降灰量は改善することを示した。
- ②2016年10月8日阿蘇山噴火に伴う降灰予報について、噴煙高度を気象レーダー・衛星で解析された海拔11kmから14kmまで変えて再計算を行った。降灰の観測あり/なしに対するカテゴリ検証の結果、海拔13km付近の噴煙高度を供給源とした場合が降灰分布をもっとも再現することを示した。しかし遠地の予想降灰量は過多の傾向であり、移流拡散モデルで考慮していない凝集の影響が示唆された。
- ③降灰予報で使用している領域移流拡散モデル本体について、局地モデル(LFM)のasucaモデル面GPVを入力できるように改修し、従来の非静力学モデル(NHM)互換GPVを入力した場合と同等の予測結果が得られることを確認した。あわせて局地解析(LA)も入力できるように拡張した。
- ④御嶽山の大規模噴火を想定した降灰シミュレーションを試行した結果、2014年1年間の気象場を仮定した場合、南西象限(名古屋市)に降灰がある確率は年間2.5%程度と推測された。
- ⑤富士山の大規模噴火を想定した降灰シミュレーション結果を、防災科学技術研究所の火山リスクマネジメントシステム(VRMS)へ入力できるように準備を進めている。
- ⑥火山灰データ同化システムの開発を進め、傘型噴煙の実事例で動作確認を行った。観測値には、地震研究所の噴煙ダイナミクスモデルによる2014年2月のケルト火山噴火の計算結果を代用し、レーダー観測の限界高度による観測感度が得られる可能性を示した。
- ⑦火山灰データ同化システムの開発を進め、気象衛星センターで開発中のひまわり8号による火山灰プロダクトを観測値としてデータ同化システムで利用する手法の開発を進めた。2015年5月の口永良部噴火の事例において、風の鉛直シアを考慮することによって、火山灰プロダクトから、火山灰雲の厚さを見積もる可能性ができることを示した。
- ⑧水平解像度200mのNHMを用いて御嶽山2014年噴火に伴う火山ガス移流拡散シミュレーションを行った。日中の混合層発達による火山ガス分布の変化等、高解像度実験によって火山ガスの動態を

詳細に解析できる可能性を示した。

B5 地殻変動観測による火山活動評価・予測の高度化に関する研究

研究年次：3年目／5年計画（平成26年度～平成30年度）

研究代表者：山本哲也（火山研究部 第一研究室長）

研究の目的

気象庁の噴火予警報業務に資するために、地殻変動観測による火山活動評価手法および噴火に至る火山活動の推移想定の高度化を図る。

副課題1 火山活動モニタリング手法の高度化およびマグマ活動の推定

副課題1の研究担当者

山本哲也、高山博之、鬼澤真也、森 健彦、奥山 哲、岡田 純、川口亮平、長岡 優、高木朗充、福井敬一（火山研究部）、小林昭夫、安藤 忍、宮岡一樹（地震津波研究部）、木村一洋、兒玉篤郎、鎌田林太郎（気象庁地震火山部）

副課題1の目標

火山活動の異常検出のために地殻変動観測データ等のモニタリング手法を高度化し、地殻変動源のモデル化や地殻変動シミュレーションによってマグマの蓄積・挙動の推定手法を高度化する。

副課題1の本年度の計画

- ①伊豆大島においてGPS、光波測距、多成分ひずみ、重力の稠密地殻変動観測を行う。浅間山等においてGPS観測等を行う。
- ②伊豆大島をはじめとする全国の火山を対象として、気象庁総合観測点データの収集を行い、GPS、傾斜データなど地殻変動のデータの解析を行う。
- ③伊豆大島の地殻変動データの解析において、圧力源推定の精度・時間分解能の向上を図るとともに、地下のマグマの状態・挙動の推定を行う。
- ④SARのデータによる地殻変動解析を行う。また、SAR等電磁波を用いた地殻変動観測データについて数値気象モデルを用いた補正手法の改良を進める。
- ⑤地殻変動が観測された活動的火山について地下の圧力源モデルを推定する。
- ⑥水蒸気噴火のポテンシャルが高い火山として、草津白根山で光波測距の観測を行う。

副課題1の本年度の成果

- ①2013年に伊豆大島南西部に設置したボアホール型多成分ひずみ計について、その後データの蓄積が進んだことから、各成分の中長期的な挙動を調べるために、近隣のGNSSデータなどから推定した対応するひずみ成分との比較を行った。その結果、ひずみ成分によっては、中長期的な地殻変動の把握にも活用できるとの見通しをえた。
- ②伊豆大島において、GNSS、光波測距による地殻変動観測を引き続き行った。伊豆大島のGNSS観測により得られた地殻変動データを長期的変動、短期的変動それぞれに対応したマグマ溜まりがあることを想定して解析を進めた。その結果、長期的変動の体積変化量が、2012年頃に急増したことがわかった。
- ③伊豆大島で実施している繰り返し重力観測についてデータを取りまとめ、全島スケールで生じている重力変化が天水浸透によると考えられること、このデータから山体の浸透率を推定できる可能性があることを明らかにした。さらに、測定点の高さ変化に伴う重力変化の定量化にむけて鉛直勾配の測定を開始した。
- ④御嶽山において繰り返しGNSS観測を実施し、2014年噴火後、地獄谷火口を中心に山体が収縮している地殻変動を確認した。圧力源の深さはごく浅く、体積変化量は -38万m^3 と見積もられた。
- ⑤草津白根山において光波測距の繰り返し観測を実施し、2014年から観測されていた草津白根山湯釜

火口付近は、2015年7月頃から収縮に転じたことを確認した。2016年9月までの湯釜北東部の浅部の圧力源の体積変化量は -4.8万m^3 と見積もられた。

- ⑥新潟焼山のGNSSデータから得られた地殻変動記録の解析を行った。新潟焼山付近を通り、距離の異なる基線のデータから、圧力源の推定を行った。その結果、新潟焼山近辺の地下約5kmに球状圧力源を仮定することで、GNSSデータを説明できることがわかった。
- ⑦アゾレス諸島のFogo火山においてGNSSによる地殻変動データの精密解析を行った。プレート運動等の非火山性成分を分離することで、火山性の変動源（増圧及び減圧）を推定し、水蒸気噴火の温床である浅部熱水系の特徴を明らかにした。また、同手法を適用して、東北地方の火山における火山活動評価手法の高精度化をめざす研究を進めている。
- ⑧境界要素法による火山性地殻変動の解析プログラムの開発を進めた。また、北海道十勝岳で2015年5-7月に衛星SARで観測された局所的な地殻変動やイタリア・ストロンボリ火山の傾斜変動データの解析に用いて、火山の地下浅部の圧力源を求めた。
- ⑨SAR衛星ALOS-2のデータを用いた解析により、全国の活火山周辺の地殻変動検出を行った。特に、新潟焼山、吾妻山、御嶽山、三宅島、雲仙岳、霧島山新燃岳、霧島山えびの高原、西之島において火山活動に伴う地殻変動を面的な分布として検出した。また、西之島については、低相関領域や陸域面積の時系列変化や火口南東部に検出された局所的な地殻変動から圧力源（減圧）の推定を計算した。新潟焼山及び御嶽山については、GNSSデータ及びMaGCAP-Vを用いて推定した圧力源と干渉SAR解析結果との比較を行い、概ね一致していることを明らかにした。
- ⑩モニタリング手法の高度化のひとつとして、傾斜計の降水補正への取り組みを進めている。御嶽山田の原の傾斜計の融雪の影響の除去について新潟大学・京都大学・信州大学と共同で取り組み、融雪の始まるのタイミングについては、近隣のアメダスの気温データで把握できることを明らかにした。また、国内の火山総合観測点の傾斜計について積雪及び融雪との関連を調査し、一部の観測点で融雪時期ではなく消雪時期に影響が現れることがあることを明らかにした。

副課題2 火山活動の推移想定に関する研究

副課題2の研究担当者

山本哲也、高山博之、鬼澤真也、森 健彦、奥山 哲、岡田 純、川口亮平、長岡 優、高木朗充、山里 平（火山研究部）、安藤 忍（地震津波研究部）、加藤幸司（気象庁地震火山部）

副課題2の目標

火山における地震活動と地殻変動の過去事例の整理・解析を通して火山活動の推移の想定を行う。

副課題2の本年度の計画

地殻変動、地震活動、表面現象異常事例についての内外火山についての事例を収集する。また、地殻変動や地震活動等の比較検討を行う。火山現象の定量的・確率的な側面を考慮した火山活動シナリオの作成に取り組む。

副課題2の本年度の成果

- ①噴火警戒レベルの判定基準の根拠を明示して公表するために気象庁が進めている精査作業に技術的な協力をしている。各火山監視・警報センターと協力して、過去のデータを改めて精査し、注目すべき現象の整理、判定基準のできるだけの具体化、および必要な見直しを進めている。平成27年度に公表した浅間山、御嶽山、桜島に引き続き、伊豆大島、三宅島、箱根山、阿蘇山等で作業を進めた。阿蘇山については、過去データの再精査を行うとともに、2014年からの噴火活動、特に2016年10月の爆発的噴火の先駆現象を整理して基準に具体的に反映させ、12月に公表した。
- ②西之島の海底地震計データを解析し、2015年6月～10月に地震活動度が顕著に低下し、その他の衛星データ等で認められた活動度と整合していることを確認した。また、データから火山性地震の震源決定を行い、PS変換波を用いた堆積層補正を施し、エンベロープ相関法により震源を推定し

た。

B6 継続 南海トラフ沿いのプレート間固着状態監視と津波地震の発生状況即時把握に関する研究

研究年次：1年目／5年計画（平成28年度～平成32年度）

研究代表者：前田憲二（地震津波研究部 部長）

研究の目的

切迫性の高い南海トラフの大規模地震に関連し、プレート境界におけるスロースリップ、プレスリップなど固着状態の変化を検出するための手法を高度化するとともに、観測された現象と大地震発生との関連性を理解し、地震発生前の的確な情報発信を可能とする。さらに、津波地震を含む巨大地震の多様な発生状況を想定した地震の規模・震源域の広がり等を迅速に把握するための手法を開発し、津波地震に対する津波警報の適切な発表や、東海・東南海・南海地域の時間差発生対応のための割れ残りの判定により、的確な災害対策に貢献する情報発信を可能とする。これらにより大地震、津波から国民の生命と財産を守る。

副課題1 南海トラフ沿いのプレート間固着状態監視技術の高度化

副課題1の研究担当者

小林昭夫、勝間田明男、宮岡一樹、安藤 忍、弘瀬冬樹、中田健嗣、藤田健一、前田憲二（地震津波研究部）、露木貴裕（気象庁地震火山部）、平田賢治（客員）

副課題1の目標

南海トラフ沿いのプレート境界におけるスロースリップ、プレスリップなど固着状態の変化を検出するための手法を高度化するとともに、その物理的背景（固着域の状態変化）に関する説明能力の向上を図る。

副課題1の本年度の計画

- ①干渉SARの気象補正方法の開発及び改良を行う。
- ②地殻変動データを用いたスロースリップの客観的検出手法の開発を行う。
- ③東海大学・京都大学と共同で、海底地震計・海底水圧計観測を行う。
- ④過去の巨大地震の破壊域や発生間隔を再現する数値モデルの改良を進める。

副課題1の本年度の成果

- ①中国地方を領域固定したGEONETのF3解座標値を用い、フィリピン海プレートの沈み込みと逆方向の成分について、南海トラフのプレート等深線25km沿いに並べた地点を中心とする一定範囲内の平均を求め、1年の傾斜期間を持つランプ関数との相関を取ることで、南海トラフ沿いの長期的スロースリップの客観的な時空間分布を得る手法を開発した。
- ②ひずみ計データのスタッキング解析を行い、2013年から継続している東海地域の長期的スロースリップのモーメント解放の時間変化を求めた。
- ③気象庁メソ解析値によるSAR気象補正手法を行うための計算環境の構築に着手した。
- ④干渉SAR時系列解析により、室戸岬周辺の面的な地殻変動を解析した。
- ⑤東海大学と共同で、駿河湾における海底地震計観測を実施した。
- ⑥京都大学と共同で、南海トラフ軸付近の海底水圧計の回収および設置を行った。
- ⑦海域におけるGPSから推定されたすべり欠損や重力異常分布等を考慮した摩擦パラメータを与えたり、プレート収束速度を見直したりして試行錯誤的に南海トラフの数値モデルの改良を進めた。
- ⑧2016年4月に紀伊半島南東沖で発生したようなM6クラスの地震が南海トラフ巨大地震に与える影響について数値モデルを用いて調査した。

副課題2 津波地震などに対応した即時的地震像把握手法の開発

副課題2の研究担当者

勝間田明男、小林昭夫、宮岡一樹、田中昌之、中田健嗣、藤田健一、溜渕功史（地震津波研究部）、上野寛、森脇 健、森田裕貴、田中美穂、案浦 理（気象庁地震火山部）、吉田康宏（気象大学校）

副課題2の目標

津波地震を含む巨大地震の多様な発生状況を想定した地震の規模・震源域の広がり等を迅速に把握するための手法を開発する。

副課題2の本年度の計画

- ①過去の研究について、津波地震の事例調査を進める。スロー地震については、その震源時間関数の特徴について調査行う。地すべりについては、地震波の励起と津波の発生に関して調査を進める。
- ②長周期地震動検出手法の開発を行う。
- ③これまでの震源決定手法の調査を進め、波形相関の情報を取り入れた手法の検討を行う。
- ④すべり分布推定に関する従来手法の問題点の整理を行う。

副課題2の本年度の成果

- ①山体崩壊による津波について、海底での土砂の移動によって海面に生じる水位変化を即時的に得る方法の検討として、理想的な海底地すべりによる予測式を1741年渡島大島の事例へ適用し、文献による観測値との違いや、適用の際のパラメータの考察を行った。
- ②2016年4月に運用開始した自動震源決定手法（PF法）の改良を行い、震源出力条件の見直し、複数の地震が発生した場合には振幅の大きいイベントから処理を行うこと、及び走時残差が大きな相を削除する等の改良を行った。その結果、島嶼部及び地震多発時における震源決定性能を向上させた。さらに、ベイズ推定における事前確率を改良することにより、解の収束速度を向上させることが可能か検討を行った。
- ③波形相関を用いた自動震源の識別手法を開発し、目視によらず地震とノイズの識別を行えるか検討を行った。
- ④PF法によって得られた自動処理結果を活用し、b値のリアルタイム推定手法を開発した。これを平成28年(2016年)熊本地震や10月21日の鳥取県中部の地震に適用し、b値の時空間分布を推定した。その結果、熊本地震においては、4月14日M6.5の地震発生後にb値の低下することを確認した。
- ⑤解析結果の公表までに時間を要していた遠地実体波震源過程解析の迅速化のため、自動解析プログラムを改良し、本庁担当者が扱える環境にした。サンプリング間隔・基底関数の数等を最適化し、比較的短い処理時間で安定して解が得られるようにした。
- ⑥地震発生10分後の地すべりにより津波が発生したとみられる事例について、地すべりによる地震波の励起の理論計算を行い、地震発生後間もない地震計記録からでは地すべり現象が検知困難であることを確認した。
- ⑦2016年4月14日と4月16日の熊本地震の震源過程解析、干渉SAR解析を行い、震源過程解析で推定されたすべり分布をもとにした地殻変動が干渉SAR解析結果と整合することを確認した。

B7 火山ガス観測による火山活動監視・予測に関する研究

研究年次：1年目／5年計画（平成28年度～平成32年度）

研究代表者：高木朗充（火山研究部 第三研究室長）

研究の目的

気象庁の噴火予警報業務の改善に資するために、火山ガスの観測によって水蒸気噴火など火山噴火の前兆を早期に把握する監視手法を開発し、火山活動予測の高度化を図る。

副課題1 火山ガス放出量観測に基づく火山活動監視・予測

副課題1の研究担当者

高木朗充、谷口無我、福井敬一、長岡 優、森 健彦（火山研究部）、安藤 忍（地震津波研究部）

副課題1の目標

火山ガス放出量を昼夜連続監視可能な土壌ガス観測手法を開発するとともに、既存の火山ガス放出量観測データや地殻変動データなど多項目の観測データを組み合わせた解析によって火山ガス放出変動機構をモデル化し、火山活動監視・予測の改善を図る。

副課題1の本年度の計画

- ①吾妻山で土壌ガス面的観測を実施し、連続観測装置設置地点選定を行う。
- ②重点研究B5「地殻変動観測による火山活動評価・予測の高度化に関する研究」と共同し、伊豆大島にて土壌ガス面的観測を実施し、伊豆大島における土壌ガス放出の実態を把握するとともに、伊豆大島において観測されている短期的膨張・収縮地殻変動との関連の解明に取り組む。
- ③土壌ガス連続観測装置を整備し、気象研究所構内で試験観測を実施する。得られたデータから土壌ガスと気象条件等との関連を調査する。
- ④ひまわり8号等の衛星観測データなどリモートセンシング手法により、火山ガス放出活動の規模評価を進める。

副課題1の本年度の成果

- ①海洋気象観測船（啓風丸）の協力により、小型紫外分光計による西之島のSO₂放出率観測（3回目）を2016年6月に実施し、計測限界以下であり火山ガス放出活動が低下したことを確認した。箱根山において同観測（3回目）を実施し、低下するSO₂放出率を確認した。新湯焼山において初めての同観測を実施し、計測限界以下であることを確認した。
- ②SO₂放出率観測の連続観測化を目指し、過去5年間に桜島で実施されたSO₂放出率の観測データを精査した。毎時大気解析と拡散モデルで計算することで、観測で得られた最高カラム濃度から放出率を見積もることが可能であること、またSO₂放出率観測における計測限界量を見積もることが可能であることを確認した。
- ③地球観測衛星搭載光学センサーデータを用いて西之島の噴煙活動（放熱率、水蒸気（H₂O）放出率）を評価した。2014年夏頃に低下し、2015年12月には噴煙は見られなくなった。また、2015年6～7月に見積もられたH₂O放出率（2,800トン/日）と小型紫外分光計によるSO₂放出率（900トン/日）からH₂O/SO₂重量比は約3と見積もられた。西之島と同程度あるいはそれより多量のマグマが関与したと考えられている三宅島の2000年以降の大規模脱ガス時のH₂O/SO₂重量比と同程度であることを示した。
- ④吾妻山で土壌ガス面的観測2回を実施し、連続観測装置設置地点選定を行った。また、伊豆大島、高原山において土壌ガス面的観測を実施した。

副課題2 火山ガス組成観測に基づく火山活動監視・予測

副課題2の研究担当者

高木朗充、谷口無我、福井敬一、長岡 優、森 健彦（火山研究部）

副課題2の目標

火山ガス組成の連続観測と精密分析によって水蒸気噴火などの微細な前兆変動を検出するとともに、ガス組成変動機構のモデル化を行い、副課題1の成果と合わせ火山活動監視・予測技術の高度化を図る。

副課題2の本年度の計画

- ①気象庁が整備した、多成分火山ガス連続観測装置によって得られたデータから火山ガス組成比を精密に評価するため、解析手法の高度化を進める。
- ②新規に整備する機動観測用多成分火山ガス観測装置により、草津白根山、箱根山で試験観測を実施し、本装置および多成分火山ガス連続観測装置の性能を評価する。
- ③気象庁が過去に実施した火山ガス濃度観測データを整理・評価し、火山活動との関連について調査する。

副課題2の本年度の成果

- ①気象庁が整備した多成分火山ガス連続観測装置によって得られたデータから、火山ガス組成比を精密に評価するため解析に着手し、データ品質等の評価研究に着手した。吾妻山のデータを解析した結果、みかけ平衡温度の推移が実測されている噴気温度の推移と大きく異なる可能性を示した。
- ②機動観測用多成分火山ガス観測装置を整備し、吾妻山大穴火口においてガス成分比が噴気孔によって異なることを示した。
- ③気象庁の火山官署が20世紀に実施していた火山ガス現地観測データを整理した。その結果、草津白根山では1982～1983年噴火の前年に $\text{H}_2\text{S}/\text{CO}_2$ の成分比が複数の噴気孔で増大していたことを明らかにし、火山ガスの組成観測を実施することで噴火前の活動評価の有効性を示した。
- ④霧島山（硫黄山、新燃岳）、箱根山、吾妻山、弥陀ヶ原（立山）、高原山において火山ガスを採取するとともに化学組成および水素・酸素安定同位体比の分析を実施した。

沖縄地方（島嶼部）における荒天時地動ノイズの特性調査と震源自動決定処理への応用

研究年次：1年目／2年計画（平成28年度～平成29年度）

研究代表者：草野利夫（沖縄気象台）

研究担当者：勝間田明男（地震津波研究部）

研究の目的

沖縄地方の観測点ごとのノイズ特性を詳細に調査し、ノイズを効率よく除去するための手法構築などによって地震の検知能力、自動処理決定率と決定精度の向上を図ることを目的とする。

研究担当者

勝間田明男（地震津波研究部）

研究の目標

沖縄地方の観測点での地動ノイズの評価を行い、その特性を明らかにする。

得られた特性に基づき、荒天時の地動ノイズ低減フィルタの評価とその手法のリアルタイム処理導入について提言を行う。

本年度の計画

- ①台風波形接近時等ノイズ値上昇時における地震計の観測波形を収集する。
- ②状況別に波形を比較し、ノイズの増大率を調べる。
- ③周波数スペクトル解析を行い、ノイズ増大の主要因となる周波数帯を調べる。
- ④ノイズ特性の調査結果をまとめる。

本年度の成果

風速、波高、波周期を要素として、気象情報発表基準程度の値を超えた期間を「荒天」として定義し、その期間内で地震を観測しなかった間の沖縄玉城3観測点の地震波形についてフーリエ変換を行い、その傾向について考察した。

2. 3. 研究中間報告

本節には、気象研究所が実施し、平成 28 年度に中間評価を実施した研究課題のうち気象研究所予算による下記課題について、課題毎に計画と研究成果等を掲載した。

2. 3. 1. 重点研究、一般研究

・ A1 メソスケール気象予測の改善と防災気象情報の高度化に関する研究	43
・ A3 台風の進路予報・強度解析の精度向上に資する研究	80
・ a5 大気境界層過程の乱流スキーム高度化に関する研究	102
・ B1 緊急地震速報の予測手法の高度化に関する研究	108
・ B2 地震活動・地殻変動監視の高度化に関する研究	118
・ B3 津波の予測手法の高度化に関する研究	126
・ C1 気候モデルの高度化と気候・環境の長期変動に関する研究	131
・ C2 季節予報の高度化と異常気象の要因解明に関する研究	152
・ C3 地球環境監視・診断・予測技術高度化に関する研究	170
・ c4 放射収支の監視システムの高度化と気候変動要因解明に関する研究	200
・ c5 雪氷物理過程の観測とモデル化による雪氷圏変動メカニズムの解明	207
・ c6 大気海洋結合データ同化システムの開発に関する研究	220
・ c7 海洋モデルの高度化に関する研究	224
・ c8 環境要因による局地気候変動のモデル化に関する研究	231

A1 メソスケール気象予測の改善と防災気象情報の高度化に関する研究

研究年次：3年目／5年計画（平成26年度～平成30年度）

研究代表者：齊藤和雄¹⁾、小泉 耕²⁾（予報研究部 部長）

課題構成及び研究担当者：

副課題名 1 高精度高分解能モデルの開発と精度検証

山田芳則、村崎万代⁴⁾、吉村裕正、橋本明弘、林 修吾、伊藤純至⁵⁾、加藤輝之（予報研究部）、齊藤和雄³⁾（研究総務官）、北村祐二（環境・応用気象研究部）、南雲信宏⁶⁾（気象衛星・観測システム研究部）、石田純一¹⁾、原 旅人¹⁾、坂本雅巳²⁾（気象庁予報部）、大竹秀明、宇野史睦⁵⁾（客員）

副課題名 2 高解像度データ同化とアンサンブル予報による短時間予測の高度化

瀬古 弘、川畑拓矢、大塚道子、折口征二、國井 勝、横田 祥、荒木健太郎⁵⁾、小泉 耕²⁾（予報研究部）、齊藤和雄³⁾（研究総務官）、青梨和正、岡本幸三⁷⁾（台風研究部）、小司禎教（気象衛星・観測システム研究部）、幾田泰醇（気象庁予報部）、露木 義⁸⁾（気象大学校）、伊藤耕介、大泉 伝、黒田 徹⁴⁾、Le Duc、福井 真²⁾（客員）、

副課題名 3 顕著現象の実態把握・機構解明に関する事例解析的研究

加藤輝之、益子 渉、津口裕茂、村崎万代⁴⁾、橋本明弘、林 修吾、荒木健太郎、（予報研究部）、清野直子⁶⁾（環境・応用気象研究部）、青柳曉典⁹⁾（気象庁地球環境・海洋部）、廣川康隆¹⁰⁾（仙台管区気象台）

副課題名 4 雲の形成過程と降水機構に関する実験的・観測的・数値的研究

財前祐二、斎藤篤思⁴⁾、折笠成宏⁵⁾、田尻拓也、荒木健太郎⁴⁾、橋本明弘（予報研究部）、村上正隆⁷⁾（客員）

研究の目的

数値予測モデルとその初期値作成技術の高度化、顕著現象の機構解明、種々の雲の形成過程・降水機構に関する研究を通じて、メソスケール気象予測の改善や集中豪雨・豪雪や竜巻など顕著現象による被害を軽減するための防災気象情報の高度化など気象業務に寄与する。

研究の目標

（課題全体の目標）

高精度数値予測モデル・雲微物理モデルの開発、データ同化技術やアンサンブル手法の開発を通じて、顕著現象等の予測精度を向上させる。また顕著現象の事例解析等を通じて、その機構を解明する。

（副課題ごとの目標）

副課題 1 の目標

高精度高分解能の数値予報モデルの開発及びその精度検証を行い、激しい気象現象や積乱雲の時間発展の再現性を向上させる。

副課題 2 の目標

高解像度データ同化技術の開発やアンサンブル手法の高度化により、顕著気象等の短時間予測精度を向上させるとともに、確率論的予測を行って極端シナリオの抽出法や利用法等を提案する。

¹⁾ 平成27年度まで、²⁾ 平成28年度から、³⁾ 平成26-27年度は予報研究部所属、⁴⁾ 平成26年度のみ、⁵⁾ 平成27年度から、⁶⁾ 平成26年度は予報研究部所属、⁷⁾ 平成26-27年度は気象衛星・観測システム研究部所属、⁸⁾ 平成26年度は気候研究部所属、⁹⁾ 平成26-27年度は環境・応用気象研究部所属、¹⁰⁾ 平成28年度は気象庁予報部所属

副課題3の目標

集中豪雨や竜巻等、災害をもたらす顕著現象の事例解析を行い、都市の影響も含めて実態把握・機構解明を行う。

副課題4の目標

室内実験・野外観測・数値実験に基づいて雲微物理素過程を解明し、エアロゾル・雲・降水過程を統一した雲微物理モデルを開発する。

研究の現状**(1) 進捗状況****副課題1**

250m~5kmの数値モデル実験を行い、モデル解像度による現象の再現性や予測精度の違いを解析している。また、雲微物理過程のビン法やバルクモデル、グレイゾーン対応の境界層モデル、発雷モデル等について継続して開発や改良を行っている。高解像度非静力学モデル開発の一環として、二重フーリエ級数を用いた全球モデルの開発を継続して行うとともに、地球全体を六つの予報領域で表現して気象庁領域モデル asuca で計算するモデルのテストも開始した。

副課題2

新しいデータ同化手法として変分法とアンサンブルカルマンフィルタを組み合わせるハイブリッド同化や EnVAR (アンサンブルに基づく変分法的同化法) を開発して性能を評価している。フェーズドアレイレーダ、二重偏波レーダー、気象衛星の高頻度観測大気追跡風、航空機 MODE-S データ、高分解能地上観測データなどの新しい観測データの数値モデル予測へのインパクトを調べるとともに、観測データのより有効な利用方法を調査している。また、アンサンブル予報から情報を引き出すための高度な利用方法を開発している。

副課題3

集中豪雨、竜巻、大雪などの顕著現象事例について、事例解析と数値シミュレーションによって発生・維持機構の解明を行ってきた。2014年、2015年に発生した顕著現象事例については速報的な事例解析を行って現場への情報共有を行うとともに、必要に応じて報道発表を行った。また、都市キャノピーモデルを用いて都市化の影響を調査している。

副課題4

通年地上モニタリング観測を実施し、大気エアロゾル粒子の物理化学特性・雲核 (CCN)・氷晶核 (IN) の世界的にも希少なデータセットを構築した。エアロゾル・雲・降水統一微物理モデル構築の第一歩として、各種観測データと既存のバルク微物理モデルの比較を行っている。

(2) これまで得られた成果の概要**副課題1****①気象庁非静力学モデル (JMA-NHM) による解像度依存性 (250m~5km) 調査**

ア) 境界層スキーム: 各種スキーム (Mellor-Yamada-Nakanishi-Niino (以後 MYNN)3, MYNN2.5, Deardorff) による解像度依存性の違いを明らかにした。MYNN2.5 と Deardorff は高解像度化に伴いグリッドで鉛直熱輸送が表現されはじめるが、グリッドとサブグリッドの熱輸送のダブルカウントも生じていることが示された。MYNN3 は計算不安定を起こさせないための束縛条件の導入により鉛直流・気温の摂動が減衰した結果、解像度間に違いが生じないことが示された。

なお、モデルを asuca にした場合は、MYNN2.5、Deardorff は NHM とほぼ同様の結果が得られた。asuca の MYNN3 には計算不安定に対する対応策が導入され、不自然な束縛条件が撤廃されたため、高解像度では鉛直流が表現されるようになった。それと同時にわずかにダブルカウントも示された。

イ) 夏季の孤立積乱雲の再現性: NHM で再現される孤立積乱雲内部での鉛直流コアの水平方向の間隔は、実験の解像度ではまだ一定の構造に収束せず、ほぼ解像度に比例したサイズ (つまり、解像度が高いほど小さいサイズ) でコアが存在していた。この特徴は地上付近の境界層の対流構造

とほぼ同様であることもわかった。このことは、モデルが、現象の本来持っているスケールをまだ解像できていないことを示唆している。

ウ) 冬季中部日本海側の平野部での降雪量：降雪量が過小になる原因について地上観測と比較して調査した。その原因は、霰の代わりに、落下速度の遅い雪が過剰に生成され、移流により山岳まで輸送されたためであったが、250mのNHMでも地上における霰/全降水量の比率は観測よりかなり小さく十分な改善には至っていないことがわかった。予備的な実験によれば、降雪量予測の結果は、モデルの解像度が高くなると微物理過程モデルの違いが降雪量の分布に大きく影響する傾向が見られた。

エ) 2014年8月20日広島での大雨の再現実験を行った。2km解像度で観測に近い降水分布を予測することができたが、積乱雲と思われる対流のスケールは実際よりも大きく、非現実的であった。250m解像度では、実際にレーダーで観測された積乱雲群の構造を的確に再現できることがわかった。

オ) 2015年夏を対象とした、ひまわり高頻度観測やレーダーアメダス解析雨量(R/A)との精度検証に着手した。いずれの解像度でも、対ひまわり検証では上層雲が不足していること、対R/A検証では強雨が過剰であることが示された。解像度間の再現性については、CAPEや風のシアを用いた積乱雲の発生状況の違いについて調査を継続している。

②1km以下の解像度のモデルに適した物理過程検討

ア) 現在NHMで利用されている乱流パラメタリゼーションであるMellor-Yamadaレベル3モデルを、対流混合層における乱流のグレーゾーンとよばれる水平解像度(1kmから数100m)に適用するための簡便な拡張を提案し、論文発表した。グレーゾーン対応のモデルを気象庁非静力学モデルに組み込んで、予備的な実験を開始した。

イ) 暴風雪の事例について実施した、水平解像度1kmのモデル実験では、山岳風下側の平地において、予測された地上風の大きさが観測値の半分程度であった。これに対して沿岸部では、予測された風は観測値に近い値であった。

ウ) NHMをLESとみなせるほどの高解像度化(水平解像度100m以下)し、各種メソ気象(台風、豪雨や局地風)を再現した。2014年広島豪雨については解像度90mにしたものの、大きな改善はみられなかった。一方、より素過程が単純な愛媛県大洲市における肱川あらしの事例においては、鉛直解像度(最下層は10m)と水平解像度(80m)の両者の向上により、観測でみられるような河口まで到達する地面近くの下層雲を再現した。

③微物理モデルの改善

ア) 雲氷粒径分布の変更に対する各微物理過程の応答を調査し、昇華・凝集・雲氷-雪変換の各過程で感度が高いことが分かった。

イ) バルク微物理モデルでは、あられ過程の適切なモデル化が重要であることが示唆された。

ウ) バルク法と多次元ビン法雲物理を、2次元大気ウォームバブル実験で比較し、バルク法では多次元ビン法に比べ降水の形成が早いことが分かった。

エ) 雲氷粒径分布を変更した改良版で行った冬季季節風下における降雪雲の再現実験(1kmメッシュ)の結果と衛星観測データ(MTSAT)と比較し、MTSAT観測に関する再現性については、改良による顕著な差異は認められないことがわかった。

オ) 氷飽和調節スキームが計算結果に与える影響を、夏期と冬期のそれぞれ2ヶ月間について評価した。統計的には大きな影響は無いものの、事例によって対流圏上部の雲氷・雪粒子や地上降水量に無視できない影響を与える場合があることが分かった。

カ) 氷相について、2-momentの新しいバルク微物理モデルを開発し、NHMのオプションとして組み込んだ。このモデルの評価を行うため、北海道石狩平野付近の降雪雲やあられが卓越して降っていた新潟での降雪の事例について、予備的な実験を行った。地上降雪における雪とあられの比を適切に表現できるようにするため、札幌市での地上観測データを用いてさらなる改良を行っている。

キ) 2014年6月24日に調布・三鷹で発生した激しい降雹・落雷について、その発生要因を偏波レーダー観測等の観測データより明らかにし、加えて数値モデルでの降雹の再現性について調査した。その結果現在の使われている3ice-2momentの雲物理過程では再現が難しいこと、雹を適切に表現させることが出来れば、降雹が再現できる可能性があることを示した。

④全球モデルの高解像度化・非静力学化・高速化

ア) 球面調和関数を使用する現業全球モデルをベースに、二重フーリエ級数への変更による高速化

と非静力学のオプションを導入した。

- a. 予報実験や Jablonowski and Williamson(2006)の試験を行い、二重フーリエ級数モデルの実行結果は球面調和関数のモデルと同等であることを確認した。さらに水平格子間隔 40km で同化予報実験を行い、予報スコアが現業全球モデルと同等であることを確認した。
 - b. 二重フーリエ級数モデルの理論的基盤をより確かなものにするため、フーリエ級数（東西）と東西波数 0~2 のルジャンドル陪関数（南北）からなる球面上の直交関数を使用する方法と同等の結果が得られるように二重フーリエ級数の波数切断を工夫した。
- イ) 三次元の計算を行うための三重ループにおいて、東西方向を表す最内ループ長(i)が緯度により違っていたのを任意の長さに固定できるようにし、マシンに最適なループ長を選択可能にすることにより、高速化を実現した。並列計算機における全対全通信の高速化のため、使用するサブルーチンを見直した。現業全球モデル最新版(GSM1603)をベースに、上記高速化と以前に行った 2次元分割の領域を正方形に近い形にすることによるセミラグ通信の高速化を導入した版を作成し、本庁に提供した。
- ウ) 領域モデル asuca をベースにした有限体積法陰陽モデル aghexa を開発し、以下の成果を得た。
- a. 予報時間の経過とともに地上気圧や 500hPa 面高度が上昇する問題を概ね解決できた。
 - b. Jablonowski and Williamson(2006)の試験を aghexa で実施し、定常状態を維持と傾圧不安定波の試験について他の格子モデルと遜色のない結果を得た。
 - c. 気象研究所の FX100 と、気象庁の SR1600M1、京コンピュータで実行時間測定を測定した結果、aghexa の FX100 でのスケラビリティは、京コンピュータで測定した結果と同程度であった。
- ⑤ 関東地方の日射量予測が過大傾向となる下層雲が広がる曇天時の事例について、水平分解能 5km の NHM による数値実験を行ない、観測値と比較し、モデルの誤差要因について調査した。総観規模擾乱の位相のずれによる影響の他、境界層スキームや雲量の算定方法によっても日射予測結果が大きく異なることが明らかになった。また、予測日射量のモデル解像度依存性を解析した。
- ⑥ 陸面過程については、雪面温度の上限を 0℃以下とするよう変更し、雪氷域での地上気温の再現性を向上させることができた。さらに、雪氷域での地上気温の再現性に対する積雪面アルベドの影響の調査に着手した。
- ⑦ 気象庁 LIDEN による発雷発生の時空間的特徴を統計的に把握し季節および地域による違いを明らかにした。加えて LIDEN による発雷発生状況とアメダスの突風・豪雨の発生との関係を統計的に明らかにした。またマルチパラメータレーダを用いた雲内の粒子分布と気流構造に三次元雷放電点評定データを比較することで、雷を発生させる積乱雲の特徴を明らかにした。これらの知見に基づいて、NHM による発雷予測の改良に着手した。
- ⑧ 冬期に日本海側沿岸部で観測される突然発生し活動継続時間が極端に短い雷活動（いわゆる「一発雷」）の発生頻度を季節別・地域別に調査し、冬季の発生位置が北陸地方沿岸部に局在していること、および夏季にも西日本では散発的に発生していることを明らかにした。

副課題 2

①新しいデータ同化手法の研究（ハイブリッド同化や EnVAR など）

- ア) 局所アンサンブル変換カルマンフィルタ（LETKF）とアンサンブルに基づく変分法的同化法（EnVAR）を統合したシステムを作成し、実用に耐えうる計算時間で正常に動作することを確認した。
- イ) 上記の EnVAR と LETKF の統合システムを用いて、実験が容易な低解像度全球モデル SPEEDY を予報モデルとする観測システムシミュレーション実験(OSSE)を行い、EnVAR の予報値の方が LETKF 単独のものより真値に近づくことを示した。また、本システムを 2013 年 7 月 18 日に東京付近で発生した局地的降水事例に適用し、EnVAR の解析値の方が LETKF より観測値に近づくことを確認した。
- ウ) EnVAR 内で行われる変分法に基づいたデータ同化について、新しい 4次元化のスキームを開発し、同化窓内で大きく風場が変わる台風の事例で、これまでのスキームより自然な修正が行われることを示した。
- エ) EnVAR に週間アンサンブル予報の摂動を取り入れる改良を行なった。また、台風 1411 事例等について、本同化法による TRMM 及び GPM マイクロ波放射計輝度温度データの同化実験を行なった。その結果、台風周辺の降水や海上風速予報に対して 24 時間以上のインパクトがあることが分かった。
- オ) EnVAR にサンプリング誤差抑制法を導入したプログラムの問題点の洗い出しと改良を行なった。

また、台風 0404 事例等について、本同化法によるマイクロ波放射計データの観測システムシミュレーション実験(OSSE)を行なった。その結果、本同化法によって、台風 0404 周辺の降水予報が 6 時間以上向上することが分かった。

カ) JMA-NHM 用のハイブリッド変分法アンサンブル同化システムを開発した。このシステムは NHM-4DVAR と 4D-LETKF である NHM-LETKF を組み合わせたもので、それらのサブシステム間で、双方向に情報をやり取りする。つまり、NHM-LETKF によって共分散行列を推定し、NHM-4DVAR では背景誤差の一部にその推定値を用いることで、誤差共分散を精緻化している。多数の台風予報実験(62 回)と集中豪雨予報実験(104 回)を実施することで、台風の進路・強度予報、豪雨のポテンシャル予報が統計的に有意に改善することを示した。

キ) 上記のように背景誤差共分散行列をハイブリッド化するもの他に、カルマンゲインをハイブリッド化するものについても評価を行えるようにした。2014 年 8 月について両システムの評価を行ったところ、ハイブリッドシステムは、LETKF や 4DVAR をそれぞれ単独で用いるよりスコアが良く、背景誤差共分散行列をハイブリッドにしたものの方がカルマンゲインをハイブリッドにしたものよりわずかにスコアが良くなることが分かった。

②新しい観測データの利用または既存の観測データの利用方法の改善

ア) 2012 年 5 月 6 日に発生したつくば竜巻の事例について、高分解能地上データの同化を行い、渦や降水の再現が改善されることを示した。

イ) 2012 年 5 月 6 日のつくば竜巻をもたらした降水システムにおいて、気象研究所の二重偏波レーダーの偏波間位相差で減衰補正した反射強度を水平解像度 1km の LETKF を用いて同化し、強い降水域より遠方にある降水量の再現が改善することを示した。また、30 分予報～90 分予報の 1 時間降水量の予測結果を fractions skill score で評価した。反射強度の同化は、主に反射強度と正の相関を持つ上空の水蒸気のインクリメントにより降水の予測精度を向上させるが、反射強度と相関を持つ水蒸気量以外の物理量(雲物理量等)のインクリメントも降水の予測精度の向上に寄与することが分かった。

ウ) 2013 年 7 月 13 日に発生した京都の局地的大雨について、フェーズドアレイレーダで観測した高頻度な動径風等の同化実験を行い、観測近い降水域の再現に成功した。

エ) 九州を南下する梅雨前線の事例について、MTSAT で観測した高頻度観測データの大気追跡風を高頻度に同化し、降水予報がわずかに改善することを示した。

オ) 平成 26 年 8 月豪雨の一部の期間でも、MTSAT-1R の高頻度観測による大気追跡風の同化実験を行い、降水予報スコアの検証等を行った。また、ひまわり 8 号による高頻度観測の大気追跡風について、メソ解析と高層ゾンデ観測との比較による精度検証を行い、大雨事例での同化実験を開始した。

カ) ひまわり 8 号の高頻度観測大気追跡風を同化することにより、平成 27 年 9 月関東・東北豪雨の事例で降水域の予測位置が改善すること示した。

キ) ひまわり 8 号の雲域の輝度温度同化に向けて、JMANHM と観測値を比較し、モデルの再現性や観測の誤差特性を調査した。観測演算子を分離した LETKF に、放射計算前処理を追加し、同化実験を開始した。

ク) アンサンブルカルマンフィルタを用いて、台風の位置や強風半径の大きさを同化する手法を開発し、自然なインクリメントが得られることを示した。

ケ) 関東平野で展開した水蒸気ライダーや高密度な地上気圧網の観測値を同化データとして用いた場合のインパクトを OSSE で調べた。

コ) つくばで観測した水蒸気ライダーの同化実験、航空機の高頻度観測データである MODE-S データの同化実験を行った。

サ) 二重偏波レーダー同化観測演算子について、5 種類の前演算子の精度を比較し、そのうち、二つを変分法データ同化システムに組み込んだ。

シ) 地上マイクロ波放射計の放射観測結果を用いた鉛直一次元変分法データ同化手法を開発し、精度検証を行った。その結果、非静力学モデルで予測される大気熱力学プロファイルよりも特に大気下層で気温・水蒸気の解析精度が向上することが分かった。

③アンサンブル予報の高度な利用方法の検討

ア) 2012 年の台風 BOLAVEN の事例では風速と多重眼構造の関係、九州北部豪雨の事例では降水量と相関の大きい物理量とその領域の変遷について、アンサンブル予報における挙動を調べた。

イ) 2014 年 8 月 20 日に発生した広島豪雨について、複数のアンサンブル実験の予報シナリオに基

づく感度解析を行い、風上で下層の気温が高く水蒸気量が多いほど広島降水量が多くなることを確認した。

ウ) 2012年5月5日6日に発生したつくば竜巻と2013年9月2日に発生した越谷・野田竜巻の事例において、複数のアンサンブル実験の予報シナリオに基づく感度解析を行った。ストームの南東の下層の南風が強く、ストームの南西の下層の水蒸気量が多いほど、竜巻に対応する地上の渦が強くなることが分かった。また、地上30mの最大渦度と地上1kmの渦度や100mの水蒸気量に明瞭な相関があることが分かった。

④高解像度大気海洋結合モデルの利用

ア) 台風の事例について、海洋を結合したアンサンブルカルマンフィルタを用いた同化システムの実験を開始した。

イ) 高解像度大気海洋結合モデルを用いることにより日本付近の台風強度予測精度が大きく改善することを示した。

ウ) さらに、北西太平洋全域に計算領域を拡大した場合でも、台風強度予測精度が大きく改善することが分かった。

エ) 高解像度大気海洋結合モデルを用いた時に現れる海面水温の負のバイアスエラーが、海水の混合パラメータの調整により改善することを示した。

副課題3

①2014年に発生した顕著な大雨事例(7月3日長崎県での大雨、7月9日台風第8号に伴う沖縄本島での大雨、7月9日新潟県での大雨、8月11日三重県での大雨、8月20日広島県での大雨、9月11日北海道での大雨)、2015年に発生した顕著な大雨事例(4月の鹿児島県での大雨、6月の熊本県・長崎県での大雨、8月の三重県での大雨、9月の高知県での大雨、平成27年9月関東・東北豪雨)、および、2016年6月に発生した熊本県・長崎県での大雨について速やかに解析を行い、解析結果は気象庁予報部および該当地方官署に情報共有を行った。2014年7月9日台風第8号に伴う沖縄県での大雨と2014年8月20日広島県での大雨、および平成27年9月関東・東北豪雨の発生要因については、報道発表を行った。

②2012年つくば竜巻

ア) 発生機構について水平分解能50mの非静力学数値予報モデル(NHM)の結果を用いて調べたところ、2006年延岡竜巻と同じようにストーム後方の局所的に強化された下降流がトリガーとなっていることが分かった。しかし、竜巻の渦の起源は、フック状の形状をした降水分布の先端において降下してくる降水コアに伴う傾圧性によって主につくられていることが明らかになった。

イ) 水平分解能10mのNHMによる実験を行い、竜巻の詳細構造について解析した。竜巻中心付近において、地表付近で猛烈な上昇流が生成されていることについて調査し、力学的な気圧傾度力によるものであることが分かった。

③2013年8月9日に秋田県・岩手県で発生した大雨について、特に下層の暖湿気塊の流入に着目して解析を行った。各種観測データ・客観解析データの解析結果とNHMによる数値実験の結果から、下層の暖湿気塊の形成・維持には、大気と海面の相互作用が重要であることが明らかになった。

④2013年台風第18号に伴い熊谷市で発生した竜巻

ア) 水平解像度50mの実験を行い、竜巻をもたらしたストームの構造やメソサイクロンの発生機構について解析を行った。ストームはミニスーパーセルの構造を有しており、渦線や循環を用いた解析から、メソサイクロンの渦は環境場の下層の鉛直シアを主な起源としていることが明らかになった。

イ) 高解像度モデル用の竜巻発生ポテンシャル予測指数として最近用いられ始めているアップドラフトヘリシティについて調査し、発達した積乱雲群の中からスーパーセルの特徴をもつものを抽出できることが明らかになった。

⑤2015年8月12日につくば市で観測されたメソサイクロンに伴うWall Cloudの映像解析、レーダー解析、環境場解析を行った。その結果、観測されたWall Cloudの親雲はHigh-Precipitation型のスーパーセルに近い特徴を持っていることが分かった。また、先行して発達していた対流システムからのガストにより、一時的に大気下層の鉛直シアが大きくなった環境場でWall Cloudの親雲が発達していたことが分かった。

⑥2013年10月16日に台風第26号に伴って伊豆大島で発生した大雨についての解析を行った。各種観測データ・客観解析データの解析から、大雨をもたらした降水系の形成・維持には、関東平

野に形成された”局地前線”が重要であることが分かった。また、JMA-NHMによる数値実験から、”局地前線”の形成プロセスについての詳細な解析を行った。

- ⑦2014年7月9日台風第8号に伴う沖縄本島での大雨では、顕著な冷氣プールが沖縄本島付近に形成されたことが大雨をもたらした線状降水帯を停滞させていたが、その停滞に水平分解能1kmのNHMの数値実験から沖縄本島の地形は影響していないことが分かった。
- ⑧2014年8月20日広島県での大雨
- ア) 下層水蒸気の蓄積過程を局地解析のデータから考察した。南からの下層水蒸気流入時に豊後水道で流路が狭まることで風速が増すとともに上空に水蒸気が輸送され、大量の水蒸気が広島付近に流入したことが大雨の発生要因となったことが分かった。
- イ) 降水分布の再現が良かった2km解像度のNHMを用いて、初期値依存性を調べ、再現性が悪かった原因について調査した。再現性が悪い初期値では、豊後水道からの下層暖湿流の流入以外に、西からのやや乾燥した下層気塊の進入があり、偽の降水が作り出した冷氣プールが積乱雲群の生成領域に形成し、線状降水帯を停滞させずに東進させてしまったことが分かった。また積乱雲群の形成における地形の影響を調査し、山口県東部の500m程度の山岳が重要な役割をしていたことが分かった。
- ⑨平成27年9月関東・東北豪雨のうち、特に栃木県・茨城県で発生した大雨について、事例解析を行った。この大雨は、複数の線状降水帯から構成される”帯状の降水システム”によってもたらされていた。また、大雨の最盛期には、台風第17号周辺からの南東風によってもたらされた気塊の水蒸気量が関東沖で増加して供給されていた。さらに、関東地方上空は深い気圧の谷の前面に位置しており、大雨が発生しやすい環境場となっていたことが分かった。
- ⑩2013年12月19-20日に日本海上で発生したメソ低気圧の発達過程について、水平分解能5kmのNHMの結果を用いた絶対渦度・エネルギー収支解析から調査した。最初、非断熱加熱による熱的不安定で発達し、その後傾圧不安定も加わって強化されたことが分かった。
- ⑪2014年2月の関東甲信地方の大雪
- ア) 2月8～9日、14～15日に発生した関東甲信地方での大雪について、国土交通省・気象庁・自治体・民間会社等の毎時積雪深観測値をもとに詳細な降雪分布の解析を行い、大雪をもたらした降雪雲の発生環境場について解析した。その結果、関東地方の南海上で形成されていた沿岸前線上で高度2km付近まで持ち上げられた水蒸気が内陸まで流入し、降雪雲を形成していた。降雪分布はこの水蒸気供給量と地形の影響を大きく受けていたことが分かった。
- イ) 2月14-15日に大雪をもたらした降雪雲の発生環境場と雲物理特性を、数値シミュレーションと地上リモセン観測結果から解析した。その結果、南岸低気圧の北東象限にあたる関東平野とその南海上でそれぞれCold-Air Dammingと沿岸前線が形成されており、沿岸前線面や山地の斜面を滑昇した空気によって下層の降雪雲が形成されていた。また、この降雪雲中には過冷却雲粒が存在しており、上層雲から落下する降雪粒子の影響により下層雲における降雪が強化されていることが分かった。
- ウ) 2月14-15日に大雪をもたらした降雪雲の数値シミュレーションを行い、氷晶核が降雪雲の形成と降雪量に及ぼす影響を調査した。氷晶核数を0.1倍、10倍にした感度実験の結果から、地域によっては1倍の実験と比べて雪による降水量に10mm以上の差が生じることを示した。これは、氷晶核数の違いによって大気下層の水蒸気場が変質し、大気下層で発生する雲の特性が変化することが原因であることが分かった。
- エ) 南岸低気圧の通過に伴って発生する関東甲信地方での大雪の総観スケール環境場を統計的に調査した。その結果、顕著な大雪事例では亜熱帯ジェットの出口、寒帯前線ジェットの入口で発生する鉛直方向の二次循環がメソスケールの環境場であるCold-Air Dammingや沿岸前線の形成・強化に寄与していることがわかった。さらに、感度実験から低気圧北東側での対流による潜熱解放が上空の高度場・南北気圧傾度を変え、その結果としてジェットの出・入口の位相が固定されることがわかった。これにより持続する二次循環が下層のメソスケール環境場を維持し、降水が増大して対流による潜熱解放が起こるといふ、低気圧・降水と上層システムの相互作用が顕著な大雪時には働いていることが分かった。
- ⑫都市化の影響調査
- ア) 都市キャノピースキームを導入した水平分解能2kmのNHMを用い、高温や局地的大雨などの顕著現象に対してビル群や人工廃熱といった都市効果が及ぼす影響についての調査を開始した。現実的な都市の条件を与えた実験と都市効果を低減させた数値実験との比較から、都市の高温偏差

により都心部を中心に降水の増加が認められることが分かった。降水強度別の違いを調べたところ、日降水量が 50mm 前後の比較的強い降水の頻度が増加する傾向が示唆された。

イ) 都市キャノピースキーム SPUC を導入した水平分解能 2km の NHM により、都市の高温偏差が降水に及ぼす影響に関する考察を進めた。現実的な都市条件を与えた SPUC 実験と都市効果を低減させた平板実験との比較から、東京周辺における 8 年間の 8 月の平均降水量は SPUC 実験で有意に多く、都市の高温偏差が降水を増加させることを示唆する結果が得られた。また、午後の対流性降水を中心に降水強化の要因を探るため、先行降水のない午後の降水事例 (68 例) を抽出し、降水開始 1 時間前の気象場のコンポジット解析を行った。その結果、都市中心域では高温・低圧偏差に対応する水平収束および上昇流の強化が生じるいっぽう、下層水蒸気量の増加はわずかで、この比較実験においてはヒートアイランド循環の強化が都市中心域の降水増加に大きく寄与していたことがうかがえる。

副課題 4

①エアロゾルモニタリングおよびその雲核能・氷晶核能の調査

ア) 低温実験別棟において通年地上モニタリング観測を実施し、大気エアロゾル粒子の物理化学特性・雲核 (CCN)・氷晶核 (IN) の世界的にも希少なデータセットを構築した。その結果大気エアロゾル粒子の、雲核としての活性化特性を示す吸湿度 κ は 0.09 ± 0.03 (年平均値) で日本周辺を起源とする空気塊の割合が多い夏季には値が低い傾向を示し、氷晶核数濃度は通常活性化温度 -25°C で 0.001cm^{-3} 未満と低濃度であるが、黄砂やローカルダストの飛来が多い年末から春季にかけて $0.001 \sim 0.01\text{cm}^{-3}$ 、時折 0.1cm^{-3} を超える高い値を観測した。CCN 数濃度は $0.1\mu\text{m}$ より大きな大気エアロゾル粒子の数濃度と、IN 数濃度は $0.5\mu\text{m}$ より大きな粒子の数濃度と比較的良く対応していた。

イ) -20°C よりも暖かい温度領域で活性化する低濃度の氷晶モニタリング測定を可能にするため、現在エアロゾル濃縮器の性能評価を実施している。2016 年度中に、モニタリング観測に組み込む予定である。

ウ) エアロゾル粒子の混合状態が、雲粒・氷晶生成過程に与える影響を評価するため、既知のエアロゾル (硫酸アンモニウムおよびダスト標準粒子) が単独で存在する場合と、それらの外部混合状態、内部混合状態について雲生成実験を試行し、外部・内部混合状態では雲粒生成、氷晶発生のタイミングに変化が表れることを示した。5 月末から 6 月初旬の黄砂飛来イベント時に、複数回の雲生成実験および電子顕微鏡解析を実施し、大気エアロゾルの氷晶核能の変化を調査した。期間中、ミクロンサイズの粒子は鉱物粒子がおよそ 80% と支配的であり、ピーク時には、 10^{-3} を超える Activated Fraction (大気エアロゾル粒子 1000 個につき、1 個以上が氷晶核として働く) を計測し、人為起源エアロゾルと鉱物粒子の混合状態における大気エアロゾルの氷晶核能を捉えた。

エ) AgI 粒子の氷晶核能の実験では、溶解剤・吸湿剤を変えた場合の氷晶発生実験を行い、結果を比較した。

オ) 2016 年度中に各種人為起源エアロゾルの雲核能・氷晶核能に関する実験を実施し、結果を取りまとめる予定である (都市部のエアロゾルサンプル・酸化アルミ)。

カ) 黄砂飛来時およびローカルダスト発生時に、大気エアロゾル粒子の雲核能・氷晶核能に関する雲生成実験を実施した。それぞれの事例で、黄砂およびローカルダスト標準粒子の氷晶核活性化の温度依存性と類似した結果が得られた。エアロゾルモニタリング観測との比較結果は、必ずしも整合的でない場合も見られ、今後同期観測の機会を増やして、その原因を調査する予定である。

キ) これまでの室内実験の結果をもとに、大気エアロゾル (硫酸塩粒子、無機炭素粒子、ダスト粒子、バイオ粒子等) やシーディングエアロゾル (塩類マイクロパウダー、吸湿性フレア、アセトン溶液燃焼から生成する AgI 粒子等) の雲核能・氷晶核能を定式化した。

②エアロゾル・雲・降水統一微物理モデルの構築に向けた研究

ア) 航空機による直接観測データ・地上設置のマイクロ波放射計・光学式ディストロメータのデータなどを用いて、山岳性降雪雲を対象に NHM に組み込まれているバルク法雲物理パラメタライゼーションの検証を行った。雲氷から雪への変換の過大評価、過冷却雲水の過少評価、霰の過少評価が明らかとなった。粒径分布にガンマ分布を採用すること等で改善を図った。

イ) NHM のエアロゾル種 (予報変数) の数を可変化した (従来は 4 種のみ)。

ウ) 吸湿性粒子 2 成分 (硫酸アンモニウムと塩化ナトリウム) の雲核活性スキームをビン法 NHM に

導入した。

エ) バルク法 NHM を用いて、種々の気象条件の下で、各種シーディング方法の増雨効果を評価した。水平解像度 200m での AgI シーディング実験に着手した。

オ) 航空機による直接観測データおよび多次元ビン法を用いてバルク法雲水-雨水変換 (Auto-Conversion) スキームの結果と比較・検証した。バルク法スキームが変換速度を過大評価する傾向が示された。今後は航空機による直接観測データを用いて、バルク法雲スキームの結果と比較・検証し、上記の傾向を確認する予定である。

カ) 4-Ice 雲物理パラメタリゼーションを組み込んだ水平解像度 1km の NHM のシミュレーション結果に Joint-Simulator を適用し、地上設置の各種リモートセンサーを用いたシナジー観測の結果との 1 年を通じた比較・検証を行った。X-band レーダーで観測する比較的強い降水、及び Ka-band レーダーで観測する比較的弱い降水とともに、NHM は冷たい雨の過程を通じた固体降水粒子生成を過大評価する傾向にあることが示された。また、NHM は複雑地形上 (小河内ダム周辺) に発生する比較的背の低い降水雲の発生頻度を過小評価する傾向にあることも示された。

キ) これまで実施した室内実験に基づいて定式化した、各種エアロゾルの雲核能・氷晶核能をエアロゾル・雲・降水統一雲物理モデルに実装中で、2016 年度内にモデルの性能確認を行う予定である。

(3) 当初計画からの変更点 (研究手法の変更点等)

なし

(4) 成果の他の研究への波及状況

副課題 1

① CREST 課題での太陽光発電に関する研究において、メソモデルや局地モデルによる予測精度や予測が大きく外れる大気状態などが解析されている。

② 地球シミュレータ特別推進課題「複数の次世代非静力学全球モデルを用いた高解像度台風予測実験」のために非静力学二重フーリエ級数モデルを提供し、ベクトルマシンである地球シミュレータ向けに最適化を行った。

副課題 2

① LETKF と EnVAR を統合したシステムは、文部科学省：HPCI 戦略プログラム (分野 3) 防災・減災に資する地球変動予測「超高精度メソスケール気象予測の実証」においてデータ同化法の比較実験に用いられた。ここで同化された観測データには [社会システム改革と研究開発の一体的推進] 「気候変動に伴う極端気象に強い都市創り」において観測された GNSS とラジオゾンデのデータが含まれており、これらの同化のインパクトも併せて調査されている。

② 高分解能地上データや 2 重偏波レーダーの偏波データの同化法は、[社会システム改革と研究開発の一体的推進] 「気候変動に伴う極端気象に強い都市創り」において 2012 年 5 月 6 日のつくば竜巻と 2013 年 9 月 2 日の越谷・野田竜巻の事例に適用された。

③ ひまわり高頻度観測による大気追跡風の品質や同化法の知見は、[CREST] 「ビッグデータ同化」の技術革新の創出によるゲリラ豪雨予測の実証」において、西日本で発生した局地的大雨の事例に適用された。

④ 水蒸気ライダーの観測データと第一推定値との比較、水蒸気ライダーの観測データを用いた同化実験の結果は、科研費「局地的大雨予測のための可搬性に優れた次世代型水蒸気ライダーの開発 (基盤研究(B))」において、ライダーの水蒸気データの有効性に関する知見として利用される。

副課題 3

① 2015 年に発生した顕著な大雨事例 (4 月の鹿児島県の大雨、6 月の熊本・長崎県の大雨、8 月の三重県の大雨、9 月の高知県での大雨、平成 27 年 9 月関東・東北豪雨) の解析結果は、今後の気象庁での防災業務のあり方を検討する上で、重要な知見として利用されている。また解析結果は、A2 の診断的予測技術に関する研究で行っている線状降水帯発生条件の改良に活かされている。

② 竜巻の詳細構造の解析に用いたデータは、文部科学省：HPCI 戦略プログラム (分野 3 防災・減災に資する地球変動予測「超高精度メソスケール気象予測の実証」において、風工学の分野での利用に向けて準備が進められた。

- ③気候情報課のヒートアイランド監視業務への協力のため、ヒートアイランド現象と降水との関わり（都市の高温化が降水増加をもたらす可能性およびその過程）について、情報提供を行った。
- ④都市の高温偏差が降水に及ぼす影響に関して得られた知見を、文部科学省委託事業「気候変動リスク情報創生プログラム」に提供した。

副課題4

- ①航空機による直接観測データは副課題1の雲物理過程の改良のために提供され、有効に利用されている。
- ②開発中のエアロゾル・雲・降水統一微物理モデルは、「東京都水道局人工降雨施設更新に伴う調査研究」の中で、雲シーディング効果の評価のために利用された。
- ③エアロゾルモニタリングデータは、重点研究課題C3「地球環境監視・診断・予測技術高度化に関する研究」におけるエアロゾルの物理化学特性の解明や詳細モデル開発、視程情報高度化において利用されている。
- ④吸湿特性を始めとするモニタリングデータは、環境総合推進費「PM2.5の成分組成、酸化能、呼吸器疾患ハザードとそのモデル予測に関する研究」に利用されている。
- ⑤雲凝結核（CCN）のモニタリングデータは、科研費基盤B「冬季の関東平野を巨大チャンバーに模した、CCN生成過程に関する研究」において利用されている。
- ⑥各種エアロゾルの氷晶核能・雲核能の知見や微物理モデルは、平成28年度に採択された科研費基盤C「発生初期における巻雲の氷晶発生・成長機構解明に関する実験的研究」の基盤となった。
- ⑦本研究における実験・観測で得られた各種の知見や開発中のエアロゾル・雲・降水統一モデルは、アラブ首長国連邦助成金によるプロジェクト「乾燥・半乾燥地域における降水強化の先進的研究」（平成28～30年度）（UAEプロジェクト）において活用されている。

今後の研究の進め方

副課題1

引き続き、高解像度モデルに適した物理過程の検討を進めるとともに、バルク微物理モデルやグレイゾーン対応の境界層モデルなどの改良に取り組む。より高解像度の数値実験によって高解像度モデルの性能を評価する。全球非静力学モデルの力学フレームの開発・改良を進める。

副課題2

超高解像度4D-VARシステムの開発を開始するとともに、引き続き、各データ同化手法の性質を調べて改良を行い、高解像度大気海洋結合モデルのためのデータ同化手法を確立する。新しい観測データの利用方法についても開発を継続する。アンサンブル予報の高度な利用について、シナリオの抽出や確率密度を用いた量的予報などの技術開発に取り組む。最新のデータ同化技術の一つである粒子フィルターについても、研究対象とするために情報収集を開始する。

副課題3

顕著現象発生時には速やかに事例解析を行う。過去の大雨事例の解析および都市化の影響調査は引き続き行う。竜巻事例について、高解像度モデルによる再現実験で発生要因の解明を行うとともに、竜巻発生のポテンシャルを表す指数の開発に着手する。

副課題4

エアロゾルモニタリングを引き続き行うとともに、外部・内部混合粒子の雲核能・氷晶核能に関する実験等を行い、エアロゾルの雲核能・氷晶核能の定式化に取り組む。地上設置の各種リモートセンサーによるシナジー観測の結果を用いて、各種微物理モデルの比較・検証を行う。また、定式化された雲核能・氷晶核能をエアロゾル・雲・降水統一微物理モデルに組み込んで性能確認を行う。

研究成果及びその活用に関する意見（中間評価の総合所見）

本研究課題については、気象研究所評議員会評価分科会（台風・集中豪雨分野）において中間評価を実施した。中間評価の総合所見については、257ページを参照。

成果発表一覧

(1) 査読付き原著論文 : 51件

1. Araki, K., H. Ishimoto, M. Murakami, and T. Tajiri, 2014: Temporal variation of close-proximity soundings within a tornadic supercell environment. *SOLA*, **10**, 57–61.
2. Tsuguti, H., and T. Kato, 2014: Contributing Factors of the Heavy Rainfall Event at Amami-Oshima Island, Japan, on 20 October 2010. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, **92**, 163–183.
3. Oigawa, M., E. Realini, H. Seko, and T. Tsuda, 2014: Numerical Simulation on Retrieval of Meso- γ Scale Precipitable Water Vapor Distribution with the Quasi-Zenith Satellite System (QZSS). *Journal of the Meteorological Society of Japan*, **92**, 189–205.
4. Kunii, M., 2014: Mesoscale Data Assimilation for a Local Severe Rainfall Event with the NHM-LETKF System. *Weather and Forecasting*, **29**, 1093–1105.
5. Kawabata, T., K. Ito, and K. Saito, 2014: Recent progress of the NHM-4DVAR towards a super-high resolution data assimilation. *SOLA*, **10**, 145–149.
6. Kawabata, T., H. Iwai, H. Seko, Y. Shoji, K. Saito, S. Ishii, and K. Mizutani, 2014: Cloud-Resolving 4D-Var Assimilation of Doppler Wind Lidar Data on a Meso-Gamma-Scale Convective System. *Monthly Weather Review*, **142**, 4484–4498.
7. Kunii, M., 2014: The 1000-member Ensemble Kalman Filtering with the JMA Nonhydrostatic Mesoscale Model on the K computer. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, **92**, 623–633.
8. Kunoki, S., A. Manda, Y. Kodama, S. Iizuka, K. Sato, I. Fathrio, T. Mitsui, H. Seko, Q. Moteki, S. Minobe, and Y. Tachibana, 2015: Oceanic influence on the Baiu frontal zone in the East China Sea. *Journal of Geophysical Research Atmosphere*, **120**, 449–463.
9. Orikasa, N., and M. Murakami, 2015: Ice crystal shapes in midlatitude cirrus clouds derived from hydrometeor videosonde (HYVIS) observations. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, **93**, 143–155.
10. Yoshimura, H., R. Mizuta, and H. Murakami, 2015: A Spectral Cumulus Parameterization Scheme Interpolating between Two Convective Updrafts with Semi-Lagrangian Calculation of Transport by Compensatory Subsidence. *Monthly Weather Review*, **143**, 597–621.
11. Sawada, M., T. Sakai, T. Iwasaki, H. Seko, K. Saito, and T. Miyoshi, 2015: Assimilating high-resolution winds from a Doppler lidar using an ensemble Kalman filter with lateral boundary adjustment. *Tellus A*, **67**, 23473.
12. Hiranuma, N., M. Murakami, A. Saito, T. Tajiri, 他 38 名, 2015: A comprehensive laboratory study on the immersion freezing behavior of illite NX particles: a comparison of seventeen ice nucleation measurement techniques. *Atmospheric Chemistry and Physics*, **15**, 2489–2518.
13. Hiranuma, N., O. Möhler, K. Yamashita, T. Tajiri, A. Saito, A. Kiselel, N. Hoffman, C. Hoose, and M. Murakami, 2015: Ice nucleation by cellulose and its potential contribution to ice formation in clouds. *Nature Geoscience*, **8**, 273–277.
14. Ohtake, H., K. Shimose, J. G. S. Fonseca, Jr, T. Takashima, T. Oozeki, and Y. Yamada, 2015: Regional and seasonal characteristics of global horizontal irradiance forecasts obtained from the Japan Meteorological Agency mesoscale model. *Solar Energy*, **116**, 83–99.
15. Chen, G., X. Zhu, W. Sha, T. Iwasaki, H. Seko, K. Saito, H. Iwai, and S. Ishii, 2015: Toward Improved Forecast of the Sea-Breeze Horizontal Convective Rolls at Super High Resolution. Part I: Configuration and Verification of the Down-Scaling

- Simulation System (DS3). *Monthly Weather Review*, **143**, 1849–1872.
16. Chen, G., X. Zhu, W. Sha, T. Iwasaki, H. Seko, K. Saito, H. Iwai, and S. Ishii, 2015: Toward Improved Forecast of the Sea-Breeze Horizontal Convective Rolls at Super High Resolution. Part II: The Impacts of Landuse and Buildings. *Monthly Weather Review*, **143**, 1873–1894.
 17. Duc, L., T. Kuroda, K. Saito, and T. Fujita, 2015: Ensemble Kalman Filter data assimilation and storm surge experiments of tropical cyclone Nargis. *Tellus*, **67**, 25941.
 18. Kunii, M., 2015: Assimilation of Tropical Cyclone Track and Wind Radius Data with an Ensemble Kalman Filter. *Weather and Forecasting*, **30**, 1050–1063.
 19. Otsuka, M., M. Kunii, H. Seko, K. Shimoji, M. Hayashi, and K. Yamashita, 2015: Assimilation experiments of MTSAT rapid scan atmospheric motion vectors on a heavy rainfall event. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, **93**, 459–475.
 20. Araki, K., M. Murakami, H. Ishimoto, and T. Tajiri, 2015: Ground-Based Microwave Radiometer Variational Analysis during No-Rain and Rain Conditions. *SOLA*, **11**, 108–112.
 21. Yokota, S., H. Niino, and W. Yanase, 2015: Tropical Cyclogenesis due to ITCZ Breakdown: Idealized Numerical Experiments and a Case Study of the Event in July 1988. *Journal of the Atmospheric Sciences*, **72**, 3663–3684.
 22. Ito, J., H. Niino, M. Nakanishi, and C.-H. Moeng, 2015: An Extension of the Mellor–Yamada Model to the Terra Incognita Zone for Dry Convective Mixed Layers in the Free Convection Regime. *Boundary-Layer Meteorology*, **157**, 23.
 23. Nagumo, N., and Y. Fujiyoshi, 2015: Microphysical Properties of Slow-Falling and Fast-Falling Ice Pellets Formed by Freezing Associated with Evaporative Cooling. *Monthly Weather Review*, **143**, 4376–4392.
 24. Seko, H., M. Kunii, S. Yokota, T. Tsuyuki, and T. Miyoshi, 2015: Ensemble experiments using a nested LETKF system to reproduce intense vortices associated with tornadoes of 6 May 2012 in Japan. *Progress in Earth and Planetary Science*, **2**, 1–12.
 25. Kayaba, N., T. Yamada, S. Hayashi, K. Onogi, S. Kobayashi, K. Yoshimoto, K. Kamiguchi, and K. Yamashita, 2016: Dynamical Regional Downscaling Using the JRA-55 Reanalysis (DSJRA-55). *SOLA*, **12**, 1–5.
 26. Nakano, S., K. Ito, K. Suzuki, and G. Ueno, 2016: Decadal-scale meridional shift of the typhoon recurvature latitude over five decades. *International Journal of Climatology*. (in press)
 27. Ito, J., and H. Niino, 2016: Atmospheric Kármán Vortex Shedding from Jeju Island, East China Sea: A Numerical Study. *Monthly Weather Review*, **144**, 139–148.
 28. Hashimoto, A., and M. Murakami, 2016: Numerical Simulations of Glaciogenic Cloud Seeding with Dry Ice Pellets and Liquid Carbon Dioxide under Simplified Conditions. *SOLA*, **12**, 22–26.
 29. Mashiko, W., 2016: A numerical study of the 6 May 2012 Tsukuba City supercell tornado. Part I: Vorticity sources of low-level and midlevel mesocyclones. *Monthly Weather Review*, **144**, 1069–1092.
 30. Hayashi, S., 2016: Statistical Relationships of Precipitation Rate and Wind Gust Intensity to Lightning Activity in Japan. *Journal of Atmospheric Electricity*, **35**, 43–51.
 31. Yokota, S., M. Kunii, K. Aonashi, and S. Origuchi, 2016: Comparison between Four-Dimensional LETKF and Ensemble-Based Variational Data Assimilation with Observation Localization. *SOLA*, **12**, 80–85.
 32. Ito, K., T. Kuroda, K. Saito, and A. Wada, 2016: Forecasting a large number of tropical

- cyclone intensities around Japan using a high-resolution atmosphere-ocean coupled model. *Weather and Forecasting*, **30**, 793-808.
33. Ito, J. and H. Niino, 2016: Wind-Speed-Surface Heat-Flux Feedback in Dust Devils. *Boundary-Layer Meteorology*. (in press)
 34. Kobayashi, K., S. Otsua, Apip and K. Saito, 2016: Ensemble flood simulation for a small dam catchment in Japan using 10 and 2 km resolution nonhydrostatic model rainfalls. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, **16**, 1821-1839.
 35. Mashiko, W., 2016: A Numerical Study of the 6 May 2012 Tsukuba City Supercell Tornado. Part II: Mechanisms of Tornadogenesis. *Monthly Weather Review*, **144**, 3077-3098.
 36. Yokota, S., H. Seko, M. Kunii, H. Yamauchi, and H. Niino, 2016: The Tornadic Supercell on the Kanto Plain on 6 May 2012: Polarimetric Radar and Surface Data Assimilation with EnKF and Ensemble-Based Sensitivity Analysis. *Monthly Weather Review*, **144**, 3133-3157.
 37. 大竹秀明, 下瀬健一, Joao Gari da Silva Fonseca Jr, 高島工, 大関崇, 山田芳則, 2014: 気象庁週間予報モデルの日射量予測の誤差評価. *電気学会論文誌 B*, **134**, 501-509.
 38. Arnold, D., C. Maurer, G. Wotawa, R. Draxler, K. Saito, and P. Seibert, 2015: Influence of the meteorological input on the local and global atmospheric transport of radionuclides after the Fukushima Daiichi nuclear accident. *Journal of Environmental Radioactivity*, **139**, 215-225.
 39. Saito, K, T Shimbori, and R. Draxler, 2015: JMA's regional atmospheric transport model calculations for the WMO technical task team on meteorological analyses for Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident. *Journal of Environmental Radioactivity*, **139**, 185-199.
 40. Draxler, R., D. Arnold, M. Chino, S. Galmarini, M. Hort, A. Jones, S. Leadbetter, A. Malo, C. Maurer, G. Rolph, K. Saito, R. Servranckx, T. Shimbori, E. Solazzo and G. Wotawa, 2015: World Meteorological Organization's model simulation of the radionuclide dispersion and deposition from the Fukushima Daiichi nuclear power plant accident. *Journal of Environmental Radioactivity*, **139**, 172-184.
 41. Kunii, M., M. Otsuka, K. Shimoji, and H. Seko, 2016: Ensemble Data Assimilation and Forecast Experiments for the September 2015 Heavy Rainfall Event in Kanto and Tohoku Regions with Atmospheric Motion Vectors from Himawari-8. *SOLA*, Vol. 12, 209-214, doi:10.2151/sola.2016-042
 42. Ito, K., M. Kunii, T. Kawabata, K. Saito, K. Aonashi and L. Duc, 2016: Mesoscale hybrid data assimilation system based on JMA nonhydrostatic model. *Mon. Wea. Rev.*, **144**, 3417-3439.
 43. 橋本明弘, 久芳奈遠美, 村上正隆, 2015: 数値モデルを用いた人工降雨・降雪研究. *エアロゾル研究*, **30(1)**, 32-39.
 44. 田尻拓也, 山下克也, 齋藤篤思, 村上正隆, 2015: MRI 雲生成チェンバー実験 —雲シーディング物質の雲核・氷晶核能—. *エアロゾル研究*, **30(1)**, 14-23.
 45. 折笠成宏, 村上正隆, 齋藤篤思, 2015: 航空機を用いた雲へのシーディングによる人工降雨・降雪実験. *エアロゾル研究*, **30**, 24-31.
 46. 村上正隆, 2015: 人工降雨とは. *エアロゾル研究*, **30**, 5-13.
 47. 大竹 秀明, 高島工, 大関崇, Joao Gari da Silva Fonseca Jr, 山田芳則, 2015: 局地モデルから出力される日射量予測とその予測精度の検証. *エネルギー・資源学会誌*, **36**, 31-39.
 48. 西暁史, 荒木健太郎, 斉藤和雄, 川畑拓矢, 瀬古弘, 2015: 環境省大気汚染物質広域監視システム「そらまめ君」の地上気象観測値を対象とした品質管理手法の検討と適用. *天気(論文・短報)*, **62**, 627-639.
 49. 林修吾, 丸井知鶴, 2016: 「一発雷」の発生頻度と季節変化. *Journal of Atmospheric Electricity*, **36**, 13-22.

50. Nagasaki, T., K. Araki, H. Ishimoto, K. Kominami, and O. Tajima, 2016: Monitoring System for Atmospheric Water Vapor with a Ground-Based Multi-Band Radiometer: Meteorological Application of Radio Astronomy Technologies. *Journal of Low Temperature Physics*, **184**, 674-679.
51. Tajima, O., K. Araki, H. Ishimoto, and T. Nagasaki, 2016: Sensing of the atmospheric water vapor with millimeter wave spectrometer - KUMODES. *IEEE Xplore*, doi:10.1109/PIERS.2016.7735564.

(2) 査読論文以外の著作物（翻訳、著書、解説等）：73件

1. 橋本明弘, 庭野匡思, 青木輝夫, 2016: グリーンランド雪氷フィールド観測支援のための気象予測実験. *雪氷*, **78**, 205-214.
2. Draxler, R., D. Arnold, S. Galmarini, M. Hort, A. Jones, S. Leadbetter, A. Malo, C. Maurer, G. Rolph, K. Saito, R. Servranckx, T. Shimbori, E. Solazzo, and G. Wotawa, 2013: Evaluation of Meteorological Analyses for the Radionuclide Dispersion and Deposition from the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant Accident. *WMO Tech. Pub.*, 1120, 64.
3. Duc, L., T. Koruda, K. Saito, and T. Fujita, 2014: Data assimilation experiments of Myanmar cyclone Nargis based on NHM-LETKF. *台風災害の発生メカニズム解明と減災に関する研究集会予稿集*, 76-79.
4. Kunii, M., 2014: Data assimilation experiments for tropical cyclones with the NHM-LETKF. *CAS/JSC WGNE Research Activities in Atmospheric and Oceanic Modelling*, 09-10.
5. Seino, N., T. Aoyagi, and H. Tsuguti, 2014: Urban impact on summertime precipitation in Tokyo: Numerical simulation using NHM and the Square Prism Urban Canopy scheme. *CAS/JSC WGNE Research Activities in Atmospheric and Oceanic Modelling*, **44**, 407-408.
6. Seko, H., Y. Kimata, and T. Tsuda, 2014: Data Assimilation Experiments of Refractivity Observed by JMA Operational Radar. *CAS/JSC WGNE Research Activities in Atmospheric and Oceanic Modelling*, **44**, 1.21-1.22.
7. Otsuka, M., M. Kunii, H. Seko, K. Shimoji, and M. Hayashi, 2014: Assimilation Experiments of MTSAT Rapid Scan Atmospheric Motion Vectors. *CAS/JSC WGNE Research Activities in Atmospheric and Oceanic Modelling*, **44**, 1.19-1.20.
8. Kato, T., 2014: Dependency of horizontal resolution and turbulent scheme on accumulation processes of low-level water vapor. *CAS/JSC WGNE Research Activities in Atmospheric and Oceanic Modelling*, 44.
9. Saito, K., 2014: Northward Ageostrophic Winds Associated with a Tropical Cyclone. *Proceeding, 3rd International Workshop on Nonhydrostatic Numerical Models*, 114-115.
10. Saito, K., H. Seko, M. Kunii, G. Chen, S. Yokota, L. Duc, T. Kuroda, T. Oizumi, K. Ito, T. Kawabata, S. Origuchi, W. Mashiko, A. Hashimoto, J. Ito, K. Tsuboki, T. Tsuyuki, F. Kimura, and SPIRE mesoscale NWP group member, 2014: Super high-resolution mesoscale NWP with the K-computer. *Proceeding, 3rd International Workshop on Nonhydrostatic Numerical Models*, 81-81.
11. Ohtake, H., K-I. Shimose, J. G. S. Fonseca, Jr., T. Takashima., T. Oozeki, and Y. Yamada, 2014: Seasonal and regional variations of the range of forecast errors of global irradiance by the Japanese operational physical model. *Energy Procedia*, **57**, 1247-1256.
12. Ohtake, H., J. G. S. Fonseca Jr., T. Takashima, T. Oozeki, and Y. Yamada, 2015: Estimation of confidence intervals of global horizontal irradiance obtained from a weather

- prediction model. *Energy Procedia*, **59**, 278–284.
13. Origuchi, S., K. Saito, H. Seko, W. Mashiko, and M. Kunii, 2015: The Wind Features associated with the Multiple Eyewall in Typhoon Bolaven. *CAS/JSC WGNE Research Activities in Atmospheric and Oceanic Modelling*, **45**, 2.
 14. Kato, T., H. Motoyoshi, Y. Yamada, A. Hashimoto, S. Nakai, and M. Ishizaka, 2015: Factors of model underestimation of snow fall over the Japan-Sea coastal areas in middle Japan: Comparison with observed precipitation particles. *CAS/JSC WGNE Research Activities in Atmospheric and Oceanic Modelling*, **45**.
 15. Seko, H., and T. Tsuda, 2015: Data Assimilation Experiments of Radio Occultation Refractivity Data by using a Mesoscale LETKF System. *CAS/JSC WGNE Research Activities in Atmospheric and Oceanic Modelling*, **45**, 25–26.
 16. Araki, K., H. Seko, T. Kawabata, and K. Saito, 2015: The Impact of 3-Dimensional Data Assimilation using Dense Surface Observations on a Local Heavy Rainfall Event. *CAS/JSC WGNE Research Activities in Atmospheric and Oceanic Modelling*, **45**.
 17. Araki, K., and M. Murakami, 2015: Numerical Simulation of Heavy Snowfall and the Potential Role of Ice Nuclei in Cloud Formation and Precipitation Development. *CAS/JSC WGNE Research Activities in Atmospheric and Oceanic Modelling*, **45**.
 18. Araki, K., M. Murakami, H. Ishimoto, and T. Tajiri, 2015: The Impact of Ground-Based Microwave Radiometer Data to Estimation of Thermodynamic Profiles in Low-Level Troposphere. *CAS/JSC WGNE Research Activities in Atmospheric and Oceanic Modelling*, **45**.
 19. Araki, K., M. Murakami, H. Ishimoto, and T. Tajiri, 2015: Application of 1DVAR Technique using Ground-Based Microwave Radiometer Data to Estimation of Temporally High-Resolution Thermodynamic Environments in a Tornadic Supercell Event. *CAS/JSC WGNE Research Activities in Atmospheric and Oceanic Modelling*, **45**.
 20. Yokota, S., H. Seko, M. Kunii, and H. Yamauchi, 2015: Assimilation of rainwater estimated by the polarimetric radar for tornado outbreaks on 6 May 2012. *CAS/JSC WGNE Research Activities in Atmospheric and Oceanic Modelling*, **45**, 1.27–1.28.
 21. Seino, N., T. Aoyagi, and H. Tsuguti, 2015: Numerical simulation of urban influence on summertime precipitation in Tokyo: How does urban temperature rise affect precipitation?. *Proceedings of the 9th International Conference on Urban Climate*.
 22. Nakatani, T., R. Misumi, Y. Shoji, K. Saito, H. Seko, N. Seino, S. Suzuki, Y. Shusse, T. Maesaka, and H. Sugawara, 2015: Tokyo Metropolitan Area Convection Study for Extreme Weather Resilient Cities. *Bulletin of the American Meteorological Society*, **96**, 123–126.
 23. Saito, K., T. Shimbori, R. Draxler, T. Hara, E. Toyoda, Y. Honda, K. Nagata, T. Fujita, M. Sakamoto, T. Kato, M. Kajino, T.T. Sekiyama, T.Y. Tanaka, T. Maki, et al., 2015: Contribution of JMA to the WMO Technical Task Team on Meteorological Analyses for Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant Accident and Relevant Atmospheric Transport Modeling at MRI. *気象研究所技術報告*, **76**, 230pp.
 24. Seko, H., T. Yoshihara, and A. Senoguchi, 2016: Data assimilation experiment of SSR mode-s downlink data. *CAS/JSC WGNE Research Activities in Atmospheric and Oceanic Modelling*.
 25. Kato, T., 2016: Influence of horizontal resolution on structure changes of atmospheric stratification in the 2015 Hiroshima heavy rainfall. *CAS/JSC WGNE Research Activities in Atmospheric and Oceanic Modelling*, **46**, 3–03.
 26. Araki, K., 2016: Influence of Cloud Microphysics Scheme and Ice Nuclei on Forecasting

- a Heavy Snowfall Event in Japan associated with the "South-Coast Cyclones". *CAS/JSC WGNE Research Activities in Atmospheric and Oceanic Modelling*, 46.
27. Araki, K., and M. Murakami, 2016: Validation of Vertical Thermodynamic Profiles by Cloud Base Temperature Obtained from a Ground-Based Infrared Radiometer in a Mountain Region of Central Japan during Warm Seasons. *CAS/JSC WGNE Research Activities in Atmospheric and Oceanic Modelling*, 46.
 28. Araki, K., M. Murakami, H. Ishimoto, and T. Tajiri, 2016: The 1-Dimensional Variational Approach to Improve Thermodynamic Profiles in Low-Level Troposphere during Rain Conditions. *CAS/JSC WGNE Research Activities in Atmospheric and Oceanic Modelling*, 46.
 29. Araki, K., M. Murakami, T. Kato, and T. Tajiri, 2016: Diurnal Variation of Thermodynamic Environments for Convective Cloud Development around the Central Mountains in Japan during Warm Seasons. *CAS/JSC WGNE Research Activities in Atmospheric and Oceanic Modelling*, 46.
 30. Nagasaki, Y., O. Tajima, K. Araki, and H. Ishimoto, 2016: Ground-based atmospheric water vapor monitoring system with spectroscopy of radiations at 20–30 GHz and 50–60 GHz bands. *Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE) Proceedings*, 9906, 99063K.
 31. Nakano, M., A. Wada, M. Sawada, H. Yoshimura, R. Onishi, S. Kawahara, W. Sasaki, T. Nasuno, M. Yamaguchi, T. Iriguchi, M. Sugi, Y. Takeuchi, 2016: Global 7-km mesh nonhydrostatic Model Intercomparison Project for improving Typhoon forecast (TYMIP-G7): Experimental design and preliminary results. *Geoscientific Model Development*. (in press)
 32. Saito, K., M. Kunii, and K. Araki, 2014: Cloud resolving simulation of a local heavy rainfall event on 26 August 2011 observed by the Tokyo Metropolitan Area Convection Study (TOMACS). *CAS/JSC WGNE Research Activities in Atmospheric and Oceanic Modelling*, **44**, 5.05–5.06.
 33. Oizumi, T., T. Kuroda, K. Saito, L. Duc, J. Ito, and S. Hayashi, 2015: Performance tuning of the JMA-NHM for the K supercomputer. *CAS/JSC WGNE Research Activities in Atmospheric and Oceanic Modelling*, 3.09–3.10.
 34. Oizumi, T., T. Kuroda, K. Saito and J. Ito, 2016: Super high-resolution experiment using the JMA-NHM and the K computer. *CAS/JSC WGNE Research Activities in Atmospheric and Oceanic Modelling*, 5.15–5.16.
 35. Yamada, Y., 2016: Development of a two-moment three-ice bulk microphysical model for ice. *WGNE Bluebook*, 11–12.
 36. 齊藤和雄, 河宮未知生, 2014: 気象災害. *計算科学ロードマップ*, 16–23.
 37. 齊藤和雄, 2016: 気象災害軽減のための監視・予測技術の高度化に関する研究. *Science Academy of Tsukuba*. **30**, 6–7.
 38. 川島正行, 津口裕茂, 山田芳則, 榎本剛, 清水慎吾, 小野耕介, 中野満寿男, 山田広幸, 伊藤純至, 2014: 第15回非静力学モデルに関するワークショップの報告. *天気*, **61**, 211–218.
 39. 岩崎俊樹, 石原正仁, 江守正多, 鬼頭昭雄, 隈健一, 近藤裕昭, 近藤豊, 齊藤和雄, 酒井重典, 笹野泰弘, 佐藤薫, 佐藤正樹, 高谷康太郎, 竹見哲也, 田中博, 藤吉康志, 三上正男, 余田成男, 2014: 日本の気象学の現状と展望. *天気*, **61**, 159–195.
 40. 齊藤和雄, 新堀敏基, 原旅人, 豊田英司, 加藤輝之, 藤田司, 永田和彦, 本田有機, 2014: WMO「福島第一原発事故に関する気象解析についての技術タスクチーム」活動. *測候時報*, **81**, 1–30.

41. 中谷剛, 三隅良平, 小司禎教, 斉藤和雄, 瀬古弘, 清野直子, 鈴木真一, 出世ゆかり, 前坂剛, 菅原広史, 2014: 第1回 TOMACS 国際ワークショップの報告 –WMO 世界天気研究計画・研究開発プロジェクトの開始–. *天気*, **61**, 557-564.
42. 五十嵐康人, 梶野瑞王, 栗原治, 小林卓也, 関山剛, 竹村俊彦, 滝川雅之, 田中泰宙, 津旨大輔, 永井晴康, 眞木貴史, 升本順夫, 森野悠, 速水洋, 内山雄介, 木田新一郎, 斉藤和雄, 新堀敏基, 東博紀, 宮澤泰正, P. Bailly du Bois, Bocquet, M. Boust, D. Brovchenko, I. Brovchenko, A. Choe, T. Christoudias, D. Didier, H. Dietze, P. Garreau et al, 2014: 東京電力福島第一原子力発電所事故によって環境中に放出された放射性物質の輸送沈着過程に関するモデル計算結果の比較. *日本学術会議 報告*.
43. 北畠尚子, 城岡竜一, 和田章義, 末木健太, 津口裕茂, 筆保弘徳, 2014: 第41回メソ気象研究会の報告 –台風～発生・発達と日本への影響～. *天気*, **61**, 893-898.
44. 下瀬健一, 津口裕茂, 栃本英伍, 鶴沼昂, 2014: 第1回メソ気象セミナー開催報告. *天気*, **61**, 947-951.
45. 富田浩文, 梶川義幸, 宮本佳明, 吉村裕正, 榎本剛, 北村祐二, 佐藤陽祐, 清水達也, 大塚成徳, 柳瀬亘, 2015: 第3回非静力学モデルに関する国際ワークショップ・第6回全球雲解像モデリングワークショップの開催報告. *天気*, **62**, 57-62.
46. 荒木健太郎, 中井専人, 前多良一, 2015: 2014年度秋季大会スペシャル・セッション「南岸低気圧による大雪: その要因, 実態, 予測可能性」報告. *天気*, **62**, 133-142.
47. 加藤輝之, 2015: 集中豪雨のメカニズムー線状降水帯とバックビルディング型形成ー. *じっきょう理科資料*, **77**, 7-10.
48. 林修吾, 2015: 第95回アメリカ気象学会・第7回雷データの気象での利活用会議参加報告. *大気電気学会誌*, **86**, 6-7.
49. 藤谷徳之助, 加藤輝之, 福原正明, 高橋清和, 久保田哲也, 佐々浩司, 牧原康隆, 廣田渚郎, 高菽緑, 2015: 「平成26年8月豪雨」に関する研究会報告. *天気*, **62**, 73-80.
50. 加藤輝之, 2015: 集中豪雨と線状降水帯ーバックビルディング型形成ー. *2015年版気象年鑑*, 1.
51. Oizumi, T., T. Kuroda, K. Saito, L. Duc, J. Ito, and S. Hayashi, 2015: Performance tuning of the JMA-NHM for the K supercomputer. . *CAS/JSC WGNE Research Activities in Atmospheric and Oceanic Modelling*, 3. 09-3. 10.
52. 荒木健太郎, 2015: Cold-Air Damming. *天気*, **62**, 545-547.
53. 荒木健太郎, 2015: 沿岸前線. *天気*, **62**, 541-543.
54. 斉藤和雄, 瀬古弘, 露木義, 中村晃三, 坪木和久, 2015: 第5回超高精度メソスケール気象予測研究会報告. *天気*, **62**, 649-655.
55. 加藤輝之, 2015: 集中豪雨のメカニズムと予測. *電気評論*, 100, 27-31.
56. 加藤輝之, 2015: 集中豪雨のメカニズム② –局地的大雨と都市の影響–. *じっきょう理科資料*, **78**, 6-9.
57. 荒木健太郎, 2015: 五大湖周辺で記録的大雪が降ったのはなぜか? –日本海側の豪雪との関係–. *世界気象カレンダー2016年版*.
58. 斉藤和雄, 2015: 海と熱帯低気圧. *Ocean Newsletter*, **367**, 4-5.
59. 荒木健太郎, 中井専人, 上野健一, 加藤輝之, 上石勲, 中村一樹, 2015: 「南岸低気圧とそれに伴う気象・雪氷災害に関する研究会」開催報告. *雪氷*, **77**, 491-495.
60. 荒木健太郎, 益子渉, 加藤輝之, 南雲信宏, 2015: 2015年8月12日につくば市で観測されたメソサイクロンに伴う Wall Cloud. *天気*, **62**, 953-957.
61. 小司禎教, 2015: GNSS 地上観測網による水蒸気量推定と気象学への応用に関する研究. *天気*, **62**, 983-999.
62. 大泉伝, 斉藤和雄, 伊藤純至, LeDuc, 2015: スーパーコンピュータ京を用いた NHM の高解像

- 度実験. 第17回非静力学モデルに関するワークショップ予稿集, 1-2.
63. 加藤輝之, 2016: メソ気象の理解から大雨の予測について ~線状降水帯発生条件の再考察~. 量的予報技術資料(予報技術研修テキスト), **21**, 42-60.
 64. 伊東譲司, 西村修司, 田中武夫, 岡本 幸三, 2016: ひまわり8号 気象衛星講座. ひまわり8号 気象衛星講座, 272.
 65. 下瀬健一, 津口裕茂, 栃本英伍, 鶴沼昂, 加藤亮平, 2016: 第2回メソ気象セミナー開催報告. 天気, **63**, 125-129.
 66. 津口裕茂, 下瀬健一, 加藤亮平, 栃本英伍, 横田祥, 中野満寿男, 林修吾, 大泉伝, 伊藤純至, 大元和秀, 山浦剛, 吉田龍二, 鶴沼昂, 2016: 「2014年広島豪雨に関する予測検討会」の報告. 天気, **63**, 95-103.
 67. 斉藤和雄, 2016: 気象庁非静力学モデルの現業化とメソスケール気象予測の高度化研究. 天気, **63**, 69-94.
 68. 益子渉, 2016: 台風に伴う竜巻の特徴. 台風研究会: 複合系台風災害のメカニズムに関する研究集会, **27K-03**, 37-40.
 69. 藤谷徳之助, 加藤輝之, 津口裕茂, 芳村圭, 坪木和久, 2016: 「平成27年9月関東・東北豪雨及び洪水災害に関する研究会」報告. 天気, **63**, 245-250.
 70. 山田芳則, 2016: 太陽光発電における気象予測の重要性. ながれ, **35**, 7-11.
 71. 伊藤純至, 大泉伝, 新野宏, 2016: 注目研究 in 年会 2015 台風全域ラージ・エディ・シミュレーション. ながれ, **34**, 379.
 72. 益子渉, 2016: 数値シミュレーションを用いた竜巻の発生機構に関する研究. 日本気象学会 2016年度春季大会シンポジウム要旨集「竜巻の観測・予測の現状と将来」, 12-15.
 73. 荒木健太郎, 2016: 南岸低気圧. 天気, **63**, 707-709.

(3) 学会等発表

ア. 口頭発表

・国際的な会議・学会等 : 63件

1. Ohtake, H., Y. Yamada, A. Hashimoto, S. Hayashi, T. Kato, T. Hara, and T. Oozeki, Prediction accuracy of shortwave radiation of the Japan Meteorological Agency meso-scale model in the Kanto region, Japan, 1st International Conference Energy & Meteorology (ICEM 2011), 2011年11月, Gold Coast, オーストラリア
2. Ohtake, H., K. Shimose, J. G. S. Fonseca Jr, T. Takashima, T. Oozeki, and Y. Yamada, Regional and seasonal characteristics of shortwave radiation by the Japan Meteorological Agency mesoscale model for the forecast of a photovoltaic power production, Second International Workshop on Nonhydrostatic Numerical Models, 2012年11月, Japan, 宮城県仙台市
3. Ohtake, H., K. Shimose, J. G. S. Fonseca Jr, T. Takashima, T. Oozeki, and Y. Yamada, Range of forecast errors of global irradiance by the Japan Meteorological Agency numerical weather prediction model for the PV power forecast, Parc des Expositions Paris Nord Villepinte, 2013年9月, France, パリ
4. Ohtake, H., K. Shimose, J. G. S. Fonseca. Jr, T. Takashima, T. Oozeki, and Y. Yamada, Seasonal and regional variations of the range of forecast errors of global irradiance by the Japanese operational physical model, ISES solar world congress 2013, 2013年11月, メキシコ, カンクン
5. Kunii, M., T. Miyoshi, and A. Wada, Improving tropical cyclone forecasts with an ensemble Kalman filter and SST uncertainties, 2014 Ocean Sciences Meeting, 2014年2月, アメリカ, ホノルル
6. Ohtake, H., J. G. S. Fonseca. Jr, T. Takashima, T. Oozeki, and Y. Yamada, Estimation of

- confidence intervals of global horizontal irradiance obtained from a weather prediction model, European Geosciences Union (EGU) General assembly, 2014年4月, オーストリア, ウィーン
7. Seko, H., Y. Shoji, R. Misumi, and the Members of the TOMACS, Tokyo Metropolitan Area Convective Study for Extreme Weather Resilient Cities (TOMACS), Seminar at Sao Paulo University, 2014年6月, ブラジル, サンパウロ
 8. Seko, H., S. Yokota, and M. Kunii, Data assimilation experiment of a local heavy rainfall using a nested LETKF system, Seminar at Sao Paulo University, 2014年6月, ブラジル, サンパウロ
 9. Ohtake, H., K. Shimose, J. G. S. Fonseca Jr., T. Takashima, T. Oozeki, and Y. Yamada, Characteristics of global horizontal irradiance forecasts by the Japan Meteorological Agency mesoscale model, 2nd International Conference Energy & Meteorology (ICEM 2013), 2014年6月, France, トゥールーズ
 10. Kunii, M., Data assimilation experiments for TCs with the LETKF, 2014年度 AOGS 会議, 2014年7月, 北海道札幌市
 11. Yokota, S., M. Kunii, and H. Seko, Data Assimilation Experiments for the Tornado Outbreak Near Tsukuba on May 6, 2012 with the Nested-LETKF System, Asia Oceania Geosciences Society 11th Annual Meeting, 2014年7月, 北海道札幌市
 12. Yamada, Y., H. Ohtake, K. Shimose, and T. Oozeki, Predictability Of Severe Ramp Down Events Of Global Horizontal Irradiance For The Day And The Next Day By Numerical Weather Prediction Models -A Case Study-, グランド再生可能エネルギー2014 国際会議, 2014年7月, 東京都江東区
 13. Yokota, S., M. Kunii, and H. Seko, Assimilation of Doppler radar and surface observations for the tornado outbreak on 6 May 2012, International Conference on Mesoscale Meteorology and Tropical Cyclones (ICMCS-X), 2014年9月, アメリカ, ボルダー
 14. Ohtake, H., J. G. S. Fonseca Jr, T. Takashima, T. Oozeki, and Y. Yamada, Accuracy of the global horizontal irradiance obtained from a local forecast model, 29th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition (EUPVSEC), 2014年9月, オランダ, アムステルダム
 15. Kunii, M., Data assimilation experiments for tropical cyclones with the NHM-LETKF, The 3rd International Workshop on Nonhydrostatic Numerical Models., 2014年9月, 兵庫県神戸市
 16. 大塚道子, 国井勝, 瀬古弘, 下地和希, 林昌弘, Assimilation experiments of MTSAT rapid scan atmospheric motion vectors, Joint Workshop of 6th International Workshop on GCRM and 3rd International Workshop on NHM, 2014年9月, 兵庫県神戸市
 17. Mashiko, W., Numerical Simulation of the 6 May 2012 Tsukuba City Supercell Tornado: Generation Mechanisms of a Tornado, 27th Conference on Severe Local Storms, 2014年11月, アメリカ, マディソン
 18. Ohtake, H., J. G. S. Fonseca Jr, T. Takashima, T. Oozeki, and Y. Yamada, Comparison of the forecast of global horizontal irradiance obtained from numerical weather prediction models with different horizontal resolution, 6th World Conference on Photovoltaic Energy Conversion, 2014年11月, 京都府京都市
 19. Seko, H., Data assimilation experiments of refractivity data obtained by JMA-operational Doppler radar, Second International Workshop on Tokyo Metropolitan Area Convection Study for Extreme Weather Resilient Cities (TOMACS/RDP), 2014年11月, 東京都
 20. Yokota, S., M. Kunii, and H. Seko, Assimilation of rain estimated by multi-polarization radar for the tornadoes outbreak on 6 May 2012, Second International Workshop on Tokyo

- Metropolitan Area Convection Study for Extreme Weather Resilient Cities (TOMACS/RDP), 2014年11月, 東京都
21. Murakami, M., Summary of Japanese Cloud Seeding Experiments for Precipitation Augmentation (JCSEPA), 米国気象学会 第20回意図的非意図的気象改変会議, 2015年1月, アメリカ, フェニックス
 22. Murakami, M., K. Koike, A. Hashimoto, T. Tajiri, and A. Saito, Year-round Occurrence Frequency of Seedable Clouds over Ogouchi Dam West of Tokyo, 米国気象学会 第20回意図的非意図的気象改変会議, 2015年1月, アメリカ, フェニックス
 23. Seko, H., Observation system simulation experiments of the meso-scale convergence that causes the local heavy rainfall, 4th International Symposium on Data Assimilation(ISDA), 2015年2月, 兵庫県神戸市
 24. Seko, H., Development of a Two-way Nested LETKF System for Cloud-resolving Model, 4th International Symposium on Data Assimilation(ISDA), 2015年2月, 兵庫県神戸市
 25. Ito, J., Large eddy simulations for terrestrial convective mixed layers, Japanese-French model studies of planetary atmospheres, 2015年5月, 兵庫県神戸市
 26. Shoji, Y., Retrieval of PWV from Ground-Based GNSS Network and its Assimilation into NWP, Radio Science Symposium on Earth and Planetary Atmospheres, 2015年6月, 奈良県奈良市
 27. Kunii, M., H. Seko, Y. Shoji, and T. Tsuda, Impact of Assimilation of GPS Radio Occultation Refractivity on the Forecast of Typhoon Usagi in 2007, Radio Science Symposium on Earth and Planetary Atmospheres, 2015年6月, 奈良県奈良市
 28. Seko, H., Data Assimilation Experiments of Radio Occultation Refractivity Data by using a Mesoscale LETKF System, Radio Science Symposium on Earth and Planetary Atmospheres, 2015年6月, 奈良県奈良市
 29. Ohtake, H., T. Takashima, T. Oozeki, J. G. S. Fonseca Jr, and Y. Yamada, Case studies of outlier events on solar irradiance forecasts from two NWP's with different horizontal resolutions, World Renewable Energy Congress 2015 (WREC2015), 2015年6月, ルーマニア, ルーマニア
 30. Ito, J., and H. Niino, A numerical study of atmospheric Kármán vortex shedding from Jeju Island, 26th General Assembly of the International Union of Geodesy and Geophysics (IUGG2015), 2015年6月, チェコ, プラハ
 31. Kato, T., and H. Tsuguti, Case study on the band-shaped precipitation system causing heavy rainfall in Hiroshima, western Japan, on 20 August 2014, 26th General Assembly of the International Union of Geodesy and Geophysics (IUGG2015), 2015年6月, チェコ, プラハ
 32. Ohtake, H., J. G. S. Fonseca. Jr, T. Takashima, T. Oozeki and Y. Yamada, Global horizontal irradiance obtained from the local forecast model by the Japan Meteorological Agency, Grand Renewable Energy 2014 International Conference and Exhibition, 2015年7月, 東京都
 33. Ito, J., T. Oizumi, and H. Niino, Large eddy simulation of entire tropical cyclone, 16th Conference on Mesoscale Processes, 2015年8月, アメリカ, ボストン
 34. Ito, K., K. Saito, A. Wada, and T. Kuroda, Forecasting a Large Number of Tropical Cyclone Intensities Using a High-Resolution Atmosphere-Ocean Coupled Model, Asia Oceania Geosciences Society 12th Annual Meeting (AOGS2015), 2015年8月, シンガポール, シンガポール
 35. Ohtake, H., T. Takashima, T. Oozeki, J. G. S. Fonseca. Jr and Y. Yamada, A Case study of outlier events on solar irradiance forecasts from the two NWP's with different

- horizontal resolutions, 30th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition (EUPVSEC 2015), 2015年9月, ドイツ, ハンブルク
36. Yoshimura, H., The Nonhydrostatic Global Spectral Atmospheric Model using Double Fourier Series, The Workshop on Partial Differential Equations on the Sphere, 2015年10月, 韓国, ソウル
 37. Tajiri, T., A. Saito, Y. Zaizen and M. Murakami, An Experimental Evaluation on Heterogeneous Ice Nucleation Ability of Atmospheric Dust Aerosol in Late Spring 2014, ASAAQ13 (The 13th International Conference on Atmospheric Sciences and Applications to Air Quality), 2015年11月, 兵庫県神戸市
 38. Otsuka, M., M. Kunii, H. Seko, and K. Shimoji, Assimilation Experiments of Himawari Rapid-scan Atmospheric Motion Vectors, 第6回アジア・オセアニア気象衛星利用者会議, 2015年11月, 東京都
 39. Yokota, S., H. Seko, M. Kunii, H. Yamauchi, and H. Niino, Polarimetric radar and surface data assimilation using a nested-LETKF system and an ensemble-based sensitivity analysis for the tornado outbreak on 6 May 2012, AMS 96th Annual Meeting, 2016年1月, アメリカ, ニューオーリンズ
 40. Ohtake, H., F. Uno, T. Takashima, T. Oozeki, J. G. da S. Fonseca. Jr and Y. Yamada, Case Studies of Solar Irradiance Forecast Outlier Events for Regional Area of Photovoltaic Power Forecasts, American Meteorological Society (AMS) annual meeting, Seventh Conference on Weather, Climate, Water and the New Energy Economy, 2016年1月, アメリカ, ニューオーリンズ
 41. Yokota, S., S. Origuchi, M. Kunii, and K. Aonashi, Ensemble-based variational method with observation localization: difference from LETKF, AMS 96th Annual Meeting, 2016年1月, アメリカ, ニューオーリンズ
 42. Belair, S., S. Leroyer, N. Seino, L. Spacek, V. Souvanlassy, and D. Paquin-Ricard, Numerical forecast of an intense precipitation event over Tokyo: Role and impact of the urban environment, Third International Workshop on Tokyo Metropolitan Area Convection Study for Extreme Weather Resilient Cities (TOMACS/RDP), 2016年2月, 東京都千代田区
 43. Seino, N, H. Sugawara, R. Oda, T. Aoyagi, and H. Tsuguti, Numerical simulation of urban impact on summertime precipitation in Tokyo: How does urban temperature rise affect precipitation?, Third International Workshop on Tokyo Metropolitan Area Convection Study for Extreme Weather Resilient Cities (TOMACS/RDP), 2016年2月, 東京都千代田区
 44. Yokota, S., L. Duc, S. Origuchi, T. Kawabata, and T. Tsuyuki, Ensemble data assimilation of dense observations for rainfall near Tokyo on 18 July 2013, Third International Workshop on Tokyo Metropolitan Area Convection Study for Extreme Weather Resilient Cities (TOMACS/RDP), 2016年2月, 東京都千代田区
 45. Kawabata, T., T. Schwitalla, H.-S. Bauer, V. Wulfmeyer and A. Adachi, Comparison of Forward Operators for Polarimetric Radars Aiming for Data Assimilation, Third International Workshop on Tokyo Metropolitan Area Convection Study for Extreme Weather Resilient Cities (TOMACS/RDP), 2016年2月, 東京都千代田区
 46. Hashimoto, A, M. Niwano, and T. Aoki, Application of JMA-NHM to daily weather prediction in Greenland, International Workshop on "Greenland ice sheet mass loss and its impact on global climate change", 2016年3月, Japan, Sapporo
 47. Ito, J., H. Niino, and H. Mouri, On a Surface Flux Model for Atmospheric Large Eddy Simulation, 22nd Symposium on Boundary Layers and Turbulence, 2016年6月, アメリカ

- カ, ソルトレイク・シティ
48. Okamoto, K., H. Ishimoto, M. Kunii, M. Otsuka, S. Yokota, H. Seko, and Y. Sawada, Towards the assimilation of all-sky infrared radiances of Himawari-8, 5th International Symposium on Data Assimilation (ISDA), 2016年7月, 英国, Reading
 49. Okamoto, K., H. Ishimoto, M. Kunii, M. Otsuka, S. Yokota, H. Seko, and Y. Sawada, Assimilation of cloud-affected infrared radiances of Himawari-8, AOGS 2016, 2016年8月, 中国, 北京
 50. Duc, L., and K. Saito, Ensemble forecast of storm surges induced by the typhoon Haiyan., Asia Oceania Geosciences Society(AOGS)2014, 2014年7月, 北海道札幌市
 51. Duc, L., and K. Saito, Estimation of inflation factors and observational errors by using the Frobenius norm with the innovation statistics, Asia Oceania Geosciences Society(AOGS)2014, 2014年7月, 北海道札幌市
 52. Saito, K., On the northward moisture transport by ageostrophic winds associated with a tropical cyclone, Asia Oceania Geosciences Society (AOGS)2014, 2014年8月, 北海道札幌市
 53. Oizumi, T., T. Kuroda, K. Saito, J. Ito, L. Duc, and K. Ito, Performance Tuning of the JMA-NHM for the Super High-Resolution Experiment using the K Super Computer, AMS 95th Annual Meeting, 2015年1月, アメリカ, フェニックス
 54. Saito, K., Y. Shoji, H. Seko, N. Seino, A. Adachi, R. Misumi, T. Nakatani, and Y. Fujiyoshi, The Tokyo Metropolitan Area Convection Study for Extreme Weather Resilient Cities (TOMACS). , Seminar at Institute of Physics and Meteorology, 2015年7月, ドイツ, シュトゥットガルト
 55. Duc, L., K. Saito, and T. Kawabata, Comparison of 4DVAR, Hybrid-4DVAR and Hybrid-4DEnVAR at Cloud Resolving Scales, Asia Oceania Geosciences Society 12th Annual Meeting (AOGS2015), 2015年8月, シンガポール, シンガポール
 56. Oizumi, T., K. Saito and T. Kuroda, and J. Ito, The super high-resolution experiment of localized heavy rain in Japan, Asia Oceania Geosciences Society 12th Annual Meeting (AOGS2015), 2015年8月, シンガポール, シンガポール
 57. Ito, K., K. Saito, A. Wada, and T. Kuroda, Forecasting a Large Number of Tropical Cyclone Intensities Using a High-Resolution Atmosphere-Ocean Coupled Model, Asia Oceania Geosciences Society 12th Annual Meeting (AOGS2015), 2015年8月, シンガポール, シンガポール
 58. Orikasa, N., Microphysical properties of midlatitude cirrus clouds observed by hydrometeor videosonde, The North Pole Seminars, 2016年5月, Sweden, Kiruna
 59. Saito, K., 2016, Ultrahigh resolution numerical weather prediction for seamless prediction of mesoscale high impact weathers. , WWRP 4th International Symposium on Nowcasting and Very-short-range Forecast 2016 (WSN16), 2016年7月, 中国, 香港
 60. Orikasa, N., A. Saito, K. Yamashita, T. Tajiri, Y. Zaizen, and M. Murakami, Seasonal variations of aerosol, CCN, IN concentrations from ground-based observations at Tsukuba, Japan, 17th International Conference on Clouds and Precipitation (ICCP 2016), 2016年7月, U.K., Manchester
 61. Saito, K., R. Misumi, T. Nakatani, Y. Shoji, H. Seko, N. Seino, Tokyo Metropolitan Area Convection Study for Extreme Weather Resilient Cities (TOMACS): Lessons and outcome., WWRP 4th International Symposium on Nowcasting and Very-short-range Forecast 2016 (WSN16), 2016年7月, 中国, 香港
 62. Tajiri, T., Y. Zaizen, and M. Murakami, Immersion freezing ice nucleation ability of atmospheric aerosol particles: an experimental study on asian dust and local dust,

17th International Conference on Clouds and Precipitation (ICCP 2016), 2016年7月, U.K., Manchester

63. Yamada, Y., Development of a two-moment three-ice bulk microphysical model for ice., NHM Workshop 2016, 2016年12月箱根

・国内の会議・学会等：164件

1. Kunii, M., Data assimilation experiments for TCs with the LETKF, 第4回超高精度メソスケール気象予測研究会, 2014年3月, 兵庫県神戸市
2. Araki, K., H. Ishimoto, M. Murakami, and T. Tajiri, Temporal Variation of Close-Proximity Soundings within a Significant Tornadic Supercell Environment, 日本地球惑星科学連合2014年大会, 2014年4月, 神奈川県横浜市
3. 横田祥, 國井勝, 瀬古弘, Data Assimilation Experiment of Tsukuba Tornado on May 6, 2012 using MRI Doppler Radar data, 日本地球惑星科学連合2014年大会, 2014年4月, 神奈川県横浜市
4. Mashiko, W., Super High-Resolution Simulation of the Tsukuba Supercell Tornado (2012): Structure and Dynamics, 第5回超高精度メソスケール気象予測研究会, 2015年3月, 愛知県名古屋市
5. Kunii, M., and K. Ito, Implementation of a high-resolution atmosphere-ocean coupled model with an ensemble Kalman filter, 第5回超高精度メソスケール気象予測研究会, 2015年3月, 愛知県名古屋市
6. Hashimoto, A., Cloud simulation with multi-dimensional bin-microphysics model, 第5回超高精度メソスケール気象予測研究会, 2015年3月, 愛知県名古屋市
7. Origuchi, S., K. Saito, H. Seko, W. Mashiko, and M. Kunii, Multiple Eyewalls and Wind Features in the 2012 Typhoon BOLAVEN, The 5th Research Meeting of Ultrahigh Precision Meso-scale Weather Prediction, 2015年3月, 愛知県名古屋市
8. Yokota, S., H. Seko, M. Kunii, and H. Yamauchi, Predictability of tornadoes in the Kanto region on 6 May 2012 based on assimilation of dense observations using the nested - LETKF system, 第5回超高精度メソスケール気象予測研究会, 2015年3月, 愛知県名古屋市
9. Kunii, M., Data assimilation experiments of tropical cyclones with the NHM-LETKF, 日本地球惑星科学連合2014年大会, 2014年4月, 神奈川県横浜市
10. Tajima, O., T. Nagasaki, K. Kominami, and K. Araki, A novel measurement system for thermodynamic environment by using radio astronomy technology, 日本地球惑星科学連合2015年大会, 2015年5月, 千葉県千葉市
11. Araki, K., M. Murakami, M. Ishimoto, T. Tajiri, Y. Shoji and A. Saito, Verification of Off-Zenith Observations by Ground-Based Microwave Radiometer under Stratiform Precipitation Conditions, 日本地球惑星科学連合2015年大会, 2015年5月, 千葉県千葉市
12. Mashiko, W., Super high-resolution simulation of the 6 May 2012 Tsukuba Supercell Tornado, 日本地球惑星科学連合2015年大会, 2015年5月, 千葉県
13. Kunii, M., and K. Ito, Implementation of a high-resolution atmosphere-ocean coupled model with an ensemble Kalman filter, 日本地球惑星科学連合2015年大会, 2015年5月, 千葉県千葉市
14. Ito, J., T. Oizumi, and H. Niino, Large Eddy Simulation of Entire Tropical Cyclone, 日本地球惑星科学連合2015年大会, 2015年5月, 千葉県千葉市
15. Seko, H., and M. Kunii, Extraction of Favorable Environment Factors for Heavy Rainfall using Multiple Scenarios Obtained by Ensemble Forecasts, 日本地球惑星科学連合

- 2015年大会, 2015年5月, 千葉県千葉市
16. Araki, K., M. Murakami, T. Tajiri, A. Saito and Y. Shoji, Numerical Simulation of Heavy Snowfall and the Potential Role of Ice Nuclei in Cloud Formation and Precipitation, 日本地球惑星科学連合 2015年大会, 2015年5月, 千葉県千葉市
 17. Yokota, S., H. Seko, M. Kunii, and H. Yamauchi, Assimilation of rainwater estimated by a polarimetric radar for tornado outbreaks on 6 May 2012, 日本地球惑星科学連合 2015年大会, 2015年5月, 千葉県千葉市
 18. 川畑拓矢, Thomas Schwitalla, Hans-Stefan Bauer, Volker Wulfmeyer, 足立アホロ, Data Assimilation of Polarimetric Radar Data with WRF-Var, 日本気象学会 2015年度秋季大会, 2015年10月, 京都府京都市
 19. 橋本明弘, Simulation of ice particle growth in multi-dimensional bin microphysics model, 第6回超高精度メソスケール気象予測研究会, 2016年3月, 京都府宇治市
 20. 横田祥, 国井勝, 青梨和正, 折口征二, Le Duc, 川畑拓矢, 露木義, Data assimilation for local rainfall near Tokyo on 18 July 2013 using EnVAR with observation space localization, 第6回超高精度メソスケール気象予測研究会, 2016年3月, 京都府宇治市
 21. Ito, J., T. Oizumi, and H. Niino, Entire tropical cyclone LES, 台風セミナー2015, 2016年1月, 東京都
 22. Yoshimura, H., Y. Takeuchi, A. Wada, M. Sawada, S. Kawahara, M. Nakano, R. Onishi, H. Kawai, E. Shindo, T. Iriguchi, M. Yamaguchi, M. Sugi, T. Nasuno, W. Sasaki, and H. Fuchigami, Development of a Nonhydrostatic Global Spectral Atmospheric Model using Double Fourier Series and High Resolution Typhoon Prediction Experiments, 台風セミナー2015, 2016年1月, 東京都
 23. Nagasaki, T., O. Tajima, K. Araki, H. Ishimoto, Development of next-generation microwave radiometer “KUMODES” for multi-band atmospheric observation, 日本地球惑星科学連合 2016年大会, 2016年5月, 千葉県
 24. 瀬古弘, 齊藤和雄, 国井勝, 超高精度メソスケール気象予測の実証 -豪雨・竜巻の実験結果 防災情報の高度化をめざして-, 第3回 HPCI戦略プログラム分野3シンポジウム, 2013年11月, 東京都千代田区
 25. 大塚道子, 国井勝, 瀬古弘, 下地和希, 林昌弘, 高頻度衛星観測による大気追跡風の同化実験, 「先端的データ同化と雲解像アンサンブル手法に関する研究」平成25年度第1回研究集会, 2014年1月, 静岡県沼津市
 26. 橋本明弘, 多次元ビン法NHMの開発・改良, 第4回超高精度メソスケール気象予測研究会, 2014年3月, 兵庫県神戸市
 27. 橋本明弘, 庭野匡思, 青木輝夫, グリーンランド2014年度7月降雨事例に関する数値実験, 第4回SIGMAワークショップ in 十日町, 2014年3月, 新潟県十日町市
 28. 瀬古弘, 佐藤英一, 坂梨貴紀, 気象庁現業ドップラーレーダで求めた屈折率分布のデータ同化実験, 日本地球惑星科学連合 2014年大会, 2014年4月, 神奈川県横浜市
 29. 橋本明弘, 鈴木雄治郎*, 新堀敏基, 高木朗充, 2011年1月26-27日新燃岳噴火に伴う火山灰輸送に関する数値実験, 日本地球惑星科学連合 2014年大会, 2014年5月, 神奈川県横浜市
 30. 津口裕茂, 原旅人, 加藤輝之, 北島尚子, 小山亮, 櫻木智明, 台風に伴う豪雨-2013年台風第26号に伴う伊豆大島の大雨-, 第41回メソ気象研究会, 2014年5月, 東京都千代田区
 31. 清野直子, 菅原広史, 小田僚子, 青柳暁典, 首都圏における対流性降水環境場の観測と数値実験, 日本気象学会 2014年度春季大会, 2014年5月, 神奈川県横浜市
 32. 加藤輝之, 津口裕茂, 北島尚子, 小山亮, 櫻木智明, 台風1326号にともなう伊豆大島の大

- 雨の発生要因, 日本気象学会 2014 年度春季大会, 2014 年 5 月, 神奈川県横浜市
33. 津口裕茂, 廣川康隆, 加藤輝之, 2013 年 8 月 9 日の秋田・岩手県の大雨の発生要因について, 日本気象学会 2014 年度春季大会, 2014 年 5 月, 神奈川県横浜市
 34. 北島尚子, 加藤輝之, 津口裕茂, 小山亮, 櫻木智明, 嶋田宇大, 台風 1318 号の発達とそれに伴う近畿地方の大雨の発生要因, 日本気象学会 2014 年度春季大会, 2014 年 5 月, 神奈川県横浜市
 35. 齋藤篤思, 山下克也, 張澤鋒, 田尻拓也, 村上正隆, 氷晶核活性化特性の季節変化, 日本気象学会 2014 年度春季大会, 2014 年 5 月, 神奈川県横浜市
 36. 橋本明弘, 大竹秀明, 村上正隆, 航空機・地上観測データに基づく雲物理モデルの改良: その 2, 日本気象学会 2014 年度春季大会, 2014 年 5 月, 神奈川県横浜市
 37. 田尻拓也, 山下克也, 齋藤篤思, 村上正隆, 広範なエアロゾル種の雲核・氷晶核能に関する研究 (その 5), 日本気象学会 2014 年度春季大会, 2014 年 5 月, 神奈川県横浜市
 38. 折口征二, NHM-EnVar システムの開発, 日本気象学会春季大会, 2014 年 5 月, 神奈川県横浜市
 39. 荒木健太郎, 石元裕史, 村上正隆, 田尻拓也, つくば竜巻をもたらしたスーパーセル近傍環境場の高頻度観測・解析, 日本気象学会 2014 年度春季大会, 2014 年 5 月, 神奈川県横浜市
 40. 益子渉, 2012 年 5 月 6 日につくば市に被害をもたらしたスーパーセル竜巻の発生機構 (第 2 報), 日本気象学会 2014 年度春季大会, 2014 年 5 月, 神奈川県横浜市
 41. 加藤輝之, 隅田康彦, 田中恵信, 平成 25 年 9 月 2 日越谷・野田竜巻の発生要因, 日本気象学会 2014 年度春季大会, 2014 年 5 月, 神奈川県横浜市
 42. 大塚道子, 國井勝, 瀬古弘, 下地和希, 林昌弘, 高頻度衛星観測による大気追跡風 (AMV) の同化実験, 日本気象学会 2014 年度春季大会, 2014 年 5 月, 神奈川県横浜市
 43. 國井勝, アンサンブルカルマンフィルタを用いた台風の位置, 中心気圧の同化実験, 日本気象学会 2014 年度春季大会, 2014 年 5 月, 神奈川県横浜市
 44. 瀬古弘, 局地的大雨等の予報精度向上にむけたデータ同化・アンサンブル手法の開発, 日本気象学会 2014 年度夏季大学「ザ・竜巻」, 2014 年 8 月, 東京都千代田区
 45. 荒木健太郎, 2014 年 2 月の関東甲信地方大雪の観測研究一降雪雲の雲物理構造一, 降水雲の超微細構造の短時間変動の解釈」に関する研究討論会, 2014 年 9 月, 北海道札幌市
 46. 大竹秀明, Joao Gari da Silva Fonseca Jr, 高島工, 大関崇, 山田芳則, 領域拡張された局地モデルによる日射量予測の誤差検証, 電気学会 B 部門大会, 2014 年 9 月, 京都府京田辺市
 47. 大竹秀明, Joao Gari da Silva Fonseca Jr, 高島工, 大関崇, 山田芳則, 局地モデルの太陽光発電への利用計画とヤマセ時の日射量予測の事例解析, 第 10 回ヤマセ研究会, 2014 年 10 月, 青森県弘前市
 48. 加藤輝之, 平成 26 年 8 月豪雨の発生環境場と広島での大雨の発生要因, 「平成 26 年 8 月豪雨」に関する研究会, 2014 年 10 月, 福岡県福岡市
 49. 國井勝, アンサンブルカルマンフィルタを用いた台風の強風半径同化実験, 日本気象学会 2014 年度秋季大会, 2014 年 10 月, 福岡県福岡市
 50. 國井勝, Juan Ruiz, Guo-Yuan Lien, 三好建正, 牛尾知雄, 佐藤晋介, 瀬古弘, 別所康太郎, 水平解像度 100m の NHM を用いた 30 秒サイクルデータ同化実験, 日本気象学会 2014 年度秋季大会, 2014 年 10 月, 福岡県福岡市
 51. 横田祥, 國井勝, 瀬古弘, 二重偏波レーダーで推定した雨水量の同化実験一2012 年 5 月 6 日に関東地方で発生した竜巻の事例について一, 日本気象学会 2014 年度秋季大会, 2014 年 10 月, 福岡県福岡市
 52. 大泉伝, 黒田徹, 齊藤和雄, スーパーコンピュータ「京」と NHM を用いた伊豆大島の豪雨の

- 高解像度予報実験, 日本気象学会 2014 年度秋季大会, 2014 年 10 月, 福岡県福岡市
53. 齊藤和雄, 露木義, 瀬古弘, 木村富士男, 分野 3 メソ課題参加者, HPCI 戦略プログラム「超高精度メソスケール気象予測の実証」(2), 日本気象学会 2014 年度秋季大会, 2014 年 10 月, 福岡県福岡市
 54. 大塚道子, 国井勝, 瀬古弘, 下地和希, 林昌弘, 今井崇人, MTSAT-1R によるラピッドスキャンデータのメソスケールデータ同化への利用, 日本気象学会 2014 年度秋季大会, 2014 年 10 月, 福岡県福岡市
 55. 荒木健太郎, 村上正隆, 2014 年 2 月関東甲信地方の大雪における詳細降雪分布の解析, 日本気象学会 2014 年度秋季大会, 2014 年 10 月, 福岡県福岡市
 56. 加藤輝之, 2014 年 2 月 8 日と 14~15 日の大雪の発生要因と過去事例との比較, 日本気象学会 2014 年度秋季大会, 2014 年 10 月, 福岡県福岡市
 57. 廣川康隆, 加藤輝之, 津口裕茂, 2013 年 12 月 19-20 日に日本海で発生・発達したメソ渦〜その 2: エネルギー収支解析〜, 日本気象学会 2014 年度秋季大会, 2014 年 10 月, 福岡県福岡市
 58. 荒木健太郎, 石元裕史, 村上正隆, 田尻拓也, 放射は天から送られたメールである メール解読の技術と応用, ワークショップ「降雪に関するレーダーと数値モデルによる研究(第 13 回)」, 2014 年 11 月, 新潟県長岡市
 59. 加藤輝之, 中部日本海側でのモデルが予想する降雪量の過小評価の要因と改善への取り組み: 観測された降水粒子との比較, ワークショップ「降雪に関するレーダーと数値モデルによる研究(第 13 回)」, 2014 年 11 月, 新潟県長岡市
 60. 山田芳則, 気象予測, 電気学会東海支部講習会 専門講習会「風力・太陽光発電の出力予測技術」, 2014 年 11 月, 愛知県名古屋
 61. 大竹秀明, Joao Gari da Silva Fonseca Jr, 高島工, 大関崇, 山田芳則, 局地モデルから出力される日射量予測値の信頼区間の推定., 平成 26 年度 日本太陽エネルギー学会・日本風力エネルギー学会 Korean Solar Energy Society 福島復興支援 合同研究発表会, 2014 年 11 月, 福島県いわき市
 62. 橋本明弘, 庭野匡思, 青木輝夫, グリーンランド気象予測実験と検証, 低温科学研究所共同研究集会「グリーンランド氷床の質量変化と全球気候変動への影響」, 2014 年 11 月, 北海道札幌市
 63. 橋本明弘, 鈴木雄治郎, 新堀敏基, 石井憲介, 高木朗充, 噴煙柱モデルの再構築と火山灰輸送実験, 東京大学地震研究所共同利用研究集会「火山現象のダイナミクス・素過程研究」, 2014 年 12 月, 東京都文京区
 64. 鈴木雄治郎, 井口正人, 前野深, 中田節也, 橋本明弘, 新堀敏基, 石井憲介, 3 次元シミュレーションによる 2014 年 Kelud 火山噴火の再現, 東京大学地震研究所共同利用研究集会「火山現象のダイナミクス・素過程研究」, 2014 年 12 月, 東京都文京区
 65. 大竹秀明, Joao Gari da Silva Fonseca Jr, 高島工, 大関崇, 山田芳則, 気象庁現業モデルによる日射量予測大外れの事例解析, 「新エネルギー・環境/メタボリズム社会・環境システム合同研究会」再生可能エネルギーの発電予測とシステム技術, 2015 年 1 月, 愛知県名古屋
 66. 橋本明弘, 庭野匡思, 青木輝夫, グリーンランド気象予測実験結果の検討, 第 5 回 SIGMA ワークショップ in 富山, 2015 年 3 月, 富山県富山市
 67. 大塚道子, 國井勝, 瀬古弘, 下地和希, 林昌弘, 今井崇人, 気象衛星ひまわり高頻度観測データのメソスケールデータ同化, 日本気象学会 2015 年度春季大会, 2015 年 5 月, 茨城県つくば市
 68. 田尻 拓也, 斎藤 篤思, 財前祐二, 村上 正隆, 黄砂イベント時の大気エアロゾルの氷晶核能(その 2), 日本気象学会 2015 年度春季大会, 2015 年 5 月, 茨城県つくば市
 69. 荒木健太郎, 村上正隆, 田尻拓也, 齋藤篤思, 小司禎教, 2014 年 2 月 14-15 日関東甲信大

- 雪の再現実験と氷晶核に関する感度実験，日本気象学会 2015 年度春季大会，2015 年 5 月，茨城県つくば市
70. 吉村裕正，二重フーリエ級数を使用した非静力学全球スペクトル大気モデル，日本気象学会 2015 年度春季大会，2015 年 5 月，茨城県つくば市
71. 伊藤純至，新野宏，濟州島後流に生じるカルマン渦列状雲の数値実験，日本気象学会 2015 年度春季大会，2015 年 5 月，茨城県つくば市
72. 国井勝，伊藤耕介，領域大気海洋モデルを用いたアンサンブルカルマンフィルタの構築，日本気象学会 2015 年度春季大会，2015 年 5 月，茨城県つくば市
73. 折口征二，斉藤和雄，瀬古弘，益子渉，國井勝，2012 年台風第 15 号の多重壁雲と風速特性，日本気象学会春季大会，2015 年 5 月，茨城県つくば市
74. 横田祥，折口征二，國井勝，青梨和正，観測局所化を導入したアンサンブル変分同化システム，日本気象学会 2015 年度春季大会，2015 年 5 月，茨城県つくば市
75. 加藤輝之，津口裕茂，平成 26 年 8 月 20 日広島での大雨の発生要因，日本気象学会 2015 年度春季大会，2015 年 5 月，茨城県つくば市
76. 加藤輝之，津口裕茂，北島尚子，櫻木智明，平成 26 年台風第 8 号にともなう 7 月 9 日沖縄本島での大雨の発生要因，日本気象学会 2015 年度春季大会，2015 年 5 月，茨城県つくば市
77. Oizumi, T., T. Kuroda, and K. Saito, Japan Geoscience Union Meeting, 2015 年 5 月，千葉県千葉市
78. Origuchi, S., K. Saito, H. Seko, W. Mashiko, and M. Kunii, Multiple Eyewall Structure and its Wind Features in 2012 Typhoon Bolaven, 日本地球惑星科学連合 2015 年大会，2015 年 5 月，千葉県千葉市
79. Duc, L., K. Saito, T. Kawabata, and K. Ito, Comparison of 4DVAR, Hybrid-4DVAR and Hybrid-4DEnVAR at cloud resolving scales. , Japan Geoscience Union Meeting, 2015 年 5 月，千葉県千葉市
80. Saito, K., H. Seko, T. Tsuyuki, and K. Nakamura, Ultra-high Precision Mesoscale Weather Prediction in SPIRE Field 3., Japan Geoscience Union Meeting, 2015 年 5 月，千葉県千葉市
81. 国井勝, Juan Ruiz, Guo-Yuan Lien, 三好建正, 牛尾知雄, 佐藤晋介, 瀬古弘, 別所康太郎, 水平解像度 100m の NHM を用いた 30 秒サイクルデータ同化実験, 日本地球惑星科学連合 2015 年大会, 2015 年 5 月, 千葉県千葉市
82. 大竹秀明, 高島工, 大関崇, Joao Gari da Silva Fonseca Jr, 山田芳則, 電力システムにおける気象庁データの応用利用, 日本地球惑星科学連合, 2015 年 5 月, 千葉県千葉市
83. 加藤輝之, 集中豪雨の発生メカニズムから見た数値予報における課題～2014 年 8 月 20 日広島豪雨を例として～, 日本地球惑星科学連合 2015 年大会, 2015 年 5 月, 千葉県千葉市
84. 大竹秀明, 高島工, 大関崇, Joao Gari da Silva Fonseca Jr, 山田芳則, 広域エリア日射量予測の大外れの予兆検出, 第 12 回次世代の太陽光発電システムシンポジウム, 2015 年 5 月, 福島県郡山市
85. 林修吾, 2014 年広島豪雨に関する予測, 第 2 回メソ気象セミナー, 2015 年 6 月, 鹿児島県鹿児島市
86. 加藤輝之, 2014 年 2 月 8 日と 14～15 日の大雪の発生要因と過去事例との比較, 南岸低気圧とそれに伴う気象・雪氷災害に関する研究会, 2015 年 8 月, 茨城県つくば市
87. 田口仁, 荒木健太郎, 上石勲, 臼田裕一郎, WebGIS による解析結果・地形情報・現地調査結果等の可視化, 南岸低気圧とそれに伴う気象・雪氷災害に関する研究会, 2015 年 8 月, 茨城県つくば市
88. 山下克也, 中井専人, 本吉弘岐, 石坂雅昭, 荒木健太郎, 斎藤篤思, 田尻拓也, 村上正隆, 2014 年 2 月の大雪時の降雪種の特徴, 南岸低気圧とそれに伴う気象・雪氷災害に関する

- る研究会, 2015年8月, 茨城県つくば市
89. 荒木健太郎, 村上正隆, 関東に大雪をもたらした降雪雲の雲物理過程と氷晶核の影響, 南岸低気圧とそれに伴う気象・雪氷災害に関する研究会, 2015年8月, 茨城県つくば市
 90. 荒木健太郎, 北畠尚子, 加藤輝之, 南岸低気圧による関東大雪時の総観・メソスケール環境場の統計解析, 南岸低気圧とそれに伴う気象・雪氷災害に関する研究会, 2015年8月, 茨城県つくば市
 91. 大竹秀明, 宇野 史睦, 高島工, 大関崇, Joao Gari da Silva Fonseca Jr, 山田芳則, 広域エリアを対象とした日射量予測の大外れ事例解析 -東京電力と東北電力エリアのケース-, 電気学会 電力・エネルギー部門大会, 2015年8月, 愛知県名古屋市
 92. 長崎岳人, 田島治, 荒木健太郎, 石元裕史, 小南欽一郎, 電波観測技術を応用した雲発生予測システムの開発-18-32GHz帯試作機による大気水蒸気量観測試験, 日本天文学会2015年秋季年会, 2015年9月, 兵庫県神戸市
 93. 伊藤純至, 大泉伝, 新野宏, 台風全域ラージ・エディ・シミュレーション, 日本流体力学会年会2015, 2015年9月, 東京都
 94. 津口裕茂, 平成27年9月関東・東北豪雨の発生要因について, 「平成27年9月関東・東北豪雨及び洪水災害」に関する研究会, 2015年10月, 京都府京都市
 95. 加藤輝之, 平成27年9月関東・東北豪雨の概要と気象庁の対応・予報結果, 平成27年9月関東・東北豪雨及び洪水災害に関する研究会, 2015年10月, 京都府京都市
 96. Duc, L. and K. Saito, B-preconditioned conjugate gradient, an efficient preconditioning for Hybrid-4DVAR and Hybrid-4DEnVAR. , 日本気象学会2015年秋季大会, 2015年10月, 京都府京都市
 97. 国井勝, 伊藤耕介, 和田章義, 領域大気海洋モデルを用いたアンサンブルカルマンフィルタの構築(第2報), 日本気象学会2015年度秋季大会, 2015年10月, 京都府京都市
 98. 田尻拓也, 財前祐二, 村上正隆, 黄砂イベント時の大気エアロゾルの氷晶核能(その3), 日本気象学会2015年度秋季大会, 2015年10月, 京都府京都市
 99. 橋本明弘, 庭野匡思, 青木輝夫, グリーンランド領域気候モデルの開発, 日本気象学会2015年度秋季大会, 2015年10月, 京都府京都市
 100. 和田章義, 沢田雅洋, 吉村裕正, 中野満寿男, 那須野智江, 大西領, 瀧上弘光, 川原慎太郎, 佐々木亘, 入口武史, 山口宗彦, 川合秀明, 新藤永樹, 竹内義明, 複数の次世代非静力学全球モデルを用いた高解像度台風予測実験, 日本気象学会2015年度秋季大会, 2015年10月, 京都府京都市
 101. 長崎岳人, 田島治, 荒木健太郎, 石元裕史, 小南欽一郎, 電波天文学技術を応用した高感度マイクロ波放射計による次世代大気観測, 日本気象学会2015年度秋季大会, 2015年10月, 京都府京都市
 102. 伊藤純至, 大泉伝, 新野宏, 台風全域LESで再現された台風境界層内のロール構造, 日本気象学会2015年度秋季大会, 2015年10月, 京都府京都市
 103. 清野直子, 青柳曉典, 津口裕茂, 首都圏の夏季降水に対する都市の効果(4) -コンポジット解析による降水強化要因の考察-, 日本気象学会2015年度秋季大会, 2015年10月, 京都府京都市
 104. 加藤輝之, 平成26年8月20日広島での大雨をもたらした線状降水帯の停滞要因, 日本気象学会2015年度秋季大会, 2015年10月, 京都府京都市
 105. 橋本明弘, 三隅良平, 村上正隆, 多次元ビン法NHMの開発・改良, 日本気象学会2015年度秋季大会, 2015年10月, 京都府京都市
 106. 荒木健太郎, 村上正隆, 石元裕史, 田尻拓也, 地上マイクロ波放射計1DVARによる非降水時・降水時の大気熱力学場解析, 日本気象学会2015年度秋季大会, 2015年10月, 京都府京都市
 107. 荒木健太郎, 北畠尚子, 加藤輝之, 南岸低気圧による関東大雪時の総観・メソスケール環境

- 場の統計解析, 日本気象学会 2015 年度秋季大会, 2015 年 10 月, 京都府京都市
108. 益子渉, 山内洋, 南雲信宏, 2013 年台風第 18 号に伴って発生したミニスーパーセルの構造, 日本気象学会 2015 年度秋季大会, 2015 年 10 月, 京都府京都市
109. 伊藤耕介, 仲田真理子, 宮里結衣, 宮本育利, 善村夏実, RSMC Tokyo 台風強度予報誤差データベースの構築と MPI を用いた補正, 日本気象学会 2015 年度秋季大会, 2015 年 10 月, 京都府京都市
110. 益子渉, 台風に伴う竜巻の特徴, 平成 27 年度京都大学防災研究所共同研究集会「台風研究会」, 2015 年 10 月, 京都府宇治市
111. 伊藤純至, 大泉伝, 新野宏, 台風全域ラージ・エディ・シミュレーション, 平成 27 年度台風研究会, 2015 年 10 月, 京都府宇治市
112. 橋本明弘, 数値気象モデルにおける降雪粒子の表現, ワークショップ『降雪に関するレーダーと数値モデルによる研究(第 14 回)』, 2015 年 11 月, 新潟県長岡市
113. 荒木健太郎, 村上正隆, 石元裕史, 田尻拓也, 小司禎教, 地上マイクロ波放射観測と降雪研究, ワークショップ「降雪に関するレーダーと数値モデルによる研究(第 14 回)」, 2015 年 11 月, 新潟県長岡市
114. 益子渉, 気象分野における竜巻の数値シミュレーション, 日本建築学会「建築物の突風荷重に関する公開研究会」, 2015 年 11 月, 東京都
115. 大泉伝, 斉藤和雄, 伊藤純至, LeDuc, スーパーコンピュータ京を用いた NHM の高解像度実験, 第 17 回非静力学モデルに関するワークショップ, 2015 年 12 月, 沖縄県那覇市
116. 伊藤純至, 大泉伝, 新野宏, 京コンピュータを用いた台風全域ラージ・エディ・シミュレーション, 第 17 回非静力学モデルに関するワークショップ, 2015 年 12 月, 沖縄県那覇市
117. 加藤輝之, 平成 26 年 8 月 20 日広島での大雨をもたらした線状降水帯の再現性と発生要因, 第 17 回非静力学モデルに関するワークショップ, 2015 年 12 月, 沖縄県那覇市
118. 林修吾, 2014 年 6 月 24 日に調布・三鷹に激しい降雹・落雷をもたらした積乱雲の発生発達過程, 第 17 回非静力学モデルに関するワークショップ, 2015 年 12 月, 沖縄県那覇市
119. 和田章義, 沢田雅洋, 吉村裕正, 中野満寿男, 那須野智江, 大西領, 澗上弘光, 川原慎太郎, 佐々木亘, 入口武史, 山口宗彦, 川合秀明, 新藤永樹, 竹内義明, 複数の次世代非静力学全球モデルを用いた高解像度台風予測実験, 第 17 回非静力学モデルに関するワークショップ, 2015 年 12 月, 沖縄県那覇市
120. 橋本明弘, 三隅良平, 村上正隆, 多次元ビン法 NHM による氷粒子の表現, 第 17 回非静力学モデルに関するワークショップ, 2015 年 12 月, 沖縄県那覇市
121. 山田芳則, 気象パラメータ予測技術, 第 22 回 CEE シンポジウム「電力システム運用高度化に向けた再生可能エネルギー発電出力予測技術を考える」, 2015 年 12 月, 東京都
122. 川畑拓矢, Hans-Stefan Bauer, Thomas Schwitalla, Volker Wulfmeyer, 足立 アホロ, 二重偏波レーダーデータ同化観測演算子の開発, 第 17 回非静力学モデルに関するワークショップ, 2015 年 12 月, 沖縄県那覇市
123. 和田章義, 国井勝, NHM-LETKF による台風予測研究, 第 17 回非静力学モデルに関するワークショップ, 2015 年 12 月, 沖縄県那覇市
124. 福井真, 岩崎俊樹, 瀬古弘, 斉藤和雄, 国井勝, 従来型観測のみを用いた日本域領域再解析システムの開発, 第 17 回非静力学モデルに関するワークショップ, 2015 年 12 月, 沖縄県那覇市
125. 瀬古弘, 酒井哲, 吉原貴之, 瀬古口敦, 航空機 MODE-S データと水蒸気ライダーを用いた同化実験の狙いと初期的な実験結果, 第 17 回非静力学モデルに関するワークショップ, 2015 年 12 月, 沖縄県那覇市
126. 津口裕茂, 廣川康隆, 加藤輝之, 2013 年 8 月 9 日の秋田・岩手県の大雨の発生要因について, 大雨と下層水蒸気に関するワークショップ(西表島), 2015 年 12 月, 沖縄

127. 加藤輝之, 海上における下層水蒸気蓄積過程, 大雨と下層水蒸気に関するワークショップ, 2015年12月, 沖縄県竹富町
128. 林修吾, 高解像度モデルによる降水の再現性, 大雨と下層水蒸気に関するワークショップ, 2015年12月, 沖縄県竹富町
129. 津口裕茂, 加藤輝之, 北島尚子, 【平成27年9月関東・東北豪雨】栃木・茨城県に大雨をもたらした総観スケールの環境場の特徴について, 平成27年度日本気象学会東北支部気象研究会, 2015年12月, 宮城県仙台市
130. 橋本明弘, 鈴木雄治郎, 新堀敏基, 石井憲介, 2011年新燃岳噴火にともなう火山灰雲の再現実験, 東京大学地震研究所共同利用研究集会「火山現象のダイナミクス・素過程研究」, 2015年12月, 東京都文京区
131. 折笠成宏, 雲粒子ゾンデ観測による巻雲の微物理特性, 国立極地研究所研究集会「寒冷域における降雪観測や雪結晶の研究と教育の今後の展望」, 2015年12月, 東京都立川市
132. 橋本明弘, 気象予測モデルにおける氷粒子のモデリングについて, 国立極地研究所研究集会「寒冷域における降雪観測や雪結晶の研究と教育の今後の展望」, 2015年12月, 東京都立川市
133. 橋本明弘, 鈴木雄治郎, 新堀敏基, 石井憲介, 2011年新燃岳噴火にともなう火山灰雲の再現と検証, 災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画マグマ系3課題合同研究集会, 2016年1月, 鹿児島市
134. 伊藤純至, 大泉伝, 新野宏, 台風全域LES, LES研究会, 2016年1月, 東京都目黒区
135. 斉藤和雄, 瀬古弘, 國井勝, 横田祥, 益子渉, 伊藤純至, 橋本明弘, 折口征二, 川畑拓矢, 大泉伝, Le Duc, 伊藤耕介, 福井真, 露木義, HPCI戦略プログラム「超高精度メソスケール気象予測の実証」, 平成27年度気象庁施設等機関研究報告会, 2016年1月, 東京都
136. 田尻拓也, 大気エアロゾルの氷晶核能の定量化について -黄砂およびローカルダスト-, 平成27年度国立極地研究所・研究集会「エアロゾル-雲相互作用について語る会」, 2016年2月, 東京都立川市
137. 橋本明弘, 庭野匡思, 青木輝夫, グリーンランド気象予測実験の検証と課題, 第6回SIGMAワークショップ, 2016年2月, 北海道網走郡大空町
138. 益子渉, 2012年つくば竜巻の超高解像度シミュレーション: 地表付近の構造と力学, 第6回超高精度メソスケール気象予測研究会, 2016年3月, 京都府宇治市
139. 加藤輝之, 2014年広島大雨時の成層構造変化にみられる水平解像度依存性, 第6回超高精度メソスケール気象予測研究会, 2016年3月, 京都府宇治市
140. 荒木健太郎, “豪雨”再考, ニコニコ学会気象研究会, 2016年3月, 東京都千代田区
141. 大竹秀明, 宇野史睦, 山田芳則, 山口順之, 井村順一, 気象データを用いた次々世代の電力システムの在り方 ~JST CREST HARPSの取り組み~, 日本気象学会2016年度春季大会公開気象講演会, 2016年5月, 東京都
142. 岡本幸三, 石元裕史, 國井勝, 大塚道子, 横田祥, 瀬古弘, 領域数値予報システムを用いた、ひまわり8号の曇天域赤外輝度温度同化, 日本気象学会2016年度春季大会, 2016年5月, 東京都渋谷区
143. 横田祥, Le Duc, 折口征二, 國井勝, 青梨和正, 川畑拓矢, 露木義, 稠密な実観測データの同化によるLETKFとEnVARの比較, 日本気象学会2016年度春季大会, 2016年5月, 東京都渋谷区
144. 荒木健太郎, 宮島亜希子, 古田泰子, 高密度地上気象観測による関東大雪時のCold-Air Damming形成・強化過程の解析, 日本気象学会2016年度春季大会, 2016年5月, 東京都渋谷区
145. 荒木健太郎, 北島尚子, 加藤輝之, 南岸低気圧に伴う関東平野の雪と雨の総観スケール環境場の違い, 日本気象学会2016年度春季大会, 2016年5月, 東京都渋谷区

146. 荒木健太郎, 加藤輝之, 北畠尚子, 南岸低気圧に伴う関東大雪時の下層低温化の要因に関する統計解析, 日本気象学会 2016 年度春季大会, 2016 年 5 月, 東京都渋谷区
147. 加藤輝之, 津口裕茂, 北畠尚子, 「平成 27 年 9 月関東・東北豪雨」の発生要因について- 関東地方で発生した豪雨-, 日本気象学会 2016 年度春季大会, 2016 年 5 月, 東京都
148. 加藤輝之, 2014/2015 年梅雨期の下層水蒸気の動向 ~名瀬・南大東島での高層ゾンデ強化観測結果~, 日本気象学会 2016 年度春季大会, 2016 年 5 月, 東京都渋谷区
149. 財前祐二, 田尻拓也, 折笠成宏, 村上正隆, 冬季つくばにおけるエアロゾル吸湿特性 (κ) の変化の特徴, 日本気象学会 2016 年度春季大会, 2016 年 5 月, 東京都渋谷区
150. 田尻拓也, 村上正隆, 鉱物ダスト粒子氷晶核能の温度依存性, 日本気象学会 2016 年度春季大会, 2016 年 5 月, 東京都渋谷区
151. 村上正隆, 折笠成宏, 田尻拓也, 橋本明弘, 篠田太郎, 鈴木健太郎, 乾燥・半乾燥地域における降水強化に関する先端的研究 -研究計画概要-, 日本気象学会 2016 年度春季大会, 2016 年 5 月, 東京都渋谷区
152. 橋本明弘, 林修吾, 伊藤純至, 山田芳則, JMA-NHM 氷飽和調節適用の影響評価, 日本気象学会 2016 年度春季大会, 2016 年 5 月, 東京都渋谷区
153. 津口裕茂, 鬼怒川決壊をもたらした豪雨のしくみ-平成 27 年 9 月関東・東北豪雨-, 日本気象学会 2016 年度春季大会公開気象講演会, 2016 年 5 月, 東京都
154. 山下克也, 中井専人, 本吉弘岐, 山口悟, 田尻拓也, 折笠成宏, 村上正隆, 雪崩を引き起こしやすい角板結晶の粒径-落下速度関係, 日本気象学会 2016 年度春季大会, 2016 年 5 月, 東京都渋谷区
155. Saito, K., H. Seko, T. Tsuyuki, K. Nakamura, L. Duc, T. Oizumi, K. Ito, T. Kuroda, A. Hashimoto, J. Ito, S. Origuchi, M. Kunii, W. Mashiko, S. Yokot, K. Kobayashi, Y. Yamashiki, K. Tsuboki and G. Chen, Achievements and future subjects of the 'Ultra-high Precision Mesoscale Weather Prediction' in SPIRE Field 3, 日本地球惑星科学連合 2016 年大会, 2016 年 5 月, 千葉市
156. 伊藤純至, 黒坂優, 名越利幸, 気象庁非静力学モデルによる肱川あらしの再現, 日本地球惑星科学連合 2016 年大会, 2016 年 5 月, 千葉県千葉市
157. 加藤輝之, 津口裕茂, 北畠尚子, 平成 27 年 9 月関東・東北豪雨の発生要因と気象庁の対応・予報結果, JpGU meeting 2016, 2016 年 5 月, 千葉県
158. 加藤輝之, 過去の線状降水帯による集中豪雨事例にみられた予測と防災情報の課題, JpGU meeting 2016, 2016 年 5 月, 千葉県
159. 橋本明弘, 鈴木雄治郎, 新堀敏基, 石井憲介, 新燃岳 2011 年噴火にともなう火山灰雲の再現性に関する初期粒径分布の検討, 日本地球惑星科学連合 2016 年大会, 2016 年 5 月, 千葉県千葉市
160. 財前祐二, 田尻拓也, 折笠成宏, つくばで観測された 2 次粒子の成長と吸湿特性 (κ) の変化, 第 33 回エアロゾル科学・技術研究討論会, 2016 年 8 月, 大阪府堺市
161. 田尻拓也, 村上正隆, ダスト粒子の内部凍結核能の定式化に関する実験的研究, 第 33 回エアロゾル科学・技術研究討論会, 2016 年 9 月, 大阪府堺市
162. 橋本明弘, 庭野匡思, 青木輝夫, 山田恭平, 平沢尚彦, JMA-NHM を用いた極域気象予測実験, 雪氷研究大会 (2016・名古屋), 2016 年 9 月, 愛知県名古屋市
163. 橋本明弘, 三隅良平, 折笠成宏, 多次元ビン法微物理モデルを用いたバルク法粒子クラス の検討, 雪氷研究大会 (2016・名古屋), 2016 年 9 月, 愛知県名古屋市
164. 山口悟, 石坂雅昭, 本吉弘岐, 八久保晶弘, 青木輝夫, 橋本明弘, 中井専人, 山下克也, 新雪の比表面積に関する研究, 雪氷研究大会 (2016・名古屋), 2016 年 9 月, 愛知県名古屋市

イ. ポスター発表

・国際的な会議・学会等 : 27 件

1. Ohtake, H., K. Shimose, J. G. S. Fonseca Jr, T. Takashima, T. Oozeki, and Y. Yamada, Validation of surface downward shortwave radiation of the Japan Meteorological Agency meso-scale model for the forecasting the photovoltaic power production, 16th International Conference on Clouds and Precipitation (ICCP 2012), 2012年8月, Germany, ライプツィヒ
2. Ohtake, H., K. Shimose, J. G. S. Fonseca Jr, T. Takashima, T. Oozeki, and Y. Yamada, Regional characteristics of the simulated insolation by the Japan Meteorological Agency meso-scale model for the forecast of the photovoltaic power production, 27th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition (EUPVSEC 2012), 2012年9月, Germany, フランクフルト
3. Ohtake, H., K. Shimose, J. G. S. Fonseca Jr, T. Takashima, T. Oozeki, and Y. Yamada, Regional and seasonal characteristics of shortwave radiation by the Japan Meteorological Agency mesoscale model for the forecast of a photovoltaic power production, American Meteorological Society (AMS) Fourth Conference on Weather, Climate, and the New Energy Economy, 2013年1月, U.S.A., オースティン
4. Ohtake, H., K. Shimose, J. G. S. Fonseca Jr, T. Takashima, T. Oozeki, and Y. Yamada, Mapping of forecast errors of global horizontal irradiance obtained from the Japan Meteorological Agency mesoscale model, 13th EMS annual meetings, 2013年9月, U.K., レディング
5. Kunii, M., Mesoscale data assimilation for a local severe rainfall event with the NHM-LETKF system, Sixth Symposium on Data Assimilation, 2013年10月, アメリカ, メリーランド
6. Kunii, M., Mesoscale data assimilation for a local severe rainfall event with the NHM-LETKF system, RIMS International Conference on Theoretical Aspects of Variability and Predictability in Weather an, 2013年10月, 京都府京都市
7. Kunii, M., Mesoscale data assimilation for a local severe rainfall event with the NHM-LETKF system, 2013 AGU Fall Meeting, 2013年12月, アメリカ, サンフランシスコ
8. Ohtake, H., J. G. S. Fonseca. Jr, T. Takashima, T. Oozeki, and Y. Yamada, The characteristics of forecast errors of the global horizontal irradiance obtained from a local forecast model, 14th Conference on Cloud Physics, 2014年7月, アメリカ, ボストン
9. Kunii, M., J. J. Ruiz, G.-Y. Lien, T. Ushio, S. Satoh, K. Bessho, H. Seko, and T. Miyoshi, 30-second-update ensemble Kalman filter experiments using JMA-NHM at a 100-m resolution, The 3rd International Workshop on Nonhydrostatic Numerical Models., 2014年9月, 兵庫県神戸市
10. Mashiko, W., Super High-Resolution Simulation of the Fine-Scale Tornado Structure, 27th Conference on Severe Local Storms, 2014年11月, アメリカ, マディソン
11. Kunii, M., J. J. Ruiz, G.-Y. Lien, T. Ushio, S. Satoh, K. Bessho, H. Seko, and T. Miyoshi, 30-second-update ensemble Kalman filter experiments using JMA-NHM at a 100-m resolution, The 5th AICS International Symposium, 2014年12月, 兵庫県神戸市
12. Kunii, M., Assimilation of Tropical Cyclone Track and Wind Radius Data with an Ensemble Kalman Filter, 2014 AGU Fall Meeting, 2014年12月, アメリカ, サンフランシスコ
13. Hashimoto, A., Y. Suzuki, T. Shimbori, and K. Ishii, Reconstruction of eruption column model based on the 3d numerical simulation of volcanic plume for 2011 shinmoe-dake

- eruption, アメリカ地球物理学連合 2014 年秋季大会, 2014 年 12 月, アメリカ, サンフランシスコ
14. Seko, H., Data assimilation experiments of refractivity distribution observed by an operational Doppler Radar of JMA, The fourth International Symposium on Data Assimilation, 2015 年 2 月, 兵庫県神戸市
 15. Origuchi, S., K. Aonashi, T. Kawabata, and M. Kunii, An investigation of flow-dependency and a comparison of time-mapping methods using a new NHM-EnVar System, 4th International Symposium on Data Assimilation (ISDA), 2015 年 2 月, 兵庫県神戸市
 16. Yokota, S., S. Origuchi, M. Kunii, and K. Aonashi, An Ensemble-Based Variational Data Assimilation System Using Observation Localization, The fourth International Symposium on Data Assimilation (ISDA), 2015 年 2 月, 兵庫県神戸市
 17. Kunii, M., J. J. Ruiz, G.-Y. Lien, T. Ushio, S. Satoh, K. Bessho, H. Seko, and T. Miyoshi, 30-second-update ensemble Kalman filter experiments using JMA-NHM at a 100-m resolution, 4th International Symposium on Data Assimilation (ISDA), 2015 年 2 月, 兵庫県神戸市
 18. Otsuka, M., M. Kunii, H. Seko, K. Shimoji, M. Hayashi, T. Imai, Assimilation experiments of MTSAT rapid scan data, 4th International Symposium on Data Assimilation, 2015 年 2 月, 兵庫県神戸市
 19. Hayashi, S., C. Marui, and F. Fujibe, Characteristics of lightning 3D distributions and polarimetric parameters in a thunderstorm, 26th General Assembly of the International Union of Geodesy and Geophysics (IUGG2015), 2015 年 6 月, チェコ, プラハ
 20. Seino, N., H. Sugawara, R. Oda, and T. Aoyagi, Observations and numerical simulations for TOMACS urban heavy rainfall cases, 9th International Conference on Urban Climate, 2015 年 7 月, フランス, トゥールーズ
 21. Nagasaki, T., K. Araki, H. Ishimoto, K. Kominami, and O. Tajima, Monitoring system for atmospheric water vapor with a ground-based multi-band radiometer -- an application of radio astronomy technologies into meteorology, 16th International workshop on Low Temperature Detectors, 2015 年 7 月, フランス, グルノーブル
 22. Hahimoto, A., M. Niwano, and T. Aoki, Numerical simulation of a rainfall event in Greenland during 10-13 July 2012 using Non-hydrostatic Regional Model, 2015 AGU Fall Meeting, 2015 年 12 月, アメリカ, サンフランシスコ
 23. Kunii, M., K. Ito, and A. Wada, An ensemble Kalman filter with a high-resolution atmosphere-ocean coupled model for tropical cyclone forecasts, AGU Fall Meeting, 2015 年 12 月, アメリカ, サンフランシスコ
 24. Seko, H, Data Assimilation Experiment of Radio Occultation Refractivity Data by using a Mesoscale LETKF System, 第 3 回 GPS 掩蔽観測に関する国際会議 (International Conference on GPS Radio Occultation), 2016 年 3 月, 台湾, 台北市
 25. Saito, K., Northward Ageostrophic Winds Associated with a Tropical Cyclone., AMS 95th Annual Meeting, 2015 年 1 月, アメリカ, フェニックス
 26. Saito, K., T. Shimbori, and R. Draxler, JMA's Regional ATM Calculations for the WMO Technical Task Team on Meteorological Analyses for Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant Accident., International workshop on dispersion and deposition modeling for nuclear accident releases., 2015 年 3 月, 福島県福島市
 27. Satio, K., R. Misumi, Y. Shoji, T. Nakatani, H. Seko, and N. Seino, The Tokyo metropolitan area convection study for extreme weather resilient cities (TOMACS), International Union of Geodesy and Geophysics 2015, 2015 年 6 月, チェコ, プラハ

・国内の会議・学会等：30件

1. Hashimoto, A., Multi-dimensional bin-microphysics model coupled with JMA-NHM, 日本地球惑星科学連合 2015 年大会, 2015 年 5 月, 千葉県千葉市
2. Araki, K., M. Murakami, T. Kato, T. Tajiri, Vertical structure and diurnal variation of atmospheric environments for convective cloud development around the Central mountains in Japan during warm seasons, JpGU meeting 2016, 2016 年 5 月, 千葉県
3. 瀬古弘, GNSS データによる水蒸気量場推定, 日本気象学会 2014 年度春季大会, 2014 年 5 月, 神奈川県横浜市
4. 山田芳則, 藤吉康志, 大井正行, 2013 年 3 月 2~3 日の北海道東部での暴風雪に関する数値実験, 日本気象学会 2014 年度春季大会, 2014 年 5 月, 神奈川県横浜市
5. 山田芳則, 異なるバルク微物理モデルの違いによる東京及びその周辺の降雪予測の比較, 日本気象学会 2014 年度春季大会, 2014 年 5 月, 神奈川県横浜市
6. 丸井知鶴, 林修吾, 藤部文昭, 西橋政秀, 積乱雲内の雷放電点の三次元分布と偏波パラメータの特徴, 日本気象学会 2014 年度春季大会, 2014 年 5 月, 神奈川県横浜市
7. 横田祥, 國井勝, 瀬古弘, 2012 年 5 月 6 日につくば市に被害をもたらした竜巻に関するアンサンブル実験による相関解析, 日本気象学会 2014 年度春季大会, 2014 年 5 月, 神奈川県横浜市
8. 瀬古弘, 國井勝, 伊藤耕介, 横田翔, 雨や台風, 竜巻の予報精度向上を目指す取り組み, 第12回環境研究シンポジウム, 2014 年 11 月, 東京都千代田区
9. 瀬古弘, 別所康太郎, 三好建正, LETKF を用いた気象衛星ひまわりの高頻度観測データによる海風前線の同化実験, 日本気象学会 2015 年度春季大会, 2015 年 5 月, 茨城県つくば市
10. 大泉伝, 黒田徹, 斉藤和雄, スーパーコンピュータ「京」と NHM を用いた 2014 年 8 月の広島の高解像度予報実験, 日本気象学会 2015 年度春季大会, 2015 年 5 月, 茨城県つくば市
11. 橋本明弘, 林修吾, 加藤輝之, 雹害報告数と数値モデルによる固体降水予想値の比較, 日本気象学会 2015 年度春季大会, 2015 年 5 月, 茨城県つくば市
12. 瀬古弘, LETKF を用いた GNSS 掩蔽データの同化法の開発, 日本気象学会 2015 年度春季大会, 2015 年 5 月, 茨城県つくば市
13. 橋本明弘, 鈴木雄治郎, 新堀敏基, 石井憲介, 新燃岳 2011 年噴火事例における火山灰供給モデルの検討, 日本火山学会 2015 年度秋季大会, 2015 年 9 月
14. 大井川正憲, 津田敏隆, 瀬古弘, 小司禎教, 佐藤一敏, Eugenio Realini, LETKF を用いた GNSS 可降水量データの同化実験, 日本気象学会 2015 年度秋季大会, 2015 年 10 月, 京都府京都市
15. 横田祥, 瀬古弘, 國井勝, 山内洋, 佐藤英一, 対流性降水のアンサンブル同化による場の修正—2012 年 5 月 6 日と 2013 年 9 月 2 日の竜巻事例について—, 日本気象学会 2015 年度秋季大会, 2015 年 10 月, 京都府京都市
16. 折笠成宏, 村上正隆, 田尻拓也, 斎藤篤思, 池田明弘, 伊東克郎, 水野克彦, 松尾崇宏, AgI 粒子の氷晶核能を中心とした性能試験, 日本気象学会 2015 年度秋季大会, 2015 年 10 月, 京都府京都市
17. 大泉伝, 斉藤和雄, 伊藤純至, 異なる地形を用いた超高解像度数値実験, 日本気象学会 2015 年秋季大会, 2015 年 10 月, 京都府京都市
18. 大塚道子, 國井勝, 瀬古弘, 下地和希, 気象衛星ひまわり高頻度大気追跡風のデータ同化実験, 日本気象学会 2015 年度秋季大会, 2015 年 10 月, 京都府京都市
19. 林修吾, 吉田智, 楠研一, 2014 年 6 月 24 日に調布・三鷹に激しい降雹・落雷をもたらした積乱雲の発生発達とその構造, 日本気象学会 2015 年度秋季大会, 2015 年 10 月, 京都府京都市

20. 瀬古弘, 隅田康彦, 急発達する積乱雲に関するするビン法雲微物理モデルを用いた数値実験, 日本気象学会 2015 年度秋季大会, 2015 年 10 月, 京都府京都市
21. 瀬古弘, 吉原貴之, 瀬之口敦, 航空機からの SSR モード S ダウンリンクデータの同化実験(その 1), 日本気象学会 2015 年度秋季大会, 2015 年 10 月, 京都府京都市
22. 瀬古弘, 大塚道子, 國井勝, 岡本幸三, 別所康太郎, 鈴江寛史, 奥山新, 下地和希, 新世代の気象衛星ひまわり 8 号と高頻度観測データを用いた同化実験, 第 13 回環境研究シンポジウム, 2015 年 11 月, 東京都
23. 竹内義明, 沢田雅洋, 吉村裕正, 和田章義, 中野満寿男, 那須野智江, 大西領, 湊上弘光, 佐々木亘, 川原慎太郎, 山口宗彦, 入口武史, 杉正人, 川合秀明, 新藤永樹, 複数の次世代非静力学全球モデルを用いた高解像度台風予測実験, 平成 27 年度地球シミュレータ利用報告会, 2016 年 3 月, 東京都港区
24. 山田芳則, 牛尾知雄, 藤吉康志, Ku バンドレーダーによる降雪雲の観測, 日本気象学会 2016 年度春季大会, 2016 年 5 月, 東京都渋谷区
25. 伊藤純至, 大泉伝, 新野宏, 台風全域ラージ・エディ・シミュレーションで再現された壁雲内の組織構造, 日本気象学会 2016 年度春季大会, 2016 年 5 月, 東京都渋谷区
26. 宇野史睦, 大竹秀明, 大関崇, 山田芳則, 複数予報機関のアンサンブル予報を利用した予測大外しの予見, 学振 175 委員会 第 13 回「次世代の太陽光発電システム」シンポジウム, 2016 年 5 月, 新潟県長岡市
27. 大竹秀明, 宇野史睦, 山田芳則, 植田譲, 山口順之, 井村順一, 次世代の電力エネルギーマネジメントにおける気象予測・観測の応用利用, 学振 175 委員会 第 13 回「次世代の太陽光発電システム」シンポジウム, 2016 年 5 月, 新潟県長岡市
28. 山田芳則, 氷相 two-moment バルク微物理モデルの開発, 日本気象学会 2016 年度春季大会, 2016 年 5 月, 東京都渋谷区
29. 益子渉, 超高解像度数値シミュレーションによる竜巻の詳細構造の解析(第 3 報), 日本気象学会 2016 年度春季大会, 2016 年 5 月, 東京都渋谷区
30. 山田芳則, 石狩平野における大雪発生時の降雪雲や気流の特徴, 日本気象学会 2016 年度秋季大会, 2016 年 10 月, 愛知県名古屋市

報道・記事

- ・長崎の大雨は積乱雲の連続発生が原因か, NHK ニュース, 2014 年 7 月 3 日.
- ・(沖縄の) 豪雨、台風の遠くでも, 読売新聞, 2014 年 7 月 10 日.
- ・ゲリラ豪雨、狭い地域を突然襲う, (共同通信社) 北國新聞など, 2014 年 7 月 16 日~8 月 3 日.
- ・落雷・竜巻・ゲリラ豪雨から身を守れ! 気象学者たちが語る 本当にヤバい「夏の天気」 月刊ニコニコ学会β 06 カドカワ・ミニッツブック [Kindle 版], 2014 年 7 月 17 日.
- ・平成 26 年台風第 8 号にともなう沖縄本島での大雨の発生要因 ~冷気プールによる降雨域の停滞と断熱冷却による不安定の強化~, 2014 年 7 月 25 日.
- ・東京で大量のひょうが降ったわけ, 科学雑誌 Newton 9 月号, 2014 年 7 月 26 日.
- ・(広島大雨) 湿った空気流れ込み雨雲発達か, NHK ニュース, 2014 年 8 月 20 日.
- ・広島豪雨、バックビルディング現象か、積乱雲が次々発生, 毎日新聞, 2014 年 8 月 21 日.
- ・(広島大雨) 梅雨の集中豪雨に似る、積乱雲前線南で発達しやすく, 日本経済新聞, 2014 年 8 月 21 日.
- ・積乱雲、ビル状に連なり豪雨か・・・広島土砂災害, 読売新聞, 2014 年 8 月 21 日.
- ・NHK スペシャル、「緊急報告 広島 同時多発土砂災害」NHK 総合, 2014 年 8 月 22 日.
- ・ワールドビジネスサテライト 「特集ゲリラ豪雨を予測せよ」テレビ東京 2014 年 8 月 29 日
- ・NHK スペシャル、巨大災害 第 1 集「異常気象 “暴走” する大気と海の大循環」, NHK 総合, 2014 年 8 月 30 日.
- ・広島土砂災害、積乱雲 4 時間で 25 個、大規模群、長さ 100 キロ, 毎日新聞, 2014 年 8 月 31 日.
- ・NHK スペシャル「地球大変動の衝撃 第 2 集 スーパー台風 “海の異変” の最悪シナリオ」2014 年 8

月 31 日放送

- ・(広島大雨) 記録的大雨、なぜ降った、しんぶん赤旗, 2014 年 9 月 1 日.
- ・NHK 名古屋放送局「東海北陸スペシャル 豪雨・台風からどう身を守るか」2014 年 9 月 5 日放送.
- ・雲のニュータイプ出現! エアロゾルが気候変動を支配する NHK サイエンス ZERO 2014 年 9 月 7 日
- ・平成 26 年 8 月 20 日の広島市での大雨の発生要因～線状降水帯の停滞と豊後水道での水蒸気の蓄積～, 2014 年 9 月 9 日.
- ・広島土砂災害、重なった自然要因、中国新聞, 2014 年 9 月 10 日.
- ・(北海道の) 大雨は「バックビルディング形成」か, NHK ニュース, 2014 年 9 月 11 日.
- ・NHK 学ぼう BOSAI, 集中豪雨から身を守ろう, NHK for school, 2014 年 9 月 11 日.
- ・広島の大雨の発生要因について, 広島ホームテレビ, 2014 年 9 月 12 日.
- ・(北海道大雨) 原因はバックビルディング, 毎日新聞北海道版, 2014 年 9 月 13 日.
- ・広島の大雨の発生要因について, 中国放送, 2014 年 9 月 15 日.
- ・産経新聞「期待高まるひまわり 8 号」 2014 年 9 月 29 日朝刊
- ・WIRED 「集中豪雨や竜巻の予報に挑む」 Vol. 13 2014 年 10 月 1 日発行
- ・琉球放送: RBC ザ・ニュース「琉大研究グループが開発 台風の強度予測より正確に」2014 年 10 月 2 日放送
- ・琉球朝日放送: ニュース Q プラス「台風の中心気圧・最大風速 より正確な計算システム開発」2014 年 10 月 2 日放送
- ・NHK 沖縄放送局: ニュース 845 2014 年 10 月 2 日放送
- ・NHK 沖縄放送局: おきなわ HOTeye 2014 年 10 月 2 日放送
- ・FM 沖縄: Fine! 2014 年 10 月 3 日放送
- ・沖縄タイムス: 「台風予測の精度アップ」 2014 年 10 月 3 日朝刊
- ・琉球新報: 「台風強度 精密に予測 伊藤琉大助教ら計算モデルを開発」 2014 年 10 月 4 日朝刊
- ・12 年つくばの巨大竜巻「黒潮が強く影響」, 朝日新聞茨城県版, 2014 年 10 月 22 日.
- ・つくば市の竜巻、黒潮に起因、水蒸気運び巨大積乱雲に、共同通信社, 2014 年 10 月 28 日.
- ・NHK スペシャル、巨大災害 地球大変動の衝撃「日本に迫る脅威 激化する豪雨」, NHK 総合, 2014 年 11 月 15 日.
- ・NHK BS1「地球大変動の衝撃 第 2 集 スーパー台風 “海の異変”の最悪シナリオ (特別編)」2014 年 11 月 19 日放送
- ・朝日新聞: 科学の扉「進化する数値予報」2015 年 12 月 27 日掲載
- ・螢雪時代: 2015 年 1 月号
- ・水蒸気 レーザーで観測, 中国新聞, 2015 年 3 月 24 日
- ・サザエさんをさがして「人工降雨実験」, 朝日新聞 be, 2015 年 5 月 9 日.
- ・ウェザーニュースタッチ「天気をつくる人工降雨」, 月刊 SORA, SORA FRONT LINE, 2015 年 5 月.
- ・TBS テレビニュース番組「N スタ」6 月 15 日の伊勢崎市で発生した突風について, 2015 年 6 月 16 日放送.
- ・テレビ新広島「みんなのテレビ (特番)」昨年的大雨を振り返る, 2015 年 8 月 20 日放送.
- ・NHK スペシャル「地球大変動の衝撃 Mega Disaster II 大避難」2015 年 9 月 6 日放送(データ・解析)
- ・日本の夏が変わった? 常識外の豪雨、増える可能性, 日本経済新聞, 2015 年 9 月 11 日.
- ・【栃木、茨城大雨】湿った空気が次々積乱雲に 雨口らせ続けた「線状降水帯」, 産経ニュース, 2015 年 9 月 11 日.
- ・東日本豪雨: 3 人死亡 26 人亡 宮城でも堤防決壊, 毎日新聞, 2015 年 9 月 11 日.
- ・週末、再び降雨も 河川氾濫の危険は残る, 日本経済新聞, 2015 年 9 月 11 日.
- ・平成 27 年 9 月関東・東北豪雨の発生要因～2 つの台風からの継続的な暖湿流の流入と多数の線状降水帯の発生～, 2015 年 9 月 18 日.
- ・五大湖周辺で記録的大雪が降ったのはなぜか?—日本海側の豪雪との関係—, 世界気象カレンダー 2016 年版, 日宣テクノ・コムズ株式会社, 2015 年 10 月 1 日.
- ・集中豪雨 大量の積乱雲が連なる線状降水帯が一因, 日本経済新聞, 2015 年 10 月 6 日.

- ・琉球新報：琉大に専門家2氏～台風研究拠点化に期待～ 2015年10月10日掲載
- ・水没する三大都市圏 鬼怒川決壊は人災に非ず, Wedge 1月号, 2015年12月20日.
- ・京算百景「京」による集中豪雨予測研究で防災・減災の未来を拓く」Vol.12, 2-5.
- ・ラジオ大阪「防災～守れる命～」2015年10月31日放送.
- ・関東・東北豪雨1000キロ離れた台風一因、湿った空気が1日半かけ流れ込む 気象研究所分析, 毎日新聞, 2016年4月21日.
- ・鬼怒川豪雨を解説 気象研・研究官が分析 つくば, 茨城新聞, 2016年4月21日.
- ・これからの防災・減災情報, ウェザーニューズ・SOLiVE24, 2016年4月21日.
- ・梅雨本番注意喚起, 日刊工業新聞, 2016年6月21日.
- ・TBSテレビニュース23 6月20日の九州での大雨の発生要因について、2016年6月21日放送.
- ・日本テレビ「真相報道バンキシャ!」、2016年6月26日放送.
- ・天気と楽しく上手に付き合おう, マミークラン2015年7月号, 2015年7月1日.
- ・雲とともに生きる, 日本の学童ほいく2016年8月号, 2016年7月15日.
- ・ゲリラ豪雨, ウェザーニューズ・SOLiVE24, 2016年7月21日.
- ・夏の雲のしくみ, ウェザーニューズ・SOLiVE24, 2016年8月6日.
- ・ゲリラ豪雨について, フジテレビ「めざましテレビ」, 2016年8月26日
- ・温暖化 台風のリスク増, 朝日新聞, 2016年8月29日.
- ・NHKスペシャル「MEGA CRISIS 巨大危機～脅威と闘う者たち～ 第1集 加速する異常気象との闘い」2016年9月4日放送.

A3 台風の進路予報・強度解析の精度向上に資する研究

研究年次：3年目／5年計画（平成26年度～平成30年度）

研究代表者：竹内義明¹⁾、高野 功²⁾（台風研究部 部長）

課題構成及び研究担当者：

副課題名1 全球及び領域解析・予報システムを用いた台風進路予報の精度向上に関する研究

青梨和正、岡本幸三³⁾、和田章義²⁾、石橋俊之、山口宗彦、小田真祐子（台風研究部）、吉村裕正、國井 勝（予報研究部）新藤永樹（気候研究部）石元裕史、上清直隆⁴⁾（気象衛星・観測システム研究部）、雁津克彦²⁾（気象庁予報部）、松枝未遠¹⁾、山岬正紀⁵⁾、金田幸恵⁶⁾（客員）

副課題名2 台風の強度推定と急発達・構造変化過程の解明及び予測可能性に関する研究

北嶋尚子⁵⁾、岡本幸三⁵⁾、和田章義、小山 亮、沢田雅洋²⁾、嶋田宇大、櫻木智明¹⁾（台風研究部）、川畑拓矢、國井 勝（予報研究部）、大和田浩美^{2) 7)}（気象庁予報部）

研究の目的

台風進路予報の改善と台風強度の実況推定及びその予報可能性に焦点を当てた研究を行い、気象庁が実施する台風解析・予報業務の改善に資する。

研究の目標

（課題全体の目標）

台風進路予報の精度向上のため、全球及び領域解析・予報システムの構築・改良を行い、予測精度に影響を与える要因を分析する。また、台風強度解析の精度向上のため、衛星等リモートセンシングデータを用いた強度推定手法を改良する他、特に急発達・構造変化過程を解明し、強度予報の予測可能性に関する知見を得る。

（副課題ごとの目標）

副課題1の目標

全球解析・予報システムと領域解析・予報システムを用いて、台風進路予報の精度向上に資する研究を行う。

- 1-a) 雲降水域での衛星データ、特に、ひまわり8号のデータを全球大気データ同化システムへ導入する。初期場の改善により台風進路予報の改善を図る。次世代につながる新しいデータ同化手法の開発に着手する。
- 1-b) 気候モデルで効果のあった積雲対流スキームを全球モデルに導入する。その他の物理過程についても、気候モデルで効果のあったスキームを導入する。それらにより、台風進路予報の改善を図る。
- 1-c) 台風進路予報のため、領域非静力データ同化システムを開発する。雲降水域の衛星リモセンデータを領域非静力データ同化システムへ導入する手法を開発する。初期場の改善より台風進路予報の改善を図る。
- 1-d) 台風進路予報誤差が大きかった事例等について、TIGGE データや特別観測プロジェクト等のデータを用い、誤差要因とその改善方策に関する知見を得る。

副課題2の目標

台風の強度・構造変化の予報の改善に必要な、台風強度推定の精度向上、急発達・構造変化過程の解明、及び台風強度等の予測可能性に関する研究を行う。

- 2-a) 台風強度推定手法の改善：衛星観測データによる既存の台風強度推定法の検証に現業ドップラーレーダーデータを活用すると共に、検証結果を元に推定手法を改良し、その精度向上を図る。

¹⁾ 平成26年度のみ、²⁾ 平成27年度から、³⁾ 平成26-27年度は気象衛星・観測システム研究部所属、⁴⁾ 平成26-27年度は台風研究部所属、⁵⁾ 平成27年度まで、⁶⁾ 平成28年度から、⁷⁾ 平成27年度は台風研究部所属

2-b) プロセス解明・予測可能性の検討：台風の急発達・構造変化過程について、観測データ解析及び数値シミュレーションを用いてプロセスを解明するとともに、モデルパラメータ設定

や物理過程の影響を調べることにより、強度予報の精度向上に資する知見を得る。

2-c) 顕著事例解析：日本に大きな影響を与えた台風事例について、観測データ解析・数値シミュレーションにより強雨・強風構造のメカニズム解明を行う。

研究の現状

(1) 進捗状況

副課題 1

- ① 全球大気データ同化システムの診断のため、観測データのインパクト評価ツール(FSO)を開発し、本庁数値予報課へ移植した。誤差共分散行列の診断を行い、その結果得られた観測誤差相関を考慮する方法を開発した。
- ② 気象庁の全球モデルを気象研究所に移植し、研究所で開発した積雲対流スキームなどの物理過程スキームを組み込んだ。台風を対象に性能評価を行い、台風進路予測等について良好な結果を得た。
- ③ アンサンブルを用いた変分法的同化法用のプログラムを開発し、予報解析サイクルを構築した。このシステムでマイクロ波放射計データを同化したところ、台風進路や降水分布の予想に改善が見られた。
- ④ 海外の気象センターの予測結果を含む複数の予測結果を用いて作成する決定論的台風進路予測（コンセンサス予測）の現業利用での有効性を示した。衛星画像の解析から得られる強度指数と全球アンサンブル予報を組み合わせ、2日先の台風発生予報を実現する研究に取り組んでいる。

副課題 2

- ① 強度推定手法の改善については、マイクロ波探査計や放射計を用いた手法を開発し、雲パターンに基づく推定と組み合わせた最適推定法の精度検証・本庁導入を行った。
- ② 現業ドップラーレーダーデータを利用した台風強度推定システムを開発し、本庁に導入した。またドップラーレーダーデータを利用して、2015年台風第15号の急発達に伴う構造変化を明らかにした。この解析結果の一部は報道発表を行った。
- ③ プロセス解明・予測可能性調査については、上記衛星・ドップラーレーダーデータや、数値予報モデルを用いて進めており、台風の強度・構造変化プロセスに関する知見が得られた。
- ④ 強度予報ガイダンスを開発して本庁に導入し、検証・改良を行っている。

(2) これまで得られた成果の概要

副課題 1

1-a) 全球大気データ同化システム開発

- ① 赤外ハイパーサウンダ AIRS の輝度温度データを用い、完全晴天域、及び下層雲より上の晴天域を対象とした温度・水蒸気の1次元変分法(1DVAR)計算を幾つかの観測事例について実施した。1DVARで得られた飽和湿度領域の高度がCloudSAT/CALIPSOデータによる近傍の氷雲高度によく対応していることが確認でき、1DVARによる温度・水蒸気推定が有効であることを示した。
- ② 気象衛星センターがEUMETSATと共同で開発した雲解析アルゴリズム(OCA)を気象研で実行する計算環境を整備した。8月の台風事例におけるひまわり8号実データと全球客観解析値を用いたOCA試験計算を実施して、台風域の雲の光学的厚さ・雲頂・雲粒子の粒径を推定し、その時間変化を調べた。またひまわり8号水蒸気チャンネルを用いた水蒸気推定の評価実験を行うため、水蒸気チャンネルのヤコビアン計算をOCAプログラムに組み込んだ。
- ③ 全球同化実験システムを使って、赤外ハイパーサウンダ AIRS データの予報誤差感度の観測誤差依存性や他観測データとの関連性について調査を行った。1か月の実験の結果、統計的に予報誤差を改善する観測誤差依存性や他データとの関連性の特定には至らなかった。全球モデルの更新に対応して環境整備を開始した。
- ④ ひまわり8/9チャンネルに対応した放射計算コードとして、衛星センター開発中の雲解析アルゴ

- リズム (OCA) の利用を検討した。OCA コードのプロトタイプを気象研に移植し、ひまわり水蒸気チャンネル (6.2, 6.9, 7.3 μm)、及び水蒸気に弱い感度のある窓チャンネル (8.6 μm) を用いた水蒸気 1DVAR コードの開発を開始した。
- ⑤ アンサンブルを用いた 4 次元変分法 (4DVAR) を、気象庁現業システム (MRI-NAPEX) をベースに構築した。従来の 4DVAR と比較しながら、モード数とコストの収束の関係、背景誤差構造等の解析を行った。理論面では、統一的な定式化、非一様局所化手法、弱拘束との関係を明らかにした。気象庁全球週間アンサンブル予報モデルの摂動を用いて MRI-NAPEX で予報を実行し、その誤差相関構造を調査した。その結果、変数や高度によって水平、鉛直、時間相関のスケールが異なることが分かった。
 - ⑥ アンサンブルを用いた 4 次元変分法 (4DVAR) 導入のため、基軸システムである気象庁現業システム (MRI-NAPEX) を気象研究所の新計算機上に構築した。現業高解像度版に加え、効率的な研究実施のため水平低解像度システムを構築した。MRI-NAPEX 移植に際して問題になった Fortran プログラムの計算機環境依存等は数値予報課と情報共有した。次に、MRI-NAPEX をベースに構築したシステムを気象研究所の新計算機に移植した。水平解像度をこれまでの 55km から 20km に高解像度化した。局所化関数のモード数は高解像度化に対して敏感ではないことが分かった。
 - ⑦ アンサンブルカルマン smoother を、気象庁現業システム (MRI-NAPEX) をベースに構築している。アンサンブル生成のための計算量は、アンサンブルを用いた 4DVAR よりアンサンブルカルマン smootherの方が小さいことを確認した。MRI-NAPEX をベースに構築したシステムを気象研究所の新計算機に移植した。水平解像度をこれまでの 55km から 20km に高解像度化した。
 - ⑧ アンサンブル生成のためのデータ同化と決定論的なデータ同化をともに変分法同化で統一的に行う同化システムを開発した。一か月間の解析、予報サイクル実験を MRI-NAPEX 上で実施し、従来の 4DVAR に比べ、解析、予報精度が向上するという結果を得た。統一により開発や運用資源を一つのシステムに集中できることは、現業システムを考える場合にも大きな利点である。
 - ⑨ 観測データのインパクト評価のため、最新の気象庁現業システムにインパクト評価スキーム (Forecast Sensitivity to Observations: FSO) を移植し評価を行った。2010 年以降の 5 世代の同化システムについての FSO を比較し、GPS 掩蔽観測、赤外干渉計データが重要な観測となっていることを示した。また、観測システムシミュレーション実験 (OSSE) として、3 種類の OSSE 手法を構築し、既存、仮想 (将来) 観測の解析、予報精度への影響を評価した。輝度温度やラジオゾンデのインパクトは、定性的には 3 つの手法で良く一致した評価結果が得られるが、定量的には観測誤差等のパラメータの調整やアンサンブルスプレッドの過小性の考慮が必要であることが分かった。
 - ⑩ FSO を気象研究所の新計算機に移植した。水平解像度をこれまでの 55km から 20km に高解像度化した。高解像度化したシステムで、2014 年 8 月と夏と 2015 年 1 月の一か月ずつの評価を行い、評価ノルムへの依存性 (乾燥及び湿潤トータルエネルギー)、観測領域、観測時刻依存性などを明らかにした。評価結果については、数値予報課データグループ会合、予報部観測部との懇談会、推本データ利活用 G、施設等機関報告会等で共有した。ECMWF との比較等から、気象庁システムでは水蒸気に感度をもった輝度温度データの利用等に、改善の余地があることが改めて示された。
 - ⑪ 上記インパクト評価で明らかになった問題点の改善のため、誤差共分散行列の診断を行い、観測誤差相関の水平及びチャンネル間相関距離を計算した。チャンネル相関については、気温に感度を持つ輝度温度観測については、概ね無相関の仮定が成り立っているが、水蒸気に感度をもつ観測については、成り立っていないことがわかった。また、水平相関については、50km 程度で無相関とみなせるという結果が得られた。これを受けて間引き距離を現行の 250km から変更した解析予報サイクル実験を複数の設定で行い、現行密度の 4 倍程度のデータ利用までは概ね解析、予報精度が向上する結果が得られた。
 - ⑫ 同化システムの中で観測誤差相関を考慮する方法として、観測誤差共分散行列の非対角項を顕に導入する方法と、特殊なアンサンブルを使うことで相関を考慮する方法を検討した。後者については解析予報サイクル実験を行い、良好な精度が得られることがわかった。
 - ⑬ 数値予報システムの精度評価において、評価結果が仮定した真値 (観測データや解析場) に依存することが従来から広く問題となっている。これについて、対初期値検証が誤った結果に帰する条件の考察と、ラジオゾンデだけでなくすべての直接観測データを用いた検証ツールや ERA-INTERIM を用いた検証ツールの開発を行った。

- ⑭観測システムシミュレーション実験(OSSE)のための同化システムを気象研究所の新計算機に移植した。
- ⑮衛星搭載風ライダーの OSSE の実施に向けて、簡易な品質管理処理を開発し現業同化システムに組み込み、同化実験を行った。同化実験結果の検証やデータ品質調査により、ライダーシミュレーションデータの問題などが明らかになってきた。
- ⑯アンサンブルデータ同化、及び予測における信頼度を評価するために、観測に対するアンサンブル平均の平均二乗誤差の寄与を、バイアス、アンサンブルスプレッド、観測誤差、残差の影響に分割した。データ同化のように予測時間が短い期間で信頼度を評価する場合、観測誤差の情報を適切に取り込むこと、また信頼度を改善するためにはモデルに起因する誤差成長を考慮することが重要であると分かった。

1-b) 全球モデル物理過程改良

- ①Yoshimura et al. (2015)の対流スキームと Tiedtke 雲スキームを使用した NAPEX 実験を行い、台風進路予測について現行モデルと比較して良好な結果が得られた。気温バイアスは改善と改善の両方が見られ、熱帯域の下層の低温バイアスは改善された。
地球シミュレータにおける 7km 解像度台風予測実験で、場合により発現する台風の過発達、雲スキームでの降水蒸発の上限値を廃止することにより軽減されることを確認した。(一部の成果は、JAMSTEC「地球シミュレータ特別推進課題 複数の次世代非静力学全球モデルを用いた高解像度台風予測実験」関連)
- ②気象研究所地球システムモデルの境界層過程に、乱流エネルギー予報式とアップドラフトモデルのオプション、及び地表面過程に 2 種類のオプションを開発・導入し、長年の問題であった地表面付近の湿潤バイアス、900hPa 付近の乾燥バイアスが低減することを確認した。(一部の成果は、重点課題 C1-1 関連)

1-c) 領域大気データ同化システム開発

- ①アンサンブルの各メンバーの解析値を計算するプログラムを開発し、アンサンブルを用いた変分法的同化法の予報解析サイクルを構築した。台風 0404 号事例等について、本同化法によるマイクロ波放射計データの OSSE を行なった。その結果、本同化法によって、台風 0404 号周辺の降水予報が 6 時間以上向上することが分かった。
- ②アンサンブルに基づく変分法的同化法プログラムに、全球週間アンサンブル予報の摂動を取り入れる改良を行なった。また、2014 年台風第 11 号事例等について、本同化法による TRMM 及び GPM マイクロ波放射計輝度温度データの同化実験を行なった。その結果、台風周辺の降水や海上風速予報に対して 24 時間以上のインパクトがあることが分かった。(一部の成果は、A1-2 と「文部科学省：HPCI(次世代スーパーコンピュータ)戦略プログラム(分野3)防災・減災に資する地球変動予測 超高精度メソスケール気象予測の実証」関連)
- ③気象庁非静力モデルに基づく局所アンサンブル変換カルマンフィルター(NHM-LETKF)に、台風の中心気圧、位置データを直接同化する手法を組み込んだ。台風の中心気圧を地上気圧観測データとみなして同化する従来手法に比べ、データ同化によるインバランスが軽減された。さらに、台風の強風半径情報を同化する手法を新規に開発し、2011 年台風第 12 号の事例に応用し、進路予報に正のインパクトがあることを確認した。
- ④NHM-LETKF に 1 次元海洋モデルを組み込み、2014 年台風第 11 号について事例解析を実施した。海洋混合層スキームのパラメータを調整することにより、海面水温予報値のバイアスが軽減し、海面水温予報値を次の解析に使用することが可能となった。このように海面水温予報値を引き継ぐことにより、台風強度変化がベストトラックと整合するようになった。また NHM-LETKF に海洋層モデル・波浪モデルを組み込み、2008 年台風第 13 号について事例解析を実施した。波浪結合の効果は台風強度変化に現れたのに対し、海洋結合が台風強度解析に与える効果は、海面水温初期値を引き継がない場合は小さく、海面水温予報値を引き継ぐことにより、強度を弱めるように作用することがわかった。さらに LETKF 部にて海面水温を制御化するように変更し、AMSRE の GDS2.0 L2P プロダクト(バージョン v7a)を用いて、海面水温制御化が台風解析に与える効果について調査した。海面水温を制御下することにより、海面水温解析場は台風による海

面水温低下域を良好にとらえ、また解析された台風中心気圧変化は、気象庁ベストトラックにより近づいた。

- ⑤マイクロ波放射計データから、非降水を仮定し、海上風速、海面温度、可降水量、凝結水量、及び降水域の推定プログラムを開発した。また、このプログラムを応用して、マイクロ波放射計データから、雲降水の有無を判定するアルゴリズムの開発を始めた。
- ⑥マイクロ波放射計データの前方計算値の精度を上げるため、TRMM の観測データと、GANAL の地表面気温、可降水量、海上風速などの統計的な比較を行なった。その結果、陸上の輝度温度の計算値に地表面気温に依存したバイアスがあること、海上の輝度温度の計算値に可降水量に依存したバイアスがあることが分かった。
- ⑦アンサンブルを用いた変分法的同化システムにおいて、衛星シミュレータ (Joint-simulator) を実行できるよう改良した。これにより、衛星搭載降水レーダーの同化が可能となった。JMA-NHM と Joint-Simulator を用いて計算した反射因子と、衛星搭載レーダーGMP-Core/DPR の観測データを比較したところ、JMA-NHM は大粒子の氷を過剰に生成し、氷散乱による反射因子が過度に強くなっていることが分かった。
- ⑧アンサンブル変分法同化システムに、反射因子データを品質管理する処理を導入した。2014 年台風第 11 号に対して、DPR 反射因子データとマイクロ波放射計 GMI 輝度温度を直接同化したところ、輝度温度データは水蒸気場などを広域で修正する一方で、輝度温度データは台風中心付近の降水場を詳細に修正すること、それぞれ個別に同化するよりも両者を同化した場合に最も進路予報誤差が減少することが分かった。

1-d) TIGGE データ等を用いた予測可能性研究

- ①海外の気象センターの予測結果を含む複数の予測結果を用いて作成する決定論的台風進路予測 (コンセンサス予測) の現業利用での有効性を示した。研究成果を受け、2015 年の台風シーズンから気象庁の現業予報においてコンセンサス予報が積極的に使用されるようになり、結果として、1 日先から 5 日先までのすべての発表予報がこれまでで最も高い精度となった。
- ②現業の全球中期アンサンブル (TIGGE) による熱帯低気圧の発生とその後の進路予報 (併せて活動予報と呼ぶ) の利用可能性、及びマルチセンターグランドアンサンブル予報の有効性を調査した。結果、2 週目の予報においても気候学的予報に対してアンサンブル予報が有効であること、及びマルチセンターグランドアンサンブル予報は最も精度の良かった単独のアンサンブル予報よりも精度が良いことが分かった。一方、予報精度はアンサンブル予報結果から熱帯低気圧を定義する際の風速の強さに敏感であること、また気象庁のアンサンブル予報では、予報後半予報頻度が減少するというバイアスが顕著であることが分かった。研究成果を受け、2016 年度より台風活動予報プロダクトの台風委員会メンバー国への提供を開始した。
- ③早期ドボラック解析と現業の全球中期アンサンブル (TIGGE) を用いた 2 日先の台風発生予測の利用可能性を調査した。早期ドボラック解析で T 数=1 と解析された熱帯擾乱は、2 日以内におよそ 56% の確率で台風となるが、全球アンサンブルがその熱帯擾乱を予測してれば発生確率は約 80% になるなど、早期ドボラック解析に加えて現業の全球中期アンサンブル (TIGGE) を用いることで的中率を高められることが分かった。
- ④気象庁の台風進路予報誤差が他の数値予報センター (たとえば、ECMWF や NCEP) と比べて極端に大きかった、2013 年の台風第 3 号に着目し、初期値・モデル代替実験を行った。初期値には、気象庁、ECMWF、ALERA、モデルには、気象庁 GSM、NICAM、ALERA を用いた。結果、どのモデルを用いても、気象庁の初期値から予報を行った場合、実際の進路よりも西寄りの予測となり、ECMWF の初期値を用いると予報誤差が緩和されることが分かった。
- ⑤Yamaguchi, et al. (2012) では、気象庁全球モデルと ECMWF の初期値を用いた台風進路予測実験を行った。これに倣って、中国気象局の全球モデル (GRAPES) を用いて初期値代替実験を行った。台風周辺の高度場と風の場合だけを ECMWF の初期値に変えるだけでも進路予測が大幅に改善することが分かった。
- ⑥海外の気象機関を含め、台風進路予測において北上バイアスが顕著であった 2014 年 7 月 31 日 00UTC 初期値の台風第 11 号に注目し、TIGGE データを用いて台風の環境場や台風自体の構造に関して解析を行った。台風第 11 号は、鉛直シアが比較的大きい環境場にありながら急発達をして

いた。アンサンブル内で北上バイアスが特に顕著だったメンバーは、暖気核構造が弱く、背の低い鉛直構造の特性を持っていた。鉛直シア下で急発達する台風は、数値モデルの中で鉛直シアに対抗して背の高い台風構造をモデルが表現できない場合、より下層の指向流の影響を受け誤差の大きい進路予報となる可能性があることが分かった。

副課題 2

2-a) 強度推定手法の改善

- ① TMI 輝度温度データによる台風強度推定法の応用として、SSMIS 輝度温度データによる台風強度推定法を開発した。741 個のパラメータを主成分分析してそのスコアを説明変数、ベストトラック最大風速を被説明変数とする回帰式を作成することにより、独立資料で 6.3m/s 程度の推定精度が得られた。
- ② 気象庁ベストトラックデータを用いて、台風急発達の出現に関する統計調査を行い、出現特性に季節依存性があることが分かった。また、TMI 輝度温度データを用いた台風強度推定法で利用したクラスター分析の結果を用いて、各パターンについての急発達出現の特徴を調べ、急発達が発現する可能性のあるパターンと発現しないパターンがあることが分かった。
- ③ 台風強度推定・予測の検証資料となる気象庁ベストトラックデータへの影響が大きい気象庁のドボラック解析について調査を行った。1980 年代の航空機観測と再解析 CI 数の比較から、現在使用されている CI 数と台風中心気圧の関係式は妥当であることが示された。ただし近年のベストトラックデータにおいても解析はその関係式に忠実に実行されており、結果的に特に強い台風の解析が行われにくくなっている可能性も指摘された。
- ④ TMI データを用いた台風強度推定法で使用した輝度温度パターン分類を用いて、沖縄近海の台風の構造の調査を行った。この海域では眼の小さい典型的な構造の台風は 9 月を除いて少なく、全期間を通して比較的眼の大きな台風が多いこと、また 8 月には活発な対流域が進行方向の後方にのみ偏った事例が多いことがわかった。それらの構造変化にはアジア大陸の影響を受けた環境場の差異が寄与していることが明らかになり、またこの構造変化によりこの海域の台風の強度が弱まる傾向があることが示唆された。
- ⑤ AMSU よりも空間解像度が高い ATMS を用いた台風中心気圧推定手法の開発を行い、2012～2014 年の台風事例を用いてプロトタイプを作成した。独立事例（2015 年台風第 1 号～25 号）に対する評価を行った結果、AMSU 推定よりも対ベストトラック RMSE が小さくなる傾向、強い台風については過小推定が改善する傾向などが確認された。
- ⑥ 衛星観測を用いた強度推定値をより効果的に利用するため、ドボラック法及び AMSU による台風中心気圧推定値からコンセンサス（最適推定値）を導出する手法の開発を行った。独立事例（2012～2014 年）を用いた検証の結果、発達ステージを示す台風の雲パターン毎に求めた中心気圧推定誤差（対ベストトラック誤差（RMSE））に基づく重みを用いた手法を採用することにより、ドボラック法単独による推定よりも推定誤差が減少することがわかった。
- ⑦ SSMIS による 2007～2011 年の輝度温度パターンの主成分分析を用いた台風強度推定法の特性調査を行った。強度推定に用いた第 6 主成分までのうち、第 1 主成分は台風の眼の壁雲やインナーコアバンドの発達に対応し、第 2 主成分は台風の水平スケールの大小に対応していること、また非対称性も第 5 主成分などで一部は表現されていることなど、それぞれ台風の構造の特徴を反映していることが分かった。
- ⑧ 現業ドップラーレーダーのドップラー速度データのノイズ除去法、折り返し補正法の改善を行いつつ、ドップラー速度を用いた台風強度推定システムを開発した。このシステムで、2006 年から 2014 年までに日本に接近した台風ののべ 28 事例で強度推定を行った結果、従来のドボラック法や AMSU による推定手法と同程度かそれ以上の精度で強度推定できることが分かった。特にこの手法では、最大風速半径が 20～70km の台風に対して推定精度が著しく良い（RMSE で 5.55hPa）ことがわかった。このシステムは本庁予報部に導入され、現在は試験的に準リアルタイムで動作しており、実利用に向けた検証が行われている。

2-b) プロセス解明・予測可能性検討

- ① MTSAT ラピッドスキャンデータを使って、画像間隔を 5、10、及び 15 分として算出した台風内の上層 AMV（上層赤外風、水蒸気風）を、ゾンデ風を用いて検証した。AMV 算出に使用する MTSAT 画像の時間間隔が短いほど算出数は増える一方ベクトル差は増加傾向にあること、上層 AMV が

- 対流圏界面直下付近の風場を反映していること等が分かった。また、上層 AMV を用いていくつかの台風事例 (T1324 等) の上層の風場の特徴を調査し、急発達していた時間帯に、台風中心近傍の対流強化に伴って上層接線風速と動径風速が急激に増大していたことが確認された。
- ② ひまわり 8 号のターゲット領域観測データを用いて算出した上層 AMV (5 分間隔の画像から算出) の風速、高度等について、MTSAT データを用いて算出した上層 AMV (15 分間隔の画像から算出) のものと比較した。2015 年台風第 7 号に関して調査した結果、ひまわり 8 号の上層 AMV の方が、僅かに風速が強く算出高度範囲が広い傾向などの特性の違いを確認した。
 - ③ MTSAT の上層 AMV から求めた台風上層の最大接線風速から地上最大風速を診断する可能性を調査した。2011~2014 年の計 27 個の台風事例を用いた調査から、上層最大接線風速とベストトラック地上最大風速の間には高い相関 (約 0.73) があること、上層 AMV から求めた上層アウトフローの強さと台風発達率との間には正の相関 (約 0.55) があることなどが分かった。また、ひまわり 8 号のターゲット領域観測データを用いて算出した上層最大接線風速・動径風速は、MTSAT から求めたものと整合していることが分かった。
 - ④ 三重眼構造となった 2012 年台風第 15 号について、現業ドップラーレーダーのドップラー速度からリトリブした風速場を利用して、眼の壁雲付近に存在する渦ロスビー波の解析を行うとともに、台風のトロコイダル運動と環境場の鉛直シアに伴って台風渦の鉛直傾きの向きや眼の壁雲の非対称性が変化している可能性を指摘した。
 - ⑤ 環境場と台風の内部構造との関係や構造変化過程を明らかにするために、2015 年台風第 6 号について、地上観測及びレーダーデータを使用して、強度及び内部構造の解析を行った。先島諸島で台風が再発達した証拠を示すとともに、その際に強い鉛直シア (10m/s 以上) の状況下において、波数 1 に相当するメソ渦に伴って鉛直シア上流側でも降雨帯が発達していたこと、さらにその降雨帯の通過と台風の速い移動速度 (~20m/s) に伴って下地島で著しい暴風 (最大瞬間風速 58.6m/s) が吹いた可能性があることを明らかにした。
 - ⑥ 気象研究所非静力学大気モデルに局所アンサンブル変換カルマンフィルターを適用した大気データ同化システム (NHM-LETKF) を台風研究に活用できるよう、気象研究所計算機システムに同化システムを構築し、実際の台風事例 (2008 年台風第 13 号及び 2009 年台風第 14 号) に適用した。また非静力学大気波浪海洋結合モデルを用いて 2013 年台風第 30 号の数値シミュレーションを実施した。水平解像度 2.5km のモデルを用いて最大強度を再現するためには、非静力学大気モデルにおける乱流熱フラックススキームでは不十分であること、Bao (2000) の海面飛沫のスキームを導入することにより、現実的な最大強度を再現することができると明らかとなった。
 - ⑦ 2012 年と 2013 年の台風のうち急発達をした事例を選び、気象研究所非静力学大気モデルを用いて数値実験を実施した。水平解像度を 5 km と 3 km と変えて実験した場合、3 km を用いることで発達率は大きくなった。しかし、ベストトラックで見られたような急発達過程を再現するには至らない事例がほとんどであった。要因の 1 つとして、数値モデルは台風の眼を大きく再現してしまうために中心気圧が下がらないことがあり、これまでに海面摩擦や境界層過程の物理スキームの変更では改善できていないことから、初期値での適切な表現またはスピニアップが重要であることを示した。
 - ⑧ 2013 年台風第 30 号の数値シミュレーションを行い、海洋表層における貯熱量 (TCHP) が 60kJ/cm² を超える海域では熱帯低気圧は強化しやすいこと、熱帯低気圧直下での TCHP の値は熱帯低気圧の最大強度に影響を与えていたことが明らかとなった。
 - ⑨ 2014 年台風第 19 号について、水平解像度を変えてアンサンブル実験を行い、台風発達率・サイズに対する水平解像度依存性を調査した。解像度を 3 km まで上げた場合、発達率は大きくなり、また最大風速半径の収縮や風速 15m/s 半径の拡大に有意な変化が見られた。また、メンバー間のばらつき要因を調べると、解像度 2km の場合は初期の最大風速半径の影響が予報後半まで残り、解像度 10km の場合は初期の水蒸気場に対する感度が 5km より高解像度のものと異なることが分かった。
 - ⑩ 先島諸島通過時に急発達した 2015 年台風第 15 号について、ドップラーレーダーデータによる詳細な構造変化解析を行った。急発達開始前後には、対流圏下層のみで最大風速半径の急収縮が起きていた。壁雲付近とその外側の境界層直上ではアウトフローが卓越しており、それに伴って接線風の強い領域が収縮していた。急発達が進行すると、壁雲のすぐ外側の対流圏下層のアウトフローがインフローに変わり、接線風の強い領域が次第に外側に拡大した。その後、新

たな第二壁雲の形成が見られた。

- ⑪ 台風急発達過程がドップラーレーダーで捉えられた 2015 年台風第 15 号について、水平解像度 2 km、1 km、0.5 km 及び境界層スキーム、海面フラックスを変えた数値実験を実施した。これらの感度実験から、海面フラックスが強度及び強度変化に最も影響が大きく、現業 MSM で使用されている Beljaars and Holtslag から COAREversion3 に変更することで、観測で見られた強度に達することが分かった。1km より低い解像度では、気圧低下を十分に再現できないものの、最大風速半径の収縮と風速の増加はある程度再現されていることが分かった。0.5km 解像度では、衛星観測で見られたような多重壁雲を捉え、それが消滅すると外側壁雲の収縮が始まるということが分かった。
- ⑫ SHIPS(台風強度を予報する統計力学モデルの一つ)開発者の協力のもと SHIPS コードを移植し、気象庁現業全球モデル(GSM)の予報値を用いて最大風速及び中心気圧を予報する SHIPS を開発した。中心気圧を予報する SHIPS の開発は初めての試みであり、新しい変数を導入することで精度の改善を図った。この SHIPS を本庁予報課に納品した。
- ⑬ 米国の開発者から提供いただいたベースコードを利用して、GSM 予報値や静止気象衛星を用いて台風が 24 時間以内に急発達 (RI) する確率 (RI インデックス) を算出するシステムを開発し、本庁予報課に納品した。
- ⑭ SHIPS に衛星データを効果的に組み込むことでその精度改善を図ることを目的に、GSMaP データを使用して、台風の強度変化と関連のある物理パラメータを調べた。その結果、台風の軸対称度が大きいほど、24 時間先までの強度変化量が大きいという関係が見出された。
- ⑮ 軸対称モデル (CHIPS) を用いた台風強度予報実験を 5 年分行い、気象庁の発表予報や予報部の現行の統計ガイダンスと比較した。CHIPS は台風事例によっては急発達をよく表現できるものの、RMSE も大きくなることが分かった。また、GSM、統計ガイダンス、CHIPS の単純平均した強度予報は発表予報よりも RMSE が小さくなることが分かった。LGEM (台風強度を予報する統計力学モデルの一つ) の開発にあたり、予報方程式中の成長項の比例係数 (κ) の導出には SHIPS の説明変数を利用する手法での導入を目指すこととした。中心気圧の予測についても中心気圧の可能最大強度 (MPI) の経験式を、JRA55 の海面水温データと気象庁ベストトラックデータを用いて最大風速の MPI と同様の手法で作成して実行可能とした。2013 年～2015 年までの 3 年間の北太平洋領域の台風に対して統計検証を実施したところ、中心気圧の RMSE は 2 日予報でおおよそ 16hPa、5 日予報ではおおよそ 22hPa であった。
- ⑯ 台風周辺の解析場の向上のため、ひまわり 8 号のターゲット領域観測による AMV データを全球データ同化した。単発の事例で台風ボーガスの代わりに同化したところ、台風強度予測を改善する結果が得られた。

2-c) 顕著台風事例解析

- ① 沖縄本島に強い強度での接近が予想され特別警報が発表された 2014 年台風第 8 号について、衛星及びドップラーレーダーにより強度推定を行った。AMSU と TMI による推定では、台風の発達のピークは南西諸島接近の 1 日程度前であったことが示された。一方、ドップラーレーダーの解析では、台風が久米島付近を通過した後にやや再発達した可能性が示唆された。また南西諸島通過時の非対称構造と南側の大雨について、客観解析値等を用いて解析を行い、チベット高気圧に伴う沈降の影響で台風の非対称性が大きくなっていたことを示した。
- ② 2014 年の台風第 8 号等について、非静力学大気モデルによる再現実験を実施した。海面水温に対する感度実験を行い、水平解像度が粗いほど感度が大きいことを示した。また、初期値を気象庁全球客観解析とメソ解析と変更した数値実験を実施した結果、台風の発達が初期場に強く依存する事例がみられた。
- ③ 2016 年の台風 10 号について、現業 MSM と同じ予報領域で再現実験を実施したところ、過発達傾向であった。そこで、現業で使用されている海面水温解析値 (MGDSST) よりも水温低下を捉えている高解像度の海面水温解析値 (HIMSST) を用いて再現実験を行った。実験結果は大きくて 5hPa の過発達を抑える程度であった。この事例では、海面水温データの入れ替えのみでは台風による海面水温低下の効果を十分に表現できていないことが分かった。
- ④ 石垣島に顕著な最大瞬間風速 (71.0 m s^{-1}) をもたらした 2015 年台風第 15 号について、現業ドップラーレーダー及び極軌道衛星搭載マイクロ波放射計データを使用して、台風の構造・風速場の解析及び台風強度推定を行った。その結果、台風は先島諸島を通過した前後の 17 時間に

約 30hPa の中心気圧低下が起きていたことが示唆され、またその急発達直前には壁雲交換が起きていたことがわかった。このことについて、2015 年 9 月 29 日に報道発表を行った。

- ⑤平成 27 年 9 月関東・東北豪雨に関連する 2 個の台風とその周辺の場の解析を行った。日本海で温帯低気圧化した台風第 18 号と東海上の台風第 17 号の影響により上層のトラフ・リッジの振幅が増大するとともに東日本上空で北向きジェットが強まったこと、中層で低相当温位・高渦位空気が流入したことにより東日本上空で大気が不安定化したことなどが分かった。

(3) 当初計画からの変更点（研究手法の変更点等）

近年国際的には、5 日先強度予報や数日先の台風発生予報を導入する諸国が増えつつあり、台風予測情報の高度化の動きが著しい。当庁が引き続き、RSMC として我が国を含む北西太平洋域の台風災害の防止・軽減に引き続き主導的な役割を果たすためには、台風予報のさらなる改善が不可欠である。このような背景から、平成 27 年 9 月、本庁予報部及び気象研究所台風研究部は、台風予報・解析技術高度化プロジェクトチームを設置し、平成 31 年度までを目途として以下の 5 つの任務を遂行することとした。それにより、既存の副課題 1-d において、台風発生予測ガイダンスの開発および進路予報ガイダンスの高度化に関する開発を追加し、副課題 2-b において、5 日先台風強度予報ガイダンスの開発を追加した。

- ① 5 日先台風強度予報ガイダンスの開発・現業導入
- ② 台風発生予測ガイダンスの開発・提供等
- ③ 台風解析技術の高度化
- ④ 進路予報ガイダンスの高度化
- ⑤ 台風予報作業手順の改善等

(4) 成果の他の研究への波及状況

- ① 文部科学省：HPCI(次世代スーパーコンピュータ)戦略プログラム(分野 3)防災・減災に資する地球変動予測 超高精度メソスケール気象予測の実証」の琉球大学伊藤耕介助教の研究で、領域大気データ同化システム開発のアンサンブルを用いた変分法的同化法で開発した、周囲のアンサンブルを使う手法が利用されている。(副課題 1-c 関連)
- ② インパクト評価システム (Forecast Sensitivity to Observations: FSO) の水平解像度をこれまでの 55km から 20km に高解像度化した。この高解像度化したシステムの結果については、数値予報課データグループ会合、予報部観測部との懇談会、推本データ利活用 G、施設等機関報告会等で共有した。同システムの本庁計算機システムへの移植を行った(数値予報課担当者)。WMO 主催の観測データの数値予報へのインパクト評価のワークショップ(2016 年 5 月上海)で主要数値予報センターや研究機関間の相互比較プロジェクトが実施され、本システムも参加している。(副課題 1-a 関連)
- ③ 本課題で開発された NHM-LETKF をベースとした大気海洋結合同化システムは、科学研究費補助金若手研究 B「大気海洋結合データ同化手法を用いた台風予測可能性の解明」及び科学研究費補助金基盤研究 C「台風強度予測精度向上のための台風強化停止プロセスの解明」で活用されている。(副課題 1-c 関連)
- ④ 予報部で作成中の平成 27 年度数値予報課別冊報告で、台風の活動予報の精度に関して執筆した。(副課題 1-d 関連)
- ⑤ 平成 28 年度より全球アンサンブル予報による台風発生予測プロダクトを台風委員会メンバー国へ提供する計画である。(副課題 1-d 関連)
- ⑥ 副課題 1-a で構築、運用している MRI-NAPEX は、気象研究所で実施している他の研究課題(大気海洋結合同化システムの開発(c6))等でも基盤システムとなっている。
- ⑦ 観測部・予報部と気象研究所との研究懇談会において要望のあった「大気・海洋環境場の影響を受けた台風の強度・構造変化に関する研究」において、海洋環境場として海水温 26℃以上の海水がもつ熱容量(Tropical Cyclone Heat Potential: TCHP)に着目し、5 日平均 TCHP と台風の発達率(気圧変化量で定義)との関係を調査し、RSMC 技術報告書、量的予報技術資料、査読論文誌にまとめた。TCHP については気象庁予報部予報課において試験運用のための習熟段階として利用されるようになった。(副課題 2-b③関連)

- ⑧本課題で開発し、本庁予報部で現業化した AMSU による中心気圧推定について、台風委員会メンバー（国・地域）向けにウェブサイト（NTP サイト）でのリアルタイムで提供を開始した（H27 年 5 月～）。（副課題 2-a 関連）
- ⑨ATMS を用いた中心気圧推定法について、プロトタイプを本庁予報部に提供するとともに、台風委員会メンバー向けに NTP サイトでのリアルタイム提供を開始した（H28 年 6 月～）。（副課題 2-a 関連）
- ⑩ドボラック法と AMSU の中心気圧推定のコンセンサス導出手法について、本庁予報部に提供を行うとともに、台風委員会メンバー向けに NTP サイトでのリアルタイム提供を開始した（H28 年 6 月～）。（副課題 2-a 関連）
- ⑪本課題で開発した現業ドップラーレーダーのドップラー速度を用いた台風強度推定のプロトタイプを本庁予報部に導入するとともに、2015 年に日本に接近した台風のレーダー強度推定結果の提供や現業化に係る助言を適宜本庁予報部に行うなど、本庁予報部におけるシステム構築に協力した。（副課題 2-a 関連）
- ⑫米国海軍研究所提供の強度予報ガイダンス資料をルーチン的にモニターするイントラページを作成した。本庁でもモニター可能にすることで、本庁予報部での台風強度予報ガイダンス導入に向けた支援を行った。（副課題 2-b 関連）
- ⑬簡易台風強度予報モデル（CHIPS）による予報システム一式を整備・提供することで、本庁予報部での台風強度予報ガイダンス導入に向けた支援を行った。
- ⑭台風強度予報統計力学モデル（SHIPS）による予報システム一式を整備・提供することで、本庁予報部での台風強度予報ガイダンス導入に向けた支援を行った。
- ⑮台風数値シミュレーション環境については、科学研究費補助金基盤研究 C「台風強度 予測精度向上のための台風強化停止プロセスの解明」における台風シミュレーション研究に利用されている。また琉球大学が代表機関となっている科学研究費補助金基盤研究 B「南西諸島とフィリピンのドップラーレーダーを用いた台風の構造と強度の関係解明」においても活用されている。台風の構造変化と台風強度変化の関わり及び急発達過程における物理過程の果たす役割に関する研究成果は、地球シミュレータ公募課題「複数の次世代非静力学全球モデルを用いた高解像度台風予測実験」及び名古屋大学が代表機関となっている科学研究費補助金基盤研究 C「極端に強い台風にみられる急激な中心気圧低下のメカニズムの解明」の研究に活用されている。（副課題 2-b 関連）

今後の研究の進め方

副課題 1

1-a) 全球大気データ同化システム開発

- ①ひまわり 8 号データを用いた OCA による雲の 1DVar 解析を継続して実施する。特に H27 の関東・東北豪雨事例について、ひまわり 8 号の情報の数値モデルへの同化や他衛星・測器による観測データ解析への寄与について OCA 計算を通じて検討を行う。また OCA を用いたひまわり水蒸気推定についての評価計算を実施する。OCA については衛星センター開発中の雲 2 層モデルを推定アルゴリズムに組み込み、特に雲頂高度推定の高精度化を図る。
- ②MRI-NAPEX の運用を行う。
- ③全球同化実験システムを使って、赤外ハイパーサウンダデータの予報誤差感度の観測誤差依存性や他観測データとの関連性について調査する。特に、赤外ハイパーサウンダの予報誤差感度に悪影響を及ぼす他観測データを中心に実験結果を分析し赤外ハイパーサウンダデータの有効利用方法を具体的に提示することを目指す。
- ④次世代の全球大気データ同化システムとして、アンサンブルを用いた 4DVAR や EnKS の研究を、従来の 4DVAR と比較しながら進める。
- ⑤全球大気解析に利用する観測情報の拡充のために、観測データのインパクトや誤差共分散行列等の診断を行う。これらの診断結果を用いて、観測データの品質管理の改良や誤差相関の導入など、同化システムの改良を進める。また、将来導入される観測網の評価のために、複数の手法の OSSE の構築、比較を行う。
- ⑥衛星搭載風ライダーの OSSE について、NICT のライダーシミュレーターの高高度化と連携しながら、信号強度情報を用いたより高度な品質管理処理を開発するなどして、データのより有効な活用方法を調査する。衛星軌道やライダーパラメータ、実験対象季節を変えたときに、インパ

クトがどのように変わるか調査する。

- ⑦雲域でのひまわり 8 号の赤外輝度温度データを、全球大気データ同化システムで同化するため、雲散乱計算を考慮した高速放射伝達モデルを導入した解析前処理や 4DVAR を開発する。また雲の効果を考慮した品質管理手法の検討を行う。

1-b) 全球モデル物理過程改良

- ①本庁で改良中の物理過程の現業全球モデルへの導入の後に、気象研で開発を行った物理過程スキームを組み込む。予報実験を行い、台風予測等の性能評価を行う。

1-c) 領域大気データ同化システム開発

- ①アンサンブルに基づく変分法的同化法を用いて、2015 年台風第 18 号事例等について、実際の観測データを用いて、予報解析サイクルの同化実験を行なう。実験結果の解析により、このプログラムの問題点の改良を行なう。
- ②NHM-LETKF の台風強度、位置、強風半径情報のデータ同化手法を他の台風事例に応用し、そのインパクトについて調査を継続する。また、海洋・波浪モデルを組みこんだ NHM-LETKF により、海面水温変動が台風解析に与えるインパクトを引き続き調査する。
- ③マイクロ波放射計データの前方計算値の精度を上げるため、引き続き、TRMM、GPM 等の観測データと、GANAL の地表面気温、可降水量、海上風速などの統計的な比較を行なう。
- ④アンサンブルに基づく変分法的同化システムにおいて、衛星搭載降水レーダー同化を行うため、品質管理・データ選択手法を改良する。

1-d) TIGGE データ等を用いた予測可能性研究

- ①北上バイアスが顕著であった 2014 年 7 月 31 日 00UTC 初期値の台風第 11 号に注目し、TIGGE データや領域モデルによる予報結果を用いて、予報誤差の原因を解析する。
- ② 2 日先の台風発生予報プロダクトの利用可能性に関して、研究成果をとりまとめる。また、現業利用に向けた改良を行う。
- ③アンサンブル手法による台風強度予測の可能性を調査する。

副課題 2

2-a) 強度推定手法の改善

- ①ATMS や AMSU-A による台風中心気圧推定の精度検証を引き続き行う。
- ②ドップラーレーダーによる強度推定は条件により推定精度が異なることなどを利用して、引き続き推定精度の向上を図り、推定値を適切に現業利用できるようにする。

2-b) プロセス解明・予測可能性検討

- ①ひまわり 8 号及び MTSAT の上層 AMV 及びその他のデータを用いて、急発達台風事例の解析を行い、急発達のプロセスを調べる。ひまわり 8 号 AMV の特性検証とともに、上層 AMV を用いた台風強度診断のための手法の検討を行う。
- ②2015 年台風第 15 号など、急発達や強風等の顕著現象を伴った台風事例について、ドップラーレーダーなどの観測データ解析と数値シミュレーションにより、その原因やプロセスについて調査する。
- ③2013 年台風第 30 号の発達プロセスと最大強度に対する海洋の役割に関する研究を引き続き実施するとともに、初期値アンサンブル実験を実施することにより、台風強度変化と大気海洋環境場の不確実性の関係に関する研究を継続して実施する。気象庁の台風予報で習熟として現業利用されている TCHP に関するフォローアップを継続して行う。
- ④2014 年台風第 19 号の発達率・サイズに対する解像度依存性について、引き続き詳細な解析を行う。
- ⑤SHIPS や LGEM、及びコンセンサスなどの台風強度予報ガイダンス手法の改善や精度評価を引き続き進める。
- ⑥台風急発達 (RI) インデックス作成手法を応用した、台風発生予測ガイダンスの基礎調査及び開発を行う。台風発生予測ガイダンスの開発に取り組む。

⑦台風周辺の高頻度 AMV を台風ボーガスの代わりに同化した際のインパクトについて、引き続き調査を行い、品質管理手法などの検討を行う。

2-c) 顕著台風事例解析

①2016年以降の顕著な台風について、必要に応じて速報解析を行い、強度や強雨・強風構造について明らかにする。

②2015年までに台風の影響により日本で発生した顕著な大雨等の事例について、引き続き観測データや再解析データ等を用いて調べる。

研究成果及びその活用に関する意見（中間評価の総合所見）

本研究課題については、気象研究所評議員会評価分科会（台風・集中豪雨分野）において中間評価を実施した。中間評価の総合所見については、258 ページを参照。

成果発表一覧

（1）査読付き原著論文：25件

1. Satoh M., K. Aramaki, and M. Sawada, 2016: Structure of Tropical Convective Systems in Aqua-Planet Experiments: Radiative-Convective Equilibrium Versus the Earth-Like Experiment. *SOLA*, **12**, 220-224.
2. Oyama, R., A. Wada, and M. Sawada, 2016: Intensification of Typhoon Danas (1324) captured by MTSAT upper tropospheric Atmospheric Motion Vectors. *SOLA*, **12**, 135-139.
3. Wada, A., 2016: Reexamination of Tropical Cyclone Heat Potential in the Western North Pacific. *Journal of Geophysical Research Atmosphere*. (in press)
4. Okamoto, K., K. Aonashi, T. Kubota, and T. Tashima, 2016: Experimental assimilation of the GPM-Core DPR reflectivity profiles for Typhoon Halong (2014). *Monthly Weather Review*, **144**, 2307-2326.
5. Shimada, U., M. Sawada, and H. Yamada, 2016: Evaluation of the Accuracy and Utility of Tropical Cyclone Intensity Estimation Using Single Ground-Based Doppler Radar Observations. *Monthly Weather Review*, **144**, 1823-1840.
6. Bessho, K., K. Date, M. Hayashi, A. Ikeda, T. Imai, H. Inoue, Y. Kumagai, T. Miyakawa, H. Murata, T. Ohno, A. Okuyama, R. Oyama, Y. Sasaki, Y. Shimazu, K. Shimoji, Y. Sumida, M. Suzuki, H. Taniguchi, H. Tsuchiyama, D. Uesawa, H. Yokota, and R. Yoshida, 2016: An introduction to Himawari-8/9 - Japan's new-generation geostationary meteorological satellites. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, **94**, 151-183.
7. Ishii, S., K. Okamoto, P. Baron, T. Kubota, Y. Satoh, D. Sakaizawa, T. Ishibashi, T. Y. Tanaka, K. Yamashita, S. Ochiai, K. Gamo, M. Yasui, R. Oki, M. Satoh, and T. Iwasaki, 2016: Measurement performance assessment of future space-borne Doppler wind lidar for numerical weather prediction. *SOLA*, **12**, 55-59.
8. Coronel, R., M. Sawada, and T. Iwasaki, 2016: Impacts of surface drag coefficient and planetary boundary layer schemes on the structure and energetics of Typhoon Megi (2010) during intensification. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, **94**, 49-67.
9. Kanada, S., and A. Wada, 2016: Sensitivity to horizontal resolution of the simulated intensifying rate and inner-core structure of typhoon Ida, an extremely intense typhoon. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, **94A**, 181-190.
10. Rodwell, M. J., S. T. K. Lang, N. B. Ingleby, N. Bormann, E. Hölm, F. Rabier, D. S. Richardson and M. Yamaguchi, 2016: Reliability in Ensemble Data Assimilation. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, **142**, 443-454.
11. Yamaguchi, M., S. Lang, M. Leutbecher, M. Rodwell, G. Radnoti and N. Bormann, 2016: Observation-based evaluation of ensemble reliability. *Quarterly Journal of the*

- Royal Meteorological Society*, **142**, 506–514.
12. Swinbank, R., M. Kyouda, P. Buchanan, L. Froude, T. M. Hamill, T. D. Hewson, J. H. Keller, M. Matsueda, J. Methven, F. Pappenberger, M. Scheuerer, H. A. Tittley, L. Wilson, and M. Yamaguchi, 2016: The TIGGE Project and its Achievements. *Bulletin of the American Meteorological Society*, **97**, 49–67.
 13. Yamaguchi, M., F. Vitart, S. T. K. Lang, L. Magnusson, R. L. Elsberry, G. Elliott, M. Kyouda, and T. Nakazawa, 2015: Global distribution on the skill of tropical cyclone activity forecasts from short- to medium-range time scales. *Weather and Forecasting*, **30**, 1695–1709.
 14. Ishibashi, T., 2015: Tensor Formulation of Ensemble-Based Background Error Covariance Matrix Factorization. *Monthly Weather Review*, **143**, 4963–4973.
 15. Kanada, S., and A. Wada, 2015: Numerical Study on the Extremely Rapid Intensification of an Intense Tropical Cyclone: Typhoon Ida (1958). *Journal of the Atmospheric Sciences*, **72**, 4194–4217.
 16. Wada, A., 2015: Unusually rapid intensification of Typhoon Man-yi in 2013 under preexisting warm-water conditions near the Kuroshio front south of Japan. *Journal of Oceanography*, **71**, 597–622.
 17. Wada, A., 2015: Verification of tropical cyclone heat potential for tropical cyclone intensity forecasting in the Western North Pacific. *Journal of Oceanography*, **71**, 373–387.
 18. Oda, M., and H. Kanehisa, 2015: Interaction between Rossby and Gravity Waves in a Simple analytical Model. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, **93**, 425–442.
 19. Ishibashi, T., 2014: Observing system simulation experiments with multiple Methods. *Proc. of SPIE*, **9265**, 926508–12.
 20. Yamaguchi, M., T. Nakazawa, and S. Hoshino, 2014: North Western Pacific Tropical Cyclone Ensemble Forecast Project. *Tropical Cyclone Research and Review*, **3**, 193–201.
 21. Ishimoto, H., K. Okamoto, H. Okamoto, and K. Sato, 2014: One-dimensional variational (1D-Var) retrieval of middle to upper tropospheric humidity using AIRS radiance data. *Journal of Geophysical Research Atmosphere*, **119**, 7633–7654.
 22. Wada, A., T. Uehara, and S. Ishizaki, 2014: Typhoon-induced sea surface cooling during the 2011 and 2012 typhoon seasons: observational evidence and numerical investigations of the sea surface cooling effect using typhoon simulations. *Progress in Earth and Planetary Science*, **1**, 11.
 23. Magnusson, L., J.-R. Bidlot, S. Lang, A. Thorpe, N. Wedi, and M. Yamaguchi, 2014: Evaluation of medium-range forecasts for hurricane Sandy. *Monthly Weather Review*, **142**, 1962–1981.
 24. 小山亮, 2015: MTSAT ラピッドスキャン観測データを用いて算出された台風領域の上層大気追跡風の特徴. *天気 (論文・短報)*, **62**, 15–28.
 25. 北島尚子, 星野俊介, 櫻木智明, 2014: TRMM/TMI 輝度温度の非対称分布を考慮した台風強度推定. *気象研究所研究報告*, **65**, 57–74.

(2) 査読論文以外の著作物 (翻訳、著書、解説等) : 34 件

1. Wada A., 2016: “Hot Spots” in the Climate System : Unusually rapid intensification of Typhoon Man-yi in 2013 under preexisting warm-water conditions near the Kuroshio front south of Japan. *“Hot Spots” in the Climate System*, 131–156.
2. Nakano, M., A. Wada, M. Sawada, H. Yoshimura, R. Onishi, S. Kawahara, W. Sasaki, T. Nasuno, M. Yamaguchi, T. Iriguchi, M. Sugi, Y. Takeuchi, 2016: Global 7-km mesh nonhydrostatic Model Intercomparison Project for improving TYphoon forecast

- (TYMIP-G7): Experimental design and preliminary results. *Geoscientific Model Development*. (in press)
3. Wada A., 2016: Extremely deepening of central pressures for Typhoon Neoguri in 2014 simulated by an atmosphere-wave-ocean coupled model and its dependency on the horizontal resolution. *WGNE Blue Book: Research Activities in Atmospheric and Ocean Modelling*, **46**, 9-13.
 4. Wada, A., 2016: Typhoon Man-yi in 2013 simulated by an atmosphere-wave-ocean coupled model with 1.2-km horizontal resolution. *WGNE Blue Book: Research Activities in Atmospheric and Ocean Modelling*, **46**, 9-11.
 5. Wada, A., 2016: Comparison of numerical simulations of Typhoon Haiyan in 2013 and Typhoon Mike in 1990. *WGNE Blue Book: Research Activities in Atmospheric and Ocean Modelling*, **46**, 9-09.
 6. Wada, A., 2016: Idealized storm evolution and the difference between the eastern and the western North Pacific calculated by an atmosphere-wave-ocean coupled model. *WGNE Blue Book: Research Activities in Atmospheric and Ocean Modelling*, **46**, 9-07.
 7. Wada, A. and M. Kunii, 2016: The effect of predicted oceanic conditions on the assimilation of Typhoon Sinlaku (2008). *WGNE Blue Book: Research Activities in Atmospheric and Ocean Modelling*, **46**, 9-05.
 8. Oyama, R., K. Nagata, H. Kawada, and N. Koide, 2016: Development of a product based on consensus between Dvorak and AMSU tropical cyclone central pressure estimates at JMA. *RSMC Technical Review*, **18**.
 9. Shimada, U., 2016: Tropical Cyclone Central Pressure Estimation Using Doppler Radar Observations at JMA. *RSMC Tokyo - Typhoon Center Technical Review*, **18**.
 10. Elsberry R. L, M. Yamaguchi, G. Elliott and H.-C. Tsai, 2015: Advances to Tropical Cyclones Forecasting. *WMO Bulletin*, **64(2)**, 40.
 11. Wada, A., 2015: The effects of ocean coupling and sea spray on the simulated track for Typhoon Muifa in 2011. *CAS/JSC WGNE Research Activities in Atmospheric and Oceanic Modelling*, **45**, 914-915.
 12. Wada, A., 2015: The effect of ocean coupling on torrential rains caused by Typhoon Man-yi in 2013. *CAS/JSC WGNE Research Activities in Atmospheric and Oceanic Modelling*, **45**, 912-913.
 13. Wada, A., 2015: Roles of the ocean on extremely rapid intensification and the maximum intensity of Typhoon Haiyan in 2013. *CAS/JSC WGNE Research Activities in Atmospheric and Oceanic Modelling*, **45**, 910-911.
 14. Wada, A., and M. Kunii, 2015: The impact of a sea-spray parameterization on the assimilation of Typhoon Sinlaku (2008). *CAS/JSC WGNE Research Activities in Atmospheric and Oceanic Modelling*, **45**, 908-909.
 15. Okamoto, K., K. Aonashi, T. Kubota, and T. Tashima, 2015: Preliminary results of assimilation of reflectivities of space-borne precipitation radars. *CAS/JSC WGNE Research Activities in Atmospheric and Oceanic Modelling*, **45**, 19-20.
 16. Wada, A., 2015: Utilization of Tropical Cyclone Heat Potential for Improving Tropical Cyclone Intensity Forecasts. *RSMC Technical Review*, **17**, 1-27.
 17. Shay L. K., M. M. Ali, S. Chen, I. Ginis, G. Halliwell, H-S Kim, Marie-Dominique Leroux, I-I Lin, and A. Wada, 2014: Air-sea Interface and Oceanic Influences. *Topic report of WMO 8th International Workshop on Tropical Cyclones (IWTC-8)*, 53.
 18. Kepert J., Y-H Huang, S. Kanada, M. Powell, J. Schwendike, C. Slocum, A. Wada, C-C. Wu, and J. Zhang, 2014: Role of the Boundary Layer. *Topic report of WMO 8th International Workshop on Tropical Cyclones (IWTC-8)*, 37.
 19. Elliott, G., and M. Yamaguchi, 2014: Advances in Forecasting Motion. *Topic report of WMO 8th International Workshop on Tropical Cyclones (IWTC-8)*, 44.

20. Wada, A, 2014: Numerical simulations of intensity changes of Typhoon Man-Yi in 2013. *CAS/JSC WGNE Research Activities in Atmospheric and Oceanic Modelling*, **44**, 9-07.
21. Okamoto, K., S. Ishii, P. Baron, T. Ishibashi, and T. Tanaka, 2014: Observing Simulation System Experiment (OSSE) of Spaceborne Doppler Wind Lidar. *CAS/JSC WGNE Research Activities in Atmospheric and Oceanic Modelling*, **44**, 115-116.
22. 筆保弘徳、和田章義、杉本周作、万田敦昌、小田僚子、猪上淳、飯塚聡、川合義美、吉岡真由美, 2016: 天気と海の関係についてわかっていることと知らないこと. *天気と海の関係についてわかっていることと知らないこと*, ペレ出版, 327pp, ISBN: 978-4-86064-473-4.
23. 山口宗彦, 2016: 台風活動度予測の精度. *数値予報課報告・別冊*, **62**, 47-51.
24. 和田章義、小出直久、檜垣将和, 2016: 台風強度予報作業における海洋貯熱量情報の利用. *量的予報技術資料 (予報技術研修テキスト)*, **21**, 137-159.
25. 伊東譲司, 西村修司, 田中武夫, 岡本 幸三, 2016: ひまわり 8号 気象衛星講座. *ひまわり 8号 気象衛星講座*, 272.
26. 坪木和久, 山口宗彦, 村上正隆, 原田賢哉, 上田博, 2015: 第 42 回メソ気象研究会の報告—メソ気象学・雲物理学における航空機利用—. *天気*, **62**, 1013-1017.
27. 北畠尚子, 小山亮, 嶋田宇大, 櫻木智明, 沢田雅洋, 2015: 2012 年・2013 年に日本に接近・上陸した台風の概要と特性. *気象研究所技術報告*, **75**.
28. 山口宗彦, 2015: 台風の進路予報の過去・現在・未来. *(株)日報ビジネス地球温暖化*, **9月号**, 44-45.
29. 原基, 嶋田宇大, 2015: 台風第 1506 号の通過時に下地島空港で観測された暴風について. *てんきすと*, **95**, 4-5.
30. 竹内義明, 2015: 巨大台風を科学する. *表面科学*, **Vol. 36 No. 7**, 382-384.
31. 石橋俊之, 2015: FSO による評価. *数値予報課報告別冊*, **61**, 90-92.
32. 小山亮, 2015: マイクロ波探査計/マイクロ波探査計データを用いた台風中心気圧推定. *量的予報技術資料 (予報技術研修テキスト)*, **20**, 94-113.
33. 北畠尚子, 城岡竜一, 和田章義, 末木健太, 津口裕茂, 筆保弘徳, 2014: 第 41 回メソ気象研究会の報告 —台風～発生・発達と日本への影響～—. *天気*, **61**, 893-898.
34. 筆保弘徳, 伊藤耕介, 山口宗彦, 2014: 台風の正体. *台風の正体*, 朝倉書店, 184pp.

(3) 学会等発表

ア. 口頭発表

・国際的な会議・学会等 : 28 件

1. Okamoto, K., H. Ishimoto, M. Kunii, M. Otsuka, S. Yokota, H. Seko, and Y. Sawada, Assimilation of cloud-affected infrared radiances of Himawari-8, AOGS 2016, 2016 年 8 月, 中国, 北京
2. Okamoto, K., H. Ishimoto, M. Kunii, M. Otsuka, S. Yokota, H. Seko, and Y. Sawada, Towards the assimilation of all-sky infrared radiances of Himawari-8, 5th International Symposium on Data Assimilation(ISDA), 2016 年 7 月, 英国, Reading
3. Okamoto, K., S. Ishii, P. Baron, T. Ishibashi, T. Y. Tanaka, T. Kubota, R. Oki, K. Gamo, Recent results from feasibility study of space-based Doppler Wind Lidar in Japan., 18th Coherent Laser Radar Conference, 2016 年 7 月, 米国, Boulder
4. Okamoto, K., S. Ishii, P. Baron, T. Ishibashi, T. Y. Tanaka, T. Kubota, R. Oki, K. Gamo, Recent results from feasibility study of space-based Doppler Wind Lidar in Japan, 18th Coherent Laser Radar Conference, 2016 年 7 月, アメリカ, ボルダ—
5. Takeuchi, Y., Advanced Typhoon Observation and Forecasts with New Technologies such as Himawari-8 and High-resolution Global Models, 2016 APEC Typhoon Symposium, 2016 年 5 月, 台湾, 台北市
6. Oyama, R., and K. Kato, TC intensity estimation using satellite data at JMA, Second International Workshop on satellite analysis of tropical cyclones (IWSATC-2), 2016

- 年2月, アメリカ, ホノルル
7. Yoshimura, H., Y. Takeuchi, A. Wada, M. Sawada, S. Kawahara, M. Nakano, R. Onishi, H. Kawai, E. Shindo, T. Iriguchi, M. Yamaguchi, M. Sugi, T. Nasuno, W. Sasaki, and H. Fuchigami, Development of a Nonhydrostatic Global Spectral Atmospheric Model using Double Fourier Series and High Resolution Typhoon Prediction Experiments, 台風セミナー2015, 2016年1月, 東京都
 8. Yamaguchi, M, Tropical cyclone research-to-operation activities at MRI/JMA, 台風セミナー2015, 2016年1月, 東京都
 9. 金田幸恵, 和田章義, Characteristics of intensity changes of tropical cyclones in the Northwestern Pacific in track data and simulations by global and regional atmosphere models, 台風セミナー2015, 2016年1月, 東京都
 10. 沢田雅洋, 伊藤耕介, JMA-NHM verification study for TC intensity prediction, 台風セミナー2015, 2016年1月, 東京都
 11. Okamoto, K., S. Ishii, P. Baron, T. Kubota, Y. Satoh, D. Sakaizawa, T. Ishibashi, T. Tanaka, K. Yamashita, S. Ochiai, K. Gamo, M. Yasui, R. Oki, M. Satoh, and T. Iwasaki, Simulation and impact study of future spaceborne Doppler wind lidar in Japan, DWL-OSSE meeting, 2015年12月, アメリカ, カレッジパーク
 12. Kanada, S., and A. Wada, Sensitivity to Horizontal Resolution of the Simulated Intensifying Rate and Inner-core Structure of an Extremely Intense Typhoon, International WS on Issues in downscaling of climate change projection, 2015年10月, 茨城県つくば市
 13. Sawada, M., Influence of horizontal resolution on tropical cyclone intensity using ensemble downscaling simulations, Asia Oceania Geosciences Society 12th Annual Meeting (AOGS2015), 2015年8月, シンガポール, シンガポール
 14. Ito, K., K. Saito, A. Wada, and T. Kuroda, Forecasting a Large Number of Tropical Cyclone Intensities Using a High-Resolution Atmosphere-Ocean Coupled Model, Asia Oceania Geosciences Society 12th Annual Meeting (AOGS2015), 2015年8月, シンガポール, シンガポール
 15. Wada, A., and S. Kanada, Unusually Rapid Intensification of Typhoon Man-Yi in 2013 Under Pre-Existing Warm-Water Conditions Near the Kuroshio Front, Asia Oceania Geosciences Society 12th Annual Meeting (AOGS2015), 2015年8月, シンガポール, シンガポール
 16. Kanada, S., and A. Wada, Intensity Change of Tropical Cyclones in the Northwest Pacific. Part I: Comparison Between Observation and Numerical Models, Asia Oceania Geosciences Society 12th Annual Meeting (AOGS2015), 2015年8月, シンガポール, シンガポール
 17. Okamoto, K., K. Aonashi, T. Kubota, and T. Tashima, Assimilating GPM/DPR reflectivities using a meso-scale ensemble variational assimilation system, 12th annual meeting Asia Oceania Geoscience Society, 2015年8月, シンガポール, シンガポール
 18. 金田幸恵, 和田章義, Characteristics of intensity changes of tropical cyclones in the Northwestern Pacific in track data and simulations by global and regional atmosphere models., 5th International Summit on Hurricanes and Climate Change, 2015年6月, ギリシャ, クレタ島
 19. Oyama, R., Japanese New Generation Geostationary Meteorological Satellites Himawari-8/9 and their Products for Severe Weather Monitoring and Forecasting, ESCAP/WMO 熱帯低気圧パネル・台風委員会, 2015年2月, タイ, バンコク
 20. Aonashi, K., K. Okamoto, M. Yamaguchi, and S. Origuchi, Dual-Scale Neighboring Ensemble Variational Assimilation Scheme to incorporate Satellite Microwave Imager brightness temperatures, アメリカ気象学会第95回年次会合, 2015年1月, アメリカ, フェニックス
 21. Yamaguchi, M., and G. Elliott, Advances in Forecasting Motion, WMO 8th International

- Workshop on Tropical Cyclones (IWTC-8), 2014年12月, 韓国, 濟州島
22. Ishibashi, T., Observing system simulation experiments with multiple Methods, SPIE Asia-Pacific Remote Sensing 2014, 2014年10月, 中国, 北京
 23. Yamaguchi, M, Multi-model ensemble forecasts of tropical cyclones using TIGGE, World Weather Open Science Conference, 2014年8月, カナダ, モントリオール
 24. Yamaguchi, M., S. Lang, M. Leutbecher, M. Rodwell, G. Radnoti, and N. Bormann, Observation-based ensemble spread-error relationship, World Weather Open Science Conference, 2014年8月, カナダ, モントリオール
 25. Ishimoto, H., K. Okamoto, H. Okamoto, and K. Sato, Humidity around ice clouds in middle to upper troposphere retrieved by using AIRS radiance data, AOGS 11th Annual Meeting, 2014年7月, 北海道札幌市
 26. Wada, A., Numerical Simulations on Rapid Intensification of Typhoon Haiyan (T1330), AOGS 11th Annual Meeting, 2014年7月, 北海道札幌市
 27. Yamaguchi, M., Tropical cyclone forecasts using TIGGE, JMA's NWP system and WGNE intercomparison of TC track forecasts, Workshop on Numerical Prediction of Tropical Cyclones, 2014年5月, 中国, 台湾
 28. Aonashi, K. and H. Eito, Displaced Ensemble variational assimilation to incorporate microwave imager brightness temperatures into a cloud-resolving model for Typhoon Conson., The 31st AMS Conference on Hurricanes and Tropical Meteorology, 2014年4月, アメリカ, サンディエゴ

・国内の会議・学会等 : 56 件

1. 小山亮, 衛星マイクロ波探査計 ATMS を用いた台風中心気圧推定法の開発及び検証, 日本気象学会 2016 年度春季大会, 2016 年 5 月, 東京都渋谷区
2. 新藤永樹, 気象研究所全球気候モデルの物理過程の改良, 日本気象学会 2016 年度春季大会, 2016 年 5 月, 東京都渋谷区
3. 嶋田宇大, 青梨和正, GSMaP から算出した台風の軸対称度と強度変化の関係の調査, 日本気象学会 2016 年度春季大会, 2016 年 5 月, 東京都渋谷区
4. 石橋俊之, 観測誤差共分散構造の診断とその利用, 日本気象学会 2016 年度春季大会, 2016 年 5 月, 東京都渋谷区
5. 岡本幸三, 石元裕史, 國井勝, 大塚道子, 横田祥, 瀬古弘, 領域数値予報システムを用いた、ひまわり 8 号の曇天域赤外輝度温度同化, 日本気象学会 2016 年度春季大会, 2016 年 5 月, 東京都渋谷区
6. 石橋俊之, 気象庁全球数値予報システムにおける観測データのインパクト評価に関する研究, 平成 27 年度気象庁施設等機関研究報告会, 2016 年 1 月, 東京都
7. 和田章義, 国井勝, NHM-LETKF による台風予測研究, 第 17 回非静力モデルに関するワークショップ, 2015 年 12 月, 沖縄県那覇市
8. 金田幸恵, 和田章義, 非常に強い台風に見られる二つの発達プロセス, 第 17 回非静力学モデルに関するワークショップ, 2015 年 12 月, 沖縄県那覇市
9. 和田章義, 沢田雅洋, 吉村裕正, 中野満寿男, 那須野智江, 大西領, 湊上弘光, 川原慎太郎, 佐々木亘, 入口武史, 山口宗彦, 川合秀明, 新藤永樹, 竹内義明, 複数の次世代非静力学全球モデルを用いた高解像度台風予測実験, 第 17 回非静力学モデルに関するワークショップ, 2015 年 12 月, 沖縄県那覇市
10. 嶋田宇大, 久保田尚之, 山田広幸, 地上ドップラーレーダーを用いた 2013 年台風ハイエンの強度及び内部構造の解析, 平成 27 年度台風研究会, 2015 年 11 月, 京都府宇治市
11. 沢田雅洋, 台風サイズに対する水平解像度依存性, 平成 27 年度京都大学防災研究所共同研究集会「台風研究会」, 2015 年 11 月, 京都府宇治市
12. 山口宗彦, 青梨和正, 岡本幸三, 五十嵐崇士, 鉛直シア下で急発達する台風の進路予報誤

- 差, 日本気象学会 2015 年度秋季大会, 2015 年 10 月, 京都府京都市
13. 沢田雅洋, 伊藤耕介, 山口宗彦, 宮本佳明, 簡易軸対称台風モデル CHIPS の台風強度予報誤差とその利用法, 日本気象学会 2015 年度秋季大会, 2015 年 10 月, 京都府京都市
 14. 金田幸恵, 和田章義, 西部北太平洋域における台風の強度特性と気象庁全球気候 20km モデルによる再現性: 統報 高解像度モデルで再現された強い台風の強度変化と内部コア構造, 日本気象学会秋季大会, 2015 年 10 月, 京都府京都市
 15. 嶋田宇大, 小山亮, 沢田雅洋, 原基, 先島諸島で一時的に再発達した 2015 年台風第 6 号の観測的研究, 日本気象学会 2015 年度秋季大会, 2015 年 10 月, 京都府京都市
 16. 和田 章義, 金田 幸恵, 2013 年台風第 18 号 (MAN-YI) の急発達に関する数値シミュレーション, 日本気象学会 2015 年度秋季大会, 2015 年 10 月, 京都府京都市
 17. 北島尚子, 櫻木智明, 沖縄近海を進む台風の構造と環境場の関係, 日本気象学会 2015 年度秋季大会, 2015 年 10 月, 京都府京都市
 18. 小山亮, 永田和彦, 川田英幸, 小出直久, ドボラック法及び AMSU による台風強度推定のコンセンサスの開発, 日本気象学会 2015 年度秋季大会, 2015 年 10 月, 京都府京都市
 19. 山口宗彦, アンサンブル手法と特異ベクトル法による台風予測技術の開発と研究, 日本気象学会 2015 年度秋季大会, 2015 年 10 月, 京都府京都市
 20. 石元裕史, 林昌宏, 増田一彦, 岡本創, 佐藤可織, OCA によるひまわり 8 号雲解析とライダー観測による氷晶モデルの推定, 日本気象学会 2015 年度秋季大会, 2015 年 10 月, 京都府京都市
 21. 和田章義, 沢田雅洋, 吉村裕正, 中野満寿男, 那須野智江, 大西領, 瀧上弘光, 川原慎太郎, 佐々木亙, 入口武史, 山口宗彦, 川合秀明, 新藤永樹, 竹内義明, 複数の次世代非静力学全球モデルを用いた高解像度台風予測実験, 日本気象学会 2015 年度秋季大会, 2015 年 10 月, 京都府京都市
 22. 石橋俊之, 全球大気解析における観測情報の拡充に向けて, 日本気象学会 2015 年度秋季大会, 2015 年 10 月, 京都府京都市
 23. 山口宗彦, 伊藤耕介, 台風の進路、強度、構造変化を対象とした機動観測, 「航空機観測による気候・地球システム科学研究の推進」研究集会, 2015 年 9 月, 名古屋
 24. 嶋田宇大, 山口宗彦, 青梨和正, 沢田雅洋, 大和田浩美, 小出直久, 加藤浩司, GSMaP で算出した台風の軸対称性と強度変化の関係についての調査, 2015 年度第 2 回 GSMaP 研究会, 2015 年 9 月, 京都府京都市
 25. 岡本幸三, 石井昌憲, 石橋俊之, 田中泰宙, Philippe Baron, 久保田拓志, 境澤大亮, 佐藤洋平, 蒲生京佳, 衛星搭載風ライダーを用いた気象予測の改善, 災害対策技術講演会 2015, 2015 年 6 月, 東京都小金井市
 26. 石橋俊之, 複数の OSSE 手法による仮想観測システムの評価 (3), 日本気象学会 2015 年度春季大会, 2015 年 5 月, 茨城県つくば市
 27. 金田幸恵, 和田章義, 坪木和久, 西部北太平洋域における台風の強度特性と気象庁全球気候 20km モデルによる再現性., 日本気象学会 2015 年度春季大会, 2015 年 5 月, 茨城県つくば市
 28. 和田章義, 2013 年台風第 30 号 (HAIYAN) の強度変化と TCHP, 日本気象学会 2015 年度春季大会, 2015 年 5 月, 茨城県つくば市
 29. 和田章義, 2013 年台風第 18 号 (MAN-YI) に伴う豪雨と海洋の関係, 日本気象学会 2015 年度春季大会, 2015 年 5 月, 茨城県つくば市
 30. 沢田雅洋, アンサンブル実験を用いた台風強度の水平解像度依存性の調査, 日本気象学会 2015 年度春季大会, 2015 年 5 月, 茨城県つくば市
 31. 岡本幸三, 青梨和正, 久保田拓志, 田島知子, 衛星搭載レーダーの同化に向けて (その 3) GPMcore/DPR の初期結果, 日本気象学会 2015 年度春季大会, 2015 年 5 月, 茨城県つくば市

32. 小山亮, 下地和希, 林昌宏, ラピッドスキャン上層 AMV の台風構造・強度解析での利用可能性, 日本気象学会 2015 年度春季大会, 2015 年 5 月, 茨城県つくば市
33. 嶋田宇大, 山口宗彦, 沢田雅洋, 青梨和正, 小出直久, 加藤浩司, Buck Sampson, Mark DeMaria, 台風強度予報ガイダンス開発における GPM 利用の可能性, 平成 2015 年度第 1 回 GSMaP 研究会, 2015 年 5 月, 茨城県つくば市
34. 岡本幸三, 青梨和正, 久保田拓志, 田島知子, GPM/DPR 反射因子に対する、JMA-NHM との比較と同化初期結果, GSMaP および衛星シミュレータ合同研究集会, 2015 年 3 月, 愛知県名古屋市
35. 沢田雅洋, IWTC8 参加報告, 台風セミナー2014, 2014 年 12 月, 東京都
36. 山口宗彦, 航空機による台風の「ツボ」の観測, 「航空機観測による大気科学・気候システム研究」研究集会, 2014 年 12 月, 東京都文京区
37. 青梨和正, 久保田拓志, 牛尾知雄, 重尚一, 妻鹿友昭, 山本宗尚, GPM マイクロ波放射計 (GMI) 用の降水リトリバルアルゴリズム, 日本気象学会 2014 年秋季大会, 2014 年 10 月, 福岡県福岡市
38. 岡本幸三, 青梨和正, 田島知子, 衛星搭載レーダの同化に向けて (その 2) TRMM/PR と GPMcore/DPR の利用, 日本気象学会秋季大会, 2014 年 10 月, 福岡県福岡市
39. 小田真祐子, 台風進路予報向上のための全球モデル用のアンサンブルに基づく変分法同化法の開発 (その 2), 日本気象学会 2014 年度秋季大会, 2014 年 10 月, 福岡県福岡市
40. 青梨和正, 折口征二, 岡本幸三, 雲解像モデル用の Neighboring Ensemble に基づく変分法同化法 (その 3), 日本気象学会 2014 年秋季大会, 2014 年 10 月, 福岡県福岡市
41. 山口宗彦, 2 週先までの熱帯低気圧活動予報のスキルの全球マップ, 日本気象学会 2014 年度秋季大会, 2014 年 10 月, 福岡県福岡市
42. 櫻木智明, 北島尚子, 北西太平洋における台風の急発達の統計調査, 日本気象学会 2014 年度秋季大会, 2014 年 10 月, 福岡県福岡市
43. 北島尚子, 徳野正己, 加藤浩司, 1980 年代の米軍航空機観測を用いたドボラック法の再調査, 日本気象学会 2014 年度秋季大会, 2014 年 10 月, 福岡県福岡市
44. 嶋田宇大, トロコイダル運動している T1215 の内部構造のレーダー解析, 日本気象学会 2014 年度秋季大会, 2014 年 10 月, 福岡県福岡市
45. 山口宗彦, 熱帯低気圧観測における航空機の利用, 日本気象学会第 42 回メソ気象研究会, 2014 年 10 月, 福岡県福岡市
46. 嶋田宇大, 和田章義, ドップラーレーダーによる T1215 のトロコイダル運動及びその内部構造の解析, 日本に接近する台風に関するワークショップ, 2014 年 10 月, 沖縄県西原町
47. 岡本幸三, 石井昌憲, Philippe Baron, 落合啓, 石橋俊之, 田中泰宙, 蒲生京佳, 高橋千賀子, 衛星搭載風ライダーの同化に向けて: 観測システムシミュレーション実験 (OSSE) を用いた数値予報インパクト調査, 第 32 回レーザセンシングシンポジウム, 2014 年 9 月, 岐阜県高山市
48. 和田章義, 台風 1330 号 (Haiyan) における大気海洋環境場の役割, 日本気象学会 2014 年度春季大会, 2014 年 5 月, 神奈川県横浜市
49. 山口宗彦, 観測データを用いたアンサンブルスプレッドとアンサンブル平均予報誤差の関係の診断, 日本気象学会 2014 年度春季大会, 2014 年 5 月, 神奈川県横浜市
50. 石橋俊之, 随伴演算子による観測データのインパクト評価とその応用 (続報), 日本気象学会 2014 年度春季大会, 2014 年 5 月, 神奈川県横浜市
51. 青梨和正, 折口征二, 岡本幸三, 台風進路予報のための領域非静力データ, 日本気象学会 2014 年度春季大会, 2014 年 5 月, 神奈川県横浜市
52. 青梨和正, 小山亮, 石橋俊之, 岡本幸三, 石元裕史, 小田真祐子, 次世代のマイクロ波イメージャ降水リトリバルアルゴリズム開発 (その 2), 日本気象学会 2014 年春季大会, 2014 年 5 月, 神奈川県横浜市

53. 石元裕史, 岡本幸三, 岡本創, 佐藤可織, 赤外サウンダ AIRS データの 1DVAR リトリーブから推定した北極域対流圏中上層の水蒸気場と CloudSat/CALIPSO 解析による雲情報との関係, 日本気象学会 2014 年度春季大会, 2014 年 5 月, 神奈川県横浜市
54. 北島尚子, 加藤輝之, 津口裕茂, 小山亮, 櫻木智明, 嶋田宇大, 台風 1318 号の発達とそれに伴う近畿地方の大雨の発生要因, 日本気象学会 2014 年度春季大会, 2014 年 5 月, 神奈川県横浜市
55. 和田章義, 数値シミュレーションによる台風発達の研究, 第 41 回メソ気象研究会, 2014 年 5 月, 東京都千代田区
56. 北島尚子, 日本付近の台風の構造変化, 第 41 回メソ気象研究会, 2014 年 5 月, 東京都千代田区

イ. ポスター発表

・国際的な会議・学会等 : 11 件

1. Oyama, R., Relationship between latent heating and tropical cyclone warm core structure analyzed using satellite-based products, Joint AMS 21st Satellite Meteorology, Oceanography and Climatology Conference and 20th AMS Conference on Air-Sea Interaction, 2016 年 8 月, アメリカ, マディソン
2. Shimada, U., M. Sawada, and H. Yamada, Observational study on RI of Typhoon Goni (2015) after eyewall replacement, 台風セミナー2016, 2016 年 8 月, 愛知県名古屋市
3. Okamoto, K., S. Ishii, P. Baron, K. Gamo, T. Ishibashi, T. Tanaka and T. Kubota, Observing system simulation experiment (OSSE) for future spaceborne Doppler wind lidar in Japan., Asia Oceania Geosciences Society 13th Annual Meeting (AOGS2016), 2016 年 8 月, 中国, 北京
4. Sawada, M., A. Wada, H. Yoshimura, M. Nakano, R. Onishi, S. Kawahara, H. Kawai, E. Shindo, T. Iriguchi, M. Yamaguchi, M. Sugi, T. Nasuno, W. Sasaki, H. Fuchigami, and Y. Takeuchi, Simulated Tropical Cyclone Intensity and Structure using high-resolution nonhydrostatic global model, JpGU meeting 2016, 2016 年 5 月, 千葉県
5. Wada, A., and M. Sawada, Numerical simulations of Typhoon Haiyan in 2013, JpGU meeting 2016, 2016 年 5 月, 千葉県
6. Okamoto, K., S. Ishii, P. Baron, T. Ishibashi, T. Y. Tanaka, T. Kubota, R. Oki, K. Gamo, Observing Simulation System Experiment (OSSE) of spaceborne Doppler wind lidar in Japan., SPIE Asia-Pacific Remote Sensing 2016, 2016 年 4 月, インド, ニューデリー
7. Wada, A, The relation of tropical cyclone heat potential to tropical cyclone intensity in the western North Pacific and the simulations by an atmosphere-wave-ocean coupled model, 2016 Ocean Sciences Meeting, 2016 年 2 月, アメリカ, ニューオーリンズ
8. Nasuno, T., H. Yamada, M. Nakano, H. Kubota, M. Sawada, and R. Yoshida, Controlling Factors of the Tropical Cyclone Genesis Over the Western North Pacific: A Case Study (TY0806) Using a Global Nonhydrostatic Model, Asia Oceania Geosciences Society 12th Annual Meeting (AOGS2015), 2015 年 11 月, シンガポール, シンガポール
9. Oyama, R., K. Shimoji, and M. Sawada, Use of upper-tropospheric Atmospheric Motion Vectors (AMV) for diagnosing tropical cyclone intensity, 第 6 回アジア・オセアニア気象衛星利用者会議, 2015 年 11 月, 東京都
10. Okamoto, K., K. Aonashi, S. Origuchi, and T. Tashima, Progress of assimilating space-borne precipitation radars, 4th International Symposium on Data Assimilation, 2015 年 2 月, 兵庫県神戸市
11. Okamoto, K., K. Aonashi, and T. Tashima, Towards the assimilation of space-borne precipitation radar in the ensemble-based variational scheme., 7th workshop of the International Precipitation Working Group, 2014 年 11 月, 茨城県つくば市

・国内の会議・学会等：18件

1. 大和田浩美, 下地和希, 野中健一, 小山亮, 沢田雅洋, ひまわり8号の領域3観測による台風周辺の気象追跡風データの利用, 日本気象学会2016年度春季大会, 2016年5月, 東京都渋谷区
2. 大和田浩美, 嶋田宇大, 山口宗彦, 沢田雅洋, 台風強度予報に向けた統計力学モデル SHIPS の開発, 日本気象学会2016年度春季大会, 2016年5月, 東京都渋谷区
3. 竹内義明, 沢田雅洋, 吉村裕正, 和田章義, 中野満寿男, 那須野智江, 大西領, 淵上弘光, 佐々木亘, 川原慎太郎, 山口宗彦, 入口武史, 杉正人, 川合秀明, 新藤永樹, 複数の次世代非静力学全球モデルを用いた高解像度台風予測実験, 平成27年度地球シミュレータ利用報告会, 2016年3月, 東京都港区
4. 小田真祐子, 台風進路予報向上のための全球モデル用のアンサンブルに基づく変分法同化法の開発(その3), 日本気象学会2015年度秋季大会, 2015年11月, 京都府京都市
5. 沢田雅洋, 台風の発達率と構造の関係に対する水平解像度依存性, 日本気象学会2015年度秋季大会, 2015年10月, 京都府京都市
6. 和田章義, 確氷典久, 台風や気象擾乱の発達に対する新しい表層海洋熱容量, 日本気象学会2015年度秋季大会, 2015年10月, 京都府京都市
7. 小山亮, 沢田雅洋, 下地和希, 上層気象追跡風を使用した台風の地上最大風速の診断, 日本気象学会2015年度秋季大会, 2015年10月, 京都府京都市
8. 櫻木智明, 北島尚子, SSMIS 輝度温度データを用いた台風強度推定法の開発, 日本気象学会2015年度春季大会, 2015年5月, 茨城県つくば市
9. 和田章義, 2013年台風第30号(ハイラン)の数値シミュレーション, 第12回環境研究シンポジウム, 2014年11月, 東京都千代田区
10. 沢田雅洋, 伊藤耕介, 宮本佳明, 山口宗彦, 軸対称台風モデル JCHIPS を用いた台風の強度予報実験, 日本気象学会2014年度秋季大会, 2014年10月, 福岡県福岡市
11. 小山亮, 和田章義, 2013年台風23号及び24号の発達期の構造変化の比較, 日本気象学会2014年度秋季大会, 2014年10月, 福岡県福岡市
12. 小田真祐子, 台風進路予報の精度向上のための全球モデル用のアンサンブルに基づく変分法同化法の開発(その1), 日本気象学会2014年度春季大会, 2014年5月, 神奈川県横浜市
13. 嶋田宇大, 北島尚子, ドップラーレーダーで5分毎に捉えたT1215の内部構造, 日本気象学会2014年度春季大会, 2014年5月, 神奈川県横浜市
14. 和田章義, 国井勝, NHM-LETKFを用いた台風0813号(Sinkaku)の予測可能性, 日本気象学会2014年度春季大会, 2014年5月, 神奈川県横浜市
15. 岡本幸三, 石井昌憲, Philippe Baron, 石橋俊之, 田中泰宙, 高橋千賀子, 蒲生京佳, 衛星搭載風ライダー(DWL)の観測システムシミュレーション実験(OSSE)その2, 日本気象学会2014年度春季大会, 2014年5月, 神奈川県横浜市
16. 北島尚子, 櫻木智明, TRMM/TMI 輝度温度データで分類した台風の構造, 日本気象学会2014年度春季大会, 2014年5月, 神奈川県横浜市
17. 小山亮, 衛星データを用いて解析されたT1324の発達期の構造変化, 日本気象学会2014年度春季大会, 2014年5月, 神奈川県横浜市
18. 小山亮, MTSAT ラピッドスキャン観測により得られた台風領域の上層風の精度検証, 日本リモートセンシング学会第56回(平成26年度春季)学術講演会, 2014年5月, 茨城県つくば市

報道・記事

北島尚子

- ・「異常気象と闘う(1) 強大な台風 正体に迫る」日本経済新聞、8月12日掲載

- ・台風第15号の特徴について、毎日新聞福岡本部、8月26日掲載
- ・台風第15号の解析に関する報道発表について、読売新聞、9月29日対応
- ・台風第15号の解析に関する報道発表と台風第21号による暴風について、NHK、9月29日放送
- ・台風第21号による与那国島の強風、日本テレビ「スッキリ!!」、10月1日放送

和田 章義

- ・「強力台風、繰り返す？ 史上最強クラスの8号接近」日本経済新聞（電子版）、2014年7月7日掲載

和田 章義・北島尚子・小山亮

- ・「台風発達 予測に挑む」日本経済新聞、2014年9月7日掲載

和田 章義・北島尚子・山口宗彦・小山亮

- ・「NHKスペシャル 巨大災害 MEGA DISASTER 地球大変動の衝撃 第2週 スーパー台風 “海の異変” の最悪シナリオ」NHK、2014年8月31日放送

山口宗彦

- ・台風の航空機観測に関して取材対応（朝日テレビ・報道ステーション、8月27日）
- ・世界気象機関からの感謝状：THORPEX 活動への貢献、2014年11月17日
- ・日本気象学会正野賞：アンサンブル手法と特異ベクトル法による台風予測技術の開発と研究、2015年10月29日
- ・海外での台風研究について（NHK・メガディザスター、2015年4月6日）
- ・台風の航空機観測について（TBS・NEWS23、2015年4月22日）
- ・台風の全般的なはなし（TBS・NEWS23、2015年7月13日）
- ・衛星解析と全球アンサンブル予報を利用した台風発生予報について、時事通信、記事掲載有り（平成28年5月17日）
- ・衛星解析と全球アンサンブル予報を利用した台風発生予報について、毎日新聞、記事掲載有り（平成28年5月19日）
- ・台風の航空機観測について、NHK、放映無し（平成28年6月6日）
- ・台風の航空機観測について、TBS(NEWS23)、放映無し（平成28年6月16日）
- ・衛星解析と全球アンサンブル予報を利用した台風発生予報について、東京新聞、記事掲載有り（平成28年7月1日）
- ・台風の全般的なはなし、および2016年台風第1号の発生が遅いことについて、TBS ラジオ（久米宏ラジオなんですけど）、生放送（平成28年7月23日）
- ・台風の全般的なはなし、および2016年台風第1号の発生が遅いことについて、J-WAVE ラジオ（TOKYO MORNING RADIO）、生放送（平成28年8月2日）
- ・立て続けに発生した台風の発生要因と進路のメカニズムについて、NHK ニュースウォッチ9、放映有り（平成28年8月23日）

a5 大気境界層過程の乱流スキーム高度化に関する研究

研究年次：3年目／5年計画（平成26年度～平成30年度）

研究代表者：毛利英明（環境・応用気象研究部 第五研究室長）

研究担当者

藤枝 鋼、北村祐二、川端康弘（環境・応用気象研究部）、伊藤純至¹⁾（予報研究部）、保坂征宏（気候研究部）、小野木茂、守永武史²⁾（測器センター）、米原 仁（気象庁予報部）、西澤誠也³⁾、萩野谷成徳（客員）

研究の目的

気象庁数値予報モデル高度化に向けた大気境界層過程の次世代サブグリッド乱流スキーム開発の指針を得る。

研究の目標

大気境界層乱流の「グレイゾーン」における空間構造の特性や運動量・熱・水輸送等の統計則を①数値計算②風洞実験③野外観測から明らかにする。

- ①気象研LESを用いて大気安定度等の条件を変えて境界層乱流の数値計算を行い、データベースを構築して解析する。必要に応じて計算手法の改良も行う。
- ②気象研風洞において安定度等の条件を変えて境界層乱流の実験を行い、データベースを構築して解析する。必要に応じて数値計算検証用データの取得や実験・観測技術の開発も行う。
- ③気象研露場において接地気象観測装置やPIV装置を用いて運動量・熱・水などの乱流輸送について通年連続観測を行いデータベースを構築して解析する。必要に応じて気象研鉄塔等の観測データも解析する。

得られた知見を総合的に検討して「グレイゾーン」に適した大気境界層過程の次世代サブグリッド乱流スキームを開発する方向性を見出す。

研究の現状

（1）進捗状況

①数値計算・②風洞実験・③野外観測の各分野において、データベースの構築や実験・観測手法の検討が完了したのを受けて本格的な研究を開始し、研究成果が順調に蓄積されつつある。

- ①気象研LESを用いて安定・不安定な境界層乱流の数値計算データベースを構築し、解像度への依存性に着目して解析を行い「グレイゾーン」用の乱流スキームを提案した。現在は同スキームを気象庁asucaに実装して評価試験を実施中である。
- ②気象研風洞において安定・不安定な境界層乱流における流速・温度等の測定を実施している。粗視化長ひいては解像度への依存性に着目した解析を行い、現在は「グレイゾーン」用の乱流スキームを検証する手法について検討中である。
- ③気象研露場に超音波風速温度計と赤外線水蒸気濃度計を整備し、機器の調整や予備観測を経て渦相関法による運動量・顕熱・潜熱の乱流輸送量の測定を開始した。現在は既存の蒸発散測定装置も併用して様々な安定度状態におけるデータを集積中である。

（2）これまで得られた成果の概要

本研究課題からは、大気境界層乱流の解明に資する知見がすでに得られ、以下のとおり論文として発表している。

¹⁾ 平成26年度は客員研究員、²⁾ 平成28年度から、³⁾ 平成27年度から

- ①気象研LESによる大気境界層乱流の研究および計算手法の検討について論文として発表した成果：
- ・大気境界層の「グレイゾーン」に対応した乱流スキームを、LES用の乱流スキームを拡張することにより構築して提案した(査読論文3)。
 - ・平均風が存在しない自由対流の極限においても解像度に関係なく地表面からの熱輸送量を評価できる手法を提案し、気象研LESを用いた数値計算で妥当性を確認した(査読論文5)。
 - ・乱流散逸率を小スケールで粗視化した場合に従うべき新たな統計則を提案し、既存の数値計算の結果を良く説明することを確認した(査読論文8)。
 - ・大気境界層の「グレイゾーン」における乱流スキームで使用する混合長について、その解像度依存性を診断するための新たな手法を提案した(査読論文9)。
- ②気象研風洞における境界層乱流の研究および実験・観測技術の開発について論文として発表した成果：
- ・気象研風洞において千葉大学等が開発した小型LEDライダーの性能試験を行い、同ライダーが風速1m/sにおいて分解能1mを有することを確認した(査読論文4)。
 - ・風洞実験などから見出された中立な境界層乱流の流速分散が高度の対数関数に従う傾向について、この対数則が統計学的な議論から導出できることを明らかにした(査読論文6)。
 - ・気象研風洞において拡散実験を実施し、現地観測との比較から、森林キャノピー内で大気汚染物質が拡散し樹木や地表に吸着する過程を明らかにした(査読論文7)。
 - ・気象研風洞において得られた中立な境界層乱流の流速データから、乱流の運動エネルギーが粗視化されても対数正規分布に従い顕著に揺らぐことを見出し、分布則の起源を統計学的な議論から明らかにした(査読論文10)。
- ③気象研露場等における大気境界層乱流の野外観測について論文として発表した成果：
- ・気象官署の現業データを解析して突風率から地表面粗度の長期変化を明らかにした(査読論文12)。
 - ・気象研露場において過去10年間にわたり得られた観測データを解析して、顕熱・潜熱の乱流輸送量に、植生が大きな影響を与えていることを明らかにした(査読論文13)。
 - ・気象研風洞において野外観測用PIV装置を開発し、その性能を気象研露場における接地境界層乱流の観測で確認した(査読論文14)。
 - ・気象研铁塔において得られた風速時系列データのウェーブレット解析を行い、大規模な乱流構造が大気境界層における運動量の輸送等に大きく寄与していることを明らかにした(査読論文16)。

(3) 当初計画からの変更点（研究手法の変更点等）

- ②第1年度と第2年度に、本庁観測課の技術開発課題「低木植栽等周辺環境と露場内微気象に関する調査」(H26-H27)の一環として、地上気象観測環境に関する実験を気象研風洞で実施した(「3(3)成果の施策への活用」も参照)。この期間に予定していた中立な境界層の実験については、既存データの検討も含めた理論的研究で代替した(査読論文1と6)。必要が生じた場合は今年度以降に行う実験・観測で得られたデータを用いて検証を行う予定である。

(4) 成果の他の研究への波及状況

- ②気象研風洞において得られた実験データを課題A1(高分解能モデルの検証)に提供した。
 ③気象研露場において得られた観測データを課題A2(GPSによる土壌水分観測)、C1(陸面過程)、C8(観測環境)に提供した。

今後の研究の進め方

来年度までは①数値計算②風洞実験③野外観測の各分野で研究を進め、最終年度に追加計算・追加実験・追加観測と全体の取りまとめを行う。なお今年度後半から来年度における各分野での研究の概略は以下の通りである：

- ①「グレイゾーン」用乱流スキームを実装した気象庁asucaを用い、様々な解像度において安定・不

安定な大気境界層乱流の数値計算を実施する。気象研LESを用いた高解像度の数値計算の結果とも比較検討し、同スキームの改良を進める。

- ②気象研風洞において、安定・不安定な境界層乱流について流速・温度の時系列データを取得する。安定度ごとに時系列データから乱流速度・温度場の空間相関を解析し、乱流スキーム検証用の実験的知見として整理する。
- ③気象研露場において、超音波風速計や赤外線水蒸気濃度計等を用いて、運動量・顕熱・潜熱輸送量の時系列データを集積する。安定度ごとに時系列データから乱流速度・温度場の空間相関を解析し、乱流スキーム検証用の観測的知見として整理する。

とくに①数値計算については数値予報課の関係者と連絡を取りつつ実施し、進捗状況に応じて課題A1の担当者とも情報を共有していく予定である。

研究成果及びその活用に関する意見（中間評価の総合所見）

本研究課題については、気象研究所研究課題評価委員会において中間評価を実施した。中間評価の総合所見については、269 ページを参照。

成果発表一覧

（1）査読付き原著論文：16件

1. Mouri, H., 2017: Two-point correlation in wall turbulence according to the attached-eddy hypothesis. *Journal of Fluid Mechanics*, 投稿中
2. 萩野谷成徳, 2017: 気圧日変化と地形特徴. *天気 (論文)*, 投稿中
3. Kitamura, Y., 2016: Improving a turbulence scheme for the terra incognita in a dry convective boundary layer. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, **94**, 491-506.
4. Shiina, T., S. Yamada, H. Senshu, N. Otobe, G. Hashimoto, and Y. Kawabata, 2016: LED minilidar for Mars rover. *Proceedings of SPIE*, 10006, 0F.
5. Kitamura, Y., and J. Ito, 2016: Revisiting the bulk relation for heat flux in the free convection limit. *Boundary-Layer Meteorology*, **158**, 93-103.
6. Mouri, H., 2015: Mathematical model for logarithmic scaling of velocity fluctuations in wall turbulence. *Physical Review E*, **92**, 063003.
7. Ichikawa, Y., S. Mukai, M. Nishimoto, H. Mouri, and A. Hori, 2015: Analysis of Air Purification in a Woodland by Field Observation and Wind Tunnel Experiment. *International Journal of Environmental Pollution and Remediation*, **3**, 33-41.
8. Mouri, H., 2015: Log-stable law of energy dissipation as a framework of turbulence intermittency. *Physical Review E*, **91**, 033017.
9. Kitamura, Y., 2015: Estimating dependence of the turbulent length scales on model resolution based on a priori analysis. *Journal of the Atmospheric Sciences*, **72**, 750-762.
10. Mouri, H., 2015: Lognormality observed for additive processes: application to turbulence. *emergence, complexity and computation*, **14**, 109-114.
11. Lin, Y., T. Ichinose, R. T. Wu, Y. Yamao, H. Mouri, and R. V. Rivera-Virtudazo, 2014: An Experimental Study on Exploring the Possibility of Applying Artificial Light as Radiation in Wind Tunnel. *日本ヒートアイランド学会論文集*, **9-2**, 108-112.
12. 萩野谷成徳, 2015: 突風率から推定した地表面粗度の長期変化. *天気 (論文・短報)*, **62**, 17-27.
13. 甲斐智博, 萩野谷成徳, 2014: 草地における地表面熱収支の季節変化及び植生の影響, *天気*, **61**, 777-784.
14. 小野木茂, 萩野谷成徳, 堀晃浩, 八木俊政, 毛利英明, 2014: 汎用デジタルカメラを使用した野外PIV撮影技術. *日本風工学会論文集*, **39**, 63-66.
15. 片岡浩人, 田村哲郎, 又吉直樹, 毛利英明, 2014: LESによる都市キャノピー内外の風の乱流構造の予測. *第23回 風工学シンポジウム論文集*, 535-540.

16. Horiguchi, M., T. Hayashi, A. Adachi and S. Onogi, 2014: Stability Dependence and Diurnal Change of Large-Scale Turbulence Structures in the Near-Neutral Atmospheric Boundary Layer Observed from a Meteorological Tower. *Boundary-Layer Meteorology*, **151**, 221-237.

(2) 査読論文以外の著作物（翻訳、著書、解説等）：3件

1. Shiina, T., S. Yamada, H. Senshu, N. Otobe, G. Hashimoto, and Y. Kawabata, 2016: LED-powered mini-lidar for martian atmospheric dust studies. *SPIE Newsroom*.
2. 細道晶子, 河野沙恵子, 梅原賢之, 小野木茂, 萩野谷成徳, 毛利英明, 2016: 気象官署の周辺に存在する樹木列が気温の観測値に及ぼす影響に関する風洞実験の報告. *測候時報*, **83**, 39-46.
3. 細道晶子, 河野沙恵子, 梅原賢之, 小野木茂, 萩野谷成徳, 毛利英明, 2016: 露場周囲の低木植栽が気温の測定に及ぼす影響に関する風洞実験の報告. *測候時報*, **83**, 33-38.

(3) 学会等発表

ア. 口頭発表

・国際的な会議・学会等：9件

1. Kawano, K., K. Aranami, T. Hara, K. Matsubayashi, M. Sakamoto, and Y. Kitamura, Improving computational stability with time-splitting of vertical advection considering 3-dimensional CFL condition, The 4th International Workshop on Nonhydrostatic Numerical Models, 2016年12月, 箱根町
2. Kitamura, Y., A LES Based Parameterization Scheme for the Terra Incognita in a Planetary Boundary Layer, 22nd Symposium on Boundary Layers and Turbulence, 2016年6月, アメリカ, ソルトレイク・シティ
3. Sakamoto, M., J. Ishida, K. Aranami, K. Kawano, K. Matsubayashi, T. Hara, H. Kusabiraki, T. Ito, and Y. Kitamura, Development of a Hexagonal Yin-Yang Grid Global Model: AGHEXA, The Workshop on Partial Differential Equations on the Sphere, 2015年10月, 韓国, ソウル
4. Kitamura, Y., Developing a parameterization scheme for the gray zone in the atmospheric boundary layer, International WS Issues in downscaling of climate change projection, 2015年10月, 茨城県つくば市
5. Mouri, H., Log-stable law of energy dissipation rate for turbulence intermittency, 15th European Turbulence Conference, 2015年8月, オランダ, デルフト
6. Lin, Y., T. Ichinose, Y. Yamao, and H. Mouri, Wind tunnel experiment on the Influence of approaching wind direction on flow field under wall surface heating and low wind velocity conditions, 9th International Conference on Urban Climate, 2015年7月, フランス, トゥールーズ
7. Kitamura, Y., Estimation of the turbulent length scale across terra incognita with its application to a convective boundary layer, 3rd International Workshop on Nonhydrostatic Numerical Models, 2014年9月, 兵庫県神戸市
8. Mouri, H., Lognormality observed for additive processes: application to turbulence, 2014 Interdisciplinary Symposium on Complex Systems, 2014年9月, イタリア, フィレンツェ
9. Sakamoto, M., J. Ishida, K. Kawano, K. Matsubayashi, K. Aranami, T. Hara, H. Kusabiraki, C. Muroi, and Y. Kitamura, Development of Yin-Yang Grid Global Model Using a New Dynamical Core ASUCA, The Workshop on Partial Differential Equations on the Sphere, 2014年4月, アメリカ, ボルダー

・国内の会議・学会等：16件

1. 北村祐二, 西澤誠也, 移流項の差分化によって生じるエネルギー散逸率の推定, 日本流体力学会年会 2016, 2016年9月, 愛知県名古屋市

2. 椎名達雄, 千秋博紀, 乙部直人, はしもとじょーじ, 川端康弘, ローバ搭載用 LED ミニライダーによるダストの挙動観測, 第 60 回宇宙科学技術連合講演会, 2016 年 9 月, 北海道函館市
3. Senshu, H., S. Yamada, T. Shiina, N. Otobe, G. Hashimoto, K. Umetani, and Y. Kawabata, Development of short-range LIDAR for future Mars landing mission, 日本地球惑星科学連合 2016 年大会, 2016 年 5 月, 千葉県千葉市
4. 北村祐二, 西澤誠也, 移流項の差分化によって生じるエネルギー散逸率の推定, 日本気象学会 2016 年度春季大会, 2016 年 5 月, 東京都渋谷区
5. 米原仁, 北村祐二, 気象庁全球モデルにおける EDMF 型境界層スキームの開発, 日本気象学会 2016 年度春季大会, 2016 年 5 月, 東京都渋谷区
6. 乙部直人, 山田園子, 椎名達雄, 千秋博紀, はしもとじょーじ, 梅谷和弘, 川端康弘, 地上/火星用 小型 LIDAR の開発と風洞試験, 日本気象学会 2016 年度春季大会, 2016 年 5 月, 東京都渋谷区
7. 毛利英明, 壁乱流における流速変動の対数則について, 日本物理学会第 71 回年次大会, 2016 年 3 月, 宮城県仙台市
8. 山田園子, 椎名達雄, 千秋博紀, 乙部直人, はしもとじょーじ, 川端康弘, MAV 搭載用超小型 LED ライダーの作製と評価, 電子情報通信学会光エレクトロニクス研究会, 2016 年 2 月, 沖縄県那覇市
9. 川端康弘, 萩野谷成徳, 気象研究所で長期観測した地表面熱フラックス, 日本気象学会 2015 年度秋季大会, 2015 年 10 月, 京都府京都市
10. 萩野谷成徳, 川端康弘, 小野木茂, 桑形恒男, 小野圭介, 石郷岡康史, 気象研究所露場で観測したフラックスの空間代表性, 日本気象学会 2015 年度秋季大会, 2015 年 10 月, 京都府京都市
11. 北村祐二, 乱流長さの解像度依存性の推定と大気境界層への適用, 日本流体力学会年会, 2015 年 9 月, 東京都
12. 市川陽一, 向井駿介, 西堀大貴, 毛利英明, 川端康弘, 堀晃浩, 都市と森のキャノピー層内の大気拡散 (5) 樹木形状の影響, 第 56 回大気環境学会年会, 2015 年 9 月, 東京都新宿区
13. 毛利英明, 壁乱流における流速変動の対数則について, 研究会「乱流を介在した流体现象の数理」, 2015 年 7 月, 京都府京都市
14. 藤枝綱, 日本国内における地表面付近の下向き長波長放射量推定に関する評価, 日本気象学会 2014 年度秋季大会, 2014 年 10 月, 福岡県福岡市
15. 北村祐二, 伊藤純至, 数値モデルで診断される地表面熱フラックスの水平解像度依存性, 日本気象学会 2014 年度秋季大会, 2014 年 10 月, 福岡県福岡市
16. 北村祐二, 混合距離の非等方性を考慮した境界層乱流モデルの構築, 日本気象学会 2014 年度春季大会, 2014 年 5 月, 神奈川県横浜市

イ. ポスター発表

・国際的な会議・学会等 : 5 件

1. Kitamura, Y. and Nishizawa, S., Estimating the energy dissipation rate derived from discretization of the advection term, 2016 AGU Fall Meeting, 2016 年 12 月, アメリカ, サンフランシスコ
2. K. Umehara, A. Hosomichi, S. Kawano, and H. Mouri, Field experiments to determine the effects of boundary fences on temperature observation, Technical Conference on Meteorological and Environmental Instruments and Methods of Observation (CIMO TECO 2016), 2016 年 9 月, スペイン, マドリード
3. Kitamura, Y., Developing a parameterization scheme for the gray zone of the atmospheric boundary layer, AGU Fall Meeting, 2015 年 12 月, アメリカ, サンフランシスコ
4. Ichikawa, Y., S. Mukai, D. Nishibori, H. Mouri, Y. Kawabata, and A. Hori, Influence of the shape of trees on atmospheric dispersion in a forest, The 13th International Conference on Atmospheric Sciences and Applications to Air

Quality , 2015 年 11 月, 兵庫県神戸市

5. Lin, Y., T. Ichinose, R. Wu, Y. Yamao, H. Mouri, and R. V. Rivera-Virtudazo, An Experimental Study on Exploring the Possibility of Applying Artificial Light as Radiation in Wind Tunnel, 9th International Conference on Urban Climate, 2015 年 7 月, フランス, トゥールーズ

・国内の会議・学会等 : 7 件

1. 藤枝鋼, 日本国内における地表面付近の下向き長波長放射量推定法の改良(その2), 日本気象学会 2016 年度秋季大会, 2016 年 10 月, 愛知県名古屋市
2. 萩野谷成徳, 気象データの特別長期平均と地形特徴, 日本気象学会 2016 年度春季大会, 2016 年 5 月, 東京都渋谷区
3. 川端康弘, 萩野谷成徳, 気象研構内における長期地上気象観測と地表面エネルギー輸送, 第 13 回環境研究シンポジウム, 2015 年 11 月, 東京都
4. 藤枝鋼, 日本国内における地表面付近の下向き長波長放射量推定法の改良, 日本気象学会 2015 年度秋季大会, 2015 年 10 月, 京都府京都市
5. 萩野谷成徳, 気圧日変化と地形特徴, 日本気象学会 2015 年度春季大会, 2015 年 5 月, 茨城県つくば市
6. 川端康弘, 萩野谷成徳, 大気-地表面間におけるエネルギー輸送, 日本気象学会 2014 年度秋季大会, 2014 年 10 月, 福岡県福岡市
7. 萩野谷成徳, 小野木茂, 館野の鉄塔データから推定した粗度長の長期変動(2), 日本気象学会 2014 年度秋季大会, 2014 年 10 月, 福岡県福岡市

(4) 投稿予定論文 : 1 件

1. 藤枝鋼, 日本国内における昼間の地表面付近の大気放射量推定法, 気象研究所研究報告

報道・記事

なし

B1 緊急地震速報の予測手法の高度化に関する研究

研究年次：3年目／5年計画（平成26年度～平成30年度）

研究代表者：干場充之（地震津波研究部 第三研究室長）

課題構成及び研究担当者：

副課題名1 震度予測精度の向上

干場充之、古舘友通、小寺祐貴¹⁾、小木曾仁（地震津波研究部）、青木重樹、山田安之²⁾、足達晋平³⁾、林元直樹⁴⁾、齋藤潤³⁾（気象庁地震火山部）

副課題名2 長周期地震動の予測

干場充之、古舘友通、林元直樹²⁾、小寺祐貴³⁾、小木曾仁（地震津波研究部）、青木重樹、小上慶恵²⁾、久保剛太³⁾、山本 麦³⁾（気象庁地震火山部）

研究の目的

緊急地震速報の精度向上・迅速化、および長周期地震動への拡張が求められている。そこで、近年の観測網の増強やリアルタイム化に対応した手法を構築することで精度向上と迅速化に結び付けるとともに、長周期地震動までを含めた様々な周期での地震動即時予測へ拡張する技術を開発する。

研究の目標

（副課題ごとの目標）

副課題1の目標

現在、緊急地震速報に用いられる観測点からの通信は徐々に強化されており、震度や最大振幅など波形の代表値のみでなく、地震波形データそのものをリアルタイムで送り出す観測点数も増加している。さらに、海域での多点観測網も新たに展開され始めている。これにより、地震動の分布をリアルタイムで把握することが可能となっており、今回の計画ではこれらの多点観測点のリアルタイムデータを最大限活用する手法の開発を狙う。

具体的には、観測震度に対して予測震度が概ね震度差1以内に収まる精度を目指す。また、震源位置やマグニチュードが決まっていない段階においても震度予測ができる迅速性・堅牢性の向上も目指す。これらの予測手法は、現場への応用を考慮し、実時間よりも早く計算が行えるようにする。

副課題2の目標

地震波は周期帯によりその振舞が異なり、震度（比較的短周期の波、加速度でおよそ1～2秒くらいが中心）で得られた経験的な予測手法がそのまま適用可能とは限らない。短周期の波に比べて長周期の波は比較的遠方まで伝わりやすく、また、地盤の増幅特性も周期によって異なる（短周期は観測点直下、長周期は盆地や平野といった大きな構造によることが多い）。震度の大きい地域が、そのまま、長周期の揺れが大きいとは限らない。

これまでの研究において、震度を対象とした予測手法や地盤増幅特性等を検討してきた。今回の計画では、これらに加えて、長周期まで（およそ10秒程度）の様々な揺れの予測に対応できるように拡張・強化する。

研究の現状

（1）進捗状況

本研究課題での2つの副課題について、開発した手法を実データに適用し、その有効性を確認しながら進めており、下記に述べるように順調に進展している。

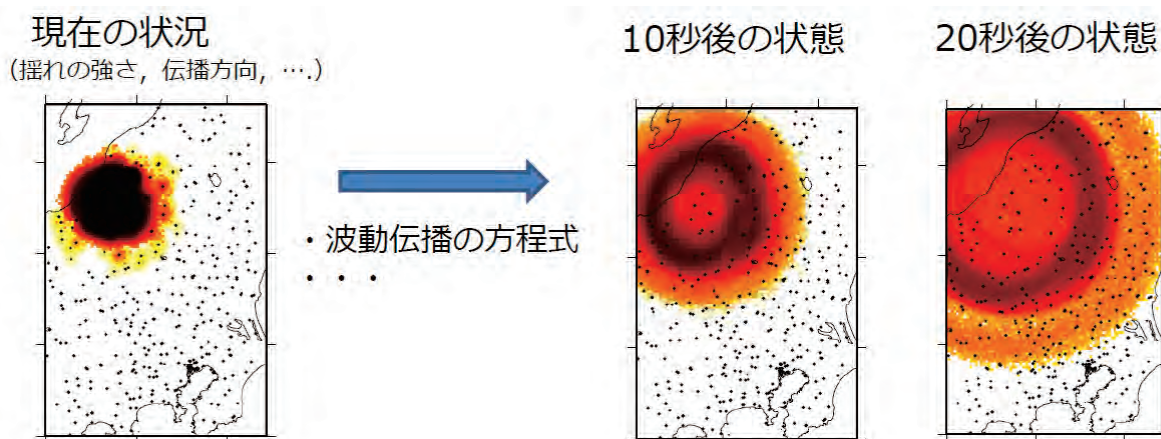
¹⁾ 平成26-27年度は気象庁地震火山部所属、²⁾ 平成27年度まで、³⁾ 平成28年度から、⁴⁾ 平成26-27年度は地震津波研究部所属

(2) これまで得られた成果の概要

現在の緊急地震速報で用いられている“震源とマグニチュードの早期決定”という考え方に加えて“揺れから揺れを予測する”という考え方(図1)で研究を進めている。これは、データ同化手法を用いて揺れの分布の現状を正確に把握し、波動伝播の物理を用いて未来の波動場を予測するものである。これにより、これまで以上の精度や堅牢性、迅速性が得られる見通しを得ており、そして、速度構造、散乱・減衰構造をとり入れることで、さらに早い段階で精度よく予測できることを示した。また、強震入力時の海底地震計の挙動とその対策や、地震動の伝播方向をリアルタイムで推定することの考察を進めている。“揺れから揺れを予測する”という考え方は長周期地震動に対しても十分に適用できる。

図 1

目指している予測手法のイメージ “揺れから揺れの予測” 【揺れの数値予報】



気象における「数値予報」のような、【揺れの数値予報】の確立を目指す。現在の実況を把握し、波動伝播の物理に則った未来予測を行うことで、震源とマグニチュードの早期決定に依存しない、より迅速・堅牢な手法を構築する。

副課題 1

2011年東北地方太平洋沖地震に加え、2004年新潟県中越地震(M6.8)やその最大余震(M6.5)、2011年栄村の地震(M6.7)、2016年熊本地震(M6.5, 7.3)等で観測された実波形データに適用し、散乱・減衰構造の導入を行うなど予測モデルの改良を行った。その結果、一様構造を用いた場合と比べて、遠い未来においても、正確な構造モデルを用いれば予測震度が概ね震度差1以内に収まる精度で行えることを確認した(図2)。また、現在業務への導入が検討されているPLUM法(本研究課題の手法の簡易版に相当する。伝播方向や距離減衰が入っていない簡易手法のため10秒以上遠い未来の予測には向かない)を熊本地震(M6.5, 7.3)のデータに適用したところ、複数地震同時発生時にも安定した予測を行うこと、さらに、気象庁地震津波検知網(全国で約270観測点)に気象庁震度計網(約400点)を加える効果などにより、おおよそ2~4秒早めることができること、を確認した。

地震波は地盤の状態(硬いか軟らかいか)によって増幅が異なる。精度の良い震度予測には、地盤の増幅特性の把握が鍵となる。この地盤の増幅特性の推定を進め、ほぼ全国の観測点で、周波数依存性を考慮した増幅特性をリアルタイムで補正できるフィルターを設計した(気象庁検知網と震度計網、防災科研K-NETとKiK-netの2743観測点)。また、従来手法における正確なマグニチュード推定のため、海底地震計の管体の回転など強震入力時の挙動の解析を進めた(回転がおこると、加速度波形のゼロ点がずれ、変位波形に変換すると見かけ上の大振幅が現れる)。その結果、上下動成分には管体の回転の影響が比較的現れにくいこと、また、地盤の増幅特性の地域性が(水平動に比べて)比較的小さいこと、が分かった。この知見を、防災科研で整備した海底地震計網(S-net; 近い将来、緊急地震速報に利用される予定)のデータに適用しながら、精度の良いマグニチュード

推定の解析を進めている。

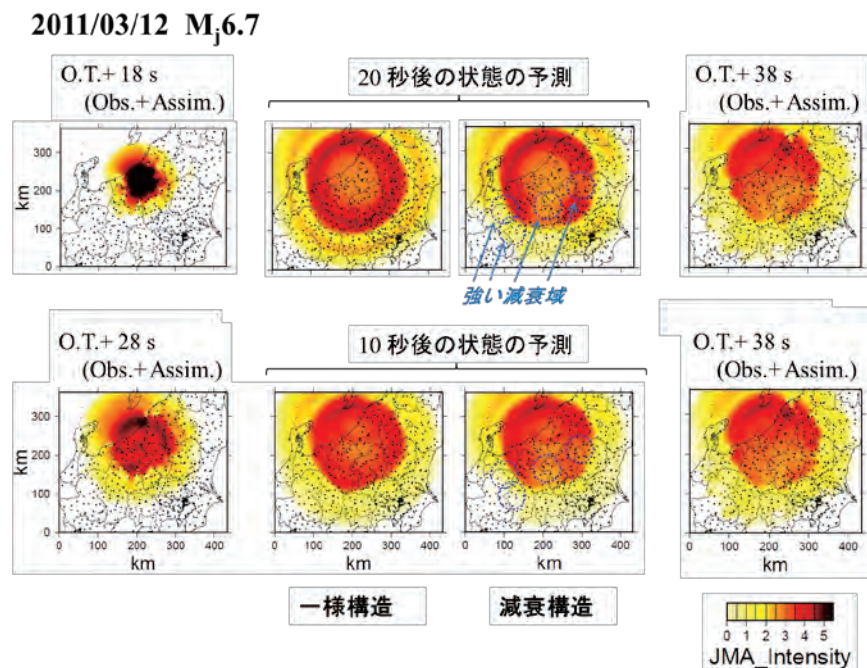
震度予測の迅速化と精度向上のため、上記手法をリアルタイムで処理すべく、環境の構築を進めている。加速度波形データやリアルタイム震度を表示するプログラム等の改良を進めている。

地震波の到来方向を実測することを目指して、気象研究所構内でアレイ観測を行っている。到来方向が実測できれば、(揺れの分布から推定するよりも)さらに迅速化と精度向上が期待でき、特に離島や岬の先端といった観測網が疎のところでは効果が大きい。現在、到来方向をリアルタイムで推定する手法を試みている(現時点では、オフライン処理)。この推定には直下の構造の補正が必要であることを見出した。

副課題 2

地盤の増幅特性について、長周期地震動への応用を念頭に置きつつ周期 10 秒までの周波数依存性の推定を行い、全国の観測点についてリアルタイム補正できる様にフィルターの形に変換することを進めた。これにより、(副課題 1)の方法を周期 10 秒くらいまでに拡張できる目途がついた。2011 年東北地方太平洋沖地震 (M9.0)、2003 年十勝沖地震 (M8.0) 等に適用し効果を確認した。ただし、巨大な盆地構造での地震動の継続時間は、長周期になるほど、予測よりも長くなりやすく、盆地周辺では後続波で振幅予測がやや過大になる傾向があることを見出した。

図 2



2011 年 3 月 12 日栄村の地震 (M:6.7) での予測

- (上) 震源時 (O.T.) +18 秒の時点での揺れの分布 (データ同化後) と、その 20 秒後の状態の予測 (一様な減衰構造と不均質な構造の場合)、および、O.T.+38 秒の実際の揺れの分布 (データ同化後)。
 (下) O.T.+28 秒の揺れの分布と、その 10 秒後の状態の予測。不均質な構造では、青点線内で比較的減衰が強い、と仮定している。関東地方での予測を見ると、一様構造での予測では、方向依存性が未だあまりはっきりしない段階でも、不均質な構造では、霞ヶ浦の方向に強い揺れが向かうことを予測している。

(3) 当初計画からの変更点 (研究手法の変更点等)

なし

(4) 成果の他の研究への波及状況

本研究計画で開発している手法では、地震波の速度構造や散乱・減衰構造の推定精度が震度の予測精度を左右する。地震波の速度構造や散乱・減衰構造の推定を行っているグループ（他機関）と共同して、競争的外部資金により進めている。このように本研究課題は、散乱・減衰構造や速度構造を求める研究に新たな動機を与えている。

ヨーロッパ連合を中心とした地震減災研究プロジェクト(Real time EArthquake risK reduction、REAKT、2011~2014)に、気象庁の代表として参加した。このプロジェクトの会議や、また、韓国地質資源研究所、欧州地震学とジオダイナミクスセンター、中国国家地震局、ユネスコから、緊急地震速報の現状の報告とともに本研究計画で開発している手法に関する講演依頼があるなど、地震動即時予測の新しい考え方として広まりつつある。

今後の研究の進め方

現場への活用を意識し、震源とマグニチュードの早期決定という従来の考え方に加えて、揺れから揺れを予測するという考え方をさらに進めていく。

副課題 1

- ①現時点での波動伝播の計算手法では、簡単化のために種々の近似を用いており、近い未来の予測では十分に精度があるものの、遠い未来の予測になると現実と合わなくなる可能性がある。散乱・減衰構造、速度構造の正確な事前推定が、より遠い未来までの予測精度向上の鍵となる。
- ②計算の速度をさらに高めることができれば、より現実に近い仮定での地震動波形の予測の計算を行うことができ、精度向上や迅速化に結びつくこと期待される。並列化などの計算速度向上を検討する。
- ③これまでの計算では、揺れの分布の実況を把握する中で波動の伝播方向を推定している。もし、伝播方向が実測量として把握できれば、また、さらに、波の種類（P波かS波か？）とともに波線の推定（入射角）も観測量として分かれば、予測精度の向上に結びつく。アレイ観測や処理技術等の改良を通じて、これらをリアルタイムで推定する手法と、それらを揺れの分布の実況把握の中で有効に活用することが重要となる。
- ④既設の海底地震計に加えて、現在、他機関により新たな展開が進んでおり、これらも緊急地震速報の迅速化／精度向上に有効であると思われる。しかし、海底地震計で得られた波形を解析した例はあまり多くなく、海底での地盤増幅特性や海底地震計特有の挙動など未解明である部分も多い。海底地震計のデータを地震動即時予測に有効に取り入れられるように検討を進める。

副課題 2

- ①震度を予測する緊急地震速報に加えて、長周期地震動まで含む様々な周期での地震動即時予測が行えるようにする。（副課題1）で進めている手法を、周期による伝播の相違を考慮しながら様々な周期に対応できる枠組みを構築する。
- ②実データへの適用を進め、盆地構造が引き起こす効果について解析を進めるなど、様々な周期帯での予測精度等の検討を進める。

研究成果及びその活用に関する意見（中間評価の総合所見）

本研究課題については、気象研究所評議員会評価分科会（地震火山津波分野）において中間評価を実施した。中間評価の総合所見については、259ページを参照。

成果発表一覧

(1) 査読付き原著論文：5件

1. Kodera, Y., J. Saitou, N. Hayashimoto, S. Adachi, M. Morimoto, Y. Nishimae and M. Hoshiba, 2016: Earthquake Early Warning for the 2016 Kumamoto earthquake: Performance evaluation of the current system and the next-generation methods of the Japan Meteorological Agency, Earth, Planets and Space (Submitted).
2. Ogiso, M., S. Aoki, and M. Hoshiba, 2016: Real-time seismic intensity prediction using frequency-dependent site amplification factors, Earth, Planets and Space, 68-83.

3. Hoshiya, M., and S. Aoki, 2015: Numerical Shake Prediction for Earthquake Early Warning: Data assimilation, Real-Time Shake Mapping, and Simulation of Wave Propagation. *Bulletin of Seismological Society of America*, **105**, 1324-1338.
4. Ogiso, M., and K. Yomogida, 2015: Estimation of locations and migration of debris flows on Izu-Oshima Island, Japan, on 16 October 2013 by the distribution of high frequency seismic amplitudes, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, **298**, 15-26.
5. 林元直樹, 干場充之, 2015: エアガン発振記録を用いた東南海海底地震計の設置方位推定, *駿震時報*, **78**, 159-167.

(2) 査読論文以外の著作物 (翻訳、著書、解説等): 10 件

1. Oth, A., S. Parolai, C. Cauzzi, I. Iervolino, A. Ansal, M. Böse, K. Goda, T. Heaton, M. Hoshiya and A. Zollo, 2016: ECGS & ESC/EAGE Joint Workshop, Earthquake and Induced Multi-Risk Early Warning and Rapid Response, Workshop Report by the Scientific Committee, *Cahiers Bleus*, **31**, III-VI, European Center for Geodynamics and Seismology.
2. Hayashimoto, N., T. Nakamura, M., Hoshiya, 2016: Stability of Ocean Bottom Seismograph data exposed to strong shaking: Efforts for utilizing OBS for Earthquake Early Warning, *Cahiers Bleus*, **31**, 41-49, European Center for Geodynamics and Seismology.
3. Kodera, Y., Y. Yamada, S. Adachi, M. Morimoto, Y. Nishimae, and M. Hoshiya, 2016: The Eight Years of Earthquake Early Warning Operation in the Japan Meteorological Agency, *Cahiers Bleus*, **31**, 17-30, European Center for Geodynamics and Seismology.
4. Ogiso, M., N. Hayashimoto, and M. Hoshiya, 2016: Array Observation of Strong Ground Motion for Real Time Estimation of Current Wavefield, *Cahiers Bleus*, **31**, 75-86, European Center for Geodynamics and Seismology.
5. Hoshiya, M., 2014: Review of the Nationwide Earthquake Early Warning in Japan during Its First Five Years, *Earthquake Hazard, Risk, and Disasters*, 505-529, Academic Press / 9780123948489.
6. 干場充之, 若山晶彦, 横田崇, 2016: 緊急地震速報. *災害情報学事典*, 8-9.
7. 小木曾仁, 青木重樹, 干場充之, 2014: S 波スペクトル比から推定した全国のサイト特性と、リアルタイム地震動予測への活用, *第14回地震工学シンポジウム論文集*, 3698-3705.
8. 林元直樹, 中村武史, 干場充之, 2014: 海底地震計の強震入力時における地震波形の特徴と緊急地震速報処理への影響について: JAMSTEC の釧路沖 OBS を用いた検証, *第14回地震工学シンポジウム論文集*, 3624-3630.
9. 干場充之, 青木重樹, 2014: 揺れの数値予報 —データ同化, リアルタイム Shake-map, 波動伝播シミュレーション—, *第14回地震工学シンポジウム論文集*, 1984-1992.
10. 古舘友通, 2014: 並列処理による震源計算の高速化, *第14回地震工学シンポジウム論文集*, 3345-3349.

(3) 学会等発表

ア. 口頭発表

・国際的な会議・学会等: 23 件

1. Nishimae, Y., Y. Kodera, Y. Yamada, S. Adachi, M. Morimoto, and M. Hoshiya, 2016: Review of Earthquake Early Warning Operation in Japan for eight years from 2007, Japan Geoscience Union MEETING 2016, SSS01-01 (invited).
2. Hoshiya, M., and M. Ogiso, 2016: Numerical Shake Prediction for Earthquake Early Warning: Introduction of Attenuation Structure into EEW, Japan Geoscience Union MEETING 2016, SSS01-10.
3. Hoshiya, M., 2016: Numerical Shake Prediction for Earthquake Early Warning: real-time prediction of ground shaking without source information, Earthquake Science Center

- Seminars at USGS Menlo Park (invited).
4. Hoshiya, M., and M. Ogiso, 2016: Numerical Shake Prediction for Earthquake Early Warning: Precise and Rapid Prediction even for Heterogeneous Distribution of Ground Shaking, The 2016 Annual Meeting of Seismological Society of America.
 5. Hoshiya, M., and Y. Nishimae, 2015: Lessons Learned from Eight Years' Experience of Actual Operation, and Future Prospects of JMA Earthquake Early Warning System, 2015 AGU Fall Meeting (invited).
 6. Hoshiya, M., 2015: Actual operation of nationwide Earthquake Early Warning in Japan: eight years' experience of JMA, The 1st working group meeting of the UNESCO IP-EEWS.
 7. Hoshiya, M., 2015: Numerical Shake Prediction for Earthquake Early Warning: Data-assimilation, Real-time Shake-mapping, and Simulation of Wave Propagation, The 1st working group meeting of the UNESCO IP-EEWS.
 8. Kodera, Y., Y. Yamada, S. Adachi, M. Morimoto, Y. Nishimae, and M. Hoshiya, 2016: The Eight Years of Earthquake Early Warning Operation in the Japan Meteorological Agency, ECGS & ESC/EAAE Joint Workshop 2015, EARTHQUAKE AND INDUCED MULTI-RISK EARLY WARNING AND RAPID RESPONSE European Center for Geodynamics and Seismology.
 9. Hoshiya, M., 2015: Numerical Shake Prediction for Earthquake Early Warning: Data Assimilation, Real-time Shake Mapping, and Simulation of Wave Propagation, ECGS & ESC/EAAE Joint Workshop 2015, EARTHQUAKE AND INDUCED MULTI-RISK EARLY WARNING AND RAPID RESPONSE (invited).
 10. Hoshiya, M., 2015: Lessons learned from actual operation of nationwide Earthquake Early Warning in Japan: eight years' experience of JMA, The 2015 International workshop on Earthquake Early Warning systems (invited).
 11. Hoshiya, M., 2015: Numerical shake prediction for Earthquake Early Warning: data assimilation, real-time shake mapping, and simulation of wave propagation, The 2015 International workshop on Earthquake Early Warning systems.
 12. Hoshiya, M., 2015: Data assimilation for real-time prediction of earthquake ground shaking, 26th General Assembly of the International Union of Geodesy and Geophysics (IUGG2015).
 13. Hoshiya, M., and S. Aoki, 2015: Numerical shake prediction for Earthquake Early Warning: data assimilation, real-time shake-mapping, and simulation of wave propagation, The 26th General Assembly of the International Union of Geodesy and Geophysics(IUGG2015).
 14. Hoshiya, M., and S. Aoki, 2015: Prediction of ground shaking from shaking itself: Application of numerical shake prediction method for various frequency bands, The 2015 annual meeting of Seismological Society of America.
 15. Hoshiya, M., 2015: Overview of the REAKT project and Earthquake Early Warning, The 3rd international conference on disaster risk reduction in Sendai. Public Forum European Commission.
 16. Hoshiya, M., and S. Aoki, 2015: Numerical shake prediction for Earthquake Early Warning: data assimilation, real-time shake-mapping, and simulation of wave propagation, International Workshop on establishment of prediction of strong ground motions and earthquake disaster of large earthquakes.
 17. Hoshiya, M., 2014: Numerical Shake prediction for Earthquake Early Warning - Data Assimilation, Real-time Shake-mapping, Simulation of Wave Propagation, 2014 AGU Fall Meeting.
 18. Hoshiya, M., 2014: Prediction of ground shaking from shaking itself: Research toward next generation of JMA EEW, REAKT Final Meeting (invited).

19. Hoshiya, M., 2014: Review of Earthquake Early Warning of the Japan Meteorological Agency, and its performance during the 2011 Tohoku Earthquake (Mw 9.0), Seminar at KIGAM (invited).
20. Hoshiya, M., 2014: Data assimilation, real-time shake mapping, and simulation of wave propagation: Research toward the next generation of earthquake early warning, 10th joint meeting of UJNR on earthquake research.
21. Hoshiya, M. and S. Aoki, 2014: Numerical Shake prediction for Earthquake Early Warning-Data Assimilation, Real-time Shake-map, Simulation of Wave Propagation, 3rd International Conference on Earthquake Early Warning.
22. Nakamura, M., Y. Kodera, K. Tamaribuchi, Y. Yamada, S. Adachi, M. Morimoto, and M. Hoshiya, 2014: The Earthquake Early Warning of Japan Meteorological Agency, 3rd International Conference on Earthquake Early Warning.
23. Ogami, Y., M. Nakamura, K. Aizawa, S. Aoki, H. Sakihara, G. Kubo, J. Uratani, and M. Hoshiya, 2014: Information on long period ground motion of the Japan Meteorological Agency, 3rd International Conference on Earthquake Early Warning.

・国内の会議・学会等：28件

1. 干場充之, 小木曾仁, 2016: M7.3 熊本地震に伴う誘発地震：地震動即時予測の観点から, 日本地震学会 2016 年度秋季大会, S21-20.
2. 小寺祐貴, 干場充之, 林元直樹, 西前裕司, 2016: 平成 28 年熊本地震に対する PLUM 法・ハイブリッド法を用いた緊急地震速報のシミュレーション, 日本地震学会 2016 年度秋季大会, S21-15.
3. 小寺祐貴, 齋藤潤, 林元直樹, 足達晋平, 森本雅彦, 西前裕司, 干場充之, 2016: 平成 28 年熊本地震に対する緊急地震速報の発表状況および IPF 法・PLUM 法のシミュレーション, 日本地震工学会・大会-2016, 01-1.
4. 干場充之, 小木曾仁, 2016: M7.3 熊本地震に伴う誘発地震:地震動即時予測の観点から, 「海洋-固体地球システムにおける波動現象と構造不均質性」「地震波形解剖学の計算科学的新展開」合同研究集会.
5. 小木曾仁・干場充之, 2016: データ同化と輻射伝達理論を用いた長周期地震動の即時予測: 鳥取県西部地震・十勝沖地震・新潟県中越地震の例, 「海洋-固体地球システムにおける波動現象と構造不均質性」「地震波形解剖学の計算科学的新展開」合同研究集会.
6. 小寺祐貴, 2016: 平成 28 年熊本地震に対する緊急地震速報:発表状況の概要と IPF 法・PLUM 法による改善効果, 緊急地震速報利用者協議会定期総会(招待講演).
7. 小木曾仁, 林元直樹, 干場充之, 2016: 地震波動場のリアルタイム把握を目指した強震アレー観測, 日本地球惑星科学連合 2016 年大会, SSS29-04.
8. 古舘友通, 2016: リアルタイム地震情報の表示と並列処理による高速化, 東京大学地震研究所共同利用研究集会「揺れをはじめとする固体地球科学的諸現象の監視及び予測システム」.
9. 林元直樹, 2016: 海底地震観測網にも適切な緊急地震速報の地震規模即時推定手法の検討, 東京大学地震研究所共同利用研究集会「揺れをはじめとする固体地球科学的諸現象の監視及び予測システム」.
10. 小木曾仁, 林元直樹, 干場充之, 2016: 波動場のリアルタイム把握を目指した強震アレー観測, 東京大学地震研究所共同利用研究集会「揺れをはじめとする固体地球科学的諸現象の監視及び予測システム」.
11. 干場充之, 小木曾仁, 2016: 揺れの数値予報:M6クラスの内陸地震への応用と減衰構造の導入, 東京大学地震研究所共同利用研究集会「揺れをはじめとする固体地球科学的諸現象の監視及び予測システム」.
12. 干場充之, 小木曾仁, 2015: リアルタイム多点観測を生かした地震動即時予測:揺れの数値予報, 日本地震学会 2015 年度秋季大会, S21-12.
13. 小木曾仁, 林元直樹, 干場充之, 2015: 波動場のリアルタイム把握を目指した強震アレー観

- 測, 東京大学地震研究所共同利用研究集会「弾性体・流体の波動現象: 次世代海陸統合観測網の活用に向けて」.
14. 干場充之, 小木曾仁, 2015: 揺れの数値予報: より迅速・正確な予測を目指した減衰構造の導入, 東京大学地震研究所共同利用研究集会「弾性体・流体の波動現象: 次世代海陸統合観測網の活用に向けて」.
 15. 干場充之, 2015: 揺れから揺れを予測する: データ同化・リアルタイム Shake-map・波動伝播シミュレーションを用いた“揺れの数値予報” ~次世代の緊急地震速報を目指して~, 東京大学地震研究所金曜日セミナー(招待講演).
 16. 干場充之, 2015: 地震の揺れの直前予測: 緊急地震速報の現状と今後の展望, 日本地球惑星科学連合 2015 年大会, U07-08.
 17. 干場充之, 青木重樹, 2015: 揺れからの揺れの即時予測: 揺れの数値予報の様々な周期への応用, 日本地球惑星科学連合 2015 年大会, SSS24-01.
 18. 林元直樹, 干場充之, 中村武史, 2015: 海底地震計の増幅特性や強震時の記録安定性の影響を考慮したマグニチュード推定の検討: 緊急地震速報への OBS の活用に向けて, 日本地球惑星科学連合 2015 年大会, SSS24-02.
 19. 干場充之, 2015: データ同化・リアルタイム Shake-map・波動伝播シミュレーション 一次世代の緊急地震速報を目指した研究一, 東北大学理学研究科セミナー.
 20. 小木曾仁, 青木重樹, 干場充之, 2015: S 波スペクトル比から推定した全国のサイト特性と、リアルタイム地震動予測への活用, 東京大学地震研究所共同利用研究集会「揺れの即時的予測システム: 更なる高度化と新しい展開」.
 21. 干場充之, 青木重樹, 2015: 揺れからの揺れの数値予報: 次世代の緊急地震速報を目指した研究, 東京大学地震研究所共同利用研究集会「揺れの即時的予測システム: 更なる高度化と新しい展開」.
 22. 古舘友通, 2015: リアルタイム地震情報をブラウザで表示するためのプログラムの作成, 東京大学地震研究所共同利用研究集会「揺れの即時的予測システム: 更なる高度化と新しい展開」.
 23. 干場充之, 青木重樹, 2014: 揺れの数値予報 ーデータ同化, リアルタイム Shake-map, 波動伝播シミュレーションー, 第 14 回日本地震工学シンポジウム, G016-Fri-3.
 24. 干場充之, 青木重樹, 2014: 揺れの数値予報 ーデータ同化, リアルタイム Shake-map, 波動伝播シミュレーションー, 日本地震学会 2014 年度秋季大会, B11-01.
 25. 干場充之, 青木重樹, 2014: 実時間地震動予測: 実データへの適用, 東京大学地震研究所共同利用研究集会「海陸広域観測網がとらえる波動現象と地球内部不均質構造」.
 26. 干場充之, 2014: データ同化・リアルタイム Shake-map・波動伝播シミュレーション一次世代の緊急地震速報を目指した研究一, 京都大学防災研究所地震・火山グループ研究会.
 27. 干場充之, 青木重樹, 2014: 実時間地震動予測 ーデータ同化手法の実データへの適用と予測一, 日本地球惑星科学連合 2014 年大会, SSS28-06.
 28. 小寺祐貴, 山田安之, 平野和幸, 森本雅彦, 干場充之, 中村雅基, 2014: 実時間地震動予測を併用した緊急地震速報, 日本地球惑星科学連合 2014 年大会, SSS28-02.

イ. ポスター発表

・国際的な会議・学会等: 8 件

1. Hoshiya, M., and M. Ogiso, 2015: Numerical Shake Prediction for Earthquake Early Warning: More Precise and Rapid Prediction even for Deviated Distribution of Ground Shaking of M6-class Earthquakes, 2015 AGU Fall Meeting.
2. Ogiso, M., N. Hayashimoto, and M. Hoshiya, 2015: Array observation of strong ground motion for estimating current wavefield in real time, AGU Fall Meeting.
3. Ogiso, M., N. Hayashimoto, and M. Hoshiya, 2015: Array observation of strong ground motion for estimating current wavefield in real time, ECGS & ESC/EAAE Joint Workshop 2015, EARTHQUAKE AND INDUCED MULTI-RISK EARLY WARNING AND RAPID RESPONSE.
4. Hayashimoto, N., T. Nakamura, and M. Hoshiya, 2015: Stability of Ocean Bottom Seismograph data exposed to strong shaking: Effort for utilizing OBS for Earthquake

Early Warning, ECGS & ESC/EAAE Joint Workshop 2015, EARTHQUAKE AND INDUCED MULTI-RISK EARLY WARNING AND RAPID RESPONSE.

5. Ogiso, M., S. Aoki, and M. Hoshiya, 2015: Site amplification factors of Japan area and their application to the real-time prediction of ground motion, 26th General Assembly of the International Union of Geodesy and Geophysics (IUGG2015).
6. Ogiso, M., S. Aoki, and M. Hoshiya, 2014: Site amplification factors of whole Japan area estimated from spectral ratio of direct S-wave and their application to the real-time prediction of ground motion, 2014 AGU Fall Meeting.
7. Hayashimoto, N., M. Hoshiya, and T. Nakamura, 2014: The characteristics of unusual OBS data exposed to strong shaking and the influence of applying these data to EEW processing: examples of Off-Kushiro OBS, JAMSTEC, 2014 AGU Fall Meeting.
8. Hayashimoto, N., M. Hoshiya, 2014: Examination of the relative site amplification factor of OBS and their real-time correction: examples of Sagami Bay OBS, NIED, 3rd International Conference on Earthquake Early Warning.

・国内の会議・学会等：18件

1. 小木曾仁, 干場充之, 志藤あずさ, 松本聡, 2016: 減衰構造を取り入れた揺れから揺れの即時予測の試み: 2016年熊本地震, 日本地震学会2016年度秋季大会, S21-P08.
2. 古舘友通, 2016: 地震情報のリアルタイム表示と並列処理, 日本地震学会2016年度秋季大会, S02-P11.
3. 小木曾仁, 干場充之, 2016: データ同化と輻射伝達理論を用いた長周期地震動の即時予測: 鳥取県西部地震・十勝沖地震・新潟県中越地震の例, 日本地震工学会・大会-2016, P4-22.
4. 小寺祐貴, 齋藤潤, 林元直樹, 足達晋平, 森本雅彦, 西前裕司, 干場充之, 2016: 平成28年熊本地震に対する緊急地震速報: 予警報の発表状況の概要と新手法導入後の改善効果について, 日本地球惑星科学連合2016年大会, MIS34-P80.
5. 古舘友通, 2016: リアルタイム地震情報表示プログラムの作成, 日本地球惑星科学連合2016年大会, SSS29-P06.
6. 古舘友通, 2015: 計測震度計算の高速化の試み, 日本地震工学会・大会-2015, P4-13.
7. 小木曾仁, 林元直樹, 干場充之, 2015: 波動場の実況把握を目指した強震アレー観測, 日本地震学会2015年度秋季大会, S15-P15.
8. 林元直樹, 干場充之, 2015: 振幅成長の過程が緊急地震速報のマグニチュード推定に及ぼす影響について, 日本地震学会2015年度秋季大会, S15-P12.
9. 古舘友通, 2015: 地震情報のリアルタイム表示プログラムの作成, 日本地震学会2015年度秋季大会, S02-P05.
10. 小木曾仁, 林元直樹, 干場充之, 2015: 地震波動場の正確な把握を目指した強震アレー観測, 日本地球惑星科学連合2015年大会, SSS24-P02.
11. 古舘友通, 2015: 携帯端末での地震情報表示プログラムの作成, 日本地球惑星科学連合2015年大会, SSS24-P01.
12. 小木曾仁, 青木重樹, 干場充之, 2014: S波スペクトル比から推定した全国のサイト増幅特性と、リアルタイム地震動予測への活用, 第14回日本地震工学シンポジウム, PS2-Fri-14.
13. 林元直樹, 干場充之, 中村武史, 2014: 海底地震計の強震入力時における地震波形の特徴と緊急地震速報処理への影響について: JAMSTECの釧路沖OBSを用いた検証, 第14回日本地震工学シンポジウム, PS2-Fri-6.
14. 古舘友通, 2014: 並列処理による震源計算の高速化, 第14回日本地震工学シンポジウム, PS1-Thu-8.
15. 古舘友通, 2014: 地震動予測プログラムの並列処理による高速化, 日本地震学会2014年度秋季大会, S02-P12.

16. 小木曾仁, 青木重樹, 干場充之, 2014: S 波スペクトル比から推定した全国のサイト特性と、リアルタイム地震動予測への活用, 日本地震学会 2014 年度秋季大会, S15-P04.
17. 林元直樹, 干場充之, 中村武史, 2014: 強震時の海底地震計記録の特徴と緊急地震速報処理への影響: JAMSTEC の釧路沖 OBS の例, 日本地震学会 2014 年度秋季大会, S15-P02.
18. 林元直樹, 干場充之, 2014: 海底地震計の相対的地盤増幅特性の評価とその実時間補正の検討: 防災科研の相模湾 OBS を例として, 日本地球惑星科学連合 2014 年大会, SSS28-P02.

報道・記事

- ・干場充之, 2014: 国際会議中に米国ABC-TVのインタビューに対応, 2014年09月03日放送(現地時間).
- ・干場充之, 2015: 「緊急地震速報的中率高める」, 西日本新聞, 2015年6月8日記事.
- ・干場充之, 2015: 「地震速報より正確に」, 日経産業新聞, 2015年7月10日記事.
- ・干場充之, 2015: EUの研究枠組み計画における共同研究計画の事例パンフレット「日・EU科学技術協力の潜在力を解き放つ」.
- ・小寺祐貴, 2016: 「緊急地震速報、精度改善へ」, 朝日新聞, 2016年6月3日記事.
- ・干場充之, 2016: 「一連の地震から半年」, NHK大分, 2016年10月28日放送予定.

受賞等

- ・小寺祐貴, 2016: 日本地震工学会優秀論文発表賞

B2 地震活動・地殻変動監視の高度化に関する研究

研究年次：3年目／5年計画（平成26年度～平成30年度）

研究代表者：勝間田明男（地震津波研究部 第一研究室）

課題構成及び研究担当者：

副課題名1 地震活動評価手法の高度化

勝間田明男、小林昭夫¹⁾、弘瀬冬樹、宮岡一樹、藤田健一²⁾、田中昌之、前田憲二、（地震津波研究部）、本間直樹³⁾、廣田伸之⁴⁾（地震火山部）、岡田正實²⁾、吉川澄夫（客員）

副課題名2 地殻変動監視技術の高度化

小林昭夫、安藤 忍、宮岡一樹（地震津波研究部）、露木貴裕、木村久夫³⁾、近澤 心³⁾、木村一洋⁵⁾（地震火山部）

副課題名3 地震発生シミュレーション技術の高度化

小林昭夫、弘瀬冬樹、藤田健一、前田憲二（地震津波研究部）

研究の目的

気象庁や地震調査委員会等の国が行う必要のある地震活動・地殻変動の監視・評価において、監視技術や評価手法、地震発生シミュレーション技術の高度化を通じ、国民へのよりの確かな情報提供につながる研究を行う。

研究の目標

（課題全体の目標）

地震活動や地殻変動について、新たな評価手法や監視技術等を導入することにより、より微小な変化を逐次的にとらえる技術を開発する。また、地震発生シミュレーションを通じて、地震・地殻活動の変化と大地震発生との関係に関する評価手法の改善を図る。

（副課題ごとの目標）

副課題1の目標

これまで地震発生前の変化が報告されている地震活動に関する指標を逐次的に解析する手法を構築する。

副課題2の目標

長期的な地殻変動の把握を行うとともに、これまでよりも微小な地殻変動を検出できる技術を開発する。

副課題3の目標

地殻変動解析で得られた知見などを地震サイクルシミュレーションモデルに取り込むとともに、前駆すべりの多様性を表現できる大地震発生モデルの構築を目指す。

研究の現状

（1）進捗状況

副課題1の地震活動評価指標として、潮汐と地震活動との相関に関する調査が進むと同時に、相似地震の発生予測の研究等が進展した。副課題2の地殻変動監視については降水補正手法の研究が進展し気象庁業務に取り入れられているとともに、様々なゆっくり地震現象の解析等が進んだ。副課題3の地震発生シミュレーションについては、これまでの南海トラフ領域に加え、日本海溝沿い

¹⁾ 平成28年度から、²⁾ 平成27年度まで、³⁾ 平成26年度のみ、⁴⁾ 平成27年度から、⁵⁾ 平成26-27年度は地震津波研究部

の地震発生シミュレーションまで行うように研究対象領域を拡大するとともに、ゆっくり地震現象の解析が進んだ。詳細は以下に記述するが、全体として研究計画は順調に進展している。

(2) これまで得られた成果の概要

副課題 1

①地震活動の統計的指標

- ア) トンガ・ケルマディック海溝沿いプレート境界型地震活動について、地震と潮汐との相関を示す指標 p 値の時空間変化を調査した。その結果、この地域では p 値を用いた地震予測は有効ではないことが分かった。
- イ) 豊後水道長期的ゆっくりすべり (LSSE) 前後における深部低周波地震 (LFE) の p 値の時空間変化を調査した。その結果、LFE の領域浅部側 (LSSE の北西縁) に顕著な低 p 値帯が分布し、LFE の活動度が特に高い領域において、LSSE に関連した p 値の時間的変化が見られた。
- ウ) 東海地方の深部低周波地震活動について p 値の時空間変化を調査した。その結果、 p 値は空間的に不均質を持ち、体積収縮時に LFE が発生する傾向にあることが分かった。また、東海 LSSE との時間的な対応関係は見られなかった。
- エ) 紀伊半島東部の深部低周波地震活動について p 値の時空間変化を調査した。その結果、 p 値は空間的に不均質を持ち、伊勢湾直下で小さいことが分かった。
- オ) 群発活動が特徴的な伊豆地域について、M5 以上の地震に対し地震発生予測に有効な前震活動を選択する最適パラメータを求めた。そのパラメータを用いた場合、予知率は約 68%、適中率は約 23%と良好な予測結果が得られた。
- カ) 2014 年 11 月 22 日に発生した長野県北部の地震 (M6.7) の約 4 日前から見られた前震活動に関連し、この地域の過去の地震活動の統計的解析を行い、前震識別の最適パラメータを推定した。その結果、今回のような前震から本震 ($M \geq 5.0$) に至る割合は 12%程度であり、本震のうち前震活動を伴う割合は約 45%であることを明らかにした。
- キ) モーメント保存則と G-R 則に基づき、特定地域で発生しうる地震の最大規模の推定を行った。その結果、仮定するパラメータによる不確定性はあるが、東北沖の領域では東北地方太平洋沖地震がほぼ最大クラスと考えてよいことが分かった。
- ク) 国内の M7 クラス以上の大地震を対象に地震活動の静穏化・活発化解析手法 (eMAP 法) を適用し、破壊領域 (余震域) と静穏化領域を詳細に比較した結果、地震発生前までに静穏化領域が破壊領域を囲むドーナツパターンが約 8 割の静穏化事例で見られることが分かった。

②繰り返し地震

- ア) 繰り返し中地震について、相関係数とコヒーレンスを用いて 2015 年度中に 10 個の繰り返し地震の発生を確認した。事前に 2014 年 8 月 1 日と 2015 年 4 月 1 日を基準日としてベイズ統計対数正規分布モデルを用いて長期的発生確率予測を行っており、10 個のうち 7 個は基準日から今後 3 年以内の予測確率が 60%以上で、予測通りの時期に発生したことが確認できた。
- イ) 中規模以上の繰り返し地震は、発生間隔が長く、観測回数が非常に少ないケースが多いことから、繰り返し回数が非常に少ないときの長期的発生確率予測の信頼度について、繰り返し小地震を使って調査し、小標本対数正規分布モデルとベイズ統計対数正規分布では予測手法による成績差はほとんど見られず、繰り返し回数が 4 回以下では、回数が少なくなるにつれて、成績が着実に悪くなることを定量的に確認した。
- ウ) 予測モデルの違いによる予測精度の変動を調べるため、対数正規乱数で発生させた発生間隔からなる疑似地震系列を用いて、繰り返し回数や直前地震から予測日までの経過日数を変化させた実験をおこなった。小標本論対数正規分布モデルとベイズ統計対数正規分布モデルについておこない、繰り返し回数の増加に伴う成績向上は、平均対数尤度とブライアスコアとも繰り返し回数が少ないときほど顕著で、ベイズ統計対数正規分布モデルは小標本論対数正規分布モデルよりも概して優れているものの、ベイズ統計対数正規分布モデルは、繰り返し回数が少なく、直前地震から予測日までの経過日数が長いときに予測確率に明瞭な頭打ちが見られることが分かった。

③地震履歴調査

- ア) 過去の南海地震について古文書による調査を行い、「蕨岡家文書」にある「嘉永七甲寅年大地震記録」の原本コピーにより、安政南海地震時の愛媛県愛南町での地震動の推移、地震に伴って発生したその他の自然現象と被害を詳しく検討した。この記録を掲載した『新収日本地震史料』には自然現象及び被害描写の欠落や死者数の誤りが認められた。深浦の死者数は 101 人ではなく 1

人であった。さらに、「蕨岡家文書」に記された井戸の水位低下を体積ひずみ変化で定性的に説明した。

副課題 2

①降水補正

ア) 体積ひずみ計の降水補正について、2006年から2014年まで3年ごとに区切って、観測点設置雨量計、近隣のアメダス、解析雨量の比較を行った。アメダスが5km以内であれば、観測点設置雨量計とほぼ同程度の補正が可能であること、アメダスが10km以遠の場合は解析雨量の方が良い補正が可能であることを確認した。

イ) 降水補正をした体積ひずみ計の一部の観測点のデータで、銚子沖や房総半島沖の短期的ゆっくりすべりに対応する変化を確認した。また、伊豆半島東方沖の地震活動に伴い、これまでひずみ変化なしとされてきた多くの事例で変化を確認した。

ウ) 大島津倍付の体積ひずみ計の降水補正について、伊豆大島周辺の解析雨量の複数格子を用いた場合を比較し、ひずみ計の位置する格子ではなく大島アメダスの位置する格子を用いた場合に最も良い降水補正になること、東京都の御神火茶屋の雨量計が位置する格子を用いた場合は周辺の格子に比べて降水補正が著しく悪くなることを確認した。

②余効変動除去と非正常地殻変動

ア) 東北地方太平洋沖地震の余効変動についてGNSS日値を再調査し、新たなパラメータで余効変動を除去したデータを作成した。

イ) 南海トラフ沿いのGNSS日値を用いた面的監視処理について、東北地震の余効変動を除去したデータを用い、監視範囲を変更し、東海の長期的ゆっくりすべりを検出しやすくした。また、処理の変更に伴い監視の閾値を再調査した。(2015年8月の判定会資料から採用)

ウ) 2015年5月から公開された国土地理院のGNSS日座標値R3解について、基線解析やGNSS面的監視(1ヶ月/3ヶ月)についてはF3解と同程度の精度で監視ができることを確認し、F3解と同様に気象庁本庁においてR3解をweb上で閲覧できるしくみを構築した。(2016年7月の判定会資料からR3解の解析結果が採用)

エ) 2000年と2005年の銚子付近、千葉市付近のM6クラスの地震に伴い、地震が発生した太平洋プレート上面付近において、地震時の数倍の規模の非地震性すべりが発生していたことを明らかにした。

オ) GNSS日値の解析から、2014年半ばから紀伊水道において長期的ゆっくりすべりが発生していること、時間とともにすべりの中心が東に移動していることを明らかにした。

カ) 2013年から発生している東海長期的ゆっくりすべりに関して、スタッキングを用いたすべり場所および規模、すべりの時間変化の推定を行った。

キ) 房総半島の1966年からの地殻上下変動について水準測量を用いて調査したが、人為的な変化の他は目立った非正常変化は見られなかった。

ク) 複数のアクロス送信点からの観測結果を説明できる浅部からフィリピン海プレート境界にいたるP波及びS波の地下構造モデルを構築した。

副課題 3

①南海トラフ沿いの巨大地震シミュレーションにおいて、紀伊半島沖のプレスリップ域に小アスペリティを設定したところ、プレスリップの大きさは α (大小アスペリティの大きさの比)に反比例して小さくなり、小アスペリティの破壊が大地震の核形成を代用するカスケードアップ型の地震が発生することが分かった。

②カスケードアップ型の地震について、紀伊半島における仮想的な観測点での地殻変動を計算したところ、陸上観測点でプレスリップを検知できないまま、巨大地震が発生する可能性もあることが分かった。

③紀伊半島沖に $\alpha=8$ の小アスペリティを設定するだけで、東海地域が割れ残るケースが出現した。このパターンは東海地域の固着の剥がれが不十分な状態で周囲から破壊が進展してきた場合に現れる。東海地域の割れ残りを再現するために、東海地域に沈み込んだ海山を模したパラメータ(大きな特徴的すべり量)を必ずしも与える必要はないことを示している。

④従来のアスペリティモデルと階層アスペリティモデルの2モデルを軸に、東北地方~関東地方の太平洋沖で発生するM7-9の主な地震の再現を目指している。これまでのところ、M7-8クラスの

地震がそれぞれ単独で発生する様子はどちらのモデルでも概ね再現できた。また、M9クラスの地震の破壊域及び余効すべりは階層アスペリティモデルでは概ね再現できたが、従来のアスペリティモデルでは再現できていない。

- ⑤紀伊半島沖に小アスペリティを置き、東海 LSSE が繰り返し発生するモデルの構築を試みた。Hirose & Maeda [2013, JGR]と同様に有効法線応力を局所的に小さくすると、LSSE が繰り返し発生するが、振幅が1 cm/yr程度と低く観測を説明するモデルの構築には至っていない。

(3) 当初計画からの変更点（研究手法の変更点等）

計画した研究はほぼ順調に進展している。更に副課題1では過去の大地震の調査法の一つとして古文書に関する調査も行った。

(4) 成果の他の研究への波及状況

ここで検討した内容や開発した手法は、重点研究「南海トラフ沿いのプレート間固着状態監視と津波地震の発生状況即時把握に関する研究」においても活用することとしている。

今後の研究の進め方

副課題1

地震活動と潮汐との相関に関する調査について、解析事例の蓄積を図るとともに、他の地震活動指標についても逐次解析を行う。

副課題2

長期的な地殻変動の調査と微小な地殻変動の検出技術の開発を継続して行う。

副課題3

地震発生シミュレーション技術の改良と三陸沖から房総沖の地震発生モデルの再現性改善を図る。

研究成果及びその活用に関する意見（中間評価の総合所見）

本研究課題については、気象研究所評議員会評価分科会（地震火山津波分野）において中間評価を実施した。中間評価の総合所見については、260ページを参照。

成果発表一覧

(1) 査読付き原著論文：6件

1. 國友孝洋, 山岡耕春, 渡辺俊樹, 吉田康宏, 勝間田明男, 生田領野, 加藤愛太郎, 飯高隆, 津村紀子, 大久保慎人, 2014: 弾性波アクロスによる東海地域地殻のP波およびS波速度構造の推定. *地震*, **67**, 41663.
2. 木村一洋, 露木貴裕, 菅沼一成, 長谷川浩, 見須裕美, 藤田健一, 2015: タンクモデルによる体積ひずみ計データの降水補正について. *験震時報 (論文)*, **78**, 93-158.
3. 弘瀬冬樹, 中西一郎, 2015: 1854年安政南海地震による愛媛県最南端(愛南町)での地震動・津波被害・地下水位変化-庄屋史料と藩史料の比較から分かる庄屋史料の有用性と地殻変動推定の可能性-. *地震*, **68**, 107-124.
4. Kumazawa, T., Y. Ogata, K. Kimura, K. Maeda, and A. Kobayashi, 2016: Background rates of swarm earthquakes that are synchronized with volumetric strain changes. *Earth and Planetary Science Letters*, **442**, 51-60.
5. 宮岡一樹, 木村久夫, 2016: ひずみ計によるスタッキング法を用いた長期的ゆっくりすべりの検出. *験震時報 (論文)*, **79**, 15-23.
6. 小林昭夫, 弘瀬冬樹, 2016: 千葉県北部の地震活動と同期した非地震性すべり. *地震*, **69**, 1-9.

(2) 査読論文以外の著作物（翻訳、著書、解説等）：16件

1. 気象研究所, 2014: 内陸部の地震空白域における地殻変動連続観測. *地震予知連絡学会*

- 報, 92, 290-293.
2. 気象研究所, 2014: 海溝と直交する方向の全国の基線長変化. *地震予知連絡会会報*, 92, 31-35.
 3. 弘瀬冬樹, 前田憲二, 藤田健一, 2015: 南海トラフ沿い巨大地震とスロースリップ. *地震予知連絡会会報*, 93, 429-431.
 4. 吉川澄夫, 2015: 地震活動静穏化に基づく予測能力評価. *地震予知連絡会会報*, 93, 410-414.
 5. 岡田正実, 2015: 繰り返し小地震に対する予測能力評価. *地震予知連絡会会報*, 93, 405-409.
 6. 気象研究所, 2015: 内陸部の地震空白域における地殻変動連続観測. *地震予知連絡会会報*, 93, 292-295.
 7. 気象研究所, 2015: 海溝と直交する方向の全国の基線長変化. *地震予知連絡会会報*, 93, 25-29.
 8. 勝間田明男, 2015: 地震・震度観測. *日本地震工学会 2014 年長野県北部の地震に関する調査団 報告*, 11-16.
 9. 熊澤貴雄, 尾形良彦, 木村一洋, 前田憲二, 小林昭夫, 2015: 伊豆東部の群発地震活動の推移の短期予測について. *地震予知連絡会会報*, 94, 136-144.
 10. 前田憲二, 弘瀬冬樹, 2015: 前震活動に基づく地震発生の経験的予測 (長野県北中部地域への適用). *地震予知連絡会会報*, 94, 108-111.
 11. 田中昌之, 岡田正実, 2015: 中規模繰り返し相似地震の発生状況と発生確率 (2015). *地震予知連絡会会報*, 94, 372-376.
 12. 気象研究所, 2015: 内陸部の地震空白域における地殻変動連続観測. *地震予知連絡会会報*, 94, 289-292.
 13. 気象研究所, 2015: 海溝と直交する方向の全国の基線長変化. *地震予知連絡会会報*, 94, 30-34.
 14. 前田憲二, 弘瀬冬樹, 2016: 前震活動に基づく地震発生の経験的予測. *地震予知連絡会会報*, 95, 415-419.
 15. 気象研究所, 2016: 内陸部の地震空白域における地殻変動連続観測. *地震予知連絡会会報*, 95, 293-296.
 16. 気象研究所, 2016: 海溝と直交する方向の全国の基線長変化. *地震予知連絡会会報*, 95, 26-31.

(3) 学会等発表

ア. 口頭発表

・国際的な会議・学会等 : 2 件

1. Maeda, K., and F. Hirose, Prediction performance of empirically defined foreshocks in the Izu region, 日本地球惑星科学連合 2014 年大会, 2014 年 5 月, 神奈川県横浜市
2. 仲谷幸浩, 望月公廣, 篠原雅尚, 山田知朗, 塩原肇, 日野亮太, 東龍介, 伊藤喜宏, 村井芳夫, 佐藤利典, 植平賢司, 眞保敬, 八木原寛, 小平秀一, 町田祐弥, 平田賢治, 対馬弘晃, Spatiotemporal changes in the b-value along the plate interface before and after the 2011 Tohoku earthquake constrained by ocean bottom seismic network: Post-Tohoku, 日本地球惑星科学連合 2016 年大会, 2016 年 5 月, 千葉県千葉市

・国内の会議・学会等 : 24 件

1. 前田憲二, 弘瀬冬樹, 伊豆地域における前震の経験則に基づく地震発生予測, 第 5 回研究集会”日本における地震発生予測検証実験(CSEP-Japan)”, 2014 年 7 月, 宮城県仙台市
2. 田中昌之, 勝間田明男, 岡田正実, 中規模の繰り返し相似地震発生状況に関する調査について, 研究集会”日本における地震発生予測検証実験(CSEP-Japan)”, 2014 年 7 月, 宮城県仙台市
3. 弘瀬冬樹, 前田憲二, モーメント保存則から推定される最大規模, 第 5 回研究集会”日本における地震発生予測検証実験(CSEP-Japan)”, 2014 年 7 月, 宮城県仙台市

4. 宮岡一樹, Slow slip monitoring by stacking method of strain data, スロー地震研究集会, 2014年9月, 京都府宇治市
5. 木村一洋, 気象庁のひずみ計に見られる東海地域の短期的スロースリップ以外の変化, スロー地震研究集会, 2014年9月, 京都府宇治市
6. 小林昭夫, 四国中部・東部で発生した小規模な長期的スロースリップ, スロー地震研究集会, 2014年9月, 京都府宇治市
7. 宮岡一樹, 木村久夫, 沼野あかね, 露木貴裕, 橋本徹夫, 内藤宏人, 歪計データのスタッキングによる長期的ゆっくりすべりの検出, 日本地震学会 2014年度秋季大会, 2014年11月, 新潟県新潟市
8. 前田憲二, 弘瀬冬樹, 前震活動に基づいた確率予測モデル(長野県北中部地域への適用), 第206回地震予知連絡会, 2015年2月, 東京都
9. 前田憲二, 弘瀬冬樹, 前震活動に基づく地震発生の経験的予測—長野県北中部地域への適用—, 日本地球惑星科学連合 2015年大会, 2015年5月, 千葉県千葉市
10. 岡田正寛, 田中昌之, 区間推定を含むデータを用いた繰り返し地震の長期的発生確率の計算—BPT分布, 研究集会”日本における地震発生予測検証実験(CSEP-Japan)””, 2015年7月, 東京都立川市
11. 田中昌之, 岡田正寛, 内田直希, 繰り返し地震の発生回数による長期的発生予測への影響, 研究集会”日本における地震発生予測検証実験(CSEP-Japan)””, 2015年7月, 東京都立川市
12. 前田憲二, 弘瀬冬樹, 前震活動に基づく地震発生の経験的予測—長野県北中部地域への適用—, 第6回研究集会”日本における地震発生予測検証実験(CSEP-Japan)””, 2015年7月, 東京都立川市
13. 前田憲二, 弘瀬冬樹, 前震活動に基づく地震発生の経験的予測, 第208回地震予知連絡会, 2015年8月, 東京都
14. 小林昭夫, 太平洋プレート上面の地震活動に伴う地殻変動, スロー地震合同研究集会, 2015年9月, 愛知県名古屋市
15. 熊澤貴雄, 尾形良彦, 木村一洋, 前田憲二, 小林昭夫, 体積歪を用いた伊豆群発地震活動の解析, 日本地震学会 2015年度秋季大会, 2015年10月, 兵庫県神戸市
16. 吉川澄夫, 林元直樹, 明田川保, 浜名湖周辺の地震活動静穏化現象とゆっくり滑り, 日本地震学会 2015年度秋季大会, 2015年10月, 兵庫県神戸市
17. 中西一郎, 弘瀬冬樹, 1596年慶長伊予豊後地震: 伊予地震と豊後地震への分離, 日本地震学会 2015年度秋季大会, 2015年10月, 兵庫県神戸市
18. 弘瀬冬樹, 小林昭夫, 前田憲二, 豊後水道における深部低周波地震と潮汐との相関と長期的スロースリップとの関係, 日本地震学会 2015年度秋季大会, 2015年10月, 兵庫県神戸市
19. 安藤忍, 異なる偏波の干渉処理について, 新世代 SAR がもたらす災害・環境モニタリングの進展, 2015年12月, 京都府宇治市
20. 田中昌之, 繰り返し回数の少ない相似地震の発生確率予測にBPT分布モデルを適用した場合の成績, 「相似地震再来特性の理解に基づく地殻活動モニタリング手法の構築」平成27年度研究集会, 2016年1月, 宮城県仙台市
21. 前田憲二, 弘瀬冬樹, 群発的地震活動を前震活動と仮定して行う本震の発生予測手法: 最近の活動事例による検証, 第210回地震予知連絡会, 2016年2月, 東京都
22. 辻 修平, 山岡 耕春, 生田 領野, 渡辺 俊樹, 勝間田 明男, 國友 孝洋, 森町アクロスを用いた東海地方下における地震波速度変動の観測, 日本地球惑星科学連合 2016年大会, 2016年5月, 千葉市
23. 弘瀬冬樹, 前田憲二, 吉田康宏, 地震モーメント保存則から推定される東日本周辺の海溝型地震の最大規模(その2), JpGU meeting 2016, 2016年5月, 千葉県
24. 前田憲二, 弘瀬冬樹, 九州中部における前震の統計解析, 日本地震学会 2016年度秋季大会, 2016年10月, 愛知県名古屋市

イ. ポスター発表

・国際的な会議・学会等：1件

1. 弘瀬冬樹, 前田憲二, Relation between Seismicity and Stress Change Associated with Interplate Slips beneath Boso Peninsula in Japan, AOGS 11th Annual Meeting, 2014年8月, 北海道札幌市

・国内の会議・学会等：27件

1. 木村一洋, 小林昭夫, 気象研究所におけるマグニチュード体験イベント, 日本地球惑星科学連合2014年大会, 2014年4月, 神奈川県横浜市
2. 木村一洋, 体積ひずみ計の降水補正に用いる降水量の風速補正, 日本地球惑星科学連合2014年大会, 2014年4月, 神奈川県横浜市
3. 木村一洋, 木村久夫, 伊豆半島東方沖の地震活動に関連した東伊豆奈良本の体積ひずみ計の急激な縮み以外の変化, 日本地球惑星科学連合2014年大会, 2014年4月, 神奈川県横浜市
4. 小林昭夫, 水準測量と潮位から推定した房総半島の地殻上下変動(1966~2001年), 日本地球惑星科学連合2014年大会, 2014年4月, 神奈川県横浜市
5. 弘瀬冬樹, 前田憲二, 房総半島沖のプレート間すべりによる応力変化と地震活動の関係(その2), 日本地球惑星科学連合2014年大会, 2014年5月, 神奈川県横浜市
6. 木村一洋, 銚子沖スロースリップと房総半島スロースリップに伴う体積ひずみ計の変化, 日本測地学会第122回講演会, 2014年11月, 茨城県つくば市
7. 小林昭夫, 弘瀬冬樹, 銚子付近の長期的スロースリップ, 日本測地学会第122回講演会, 2014年11月, 茨城県つくば市
8. 田中昌之, 勝間田明男, 岡田正寛, 中規模の繰り返し相似地震の結果検証と最近の活動について, 日本地震学会2014年度秋季大会, 2014年11月, 新潟県新潟市
9. 弘瀬冬樹, 前田憲二, 吉田康宏, モーメント保存則から推定される東日本周辺の高溝型地震の最大規模, 日本地震学会2014年度秋季大会, 2014年11月, 新潟県新潟市
10. 弘瀬冬樹, 前田憲二, 藤田健一, 南海トラフ沿い巨大地震の前駆すべりの多様性, 日本地震学会2014年度秋季大会, 2014年11月, 新潟県新潟市
11. 弘瀬冬樹, 上垣内修, 前田憲二, トング・ケルマディック海溝で発生するプレート境界型地震と潮汐との関係, 日本地球惑星科学連合2015年大会, 2015年5月, 千葉県千葉市
12. 田中昌之, 岡田正寛, 内田直希, 繰り返し回数が非常に少ない地震系列に対する長期発生予測の成績, 日本地球惑星科学連合2015年大会, 2015年5月, 千葉県
13. 木村一洋, 観測点の上流部からの流入を考慮したひずみ計データの降水補正の試み(1), 日本地球惑星科学連合2015年大会, 2015年5月, 千葉県千葉市
14. 弘瀬冬樹, 中西一郎, 1854年安政南海地震による愛媛県最南端(愛南町)での津波, 地盤沈下, 地下水位変化-庄屋史料と藩史料の比較からみえる藩史料の限界と四国内陸部の地殻変動-, 日本地球惑星科学連合2015年大会, 2015年5月, 千葉県千葉市
15. 宮岡一樹, 木村久夫, 東海地域の長期的ゆっくりすべりの時間変化, 日本地震学会2015年度秋季大会, 2015年10月, 兵庫県神戸市
16. 石原靖, 弘瀬冬樹, 木村一洋, 藤田健一, 勝間田明男, 竹内希, 南鳥島における広域地震観測の近況, 日本地震学会2015年度秋季大会, 2015年10月, 兵庫県神戸市
17. 田中昌之, 岡田正寛, 繰り返し回数の少ない地震系列に対する長期的発生予測精度の乱数実験, 日本地震学会2015年度秋季大会, 2015年10月, 兵庫県神戸市
18. 宮岡一樹, 勝間田明男, 上野寛, 川元智司, 檜山洋平, GNSSの1秒データを用いたW-phase解析と断層面推定(2003年十勝沖地震の事例), JpGU meeting 2016, 2016年5月, 千葉県
19. 木村一洋, 小林昭夫, 舟越実, 松代の伸縮計における降水補正, 日本地球惑星科学連合2016年大会, 2016年5月, 千葉県千葉市

20. 小林昭夫, 弘瀬冬樹, 千葉県北部の地震活動と同期した非地震性すべり, 日本地球惑星科学連合 2016 年大会, 2016 年 5 月, 千葉県千葉市
21. 藤田健一, 弘瀬冬樹, 前田憲二, 三陸沖から房総沖にかけての準動的地震発生サイクルシミュレーション, 日本地球惑星科学連合 2016 年大会, 2016 年 5 月, 千葉県千葉市
22. 前田憲二, 弘瀬冬樹, 前震活動に基づく地震発生の経験的予測 —前震を伴いやすい 3 領域および日本内陸地域への適用—, 日本地球惑星科学連合 2016 年大会, 2016 年 5 月, 千葉県千葉市
23. 田中昌之, 岡田正実, 繰り返し回数の少ない相似地震の長期的発生予測に BPT 分布を用いた場合の成績, 日本地球惑星科学連合 2016 年大会, 2016 年 5 月, 千葉
24. 小林昭夫, 弘瀬冬樹, 堀川晴央, 平田賢治, 中西一郎, 1707 年宝永地震翌朝の余震について, 日本地震学会 2016 年度秋季大会, 2016 年 10 月, 愛知県名古屋市
25. 弘瀬冬樹, 前田憲二, 藤田健一, 紀伊半島南東沖の地震 (2016 年 4 月 1 日, M6.5) が南海トラフ巨大地震に与える影響評価, 日本地震学会 2016 年度秋季大会, 2016 年 10 月, 愛知県名古屋市
26. 弘瀬冬樹, 前田憲二, 2016 年熊本地震の前兆的活動 (潮汐相関) の調査, 日本地震学会 2016 年度秋季大会, 2016 年 10 月, 愛知県名古屋市
27. 田中昌之, 勝間田明男, 弘瀬冬樹, 藤田健一, 石原靖, 竹内希, 南鳥島の広帯域地震観測データを使った震源位置の評価, 日本地震学会 2016 年度秋季大会, 2016 年 10 月, 愛知県名古屋市

報道・記事

- ・信濃毎日新聞 長野県北部地震の前震活動について (平成 26 年 11 月 26 日)
- ・気象研究所研究成果発表会「南海トラフ沿い巨大地震は予知できるか? —地震発生シミュレーションからの知見—」(平成 27 年 3 月 5 日)
- ・東海テレビ SuperNEWS SP「地震の“ジョーシキ”を疑え!」 前震活動による本震の予測手法の紹介 (平成 27 年 3 月 11 日)
- ・静岡新聞 地震活動の静穏化現象とゆっくり滑り 浜名湖付近データ一致 (平成 27 年 10 月 27 日)

その他

- ・地殻変動手法の降水補正手法については、気象庁長官表彰・気象研究所所長表彰を受けた。

B3 津波の予測手法の高度化に関する研究

研究年次：3年目／5年計画（平成26年度～平成30年度）

研究代表者：山本剛靖（地震津波研究部 第四研究室長）

課題構成及び研究担当者：

副課題名1 多点観測データ等を用いた津波即時予測手法の高度化に関する研究

山本剛靖、林 豊、対馬弘晃、中田健嗣、（地震津波研究部）、新原俊樹¹⁾、南 雅晃¹⁾、西谷 諒²⁾、永田広平³⁾、小上慶恵³⁾（気象庁地震火山部）、平田賢治⁴⁾（客員）

副課題名2 遠地津波の後続波と減衰特性のモデル化の研究

林 豊、山本剛靖、対馬弘晃、中田健嗣、（地震津波研究部）、新原俊樹¹⁾、南 雅晃¹⁾、西谷 諒²⁾、永田広平³⁾、小上慶恵³⁾（気象庁地震火山部）

研究の目的

津波警報の改善のために、これまでに開発した津波即時予測手法の高度化および新たな予測手法の開発を行うとともに、津波警報解除の時期を予測できるようにするために、津波の後続波や減衰の特性を明らかにする。

研究の目標

（課題全体の目標）

津波警報の改善のために、これまでに開発した津波即時予測手法の高度化および新たな予測手法の開発を行うとともに、津波警報解除の時期を予測できるようにするために、津波の後続波や減衰の特性を明らかにする。

（副課題ごとの目標）

副課題1の目標

稠密な観測データを高度に活用し、津波成分を抽出する手法や現況を面的に把握する手法を開発する。波源推定に基づく予測手法の高度化及び波源推定に基づかない新たな予測手法の開発を行う。

副課題2の目標

遠地津波の後続波及び減衰特性のモデル化を行い、遠地津波の継続時間の予測を行うことにより津波警報解除の時期の予測手法を開発する。

研究の現状

（1）進捗状況

沖合津波観測データからの津波成分の抽出については、地震波や音波等、地震発生直後の高周波成分実観測データと理論合成データを用いて、その除去手法が妥当であることを確認した。

波源推定に基づく津波予測手法について、多点沖合津波観測データを活用するための改良、地震発生直後の段階にGNSS測地データ解析結果を活用するための改良、海底水平変位による見かけの上下変位を取り込む改良を行った。また、津波予測精度をリアルタイムに評価する指標を開発した。

波源推定に基づかない津波予測手法について、沖合津波高から沿岸津波高への換算係数の見直しを行った。

遠地津波の後続波及び減衰特性のモデル化について、津波の成長過程を含めた全期間の振幅時間変化を説明するための数理モデルを構築した。

¹⁾ 平成26年度のみ、²⁾ 平成27年度のみ、³⁾ 平成28年度から、⁴⁾ 平成27年度まで

(2) これまで得られた成果の概要**副課題 1**

- ① 高速サンプリング高分解能の自己浮上式海底水圧計を、平成 26 年 6 月から 10 月にかけて房総沖に設置し、期間中の 7 月 12 日に発生した福島県沖の地震（マグニチュード 7.0）に伴う地震動や津波による圧力変化を観測した。地震動による圧力変化の周波数特性を解析し、既存のノイズ除去手法であるバターワース型の漸化式ローパスデジタルフィルタを適用することで適切に高周波成分を除去できることを確認した。
- ② 波源推定に基づく津波即時予測手法について、震源域内で観測される地震動・音波等の非津波成分に伴う海底圧力変化が津波予測精度に与える影響を、理論合成データを用いた数値実験により検証した。ローパスフィルタ適用後に残存する地震動に伴う圧力変化の影響で、観測波形データが短い地震発生直後は精度が低下するものの、時間が経過して観測データが増えると、精度低下は大幅に改善することを明らかにした。
- ③ 波源推定に基づく津波即時予測手法について、沖合観測点で津波が十分に観測されていない地震発生直後の段階における津波予測精度を向上させるため、リアルタイム GNSS 測地データ解析によって推定される震源断層解と統合して津波波源を推定できるように解析システムを改良した。東北地方太平洋沖地震津波への事後適用により、適切な震源断層解が得られれば、初期段階での津波予測精度が向上することを実証した。
- ④ 波源推定に基づく津波即時予測手法について、東北地方太平洋沖地震津波の事後解析を通して、海溝付近の海底水圧計データに対しては海底地形により水平変位から生じる見かけの上下変位を考慮することによって波源推定精度が向上することを明らかにした。また、仮想データを用いた検証により、すべての観測点ではなく海底地形変化が急峻な観測点についてのみ見かけの上下変位を考慮すれば精度向上には十分であることを示した。
- ⑤ 波源推定に基づく津波即時予測手法について、沖合津波観測網の増強に伴って観測データによる波源への拘束が強まると期待されることから、従来の波源推定手法で用いてきた震央位置による波源位置の拘束を緩和するよう手法を改良し、自己浮上式海底水圧計で実測された津波データを用いて、その改良の有効性を示した。
- ⑥ 波源推定に基づく津波即時予測手法について、実際に活用する場面において時々刻々得られる津波予測結果の妥当性を提示できるよう、予測精度をリアルタイムに評価する指標を開発した。ア) 事前に実施した津波予測数値実験の結果に基づき、沖合観測点配置と津波波源域、及び津波予報区的位置関係ごとに最終的な解に達するに要する時間を定めておく方法。イ) 時々刻々得られる津波予測結果が安定することをもって結果が妥当であると判断する方法。
- ⑦ 波源推定に基づく津波予測手法を利用した解析により、東北地方太平洋沖地震について震源像の推定を行った。既往研究で得られている地震・津波の発生機構は、互いに整合しない点がある。これらを統一的に説明し、明らかにした震源像は、地震津波発生シナリオ作成の参考に活用できる。
- ⑧ 沖合と海岸の観測点での津波高の関係について、沖合から海岸へと津波の高さが水深比の $1/4$ 乗に比例して増幅することが経験的に導かれていたが、2011 年東北地方太平洋地震津波で得られた観測値から、大津波では増幅率が水深比の $1/5$ 乗に比例することを見いだした。

副課題 2

- ① 遠地津波の減衰過程だけではなく成長過程を含めた全期間の振幅時間変化を説明するため、津波エネルギーの伝達過程を踏まえた考察に基づき、波源と二次波源（散乱源）・伝播経路・観測点付近の効果の 3 つに区分して、それぞれの段階ごとに数理モデル化した。この数理モデルによって、減衰定数などのパラメータによって津波の第一波到着から最大波出現までの時間に違いを生じること、遠地からの津波ほどその時間が長くなる傾向が説明できることを確認した。
- ② 2011 年東北地方太平洋地震津波の検潮記録で第一波到達から 5 時間以上後に見られる顕著な押し波の多くは、ハワイ諸島など津波波源の長軸方向に直交する位置にある島等で反射したと考えるとその出現時刻をうまく説明できることが分かった。

(3) 当初計画からの変更点（研究手法の変更点等）

なし

(4) 成果の他の研究への波及状況

なし

今後の研究の進め方

副課題 1

沖合津波観測データからの津波成分の抽出については、今後利用可能になることが見込まれる新たな海底水圧連続観測データに対して適用して検証し、地震波等以外の様々な非津波成分が観測されることがあればこれら非津波成分の特徴を分析して除去手法を開発するとともに、必要に応じて津波監視手法や津波予測手法の改良を行う。

波源推定に基づく予測手法の高度化については、震源時間関数の長い巨大地震や地震の連続発生等、一連の津波の中で複数の波源生成時刻を必要とするような現象にも対処できるよう、手法の改良を行う。

波源推定に基づかない予測手法の開発については、稠密な沖合津波観測データから最適内挿法等により逐次・面的に把握される津波現況を出発点として、波動理論に基づく予測手法の高速化、波線理論に基づく予測手法の高精度化の両面から開発を行う。

副課題 2

遠地津波の振幅時間変化を表現する数値モデルを、チリ及びアラスカ～アリューシャン～カムチャツカで発生したマグニチュード 8～9 の地震による日本での津波観測データに適用し、減衰定数などのモデルパラメータを推定する。推定したモデルパラメータの波源域ごとの再現性等について検討し、遠地津波の振幅時間変化の予測可能性を評価する。

研究成果及びその活用に関する意見（中間評価の総合所見）

本研究課題については、気象研究所評議員会評価分科会（地震火山津波分野）において中間評価を実施した。中間評価の総合所見については、260 ページを参照。

成果発表一覧

(1) 査読付き原著論文：7件

1. Tsushima, H., R. Hino, Y. Ohta, T. Iinuma, and S. Miura, 2014: tFISH/RAPiD: Rapid improvement of near-field tsunami forecasting based on offshore tsunami data by incorporating onshore GNSS data. *Geophysical Research Letters*, 41
2. Tsushima, H., and Y. Ohta, 2014: Review on near-field tsunami forecasting from offshore tsunami data and onshore GNSS data for tsunami early warning. *Journal of Disaster Research*, **9(3)**, 339-357.
3. 今井健太郎, 都司嘉宣, 林 豊, 2014: 東京湾における津波伝播特性の励起源－観測と数値実験による検証－. *土木学会論文集*, **70(2)**, I_211-I_215.
4. 今井健太郎, 田野邊睦, 林 豊, 今村文彦, 2014: 2011 年東北地方太平洋沖地震津波における日本列島太平洋沿岸の津波減衰過程. *土木学会論文集*, **B2-70(2)**, _276-I_280.
5. Gusman, A. R., Y. Tanioka, B. T. MacInnes, and H. Tsushima, 2014: A methodology for near-field tsunami inundation forecasting: Application to the 2011 Tohoku tsunami. *Journal of Geophysical Research*, **119**, 8186-8206.
6. Maeda, T., H. Tsushima, and T. Furumura, 2016: An effective absorbing boundary condition for linear long-wave and linear dispersive-wave tsunami simulations. *Earth, Planets and Space*, 68:63, doi:10.1186/s40623-016-0436-y.
7. Saito, T., and H. Tsushima, 2016: Synthesizing ocean bottom pressure records including seismic wave and tsunami contributions: Toward realistic tests of monitoring systems. *Journal of Geophysical Research Solid Earth*, **121**, 8175-8195.

(2) 査読論文以外の著作物（翻訳、著書、解説等）：2件

1. 林 豊, 2014: 潮位・津波観測施設. *東日本大震災合同調査報告 共通編 2 津波の特性と*

被害, 共通編 2, 62-69.

2. 平田賢治, 山崎 明, 対馬弘晃, 2015: 新型自己浮上式海底水圧計の開発. 気象研究所技術報告, 74, 1-26.

(3) 学会等発表

ア. 口頭発表

・国際的な会議・学会等 : 1 件

1. Tsushima, H., Y. Hayashi, T. Baba, K. Ando, and T. Kato, Development of tsunami Green's function database based on linear dispersive-wave theory, 26th General Assembly of the International Union of Geodesy and Geophysics (IUGG2015), 2015年6月, チェコ, プラハ

・国内の会議・学会等 : 17 件

1. 阿部邦昭, 岡田正実, 林 豊, 最大波の遅れ時間の空間分布からみえる反射波の到達-1993年北海道南西沖津波の場合, 日本地球惑星科学連合 2014年大会, 2014年5月, 神奈川県横浜市
2. 対馬弘晃, 津波警報の改善に向けた津波即時予測の高度化, 地震学夏の学校 2014, 2014年9月, 岩手県下閉伊郡
3. 今井健太郎, 都司嘉宣, 林 豊, 東京湾における津波伝播特性の励起源-観測と数値実験による検証-, 第61回海岸工学講演会, 2014年11月, 愛知県名古屋市
4. 阿部邦昭, 岡田正実, 林 豊, 津波波形の平均化による繰り返し間隔(周期)の検出, 日本地震学会 2014年度秋季大会, 2014年11月, 新潟県新潟市
5. 対馬弘晃, 日野亮太, 稲津大祐, 伊藤喜宏, 長田幸仁, 鈴木秀市, 飯沼卓史, 自己浮上式海底水圧計データを用いた 2011年東北地方太平洋沖地震の津波波源の推定, 第4回 巨大津波災害に関する合同研究集会, 2014年12月, 宮城県仙台市
6. 対馬弘晃, 林 豊, 馬場俊孝, 安藤和人, 加藤季広, リアルタイム津波予測のための津波データベースの高精度化, HPCI 戦略プログラム分野 3「防災・減災に資する地球変動予測」地震津波シミュレーションワークショップ, 2015年2月, 東京都千代田区
7. 堀内明子, 日野亮太, 太田雄策, 久保田達矢, 対馬弘晃, tFISHを用いた近地津波予測の性能評価-2011年3月9日三陸沖の地震(M7.3)を事例に一, 日本地球惑星科学連合 2015年大会, 2015年5月, 千葉県千葉市
8. 対馬弘晃, 沖合津波観測による津波波源逆解析とそれを活用した津波即時予測手法に関する研究, 日本地震学会 2015年度秋季大会, 2015年10月, 兵庫県神戸市
9. 対馬弘晃, 平田賢治, 山崎明, 松原忠泰, 高分解能・高速サンプリング自己浮上式海底水圧計の開発とその実海域観測, 第5回巨大津波災害に関する合同研究集会, 2015年12月, 東京都文京区
10. 対馬弘晃, 沖合津波観測による波源逆解析に基づく近地津波の即時予測, 日本海洋学会 2016年度春季大会, 2016年3月, 東京都文京区
11. 対馬弘晃, 近地津波の即時予測: 津波警報の現状と将来にむけた技術開発, 日本地球惑星科学連合 2016年大会, 2016年5月, 千葉県千葉市
12. 対馬弘晃, 山本剛靖, 波源推定に基づく津波即時予測手法の系統的な予測性能評価とリアルタイム精度判断指標の開発, 日本地球惑星科学連合 2016年大会, 2016年5月, 千葉県千葉市
13. 堀内明子, 日野亮太, 太田雄策, 久保田達矢, 対馬弘晃, 実測データを用いたリアルタイム津波予測アルゴリズム tFISH/RAPiD の性能評価, 日本地球惑星科学連合 2016年大会, 2016年5月, 千葉県千葉市
14. 林 豊, 沖合と海岸の観測点での津波高の経験的関係の更新, 日本地球惑星科学連合 2016年大会, 2016年5月, 千葉県千葉市
15. 阿部邦昭, 岡田正実, 林 豊, 太平洋で観測される津波後続波での反射波の特定-2011年東北津波, 日本地球惑星科学連合 2016年大会, 2016年5月, 千葉県千葉市
16. 堀内明子, 日野亮太, 太田雄策, 加地正明, 越村俊一, 対馬弘晃, tFISH/EEW: 沖合津波

観測と緊急地震速報に基づく津波予測アルゴリズムの開発とその性能評価, 日本地震学会 2016 年度秋季大会, 2016 年 10 月, 愛知県名古屋市

17. 阿部邦昭, 岡田正実, 林 豊, 2011 年東北津波におけるチリ反射波の 2 乗振幅偏差での検討, 日本地震学会 2016 年度秋季大会, 2016 年 10 月, 愛知県名古屋市

イ. ポスター発表

・国際的な会議・学会等 : 4 件

1. Tsushima, H., R. Hino, D. Inazu, Y. Ito, Y. Osada, T. Iinuma, and S. Suzuki, Spatio-temporal tsunami source of the 2011 Tohoku earthquake estimated from tsunami data including pop-up bottom pressure measurements inside the source, 26th General Assembly of the International Union of Geodesy and Geophysics (IUGG2015), 2015 年 6 月, チェコ, プラハ
2. Imai, K., Y. Tsuji, and Y. Hayashi, The origin of predominant long-period tsunami in Tokyo Bay, 26th General Assembly of the International Union of Geodesy and Geophysics (IUGG2015), 2015 年 6 月, チェコ, プラハ
3. Hayashi, Y., Proper Scoring System with Definite Connections to Information Values of Tsunami Warnings, AOGS 2014, 2014 年 7 月, 北海道札幌市
4. Tsushima, H., R. Hino, Y. Ohta, T. Iinuma, and S. Miura, tFISH/RAPiD: Rapid Improvement of Near-Field Tsunami Forecasting Based on Offshore Tsunami Data by Incorporating Onshore GNSS Data, International Symposium on Geodesy for Earthquake and Natural Hazards (GENAH) 2014, 2014 年 7 月, 宮城県松島町

・国内の会議・学会等 : 9 件

1. 対馬弘晃, 日野亮太, 稲津大祐, 伊藤喜宏, 長田幸仁, 鈴木秀市, 飯沼卓史, 自己浮上式海底水圧計データを用いた 2011 年東北地方太平洋沖地震の津波波源の推定, 日本地震学会 2014 年度秋季大会, 2014 年 11 月, 新潟県新潟市
2. 田野邊 睦, 今井健太郎, 林 豊, 今村文彦, 日本列島沿岸部における津波減衰の周期依存性—2010 年チリ中部沖地震津波と 2011 年東北太平洋沖地震津波—, 日本地震学会 2014 年度秋季大会, 2014 年 11 月, 新潟県新潟市
3. 対馬弘晃, 林豊, 馬場俊孝, 安藤和人, 加藤季広, 津波即時予測のための線形分散波理論に基づく理論津波波形データベースの作成, 日本地球惑星科学連合 2015 年大会, 2015 年 5 月, 千葉県千葉市
4. 平田賢治, 山崎明, 対馬弘晃, 松原忠泰, 高分解能・高速サンプリング自己浮上式海底水圧計の開発とその実海域観測, 日本地震学会 2015 年度秋季大会, 2015 年 10 月, 兵庫県神戸市
5. 山本剛靖, 津波シミュレーション結果の画像解析による特徴抽出, 日本地球惑星科学連合 2016 年大会, 2016 年 5 月, 千葉県千葉市
6. 対馬弘晃, 林豊, 馬場俊孝, 安藤和人, 加藤季広, 線形分散波理論に基づく理論津波波形データベースの作成とそれを活用した津波即時予測, 日本地球惑星科学連合 2016 年大会, 2016 年 5 月, 千葉県千葉市
7. 前田拓人, 対馬弘晃, 古村孝志, 線形長波および線形分散波の津波数値シミュレーションのための効果的な PML 吸収境界条件, 日本地球惑星科学連合 2016 年大会, 2016 年 5 月, 千葉県千葉市
8. 対馬弘晃, 津波数値計算に基づく沖合から沿岸への津波高増幅率の周波数特性の推定, 日本地震学会 2016 年度秋季大会, 2016 年 10 月, 愛知県名古屋市
9. 山本剛靖, 津波シミュレーション結果からの特徴抽出, 日本地震学会 2016 年度秋季大会, 2016 年 10 月, 愛知県名古屋市

報道・記事

なし

C1 気候モデルの高度化と気候・環境の長期変動に関する研究

研究年次：3年目／5年計画（平成26年度～平成30年度）

研究代表者：中村誠臣¹⁾、竹内義明²⁾（研究調整官）

課題構成及び研究担当者：

副課題名1 地球システムモデルの高度化による気候・環境変動予測の高精度化

尾瀬智昭、行本誠史、保坂征宏³⁾、石井正好、村崎万代²⁾、足立恭将¹⁾、楠昌司、小畑淳、川合秀明、水田亮、吉田康平、安田珠幾¹⁾、前田修平²⁾、今田由紀子²⁾、仲江川敏之⁴⁾、遠藤洋和、青木輝夫³⁾、保坂征宏⁴⁾（気候研究部）、吉村裕正（予報研究部）、真木貴史、直江寛明²⁾、田中泰宙⁵⁾、大島長、新藤永樹⁴⁾（環境・応用気象研究部）、蒲地政文¹⁾、山中吾郎、辻野博之、浦川昇吾²⁾（海洋・地球化学研究部）、伊藤涉¹⁾、足立恭将²⁾、村井博一⁴⁾、坂井めぐみ⁴⁾、出牛真⁶⁾（気象庁地球環境・海洋部）、村上茂教（気象大学校）、小山博司、鬼頭昭雄、野田彰、杉正人、荒川理、村上裕之、納多哲史³⁾（客員）

副課題名2 地域気候モデルによる気候変動予測に関する研究

高藪出、佐々木秀孝、青柳曉典³⁾、新藤永樹⁴⁾、志藤文武、村田昭彦、川瀬宏明、野坂真也（環境・応用気象研究部）、石原幸司、若松俊哉、安井壮一郎（気象庁地球環境・海洋部）、大泉三津夫（気象大学校）、栗原和夫、金田幸恵²⁾、伊東瑠衣⁴⁾、日比野研志（客員）

研究の目的

地球温暖化による全球および地域レベルの気候・環境変化に関する情報の作成と適応策の策定に貢献する。

研究の目標

副課題1の目標

シームレス化を目指して気候再現性ととともに短期・季節の予測精度に優れた高精度の地球システムモデルを開発し、数年から数十年、さらに長期の気候・環境変動を対象とする予測を行う。プロセスレベルの解析や古気候実験、各種感度実験を実施し、気候変動およびそれに関連する気候と物質循環の相互作用に関わるプロセスやメカニズムを解明する。

副課題2の目標

地域気候モデルを高精度化・高分解能化し、地球温暖化に伴う21世紀の気候変化予測を詳細に行う。より信頼度の高い予測データを得るための手法を開発するとともに、データの活用に必要な信頼性情報を開発し提供する。また、異常気象をもたらすような地域的な気候現象の予測可能性を調べる。

得られた成果により「気候変動に関する政府間パネル（IPCC）」報告書や気象庁温暖化業務に寄与する。

研究の現状

（1）進捗状況

副課題1

地球システムモデルの長期積分に基づく気候再現性の検証だけでなく、初期値化したハインドキャスト実験の検証から得られた知見を反映させ、短期・季節の予測精度に優れた高精度の地球システムモデルを目指して開発を行った。また、プロセスレベルの解析、古気候実験、各種感度実験を実施し、プロセスやメカニズム解明への取り組みに加え、そこで得られた知見をモデル開発にも反映させた。具体的には、大気モデルの鉛直高解像度化、層積雲パラメタリゼーションの高度化、

¹⁾ 平成26年度のみ、²⁾ 平成27年度から、³⁾ 平成27年度まで、⁴⁾ 平成28年度から、⁵⁾ 平成27年度のみ、⁶⁾ 平成26-27年度は気象庁地球環境・海洋部所属

雲微物理過程の改良、エアロゾル-雲相互作用及びエアロゾル-放射相互作用の改良、南大洋の雲の表現の改善、オゾン化学モデルの高度化などを行った。これらにより高精度化された地球システムモデル MRI-ESM2 を完成させ、次期 IPCC 評価報告書 (IPCC-AR6) に貢献する第 6 期結合モデル比較計画 (CMIP6) の中核的実験 (DECK と呼ばれる 4 実験と歴史実験) の準備がほぼ整った。予備的な歴史実験を行い、良好な結果を得た。初期値化を必要とする十年規模予測については、アンサンブルカルマンフィルターに基づく初期値化システムの開発を行い、CMIP6 に向けた準備を行っている。また、次世代気候モデルの開発については、力学フレームなど基盤的部分の構築を行った。

副課題 2

環境省・文部科学省と共同で実施した適応策策定のための温暖化予測実験及び大規模アンサンブル将来気候変化予測実験 (d4PDF) の計算結果の解析と論文作成を行っている。

当初予定されていた 5km 及び 2km 分解能地域気候モデル NHRCM による 4 メンバーの将来気候変化予測実験は終了し、これらの結果について解析を行っている。

陸面過程や対流のパラメタリゼーションの改良により、NHRCM の現在気候の再現性は向上しており、現在さらに積雪を中心に陸面過程の改善を行っている。

長野・岐阜を中心とした領域で、20km 及び 5km 解像度の NHRCM による完全境界実験を開始した。これにさらにネストする 1km モデルは開発中である。

様々な地域において、将来気候変化のメカニズムの解明と定量的予測の可能性について検討を行っている。

(2) これまで得られた成果の概要

副課題 1

①地球システムモデルの高度化

ア) 大気モデルの鉛直高解像度化

CMIP5 版では 48 層であった鉛直層数を 80 層に増強した。層積雲の表現等の改善のために大気下層を高解像度にしたほか、成層圏の循環の改善や成層圏準 2 年振動 (QBO) の表現を目指して対流圏界面付近から成層圏・中間圏までの層数を増強した。

イ) 層積雲パラメタリゼーションの高度化

地球の放射収支や気候感度にとって重要な層積雲のパラメタリゼーションの高度化を行った。大気下層の安定度などの他に、雲頂付近での水蒸気量鉛直分布に依存する雲頂での乾燥空気取り込みを考慮したスキームを導入し、さらに浅い積雲と層積雲の相補関係を考慮した。これにより、中高緯度 (特に南大洋や北太平洋) での下層雲量の分布が改善した。また、温暖化時の層積雲の応答がより適切に表現されることが示唆された。

ウ) 雲微物理過程の改良

雲微物理過程について様々な改良、修正等を行った。特に、液体の雲粒 (液相) と氷晶 (固相) が混在する混合相雲における過程を改良し、これまでは過冷却雲粒の比率が過小評価されていたが、衛星観測に近い比率を表現できるようになった。これは南大洋など混合相雲の卓越する領域での雲放射効果のバイアス改善に寄与した。さらに気候感度に影響する雲相フィードバックの適切な表現につながることを期待される。その他、氷晶落下や氷晶から雪への変換などについて、プロセスレベルの検討をもとに、より適切なスキームに変更した。

エ) エアロゾル-雲相互作用及びエアロゾル-放射相互作用の改良

エアロゾルモデルを高度化し、大気モデルの雲物理過程・放射過程と合わせて改良を行った。黒色炭素粒子の変質過程のパラメタリゼーションを導入し、疎水性と親水性に区別して異なる放射特性として扱うように高度化した。火山性の硫酸エアロゾルと人為起源・自然起源の硫酸塩エアロゾルを区別し、両者で大きく異なる特性を表現可能にした。また、積雲対流に伴う降水によるエアロゾルの除去過程を高度化した。さらに、プロセスレベルの検討をもとに各種エアロゾルの粒径分布の適正化等をおこなった。

オ) 南大洋の雲の表現の改善

多くの気候モデルで表現が難しいとされている南大洋の雲の表現の改善に取り組んだ。層積雲パラメタリゼーションの高度化や雲微物理過程 (特に混合相雲における過程) の改良により、中緯度の南大洋で雲量および雲の光学的厚さが増加し、海面に届く日射の過剰バイアスが大きく改善し、海面水温の高温バイアスも解消した。

カ) 積雲対流パラメタリゼーションの調整

マッデンジュリアン振動 (MJO) は代表的な熱帯季節内変動であるが、モデルでの現実的な表現が難しい。短期 (2日、20日) のハインドキャスト実験を含む MJO のモデル比較に CMIP5 版のモデル (MRI-CGCM3) で参加し、MJO の再現性および予測精度の検証を行った結果、MRI-CGCM3 はかなり良い性能を示した。MJO の各フェーズにおける積雲対流による大気加熱・加湿プロファイルが関係していることが示唆されたが、大気中下層の湿潤バイアスが大きい欠点もみられた。これらの知見を活かしながらモデルの積雲対流の調整を行った。

キ) オゾン化学モデルの高度化

CMIP6 実験に向けてオゾン化学モデルの高度化を行った。特に、中間圏オゾン化学反応過程を従来よりも詳細にし、これまで同領域で存在していた正バイアスを軽減した。また、CMIP6 実験で新たに外部強制力として加わる太陽プロトンイベントの影響を適切にオゾン化学モデルで計算できるように改良を行った。

ク) 成層圏準2年振動 (QBO) の表現

大気モデルの鉛直高解像度化により対流圏界面付近から成層圏・中間圏までの層数を増強したことに加え、非地形性重力波抵抗パラメタリゼーションを導入し調整を行った結果、QBO が表現されるようになった。

ケ) 大気境界層過程の高度化

これまでのモデルでは境界層の高さが低い欠点があった。そこで、乱流エネルギーを予報変数化し、渦拡散 (局所混合) とアップドラフト (非局所混合) を考慮した新方式のパラメタリゼーションを開発した。これを大気モデルに組み込んでテストを行った結果、現実に近い境界層が再現された。さらに、浅い積雲対流と大気境界層過程との相互作用を考慮して積雲対流スキームの改良も行い、亜熱帯海洋上の層積雲から浅い対流への遷移領域での雲の表現が向上した。(なお、この項目の内容は CMIP6 向けモデルには反映されていない)

コ) 土壌サブモデルの開発

積雪変質モデル SMAP の土壌サブモデルを開発した。本サブモデルは、融解・再凍結を考慮した熱伝導方程式と水分移動を規定する式を基礎方程式に据え、様々な土壌タイプを考慮できる。2011-2012 冬期の長岡における観測で検証した結果、冬期間全体で平均した各深度における 2 乗平均平方根誤差 (RMSE) は 1.13 から 2.84°C と十分許容できる精度であることが確認出来た。(なお、この項目の内容は CMIP6 向けモデルには反映されていない)

②地球システムモデルによる長期予測実験および十年規模予測実験

ア) 産業革命以降の気候変化および現在気候の再現

上記①で高度化した地球システムモデルを使用して、歴史実験、すなわち過去の観測された強制力 (温室効果気体濃度、人為起源エアロゾル排出、太陽活動、火山活動) の変化を与えて 1850 年から現在 (2015 年) までの気候変化を再現する実験を行った。その結果、モデルは観測された全球平均地上気温の変化をよく再現した。また、この実験における現在気候 (1986-2005 年) の再現性を検証した。モデルは気温、海面気圧、降水、雲量、放射など多くの要素の物理場の再現性において、CMIP5 版より優れた性能を示した。ENSO を始めとする自然の変動性についても現実的な再現性を示した。その他、気候感度やエアロゾル放射強制力を推定するための実験を行い、それぞれ妥当な値を得た。

イ) 十年規模予測実験システムの開発

十年規模予測実験に必要な大気海洋の初期値化のため、アンサンブルカルマンフィルターに基づく初期値化システムを開発した。長期的に観測データが豊富に得られている大気と海洋の気候場を再現するシステムである。これを地球システムモデルに組み入れた。このシステムを用いてハインドキャスト実験を行うための準備を進めている。

③気候変動および気候と物質循環の相互作用に関するプロセス・メカニズムの解明

ア) 雲フィードバックを領域別に詳細に調査し、雲の種類別に雲フィードバックやそのメカニズムが異なっていることが明らかになった。雲量、雲水量・雲氷量、雲粒数密度・氷晶数密度の高度別に異なるそれぞれの変化が、雲フィードバックにどのように影響しているか調査した。氷晶数密度の減少には、上空のエアロゾルの減少が影響していることが明らかになった。

イ) 雲フィードバックに関するモデル間相互比較 CFMIP2 の発展として、水惑星実験 COOKIE およびプロセス感度実験 SPOOKIE に参加し、MRI-CGCM3 での計算結果を提出するとともに、国際会議で

の議論等を通じて共同研究を進めた。積雲対流スキームの自由度がモデル間の雲フィードバックのばらつきに寄与していることが示唆される等、新しい知見が得られている。

- ウ) MRI-CGCM3 に組み込んだ衛星観測シミュレータパッケージ COSP の出力を用いて、CMIP5 現在気候再現実験の雲分布再現性を評価した結果、熱帯で光学的に厚い雲が過剰、中緯度で下層雲が過少であることがわかった。従来の標準的な衛星データの ISCCP、CALIPSO、CloudSat に加え、MODIS や MISR など、COSP で利用可能な出力を最大限活用して複合的に全球雲量分布の再現性を調査した結果、センサーごとの特性が表現されるなど評価の信頼性が向上した。
- エ) MRI-CGCM3 による CMIP5 実験及び CFMIP2 実験データを用いて、海霧の将来変化を調査した。海霧は、海面付近の大気の暖気移流によって生じる場合が多いが、この将来変化も、暖気移流の変化と非常によい対応があることがわかった。夏季と冬季の比較や、南北半球ごとにも調査を行い、その違いを明らかにし、さらに、これらの海霧の雲フィードバックへの影響についても明らかにした。
- オ) モデルでの表現が不十分な中緯度の下層雲の性質を明らかにするため、船舶による長期目視観測データを用いて、夏季北太平洋下層雲量の年々変動・十年規模変動について調査を行った。
- カ) MRI-CGCM3 を用いて過去千年 (Last Millennium; LM) 実験 (850-2000) を行い、モデルの振る舞いや再現性について調べた。半球平均気温は、各地の気候変化を示すプロキシデータと比べて特に 15 世紀以降で高い相関が見られ、気温の地理分布に関して、中世温暖期 (950-1250 年) と小氷期 (1400-1700 年) の差でプロキシと同様のラニーニャ型の構造が再現された。北半球環状モードに関して太陽活動の弱いマウンダー極小期後期の 1700 年付近で長期的な負のインデックスが見られた。東アジア域の降水量分布、熱帯低気圧の発生数などにもプロキシと一致する傾向が見られた。
- キ) 地球システムモデル歴史実験において表現された火山噴火起源の成層圏硫酸エアロゾルを、気象研ライダーエアロゾル観測 (1982 年以降) により検証した。大規模噴火 (エルチチョン 1982 年、ピナツボ 1991 年) による噴火後一年以内のエアロゾル粒子の激増とその後の減少を、モデルは桁として良く再現するものの、極大値については過小であり、弱めの寒冷化となる。このことから、モデルのエアロゾル粒子生成過程や実験設定 (噴火による二酸化硫黄放出量) の改良の必要性が示唆された。
- ク) 成層圏気候の解明と再現性向上のため、成層圏水蒸気量をコントロールしている熱帯対流圏界層 (TTL) の気候モデル間比較を行い、モデル間の熱帯対流圏界層の違いの原因とその違いが将来気候にどのように影響するかを調べた。年平均気候値の熱帯 100hPa の残差鉛直流はモデル間にばらつきがあり、TTL 内の気温の鉛直勾配に影響を与えている。運動量収支解析から、TTL 付近の大気波動の (特に熱帯起源の波の運動量輸送) 収束の違いが、鉛直流のモデル間の違いを生んでいることが明らかになった。また鉛直流の現在気候と将来気候変化に高い相関が見られ、鉛直流の現在気候再現性に将来気候が縛られていることが明らかになった。熱帯対流圏界層の鉛直流の駆動源となる波の運動量輸送についてより詳細な解析を行い、モデル間の熱帯対流圏界層の鉛直流の違いに対しプラネタリースケール (東西波数 1-3) の寄与が大半を占める一方で、鉛直流を診断する緯度により卓越する波強制の種類が異なることを明らかにした。赤道に近いほど熱帯対流圏界層付近の赤道波関連による波強制、高緯度側ほどロスビー波に関連すると考えられる成層圏上層の寄与が強くなる傾向が現れた。
- ケ) 大気-化学-エアロゾル相互作用に関して詳細な解析を行うため、IGAC/SPARC のモデル相互比較プロジェクト Chemistry-Climate Model Initiative (CCMI) に参加し、21 世紀将来予測実験、および現在気候再現実験をそれぞれ実施し大気微量成分に関する長期トレンド解析など初期的解析を行った。
- コ) 化学気候モデル相互比較 (CCMI) 実験や再解析データ JRA-55 ファミリープロダクトにおける QBO の性質の比較を行い、それぞれが異なる QBO 振幅と駆動源を持っていることが明らかになった。CCMI 実験では主に非地形性重力波パラメタリゼーションの項を、再解析では同化による増分を駆動源として QBO が再現されていた。JRA-55 の同化なし版では QBO が再現できなかった。
- ④次世代気候モデルの開発
- ア) 気象庁現業全球モデル (GSAM) をベースに、力学フレームとして 2 重フーリエ級数、非静力学のオプションを導入し、その上に気候モデル用のモニターや大気海洋結合インターフェースを実装して、次世代の非静力学気候モデルのプラットフォームを構築した。今後、これをベースに地球システムモデルのコンポーネントを移植していく。

副課題 2**①地域気候モデルによる現在気候再現性の改善**

- ア) SiB の改良により NHRCM の陸面過程の再現性が向上した。
- イ) 高分解能化に伴い対流パラメタリゼーションを取り外し、月降水量に関するスコアが改善された。
- ウ) 南西諸島における極端降水について、高分解能化と物理過程の改良で NHRCM02 は NHRCM05 と比べて再現性が向上した。
- エ) 気象研究所一般研究課題 c8「環境要因による局地気候変動のモデル化に関する研究」で開発された都市気候モデルを導入することにより、都市域における気温や積雪の再現性が大幅に向上した。

②地域気候モデルによる将来気候予測

- ア) 温暖化による将来気候変化予測実験の結果が、政府の「気候変動の影響への適応計画」の策定のための資料として採用された。
- イ) 5km 分解能 NHRCM による 4 メンバーの将来気候変化予測実験の結果が、気象庁温暖化予測情報第 9 巻で採用されることが決定された。
- ウ) 大規模アンサンブル将来気候変化予測実験 (d4PDF) の結果が、データ統合・解析システム (DIAS) を通して多くの影響評価研究者に利用された。
- エ) 2km 分解能 NHRCM による 4 メンバーの将来気候変化予測実験のデータを作成した。

③地域気候モデルによる予測情報の高度化

- ア) d4PDF の結果を使う事によって、再現期間の長い極端事象の滑らかな PDF を描くことができ、将来気候変化の信頼度が向上した。
- イ) 最深積雪のバイアス補正の方法を考案し、より精度の高い将来変化予測を得ることができた。

④地域的な気候現象の予測可能性の検討

- ア) 北陸地方の山岳部において、将来激しい降雪が増えることが予測される。それに関して、将来日本海収束帯が強化されることが重要である事が分かった。
- イ) 四国で発生するやまじ風について、高分解能化に伴い再現性が向上した。
- ウ) 梅雨前線の位置は全てのアンサンブル実験において、現在の位置よりやや南側に予測された。

⑤国際貢献

- ア) 東南アジアを中心にこれまでにのべ 13 人の研究者を招へいし、統合地域ダウンスケーリング実験東南アジア版 CORDEX-SEA (Coordinated Regional Climate Downscaling Experiment Southeast Asia) へ貢献した。
- イ) CORDEX-EA に参画し、東アジア域でのダウンスケーリングを行った。

(3) 当初計画からの変更点 (研究手法の変更点等)**副課題 1**

なし

副課題 2

適応策策定のための温暖化実験や d4PDF のような大アンサンブル実験ができたことにより、発生頻度の低い極端現象の確率的予測が可能になった。

(4) 成果の他の研究への波及状況**副課題 1**

本課題では、文部科学省「気候変動リスク情報創生プログラム」テーマ C : 「気候変動リスク情報の基盤技術開発」と連携して研究を行っており、全球大気モデルに関する研究成果を相互に反映させている。また、気象研究所重点研究課題 C 3 「地球環境監視・診断・予測技術高度化に関する研究」の副課題 4 「化学輸送モデル・同化技術の開発・高度化」と連携してエアロゾルに関する知見やモデル開発の成果を相互に反映させている。また、気象研究所一般研究課題 c5 「雪氷物理過程の観測とモデル化による雪氷圏変動メカニズムの解明」および c7 「海洋モデルの高度化に関する研究」と連携し、それぞれ積雪モデルおよび海洋モデルについて、モデル開発の成果や得られた知見を相互に反映させている。また、文部科学省「気候変動リスク情報創生プログラム」テーマ A : 「直面する地球環境変動の予測と診断」と連携し、気候モデル開発等に関する情報交換を行っている。

副課題 2

- ①地域気候モデルでの開発成果は、気象研究所重点研究課題A1「メソスケール気象予測の改善と防災気象情報の高度化に関する研究」でのモデル開発と共有する。
- ②開発された地域気候モデルは他のプロジェクトや開発途上国における温暖化予測においても利用されている。
- ③予測データは他機関の研究者に提供され温暖化による影響評価に利用されている。

今後の研究の進め方**副課題 1**

- ①高精度化された地球システムモデルを使って CMIP6 の中核的実験を行い、その結果を解析してモデル開発成果のとりまとめを行う。
- ②雲フィードバックや十年規模予測をはじめとする CMIP6 の各種モデル比較計画の実験を実施し、その結果を公開するとともに、独自の解析をして成果をとりまとめる。
- ③引き続き、気候変動および気候と物質循環の相互作用に関するプロセス・メカニズムの解明をすすめ、成果の発表を行っていく。
- ④できあがった GSAM ベースのプラットフォームに、地球システムモデルの各コンポーネントを導入し、非静力学オプションを持つ次世代地球システムモデルのプロトタイプを完成させる。

副課題 2

- ①NHRCM の将来気候変化予測精度向上に関する課題
 - ア) SST の詳細な分布が気候変化に与える影響の評価が必要。
 - イ) 陸面過程モデルの改良が必要。
- ②将来気候変化予測データの利活用に関する課題
 - ア) ユーザーのニーズに合ったデータセットの作成および解析が必要。
- ③地球温暖化による気候変化予測研究の国際貢献
 - ア) 開発途上国との研究交流を通して人材育成が必要。

研究成果及びその活用に関する意見（中間評価の総合所見）

本研究課題については、気象研究所評議員会評価分科会（気候・地球環境分野）において中間評価を実施した。中間評価の総合所見については、261 ページを参照。

成果発表一覧**（1）査読付き原著論文：57件**

1. Kusunoki, S., 2016: Is the global atmospheric model MRI-AGCM3.2 better than the CMIP5 atmospheric models in simulating precipitation over East Asia?. *Climate Dynamics*. (in press)
2. Kawai, H., T. Koshiro, H. Endo, O. Arakawa, and Y. Hagihara, 2016: Changes in Marine Fog in a Warmer Climate. *Atmospheric Science Letters*, **17**, 548-555.
3. Masaya Nosaka, Hidetaka Sasaki, Akihiko Murata, Hiroaki Kawase and Mitsuo Oh'izumi, 2016: Bias Correction of Snow Depth by Using Regional Frequency Analysis in the Non-Hydrostatic Regional Climate Model around Japan. *SOLA*, **12**, 165-169.
4. Kunio Kaiho, Naga Oshima, Kouji Adachi, Yukimasa Adachi, Takuya Mizukami, Megumu Fujibayashi, Ryosuke Saito, 2016: Global climate change driven by soot at the K-Pg boundary as the cause of the mass extinction. *Scientific Reports*, **6**, 28427.
5. Yingjiu, B., I. Kaneko, H. Nishi, H. Sasaki, A. Murata, K. Kurihara, and I. Takayabu, 2016: A web platform for community-based adaptation decision-making under uncertainty. *International Journal of Climate Change: Impacts and Responces*, **8**, 33-51.
6. Day, J. J., S. Tietsche, M. Collins, H. F. Goessling, V. Guemas, A. Guillory, W. J. Hurlin, M. Ishii, S. P. E. Keeley, D. Matei, R. Msadek, M. Sigmond, H. Tatebe, and E. Hawkin, 2016: The Arctic Predictability and Prediction on Seasonal to

- Interannual TimEScales (APPOSITE) data set version 1. *Geoscientific Model Development*, 2255–2270.
7. Kondo, Y., N. Moteki, N. Oshima, S. Ohata, M. Koike, Y. Shibano, N. Takegawa, and K. Kita, 2016: Effects of wet deposition on the abundance and size distribution of black carbon in East Asia. *Journal of Geophysical Research Atmosphere*, **121**, 4691–4712.
 8. Tsushima, Y., M. A. Ringer, T. Koshiro, H. Kawai, R. Roehrig, J. Cole, M. Watanabe, T. Yokohata, A. Bodas-Salcedo, K. D. Williams, and M. J. Webb, 2016: Robustness, uncertainties, and emergent constraints in the radiative responses of stratocumulus cloud regimes to future warming. *Climate Dynamics*, **46(9)**, 3025–3039.
 9. Butler, A. H., A. Arribas, M. Athanassiadou, Y. Imada, M. Ishii, and T. Yasuda, 2016: The Climate-system Historical Forecast Project: do stratosphere-resolving models make better seasonal climate predictions in boreal winter?. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, **142**, 1413–1427.
 10. Ilicak, M., H. Drange, Q. Wang, R. Gerdes, Y. Fujii, H. Tsujino, 他 32 名, 2016: An assessment of the Arctic Ocean in a suite of interannual CORE-II simulations. Part III: Hydrography and fluxes. *Ocean Modelling*, **100**, 141–161.
 11. Ogata, T., R. Mizuta, Y. Adachi, H. Murakami, and T. Ose, 2016: Effect of air-sea coupling on the frequency distribution of intense tropical cyclones over the northwestern Pacific. *Geophysical Research Letters*, **42**, 10145–10421.
 12. Kitoh, A., T. Ose, and I. Takayabu, 2016: Dynamical Downscaling for Climate Projection with High-Resolution MRI AGCM-RCM. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, **94A**, 1–16.
 13. Kieu-Thi, X., H. VU-Thanh, T. Nguyen-Minh, D. Le, L. Nguyen-Minh, I. Takayabu, H. Sasaki, and A. Kitoh, 2016: Rainfall and Tropical Cyclone Activity over Vietnam Simulated and Projected by the Non-Hydrostatic Regional Climate Model - NHRCM. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, **94A**, 135–150.
 14. Hibino, K., and I. Takayabu, 2016: A Trade-Off Relation between Temporal and Spatial Averaging Scales on Future Precipitation Assessment. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, **94A**, 121–134.
 15. Takayabu, I., and K. Hibino, 2016: The skillful time scale of climate models. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, **94A**, 191–197.
 16. Takayabu, I., H. Kanamaru, K. Dairaku, R. Benestad, H. von Storch, and J. H. Christensen, 2016: Reconsidering the Quality and Utility of Downscaling. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, **94A**, 31–45.
 17. Kanada, S., and A. Wada, 2016: Sensitivity to horizontal resolution of the simulated intensifying rate and inner-core structure of typhoon Ida, an extremely intense typhoon. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, **94A**, 181–190.
 18. Kitoh, A., and H. Endo, 2016: Changes in precipitation extremes projected by a 20-km mesh global atmospheric model. *Weather and Climate Extremes*, **11**, 41–52.
 19. Wang, Q., M. Ilicak, R. Gerdes, H. Drange, Y. Fujii, H. Tsujino, 他 33 名, 2016: An assessment of the Arctic Ocean in a suite of interannual CORE-II simulations. Part II: Liquid freshwater. *Ocean Modelling*, **99**, 86–109.
 20. Wang, Q., M. Ilicak, R. Gerdes, H. Drange, Y. Fujii, H. Tsujino, 他 33 名, 2016: An assessment of the Arctic Ocean in a suite of interannual CORE-II simulations. Part I: Sea ice and solid fresh water. *Ocean Modelling*, **99**, 110–132.
 21. Cruz, F. T., H. Sasaki, and G. T. Narisma, 2016: Assessing the sensitivity of the Non-hydrostatic Regional Climate Model to Boundary Conditions and Convective

- Schemes over the Philippines. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, **94**, 165-179.
22. Danabasoglu, G., S. G. Yeager, W. M. Kim, Y. Fujii, H. Tsujino, et al., 2016: North Atlantic simulations in coordinated ocean-ice reference experiments phase II (CORE-II). Part II: Inter-annual to decadal variability. *Ocean Modelling*, **97**, 65-90.
 23. Stanfield, R. E., J. H. Jiang, X. Dong, B. Xi, H. Su, L. Donner, L. Rotstayn, T. Wu, J. Cole, and E. Shindo, 2015: A quantitative assessment of precipitation associated with the ITCZ in the CMIP5 GCM simulations. *Climate Dynamics*, **47**, 1863-1880.
 24. Suzuki, T., and M. Ishii, 2015: Interdecadal baroclinic sea level changes in the North Pacific based on historical ocean hydrographic observations. *Journal of Climate*, **28**, 4585-4594.
 25. Kawai, H., S. Yabu, Y. Hagihara, T. Kosshiro, and H. Okamoto, 2015: Characteristics of the Cloud Top Heights of Marine Boundary Layer Clouds and the Frequency of Marine Fog over Mid-Latitudes. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, **93**, 613-628.
 26. Kanada, S., and A. Wada, 2015: Numerical Study on the Extremely Rapid Intensification of an Intense Tropical Cyclone: Typhoon Ida (1958). *Journal of the Atmospheric Sciences*, **72**, 4194-4217.
 27. Kawase, H., C. Suzuki, N. N. Ishizaki, F. Uno, H. Iida, and K. Aoki, 2015: Simulations of Monthly Variation in Snowfall over Complicated Mountainous Areas around Japan's Northern Alps. *SOLA*, **11**, 138-143.
 28. Webb, M. J., A. P. Lock, C. S. Bretherton, S. Bony, J. Cole, S. Kang, T. Kosshiro, H. Kawai, T. Ogura, R. Roehrig, Y. Shin, T. Mauritsen, S. S. Sherwood, J. Vial, M. Watanabe, M. D. Woelfle, and M. Zhao, 2015: The impact of parametrized convection on cloud feedback. *Philosophical Transactions A*, **373**.
 29. Kawase, H., H. Sasaki, A. Murata, and M. Nosaka, 2015: Future Changes in Winter Precipitation around Japan Projected by Ensemble Experiments Using NHRCM. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, **93**, 571-580.
 30. Suzuki, K., G. L. Stephens, A. Bodas-Salcedo, M. Wang, J.-C. Golaz, T. Yokohata, and T. Kosshiro, 2015: Evaluation of the warm rain formation process in global models with satellite observations. *Journal of the Atmospheric Sciences*, **72**, 3996-4014.
 31. Miyazaki, S., K. Saito, J. Mori, T. Yamazaki, T. Ise, H. Arakida, T. Hajima, Y. Iijima, H. Machiya, T. Sueyoshi, H. Yabuki, E. J. Burke, M. Hosaka, K. Ichii, H. Ikawa, A. Ito, A. Kotani, Y. Matsuura, M. Niwano, and T. Nitta, 2015: The GRENE-TEA model intercomparison project (GTMIIP): overview and experiment protocol for Stage 1. *Geoscientific Model Development*, **8**, 2841-2856.
 32. Hibino, K., I. Takayabu, and T. Nakaegawa, 2015: Objective estimate of future climate analogues projected by an ensemble AGCM experiment under the SRES A1B scenario. *Climatic Change*, **131**, 677-689.
 33. Downes, S. M., R. Farneti, P. Uotila, S. M. Griffies, S. J. Marsland, H. Tsujino, et al., 2015: An assessment of Southern Ocean water masses and sea ice during 1988-2007 in a suite of interannual CORE-II simulations. *Ocean Modelling*, **94**, 67-94.
 34. Kusunoki, S., R. Mizuta, and M. Hosaka, 2015: Future changes in precipitation intensity over the Arctic projected by a global atmospheric model with a 60-km grid size. *Polar Science*, **9**, 277-292.
 35. Farneti, R., S. M. Downes, S. M. Griffies, S. J. Marsland, H. Tsujino, et al., 2015:

- An assessment of Antarctic Circumpolar Current and Southern Ocean meridional overturning circulation during 1958–2007 in a suite of interannual CORE-II simulations. *Ocean Modelling*, **93**, 84–120.
36. Murata, A., H. Sasaki, H. Kawase, M. Nosaka, M. Oh' izumi, T. Kato, T. Aoyagi, F. Shido, K. Hibino, S. Kanada, A. Suzuki-Parker, and T. Nagatomo, 2015: Projection of future climate change over Japan in ensemble simulations with a high-resolution regional climate model. *SOLA*, **11**, 90–94.
 37. Xavier, P. K., et al, 2015: Vertical structure and physical processes of the Madden-Julian Oscillation: Biases and uncertainties at short range. *Journal of Geophysical Research Atmosphere*, **120**, 4749–4763.
 38. Klingaman, N. P., et al., 2015: Vertical structure and physical processes of the Madden-Julian oscillation: Linking hindcast fidelity to simulated diabatic heating and moistening. *Journal of Geophysical Research Atmosphere*, **120**, 4690–4717.
 39. Jiang, X., et al. , 2015: Vertical structure and physical processes of the Madden-Julian oscillation: Exploring key model physics in climate simulations. *Journal of Geophysical Research Atmosphere*, **120**, 4718–4748.
 40. Hoshika, Y., G. Katata, M. Deushi, M. Watanabe, T. Koike, and E. Paoletti, 2015: Ozone-induced stomatal sluggishness changes carbon and water balance of temperate deciduous forests. *Scientific Reports*, **5**.
 41. Kamae, Y., H. Shiogama, M. Watanabe, M. Ishii, H. Ueda, and M. Kimot, 2015: Recent slowdown of tropical upper-tropospheric warming associated with Pacific climate variability. *Geophysical Research Letters*, **42**, 2995–3003.
 42. Murazaki, K., H. Tsujino, T. Motoi, and K. Kurihara, 2015: Influence of the Kuroshio large meander on the climate of Japan based on a regional climate model. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, **93**, 161–179.
 43. Storto, A., S. Masina, M. Balmaseda, S. Guinehut, Y. Xue, T. Szekely, I. Fukumori, G. Forget, Y. -S. Chang, S. A. Good, A. Köhl, G. Vernieres, N. Ferry, K. A. Peterson, D. Behringer, M. Ishii, S. Masuda, Y. Fujii, T. Toyoda, Y. Yin, M. Valdivieso, B. Barnier, 2015: Steric sea level variability (1993–2010) in an ensemble of ocean reanalyses and objective analyses. *Climate Dynamics*.
 44. Jonathan H. Jiang, Hui Su, Chengxing Zhai, T. Janice Shen, Tongwen Wu, Jie Zhang, Jason N. S. Cole, Knut von Salzen, Leo J. Donner, Charles Seman, Anthony Del Genio, Larissa S. Nazarenko, Jean-Louis Dufresne, T. Kosshiro, H. Kawai, 2015: Evaluating the Diurnal Cycle of Upper-Tropospheric Ice Clouds in Climate Models Using SMILES Observations. *Journal of the Atmospheric Sciences*, **72**, 1022–1044.
 45. Webb, M. J., A. P. Lock, A. Bodas-Salcedo, S. Bony, J. N. S. Cole, T. Kosshiro, H. Kawai, C. Lacagnina, F. M. Selten, R. Roehrig, and B. Stevens, 2015: The diurnal cycle of marine cloud feedback in climate models. *Climate Dynamics*, **44**, 1419–1436.
 46. Takegawa, N., N. Moteki, N. Oshima, M. Koike, K. Kita, A. Shimizu, N. Sugimoto, and Y. Kondo, 2014: Variability of aerosol particle number concentrations observed over the western Pacific in the spring of 2009. *Journal of Geophysical Research*, **119**, 13, 474–13, 488.
 47. Samset, B. H., G. Myhre, A. Herber, Y. Kondo, S. -M. Li, N. Moteki, M. Koike, N. Oshima, J. P. Schwarz, Y. Balkanski, S. E. Bauer, N. Bellouin, T. K. Berntsen, H. Bian, M. Chin, T. Diehl, R. C. Easter, S. J. Ghan, T. Iversen, A. Kirkevåg, J. -F. Lamarque, G, 2014: Modelled black carbon radiative forcing and atmospheric lifetime in AeroCom Phase II constrained by aircraft observations. *Atmospheric*

- Chemistry and Physics*, **14**, 12, 465-12, 477.
48. Mizuta, R., O. Arakawa, T. Ose, S. Kusunoki, H. Endo, and A. Kitoh, 2014: Classification of CMIP5 future climate responses by the tropical sea surface temperature changes. *SOLA*, **10**, 167-171.
 49. Mori, T., Y. Kondo, S. Ohata, N. Moteki, H. Matsui, N. Oshima, and A. Iwasaki, 2014: Wet deposition of black carbon at a remote site in the East China Sea. *Journal of Geophysical Research*, **119**, 10, 485-10, 498.
 50. Griffies, S. M., J. Yin, P. J. Durack, P. Goddard, H. Tsujino, (他 38 名), 2014: An assessment of global and regional sea level for years 1993 - 2007 in a suite of interannual CORE - II simulations. *Ocean Modelling*, **78**, 35-89.
 51. Danabasoglu, G., S. G. Yeager, D. Bailey, Y. Fujii, H. Tsujino, (他 42 名), 2014: North Atlantic simulations in Coordinated Ocean - ice Reference Experiments phase II (CORE - II). Part I: Mean states. *Ocean Modelling*, **73**, 76-107.
 52. Bodas-Salcedo, A., K. D. Williams, M. A. Ringer, I. Beau, J. N. S. Cole, J.-L. Dufresne, T. Koshiro, B. Stevens, Z. Wang, and T. Yokohata, 2014: Origins of the solar radiation biases over the Southern Ocean in CFMIP2 models. *Journal of Climate*, **27**, 41-56.
 53. 佐藤圭, 江波進一, 藤谷雄二, 古山昭子, 伏見暁洋, 猪俣敏, 桑田幹哲, 持田陸宏, 森野悠, 中山智喜, 大島長, 坂本陽介, 高見昭憲, 上田佳代, 吉野彩子, 白岩学, 2016: JSPS-DFG セミナー「大気エアロゾルの物理化学特性ならびにその大気質および健康への影響」参加報告. *エアロゾル研究*, **31** (1), 59-62.
 54. 佐藤圭, 江波進一, 藤谷雄二, 古山昭子, 伏見暁洋, 猪俣敏, 桑田幹哲, 持田陸宏, 森野悠, 中山智喜, 大島長, 坂本陽介, 高見昭憲, 上田佳代, 吉野彩子, 白岩学, 2016: JSPS-DFG セミナー「大気エアロゾルの物理化学特性ならびにその大気質および健康への影響」の参加報告. *大気化学研究*, **34**, 41-43.
 55. Murata, A., H. Sasaki, H. Kawase, and M. Nosaka, 2016: Evaluation of precipitation over an oceanic region of Japan in convection-permitting regional climate model simulations. *Climate Dynamics*. doi:10.1007/s00382-016-3172-x.
 56. Takayabu I., K. Hibino, H. Sasaki, H. Shiogama, N. Mori, Y. Shibutani, and T. Takemi, 2015: Climate change effects on the worst-case storm surge: a case study of Typhoon Haiyan. *Environmental Research Letters*, **10**, 064011.
 57. Kawase, H., A. Murata, R. Mizuta, H. Sasaki, M. Nosaka, and I. Takayabu, 2016: Enhancement of extreme daily snowfall in Japan due to global warming projected by enormous ensemble regional climate experiments. *Climatic Change*. doi:10.1007/s10584-016-1781-3.

(2) 査読論文以外の著作物（翻訳、著書、解説等）：5 件

1. Endo, H., and A. Kitoh, 2016: Projecting changes of the Asian summer monsoon through the twenty-first century. *The Monsoons and Climate Change*, 47-66.
2. Bai, Y., I. Kaneko, H. Kobayashi, H. Sasaki, M. Hanafusa, K. Kurihara, I. Takayabu, and A. Murata, 2014: A GIS-based tool for regional adaptation decision-making for depopulated communities in Japan. *Engineering Geology for Society and Territory - Volume 1*, 183-187.
3. 建部洋晶, 石井正好, 2015: 新用語解説 近未来予測. *天気*, **62**, 607-608.
4. 村田昭彦, 2015: 対流バースト, *天気*, **62**, 459-460.
5. 筆保弘徳, 川瀬宏明, 梶川義幸, 高谷康太郎, 堀正岳, 竹村俊彦, 竹下秀, 2014: 異常気象と気候変動についてわかっていること知らないこと, ベレ出版.

(3) 学会等発表

ア. 口頭発表

・国際的な会議・学会等：43件

1. Kawai, H., T. Koshiro, and M. Webb, Indexes and Parameters Related to Low Cloud Cover, and Low Cloud Feedback, CFMIP/ WCRP ICTP Conference on Cloud Processes, Circulation and Climate Sensitivity, 2016年7月, イタリア, トリエステ
2. N. Oshima, T. Y. Tanaka, T. Koshiro, H. Kawai, M. Deushi, and M. Koike, Aging processes of black carbon and its impact on the global-scale radiative forcing, Goldschmidt 2016, 2016年6月, 神奈川県横浜市
3. Mizuta, R., H. Shiogama, A. Murata, K. Yoshida, O. Arakawa, K. Hibino, H. Kawase, Y. Imada, M. Mori, H. Endo, M. Ikeda, M. Ishii, I. Takayabu, E. Nakakita, M. Kimoto, Large ensemble simulation with a high-resolution AGCM + RCM, 7th Japan-EU Workshop on Climate Change Research, 2016年4月, 東京都千代田区
4. Shindo, E, Development of MRI-ESM for the IPCC AR6, Joint US-Japan Workshop on Climate Change and Variability, 2016年3月, アメリカ, サンディエゴ
5. Ryo Mizuta, Hideo Shiogama, Yukiko Imada, Kohei Yoshida, Osamu Arakawa, Masato Mori, Hirokazu Endo, Mikiko Ikeda, Masayoshi Ishii, Izuru Takayabu, Eiichi Nakakita, Masahide Kimoto, Large ensemble simulation by a 60km AGCM, Joint US-Japan Workshop on Climate Change and Variability, 2016年3月, アメリカ, San Diego
6. Yoshida, K., R. Mizuta, M. Sugi, and H. Murakami, Probability distribution of tropical cyclone in large ensemble simulation by MRI-AGCM, 2016 TCCIP workshop, 2016年3月, 台湾, 新北市
7. 楠昌司, Changes in Precipitation over East Asia Projected by Global Atmospheric Models with 20-km and 60-km grid sizes, The International Science Conference (ISC) on MAHASRI (Monsoon Asian Hydro-Atmosphere Scientific Research and Prediction Initiative), 2016年3月, 東京
8. 楠昌司, Are CMIP5 Models better than CMIP3 Models in Simulating Precipitation over East Asia?, International Workshop on Climate Change and Precipitation in the East Asia, 2016年2月, 東京
9. Danabasoglu, G., Y. Fujii, H. Tsujino, et al., North Atlantic Simulations in Coordinated Ocean-ice Reference Experiments phase II (CORE-II): Inter-Annual to Decadal Variability, 2016 Ocean Sciences Meeting, 2016年2月, アメリカ, ニューオーリンズ
10. M. Ishii, SOUSEI 150-year Coupled Reanalysis, AMS 28th Conference on Climate Variability and Change, 2016年1月, アメリカ, ニューオーリンズ
11. Maeda S., M. Harada, and S. Wakamatsu, Future Changes in Winter Stationary Waves in East Asia and the North Pacific Induced by Robust Changes in the Tropical Circulation, AMS 96th Annual Meeting, 2016年1月, アメリカ, ニューオーリンズ
12. 金田幸恵, 和田章義, Characteristics of intensity changes of tropical cyclones in the Northwestern Pacific in track data and simulations by global and regional atmosphere models, 台風セミナー2015, 2016年1月, 東京都
13. Boyer, T., C. M Domingues, S. A Good, G. C Johnson, J. M Lyman, M. Ishii, V. V. Gouretski, J. K Willis, J. Antonov, J. A Church, R. Cowley, N L Bindoff, and S. A. Wijffels, Sensitivity of Global Upper Ocean Heat Content Estimates to Mapping Methods, XBT Bias Corrections, and Baseline Climatologies, AGU Fall Meeting, 2015年12月, アメリカ, サンフランシスコ
14. Oshima, N., Aging of black carbon and its impact on the spatial distribution and radiative effect using a MRI global model, JSPS-DFG Workshop on Aerosols, 2015年11月, ドイツ, マイニンツ

15. Kawase, H., H. Sasaki, A. Murata, M. Nosaka, I. Takayabu and N. N. Ishizaki, Future projection of extreme snowfall in Japan-one example of analysis of d4PDF -, 東アジアにおける統合地域ダウンスケーリング計画の科学・トレーニングワークショップ, 2015年11月, 中国, 北京
16. Kusunoki, S., R. Mizuta, and M. Hosaka, Future change in precipitation intensity over Arctic region projected by 60-km mesh global atmospheric model, 第6回極域科学シンポジウム, 2015年11月, 東京都
17. Oshima, N., T. Y. Tanaka, T. Koshiro, H. Kawai, M. Deushi, M. Kajino, and M. Koike, Impact of the micro-scale aging process of black carbon on its global-scale spatial distribution and radiative effect, The 13th International Conference on Atmospheric Sciences and Applications to Air Quality (ASAAQ13), 2015年11月, 兵庫県神戸市
18. 楠昌司, 水田亮, 吉田康平, 尾瀬智昭, 高薮出, 荒川理, 鬼頭昭雄, 小玉知央, 山田洋平, 野田暁, 山浦剛, 藤田実希子, 佐藤正樹, Are CMIP5 Models better than CMIP3 Models in Simulating Precipitation over East Asia?, 第1回アジア気象会議2015, 2015年10月, 京都府京都市
19. Ishii, M., SOUSEI 150-year Coupled Reanalysis and Japanese Data Rescue Activity, 8th ACRE workshop, 2015年10月, チリ, サンチアゴ
20. Kanada, S., and A. Wada, Sensitivity to Horizontal Resolution of the Simulated Intensifying Rate and Inner-core Structure of an Extremely Intense Typhoon, International WS on Issues in downscaling of climate change projection, 2015年10月, 茨城県つくば市
21. Nguyen, H., T. Nguyen, K. Mai, I. Takayabu, H. Sasaki, K. Truong, N. Nguyen, T. Vu, T. La, and N. Dang, High-Resolution Climate Downscaling for Vietnam with CMIP5 Data: Model Verification and Projection, International Workshop on Downscaling: Issues in Downscaling of Climate Change Projection, 2015年10月, 茨城県つくば市
22. Kawase, H., H. Sasaki, A. Murata, M. Nosaka, I. Takayabu, and N. N. Ishizaki, Future changes in extreme daily snowfall in Japan projected by large ensemble regional climate experiments, International WS on DS2015, 2015年10月, 茨城県つくば市
23. Bai, Y., I. Kaneko, H. Kobayashi, K. Kurihara, H. Sasaki, A. Murata, and I. Takayabu, Mapping heat-related risks for community-based adaptation decision making under uncertainty, International WS on Issues in downscaling of climate change projection, 2015年10月, 茨城県つくば市
24. Kusunok, S., Precipitation over the tropics simulated by climate models, Tropical Meteorology Workshop, 2015年9月, 福島県会津若松市
25. Kanada, S., and A. Wada, Intensity Change of Tropical Cyclones in the Northwest Pacific. Part I: Comparison Between Observation and Numerical Models, Asia Oceania Geosciences Society 12th Annual Meeting (AOGS2015), 2015年8月, シンガポール, シンガポール
26. Kawase, H., H. Sasaki, A. Murata, M. Nosaka, and N. Ishizaki, Future changes in winter precipitation and their uncertainty simulated by NHRCM ensemble experiments in Japan, Asia Oceania Geosciences Society 12th Annual Meeting (AOGS2015), 2015年8月, シンガポール, シンガポール
27. Endo, H., Long-term variation of Japanese summer climate during the past 100 years based on surface observational data, Asia Oceania Geosciences Society 12th Annual Meeting (AOGS2015), 2015年8月, シンガポール, シンガポール
28. Yoshida, K., R. Mizuta, and O. Arakawa, What causes intermodel difference in the

- upwelling in the tropical tropopause layer among CMIP5 models?, 26th General Assembly of the International Union of Geodesy and Geophysics (IUGG2015), 2015年6月, チェコ, プラハ
29. 金田幸恵, 和田章義, Characteristics of intensity changes of tropical cyclones in the Northwestern Pacific in track data and simulations by global and regional atmosphere models., 5th International Summit on Hurricanes and Climate Change, 2015年6月, ギリシャ, クレタ島
 30. Kawai, H., T. Koshiro, and H. Endo, Changes in Marine Fog in a Future Climate, CFMIP Meeting on Cloud Processes and Climate Feedbacks, 2015年6月, アメリカ, モントレー
 31. Bai, Y., I. Kaneko, H. Nishi, H. Sasaki, A. Murata, K. Kurihara, and I. Takayabu, A web platform for capitalizing on high-resolution projections in applications on regional climate change adaptation planning, 7th International Conference on Climate Change: Impacts and Responses, 2015年4月, カナダ, バンクーバー
 32. Yoshida, K., R. Mizuta, and O. Arakawa, Intermodel comparison of upwelling in the tropical tropopause layer by using CMIP5 models and MRI-AGCM, AMS 95th Annual Meeting, 2015年1月, アメリカ, フェニックス
 33. Mizuta, R., O. Arakawa, K. Yoshida, T. Ose, T. Nakaegawa, H. Murakami, S. Kusunoki, and A. Kitoh, High-resolution AGCM modeling and application for future projection, International Workshop on Risk Information on Climate Change, 2014年11月, 神奈川県横浜市
 34. Kawase, H., H. Sasaki, A. Murata, M. Nosaka, and N. N. Ishizaki, Uncertainty of future changes in winter precipitation simulated by NHRCM ensemble experiments in Japan, 13th International Regional Spectral Model Workshop, 2014年11月, 神奈川県横浜市
 35. Yukimoto, S., H. Kawai, and R. Mizuta, MRI participation in CMIP6, the 18th Session of the WGCM, 2014年10月, ドイツ, グライナウ
 36. Kawai, H., Distress and dilemmas in developing and tuning models, Workshop on model tuning, 2014年10月, ドイツ, グライナウ
 37. Kawase, H., H. Sasaki, and I. Takayabu, SOUSEI program - The Program for Risk Information on Climate Change program -, The 3rd International Workshop on CORDEX-East Asia, 2014年8月, 韓国, 済州島
 38. Koshiro, T., M. Shiotani, and S. Yukimoto, Decadal variability in low stratiform cloudiness over the summertime North Pacific in terms of cloud types, AOGS 11th Annual Meeting, 2014年7月, 北海道札幌市
 39. Endo, H. and A. Kitoh, Regional differences of summer monsoon rainfall changes in a warmer climate: thermodynamic and dynamic effects, Asia Oceania Geosciences Society 11th Annual Meeting (AOGS2014), 2014年7月, 北海道札幌市
 40. Yoshida, K., and R. Mizuta, Future changes and Uncertainties in the Tropical Tropopause Layer by Multiphysics and Multi-SST Ensemble Experiments with MRI-AGCM3.2, Sixth China-Korea-Japan Joint Conference on Meteorology, 2013年10月, 中国, 南京
 41. Murata, A., H. Sasaki, H. Kawase, M. Nosaka, M. Oh' izumi, T. Kato, T. Aoyagi, F. Shido, K. Hibino, S. Kanada, A. Suzuki-Parker, and T. Nagatomo, 2014: Projection of future climate change over Japan using a high-resolution regional climate model. International Workshop on Risk Information on Climate Change, Yokohama, Japan, 25 - 27 November 2014, Program for Risk Information on Climate Change (SOUSEI Program).
 42. Kawase, H., H. Sasaki, A. Murata, Masaya N., I. Takayabu, T. Aoyagi, R. Ito,

Challenges of convection-permitting regional climate simulations for future climate projection in Japan - Program for Risk Information on Climate Change, SOUSEI program -, GEWEX Convection-Permitting Climate Modeling Workshop, Boulder, Sep. 6-8, 2016.

43. Kawase. H., H. Sasaki, A. Murata, M. Nosaka, I. Takayabu, R. Mizuta, M. Ishii, K. Dairaku, Rui Ito: High-resolution regional climate simulations for future climate projection in Japan and collaborations with Southeast Asia, The 4th Workshop of the Southeast Asia Regional Climate Downscaling (SEACLID)/ CORDEX Southeast Asia Project, Hanoi, 24-25, Nov, 2016.

・国内の会議・学会等：54件

1. 大島長, 海保邦夫, 足立光司, 足立恭将, 水上拓也, 藤林 恵, 齊藤諒介, 小惑星衝突により発生したすすによる気候変動 -恐竜などの大量絶滅の可能性-, 第22回大気化学討論会, 2016年10月, 北海道札幌市
2. 小畑淳, 酒井哲, 足立恭将, 田中泰宙, 内野修, 永井智広, Ben Liley, 藤本敏文, 森野勇, 地球システムモデルの検証: 巨大火山噴火の硫酸エアロゾル, 日本気象学会2016年度春季大会, 2016年5月, 東京都渋谷区
3. 新藤永樹, 気象研究所全球気候モデルの物理過程の改良, 日本気象学会2016年度春季大会, 2016年5月, 東京都渋谷区
4. 尾瀬智昭, 気候変動予測研究の過去・現在・未来, 平成27年度気象研究所研究成果発表会, 2016年3月, 東京都千代田区
5. 川合秀明, 神代剛, 遠藤洋和, 荒川理, 全球の海霧の将来変化, 第12回ヤマセ研究会, 2016年3月, 岩手県盛岡市
6. 遠藤洋和, 水田亮, アンサンブル気候予測データベース(d4PDF)における東アジア気候の再現性と将来変化, 第12回ヤマセ研究会, 2016年3月, 岩手県盛岡市
7. 村田昭彦, 日比野研志, 岡田靖子, 川瀬宏明, 野坂真也, 石井正好, 佐々木秀孝, 高薮出, 多数アンサンブルのダウンスケーリングによる日本の気候の将来予測, 地球温暖化対策に資するアンサンブル気候予測データベース公開シンポジウム, 2015年12月, 東京都千代田区
8. 水田亮, 吉田康平, 塩竈秀夫, 荒川理, 遠藤洋和, 石井正好, 今田由紀子, 森正人, 全球データセットにおける極端気象将来変化, 地球温暖化対策に資するアンサンブル気候予測データベース公開シンポジウム, 2015年12月, 東京都千代田区
9. 川瀬宏明, 飯田肇, 青木一真, 2014/15年冬期の山黒部アルペンルートにおける雪観測と気象モデルによる再現実験, 第3回立山研究会2015, 2015年12月, 富山県富山市
10. 金田幸恵, 和田章義, 非常に強い台風に見られる二つの発達プロセス, 第17回非静力学モデルに関するワークショップ, 2015年12月, 沖縄県那覇市
11. 和田章義, 沢田雅洋, 吉村裕正, 中野満寿男, 那須野智江, 大西領, 瀧上弘光, 川原慎太郎, 佐々木亘, 入口武史, 山口宗彦, 川合秀明, 新藤永樹, 竹内義明, 複数の次世代非静力学全球モデルを用いた高解像度台風予測実験, 第17回非静力学モデルに関するワークショップ, 2015年12月, 沖縄県那覇市
12. 川瀬宏明, 佐々木秀孝, 村田昭彦, 野坂真也, 高薮出, 青木一真, 飯田肇, 山岳域の雪の観測と将来予測, 陸-大気相互作用の研究会 ~湿潤な熱帯から寒冷圏まで~, 2015年11月, 東京都八王子市
13. 森一正, 村田昭彦, 竹内仁, 台風Yancy(T9313)の初期発達過程の解析-啓風丸Iレーダー観測と数値実験の結果に基づく-, 日本気象学会2015年度秋季大会, 2015年10月, 京都府京都市
14. 川合秀明, 神代剛, 遠藤洋和, 全球の海霧の将来変化, 日本気象学会2015年度秋季大会, 2015年10月, 京都府京都市

15. 新藤永樹, 気象研究所全球気候モデルの大気境界層スキームの改良(2), 日本気象学会 2015年度秋季大会, 2015年10月, 京都府京都市
16. 遠藤洋和, 吉田康平, 水田亮, 鬼頭昭雄, 荒川理, 高分解能AGCMによるマルチSST・積雲スキームアンサンブル温暖化実験: モンスーン降水の変化, 日本気象学会 2015年度秋季大会, 2015年10月, 京都府京都市
17. 栗原和夫, 野坂真也, 川瀬宏明, 佐々木秀孝, 村田昭彦, 温暖化時の梅雨前線の位置の変化地域気候モデル・アンサンブル実験による), 日本気象学会 2015年度秋季大会, 2015年10月, 京都府京都市
18. 村田昭彦, 佐々木秀孝, 川瀬宏明, 野坂真也, 日比野研志, 長友利晴, 荒川理, 池田美紀子, 森信人, 岡田靖子, 石井正好, 高藪出, 中北英一, 木本昌秀, 地域気候モデルによる多数メンバーのアンサンブル気候実験, 日本気象学会 2015年度秋季大会, 2015年10月, 京都府京都市
19. 川瀬宏明, 佐々木秀孝, 村田昭彦, 野坂真也, 高藪出, 石崎紀子, 4℃上昇した気候下での本の極端降雪の変化, 日本気象学会 2015年度秋季大会, 2015年10月, 京都府京都市
20. 和田章義, 沢田雅洋, 吉村裕正, 中野満寿男, 那須野智江, 大西領, 瀧上弘光, 川原慎太郎, 佐々木亘, 入口武史, 山口宗彦, 川合秀明, 新藤永樹, 竹内義明, 複数の次世代非静力学全球モデルを用いた高解像度台風予測実験, 日本気象学会 2015年度秋季大会, 2015年10月, 京都府京都市
21. 水田亮, 塩竈秀夫, 今田由紀子, 吉田康平, 荒川理, 森正人, 池田美紀子, 石井正好, 高藪出, 中北英一, 木本昌秀, 60km 全球大気モデルによる多数メンバーのアンサンブル気候実験, 日本気象学会 2015年度秋季大会, 2015年10月, 京都府京都市
22. Endo, H., A. Kitoh, K. Yoshida, R. Mizuta, and O. Arakawa, Future changes in monsoon precipitation by high-resolution MRI-AGCM ensemble simulations with multi-SSTs and multi-physics, Asian Conference on Meteorology 2015, 2015年10月, 京都府京都市
23. Endo, H., A. Kitoh, K. Yoshida, R. Mizuta, and O. Arakawa, Future projection of monsoon precipitation by high-resolution MRI-AGCM ensemble simulations with multi-SSTs and multi-physics, Down-scaling workshop, 2015年10月, 茨城県つくば市
24. 遠藤洋和, MRI-AGCM3.2によるモンスーン降水の再現性と将来予測, 戦略HPCIプログラム 全球課題・ポスト京重点課題B 合同研究会, 2015年9月, 東京
25. 大島長, 田中泰宙, 神代剛, 川合秀明, 出牛真, 小池真, 茂木信宏, 近藤豊, ブラックカーボンの変質過程が全球規模のその空間分布と放射効果に及ぼす影響, 日本地球惑星科学連合 2015年大会, 2015年5月, 千葉県千葉市
26. 金田幸恵, 和田章義, 坪木和久, 西部北太平洋域における台風の強度特性と気象庁全球気候20kmモデルによる再現性., 日本気象学会 2015年度春季大会, 2015年5月, 茨城県つくば市
27. 村田昭彦, 佐々木秀孝, 川瀬宏明, 野坂真也, 大泉三津夫, 加藤輝之, 青柳暁典, 志藤文武, 日比野研志, 金田幸恵, 鈴木パーカー明日香, 長友利晴, 高解像度アンサンブル地域気候シミュレーションによる将来気候予測, 日本気象学会 2015年度春季大会, 2015年5月, 茨城県つくば市
28. 小畑淳, 足立恭将, 938年の噴火は白頭山かエルトギャウか: 地球システムモデル解析, 日本気象学会 2015年度春季大会, 2015年5月, 茨城県つくば市
29. 川瀬宏明, 佐々木秀孝, 村田昭彦, 野坂真也, 鈴木智恵子, 石崎紀子, 青木一真, 飯田肇, 中部山岳域における積雪分布の把握と将来予測, 日本気象学会 2015年度春季大会, 2015年5月, 茨城県つくば市
30. 新藤永樹, 気象研究所全球気候モデルの大気境界層スキームの改良(1), 日本気象学会 2015年度春季大会, 2015年5月, 茨城県つくば市
31. 大島長, 田中泰宙, 神代剛, 川合秀明, 出牛真, 小池真, 茂木信宏, 近藤豊, 全球モデル

- によるブラックカーボンの変質過程とその空間分布と放射効果への影響，日本気象学会 2015 年度春季大会，2015 年 5 月，茨城県つくば市
32. 神代剛，行本誠史，塩谷雅人，雲タイプ別にみた夏季北太平洋上における層状性下層雲量の数年規模変動，日本気象学会 2015 年度春季大会，2015 年 5 月，茨城県つくば市
 33. 川合秀明，神代剛，MRI-CGCM3 における下層雲の雲フィードバック，日本気象学会 2015 年度春季大会，2015 年 5 月，茨城県つくば市
 34. 渡部雅浩，石井正好，地球温暖化の「停滞」：地球温暖化研究における意味，日本気象学会 2015 年度春季大会シンポジウム，2015 年 5 月，茨城県つくば市
 35. 吉田康平，水田亮，荒川理，熱帯対流圏界層における鉛直流の CMIP5 モデル比較，日本気象学会 2015 年度春季大会，2015 年 5 月，茨城県つくば市
 36. 石井正好，小山 博司，R. Kartika Lestari，建部洋晶，小野純，野津雅人，久保田尚之，時長宏樹，気候モデルによる大気海洋長期気候再解析の実現に向けて，日本気象学会 2015 年度春季大会，2015 年 5 月，茨城県つくば市
 37. 佐藤佳奈子，須賀利雄，石井正好，中野俊也，福田和義，寄高博行，勢田明大，海洋観測データサービスの現状と展望，日本気象学会 2015 年度春季大会，2015 年 5 月，茨城県つくば市
 38. 保坂征宏，HAL での積雪アルベド、および HAL への裸氷モデルの組み込み案、「北極域における積雪汚染と雪氷微生物が温暖化に及ぼす影響」に関する第 5 回ワークショップ，2015 年 3 月，富山県富山市
 39. 川瀬宏明，佐々木秀孝，村田昭彦，野坂真也，地域気候モデルで再現される山岳積雪の解像度依存性，第 5 回超高精度メソスケール気象予測研究会，2015 年 3 月，愛知県名古屋市
 40. 遠藤洋和，CMIP5 気候モデルにおけるヤマセの将来変化：海面水温変化パターンとの関係，第 11 回ヤマセ研究会，2015 年 2 月，宮城県仙台市
 41. 川瀬宏明，鈴木智恵子，馬燮銚，飯田肇，青木一真，平島寛行，立山黒部アルペンルートにおける近年 3 冬季の降積雪の再現実験，立山研究会 2014，2014 年 12 月，富山県富山市
 42. 水田亮，中緯度低気圧発達における上下層別寄与の見積もりとその将来変化，「急発達する低気圧の実態・予測・災害軽減に関する研究集会」「異常気象研究会」，2014 年 11 月，京都府宇治市
 43. 川合秀明，神代剛，Mark Webb，行本誠史，田中泰宙，MRI-CGCM3 の雲フィードバックの解析，日本気象学会 2014 年度秋季大会，2014 年 10 月，福岡県福岡市
 44. 野坂真也，*栗原和夫，川瀬宏明，佐々木秀孝，村田昭彦，地域気候モデルの現在気候再現実験における梅雨期の低気圧中心の日本周辺での分布，日本気象学会 2014 年度秋季大会，2014 年 10 月，福岡県福岡市
 45. 大島長，田中泰宙，小池真，茂木信宏，近藤豊，ミクロから全球スケールまでのブラックカーボンのモデル研究，第 31 回エアロゾル科学・技術研究討論会，2014 年 8 月，茨城県つくば市
 46. 新藤永樹，行本誠史，吉村裕正，神代剛，気象研究所全球気候モデルの熱帯海洋上の比湿プロファイルのバイアスについて，日本気象学会 2014 年度春季大会，2014 年 5 月，神奈川県横浜市
 47. 神代剛，川合秀明，行本誠史，衛星観測シミュレータ COSP を用いた MRI-CGCM3 雲分布の再現性評価，日本気象学会 2014 年度春季大会，2014 年 5 月，神奈川県横浜市
 48. 川合秀明，藪将吉，萩原雄一朗，神代剛，岡本創，中緯度の海洋下層雲の鉛直構造 一日変化，日本気象学会 2014 年度春季大会，2014 年 5 月，神奈川県横浜市
 49. 遠藤洋和，鬼頭昭雄，温暖化気候下における地域モンスーン降水の変化 ～熱力学的効果と力学的効果～，日本気象学会春季大会，2014 年 5 月，神奈川県横浜市
 50. 村田昭彦，花房瑞樹，野坂真也，大泉三津夫，加藤輝之，青柳曉典，志藤文武，金田幸恵，鈴木パーカー明日香，日比野研志，長友利晴，佐々木秀孝，格子間隔 5km の改良

- 版地域気候モデルによる現在気候の再現性, 日本気象学会 2014 年度春季大会, 2014 年 5 月, 神奈川県横浜市
51. 水田亮, 尾瀬智昭, 村上裕之, 荒川理, 吉田康平, 仲江川敏之, 気象研究所高解像度大気モデルによる気候変化予測, 日本地球惑星科学連合 2014 年大会, 2014 年 5 月, 神奈川県横浜市
 52. 大島長, 近藤豊, 小池真, 茂木信宏, 竹川暢之, 北和之, 中村尚, 航空機によるエアロゾルの観測とモデル研究, 日本地球惑星科学連合 2014 年大会, 2014 年 4 月, 神奈川県横浜市
 53. 川瀬宏明, 飯田肇, 青木一真, 立山黒部アルペンルートにおける 2014/15 冬季の積雪観測と気象モデルを用いた再現実験, 雪氷研究大会, 2016 年 10 月, 名古屋市.
 54. 川瀬宏明, 佐々木秀孝, 村田昭彦, 石井正好, 今田由紀子, 野坂真也, 高藪出, 森正人, 塩竈 秀夫, 地球温暖化が近年の日本の天候に及ぼす影響の定量的評価, 日本気象学会秋季大会, 2016 年 10 月, 名古屋市.
 55. 神代剛, 川合秀明, 行本誠史, 衛星観測シミュレータ COSP を用いた気候研気候モデル MRI-CGCM3 の雲の検証, 第 8 回気象庁数値モデル研究会, 2015 年 3 月, 東京都千代田区.
 56. Koshiro, T., H. Kawai, and S. Yukimoto, Evaluation of relationship between subtropical marine low stratiform cloudiness and estimated inversion strength in CMIP5 AMIP simulations using COSP, 第 8 回熱帯気象研究会, 2016 年 9 月, 京都府宇治市.
 57. 神代剛, 川合秀明, 行本誠史, 衛星観測シミュレータ COSP による CMIP5 モデル AMIP 実験の亜熱帯海洋下層雲量と推定逆転強度の関係の検証, 日本気象学会 2016 年度秋季大会, 2016 年 10 月, 愛知県名古屋市.
 58. 神代剛, 行本誠史, 塩谷雅人, 雲タイプ別にみた北太平洋夏季層状性下層雲量の数年規模変動, 2016 年度異常気象研究会, 2016 年 11 月, 京都府宇治市.

イ. ポスター発表

・国際的な会議・学会等 : 31 件

1. Kusunoki, S., Changes in Precipitation over East Asia Projected by Global Atmospheric Models with 20-km and 60-km grid sizes, the CLIVAR Open Science Conference, 2016 年 9 月, 中国, 青島
2. N. Oshima, T. Y. Tanaka, T. Koshiro, H. Kawai, M. Deushi, and M. Koike, Black carbon aging and its impact on the spatial distribution and radiative forcing using a MRI global climate model, EAC 2016, 2016 年 9 月, フランス, トゥール
3. Kusunoki, S., Changes in Precipitation over the Arctic Projected by Global Atmospheric Models with 20-km and 60-km grid sizes, 日本地球惑星科学連合大会 2016, 2016 年 5 月, 千葉市
4. Mizuta, R., A. Murata, M. Ishii, H. Shiogama, K. Hibino, N. Mori, O. Arakawa, Y. Imada, K. Yoshida, T. Aoyagi, H. Kawase, M. Mori, Y. Okada, T. Shimura, T. Nagatomo, M. Ikeda, H. Endo, M. Nosaka, I. Takayabu, and coauthors, Probabilistic Information on Climate Change in Extreme Events by High-resolution Large Ensemble Simulations, The 44th session of the Subsidiary Body for Scientific and Technological Advice, UNFCCC, 2016 年 5 月, ドイツ, ボン
5. Faye T. Cruz and Hidetaka Sasaki, Regional climate simulation over Southeast Asia using NHRCM, International Conference on Regional Climate (ICRC)-CORDEX 2016, 2016 年 5 月, スウェーデン, Stockholm
6. 楠昌司, When does climate shift emerge in the future beyond the historical variability of precipitation?, International Workshop on Climate Change and Precipitation in

- the East Asia, 2016年2月, 東京
7. Koshiro, T., H. Kawai, and S. Yukimoto, Evaluation of subtropical marine low stratiform clouds in CMIP5 AMIP experiments using ISCCP observations and simulator outputs, AGU Fall Meeting, 2015年12月, アメリカ, サンフランシスコ
 8. Kusunoki, S., When does climate shift emerge in the future beyond the historical variability of precipitation?, 2015 AGU Fall Meeting, 2015年12月, アメリカ, カリフォルニア
 9. Kawai, H., T. Koshiro, and H. Endo, Large-scale Changes in Marine Fog in a Warmer Climate, AGU Fall Meeting, 2015年12月, アメリカ, サンフランシスコ
 10. 楠昌司, 保坂征宏, Precipitation over the Arctic simulated by global atmospheric models of MRI-AGCM3.2, 第6回極域科学シンポジウム, 2015年11月, 東京都立川市
 11. Yoshida, K., R. Mizuta, and O. Arakawa, Intermodel upwelling difference in the tropical tropopause layer among CMIP5 models, Asian Conference on Meteorology 2015, 2015年10月, 京都府京都市
 12. Oshima, N., T. Y. Tanaka, T. Koshiro, H. Kawai, M. Deushi, M. Koike, and Y. Kondo, Impact of black carbon aging on its spatial distribution and radiative effect using a MRI global aerosol model, 14th AeroCom Workshop, 2015年10月, イタリア, ローマ
 13. Koshiro, T., S. Yukimoto, and M. Shiotani, Interannual variability in summertime low stratiform cloudiness over the North Pacific in terms of cloud types, CFMIP Meeting on Cloud Processes and Climate Feedbacks, 2015年6月, アメリカ, パシフィックグローブ
 14. Hosaka, M., MRI Land Surface Model HAL, ISAR-4: Fourth International Symposium on the Arctic Research 国際北極研究シンポジウム, 2015年4月, 富山県富山市
 15. Endo, H., and A. Kitoh, Thermodynamic and dynamic effects on regional monsoon rainfall changes in a warmer climate, CMIP5 マルチモデルデータを用いたアジア域気候の将来変化予測に関する研究の第3回国際会議, 2015年3月, 東京都
 16. Yoshida, K., M. Deushi, and C. Kobayashi, CCM1 simulation by MRI-ESM1r1 and comparison among JRA-55 family products focusing on QBO, QBO Modelling and Reanalyses Workshop, 2015年3月, カナダ, ビクトリア
 17. Endo, H., and A. Kitoh, Thermodynamic and dynamic effects on regional monsoon rainfall changes in a warmer climate, 第95回米国気象学会年次大会, 2015年1月, アメリカ, フェニックス
 18. Oshima, N., M. Koike, Y. Kondo, H. Nakamura, N. Moteki, H. Matsui, N. Takegawa, and K. Kita, Vertical transport and removal of black carbon over East Asia in spring during the A-FORCE aircraft campaign, 2014 AGU Fall Meeting, 2014年12月, アメリカ, サンフランシスコ
 19. Oshima, N., M. Koike, Y. Kondo, H. Nakamura, N. Moteki, H. Matsui, N. Takegawa, and K. Kita, Vertical transport mechanisms of black carbon over East Asia in spring during the A-FORCE aircraft campaign, 13th International Global Atmospheric Chemistry Science Conference, 2014年9月, ブラジル, ナタール
 20. Yoshida, K., R. Mizuta, and O. Arakawa, Upwelling in the tropical tropopause layer in CMIP5 models and MRI-AGCM, Asia Oceania Geosciences Society 11th Annual Meeting (AOGS2014), 2014年7月, 北海道札幌市
 21. Koshiro, T., H. Kawai, and S. Yukimoto, Evaluation of global cloud distributions in the present climate simulated by MRI-CGCM3 using COSP, CFMIP/ EUCLIPSE Meeting on Cloud Processes and Climate Feedbacks, 2014年7月, オランダ, エグモント・アーン・ゼー
 22. Kawai, H., T. Koshiro, M. Webb, S. Yukimoto, and T. Tanaka, Vertical profile analysis of cloud feedbacks in MRI-CGCM3, the CFMIP-EUCLIPSE meeting, 2014年7月, オラン

- ダ, エグモント・アーン・ゼー
23. Yoshida, K., R. Mizuta, T. Ogata, O. Arakawa, H. Murakami, S. Muarakami, Y. Kuroda, and A. Kitoh, High-resolution climate simulation over Last Millennium in MRI-CGCM3, The second Paleoclimate Modelling Intercomparison Project phase 3 general meeting, 2014年5月, ベルギー, ナミュール
 24. Yoshida, K., R. Mizuta, T. Ogata, O. Arakawa, H. Murakami, S. Muarakami, Y. Kuroda, and A. Kitoh, Solar influence on Last Millennium climate simulated by MRI-CGCM3, 5th International HEPPA Workshop in conjunction with SPARC/ SOLARIS-HEPPA, 2014年5月, ドイツ, バーデン=バーデン
 25. Koshiro, T., H. Kawai, and S. Yukimoto, Evaluation of relationship between subtropical marine low stratiform cloudiness and estimated inversion strength in CMIP5 AMIP experiments, CFMIP/ WCRP ITCP Conference on Cloud Processes, Circulation and Climate Sensitivity, 2016年7月, イタリア, トリエステ
 26. 村田昭彦, 佐々木秀孝, 川瀬宏明, 野坂真也, 地域気候アンサンブル実験における日本付近の極端な降水量の将来予測, 日本気象学会 2016年度春季大会, 2016年5月, 東京都渋谷区
 27. 竹内義明, 沢田雅洋, 吉村裕正, 和田章義, 中野満寿男, 那須野智江, 大西領, 瀧上弘光, 佐々木亘, 川原慎太郎, 山口宗彦, 入口武史, 杉正人, 川合秀明, 新藤永樹, 複数の次世代非静力学全球モデルを用いた高解像度台風予測実験, 平成27年度地球シミュレータ利用報告会, 2016年3月, 東京都港区
 28. Endo, H., A. Kitoh, K. Yoshida, R. Mizuta, and O. Arakawa, Future changes in monsoon precipitation by high-resolution MRI-AGCM ensemble simulations with multi-SSTs and multi-physics, AMS 96th Annual Meeting, 2016年1月, アメリカ, ニューオーリンズ
 29. Murata, A., H. Sasaki, M. Hanafusa, and M. Nosaka, 2014: Convection permitting regional climate simulations of precipitation over a southwestern region of Japan. Proceedings of 3rd International Lund Regional-Scale Climate Modelling Workshop - 21st Century Challenges in Regional Climate Modelling -, Lund, Sweden, 16 - 19 June 2014, 129-130.
 30. Sasaki, H., A. Murata, M. Oh'izumi, K. Kurihara, 2014: Projection of Future Climate Change around Japan in a Non-hydrostatic Regional Climate Model Proceedings of 3rd International Lund Regional-Scale Climate Modelling Workshop - 21st Century Challenges in Regional Climate Modelling -, Lund, Sweden, 16 - 19 June 2014.
 31. Hiroaki Kawase, Hidetaka Sasaki, Akihiko Murata, Masaya Nosaka, and Izuru Takayabu, Future changes in extreme snowfall in Japan projected by large ensemble regional climate experiments, The International Conference on Regional Climate: CORDEX2016, Stockholm, May 17-20, 2016.

・国内の会議・学会等：19件

1. 保坂征宏, 中野藤之, 極域の雪氷アルベド変更実験, 第6回極域科学シンポジウム, 2015年11月, 東京都立川市
2. 保坂征宏, MRI-ESMによる北極圏への影響の研究, 第13回環境研究シンポジウム, 2015年11月, 東京都
3. 保坂征宏, 中野藤之, 極域の積雪アルベド変更実験とその応答の検出, 日本気象学会秋季大会, 2015年10月, 京都府京都市
4. 佐々木秀孝, 野坂真也, 村田昭彦, 川瀬宏明, 大泉三津夫, NHRCM20による年最大積雪深のバイアス補正について, 日本気象学会 2015年度秋季大会, 2015年10月, 京都府京都市
5. 神代剛, 川合秀明, 行本誠史, ISCCP観測データ・シミュレータ出力をもちいたCMIP5モデル amip 実験の亜熱帯海洋下層雲の再現性評価, 日本気象学会 2015年度秋季大会, 2015年10月, 京都府京都市

6. 吉田康平, 水田亮, 杉正人, 村上裕之, 60km 全球モデルによる多数アンサンブル気候実験の熱帯低気圧, 日本気象学会 2015 年度秋季大会, 2015 年 10 月, 京都府京都市
7. 野坂真也, 佐々木秀孝, 村田昭彦, 川瀬宏明, 大泉三津夫, 地域気候モデルによる積雪深の再現結果についてのバイアス補正と将来予測, 日本気象学会 2015 年度秋季大会, 2015 年 10 月, 京都府京都市
8. 川瀬宏明, 佐々木秀孝, 村田昭彦, 野坂真也, 高薮出, 石崎紀子, 降雪強度別に見た日本海沿岸部と内陸部の日降雪量の将来変化, 雪氷研究大会 (2015・松本), 2015 年 9 月, 長野県松本市
9. 保坂征宏, 中野藤之, 気象研陸面モデル HAL の改良, 第五回極域科学シンポジウム, 2014 年 12 月, 東京都立川市
10. 遠藤洋和, 吉田康平, 鬼頭昭雄, 荒川理, 高解像度 MRI-AGCM によるモンスーン降水の再現性, 日本気象学会秋季大会, 2014 年 10 月, 福岡県福岡市
11. 野坂真也, 佐々木秀孝, 村田昭彦, 川瀬宏明, 地域気候モデルの風に対するバイアス補正手法の比較, 日本気象学会 2014 年度秋季大会, 2014 年 10 月, 福岡県福岡市
12. 村田昭彦, 佐々木秀孝, 野坂真也, 川瀬宏明, 石原幸司, 地域気候アンサンブル実験における日本付近の極端な降水量の再現性, 日本気象学会 2014 年度秋季大会, 2014 年 10 月, 福岡県福岡市
13. 川瀬宏明, 佐々木秀孝, 村田昭彦, 野坂真也, 石崎紀子, NHRCM20 のアンサンブル実験による冬季日本海側における降水量の将来予測, 日本気象学会 2014 年度秋季大会, 2014 年 10 月, 福岡県福岡市
14. 吉田康平, 水田亮, 尾形友道, 荒川理, 村上裕之, 村上茂教, 黒田友二, 鬼頭昭雄, MRI-CGCM3 による過去千年気候の高解像度シミュレーション, 日本気象学会 2014 年度秋季大会, 2014 年 10 月, 福岡県福岡市
15. 野坂真也, 佐々木秀孝, 村田昭彦, 花房瑞樹, 地域気候モデルの風に対するバイアス補正について, 日本気象学会 2014 年度春季大会, 2014 年 5 月, 神奈川県横浜市
16. 吉田康平, 水田亮, マルチ対流スキーム・SST アンサンブル実験による熱帯対流圏界層の不確か性評価, 日本気象学会 2013 年度秋季大会, 2013 年 11 月, 宮城県仙台市
17. 川瀬宏明, 飯田肇, 青木一真, 立山黒部アルペンルートにおける積雪観測と NHRCM による再現実験, メソ気象セミナー, 2016 年 7 月, 静岡市.
18. 村田昭彦, 佐々木秀孝, 川瀬宏明, 野坂真也, 青柳暁典, 大泉三津夫, 雲解像地域気候モデルによる日本の降水量の再現性, 日本気象学会秋季大会, 2016 年 10 月, 名古屋市.
19. 野坂真也, 佐々木秀孝, 村田昭彦, 川瀬宏明, やまじ風の再現に関する解像度の影響, 日本気象学会秋季大会, 2016 年 10 月, 名古屋市.

(4) 投稿予定論文: 14 件

1. Endo, H., A. Kitoh, R. Mizuta, and M. Ishii, 2016: Future changes in precipitation extremes in East Asia and their uncertainty based on large ensemble simulations with a high-resolution AGCM.
2. Haarsma, R. J., and coauthors, 2016: High Resolution Model Intercomparison Project (HighResMIP) for CMIP6. Geosci. Model Dev., in revision.
3. Johnson, G. C., J. M. Lyman, J. Antonov, N. Bindoff, T. Boyer, C. M. Domingues, M. Ishii, R. Killick, S. E. Wijffels, and J. K. Willis, 2016: State of the Climate Ocean Heat Content.
4. Kamae, Y., H. Shiogama, Y. Imada, M. Mori, O. Arakawa, R. Mizuta, K. Yoshida, C. Takahashi, M. Arai, M. Ishii, M. Watanabe, M. Kimoto, S.-P. Xie, H Ueda, 2016: Forced response and internal variability of summer climate over western North America.
5. Kawai, H., T. Koshiro, and M. Webb, 2016: Indexes and Parameters Related to Low Cloud Cover, and Low Cloud Feedback.
6. Kitoh, A. : The Asian monsoon and its future change in climate models: A review. J. Meteor. Soc. Japan, submitted. [Invited Review Article]

7. Kusunoki, S., 2016: Is the global atmospheric model MRI-AGCM3.2 better than the CMIP5 atmospheric models in simulating precipitation over East Asia?
8. Kusunoki, S., 2016: Future changes in precipitation over East Asia projected by the global atmospheric model MRI-AGCM3.2.
9. Mizuta, R., and coauthors, 2016: Over 5000 Years of Ensemble Future Climate Simulations by 60 km Global and 20 km Regional Atmospheric Models. Bull. Amer. Meteor. Soc., submitted.
10. 森信人, 志村智也, 吉田康平, 水田亮, 岡田靖子, Khujanazarov Temur, 石井正好, 木本昌秀, 高薮出, 中北英一, 2016: 全球 60kmAGCM を用いた大規模アンサンブル気候予測実験とこれを用いた高潮長期評価. 土木学会海岸工学論文集
11. Noda, S., K. Kodera, Y. Adachi, M. Deushi, A. Kitoh, R. Mizuta, S. Murakami, K. Yoshida, and S. Yoden, 2016: Impact of interactive chemistry of stratospheric ozone on southern hemisphere paleoclimate simulation. J. Geophys. Res., submitted.
12. Ogata, T., R. Mizuta, Y. Adachi, H. Murakami, and T. Ose, 2016: Atmosphere-ocean coupling effect on intense tropical cyclone distribution and its future change with 60km-AOGCM. Scientific Rep., in press.
13. Okada, Y., T. Takemi, H. Ishikawa, S. Kusunoki, and R. Mizuta, 2016: Future changes in atmospheric conditions for the seasonal evolution of the Baiu as revealed from projected AGCM experiments. J. Meteor. Soc. Jpn., submitted.
14. Murata, A., H. Sasaki, H. Kawase, and M. Nosaka, 2016: Identification of key factors in future changes in precipitation extremes over Japan using ensemble simulations. Hydrological Research Letters

報道・記事

- ・NHK スペシャル「巨大災害・異常気象」, 2014年8月31日.
- ・豪雪被害防げ、実用化へ研究着々, 日本経済新聞, 2015年11月30日.
- ・温暖化で北陸などに「ドカ雪」?, 産経新聞, 2015年12月1日.
- ・温暖化でも「ドカ雪」 厳冬期、局地的に, 毎日新聞, 2015年12月11日.
- ・とくダネ! 天気予報, フジテレビ, 2015年12月21日.
- ・スッキリ! 天気予報, 日本テレビ, 2016年2月4日.
- ・地球温暖化で豪雪の頻度が高まる ～最新気候シミュレーションによる予測～, 気象研究所報道発表, 2016年9月23日.
- ・温暖化ならドカ雪増 気象研究所が予測, 日本経済新聞夕刊, 2016年9月24日.
- ・北陸と北海道内陸で豪雪増 今世紀末予測, 読売新聞夕刊, 2016年9月24日.
- ・温暖化で冬場の“どか雪” 増える 日本の内陸部 気象研, 共同通信, 2016年9月24日
- ・温暖化で「ドカ雪増」今世紀末、新潟などで 気象研予測, 朝日新聞, 2016年9月24日.
- ・気象研究所シミュレーション ドカ雪、内陸部で増加 地球温暖化が要因, 毎日新聞, 2016年9月24日.

C2 季節予報の高度化と異常気象の要因解明に関する研究

研究年次：3年目／5年計画（平成26年度～平成30年度）

研究代表者：露木 義¹⁾、尾瀬智昭²⁾（気候研究部 部長）

課題構成及び研究担当者：

副課題名 1 季節予測システムの改良と性能評価に関する研究

尾瀬智昭¹⁾、前田修平²⁾、仲江川敏之、高谷祐平³⁾、今田由紀子²⁾、齊藤直彬、川合秀明、行本誠史、保坂征宏、足立恭将¹⁾、小林ちあき⁴⁾（気候研究部）、蒲地政文¹⁾、倉賀野連、山中吾郎、高槻 靖²⁾、藤井陽介、豊田隆寛（海洋・地球化学研究部）、藪 将吉（気象庁予報部）、安田珠幾⁵⁾、松枝聡子¹⁾、平原翔二⁴⁾、松川知紘²⁾、石川一郎⁴⁾、杉本裕之⁴⁾（気象庁地球環境・海洋部）

副課題名 2 異常気象の要因解明と予測可能性の研究

釜堀弘隆、尾瀬智昭¹⁾、前田修平²⁾、行本誠史、黒田友二、仲江川敏之、小林ちあき、原田やよい、今田由紀子、遠藤洋和、水田 亮、吉田康平、村崎万代²⁾（気候研究部）、吉村裕正（予報研究部）出牛 真⁶⁾（環境・応用気象研究部）、太田行哉（気象庁予報部）、上口賢治¹⁾、安田珠幾⁵⁾、古林慎哉、吉本浩一²⁾、卜部佑介⁴⁾、竹村和人⁴⁾（気象庁地球環境・海洋部）、野口峻佑⁴⁾（客員）

研究の目的

季節予報システムの改良と異常気象の要因解明を行い、現業季節予報の精度向上と適切な利用に貢献する。

研究の目標

（課題全体の目標）

次世代季節予測システムを開発するとともに、異常気象の要因と予測可能性の解明を行い、季節予報および異常気象の予測改善を図る。

（副課題ごとの目標）

副課題 1 の目標

① 全球大気海洋結合モデルおよび大気海洋初期値の改良と性能評価を通じて、将来（平成 31 年度以降）の現業季節予報システムを開発する。

副課題 2 の目標

- ① 異常気象の実態とその予測可能性をデータ解析やモデル実験などによって明らかにし、異常気象の要因解明を行うとともに異常気象予測を改善する。
- ② 異常気象の要因解明や予測精度評価に必要な再解析プロダクトなどの基盤データを整備する。

研究の現状

（1）進捗状況

- ① 現業季節予報システムの評価研究については、予測実験の評価結果を含めたシステムの記述論文を国際誌に投稿し、また、冬後半に北極振動の予測可能性が高いことを示すなど、順調に進捗している。
- ② 本庁の次期計算機資源割り当て確定を踏まえ、本庁の開発担当者調整しつつ次期現業季節予報システムの仕様案を決めた。大気モデルの高解像度化（TL319L100, 0.01hPa）、海洋モデルの高解像度化（渦許容海洋モデル:0.25°×0.25°）と4次元変分法全球海洋データ同化システムの導入、が主な仕様である。気象研究所では、4次元変分法全球海洋データ同化システムのプロトタイプを構築し、衛星による海面塩分観測データと海水密接度データの同化の効果をまとめるなど、順調に進捗している。

¹⁾ 平成 26 年度のみ、²⁾ 平成 27 年度から、³⁾ 平成 26-27 年度は本庁地球環境・海洋部所属、⁴⁾ 平成 28 年度から、⁵⁾ 平成 26 年度は気候研究部所属、⁶⁾ 平成 27 年度まで

- ③将来の季節予報システムの候補のひとつとして、熱帯域を高解像度化（東西 0.2° 、南北 0.1° ）した全球-熱帯ネスト海洋モデルを構築した。
- ④異常気象の要因解明については、気象庁の観測データを用いた日本の夏季気候の長期変動の調査、100メンバーの過去再現実験および非温暖化実験による2000年代の日本の気温の長期変動に関する調査（イベント・アトリビューション）、成層圏突然昇温の予測可能性の研究を行い論文にまとめるなど、順調に進捗している。
- ⑤基盤データである気象庁55年長期再解析（JRA-55）データについて性能評価や他機関作成の長期再解析との比較を実施し、熱帯低気圧の高い再現性や、角運動量収支や成層圏子午面循環の改善が確認できた。結果をJRA-55総合報告論文の第2報として気象集誌にまとめるなど、順調に進捗している。
- ⑥H26年度に導入された新スパコンへのJRA-55同化システムの移植作業はやや遅れていたが、今年になって動作確認まで終了したので、今後、各種再解析感度実験を実施する。

（2）これまで得られた成果の概要

副課題1

①現業季節予報システムの評価

- ア) 平成27年6月に現業化した季節予報システムの記述論文を国際誌に投稿した。旧システムに比べ、エルニーニョ・南方振動（ENSO）を含め、大気・海洋変動の季節予測の精度が向上している。新たに導入した大気-海氷結合過程と陸面初期値化による地表面気温による精度向上への寄与が、感度実験から明瞭である。
 - イ) 予測に反して発達しなかった2014年のエルニーニョ現象について調べた。感度実験やJRA-55データの解析から、①十年規模変動に伴う南半球の低い海洋表層水温、②中・東部太平洋赤道域で風・蒸発・海面水温（WES）フィードバックに伴う卓越した南風が、エルニーニョ現象の成長の抑制に寄与したことを示した。また、現業季節予報モデルの予測実験結果に基づき、②に関連する変動パターンが十分に再現されていないこと、熱帯太平洋域における十年規模変動がエルニーニョ現象の予測精度に大きな影響を与えていることを示した。
 - ウ) これまで、予測可能性が低いと考えられてきた北極振動の予測可能性を評価し、冬前半に比べ、冬後半から春にかけては予測可能性が高いこと、このことには冬後半に予測可能性が大きく増す成層圏循環が関係していることを示した。また、エルニーニョ現象が惑星波の鉛直伝播を通して極域の成層圏循環に影響し、その影響が地衡風調節などにより極域の対流圏に及び、冬後半から春にかけての北極振動に影響を与えることを、JRA-55再解析データを用いて示した。これは、前者で示した北極振動の予測可能性にも、エルニーニョ現象が影響していることを示唆している。
 - エ) 高解像度大気モデル（MRI-AGCM3.2, 水平解像度60km）を用いた大規模アンサンブル（100メンバー）過去再現実験結果に基づき、北極振動の変動に下部境界条件（海面水温（SST）、海氷）が一定の寄与を果たすことを示した。特に、現業季節予報モデルで予測できなかった1980年代末～1990年代初めにかけての正の北極振動の傾向が再現されていることは注目される。
 - オ) 気候変動及び予測可能性研究計画（CLIVAR）の海洋再解析相互比較プロジェクトのもとで、季節予報用海洋データ同化システムの精度評価を行った。観測データが少ない海域では解析間の差が大きくなることが確認され、特に気象庁のシステムはアンサンブル平均との差が小さく、観測の空白域でも海洋内部の水温分布を精度良く推定していることが明らかになった。また、全球気候観測システム（GCOS）/気候のための海洋観測パネル（OOPC）の活動の一環として、熱帯太平洋観測システムの季節予報システムへの影響について評価し、TAO/TRITON ブイ観測データの重要性を示した。
 - カ) 現業季節予報システムの予測実験データのユーザー開拓として、農作物生産量の予測研究を実施するために、農業環境研究所にデータ提供を行った。
- #### ②次期季節予報システムの開発
- ア) 4次元変分法全球海洋データ同化システムのプロトタイプを構築した。
 - イ) Aquarius 衛星などによる海面塩分観測データの同化の効果を調べ、塩分濃度解析への正のインパクトがあることを確認した。また、海氷密接度データを同化する手法を開発し、海氷解析に正のインパクトがあることを確認した。
 - ウ) 次期季節予報システムに用いる大気モデル（TL319L100）の開発・改良を本庁と協力して行って

いる。

エ) 次期季節予報システムに用いる渦許容海洋モデル ($0.25^\circ \times 0.25^\circ$) の本庁における開発を支援している。

③領域海洋高分解能モデルの開発試験

ア) 熱帯域を高解像度化 (東西 0.2° 、南北 0.1°) した全球 - 熱帯ネスト海洋モデルを構築した。JRA-55 較正版の海面境界条件 (1958-2014 年) を用いて、海洋単体モデルにおける過去再現実験を実施し、インドネシア通過流等の良好な再現性を確認した。

副課題 2

①異常気象の要因解明

ア) 気象庁の観測データを用いて、日本の夏季気候の長期変動を調べ、7月に日本海側地方の降水量が長期的に顕著に増加していること、北日本太平洋側の昇温トレンドが小さいことが分かった。これらの要因について循環場の観点から考察した。この結果は、地球温暖化による将来予測と傾向が一致する。

イ) 高解像度全球大気モデル (60 km格子版 MRI-AGCM) を用いて、2010年までの100メンバーの過去再現実験および非温暖化実験を実施し、初期解析として2000年代の日本の気候変動を再現することに成功した。これは、海面水温の10年規模変動の影響として説明できる。

ウ) 成層圏変動と予測可能性に関して、2009年冬季に発生した波数2型の成層圏突然昇温 (SSW) の予測可能性を調べたところ、昇温の6日前から予測可能であることが判明した。

②再解析データの整備

ア) JRA-55の性能評価や他機関作成の長期再解析との比較結果について、JRA-55総合報告論文の第2報として気象集誌に掲載した。熱帯低気圧の再現性をJRA-55と他センターの再解析と比較し、JRA-55で用いた疑似観測風 (TCR) の有効性を確認した。

イ) JRA-55とJRA-25の角運動量収支について調査を行った結果、JRA-55は、JRA-25に比べ、対流圏界面付近や成層圏冬半球において角運動量収支の一致率が大幅に改善していることが分かった。

ウ) JRA-55の成層圏子午面循環について調査を行い、他の再解析データとの比較を行った。JRA-55はJRA-25とくらべて熱力学的バランスが改善されていることが分かった。気候値分布はERA-Interimと相似しているが、長期トレンドは、ERA-Interimが弱トレンドを示すのに対し、JRA-55は強トレンドを示すことが分かった。以上の結果をJGRに論文掲載した。

(3) 当初計画からの変更点 (研究手法の変更点等)

なし

(4) 成果の他の研究への波及状況

なし

今後の研究の進め方

①引き続き、現業季節予報システムの予測実験データを解析し、また、現業季節予報システムを用いた海面水温の感度実験などを実施して、季節予報に関わる大気・海洋変動の予測可能性のメカニズムを明らかにする。

②本庁の計算機および現業季節予報システムの更新計画に合わせて、次期季節予報モデル (大気: TL319L100、海洋: $0.25^\circ \times 0.25^\circ$) を開発し、予報実験を行い評価しつつ改良する。

③4次元変分法全球海洋データ同化システムを改良し、予報実験用の解析値を作成する。

④熱帯域を高解像度化 (東西 0.2° 、南北 0.1°) した全球 - 熱帯ネスト海洋モデルと高解像度大気モデルを結合したモデルの長期積分を実施し、平均場と変動場への高解像度化のインパクトを評価する。

⑤引き続き、地点観測データを用いた日本の夏季気候の長期変動の調査、100メンバー実験による異常気象の要因調査 (イベント・アトリビューション)、成層圏突然昇温の予測可能性の研究を進める。

⑥JRA-55プロダクトの品質評価を引き続き行うとともに、JRA-55同化システムを用いた再解析の感度実験を実施する。

研究成果及びその活用に関する意見（中間評価の総合所見）

本研究課題については、気象研究所評議員会評価分科会（気候・地球環境分野）において中間評価を実施した。中間評価の総合所見については、262ページを参照。

成果発表一覧

（1）査読付き原著論文：49件

1. Balmaseda, M. A., T. Toyoda, Y. Fujii, T. Kuragano, M. Kamachi, et al., 2015: The Ocean Reanalyses Intercomparison Project (ORAIP). *Journal of Operational Oceanography*, **8**(S1), 80–97.
2. Butler, A. H., A. Arribas, M. Athanassiadou, J. Baehr, N. Calvo, A. Charlton-Perez, M. Déqué, D. I. V. Domeisen, K. Fröhlich, H. Hendon, Y. Imada, M. Ishii, M. Iza, A. Y. Karpechko, A. Kumar, C. MacLachlan, W. J. Merryfield, W. A. Müller, A. O'Neill, A. A. Scaife, J. Scinocca, M. Sigmond, T. N. Stockdale, and T. Yasuda, 2016: The Climate-system Historical Forecast Project: do stratosphere-resolving models make better seasonal climate predictions in boreal winter?. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, **142**, 1413–1427, doi:10.1002/qj.2743.
3. Charles, A. N., J. R. Brown, A. Cottrill, K. L. Shelton, T. Nakaegawa, and Y. Kuleshov, 2014: Seasonal prediction of the South Pacific Convergence Zone in the austral wet season. *Journal of Geophysical Research Atmosphere*, **119**, 12546–12557, doi:10.1002/2014JD021756
4. Chevallier, Y. Fujii, T. Toyoda, H. Tsujino, et al., 2017: Intercomparison of the Arctic sea ice cover in global ocean-sea ice reanalyses from the ORA-IP project. *Climate Dynamics*, **49**, 1107–1136, doi:10.1007/s00382-016-2985-y.
5. Endo, H. and A. Kitoh, 2014: Thermodynamic and dynamic effects on regional monsoon rainfall changes in a warmer climate. *Geophysical Research Letters*, **41**, 1704–1710, doi:10.1002/2013GL059158.
6. Fujii, Y., J. Cummings, Y. Xue, A. Schiller, T. Lee, M. A. Balmaseda, E. Rémy, S. Masuda, G. Brassington, O. Alves, B. Cornuelle, M. Martin, P. Oke, G. Smith, and X. Yang, 2015: Evaluation of the Tropical Pacific Observing System from the Ocean Data Assimilation Perspective. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, **141**, 2481–2496.
7. Fujii, Y., K. Ogawa, G. B. Brassington, K. Ando, T. Yasuda, and T. Kuragano, 2015: Evaluating the impacts of the tropical Pacific observing system on the ocean analysis fields in the global ocean data assimilation system for operational seasonal forecasts in JMA. *Journal of Operational Oceanography*, **8**, 25–39.
8. Harada, Y., H. Kamahori, C. Kobayashi, H. Endo, S. Kobayashi, Y. Ota, H. Onoda, K. Onogi, K. Miyaoka, and K. Takahashi, 2016: The JRA-55 Reanalysis: Representation of atmospheric circulation and climate variability. *Journal of the Meteorological Society of Japan. Ser. II*, **94**, 269–302, doi:10.2151/jmsj.2016-015.
9. Ilicak, M., H. Drange, Q. Wang, R. Gerdes, Y. Fujii, H. Tsujino, 他 32 名, 2016: An assessment of the Arctic Ocean in a suite of interannual CORE-II simulations. Part III: Hydrography and fluxes. *Ocean Modelling*, **100**, 141–161.
10. Imada, Y., H. Shiogama, M. Watanabe, M. Mori, M. Ishii, and M. Kimoto, 2014: The Contribution of anthropogenic forcing to the Japanese heat waves of 2013. *Bulletin of the American Meteorological Society*, **95**, 52–54, doi:10.1175/1520-0477-95.9.S1.1.
11. Imada, Y., H. Tatebe, M. Ishii, Y. Chikamoto, M. Mori, M. Arai, M. Watanabe, and M. Kimoto, 2015: Predictability of Two Types of El Niño Assessed Using an Extended Seasonal Prediction System by MIROC. *Monthly Weather Review*, **143**, 4597–4617, doi:10.1175/MWR-D-15-0007.1.
12. Imada, Y., H. Tatebe, M. Watanabe, M. Ishii, M. Kimoto, 2016: South Pacific influence

- on the termination of El Niño in 2014. *Scientific Reports*, **6**, 30341, doi:10.1038/srep30341.
13. Ishizaki, Y., T. Yokohata, S. Emori, H. Shiogama, K. Takahashi, N. Hanasaki, T. Nozawa, T. Ogura, T. Nakaegawa, and A. Yoshida, 2015: Validation of a Pattern Scaling Approach for Determining the Maximum Available Renewable Freshwater Resource. *Journal of Hydrometeorology*, **15**, 505–516.
 14. Kamae, Y., H. Shiogama, Y. Imada, M. Mori, O. Arakawa, R. Mizuta, K. Yoshida, C. Takahashi, M. Arai, M. Ishii, M. Watanabe, M. Kimoto, S.-P. Xie, and H. Ueda, 2017: Forced response and internal variability of summer climate over western North America. *Climate Dynamics*, **49**, 403–417, doi:10.1007/s00382-016-3350-x.
 15. Kitoh, A., and H. Endo, 2016: Changes in precipitation extremes projected by a 20-km mesh global atmospheric model. *Weather and Climate Extremes*, **11**, 41–52, doi:10.1016/j.wace.2015.09.001.
 16. Kobayashi, C., H. Endo, Y. Ota, S. Kobayashi, H. Onoda, Y. Harada, K. Onogi and H. Kamahori, 2014: Preliminary results of JRA-55C: atmospheric reanalysis assimilating conventional observations only. *SOLA*, **10**, 78–82, doi:10.2151/sola.2014-016.
 17. Kobayashi, C., and T. Iwasaki, 2016: Brewer–Dobson circulation diagnosed from JRA-55. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, **121**, 1493–1510. doi:10.1002/2015JD023476.
 18. Kobayashi, S., Y. Ota, Y. Harada, A. Ebita, M. Moriya, H. Onoda, K. Onogi, H. Kamahori, C. Kobayashi, H. Endo, K. Miyaoka, and K. Takahashi, 2015: The JRA-55 Reanalysis: General Specifications and Basic Characteristics. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, **93**, 5–48, doi:10.2151/jmsj.2015-001.
 19. Kuroda, Y., 2016: Influence of atmospheric waves on the formation and the maintenance of the subtropical jet during the Northern Hemisphere winter -A new method for analyzing the responses to specific forcings, *Journal of Geophysical Research*, **121**, 4674–4690. doi:10.1002/2015JD024592.
 20. Kuroda, Y. and M. Deushi, 2016: Influence of the solar cycle on the Polar-night Jet Oscillation in the Southern Hemisphere, *Journal of Geophysical Research*, **121**, 11575–11589, doi:10.1002/2015JD024204
 21. Maeda, S., Y. Urabe, K. Takemura, T. Yasuda, and Y. Tanimoto, 2016: Active role of the ITCZ and WES feedback in hampering the growth of the expected full-fledged El Niño in 2014. *SOLA*, **12**, 17–21, doi:10.2151/sola.2016-004.
 22. Maeda S., Y. Urabe, K. Takemura, T. Yasuda, and Y. Tanimoto, 2016: Significant atmospheric circulation anomalies over the North Pacific associated with the enhanced Pacific ITCZ during the summer-fall of 2014. *SOLA*, **12**, 282–286, doi:10.2151/sola.2016-055.
 23. Martin, M. J., M. Balmaseda, L. Bertino, P. Brasseur, G. Brassington, J. Cummings, Y. Fujii, D. J. Lea, J.-M. Lellouche, K. Mogensen, P. Oke, G. C. Smith, C.-E. Testut, G. A. Waagbø, J. Waters, and A. T. Weaver, 2015: Status and future of data assimilation in operational oceanography. *Journal of Operational Oceanography*, **8(S1)**, 12–27.
 24. Matsueda, S., and Y. Takaya, 2015: The Global Influence of the Madden-Julian Oscillation on Extreme Temperature Events. *Journal of Climate*, **28**, 4141–4151, doi:10.1175/JCLI-D-14-00625.1.
 25. Miyazaki, K., T. Iwasaki, Y. Kawatani, C. Kobayashi, S. Sugawara, and M. I. Hegglin, 2016: Inter-comparison of stratospheric mean-meridional circulation and eddy mixing among six reanalysis data sets. *Atmospheric Chemistry and Physics*, **16**, 6131–6152, doi:10.5194/acp-16-6131-2016.
 26. Mizuta, R., O. Arakawa, T. Ose, S. Kusunoki, H. Endo, and A. Kitoh, 2014: Classification

- of CMIP5 future climate responses by the tropical sea surface temperature changes. *SOLA*, **10**, 167–171, doi:10.2151/sola.2014-035.
27. Muramatsu, T., T. Kato, M. Nakazato, H. Endo, and A. Kitoh, 2016: Future Change of Tornadogenesis–Favorable Environmental Conditions in Japan Estimated by a 20-km-Mesh Atmospheric General Circulation Model. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, **94A**, 105–120, doi:10.2151/jmsj.2015-053.
 28. Nakaegawa, T., S. Horiuchi, and H. Kim, 2015: Development of a web application for examining climate data of global lake basins: CGLB. *Hydrological Research Letters*, **9(4)**, 125–132, doi:10.3178/hrl.9.125.
 29. Noguchi S., H. Mukougawa, Y. Kuroda, R. Mizuta, S. Yabu, and H. Yoshimura, 2016: Predictability of the stratospheric polar vortex breakdown: An ensemble reforecast experiment for the splitting event in January 2009, *Journal of Geophysical Research*, **121**, 3388–3404, doi:10.1002/2015JD024581.
 30. Noh, Y., H. Ok, E. Lee, T. Toyoda, and N. Hirose, 2016: Parameterization of Langmuir circulation in the ocean mixed layer model using LES and its application to the OGCM. *Journal of Physical Oceanography*, **46**, 57–78.
 31. Oke, P. R., G. Larnicol, Y. Fujii, G. C. Smith, D. J. Lea, S. Guinehut, E. Remy, M. A. Balmaseda, T. Rykova, D. Surcel-Colan, M. J. Martin, A. A. Sellar, S. Mulet, and V. Turpin, 2015: Assessing the impact of observations on ocean forecasts and reanalyses: Part 1, Global studies. *Journal of Operational Oceanography*, **8(S1)**, 49–62.
 32. Palmer, M. D., Y. Fujii, T. Toyoda, et al., 2017: Ocean heat content variability and change in an ensemble of ocean reanalyses. *Climate Dynamics*, **49**, 909–930, doi:10.1007/s00382-015-2801-0.
 33. Shi, L., Y. Fujii, T. Toyoda, et al., 2017: An assessment of upper ocean salinity content from the Ocean Reanalyses Inter-Comparison Project (ORA-IP). *Climate Dynamics*, **49**, 1009–1029, doi:10.1007/s00382-015-2868-7.
 34. Shiogama, H., Y. Imada, M. Mori, R. Mizuta, D. Stone, K. Yoshida, O. Arakawa, M. Ikea, C. Takahashi, M. Arai, M. Ishii, M. Watanabe, and M. Kimoto, 2016: Attributing Historical Changes in Probabilities of Record-Breaking Daily Temperature and Precipitation Extreme Events. *SOLA*, **12**, 225–231, doi:10.2151/sola.2016-045.
 35. Storto, A., Y. Fujii, T. Toyoda, M. Kamachi, T. Kuragano, et al., 2015: Steric sea level variability (1993–2010) in an ensemble of ocean reanalyses and objective analyses. *Climate Dynamics*, **49**, 709–729.
 36. Takaya Y., T. Yasuda, Y. Fujii, S. Matsumoto, T. Soga, H. Mori, M. Hirai, I. Ishikawa, H. Sato, A. Shimpo, M. Kamachi, and T. Ose, 2016: Japan Meteorological Agency/Meteorological Research Institute–Coupled Prediction System version 1 (JMA/MRI-CPS1) for operational seasonal forecasting. *Climate Dynamics*, **48**, 313–333, doi:10.1007/s00382-016-3076-9.
 37. Takemura, K., and S. Maeda, 2016: Influence of enhanced variability with zonal wavenumber 1 on Arctic Oscillation in late winter to early spring in El Niño conditions. *SOLA*, **12**, 159–164, doi:10.2151/sola.2016-033.
 38. Toyoda T., Y. Fujii, T. Kuragano, J. P. Matthews, H. Abe, N. Ebuchi, N. Usui, K. Ogawa, and M. Kamachi, 2015: Improvements to a global ocean data assimilation system through the incorporation of Aquarius surface salinity data. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, **141**, 2750–2759.
 39. Toyoda, T., Y. Fujii, T. Kuragano, N. Kosugi, D. Sasano, M. Kamachi, et al., 2017: Interannual-decadal variability of wintertime mixed layer depths in the North Pacific detected by an ensemble of ocean syntheses. *Climate Dynamics*, **49**, 891–907, doi:10.1007/s00382-015-2762-3.
 40. Toyoda, T., N. Sugiura, S. Masuda, Y. Sasaki, H. Igarashi, Y. Ishikawa, T. Hatayama, T. Kawano, Y. Kawai, S. Kouketsu, K. Katsumata, H. Uchida, T. Doi, M. Fukasawa,

- and T. Awaji, 2015: An improved simulation of the deep Pacific Ocean using optimally estimated vertical diffusivity based on the Green's function method. *Geophysical Research Letters*, **42**, 9916-9924.
41. Toyoda, T., Y. Fujii, T. Kuragano, M. Kamachi, et al., 2017: Intercomparison and validation of the mixed layer depth fields of global ocean syntheses. *Climate Dynamics*, **49**, 753-773, doi:10.1007/s00382-015-2637-7.
 42. Toyoda T., Y. Fujii, T. Yasuda, N. Usui, K. Ogawa, T. Kuragano, H. Tsujino, and M. Kamachi, 2016: Data assimilation of sea ice concentration into a global ocean-sea ice model with corrections for atmospheric forcing and ocean temperature fields. *Journal of Oceanography*, **72**, 235-262.
 43. Tripathi O.P., M. Baldwin, A. Charlton-Perez, M. Charron, S. Eckermann, E. Gerber, R. G. Harrison, D. R. Jackson, B-M. Kim, Y. Kuroda, A. Lang, C. Lee, S. Mahmood, R. Mizuta, G. Roff, M. Sigmond, and S-W. Son, 2014: The predictability of the extra-tropical stratosphere on monthly time-scales and its impacts on the skill of tropospheric forecasts. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, **141**, 987-1003, doi:10.1002/qj.2432.
 44. Tripathi O.P., M. Baldwin, A. Charlton-Perez, M. Charron, J.C.H. Cheung, S. D. Eckermann, E. Gerber, D. R. Jackson, Y. Kuroda, A. Lang, J. McLay, R. Mizuta, C. Reynolds, G. Roff, M. Sigmond, S-W. Son, and T. Stockdale, 2016: Examining the predictability of the stratospheric sudden warming of January 2013 using multiple NWP systems, *Monthly Weather Review*, **144**, 1935-1960, doi:10.1175/MWR-D-15-0010.1.
 45. Vitart, F., C. Ardilouze, A. Bonet, A. Brookshaw, M. Chen, C. Codorean, M. Déqué, L. Ferranti, E. Fucile, M. Fuentes, H. Hendon, J. Hodgson, H.S. Kang, A. Kumar, H. Lin, G. Liu, X. Liu, P. Malguzzi, I. Mallas, M. Manoussakis, D. Mastrangelo, C. MacLachlan, P. McLean, A. Minami, R. Mladek, T. Nakazawa, S. Najm, Y. Nie, M. Rixen, A.W. Robertson, P. Ruti, C. Sun, Y. Takaya, M. Tolstykh, F. Venuti, D. Waliser, S. Woolnough, T. Wu, D.-J. Won, H. Xiao, R. Zaripov, and L. Zhang, 2017: The Sub-seasonal to Seasonal Prediction (S2S) Project Database. *Bulletin of the American Meteorological Society*, **98**, 163-173, doi:10.1175/BAMS-D-16-0017.1.
 46. Wang, Q., M. Ilicak, R. Gerdes, H. Drange, Y. Fujii, H. Tsujino, 他 33 名, 2016: An assessment of the Arctic Ocean in a suite of interannual CORE-II simulations. Part II: Liquid freshwater. *Ocean Modelling*, **99**, 86-109.
 47. Wang, Q., M. Ilicak, R. Gerdes, H. Drange, Y. Fujii, H. Tsujino, 他 33 名, 2016: An assessment of the Arctic Ocean in a suite of interannual CORE-II simulations. Part I: Sea ice and solid fresh water. *Ocean Modelling*, **99**, 110-132.
 48. Yamanaka, G., H. Tsujino, H. Nakano, and M. Hirabara, 2015: Decadal variability of the Pacific Subtropical Cells and its relevance to the sea surface height in the western tropical Pacific during recent decades. *Journal of Geophysical Research Oceans*, **120**, 201-224.
 49. 仲江川敏之, 2016: 大気 GCM による力学的季節予測実験における誤差あり初期値土壌水分の時間発展に関する研究. *土木学会論文集*, **72(4)**, 127-132, doi:10.2208/jscejhe.72. I_127.

(2) 査読論文以外の著作物 (翻訳、著書、解説等) : 18 件

1. Balmaseda, M. A., A. Kumar, E. Andersson, Y. Takaya, D. Anderson, P. Janssen, M. Martin, and Y. Fujii, 2014: White Paper #4 - Operational forecasting systems. *Report of the Tropical Pacific Observing System 2020 Workshop (TPOS2020). Volume II -White Papers*. (GCOS Rep. 184/ G00S Rep. 206/ WCRP Rep. 6/2014), 64-101.
2. Endo, H., and A. Kitoh, 2016: Projecting changes of the Asian summer monsoon through the twenty-first century. *The Monsoons and Climate Change*, 47-66, doi:10.1007/978-3-319-21650-8.
3. Fujii, Y., J. Cummings, Y. Xue, A. Schiller, T. Lee, M. A. Balmaseda, E. Remy, S. Masuda,

- O. Alves, G. Brassington, B. Cornuelle, M. Martin, P. Oke, G. Smith, and X. Yang, 2014: White Paper #5 - Evaluation of the Tropical Pacific Observing System from the data assimilation perspective. *Report of the Tropical Pacific Observing System 2020 Workshop (TPOS2020). Volume II -White Papers.* (GCOS Rep. 184/ G00S Rep. 206/ WCRP Rep. 6/2014), 102-129.
4. Nakamura, H., Y. Kawai, R. Masunaga, H. Kamahori, C. Kobayashi and M. Koike, 2016: An Extra Product of the JRA-55 Atmospheric Reanalysis and In Situ Observations in the Kuroshio-Oyashio Extension Under the Japanese "Hotspot Project", *CLIVAR Exchanges*, **No. 69** (Vol 20, No.1)
 5. Oke, P. R., Y. Fujii, and T. Rykova, 2015: Using models to design and evaluate ocean observing systems. *CLIVAR Exchanges*, **67**, 46-49.
 6. Xue, Y., C. Wen, A. Kumar, M. Balmaseda, Y. Fujii, G. Vecchi, G. Vernieres, O. Alves, M. Martin, F. Hernandez, T. Lee, D. Legler, and D. DeWitt, 2016: A Real-time Multiple Ocean Reanalyses Intercomparison Project for Quantifying the Impacts of Tropical Pacific Observing Systems on Constraining Ocean Reanalyses and Enhancing our Capability in Monitoring and Predicting ENSO. *Science and Technology Infusion Climate Bulletin, 40th NOAA Climate Diagnostics and Prediction Workshop Special Issue*, 111-118.
 7. 今田由紀子, 2014: 異常気象と気候変動～要因解明への道: 第2回 異常気象の要因分析. 隔月刊「地球温暖化」, **32**, 44-45.
 8. 榎本剛, 水田亮, 森正人, 宮坂貴文, 遠藤洋和, 松枝未遠, 2014: 研究集会「異常気象と気候システム変動のメカニズムと予測可能性」の報告. *天気*, **61(4)**, 280-284.
 9. 遠藤洋和, 2014: 異常気象と気候変動～要因解明への道: 第1回 異常気象の変化の実態. 隔月刊「地球温暖化」, **31**, 44-45.
 10. 遠藤洋和, 2015: 異常気象と気候変動～要因解明への道: 第7回 過去 100 年に観測された梅雨の変化. 隔月刊「地球温暖化」, **37**, 44-45.
 11. 響田邦夫, 豊田隆寛, 吉田聡, 2016: 総論: 「海洋変動と熱・物質循環」「グローバルな大気海洋相互作用: 空と海をつなぐもの」. *月刊海洋*, **48**, 153-161.
 12. 黒田友二, 「低温環境の科学辞典」(分担執筆), 「極夜ジェット」項目執筆、朝倉書店、2016年7月
 13. 黒田友二, 「気候変動の辞典」(分担執筆), 「太陽活動からさぐる気候変動」項目執筆、朝倉書店、2017年12月
 14. 豊田隆寛, 藤井陽介, 倉賀野連, 小杉如央, 笹野大輔, 蒲地政文, 石川洋一, 増田周平, 佐藤佳奈子, 淡路敏之, 2016: 北太平洋冬季混合層深の経年から十年規模変動. *月刊海洋*, **48**, 177-185.
 15. 豊田隆寛, 藤井陽介, 倉賀野連, John P. Matthews, 阿部泰人, 江淵直人, 碓氷典久, 小川浩司, 蒲地政文, 2015: Aquarius 衛星海面塩分データの海洋再解析における太平洋表層へのインパクト. *月刊海洋*, **47**, 172-180.
 16. 原田やよい, 古林慎哉, 太田行哉, 海老田綾貴, 守谷昌己, 小野田浩克, 大野木和敏, 釜堀弘隆, 小林ちあき, 遠藤洋和, 2014: 気象庁 55 年長期再解析 (JRA-55). *天気*, **61(4)**, 43-49.
 17. 前田 修平, 2015: 地球温暖化と異常気象. *環境と文明*, **23.12**, 5-6.
 18. 前田 修平, 2015: 干ばつ、猛暑、残暑、冷夏、夏のやませ. *気象災害の事典*, 142-239.

(3) 学会等発表

ア. 口頭発表

・国際的な会議・学会等: 51 件

1. Balmaseda, M., T. Toyoda, Y. Fujii et al., CLIVAR GSOP/GODAE Ocean View Ocean Reanalysis Inter-comparison ORA-IP, Workshop on energy flow through the climate system, 2015 年 11 月, イギリス, エクセター
2. Balmaseda, M., T. Toyoda, M. valdivieso, A. Storto, G. Smith, M. palmer, F. Helnandez,

- L. Shi, K. haines, T. Lee, Y. Fujii, K. Wilmer-Becker, M. Chevallier, A. Karsperk, and N. Cantabiano, CLIVAR GSOP/GODAE Ocean View Ocean Reanalysis Inter-comparison ORA-IP, 6th Annual Meeting of GODAE OceanView Science Team, 2015年11月, オーストラリア, シドニー
3. Chevallier, M., G. Smith, J.-F. Lemieux, F. Dupont, G. Forget, Y. Fujii, G. Garric, F. Hernandez, R. Msadek, D. Peterson, A. Storto, T. Toyoda, M. Valdivieso, G. Vernieres, H. Zuo, and M. Balmaseda, Uncertainties in the Arctic sea ice cover in state-of-the-art ocean reanalyses from the ORA-IP project, European Geosciences Union General Assembly 2015, 2015年4月, オーストリア, ウィーン
 4. Endo, H., Regional differences of summer monsoon rainfall changes in a warmer climate: thermodynamic and dynamic effects, Asia Oceania Geosciences Society 11th Annual Meeting (AOGS2014), 2014年7月, 北海道札幌市
 5. Endo, H., Thermodynamic and dynamic effects on regional monsoon rainfall changes in a warmer climate, 第95回アメリカ気象学会年次大会, 2015年1月, アメリカ, フェニックス
 6. Endo, H., Long-term variation of Japanese summer climate during the past 100 years based on surface observational data, Asia Oceania Geosciences Society 12th Annual Meeting (AOGS2015), 2015年8月, シンガポール, シンガポール
 7. Endo, H., A. Kitoh, K. Yoshida, R. Mizuta, and O. Arakawa, Future projection of monsoon precipitation by high-resolution MRI-AGCM ensemble simulations with multi-SSTs and multi-physics, Down-scaling workshop, 2015年10月, つくば市
 8. Endo, H., A. Kitoh, K. Yoshida, R. Mizuta, and O. Arakawa, Future changes in monsoon precipitation by high-resolution MRI-AGCM ensemble simulations with multi-SSTs and multi-physics, Asian Conference on Meteorology 2015, 2015年10月, 京都府京都市
 9. Endo, H., A. Kitoh, K. Yoshida, R. Mizuta, and O. Arakawa, Future changes in monsoon precipitation by high-resolution MRI-AGCM ensemble simulations with multi-SSTs and multi-physics, AMS 96th Annual Meeting, 2016年1月, アメリカ, ニューオーリンズ
 10. Endo, H., A. Kitoh, R. Mizuta, and M. Ishii, Future changes in extreme rainfall in East Asia based on large ensemble simulations with a high-resolution MRI-AGCM, 13th East Asian Climate Workshop, 2016年3月, 中国, 北京市
 11. Fujii, Y., K. Ando, K. Ogawa, T. Kuragano, and M. Kamachi, Evaluating the Impacts of the Tropical Pacific Observing System in the JMA Seasonal Forecasting System, AOGS 11th Annual Meeting, 2014年7月, 北海道札幌市
 12. Fujii, Y., J. Cummings, Y. Xue, A. Schiller, T. Lee, M. Balmaseda, E. Remy, S. Masuda, O. Alves, G. Brassington, B. Comuelle, M. Martin, P. Oke, G. Smith, and X. Yang, Evaluation of the Tropical Pacific Observing System from the Ocean Data Assimilation Perspective in the TPOS2020 Workshop, GODAE Ocean View OSEval-TT workshop 2014, 2014年12月, フランス, トゥールーズ
 13. Fujii, Y., GSOP Activities related to Ocean Reanalysis Intercomparison and Observing System Assessments, 9th Session of CLIVAR Global Synthesis and Observation Panel, 2016年9月, 中国, 青島
 14. Harada, Y., The JRA-55 Reanalysis: General specifications and characteristics in the stratosphere, SPARC Reanalysis Intercomparison Project (S-RIP) Workshop and SPARC Data Assimilation (DA) Workshop, 2014年9月, アメリカ, カレッジパーク
 15. Harada, Y., and T. Hirooka, Extraordinary features of the planetary wave propagation during the boreal winter 2013/2014 and the zonal wavenumber two predominance, SPARC Data Assimilation and SPARC Reanalysis Intercomparison Project (S-RIP) Workshops, 2015年10月, フランス, パリ
 16. Harada, Y., and T. Hirooka, Extraordinary features of the planetary wave propagation during the boreal winter 2013/2014 and the zonal wavenumber two predominance, Asian Conference on Meteorology 2015, 2015年10月, 京都府京都市
 17. Harada, Y., Representation of atmospheric circulation and climate variability in the

- JRA-55 reanalysis, CLIVAR Ocean Model Development Panel (OMDP) Meeting, 2016年1月, 神奈川県横浜市
18. Harada, Y., and T. Hirooka, Predominance of Zonal Wavenumber 2 in the Boreal Winter 2013/2014. SPARC DynVar Workshop & S-RIP Meeting, 2016年6月, フィンランド, ヘルシンキ
 19. Harada, Y., Verification of the atmospheric flow in the JRA-55 reanalysis using the mass-weighted isentropic zonal mean method. Tohoku Forum for Creativity International Workshop: Dynamics and Interactions of the Ocean and the Atmosphere. 2016年7月, 宮城県仙台市
 20. Harada, Y., JRA Activities Updates, SPARC Reanalysis Intercomparison Project (S-RIP) Workshop and SPARC Data Assimilation (DA) Workshop, 2016年10月, カナダ, ビクトリア
 21. Imada, Y., South Pacific influence on the termination of El Niño in 2014, ESRL Physical Sciences Division Seminars 2016, 2016年7月, アメリカ, ボルダー
 22. Kamahori, H., AMY reanalysis, Asia Oceania Geosciences Society(AOGS)2014, 2014年7月, 北海道札幌市
 23. Kamahori, H., AMY reanalysis, Asian Monsoon Hydroclimate Workshop, 2015年3月, 愛知県名古屋市
 24. Kamahori, H., JRA-55 and JRA-3Q as Initial, Boundary and Verification Data for Downscaling, International WS on Issues in downscaling of climate change projection, 2015年10月, 茨城県つくば市
 25. Kamahori, H., AMY Reanalysis, The International Science Conference (ISC) on MAHASRI (Monsoon Asian Hydro-Atmosphere Scientific Research and Prediction Initiative), 2016年3月, 東京都八王子市
 26. Kobayashi, C., T. Iwasaki, Brewer-Dobson circulation diagnosed from JRA-55, SPARC Data Assimilation(DA) and SPARC Reanalysis Intercomparison Project(S-RIP) Workshops, 2014年9月, アメリカ, カレッジパーク
 27. Kobayashi, C., JRA Activities UPDATE: JRA-55C, an atmospheric reanalysis assimilating conventional observations only, SPARC Reanalysis Intercomparison Project (S-RIP) Workshop and SPARC Data Assimilation (DA) Workshop, 2015年10月, フランス, パリ
 28. Kobayashi, C., and S. Maeda, Changes in the Brewer-Dobson Circulation in JRA-55, Asian Conference on Meteorology 2015, 2015年10月, 京都府京都市
 29. Kuroda, Y., and H. Mukougawa, Role of medium-scale waves on the Annular Modes, 14th European Meteorological Society annual meeting, 2014年10月, チェコ, プラハ
 30. Kuroda Y., Solar cycle modulation of the Southern Annular Mode -A simulation with a chemistry climate model, American Geophysical Union 2014 Fall meeting, 2014年12月, アメリカ, サンフランシスコ
 31. Kuroda, Y., Formation and maintenance mechanism of the tropospheric jet stream. International Union of Geodesy and Geophysics 2015, 2015年6月, チェコ, プラハ
 32. Kuroda, Y., Solar cycle modulation of Southern Annular Mode -Energy-momentum analysis-, Asian Conference on Meteorology 2015, 2015年10月, 京都府京都市
 33. Kuroda, Y., Solar cycle modulation of Southern Annular Mode -Energy-momentum analysis-, SOLARIS-HEPPA group meeting, 2015年11月, アメリカ, ボルダー
 34. Kuroda, Y., Solar cycle modulation of the Southern Annular Mode, EGU General Assembly, 2016年4月, オーストリア, ウイーン
 35. Kuroda, Y., Influence of atmospheric waves on the formation and the maintenance of the subtropical jet during the Northern Hemisphere winter, 16th EMS/11th ECAC Annual Meeting, 2016年9月, イタリア, トリエステ
 36. Maeda S., M. Harada, and S. Wakamatsu, Future Changes in Winter Stationary Waves in East Asia and the North Pacific Induced by Robust Changes in the Tropical Circulation, AMS 96th Annual Meeting, 2016年1月, アメリカ, ニューオーリンズ

37. Matsumoto, J., B. Wang, G. Wu, J. Li, S. Mori, M. D. Yamanaka, P. Wu, T. Oki, S. Kanae, J. Asanuma, Ailikun, K. Yoshimura, T. Koike, K. Tamagawa, E. Ikoma, H. Kinutani, H. Kamahori, K. Kamiguchi, and D. Wang, AMY and MAHASRI, 第7回 GEWEX 国際科学会議, 2014年7月, オランダ, ハーグ
38. Mizuta, R., Y. Kuroda, H. Yoshimura, S. Yabu, S. Noguchi, and H. Mukougawa, Tropospheric Signals before a Stratospheric Sudden Warming in the Multiple Ensemble Forecast Systems, Asia Oceania Geosciences Society 12th Annual Meeting (AOGS2015), 2015年8月, シンガポール, シンガポール
39. Roberts, M., P. L. Vidale, G. Yamanaka, and H. Tatebe, Choosing the appropriate atmosphere-ocean resolution, Workshop on "High-resolution ocean modelling for coupled seamless predictions", 2016年4月, イギリス, エクセター
40. Takaya, Y., and T. Yasuda, Feasibility study of sub-seasonal prediction with an atmosphere-land-ocean-sea ice coupled model, The World Weather Open Science Conference, 2014年8月, カナダ, モントリオール
41. Takaya, Y., Observation requirements for sub-seasonal to decadal predictions, Sixth WMO Workshop on the Impact of Various Observing Systems on NWP, 2016年5月, 中国, 上海
42. Toyoda, T., Y. Fujii, T. Kuragano, Y. Ishikawa, S. Masuda, and T. Awaji, Mixed-Layer Depth Intercomparison among Global Ocean Syntheses/Reanalyses, Workshop on Ocean Modelling and Reanalysis Data, 2014年7月, 韓国, ソウル
43. Toyoda, T., Y. Fujii, T. Kuragano, J. P. Matthews, Y. Abe, N. Ebuchi, N. Usui, K. Ogawa, and M. Kamachi, Improvements to a global ocean data assimilation system through the incorporation of Aquarius surface salinity data, Data assimilation Workshop, 2015年2月, 兵庫県神戸市
44. Toyoda, T., Assimilation of ice/ocean data in MRI models, Workshop on Optimal Estimation of Ocean, Ice and Atmosphere Parameters, 2015年3月, デンマーク, コペンハーゲン
45. Toyoda, T., Y. Fujii, T. Kuragano, J. P. Matthews, Y. Abe, N. Ebuchi, N. Usui, K. Ogawa, and M. Kamachi, Improvements to a global ocean data assimilation system through the incorporation of Aquarius surface salinity data, Japan Geoscience Union Meeting, 2015年5月, 千葉県千葉市
46. Valdivieso, M., Y. Fujii, T. Toyoda, et al., Surface fluxes and transports from Global Ocean Reanalyses, Workshop on energy flow through the climate system, 2015年9月, イギリス, エクセター
47. Xue, Y., Y. Fujii et al., A real-Time Ocean Reanalyses Intercomparison Project for Quantifying The Impacts of Tropical Pacific Observing Systems on Constraining Ocean Reanalyses, CLIVAR Open Science Conference, 2016年9月, 中国, 青島
48. Yamanaka, G., H. Nakano, H. Tsujino, S. Urakawa, and K. Sakamoto, The connection between decadal variability in the Pacific Subtropical Cells and sea surface height in the western tropical Pacific, 第26回国際測地学地球物理学連合総会 (IUGG2015), 2015年6月, チェコ, プラハ
49. Yasuda, T., New seasonal prediction system JMA/MRI-CPS2 (JMA/MRI-CGCM2), 17th Session of the WGSIP, 2015年9月, スウェーデン, ノルシェーピン
50. Yoshida, K., R. Mizuta, and O. Arakawa, What causes intermodel difference in the upwelling in the tropical tropopause layer among CMIP5 models?, 26th General Assembly of the International Union of Geodesy and Geophysics (IUGG2015), 2015年6月, チェコ, プラハ
51. Yoshida, K., R. Mizuta, M. Sugi, and H. Murakami, Probability distribution of tropical cyclone in large ensemble simulation by MRI-AGCM, 2016 TCCIP workshop, 2016年3月, 台湾, 新北市

・国内の会議・学会等 : 87 件

1. Xue, Y., C. Wen, Y. Fujii, et al., Real-Time Ocean Reanalysis Intercomparison Project,

- 日本海洋学会 2016 年度秋季大会, 2016 年 9 月, 鹿児島県鹿児島市
2. 今田由紀子, 山崎邦子, 渡部雅浩, ENSO の季節予測における熱帯太平洋 - 熱帯北大西洋間の大気海洋相互作用の重要性, 日本地球惑星科学連合 2014 年大会, 2014 年 4 月, 神奈川県横浜市
 3. 今田由紀子, 塩竈秀夫, 渡部雅浩, 森正人, 石井正好, 木本昌秀, 平成 25 年度夏季の日本の猛暑に対する地球温暖化の寄与 (Event Attribution), 日本気象学会 2014 年度春季大会, 2014 年 5 月, 神奈川県横浜市
 4. 今田由紀子, 塩竈秀夫, 渡部雅浩, 森正人, 石井正好, 木本昌秀, 統計的ダウンスケーリングを用いた局所的な豪雨に対するイベント・アトリビューション (要因分析) の試み, 日本気象学会 2014 年度秋季大会, 2014 年 10 月, 福岡県福岡市
 5. 今田由紀子, 建部洋晶, 渡部雅浩, 石井正好, 木本昌秀, 2014 年のエルニーニョはなぜ成長しなかったか?, 日本気象学会 2015 年度春季大会, 2015 年 5 月, 茨城県つくば市
 6. 今田由紀子, 建部洋晶, 渡部雅浩, 石井正好, 木本昌秀, 2014 年夏のエルニーニョはなぜ成長しなかったか? - 南太平洋からの寄与, 日本地球惑星科学連合 2015 年大会, 2015 年 5 月, 千葉県千葉市
 7. 今田由紀子, MIROC5 seasonal prediction system: focusing on the ENSO prediction in 2014, 熱帯降水系研究会 2015, 2015 年 9 月, 神奈川県横浜市
 8. 今田由紀子, 建部洋晶, 渡部雅浩, 石井正好, 木本昌秀, 太平洋十年規模変動に伴う南太平洋の偏差が ENSO 予測に与える影響, 日本気象学会 2015 年度秋季大会, 2015 年 10 月, 京都府京都市
 9. 今田由紀子, 前田修平, 渡部雅浩, 齊藤直彬, 塩竈秀夫, 水田亮, 石井正好, 木本昌秀, 高解像度 MRI-AGCM アンサンブル実験による日本域の過去の 10 年規模イベントの要因分析, 日本気象学会 2015 年度秋季大会, 2015 年 10 月, 京都府京都市
 10. 今田由紀子, 前田修平, 渡部雅浩, 塩竈秀夫, 水田亮, 石井正好, 木本昌秀, 高解像度 MRI-AGCM アンサンブル実験を用いた日本域の 10 年規模の気温変動に関する要因分析, 日本気象学会 2016 年度秋季大会, 2016 年 10 月, 名古屋
 11. 今田由紀子, 前田修平, 渡部雅浩, 塩竈秀夫, 水田亮, 石井正好, 木本昌秀, 高解像度 MRI-AGCM アンサンブル実験を用いた日本域の 10 年規模の気温変動に関する要因分析, 異常気象研究集会「異常気象と長期変動」, 2016 年 11 月, 京都府
 12. ト部佑介, 安田珠幾, 前田修平, 谷本陽一, SVD 解析による ITCZ の主要変動パターンの抽出, 日本気象学会 2015 年度秋季大会, 2015 年 11 月, 京都府京都市
 13. ト部佑介, 安田珠幾, 前田修平, 2014 年以降における全球平均気温の顕著な上昇に関連する海水温の概況, 日本海洋学会 2016 年度春季大会, 2016 年 3 月, 東京都文京区
 14. 遠藤洋和, 鬼頭昭雄, 温暖化気候下における地域モンスーン降水の変化 ~ 熱力学的効果と力学的効果~, 日本気象学会 2014 年度春季大会, 2014 年 5 月, 神奈川県横浜市
 15. 遠藤洋和, 過去 100 年の地上観測データに基づく夏季日本の気候変動, データレスキュー及び 100 年再解析研究に関するミニワークショップ, 2014 年 9 月, 東京都
 16. 遠藤洋和, 過去 100 年に観測された夏季日本の気候変動, 第 10 回ヤマセ研究会, 2014 年 10 月, 青森県弘前市
 17. 遠藤洋和, CMIP5 気候モデルにおけるヤマセの将来変化: 海面水温変化パターンとの関係, 第 11 回ヤマセ研究会, 2015 年 2 月, 仙台市
 18. 遠藤洋和, 過去 100 年に観測された夏季日本の気候変動, 日本気象学会 2015 年度春季大会, 2015 年 5 月, 茨城県つくば市
 19. 遠藤洋和, MRI-AGCM3.2 によるモンスーン降水の再現性と将来予測, 戦略 HPCI プログラム全球課題・ポスト京重点課題 B 合同研究会, 2015 年 9 月, 東京都
 20. 遠藤洋和, 吉田康平, 水田亮, 鬼頭昭雄, 荒川理, 高分解能 AGCM によるマルチ SST・積雲スキームアンサンブル温暖化実験: モンスーン降水の変化, 日本気象学会 2015 年度秋季大会, 2015 年 10 月, 京都府京都市
 21. 遠藤洋和, アンサンブル気候予測データベース (d4PDF) における東アジア気候の再現性と将来変化, 第 12 回ヤマセ研究会, 2016 年 3 月, 岩手県盛岡市

22. 遠藤洋和, 水田亮, 石井正好, 鬼頭昭雄, アンサンブル気候予測データベース(d4PDF)における東アジアの極端降水の将来変化, 日本気象学会 2016 年度春季学会, 2016 年 5 月, 東京都渋谷区
23. 遠藤洋和, 鬼頭昭雄, 温暖化に伴うアジアモンスーンの変化: SST 効果と CO2 効果, 日本気象学会 2016 年度秋季大会, 2016 年 10 月, 名古屋
24. 尾瀬智昭, 赤道太平洋海面水温変動の中高緯度大気への影響頻度(2), 日本気象学会 2014 年度春季大会, 2014 年 5 月, 神奈川県横浜市
25. 尾瀬智昭, 多様な ENSO と東アジアの冬季モンスーン, 研究会「長期予報と大気大循環」, 2015 年 12 月, 東京都
26. 尾瀬智昭, 多様な ENSO と東アジアの冬季モンスーン, 日本気象学会 2016 年度春季大会公開気象講演会, 2016 年 5 月, 東京都
27. 釜堀弘隆, 再解析に表現される気候変動, 日本地球惑星科学連合 2014 年大会, 2014 年 4 月, 神奈川県横浜市
28. 釜堀弘隆, 再解析に表現される熱帯低気圧の降水量場構造, 日本気象学会 2014 年度春季大会, 2014 年 5 月, 神奈川県横浜市
29. 釜堀弘隆, 台風の最大風速と平均降水量の関係 --衛星観測と再解析から--, 日本気象学会 2014 年度秋季大会, 2014 年 10 月, 福岡県福岡市
30. 釜堀弘隆, 古林絵里子, 高層気象観測データレスキュー, 日本気象学会 2015 年度春季大会, 2015 年 5 月, 茨城県つくば市
31. 釜堀弘隆, Mean Features of Tropical Cyclone Precipitation from TRMM/3B42, 日本地球惑星科学連合 2015 年大会, 2015 年 5 月, 千葉県千葉市
32. 釜堀弘隆, 再解析における熱帯低気圧の強度再現性, 日本気象学会 2015 年度秋季大会, 2015 年 10 月, 京都府京都市
33. 釜堀弘隆, 最新の再解析における熱帯低気圧の再現性, 日本気象学会 2016 年度春季学会, 2016 年 5 月, 東京都渋谷区
34. 釜堀弘隆, 升永竜介, 小林ちあき, 岡島悟, 中村尚, 高解像度 SST 再解析 JRA-55CHS ---再解析システムと SST ---, 日本気象学会 2016 年度春季学会, 2016 年 5 月, 東京都渋谷区
35. 釜堀弘隆, SEAWINDS 海上風データによる熱帯低気圧の平均循環場, 日本気象学会 2016 年度秋季大会, 2016 年 10 月, 愛知県名古屋市
36. 黒田友二, 強制が大気循環に与える影響を特定する新手法, 日本気象学会 2014 年度秋季大会, 2014 年 10 月, 福岡県福岡市
37. 黒田友二, カチアマテス, レミティエブレモント, 太陽活動が北大西洋振動に与える影響 -WACCM による数値実験-, 日本気象学会 2015 年度秋季大会, 2015 年 10 月, 京都府京都市
38. 黒田友二, 太陽活動の気候に与える影響, 第 63 回気候影響利用研究会, 2015 年 11 月, 東京都世田谷区
39. 黒田友二, 成層圏の変動の気候への影響について, 平成 27 年度気象研究所研究成果発表会, 2016 年 3 月, 東京都千代田区
40. 黒田友二: 亜熱帯ジェットの変動特性(短周期変動)、日本気象学会 2016 年度春季大会、2016 年 5 月, 東京都渋谷区
41. 小林ちあき, 遠藤洋和, JRA-55 ファミリーにおける降水量と海面水温との関係の再現性評価, 日本気象学会 2014 年度秋季大会, 2014 年 10 月, 福岡県福岡市
42. 小林ちあき, 岩崎俊樹, 従来型観測データのみを用いた長期再解析 JRA-55C の評価, 「急発達する低気圧の実態・予測・災害軽減に関する研究集会」「異常気象研究会」, 2014 年 11 月, 京都府宇治市
43. 小林ちあき, 前田修平, 竹村和人, 日本付近の季節変化に対する ENSO の影響, 日本気象学会 2016 年度春季大会, 2016 年 5 月, 東京都渋谷区
44. 小林ちあき, 前田修平, ENSO に伴う赤道対称な対流圏偏差場の形成メカニズムとエネルギーバランス, 異常気象研究集会「東アジア域における大気循環の季節内変動に関する研究集会」, 2016 年 11 月, 京都府宇治市
45. 齊藤直彬, 前田修平, 仲江川敏之, 今田由紀子, 高谷祐平, 松川知紘, 気象庁季節予測システムにおける NAO の予測可能性, 日本気象学会 2016 年度春季大会, 2016 年 5 月, 東京都渋谷区

46. 高谷祐平, MJO and sub-seasonal prediction: a perspective from operational system development, 熱帯降水系研究会, 2014年8月, 神奈川県横浜市
47. 高谷祐平, 松川知紘, マルチモデルアンサンブルによる季節予報, 日本気象学会 2016年度秋季大会, 2016年10月, 名古屋
48. 谷本陽一, ト部佑介, 前田修平, 東部熱帯太平洋の海面水温偏差場にみられる南北ダイポールの年々変動特性, 日本気象学会 2015年度秋季大会, 2015年10月, 京都府京都市
49. 露木義, 決定論的予測可能性の必要条件と変分法データ同化(第3報), 日本気象学会 2014年度春季大会, 2014年5月, 神奈川県横浜市
50. 豊田隆寛, グリーン関数法を用いた生態系モデルに対するデータ同化について, 第18回データ同化夏の学校, 2014年8月, 青森県むつ市
51. 豊田隆寛, 藤井陽介, 倉賀野連, 阿部泰人, 江淵直人, 碓氷典久, 蒲地政文, Aquarius 衛星海面塩分データの全球海洋再解析へのインパクト, 北太平洋を中心とする循環と水塊形成(大槌シンポジウム海洋パート), 2014年8月, 岩手県大槌町
52. 豊田隆寛, 藤井陽介, 倉賀野連, 阿部泰人, 江淵直人, 碓氷典久, 蒲地政文, Aquarius 衛星海面塩分データの全球海洋再解析へのインパクト, 2014年度日本海洋学会秋季大会, 2014年9月, 長崎県長崎市
53. 豊田隆寛, 藤井陽介, 倉賀野連, 蒲地政文, 増田周平, 石川洋一, 淡路敏之, 北太平洋冬季混合層深の経年から十年規模変動についての全球海洋再解析アンサンブルを用いた解析, 日本海洋学会秋季大会, 2015年9月, 愛媛県松山市
54. 豊田隆寛, 北太平洋冬季混合層深の経年から十年規模変動, 海洋変動と熱・物質循環(大槌シンポジウム海洋パート), 2015年9月, 岩手県大槌町
55. 豊田隆寛, 北太平洋の冬季混合層の経年から十年規模変動について, 海洋大循環の力学-エクマン層から中深層循環迄, 2015年11月, 長崎県島原市
56. 豊田隆寛, 北太平洋の冬季混合層深の経年から十年規模変動について, 大気海洋相互作用に関する研究集会, 2015年12月, 京都府京都市
57. 豊田隆寛, 藤井陽介, 碓氷典久, 広瀬成章, 高槻靖, 倉賀野連, 極域における海洋・海水データの同化について, 日本海洋学会 2016年度春季大会シンポジウム「海洋データ同化20年の歩みと今後の展望」, 2016年3月, 東京都文京区
58. 豊田隆寛, 気象研究所における海洋・海水データ同化システムの開発, 日本気象学会 2016年度春季大会 極域・寒冷域研究連絡会「極域における気象庁客観解析データの再現性と利用」, 2016年5月, 東京都渋谷区
59. 豊田隆寛, 岡本俊, 望月崇, 高山勝巳, 田中裕介, 海洋再解析データを用いた北太平洋東部の秋季ブルームの解析, 2016年度日本海洋学会秋季大会, 2016年9月, 鹿児島県鹿児島市
60. 仲江川敏之, 荒川理, 小端拓郎, タンクモデルで算定された貯水量の年平均値の長期変動, 日本気象学会 2014年度春季大会, 2014年5月, 神奈川県横浜市
61. 仲江川敏之, CMIP5 実験における土壌水分の将来変化原因の統計的推定, 日本気象学会 2015年度春季大会, 2015年5月, 茨城県つくば市
62. 仲江川敏之, 荒川理, 上口賢治, 日降水量グリッドデータを用いたパナマの雨季の入りと明け平年日の推定, 日本気象学会 2016年度春季大会, 2016年5月, 東京都渋谷区
63. 仲江川敏之, 日比野研志, 高薮出, オーストラリア主要都市を対象としたノンパラメトリック法による気候アナログ, 水文・水資源学会 2016年度研究発表会, 2016年9月, 福島市
64. 仲江川敏之, 日比野研志, 高薮出, オーストラリアを対象としたノンパラメトリック法による将来気候アナログ, 日本気象学会 2016年度秋季大会, 2016年10月, 愛知県名古屋市
65. 中村尚, 釜堀弘隆, 小林ちあき, 升永竜介, 岡島悟, 高解像度海面水温データを与えた全球大気再解析 JRA55 追加プロダクト, 日本海洋学会 2016年度春季大会, 2016年3月, 東京都文京区
66. 原田やよい, 古林慎哉, 太田行哉, 小野田浩克, 大野木和敏, JRA-55 の熱帯における赤道波の再現性評価報告, 日本気象学会 2014年度春季大会, 2014年5月, 神奈川県横浜市
67. 原田やよい, 古林慎哉, 太田行哉, 小野田浩克, 大野木和敏, 質量重み付き等温位面上帯状平均法を用いた JRA-55 における大気の流れの整合性の評価報告, 日本気象学会 2014年度春季大会, 2014年5月, 神奈川県横浜市

68. 原田やよい, 質量重み付き等温位面上帯状平均法 (MIM) による角運動量収支を利用した大気大循環場解析, 日本気象学会 2014 年度秋季大会, 2014 年 10 月, 福岡県福岡市
69. 原田やよい, 廣岡俊彦, JRA-55 を用いた北半球冬季の惑星規模波動の伝播特性解析 (第 2 報) ~2013/14 年北半球冬季に見られた東西波数 2 の卓越に着目して~, 日本気象学会 2015 年度秋季大会, 2015 年 10 月, 京都府京都市
70. 原田やよい, 廣岡俊彦, JRA-55 を用いた北半球冬季の惑星規模波動の伝播特性解析 (第 3 報) ~2013/14 年北半球冬季に見られた東西波数 2 の卓越に着目して~, 日本気象学会 2016 年度春季大会, 2016 年 5 月, 東京都渋谷区
71. 原田やよい, 廣岡俊彦, JRA-55 を用いた北半球冬季の惑星規模波動の伝播特性解析 (第 5 報) ~2013/14 年北半球冬季に見られた東西波数 2 の卓越に着目して~, 日本気象学会 2016 年度秋季大会, 2016 年 10 月, 愛知県名古屋市
72. 原田やよい, 北半球夏季季節内振動と大気大循環変動との関係, 異常気象研究集会「東アジア域における大気循環の季節内変動に関する研究集会」, 2016 年 11 月, 京都市
73. 藤井陽介, 小川浩司, 安藤健太郎, 安田珠幾, 熱帯太平洋における観測データの同化解析結果の精度に対するインパクト評価, 日本海洋学会 2014 年度秋季大会, 2014 年 9 月, 長崎県長崎市
74. 藤井陽介, 豊田隆寛, ENSO 予測のための海洋データ同化システムの現状と今後の展開, 研究会「長期予報と大気大循環」, 2014 年 12 月, 東京都千代田区
75. 藤井陽介, ENSO 予測の進展と海洋データ同化, 日本海洋学会 2016 年度春季大会シンポジウム「海洋データ同化 20 年の歩みと今後の展望」, 2016 年 3 月, 東京都文京区
76. 前田修平, 卜部佑介, 竹村和人, 安田珠幾, 2014 年のエルニーニョ現象の成長を抑制した強い ITCZ, 日本気象学会 2015 年度秋季大会, 2015 年 10 月, 京都府京都市
77. 前田修平, 安田珠幾, 卜部佑介, 2014-15 年エルニーニョ現象とその影響, 第 1 2 回ヤマセ研究会, 2016 年 3 月, 岩手県盛岡市
78. 前田修平, 2015/16 年冬の寒気の動向 (速報), 第 2 回波と平均流の相互作用に関する研究会, 2016 年 2 月, 神奈川県横須賀市
79. 前田修平, 卜部佑介, 竹村和人, 安田珠幾, 谷本陽一, ITCZ の強い積雲対流活動がもたらした 2014 年暖候期の北太平洋の循環偏差, 日本気象学会 2016 年度秋季大会, 2016 年 10 月, 名古屋市
80. 水田亮, 黒田友二, 吉村裕正, 藪将吉, 野口峻佑, 向川均, SNAP プロジェクトメンバー, アンサンブル予報モデル相互比較における成層圏突然昇温, 日本気象学会 2015 年度春季大会, 2015 年 5 月, 茨城県つくば市
81. 安田珠幾, 熱帯太平洋の十年規模変動が ENSO 予測に及ぼす影響, 日本気象学会長期予報研究連絡会, 2014 年 12 月, 東京都千代田区
82. 安田珠幾, 卜部佑介, 前田修平, 谷本陽一, 高谷祐平, 松川知紘, 久保勇太郎, 石川一郎, 杉本裕之, 松枝聡子, 季節予測モデルにおける ITCZ 変動に伴う大気海洋変動場の再現性, 日本気象学会 2015 年度秋季大会, 2015 年 10 月, 京都府京都市
83. 安田珠幾, 2014~15 年のエルニーニョ現象とその影響, 日本気象学会長期予報研究連絡会, 2015 年 12 月, 東京都千代田区
84. 山中吾郎, 辻野博之, 中野英之, 平原幹俊, 熱帯太平洋十年規模変動に見られる暖候期終息時の位相反転について, 日本海洋学会 2014 年度秋季大会, 2014 年 9 月, 長崎県長崎市
85. 山中吾郎, 中野英之, 辻野博之, 浦川昇吾, 坂本圭, 十年規模の位相変化に対する西部太平洋海面水位と水平循環の役割, 日本地球惑星科学連合 2015 年大会, 2015 年 5 月, 千葉県千葉市
86. 山中吾郎, 辻野博之, 中野英之, 浦川昇吾, 坂本圭, エルニーニョなどの海洋の変化を予測するために, 平成 27 年度気象研究所研究成果発表会, 2016 年 3 月, 東京都千代田区
87. 吉田康平, 水田亮, 荒川理, 熱帯対流圏界層における鉛直流の CMIP5 モデル比較, 日本気象学会 2015 年度春季大会, 2015 年 5 月, 茨城県つくば市

イ. ポスター発表

・国際的な会議・学会等 : 29 件

1. Endo, H., Slower Warming Trend in the Northeastern Japan Summer during the 20th Century

- as Seen in Observational Data, Asia Oceania Geosciences Society 11th Annual Meeting (AOGS2014), 2014年7月, 北海道札幌市
2. Endo, H., and A. Kitoh, Thermodynamic and dynamic effects on regional monsoon rainfall changes in a warmer climate, 第95回米国気象学会年次大会, 2015年1月, アメリカ, フェニックス
 3. Endo, H., and A. Kitoh, Thermodynamic and dynamic effects on regional monsoon rainfall changes in a warmer climate, CMIP5 マルチモデルデータを用いたアジア域気候の将来変化予測に関する研究の第3回国際会議, 2015年3月, 東京都
 4. Endo, H., A. Kitoh, K. Yoshida, R. Mizuta, and O. Arakawa, Future changes in monsoon precipitation by high-resolution MRI-AGCM ensemble simulations with multi-SSTs and multi-physics, AMS 96th Annual Meeting, 2016年1月, アメリカ, ニューオーリンズ
 5. Endo, H., A. Kitoh, R. Mizuta and M. Ishii, Future changes in extreme precipitation in East Asia and their uncertainty based on large ensemble simulations with a high-resolution AGCM, 2016 AGU Fall Meeting, 2016年12月, アメリカ, サンフランシスコ
 6. Fujii, Y., T. Kuragano, K. Ogawa, N. Usui, T. Toyoda, and M. Kamachi, Recent ocean observation system evaluation studies in JMA/MRI., GODAE Ocean View OSEval-TT workshop 2014, 2014年12月, フランス, トゥールーズ
 7. Harada, Y., The JRA-55 Reanalysis:General specifications and characteristics in the stratosphere, SPARC Data Assimilation(DA) and SPARC Reanalysis Intercomparison Project(S-RIP) Workshops, 2014年9月, アメリカ, カレッジパーク
 8. Harada, Y., Extraordinary features of the planetary wave propagation during the boreal winter 2013/2014 and the zonal wavenumber two predominance, SPARC Data Assimilation and SPARC Reanalysis Intercomparison Project (S-RIP) Workshops, 2015年10月, フランス, パリ
 9. Harada, Y., and T. Hirooka, Predominance of Zonal Wavenumber 2 in the Boreal Winter 2013/2014, SPARC Data Assimilation(DA) and SPARC Reanalysis Intercomparison Project(S-RIP) Workshops, 2016年6月, フィンランド, ヘルシンキ
 10. Harada, Y., Verification of the atmospheric flow in the JRA-55 reanalysis using the mass-weighted isentropic zonal mean method, Tohoku Forum for Creativity International Workshop: Dynamics and Interactions of the Ocean and the Atmosphere. 2016年7月, 宮城県仙台市
 11. Hirooka T., R. Kato, E. Ishida, Y. Harada, and N. Eguchi, Dynamical Features and the Relation to the Polar Stratospheric Cloud Formation in the Winter 2015/2016. Quadrennial Ozone Symposium 2016, 2016年9月, 英国, エジンバラ
 12. Kobayashi, C., JRA Activities UPDATE: JRA-55C, an atmospheric reanalysis assimilating conventional observations only, SPARC Reanalysis Intercomparison Project (S-RIP) Workshop and SPARC Data Assimilation (DA) Workshop, 2015年10月, フランス, パリ
 13. Kobayashi C., Changes in the Brewer-Dobson circulation in JRA-55, Tohoku Forum for Creativity International Workshop: Dynamics and Interactions of the Ocean and the Atmosphere. 2016年7月, 宮城県仙台市
 14. Kobayashi C., Changes in the Brewer-Dobson Circulation in JRA-55, SPARC Reanalysis Intercomparison Project (S-RIP) Workshop and SPARC Data Assimilation (DA) Workshop, 2016年10月, カナダ, ビクトリア
 15. Kuragano, T., Y. Fujii, N. Usui, T. Toyoda, Y. Takaya, and M. Kamachi, Recent Update of Operational Ocean DA systems in JMA, GODAE Ocean View Science Team Meeting VI, 2015年11月, オーストラリア, シドニー
 16. Kuroda, Y., Tropospheric Signals before a Stratospheric Sudden Warming in the Multiple Ensemble Forecast Systems, Asia Oceania Geosciences Society 12th Annual Meeting (AOGS2015), 2015年8月, シンガポール, シンガポール
 17. Kuroda, Y., Influence of atmospheric waves on the formation and maintenance of the subtropical jet, EGU General Assembly, Vienna, Austria, 2016年4月, オーストリア,

ウイーン

18. Maeda S., M. Harada, S. Wakamatsu, Future Changes in Winter Stationary Waves in East Asia and the North Pacific Induced by Robust Changes in the Tropical Circulation, the CLIVAR Open Science Conference, 2016年9月, 中国, 青島
19. Matsukawa, C., Y. Takaya, and S. Maeda, The seasonal predictability induced by the transient eddies, AMS 95th Annual Meeting, 2015年1月, アメリカ, フェニックス
20. Nakaegawa, T., K. Yamamoto, and Y. Fukuda, Temporal characteristics of various land mass changes and their comparisons to land water storage changes with a land-surface hydrological model, Prague Congress Centre, 26th General Assembly of the International Union of Geodesy and Geophysics (IUGG2015), 2015年6月, チェコ, プラハ
21. Toyoda, T., Y. Fujii, T. Kuragano, J. P. Matthews, Y. Abe, N. Ebuchi, N. Usui, K. Ogawa, and M. Kamachi, Improvements to a global ocean data assimilation system through the incorporation of Aquarius surface salinity data, Ocean Salinity Workshop, 2014年11月, イギリス, エクセター
22. Toyoda, T., Y. Fujii, T. Kuragano, N. Kosugi, D. Sasano, M. Kamachi, et al., Interannual-decadal variability of wintertime mixed layer depths in the North Pacific detected by an ensemble of ocean syntheses, Ocean Sciences Meeting 2016, 2016年2月, アメリカ, ニューオリンズ
23. Toyoda, T., N. Sugiura, Y. Sasaki, H. Igarashi, Y. Ishikawa, T. Hatayama, T. Kawano, Y. Kawai, S. Kouketsu, K. Katsumata, H. Uchida, T. Doi, M. Fukasawa, and T. Awaji, An improved simulation of the deep Pacific Ocean using optimally estimated vertical diffusivity based on the Green's function method, JpGU meeting 2016, 2016年5月, 千葉県
24. Yamanaka, G., H. Tsujino, H. Nakano, S. Urakawa, and K. Sakamoto, Interannual simulation of tropical oceans during 1958-2014 using a high resolution OGCM, EGU General Assembly 2016, 2016年4月, オーストリア, ウイーン
25. Yamanaka, G., H. Tsujino, H. Nakano, S. Urakawa, and K. Sakamoto, Influence of horizontal resolution on mean state of tropical Indo-Pacific Oceans, Workshop on "High-resolution ocean modelling for coupled seamless predictions", 2016年4月, イギリス, エクセター
26. Yasuda, T., Decadal variability of prediction skill of ENSO, 2014 AGU Fall Meeting, 2014年12月, アメリカ, サンフランシスコ
27. Yoshida, K., M. Deushi, and C. Kobayashi, CCM1 simulation by MRI-ESM1r1 and comparison among JRA-55 family products focusing on QBO, QBO Modelling and Reanalyses Workshop, 2015年3月, カナダ, ビクトリア
28. Yoshida, K., R. Mizuta, and O. Arakawa, Intermodel upwelling difference in the tropical tropopause layer among CMIP5 models, Asian Conference on Meteorology 2015, 2015年10月, 京都府京都市
29. Yoshida, K. and Naoe H., Dynamical aspects of Quasi-Biennial Oscillation in the Meteorological Research Institute Earth System Model, SPARC QBO Workshop "The QBO and its Global Influence - Past, Present and Future", 2016年9月, イギリス, オックスフォード

・国内の会議・学会等：14件

1. 遠藤洋和, 吉田康平, 鬼頭昭雄, 荒川理, 高解像度 MRI-AGCM によるモンスーン降水の再現性. 日本気象学会 2014 年度秋季大会, 2014 年 10 月, 福岡県福岡市
2. 釜堀弘隆, 衛星から見た台風の降水量, 第 14 回環境研究シンポジウム, 2016 年 11 月, 東京都千代田区
3. 釜堀弘隆, 藤部文昭, 松本淳, 明治・大正期の関東地方の区内降水量観測データレスキュー, 日本地理学会, 2017 年春季学術大会, 2017 年 3 月, 茨城県つくば市
4. 小林ちあき, 岩崎俊樹, JRA-55 で表現された平均子午面循環の特徴(3), 日本気象学会 2014 年度春季大会, 2014 年 5 月, 神奈川県横浜市
5. 小林ちあき, 前田修平, JRA-55 でみられた成層圏平均子午面循環と基本場のトレンド, 日

- 本気象学会 2015 年度秋季大会, 2015 年 10 月, 京都府京都市
6. 小林ちあき, JRA-55 で表現された下部成層圏子午面循環の変動, 日本地球惑星科学連合 2016 年大会, 2016 年 5 月, 千葉県千葉市
 7. 小林ちあき, 前田修平, 対流圏子午面循環における ENSO の影響, 日本気象学会 2016 年度秋季大会, 2016 年 10 月, 愛知県名古屋市
 8. 仲江川敏之, 堀内信一郎, 全球湖沼関連データ表示のための Web アプリケーション開発 (II), 水文・水資源学会 2015 年度総会・研究発表会, 2015 年 9 月, 東京都町田市
 9. 仲江川敏之, A. N. Charles, K. Kuleshov, 南半球夏季における南太平洋収束帯の JMA と BOM の季節予測精度, 日本気象学会 2015 年度秋季大会, 2015 年 10 月, 京都府京都市
 10. 村崎万代, 釜堀弘隆, 行本誠史, 小林ちあき, JRA-55CHS を境界条件に用いた NHM による大気応答その 2 梅雨期東シナ海での黒潮上での対流活動, 日本気象学会 2016 年度春季学会, 2016 年 5 月, 東京都渋谷区
 11. 村崎万代, 釜堀弘隆, 行本誠史, 小林ちあき, JRA-55CHS を境界条件に用いた NHM による大気応答 その 3 梅雨期の日本域における対流活動の変化, 日本気象学会 2016 年度秋季大会, 2016 年 10 月, 愛知県名古屋市
 12. 安田珠幾, 熱帯太平洋の十年規模変動が ENSO 予測に及ぼす影響, 日本気象学会 2014 年度秋季大会, 2014 年 10 月, 福岡県福岡市
 13. 吉田康平, 水田亮, 杉正人, 村上裕之, 60km 全球モデルによる多数アンサンブル気候実験の熱帯低気圧, 日本気象学会 2015 年度秋季大会, 2015 年 10 月, 京都府京都市
 14. 吉田康平, 直江寛明, MRI-ESM2 による QBO の力学的特性と気候変動応答, 日本気象学会 2016 年度秋季大会, 2016 年 10 月, 名古屋市

報道・記事

- ・H27. 5. 1 日本経済新聞「梅雨の降水量、温暖化の影」
- ・H27. 5. 13 日本農業新聞「北日本で暑さ鈍る 日本海側は降水量増加」
- ・H27. 7. 10 日本経済新聞朝刊「ニュースな科学」-エルニーニョ強まる傾向-
- ・H27. 8. 3 日本経済新聞 経済教室「気候変動と経済」-①異常気象の原因は 温暖化の影響分析-
- ・H27. 11. 11 山陽放送「水害列島～岡山・香川の備えは万全か?～」
- ・H27. 12. 15 産経新聞朝刊「パリ協定採択 気象庁気象研究所、異常気象把握へ新データベース開発」

C3 地球環境の監視・診断・予測技術高度化に関する研究

研究年次：3年目／5年計画（平成26年度～平成30年度）

研究代表者：眞木貴史（環境・応用気象研究部 第一研究室長）

課題構成及び研究担当者：

副課題名1 エーロゾルの監視

五十嵐康人、関山 剛¹⁾、梶野瑞王、足立光司（環境・応用気象研究部）、財前祐二²⁾（予報研究部）、内山明博³⁾、山崎明宏、上澤大作³⁾、石田春磨⁴⁾、工藤 玲（気候研究部）永井智広、酒井 哲、泉 敏治、（気象衛星・観測システム研究部）佐藤陽祐、内野 修、内山明博⁵⁾（客員）

副課題名2 オゾン及び関連物質の監視

永井智広、酒井 哲、泉 敏治（気象衛星・観測システム研究部）、内野 修（客員）

副課題名3 大気・海洋の炭素循環に関する観測と診断解析

松枝秀和、石井雅男、笹野大輔、小杉如央、遠山勝也⁴⁾、澤 庸介、坪井一寛、丹羽洋介（海洋・地球化学研究部）、増田真次¹⁾、小嶋 惇、高谷祐介⁶⁾、飯田洋介、小野 恒¹⁾、高橋正臣³⁾、高辻慎也³⁾、福山幸生³⁾、川崎照夫⁴⁾、奥田智紀⁷⁾、出原幸志郎⁷⁾、細川周一¹⁾（気象庁地球環境・海洋部）、千葉 長³⁾、緑川 貴^{6) 8)}（客員）

副課題名4 化学輸送モデル・同化解析技術の開発・高度化

眞木貴史、直江寛明、関山 剛、田中泰宙、大島 長、弓本桂也、梶野瑞王（環境・応用気象研究部）、丹羽洋介（海洋・地球化学研究部）、出牛 真²⁾、中村 貴、池上雅明、鎌田 茜、小木昭典、辻健太郎、（気象庁地球環境・海洋部）、上澤大作⁴⁾（気象衛星センター）、千葉 長³⁾、柴田清孝、板橋秀一¹⁾（客員）

研究の目的

東アジア、西部北太平洋におけるエーロゾル、オゾン、温室効果ガス等の観測を通じ当該物質の実態把握と変動メカニズムを解明すると共に、化学輸送モデルとデータ同化・解析技術を用いて地球環境の監視・診断・予測技術を高度化させ、サイエンスコミュニティや気象業務等に貢献する。

研究の目標

（課題全体の目標）

各種新規観測装置を導入することによって地球環境監視能力を向上させる。既存の観測も含めた観測データベースを構築する。観測データベースを用いて化学輸送モデルの検証・改良を行い、データ同化手法を開発して順次本庁における業務化を目指す。

（副課題ごとの目標）

副課題1の目標

- ① エーロゾル粒径、組成、混合状態、光学特性、鉛直分布のデータ蓄積とデータ公開
- ② エーロゾル素過程、物理・化学過程を考慮した詳細モデルの開発
- ③ 視程情報高度化に向けたもや・煙霧・黄砂現象を区別する観測手法の開発

副課題2目標

- ① 対流圏オゾンライダーによる観測の継続によるデータ蓄積とデータ公開
- ② 対流圏NO₂ライダーの開発
- ③ ライダー観測データを用いた化学輸送モデルの改良への貢献

¹⁾ 平成28年度から、²⁾ 平成26-27年度は環境・応用気象研究部所属、³⁾ 平成26年度のみ、⁴⁾ 平成27年度から、⁵⁾ 平成26年度、平成28年度（平成26年度は気候研究部所属）、⁶⁾ 平成27年度まで、⁷⁾ 平成27年度のみ、⁸⁾ 平成26年度は海洋・地球化学研究部所属、⁹⁾ 平成26-27年度は気象庁地球環境・海洋部所属

副課題3の目標

- ①二酸化炭素同位体連続観測の実施と温室効果ガス観測データベースの構築
- ②上記データベースを用いた温室効果ガス発生源の観測的評価とモデル診断解析
- ③水中グライダーによる高頻度の海洋内観測の実現や分光光度法による pH 測定法の高効率化など、海洋物質循環観測の高度化による大気・海洋炭素循環過程や海洋酸性化実態の理解の促進

副課題4の目標

- ①全球化学輸送モデル（エアロゾル、オゾン）高度化及び大気化学統合モデルの開発
- ②オンライン領域化学輸送モデル開発とオフライン領域化学輸送モデルの高度化
- ③全球化学データ同化の高度化（現業化）及び領域化学データ同化手法の開発
- ④化学輸送モデルとデータ同化技術を用いた応用研究（大気組成再解析、視程、放出量逆推定等）の実施

研究の現状**（1）進捗状況**

副課題1、2、3においてエアロゾル、オゾン、炭素循環の監視を継続しつつ、新規観測装置（NO₂ライダー、二酸化炭素同位体自動測定システム、水中グライダー等）の導入に向けた諸準備を実施した。副課題1、3、4において化学輸送モデルおよびデータ同化システムの開発・改良を行った。各副課題の詳細は以下の通りである。

副課題1**①エアロゾル粒子の直接観測**

- ア) これまでに、東アジア起源のPM_{2.5}、黄砂等を対象に、西日本、首都圏、また山岳等（福岡、福江、辺戸（沖縄）、和歌山、東京、川崎、千葉、東シナ海・木曾駒ヶ岳、榛名山など）での観測、サンプル分析を行なった。また、サンプルを採取し、電子顕微鏡等を用いた分析を行った。
- イ) つくばで、偏光OPC、サルフェートモニター、視程計（測器センター）による連続測定を開始、電頭分析との比較を進めている。
- ウ) 観測データや電頭分析データは、解析を進めるとともに、データベースとして公開準備を進めている。
- エ) 電子顕微鏡による分析においては、加熱ホルダーを用いた揮発特性の分析、傾斜ホルダーを用いた立体形状の分析およびモンテカルロ法による元素組成分析の精度向上など、新たな分析技術の開発を進めている。
- オ) 本課題で得られた情報や文献データを用いて3モーメントビン法を用いたエアロゾル素過程モデルを開発した。
- カ) 3次元モデルNHM-Chemに実装するための、コーディング及び動作テストを行なった。

②光学特性観測

- ア) 放射・光学特性観測点において連続観測が順調に行われ、連続観測データの解析を進めている。
- イ) 観測から解析されたエアロゾルの微物理・光学特性の結果のデータベースの作成を開始した。

③鉛直分布観測（ライダー）

- ア) エアロゾルの鉛直分布の観測について、2波長偏光ライダーを用いて、対流圏・成層圏エアロゾルの連続観測を行い、エアロゾルの分布状態を監視した。定期的にデータ解析を行い、データ質の評価を行った。
- イ) つくばにおける成層圏エアロゾルの長期観測データについて、再解析となる期間も含め、1982年から2015年のデータの解析を行った。また、佐賀のライダーデータを用い、数値予報モデルの検証のための事例解析を行った。
- ウ) エアロゾル鉛直分布のライダー観測データから、混合層高度を算出する手法の開発を行った。

④視程情報の高度化

- ア) つくばにおいて、偏光式光学粒子計数装置（偏光OPC）、硫酸塩測定装置（サルフェートモニタ）等を用いて、エアロゾル粒子の化学組成の連続測定を継続実施した。また、日毎に化学分析用フィルターサンプルと電子顕微鏡分析用サンプルを採取した。非降水時の視程低下には、吸湿性エアロゾルの膨潤が強く影響していることが示唆されているが、CCN個数濃度と詳細サイズ分布から吸湿性指数 κ （カップパー）を求め、エアロゾルの膨潤の影響を定量評価することを試みている。

副課題 2

①オゾンライダー観測

ア) 対流圏オゾンについて、ライダーを用いた観測を行い、データを蓄積した。また、佐賀の対流圏オゾンライダーのデータを用い、数値予報モデルの検証のための事例解析を行った。

②NO₂ライダー観測

ア) 二酸化窒素については、送信系で発生したガスリークへの対応の後、波長変換に使用しているラマンセルに充填するガス圧と変換された波長の出力などを測定して送信系の最適化を行い、また、これと並行して試験観測を行った。試験観測中、予期できなかったラマンセルのウインドウの損傷が発生し、その対策を講じている。

副課題 3

①大気の炭素循環

ア) 新規に導入した二酸化炭素安定同位体連続測定装置の性能試験に関する基礎データが収集され、実大気観測に向けた実証実験のための装置改良へと進んでいる。

イ) 今後の現業化を見据えた新たな観測技術として、高精度酸素連続測定システムを導入して改良を施し、実用化の目処が立った。

ウ) 気象庁との標準ガス比較については論文として発表された。

エ) 綾里・与那国島・南鳥島・父島の大气観測所におけるラドン濃度と水素等の微量気体の観測は順調に進展しており、高精度の長期観測データベースの構築を順次進めている。

オ) 観測データベースを用いて、数日スケールの短周期変動に着目したラドン・トレーサー法によるアジア大陸の発生源の観測的評価手法の予備解析を進めると同時に、4次元変分法を導入したモデル診断解析評価手法の高度化も予定通り進捗している。

②海洋の炭素循環

ア) 新規に導入した水中ライダーの投入・回収や運転の基本操作に習熟し、沿岸域で試験を繰り返した後、平成28年5月～6月に50日間に及ぶ外洋観測に成功した。さらに長期に及ぶ観測を実現するため、海中での一時停止などの応用操作の試験にも着手しており、運用試験は着実に進捗している。

イ) 海洋表層のCO₂系観測の高度化・効率化の一環として、全アルカリ度の航走観測を亜熱帯・亜寒帯移行領域で実施したほか、全アルカリ度変動の解析を通じて日本海への河川水（中国・長江）の影響を解明するなど、表層水塊のトレーサーとしての全アルカリ度測定の活用を促進しており、成果の一部を論文として発表した。合わせて新規に導入したキャビティリングダウン分光装置（CRDS）を海洋表層CO₂分圧の観測に導入し、実用化の目途を立てた。

ウ) 亜熱帯域や亜寒帯への移行領域のモード水や、海洋有光層下のトワイライトゾーンにおける物質循環に関しても、海洋の観測データや大循環・物質循環モデルの解析により、CO₂系と溶存酸素の長期変化や、それらの大気CO₂増加や温暖化との関係などについて、先端的な成果が出つつある。

副課題 4

①全球化学輸送モデル

ア) 東アジア域で実施された航空機観測（A-FORCE2009, A-FORCE2013W, A-FORCE2013S）のマージデータを作成し、モデル検証を実施できるようにした。

イ) ブラックカーボンの変質過程のパラメタリゼーションの開発・改良を実施した。また、航空機観測とモデル計算結果との比較を通じて、ブラックカーボンの高度分布の不確定性要因について新たな知見を得た。

ウ) 大気化学統合モデルの基盤となるフレームワークの作成を継続して行った。特に、統合モデルにおけるエーロゾル放射特性のスキームの開発を行った。

エ) モデル相互比較実験（CCMI）で、MRI-CCM2とMASINGAR mk-2の結合モデルで計算されたデータを用いて、オゾンホールが南半球の対流圏気候及び微量気体とエーロゾルに与える影響について解析を行い、対流圏ジェットの強化に伴い硫黄系微量気体の生成が増加していることがわかった。

オ) IGAC/SPARCによるモデル相互比較プロジェクト「化学気候モデルイニシアティブ（CCMI）」に、MRI-CCM2とMASINGARmk2の結合モデルを用いた過去再現・将来予測実験結果を提出した。

カ) 全球化学気候モデル (MRI-CCM2) により詳細な化学反応過程を導入することで、特に中間圏オゾンのバイアスを軽減し、より精度の高い放射加熱率が推定できるように改良を行った。

②領域化学輸送モデル

ア) 領域気象化学モデル NHM-Chem の開発を継続して行って来た。MRI-CCM2 と MASINGAR mk-2 の全球ガス・エアロゾル濃度の3時間値を側面境界、上部境界に取り込む1-way nestingを構築し、NHM-Chemによる2010年の通年再現実験を行った。その結果をEANETのモニタリングデータと比較検証し、日中韓越境大気汚染プロジェクト (LTP) の National Report にまとめて提出した。また、領域化学輸送モデル相互比較プロジェクト MICS-Asia に計算結果を提出した。

イ) オンライン版領域化学輸送モデル (NHM-Chem) と都市キャノピーモデルを結合して、大都市圏におけるオキシダント予測の向上を図った。

ウ) NHM-Chem の計算精度に対する水平解像度依存性を詳細に調べ、必要な計算資源とモデル計算精度とのバスター関係について定量的な情報を得た。これは今後のNHM-Chem開発や現業化において重要な知見となる。

③データ同化解析

ア) ひまわり8号のエアロゾル観測値 (光学的厚さ) から既存のデータ同化システム (MASINGARmk2 + アンサンブルカルマンフィルタ) を使って黄砂イベントを対象に同化実験を検証し、データ同化によるインパクトの検証を行った。また、ひまわり8号による同化予測実験を行い、MODISデータ同化予測実験と比較して黄砂予測精度が向上することを確認した。

イ) NHM-Chem-LETKF システムの予備実験として NHM-LETKF システム (天気予報用データ同化システム) を利用したデータ同化実験を行った。

ウ) アンサンブルカルマンフィルタを用いた全球オゾン化学輸送モデルのデータ同化システムの改良を行い、数年間の成層圏オゾン解析場のプロトタイプの作成を行った。また、多種の成層圏オゾン関連化学種を同時にデータ同化することで、オゾン解析場の精度向上を図った。

エ) 二酸化炭素データ同化に関しては、昨年度に開発を行った衛星観測データのバイアス評価・補正システムを GOSAT TIR L2 Ver. 1.0 データに適用したところ、二酸化炭素濃度の増加率が独立解析値や地上観測値と比較して低いことが分かった。

オ) 次期 JRA-3Q 再解析のオゾン境界条件を作成するために、オゾン全量に関し利用可能な Level 2 衛星観測データを全て収集し、データ同化に必要な情報、オゾン観測値、オゾンの誤差、位置、雲、地表面情報などをデコードして、基本データセットの作成を行った。

(2) これまで得られた成果の概要

副課題 1

①エアロゾル粒子の直接観測

ア) 首都圏や東アジア域からのエアロゾル中に光吸収性の酸化鉄エアロゾルが多数存在することを明らかにし、その放射強制力が同じ光吸収性ブラックカーボンに比べ無視できない影響であることが明らかになった。

イ) バイオマス燃焼から生じる有機エアロゾルの生成過程及びその熱特性を明らかにした。その結果、それら粒子の放射強制力が、従来の見積もりより大きく、地球気候に大きな影響がある可能性を示唆した。

ウ) 森林域から生じる有機エアロゾルの一部が固体粒子であることを明らかにした。この結果は、エアロゾルの表面化学反応やその存在量の見積もりに影響を与える。

エ) つくばでの連続観測データから新粒子生成現象について解析した。夏季の新粒子生成は関東上空で発生し、冬季には、日本海沿岸域で発生していることが示唆された。

オ) 最近、誘導結合プラズマ質量分析 (ICP-MS) にガス交換器を付加することで、大気エアロゾルをプラズマへ直接導入して、その無機成分を高時間分解能で現場分析可能となった。この新技術を野外観測に使い、別途エサロメーターで得た BC (すす) 観測結果と併せて PMF (Positive Matrix Factorization) 解析と呼ぶ統計解析手法に供し、その時間変動から複数の BC 発生源の分離・同定を試みた。

カ) 透過型電子顕微鏡の自動分析機能によるエアロゾル分析結果のデータベースを開発し、現在逐次データを蓄積している。このデータベースは、粒子画像、粒子の形態 (サイズ、アスペクト比、投射面積など)、元素組成データ、また、試料採取条件などを一括して管理・統計処理するシステムである。このデータベースは、将来的なデータのアーカイブや、画像、形態、サイズ、元素組

成など多岐にわたるデータを一元管理して統計処理・考察をするのに有用である。

キ) オイラー型モデルである NHM-Chem の計算結果を境界条件としてラグランジュモデルを走らせる、オイラー・ラグランジュハイブリッド法を構築し、大気中での二次生成反応を考慮しながら点源からの放出、拡散、沈着実験を行える仕組みを確立した。それを用いて一度陸面に沈着した物質の再浮遊の数値実験を行った。具体的には、土壌粒子に付着した物質が、風によって巻き上げられる過程、また森林生態系に取り込まれた物質が、詳細は明らかにされていないが生物活動を通して何らかの形で大気中に放出される過程をモデル化し、観測と比較を実施した。

ク) NHM-Chem に環境省モニタリングネットワーク（そらまめ君）をデータ同化（ナッジング）して予報するシステムを開発し、データ同化の有用性を確認した。同システムを気象庁に納入し、スモッグ関連情報の基礎資料として今年度から利用が開始されている。

ケ) つくばにおいて、偏光式光学粒子計数装置（偏光 OPC）、硫酸塩測定装置（サルフェートモニタ）等を用いて、エアロゾル粒子の化学組成の連続測定を継続実施した。また、日毎に化学分析用フィルターサンプルと電子顕微鏡分析用サンプルを採取した。非降水時の視程低下には、吸湿性エアロゾルの膨潤が強く影響していることが示唆された。CCN 個数濃度と詳細サイズ分布から求めた吸湿性指数 κ （カップパー）は、硫酸塩とすすや有機物の混合に依存していることが示唆された。

②光学特性観測

ア) 放射・光学特性観測点（つくば、福岡、宮古島、南鳥島）において連続観測は順調に行われ、データが蓄積されデータの解析が進んでいる。

イ) 観測から解析されたエアロゾルの微物理・光学特性の結果のデータベースの作成を進めている。

ウ) 福岡の多波長散乱係数、吸収係数のデータからオングストローム指数と SSA や屈折率の調査を行い、その結果を Atmospheric Environment に投稿中である。

エ) 輸送モデルの検証を促進するために、AERONET 観測網による光学特性のデータを、モデルの結果と重ねて図化するためのソフトウェアを作成した。

オ) 副課題 4 のデータ同化解析で利用されるひまわり 8/9 号のデータ利用の際に前処理に必要な雲判定アルゴリズムを作成した。今後データ同化において使用される予定である。

③鉛直分布観測（ライダー）

エアロゾルの鉛直分布の観測について、2 波長偏光ライダーの光学的な調整や定期的な部品交換などライダーの維持管理を行いつつ、対流圏・成層圏エアロゾルの連続観測を行い、エアロゾルの分布状態を監視した。定期的にデータ解析を行い、データ質の評価を行った。つくばとニュージーランド・ローダーにおける成層圏エアロゾルの長期観測データについて、再解析となる期間も含め、つくばは 1982 から 2015 年、ローダーは 1992 から 2015 年のデータの解析を行い論文にまとめた。また、佐賀のライダーデータを用い、数値予報モデルの検証のための事例解析を行った。さらに、ライダーデータから境界層高度を算出する手法を開発して論文にまとめ、投稿した。

副課題 2

①オゾンライダー観測

対流圏オゾンについて、引き続きライダーを用いた観測を行い、データを蓄積した。また、佐賀の対流圏オゾンライダーのデータを用い、数値予報モデルの検証のための事例解析を行った。

②NO₂ライダー観測

二酸化窒素については、送信系で発生したガスリークへの対応を行った後、波長変換に使用しているラマンセルに充填するガス圧と変換された波長の出力などを測定して送信系の最適化を行い、また、これと並行して試験観測を行ったが、比較的短時間の観測でメタンをラマン活性気体として使用しているラマンセルのウインドウが汚損され、損傷となるため、十分な観測ができていない。現在、ウインドウを損傷せずに波長変換する方法を開発している。

副課題 3

①大気炭素循環

ア) 綾里・与那国島・南鳥島・父島の大气観測所におけるラドン濃度と水素等の微量気体の観測を計画通り継続し、品質評価を通じた高精度の観測データベースを構築した。

イ) 二酸化炭素安定同位体連続測定装置の性能試験を実施するための自動測定システムを構築し、応答の直線性と繰り返し測定精度を把握できた。また、高精度酸素連続測定システムを導入して改良を進め、微小な大気変動を連続観測することが可能になった。

- ウ) 気象庁と標準ガス比較実験を進め、その安定性に大きな問題が生じていないことを確認した。また、これまでのメタンの比較実験結果を解析し、気象庁の標準ガスが長期的な安定性を保っていることを実証し、論文発表した。
- エ) 次世代の観測技術の確立のために、航空機観測や大気観測所で採取した実大気試料を用いた酸素やハロカーボン類の検証分析を実施し、季節変動や長期的変化が明らかになってきた。
- オ) 作成されたラドンのデータベースを用いて時系列解析を実施し、バックグラウンド的な季節変動及び長期的な増減傾向に関する地域的な特性を把握することができた。
- カ) 数日スケールの短周期変動に含まれるラドンと他の微量気体との比を用いて、アジア大陸の発生源の長期的な変化を検出できるラドン・トレーサー法の予備解析を実施した。
- キ) 4次元変分法(4D-Var法)によるデータ同化システムを導入した逆解析手法を高度化し、森林火災などの局所的な発生源に関して、従来のSynthesis Inversion(SI法)と比較してフラックス解析値の精度を大きく向上できることが分かった。
- ク) 本逆解析手法について双子実験を実施した結果、地球規模の二酸化炭素の発生源を高精度かつ高解像度で解析できることが検証できた。
- ケ) データ同化システムの解析誤差を評価する新たな手法を確立した。

②海洋の炭素循環

ア) 水中グライダー運用試験

- a. 小笠原諸島近海の黒潮再循環域にて、水中グライダーによる50日間(平成28年5月上旬～6月下旬)の高解像度海洋観測に成功した。投入・回収作業は気象庁凌風丸と啓風丸でそれぞれ行い、作業手順を確認することができた。また、浮上・潜航性能、通信性能、電力消費などを評価できた。
- b. これにより、海洋の内部波や伊豆・小笠原海嶺東西の中層水の塩分変化といった海洋物理的な変化や、夏季の亜表層における酸素極大層の成長や亜熱帯モード水内の酸素濃度の変化といった生物地球化学的な変化を高い解像度で観測できた。

イ) 観測手法高度化

- a. 白鳳丸KH16-03次航海に参加して、海洋表層の全アルカリ度の航走観測に初めて成功し、海洋表層から亜表層へのCO₂輸送に重要な亜熱帯・亜寒帯移行領域における全アルカリ度分布の特徴や、全アルカリ度推定のための経験式の妥当性を評価できた。
- b. 赤外線ガス分析器に代えて新たにキャピティリングダウン分光器を検出器として導入し、CO₂分圧とCH₄分圧の航走同時観測を成功させることができた。
- c. 気象庁現業海洋観測によって取得された全アルカリ度やCO₂分圧のデータに基づいて、日本海の海洋CO₂系の分布や年々変動を解析し、中国・長江の影響を強く受けた高アルカリ度の表層水が秋に本州沿岸の日本海に流入することで、その時期の季節的な酸性度の上昇を抑制している実態や、長江域の降雨量との関係を明らかにできた。

ウ) 亜熱帯域トワイライトゾーン

- a. 東経165度の亜寒帯・亜熱帯移行領域から亜熱帯域にかけて、さまざまな等密度面上で溶存酸素濃度の10年スケール変動の状況を解析し、親潮域の変動と比較することで、変動の時間差や10年変動の振幅の減衰の状況を解明できた。これらの結果から、北太平洋の東部で観測されている亜表層から中層にかけての溶存酸素の10年変動は、西部で発現した変動が直接的に東部へ伝播したものではないことを示唆できた。

エ) モード水形成域

- a. 北太平洋の風速場の変動に応じた黒潮続流の流路の安定・不安定が、亜熱帯域モード水の形成量と移流量を変化させ、それによってさらに本州南方の東経137度や、沖縄近海の亜表層における全炭酸濃度・溶存酸素濃度・栄養塩濃度に顕著な変動を引き起こしていることが分かった。
- b. 黒潮続流域の冬季表層水中の全炭酸濃度は、大気中のCO₂濃度の増加速度から予想される速度に近い速度で着実に増加していることが分かった。その傾向は、東経137度の亜熱帯モード水中の濃度から推定した傾向と極めてよく一致しており、亜熱帯モード水の形成と移流が、人為起源CO₂の海洋内部への輸送に貢献していることを実証できた。
- c. 海洋大循環・物質循環モデルの解析により、熱帯や亜熱帯の表層に吸収された人為起源CO₂が、黒潮などによってモード水形成域に輸送され、冷却による沈降によって海洋内部に輸送されるメカニズムが、海洋内部へのCO₂輸送・蓄積に重要な役割を果たしていることが分かった。

副課題 4

- ① 気候研究部等との連携により、気象研究所地球システムモデル (MRI-ESM) のエアロゾル (MASINGAR mk-2) と大気化学 (MRI-CCM2) の改良を行い、併せて気候とのフィードバック過程に関する諸調整を実施し、CMIP6 用 MRI-ESM の構築を実施した。
- ② MASINGAR mk-2 に関しては、放出過程の見直しや高解像度化を行い、本庁黄砂業務版 (TL479) を納入できた (平成 29 年 2 月業務化予定)。
- ③ MASINGAR mk-2 及び MRI-CCM2 によって計算されたエアロゾル、オゾン気候値を本庁数値予報課の全球モデルに導入する予定である (平成 29 年業務化予定)。
- ④ オフライン版 NHM-Chem の高解像度化を進めると共に、地上観測データのナッジング手法を開発して本庁にて試験中である。
- ⑤ 統合モデルプロトタイプに向けたエアロゾルモジュールを開発中である。
- ⑥ ひまわり 8 号エアロゾルデータのデータ同化システムを開発した。高速実行可能な 2D-Var 版は気象研究所で毎日実施できる体制を整えると共に検証ツールを開発中である (平成 30 年以降業務化予定)。
- ⑦ 大気組成再解析に関する研究を進めた。エアロゾルに関しては 2D-Var を用いて 2011~2015 年のプロトタイプを作成した。オゾンに関しては本庁と連携してプロジェクトチームを立ち上げ、衛星観測データの整備を実施した (JRA-3Q にオゾン解析値を提供予定)。
- ⑧ NHM-LETKF システム (天気予報用データ同化システム) を利用したデータ同化実験により、風速場の小さな誤差が原因で濃度場の大きな誤差が発生することを見いだした。
- ⑨ オゾン、二酸化炭素に関するデータ同化手法の改良を行った。
- ⑩ 排出量逆推計システムを開発し、NO_x のエミッションインベントリの延伸 (2009~2014) を行った。

(3) 当初計画からの変更点 (研究手法の変更点等)**副課題 1**

なし

副課題 2

現状では研究手法自体への変更はないが、予期していなかったラマンセルウインドウの損傷が起こることが判明したため、その対策を行った後、観測を行う予定としている。

副課題 3**① 大気炭素循環**

特に変更点はない。

② 海洋炭素循環

気象庁観測船で水中グライダーを投入・回収する用途が立ちつつあるので、小笠原・父島での試験は保留し、当面は、気象庁観測船による作業に時間と資源を集中させることとした。

副課題 4

ひまわり 8 号のデータ同化に関しては、現業化する際の計算コストを考慮して高速な 2D-Var データ同化システムを先行開発し、気象研で毎日データ同化サイクルを実行する環境を整えた。

NHM-Chem-LETKF のデータ同化対象化学種に火山噴煙 (火山灰および硫酸塩) を加えるため、予備調査を行っている。可能ならば、2016 年阿蘇山噴火を検証例としたい。

(4) 成果の他の研究への波及状況**副課題 1****① エアロゾル粒子の直接観測**

ア) 西日本におけるエアロゾル観測データは、環境総合推進費「PM2.5 の成分組成、酸化能、呼吸器疾患ハザードとそのモデル予測に関する研究」に利用されている。

イ) エアロゾルのモニタリングデータ、電顕分析データは、科研費基盤 B「冬季の関東平野を巨大チャンバーに模した、CCN 生成過程に関する研究」において利用されている。

ウ) 電子顕微鏡を用いたエアロゾル中の光吸収性エアロゾルや有機エアロゾルの分析結果は環境研

究総合推進費課題「地球温暖化に関わるブラックカーボン放射効果の総合的評価」及び科研費若手B「気候に影響を与える光吸収性有機エアロゾルの個別粒子解析に関する研究」において利用されている。

エ) NHM-Chemのオイラー・ラグランジュハイブリッド法によるモデル計算結果は、放射能調査研究「人工放射性核種のバックグラウンド大気監視と数値解析に関する研究」、および科研費新学術領域研究「福島原発事故により放出された放射性核種の環境動態に関する学際的研究」A01-2班「放射性物質の大気沈着・拡散過程および陸面相互作用の理解」においてモデル再現計算に利用されている。

②光学特性観測

ア) SKYNET にデータ提供を行っている。SKYNET で実施しているデータ解析には、気候研究部第三研究室で開発したプログラムが一部利用されている。

イ) ひまわり 8/9 号からエアロゾルプロダクト作成のための雲判定で、開発した雲判定アルゴリズムが採用される予定である。

③鉛直分布観測（ライダー）

ア) 国立環境研究所が GOSAT2 の検証のため、フィリピンに検証サイトを設置する計画があり、本課題の成果は、その検証サイトに設置する予定のエーロゾルライダー開発に反映されている。また、GOSAT の検証のため佐賀に設置したエーロゾルライダーにも活かされている。

副課題 2

①国立環境研究所が GOSAT2 の検証のため、佐賀にサイトを設置している。本課題の成果は、その検証サイトに設置する予定のオゾンライダー開発に反映されている。

副課題 3

①大気の炭素循環

ア) 気象庁の現業航空機観測における採取試料の有効活用を通して、他機関との共同観測が活発化し、相互のデータの信頼性を検証する研究へと発展した。

イ) 気象庁との標準比較実験の結果は、「地球温暖化観測連携拠点」の活動に大きく貢献した。

ウ) 気象庁の現業航空機観測における採取試料の有効活用の要請に貢献した。

エ) 気象庁の WMO/GAW の WCC 活動を支える標準スケールの維持・管理を科学的に検証した。

②海洋の炭素循環

ア) 気象庁の現業海洋観測における採取試料や観測データの有効活用や、白鳳丸や「みらい」の海洋観測への参加を通して、他機関との共同観測が活発化し、溶存酸素濃度の低下や海洋への CO₂ 蓄積・輸送と酸性化に関して、より広域を対象とした解析的研究やモデリング研究へと発展している。これらの結果は、生物地球化学アルゴ展開の必要性に関する科学的根拠をも提供している。

イ) 全球的な大気・海洋間の CO₂ フラックスの月変化・年々変化の評価を通じて、大気の炭素循環研究と海洋の炭素循環研究の連携も深まっている。

副課題 4

①全球化学輸送モデル

ア) 本課題で改良された全球化学輸送モデル (MASINGAR mk-2、MRI-CCM2) は環境研究総合推進費課題や地球一括課題等で活用されている。

イ) 放射過程および雲過程でのエーロゾルの取り扱いを改良することにより、気象研究所地球システムモデルの高度化が実現された (重点研究 C1 「気候モデルの高度化と気候・環境の長期変動に関する研究」)。

ウ) 大気化学統合モデルで開発を行っているエーロゾル・化学スキームを用いて、ブラックカーボンの放射特性に着目した全球エーロゾル化学気候モデルの開発を行っている (科学研究費補助金・若手研究 (A) 「全球エアロゾル化学気候モデルの開発と黒色炭素粒子の放射効果の高精度評価」)。

エ) 開発したエーロゾルの除去過程のスキームを導入した領域三次元化学輸送モデルを用いて、東アジア域で実施された地上観測および航空機観測結果の解釈に活用した (科学研究費補助金・基盤研究 (A) 「東アジアの人為起源エアロゾルの間接効果」)。

オ) 開発・改良したブラックカーボンの変質過程のパラメタリゼーションを全球エーロゾルモデル

に組み込み、ブラックカーボンの直接放射強制力を評価した（環境省環境研究総合推進費「地球温暖化に関わるブラックカーボン放射効果の総合的評価」）。

②領域化学輸送モデル

ア) 本課題において開発・改良を行ったオフライン版 NHM-Chem は平成 26 年度に気象庁の大気汚染気象業務において現業運用をされた。

イ) 本課題において可発を行った NHM-LETKF データ同化システムによって計算されたモデル解析値は科研費課題、推進費課題、他機関との共同研究（鳥取大、JAXA 等）に活用された。

③データ同化解析

ア) 本課題で開発された逆解析の技術は推進費課題（S-12、PM2.5 汚染混合型黄砂）に活用された。

イ) 本課題で開発されたデータ同化の技術は推進費課題（風送エアロゾル）に活用された。

研究成果及びその活用に関する意見（中間評価の総合所見）

本研究課題については、気象研究所評議員会評価分科会（気候・地球環境分野）において中間評価を実施した。中間評価の総合所見については、262 ページを参照。

成果発表一覧

（1）査読付き原著論文：72件

- Ohyama, H., S. Kawakami, O. Uchino, T. Sakai, I. Morino, T. Nagai, K. Shiomi, M. Sakashita, T. Akaho, H. Okumura, K. Arai, 2016: Seasonal variation of O3-CO correlation derived from remote sensing measurements over western Japan, *Atmospheric Environment*, **147**, 344-354, doi:10.1016/j.atmosenv.2016.10.027..
- Martin, S., Paulo Artaxo, Luiz Machado, Antonio Manzi, Rodrigo Souza, Courtney Schumacher, Jian Wang, Joel Brito, Kolby Jardine, Adan Medeiros, Suzane de Sa, Thiago Biscaro, Alan Calheiros, Bruno Portela, Kouji Adachi, Alison Aiken, Rachel Albrecht, Liz Alexander, Meinrat Andreae, Henrique Barbosa, Peter Buseck, Duli Chand, Jennifer Comstock, Douglas Day, Manvendra Dubey, Jiwen Fan, Jerome Fast, Gilberto Fisch, Edward Fortner, Scott Giangrande, Mary Gilles, Allen Goldstein, Alex Guenther, John Hubbe, Michael Jensen, Jose Jimenez, Frank Keutsch, Saewung Kim, Chongai Kuang, Alexander Laskin, Karena McKinney, Fan Mei, Mark Miller, Rosa Nascimento, Theotonio Pauliquevis, Mikhail Pekour, Jean Peres, Tuukka Petäjä, Christopher Pöhlker, Ulrich Pöschl, Luciana Rizzo, Beat Schmid, John Shilling, Maria Assuncao Silva Dias, James Smith, Jason Tomlinson, Julio Tóta, Manfred Wendisch, The Green Ocean Amazon Experiment (GoAmazon2014/5) Observes Pollution Affecting Gases, Aerosols, Clouds, and Rainfall over the Rain Forest, *Bulletin of the American Meteorological Society*.
- Sahu, L. K., V. Seel, M. Kajino, M. Deushi, S. S. Gunthe, P. R. Sinha, R. Yadav, D. Pal, P. Nedelec, V. Thouret, Herman G. Smit. Impact of tropical convection and ENSO variability in vertical distribution of CO and O3 over an urban site of India, *Climate Dynamics*, in press.
- Kajino, M., M. Ishizuka, Y. Igarashi, K. Kita, C. Yoshikawa, M. Inatsu. Long-term assessment of airborne radiocesium after the Fukushima nuclear accident: Re-suspension from bare soil and forest ecosystems, *Atmospheric Chemistry and Physics*, doi:10.5194/acp-2016-270, 2016, in press.
- Hirose, K., Y. Kikawada, Y. Igarashi, H. Fujiwara, D. Jugder, Y. Matsumoto, T. Oi, M. Nomura, Plutonium, ¹³⁷Cs and uranium isotopes in Mongolian surface soils, *Journal of Environmental Radioactivity*, 2016, Available online 30 January 2016 In Press, doi:10.1016/j.jenvrad.2016.01.007
- Satou, Y., K. Sueki, K. Sasa, K. Adachi, Y. Igarashi, First successful isolation of radioactive particles from soil near the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant, Anthropocene, accepted, Available online 10 May 2016, doi: 10.1016/j.ancene.2016.05.001
- Adachi, K., N. Moteki, Y. Kondo, and Y. Igarashi (2016), Mixing states of

- light-absorbing particles measured using a transmission electron microscope and a single-particle soot photometer in Tokyo, Japan, *J. Geophys. Res. Atmos.*, **121**, 9153-9164, doi:10.1002/2016JD025153.
8. Ueda, S., Nakayama, T., Taketani, F., Adachi, K., Matsuki, A., Iwamoto, Y., Sadanaga, Y., and Matsumi, Y.: Light absorption and morphological properties of soot-containing aerosols observed at an East Asian outflow site, Noto Peninsula, Japan, *Atmos. Chem. Phys.*, **16**, 2525-2541, doi:10.5194/acp-16-2525-2016, 2016.
 9. Yamaguchi, N., M. Mitome, A-H, Kotone, M. Asano, K. Adachi, and T. Kogure (2016) Internal structure of cesium-bearing radioactive microparticles released from Fukushima nuclear power plant. *Scientific Reports*. **6**, 20548.
 10. 猪股弥生, 梶野瑞王, 佐藤啓市, 早川和一, 植田洋匡, 2000-2013年の日本における大気中ベンゾ[a]ピレン濃度の経年変動, *大気環境学会誌*, **51(2)**, 111-123, 2016.
 11. Aikawa, M., Y. Morino, M. Kajino, T. Hiraki, H. Mukai, Candidates to provide a specific concentration difference for ambient sulfur and nitrogen compounds near the coastal and roadside sites of Japan, *Water, Air, & Soil Pollution*, **227(9)**, 1-12, 2016.
 12. 鎌田茜, 直江寛明, 池上雅明, 出牛真, 梶野瑞王, 眞木貴史, 高濃度の光化学オキシダントが大雨領域で観測された事例について, *大気環境学会誌*, **51(2)**, 144-152, 2016.
 13. Sekiyama, T. T., K. Yumimoto, T. Y. Tanaka, T. Nagao, M. Kikuchi, and H. Murakami, 2016: Data Assimilation of Himawari-8 Aerosol Observations: Asian Dust Forecast in June 2015, *SOLA*, **12**, 86-90.
 14. Dehara, K., H. Koide, Y. Esaki, A. Takizawa, S. Takatsuji, T. Okuda, Y. Mori, S. Hosokawa, H. Matsueda, Y. Sawa, K. Tsuboi, and Y. Niwa, 2016: Greenhouse gas observation network of Japan Meteorological Agency in the Western North Pacific. *GAW Report*, **229**, 99-103.
 15. Sakai, T., O. Uchino, T. Nagai, B. Liley, I. Morino, and T. Fujimoto, 2016: Long-term variation of stratospheric aerosols observed with lidars over Tsukuba, Japan, from 1982 and Lauder, New Zealand, from 1992 to 2015. *Journal of Geophysical Research Atmosphere*, **121**, 10283-10293.
 16. Inoue, M., I. Morino, O. Uchino, T. Nakatsuru, Y. Yoshida, T. Yokota, D. Wunch, P. O. Wennberg, C. M. Roehl, D. W. T. Griffith, T. Machida, Y. Sawa, K. Tsuboi, H. Matsueda, et al., 2016: Bias corrections of GOSAT SWIR XCO₂ and XCH₄ with TCCON data and their evaluation using aircraft measurement data. *Atmospheric Measurement Techniques*, **9**, 3491-3512.
 17. Lauvset, S. K., R. M. Key, A. Olsen, S. van Heuven, A. Velo, X. Lin, C. Schirnack, A. Kozyr, T. Tanhua, M. Hoppema, S. Jutterström, R. Steinfeldt, E. Jeansson, M. Ishii, F. F. Perez, and T. Suzuki, 2016: A new global interior ocean mapped climatology: the 1° × 1° GLODAP version 2. *Earth Science System Data Discussion*, **8(2)**, 325-340.
 18. Olsen, A., R. M. Key, S. van Heuven, S. K. Lauvset A. Velo X. Lin C. Schirnack, A. Kozyr T. Tanhua, M. Hoppema, S. Jutterström, R. Steinfeldt, E. Jeansson, Masao Ishii, F. F. Pérez, and T. Suzuki, 2016: The Global Ocean Data Analysis Project version 2 (GLODAPv2) - an internally consistent data product for the world ocean. *Earth System Science Data*, **8**, 297-323.
 19. Rei Kudo, Tomoaki Nishizawa, and Toshinori Aoyagi, 2016: Vertical profiles of aerosol optical properties and the solar heating rate estimated by combining sky radiometer and lidar measurements. *Atmospheric Measurement Techniques*, **9**, 3223-3243. (in press)
 20. Kunio Kaiho, Naga Oshima, Kouji Adachi, Yukimasa Adachi, Takuya Mizukami, Megumu Fujibayashi, Ryosuke Saito, 2016: Global climate change driven by soot at the K-Pg boundary as the cause of the mass extinction. *Scientific Reports*, **6**, 28427.
 21. Kondo, Y., N. Moteki, N. Oshima, S. Ohata, M. Koike, Y. Shibano, N. Takegawa, and K.

- Kita, 2016: Effects of wet deposition on the abundance and size distribution of black carbon in East Asia. *Journal of Geophysical Research Atmosphere*, **121**, 4691-4712.
22. Ishidoya S., H. Uchida, D. Sasano, N. Kosugi, S. Taguchi, M. Ishii, S. Morimoto, Y. Tohjima, S. Nishino, S. Murayama, S. Aoki, K. Ishijima, R. Fujita, D. Goto and T. Nakazawa, 2016: Ship-based observations of atmospheric potential oxygen and regional air sea O₂ flux in the northern North Pacific and the Arctic Ocean. *Tellus B*, **68**, 29972.
23. Sinha, P. R., L.K. Sahu, R.K. Manchanda, V. Sheel, M. Deushi, M. Kajino, M.G. Schultz, N. Nagendra, P. Kumar, D.B. Trivedi, S.K. Koli, S.K. Peshin, Y.V. Swamy, C.G. Tzanis, and S. Sreenivasan, 2016: Transport of tropospheric and stratospheric ozone over India: Balloon-borne observations and modeling analysis. *Atmospheric Environment*, **131**, 228-242.
24. Yasunaka S., A. Murata, E. Watanabe, M. Chierici, A. Fransson, S. van Heuven, M. Hoppema, M. Ishii, T. Johannessen, N. Kosugi, S. K. Lauvset, J. T. Mathis, S. Nishino, A. M. Omar, A. Olsen, D. Sasano, T. Takahashi, R. Wanninkhof, 2016: Mapping of the air-sea CO₂ flux in the Arctic Ocean and its adjacent seas: Basin-wide distribution and seasonal to interannual variability. *Polar Science*, **10**, 323-334. (in press)
25. Ballav, S., P. K. Patra, Y. Sawa, H. Matsueda, A. Adachi, S. Onogi, M. Takigawa, and U. K. De, 2016: Simulation of CO₂ concentrations at Tsukuba tall tower using WRF-CO₂ tracer transport model. *Journal of Earth System Science*, **125**, 47-64.
26. Thompson, R.L., P. K. Patra, F. Chevallier, S. Maksyutov, R. M. Law, T. Ziehn, I. T. van der Laan-Luijkx, W. Peters, A. Ganshin, R. Zhuravlev, T. Maki, et al., 2016: Top-down assessment of the Asian carbon budget since the mid 1990s. *Nature Communications*, 2/25.
27. Aoyama, M., M. Kajino, T. Y. Tanaka, T. T. Sekiyama, D. Tsumune, T. Tsubono, Y. Hamajima, Y. Inomata, and T. Gamo, 2016: ¹³⁴Cs and ¹³⁷Cs in the North Pacific Ocean derived from the March 2011 TEPCO Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant accident, Japan. Part two: estimation of ¹³⁴Cs and ¹³⁷Cs inventories in the North Pacific Ocean. *Journal of Oceanography*, **72**, 67-76.
28. 佐藤圭, 江波進一, 藤谷雄二, 古山昭子, 伏見暁洋, 猪俣敏, 桑田幹哲, 持田陸宏, 森野悠, 中山智喜, 大島長, 坂本陽介, 高見昭憲, 上田佳代, 吉野彩子, 白岩学, 2016: JSPS-DFG セミナー「大気エアロゾルの物理化学特性ならびにその大気質および健康への影響」参加報告. *エアロゾル研究*, **31 (1)**, 59-62.
29. 佐藤圭, 江波進一, 藤谷雄二, 古山昭子, 伏見暁洋, 猪俣敏, 桑田幹哲, 持田陸宏, 森野悠, 中山智喜, 大島長, 坂本陽介, 高見昭憲, 上田佳代, 吉野彩子, 白岩学, 2016: JSPS-DFG セミナー「大気エアロゾルの物理化学特性ならびにその大気質および健康への影響」の参加報告. *大気化学研究*, **34**, 41-43.
30. 坪井 一寛, 松枝 秀和, 澤 庸介, 丹羽 洋介, 高橋 正臣, 高辻 慎也, 川崎 照夫, 下坂 琢哉, 渡邊 卓朗, 加藤 健次, 2016: JMAにおけるメタン標準ガスのスケールと安定性及びMRI標準との比較. *気象研究所研究報告*, **66**, 15-24.
31. Ishizuka, M., M. Mikami, Taichu Y. Tanaka, Y. Igarashi, K. Kita, Y. Yamada, N. Yoshida, S. Toyoda, Y. Satou, T. Kinase, K. Ninomiya, A. Shinohara, Use of a size-resolved 1-D resuspension scheme to evaluate resuspended radioactive material associated with mineral dust particles from the ground surface, *J. Environ. Radioact.*, Available online 10 February 2016 In Press, doi:10.1016/j.jenvrad.2015.12.023
32. Iwagami, S., Tsujimura, M., Onda, Y., Nishino, M., Konuma, R., Abe, Y., Hada, M., Pun I., Sakaguchi, A., Kondo, H., Yamamoto, M., Miyata, Y., Igarashi, Y., Temporal changes in dissolved ¹³⁷Cs concentrations in groundwater and stream water in Fukushima after the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant accident, *J. Environ. Radioact.*, 2015 May 11, (in press), DOI: 10.1016/j.jenvrad.2015.03.025

33. Igarashi, Y., M. Kajino, Y. Zaizen, K. Adachi, M. Mikami, Atmospheric radioactivity over Tsukuba, Japan: a summary of three years of observations after the FDNPP accident, *Progress in Earth and Planetary Science* 2015, 2:44, doi:10.1186/s40645-015-0066-1
34. Sekiyama, T. T., M. Kunii, M. Kajino, T. Shimbori, Horizontal resolution dependence of atmospheric simulations of the Fukushima nuclear accident using 15-km, 3-km, and 500-m grid models, *J. Meteor. Soc. Japan*, **93**(1), 49-64, doi:10.2151/jmsj.2015-002, 2015.
35. Li, Y., J. An, M. Kajino, I. Gultepe, Y. Chen, T. Song, J. Xin, Impacts of additional HONO sources on O₃ and PM_{2.5} chemical coupling strategies in the Beijing-Tianjin-Hebei region of China, *Tellus B*, **67**, 23930, doi:10.3402/tellusb.v67.23930, 2015.
36. Li, Y., J. An, M. Kajino, J. Li, Y. Qu, Impacts of additional HONO sources on concentrations and deposition of NO_y in the Beijing-Tianjin-Hebei region of China, *SOLA 11*, 36-42, doi:10.2151/sola.2015-009, 2015.
37. Katata, G., M. Chino, T. Kobayashi, H. Terada, M. Ota, H. Nagai, M. Kajino, R. Draxler, M. C. Hort, A. Malo, T. Torii and Y. Sanada, Detailed source term estimation of the atmospheric release for the Fukushima Daiichi Nuclear Power Station accident by coupling simulations of atmospheric dispersion model with improved deposition scheme and oceanic dispersion model, *Atmos. Chem. Phys*, **15**, 1029-1070, 2015.
38. Adachi, K., P. R. Buseck, Changes in shape and composition of sea-salt particles upon aging in an urban atmosphere, *Atmos. Environ*, **100**, 1-9, 2015
39. 足立光司、電子顕微鏡がとらえた放射性粒子、*地球化学*、**49**、185-193、2015
40. Jin, Y., K. Kai, K. Kawai, T. Nagai, T. Sakai, A. Yamazaki, A. Uchiyama, D. Batdorj, N. Sugimoto, and T. Nishizawa, 2015: Ceilometer calibration for retrieval of aerosol optical properties. *Journal of Quantitative Spectroscopy & Radiative Transfer*, **153**, 49-56.
41. Ohyama, H., Kawakami, S., Tanaka, T., Morino, I., Uchino, O., Inoue, M., Sakai, T., Nagai, T., Yamazaki, A., Uchiyama, A., Fukamachi, T., Sakashita, M., Kawasaki, T., Akaho, T., Arai, K., and H. Okumura, 2015: Observations of XCO₂ and XCH₄ with ground-based high-resolution FTS at Saga, Japan, and comparisons with GOSAT products. *Atmospheric Measurement Techniques*, **8**, 5263-5276.
42. Nakano, H., M. Ishii, K. B. Rodgers, H. Tsujino, and G. Yamanaka, 2015: Anthropogenic CO₂ uptake, transport, storage, and dynamical controls in the ocean imposed by the meridional overturning circulation: A modeling study. *Global Biogeochemical Cycles*, **29**, 1706-1724.
43. Sugimoto, N., T. Nishizawa, A. Shimizu, I. Matsui, Y. Jin, A. Higurashi, I. Uno, Y. Hara, K. Yumimoyo, and R. Kudo, 2015: Continuous observations of atmospheric aerosols across East Asia. *SPIE Newsroom*.
44. Toyama, K., A. Iwasaki, and T. Suga, 2015: Interannual Variation of Annual Subduction Rate in the North Pacific Estimated from a Gridded Argo Product. *Journal of Physical Oceanography*, **45**, 2276-2293.
45. Goto, D., T. Nakajima, T. Dai, T. Takemura, M. Kajino, H. Matsui, Y. Hara, A. Takami, S. Hatakeyama, N. Sugimoto, A. Shimizu, and T. Ohara, 2015: An evaluation of simulated sulfate over East Asia through global model inter-comparison. *Journal of Geophysical Research*, **120**, 6247-6270.
46. Kajino, M., and M. Aikawa, 2015: A model validation study of the washout/rainout contribution of sulfate and nitrate in wet deposition compared with precipitation chemistry data in Japan. *Atmospheric Environment*, **117**, 124-134.
47. Sasano, D., Y. Takatani, N. Kosugi, T. Nakano, T. Midorikawa, and M. Ishii, 2015: Multidecadal trends of oxygen and their controlling factors in the western North Pacific. *Global Biogeochemical Cycles*, **29-7**, 935-956.

48. Oka, E., B. Qiu, Y. Takatani, K. Enyo, D. Sasano, N. Kosugi, M. Ishii, T. Nakano, and T. Suga, 2015: Decadal variability of Subtropical Mode Water subduction and its impact on biogeochemistry. *Journal of Oceanography*, **71**, 389-400.
49. Yamamoto-Kawai, M., N. Kawamura, T. Ono, N. Kosugi, A. Kubo, M. Ishii, and J. Kanda, 2015: Calcium carbonate saturation and ocean acidification in Tokyo Bay, Japan. *Journal of Oceanography*, **71**, 427-439.
50. Hoshika, Y., G. Katata, M. Deushi, M. Watanabe, T. Koike, and E. Paoletti, 2015: Ozone-induced stomatal sluggishness changes carbon and water balance of temperate deciduous forests. *Scientific Reports*, **5**.
51. 弓本桂也, 鶴野伊津志, 板橋秀一, 栗林正俊, 宮崎和幸, 2015: 逆推計手法を利用したNOx排出量インベントリの速報アップデート. *大気環境学会誌*, **50**, 199-206.
52. Irie H., T. Nakayama, A. Shimizu, A. Yamazaki, T. Nagai, A. Uchiyama, Y. Zaizen, S. Kagamitani, and Y. Matsumi, 2015: Evaluation of MAX-DOAS aerosol retrievals by coincident observations using CRDS, lidar, and sky radiometer in Tsukuba, Japan. *Atmospheric Measurement Techniques*, **8**, 2775-2788.
53. Zaizen, Y., Naoe, H., Takahashi, H., Okada, K., Modification of Asian-dust particles transported by different routes - A case study, *Atmospheric Environment*, **97**, 435-446. 2014
54. Zaizen, Y., Naoe, H., Takahashi, H., Igarashi, Y., Number concentrations and elemental compositions of aerosol particles observed at Mt. Kiso-Komagatake in central Japan, 2010-2013, *Atmospheric Environment*, **90**, 1-9, 2014, DOI:10.1016/j.atmosenv.2014.03.012
55. Kobayashi H., Hayashi, M., Shiraishi, K., Nakura, Y., Enomoto T., Miura K., Takahashi H., Igarashi Y., Naoe H., Kaneyasu N., Nishizawa T., Sugimoto N., Development of a polarization optical particle counter capable of aerosol type classification, *Atmospheric Environment*, 2014, **97**, 486-492,
56. Abe, Y., Y. Iizawa, Y. Terada, K. Adachi, Y. Igarashi, and I. Nakai, Detection of uranium and chemical state analysis of individual radioactive microparticles emitted from the Fukushima nuclear accident using multiple synchrotron radiation X-ray analyses, *Analytical Chemistry*, 2014, **86 (17)**, 8521-8525, DOI: 10.1021/ac501998d
57. Kuchiki, K., T. Aoki, M. Niwano, S. Matoba, Y. Kodama, K. Adachi, Elemental carbon, organic carbon, and dust concentrations in snow measured with thermal optical and gravimetric methods: Variations during the 2007-2013 winters at Sapporo, Japan, *Journal of Geophysical Research Atmospheres*, **120**, 868-882, 2014
58. Adachi, K., Y. Zaizen, M. Kajino, Y. Igarashi, Mixing state of regionally transported soot particles and the coating effect on their size and shape at a mountain site in Japan, *Journal of Geophysical Research Atmospheres*, **119**, 5386-5396, 2014
59. Nakamae, K., O. Uchino, I. Morino, B. Liley, T. Sakai, T. Nagai, T. Yokota (2014): Lidar observation of the 2011 Puyehue-Cordón Caulle volcanic aerosols at Lauder, New Zealand, *Atmospheric Chemistry and Physics*, **14**, 12099-12108. doi:10.5194/acp-12-11975-2012.
60. Moteki, N., Y. Kondo, K. Adachi, Identification by single-particle soot photometer of black carbon particles attached to other particles: Laboratory experiments and ground observations in Tokyo, *Journal of Geophysical Research*, **119**, 1031-1043, doi:10.1002/2013JD020655, 2014
61. 足立光司, 2014: ナノスケールで見るすす粒子, *エアロゾル研究*, **29-1**, 10-14.
62. Buseck, P. R., K. Adachi, A. Gelencser, E. Tompa, M. Posfai, Ns-soot: a material-based term for strongly light-absorbing carbonaceous particles, *Aerosol Sci. Tech.*, **48:7**, 777-788, 2014
63. Aoki, T., S. Matoba, S. Yamaguchi, T. Tanikawa, M. Niwano, K. Kuchiki, K. Adachi, J. Uetake, H. Motoyama, M. Hori, Light absorbing snow impurity concentrations measured on Northwest Greenland ice sheet in 2011 and 2012, *Bulletin of*

- Glaciological Research*, **32**, 21-31, 2014
64. Okumura, H., T. Akaho, Y. Kojiro, O. Uchino, I. Morino, T. Yokota, T. Nagai, T. Sakai, T. Maki, A. Yamazaki, and K. Arai, 2014: Development of PM2.5 density distribution visualization system using ground-level sensor network and Mie lidar. *Proceedings of SPIE 9246, Lidar Technologies, Techniques, and Measurements for Atmospheric Remote Sensing X*, **9246**.
65. Sessions, W. R., J. S. Reid, A. Benedetti, P. R. Colarco, T. Sekiyama (7 番目), その他 20 名, 2014: Development towards a global operational aerosol consensus: basic climatological characteristics of the International Cooperative for Aerosol Prediction Multi-Model Ensemble (ICAP-MME), *Atmospheric Chemistry and Physics*, **15**, 335-362.
66. 酒井 哲、内野 修、森野 勇、永井 智広、赤穂 大河、川崎 健、奥村 浩、新井 康平、内山 明博、山崎明宏、松永 恒雄、横田 達也 (2014): 佐賀のライダーとスカイラジオメータによって検出された桜島の火山灰の高度分布と光学特性、*日本リモートセンシング学会誌*, **34**, 197-204、doi:10.11440/rssj.34.197.
67. Ridley, D. A., S. Solomon, J. E. Barnes, V. D. Burlakov, T. Deshler, S. I. Dolgii, A. B. Herber, T. Nagai, R. R. Neely III, A. V. Nevzorov, C. Ritter, T. Sakai, B. D. Santer, M. Sato, A. Schmidt, O. Uchino, J. P. Vernier (2014): Total volcanic stratospheric aerosol optical depths and implications for global climate change, *Geophysical Research Letters*, **41**, 7763-7769, doi:10.1002/2014GL061541.
68. Uchino, O., T. Sakai, T. Nagai, I. Morino, T. Maki, M. Deushi, K. Shibata, M. Kajino, T. Kawasaki, T. Akaho, S. Takubo, H. Okumura, K. Arai, M. Nakazato, T. Matsunaga, T. Yokota, S. Kawakami, K. Kita, Y. Sasano (2014): DIAL measurement of lower tropospheric ozone over Saga (33.24° N, 130.29° E), Japan, and comparison with a chemistry-climate model, *Atmospheric Measurement Techniques*, **7**, 1385-1394, doi:10.5194/amt-7-1385-2014.
69. Takegawa, N., N. Moteki, N. Oshima, M. Koike, K. Kita, A. Shimizu, N. Sugimoto, and Y. Kondo (2014): Variability of aerosol particle number concentrations observed over the western Pacific in the spring of 2009, *Journal of Geophysical Research Atmospheres*, **119**, 13, 474-13, 488, doi:10.1002/2014JD022014.
70. Samset, B. H., G. Myhre, A. Herber, Y. Kondo, S.-M. Li, N. Moteki, M. Koike, N. Oshima, J. P. Schwarz, Y. Balkanski, S. E. Bauer, N. Bellouin, T. K. Berntsen, H. Bian, M. Chin, T. Diehl, R. C. Easter, S. J. Ghan, T. Iversen, A. Kirkevåg, J.-F. Lamarque, G. Lin, X. Liu, J. E. Penner, M. Schulz, Ø. Seland, R. B. Skeie, P. Stier, T. Takemura, K. Tsigaridis, and K. Zhang (2014): Modelled black carbon radiative forcing and atmospheric lifetime in AeroCom Phase II constrained by aircraft observations, *Atmos. Chem. Phys.*, **14**, 12465-12477, doi:10.5194/acp-14-12465-2014.
71. Mori, T., Y. Kondo, S. Ohata, N. Moteki, H. Matsui, N. Oshima, and A. Iwasaki (2014): Wet deposition of black carbon at a remote site in the East China Sea, *Journal of Geophysical Research Atmospheres*, **119**, 10, 485-10, 498, doi:10.1002/2014JD022103.
72. K Yumimoto, TM Nagao, M Kikuchi, TT Sekiyama, H Murakami, TY Tanaka, A Ogi, H Irie, P Khatri, H Okumura, K Arai, I Morino, O Uchino, T Maki (2016): Aerosol data assimilation using data from Himawari - 8, a next - generation geostationary meteorological satellite, *Geophysical Research Letters*, **43**, 11, 5886-5894.

(2) 査読論文以外の著作物 (翻訳、著書、解説等) : 21 件

1. 鶴田治雄, 五十嵐康人, 井上智博, 大河内博, 大原利眞, 梶野瑞王, 兼保直樹, 北和之, 反町篤行, 平木隆年, 堀江洋佑, 森口祐一, 森野悠, 渡邊明, 福島第一原子力発電所事故による放射性物質の大気環境影響調査研究の現状と課題, *大気環境学会誌*, **51(2)**, 2016, pp. A13-A19

2. 梶野瑞王、田中泰宙, 火山噴火と大気環境 –第4講 火山噴出物の大気動態・環境影響– ② 硫酸化物, *大気環境学会誌*, **51(1)**, A1-A9, 2016.
3. Kajino, M. and 4 co-authors. Part B. Modeling II. Japan, 145-167, in Annual Report for the 16th year's Joint Research on Long-range Transboundary Air Pollutants in Northeast Asia, NIER, Incheon Korea, NIER-GP2016-032, 206 pp., 2016.
4. Hayashida, S., S. Kayaba, M. Deushi, K. Yamaji, A. Ono, M. Kajino, T. T. Sekiyama, T. Maki, X. Liu, Study on lower tropospheric ozone over central and eastern China: Comparison of satellite observation with model simulation, in Land - Atmospheric Interactions in Asia, Springer, in press.
5. Bateman, A. P., Gong, Z., Harder, T. H., de Sá, S. S., Wang, B., Castillo, P., China, S., Liu, Y., O'Brien, R. E., Palm, B., Shiu, H.-W., da Silva, G., Thalman, R., Adachi, K., Alexander, M. L., Artaxo, P., Bertram, A. K., Buseck, P. R., Gilles, M. K., Jimenez, J. L., Laskin, A., Manzi, A. O., Sedlacek, A., Souza, R. A. F., Wang, J., Zaveri, R., and Martin, S. T.: Anthropogenic influences on the physical state of submicron particulate matter over a tropical forest, *Atmos. Chem. Phys. Discuss.*, doi:10.5194/acp-2016-639, 2016.
6. Kawasaki, T., A. Takizawa, M. Takahashi, H. Koide, T. Nakazawa, S. Aoki, S. Morimoto, K. Kato, T. Shimosaka, N. Aoki, T. Watanabe, T. Machida, Y. Tohjima, H. Mukai, K. Katsumata, T. Fujitani, H. Matsueda, Y. Sawa, K. Tsuboi, et al., 2016: Intercomparison experiment of standard gases for JMA/WCC activity. *GAW Report*, **229**.
7. Tetsu Sakai, Osamu Uchino, Tomohiro Nagai, Toshifumi Fujimoto, Isao Tabata, 2016: Long-term variation of stratospheric aerosols observed with lidar from 1982 to 2014 over Tsukuba, Japan. *EPJ Web of Conferences*, **119**, 23011.
8. Ishii, M., 2016: Japanese translation of "Guide to Best Practices for Ocean CO2 Measurements" toward the support of sustainable high - quality observations. *PICES Press*, **24**, 34.
9. L.D. Talley, R.A. Feely, B.M. Sloyan, R. Wanninkhof, M.O. Baringer, J.L. Bullister, C.A. Carlson, S.C. Doney, R.A. Fine, E. Firing, N. Gruber, D.A. Hansell, Masao Ishii, G.C. Johnson, K. Katsumata, R.M. Key, M. Kramp, C. Langdon, A.M. Macdonald, et al., 2016: Changes in Ocean Heat, Carbon Content, and Ventilation: A Review of the First Decade of GO-SHIP Global Repeat Hydrography. *Annual Review of Marine Science*, **8**, 185-215.
10. 鎌田茜, 直江寛明, 池上雅明, 出牛真, 梶野瑞王, 眞木貴史, 2016: 梅雨前線による大雨時に北陸地方で観測された光化学オキシダント高濃度事例: 成層圏オゾンの乾燥貫入に関する考察. *大気環境学会誌*, **51**, 144-152.
11. Kajino, M. and 3 co-authors. Part II. Modeling (Japan), 15th Annual Report for the Long-range Transboundary Air Pollutants in Northeast Asia, NIER, Incheon Korea, 14 pp., 2015.
12. Kajino, M. NHM-Chem: Sensitivity of depositions to the size and hygroscopicity of Cs-bearing aerosols, in Contribution of JMA to the WMO Technical Task Team on Meteorological Analyses for Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant Accident and Relevant Atmospheric Transport Modeling at MRI, *Technical Reports of the Meteorological Research Institute (気象研究所技術報告)*, **76**, 133-142, 2015.
13. Saito, K., T. Shimbori, R. Draxler, T. Hara, E. Toyoda, Y. Honda, K. Nagata, T. Fujita, M. Sakamoto, T. Kato, M. Kajino, T.T. Sekiyama, T.Y. Tanaka, T. Maki, et al., 2015: Contribution of JMA to the WMO Technical Task Team on Meteorological Analyses for Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant Accident and Relevant Atmospheric Transport Modeling at MRI. *気象研究所技術報告*, **76**, 230pp.
14. Yumimoto, K., H. Murakami, T.Y. Tanaka, T.T. Sekiyama, A. Ogi, A. and T. Maki, 2015: Forecasting of Asian dust storm that occurred on May 10-13, 2011, using an ensemble-based data assimilation system. *Particuology*.

15. 笹野大輔, 中岡慎一郎, 2015: 海洋観測ガイドライン. *海洋観測ガイドライン*, 7-1.
16. 酒井 哲、永井 智広、折笠 成宏、財前 祐二、山下 克也、真野 裕三、村上 正隆 (2015) : 人工降雨・降雪研究の最前線 第13章地上からのリモートセンシング 13.2 ライダーによるCCN濃度の推定 (2015)、*気象研究ノート*、**231**、p254-258.
17. 五十嵐康人, 梶野瑞王, 栗原治, 小林卓也, 関山剛, 竹村俊彦, 滝川雅之, 田中泰宙, 津旨大輔, 永井晴康, 眞木貴史, 升本順夫, 森野悠, 速水洋, 内山雄介, 木田新一郎, 斉藤和雄, 新堀敏基, 東博紀, 宮澤泰正, Bailly du Bois, Pascal Bocquet, Marc Boust, Dominique Brovchenko, Igor Choe, Anna Christoudias, Theo Cyprus, Didier Damien, Dietze Heiner, Garreau Pierre, Jung Kyung Tae, Le Sager Philippe, Lelieveld Jos, Maderich Vladimir S., Park Soon Ung, Quelo Denis, van Velthoven Peter, Winiarek Victor, Yoshida Sachiko, 和文 (報告) 東京電力福島第一原子力発電所事故によって環境中に放出された放射性物質の輸送沈着過程に関するモデル計算結果の比較, 英文 (Report) A review of the model comparison of transportation and deposition of radioactive materials released to the environment as a result of the Tokyo Electric Power Company's Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident, *日本学術会議 報告* (2014年9月2日)
18. 青野辰雄, 青山道夫, 五十嵐康人, 石丸隆, 今田正俊, 植松光夫, 海老原充, 大塚孝治, 大原利眞, 恩田裕一, 河野健, 神田穰太, 北和之, 坂口綾, 篠原厚, 柴田徳思, 下浦享, 高橋知之, 高橋嘉夫, 滝川雅之, 竹中千里, 竹村俊彦, 田中万也, 田中泰宙, 谷畑勇夫, 茅野政道, 津田敦, 津旨大輔, 鶴田治雄, 永井晴康, 長尾誠也, 中島映至, 中村尚, 浜島靖典, 藤原守, 升本順夫, 森口祐一, 森野悠, 山澤弘実, 横山広美, 吉田尚弘, 渡邊明, *原発事故環境汚染—福島第一原発事故の地球科学的側面 (2014年9月)* ISBN 978-4-13-060312-6.
19. 梶野瑞王, 滝川雅之, 田中泰宙, 津旨大輔, 川原慎太郎, 杉山徹, 森野悠, 鶴田治雄, 井上豊志郎, 打田純也, 関山剛, 眞木貴史, 中島映至, 福島第一原発事故による放射性物質の環境汚染シミュレーションに関する講習会報告, *天気*, **61(5)**, 411-418, 2014.
20. 足立光司, 山火事や野焼きから発生するターボール粒子, *空気清浄*, 239-240, 59-3, 2014
21. A. Benedetti, T. T. Sekiyama (19番目), その他22名, 2014: Operational Dust Prediction, 223-265, *Mineral Dust: A Key Player in the Earth System*, 1st edition, Peter Knippertz and Jan-Berend W. Stuut (eds.), Springer, Netherlands.

(3) 学会等発表

ア. 口頭発表

・国際的な会議・学会等 : 58件

1. Y. Igarashi, K. Kita, T. Kinase, T. Maki, C. Takenaka, M. Kajino, K. Adachi, M. Ishizuka, T. T. Sekiyama, Y. Zaizen, K. Ninomiya, H. Okochi, A. Sorimachi, Novel hypothesis for Fukushima re-suspension: Biological processes, 2016 European Aerosol Conference, Sep 2016, Tours, France
2. Toyama, K., T. Suga, and K. Rodgers, Subduction: variability in the North Pacific and an application to global ocean biogeochemistry, International Workshop: Dynamics and interactions of the Ocean and the Atmosphere, 2016年7月, 宮城県仙台市
3. Kajino M, Ishizuka M, Igarashi Y, Kita K, Yoshikawa C & Inatsu M, Long-Term Assessment of Airborne Radio-Cesium after the Fukushima Nuclear Accident: Re-suspension from Soil and Vegetation, Goldschmidt 2016, June-July 2016, Yokohama, Kanagawa
4. Kita K, Kinase T, Demizu H, Igarashi Y, Adachi K, Kajino M, Yamada K, Toyoda S, Yoshida N, Ninomiya K, Shinohara A, Okochi H, Ishizuka M, Maki T, Abe Y, Nakai I, Furukawa J & Onda Y, Re-suspension Processes of Radioactive Cs Emitted by the FNDPP Accident in Summer and Autumn - Possibility of Biosphere-Atmosphere Circulation of Radioactive Cs, Goldschmidt 2016, June-July 2016, Yokohama, Kanagawa
5. Zhang Z, Ninomiya K, Yamaguchi Y, Saito T, Kita K, Tsuruta H, Igarashi Y & Shinohara A, Daily Changes of ⁹⁰Sr/¹³⁷Cs Activity Ratio in the Atmosphere after the FDNPP Accident, Goldschmidt2016, June-July 2016, Yokohama, Kanagawa

6. Quérel A, Quélo D, Roustan Y, Mathieu A, Kajino M, Sekiyama T, Adachi K, Didier D, Igarashi Y & Maki T, Fukushima: Lessons Learned on Wet Deposition from a Combined Analysis of Radiation Dose Rate and Volume Activity Measurements of ¹³⁷Cesium, Goldschmidt2016, June-July 2016, Yokohama, Kanagawa
7. KOUJI ADACHI, ARTHUR J. SEDLACEK III, LAWRENCE KLEINMAN, PETER R. BUSECK, Abundance and formation of tar ball particles from biomass burning, Goldschmidt2016, June-July 2016, Yokohama, Kanagawa
8. N. Oshima, T. Y. Tanaka, T. Koshiro, H. Kawai, M. Deushi, and M. Koike, Aging processes of black carbon and its impact on the global-scale radiative forcing, Goldschmidt 2016, 2016年6月, 神奈川県横浜市
9. Yoshinari Abe, Yushin Iizawa, Takahiro Ono, Izumi Nakai, Yukihiko Satou, Keisuke Sueki, Yutaka Kanai, Kouji Adachi, Yasuhito Igarashi, Investigation of Physical and Chemical Natures of Particulate Radioactive Matters Emitted from the Fukushima Nuclear Accident, Japan Geoscience Union Meeting 2016, May 2016, Makuhari, Chiba
10. Mizuo Kajino, Masahide Ishizuka, Yasuhito Igarashi, Kazuyuki Kita, Chisato Yoshikawa, Masaru Inatsu, Long-term assessment of airborne radio-cesium after the Fukushima nuclear accident: re-suspension from soil and vegetation, Japan Geoscience Union Meeting 2016, May 2016, Makuhari, Chiba
11. Kazuyuki Kita, Takeshi Kinase, Takaaki Horiuchi, Shuichiro Sakamoto, Airi Takei, Hiroyuki Demizu, Yasuhito Igarashi, Kouji Adachi, Mizuo Kajino, Keita Yamada, Sakae Toyoda, Naohiro Yoshida, Kazuhiko Ninomiya, Atsushi Shinohara, Hiroshi Okochi, Hiroko Ogata, Masahide Ishizuka, Teruya Maki, Yoshinari Abe, Izumi Nakai, Jun Furukawa, Yuichi Onda, Re-suspension processes of radioactive Cs emitted by the FNDPP accident in summer and autumn -possibility of biosphere-atmosphere circulation of radioactive Cs, Japan Geoscience Union Meeting 2016, May 2016, Makuhari, Chiba
12. Kouji Adachi, Tar ball particles from biomass burning smoke, Japan Geoscience Union Meeting 2016, May 2016, Makuhari, Chiba
13. Niwa, Y., Y. Sawa, T. Machida, H. Matsueda, T. Umezawa, N. Saigusa, Toward assimilation of CONTRAIL data to estimate surface CO₂ fluxes, 日本地球惑星科学連合 2016年大会, 2016年5月, 千葉
14. Ishii, M., D. Sasano, N. Kosugi, K. Toyama, H. Nakano, H. Y. Inoue, K. B. Rodgers, The ocean acidification trend in the western equatorial Pacific for the past three decades, JpGU meeting 2016, 2016年5月, 千葉県
15. Sawa, Y., T. Machida, H. Matsueda, Y. Niwa, and T. Umezawa, Inter-annual variations of CO₂ observed by commercial airliner in the CONTRAIL project, EGU General Assembly 2016, 2016年4月, オーストラリア, ウイーン
16. Ishii, M., D. Sasano, N. Kosugi, K. Toyama, K. Enyo, Y. Takatani, and T. Nakano, Decadal trends of the anthropogenic CO₂ increase and remineralization in the North Pacific Subtropical Mode Water at the 137°E section, 第7回日中韓 IMBER シンポジウム, 2016年3月, 韓国, 済州
17. Gruber, N., D. Clement, P. Landschützer, T. Tanhua, M. Ishii, J. T. Mathis, D. Bakker, R. Wanninkhof, A. Olsen, R. M. Key, S. van Heuven, Toward a global synthesis of the oceanic carbon sink since the mid 1990s, Ocean Sciences Meeting 2016, 2016年2月, アメリカ, ニューオーリンズ
18. Coronado, M., K. Rodgers, S. Schlunegger, T. L. Frölicher, I. Frenger, M. Ishii, and D. Sasano, Time of Emergence of Ocean Interior Acidification and De-oxygenation in a Water Mass Framework, 2016 Ocean Sciences Meeting, 2016年2月, アメリカ, ニューオーリンズ
19. Ishii, M., Ocean acidification in the western North Pacific tropical and subtropical zones for the past three decades, Workshop on Ocean Warming and Acidification, 2016年2月, 東京都港区

20. Ishii, M., Requirements for pH/pCO₂ observations from a profiling float array and the connection to air-sea carbon flux and ocean acidification, Planning a global BioGeoChemical-Argo network, 2016年1月, フランス, ヴィルフランシュ
21. Kouji Adachi, Peter R Buseck, 2015, Imaging the interiors of individual aerosol particles using transmission electron microscopy, 2015-12-18 pacifichem -, The Pacifichem 2015 Organizing Committee, the Hawaii Convention Center, Hawaii, USA
22. Adachi, K., and P. R. Buseck, Imaging the interiors of individual aerosol particles using transmission electron microscopy, pacifichem, 2015年12月, アメリカ, ホノルル
23. Sakai, T., M. Abo, P. P.L. Hoai, O. Uchino, T. Nagai, T. Izumi, I. Morino, H. Ohayama, and C. Nagasawa, Development of ground-based lidars for measuring H₂O and O₃ profiles in the troposphere, 2015 AGU Fall Meeting, 2015年12月, アメリカ, サンフランシスコ
24. Yumimoto, K., Tanaka, T.Y., Ogi, A., Sekiyama, T.T., and Maki, T., Development of a Forecasting and Data Assimilation System for Asian Dust in the Japan Meteorological Agency (JMA), 2015 AGU Fall Meeting, 2015年12月, アメリカ, サンフランシスコ
25. Yumimoto, K., T. M. Nagao, M. Kikuchi, T. T. Sekiyama, H. Murakami, T. Y. Tanaka, A. Ogi, and T. Maki, Aerosol Data Assimilation with the Next Generation Meteorological Satellite (Himawari-8), 2015 AGU Fall Meeting, 2015年12月, アメリカ, サンフランシスコ
26. Ishii, M., D. Sasano, N. Kosugi, T. Midorikawa, Y. Takatani, A. Kojima, Y. Iida, K. Enyo, T. Nakano, and H. Yoshikawa Inoue, Variability and trend of oceanic CO₂ in the western North Pacific tropical and subtropical zone, Developing New Ocean Provinces on Their Biogeochemistry and Ecosystems, 2015年12月, 東京都文京区
27. K. Adachi, 2015, Chemical and Physical Properties of Individual Aerosol Particles Using Transmission Electron Microscopy to Improve Atmospheric Models, 2015-11-11 ASAAQ13, Kobe, Japan.
28. Oshima, N., Aging of black carbon and its impact on the spatial distribution and radiative effect using a MRI global model, JSPS-DFG Workshop on Aerosols, 2015年11月, ドイツ, マイニンツ
29. Maki, T., Simulation and prediction of the sand storm and dust, Module of Technical Seminar on Sand Dust Monitoring, 2015年11月, イラン, テヘラン
30. Thi Ngoc Oanh Bui, S. Kameyama, H. Yoshikawa-Inoue, M. Ishii, D. Sasano, K. Katsumata, and H. Uchida, Dissolved methane distribution in surface seawater and its controlling factors in mid- and high-latitudes in the Southern Ocean, 第6回極域科学シンポジウム, 2015年11月, 東京都立川市
31. Oshima, N., T. Y. Tanaka, T. Koshiro, H. Kawai, M. Deushi, M. Kajino, and M. Koike, Impact of the micro-scale aging process of black carbon on its global-scale spatial distribution and radiative effect, The 13th International Conference on Atmospheric Sciences and Applications to Air Quality (ASAAQ13), 2015年11月, 兵庫県神戸市
32. Adachi, K., Chemical and Physical Properties of Individual Aerosol Particles Using Transmission Electron Microscopy to Improve Atmospheric Models, ASAAQ13, 2015年11月, 兵庫県神戸市
33. Yumimoto, K., Uno, I., Itahashi, S., Miyazaki, K., and Maki, T., Application of Inversion Technique to Quick Update of Anthropogenic NO_x Emission over East Asia with Satellite Observation, The 13th International Conference on Atmospheric Sciences and Applications to Air Quality (ASSAAQ13), 2015年11月, 兵庫県神戸市
34. Naohiro Kosugi, Daisuke Sasano, Masao Ishii, Kazutaka Enyo, Shu Saito, Autumn depression in pCO₂ in the Japan Sea and contribution of Changjiang diluted water, 北太平洋海洋科学機関 炭素・気候部会, 2015年10月, 中国, 青島
35. Mori, Y., Y. Esaki, A. Takizawa, S. Takatsuji, T. Okuda, K. Dehara, S. Hosokawa, T.

- Kawasaki, H. Koide, H. Matsueda, Y. Sawa, K. Tsuboi, and Y. Niwa, The JMA activities and network for GHG observation and recent topics, The 7th Asia-Pacific GAW Workshop on Greenhouse Gases (APGG-2015), 2015年10月, 韓国, 濟州島
36. Ishii, M., N. Kosugi, D. Sasano, T. Midorikawa, K. Enyo, Y. Takatani, Y. Iida, A. Kojima, T. Nakano, and H. Yoshikawa-Inoue, Trends of CO₂ increase in the subtropical and tropical zones of the western North Pacific - JMA's contribution to the global OA observation network -, 北太平洋海洋科学機関 炭素・気候部会, 2015年10月, 中国, 青島
 37. Maki, T., Overview and EWS of Dust in Japan, International Symposium on Preparedness for Dust Hazard, 2015年9月, 鳥取県鳥取市
 38. Ishii, M., D. Sasano, N. Kosugi, T. Midorikawa, Y. Takatani, A. Kojima, K. Enyo, and T. Nakano, Trends of oxygen decrease and carbon increase in the western North Pacific as revealed at high-frequency repeat sections, GO-SHIP/Argo/IOCCP Conference 2015, 2015年9月, アイルランド, ゴールウェイ
 39. Iida, Y., A. Kojima, Y. Takatani, T. Nakano, T. Midorikawa, and M. Ishii, Increase in pCO₂ and its Impact on the Trend of Oceanic CO₂ Uptake for the Last Two Decades, SOLAS Open Science Conference, 2015年9月, ドイツ, キール
 40. Yasuhito Igarashi, Kouji Adachi, Mizuo Kajino, Yuji Zaizen, Izumi Nakai, Yoshinari Abe, Yushin Iizawa, Yukihiro Satou, Keisuke Sueki, Characteristics of radio-Cs particles collected during the early stage of FDNPP accident, IAC2014, Aug 2014, Busan Korea
 41. Adachi, K., P. R. Buseck, A. Sedlacek, L. Kleinmen, and D. Chand, Evolution and micro physical properties of biomass-burning aerosol particles, 9th asian aerosol conference, 2015年6月, 石川県金沢市
 42. Maki, T., K. Miyazaki, and T. Iwasaki, Results from a LEFTK assimilation of GOSAT CO₂ measurements, 11th International Workshop on Greenhouse Gas Measurements from Space, 2015年6月, アメリカ, パサデナ
 43. Ishii, M., D. Sasano, N. Kosugi, T. Midorikawa, Y. Iida, A. Kojima, Y. Takatani, T. Nakano, and H. Y. Inoue, Ocean acidification in the western North Pacific tropical and subtropical zones, 12th IMBER Scientific Steering Committee Meeting, 2015年6月, アメリカ, サンタクルーズ
 44. K. Adachi, P. R. Buseck, A. Sedlacek, L. Kleinmen, D. Chand, 2014, Evolution and micro physical properties of biomass-burning aerosol particles, 2015-06-27 9th Asian aerosol conference - Asian aerosol conference, Kanazawa Tokyu Hotel, Ishikawa, Japan.
 45. Yumimoto, K., and T. Takemura, Long-term Inverse Modeling of Asian Dust, 9th Asian Aerosol Conference, 2015年6月, 石川県金沢市
 46. Yumimoto, K., I. Uno, X. Pan, S. Itahashi, Y. Hara, and M. Kuribayashi, An investigation of source-receptor relationships for air pollutants in East Asia, 7th International GEOS-Chem Meeting, 2015年5月, アメリカ, ケンブリッジ
 47. SATOU Yukihiro, SUEKI Keisuke, SASA Kimikazu, ADACHI Kouji, IGARASHI Yasuhito, Identification of radioactive microparticles in the vicinity of the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant, Japan Geoscience Union Meeting 2015, May 2015, Makuhari, Chiba
 48. KINASE Takeshi, KITA Kazuyuki, TANAKA Misako, DEMIZU Hiroyuki, IGARASHI Yasuhito, ADACHI Kouji, MIKAMI Masao, YAMADA Keita, TOYODA Sakae, YOSHIDA Naohiro, SHINOHARA Atushi, NINOMIYA Kazuhiko, OKOUCHI Hiroshi, ISHIZUKA Masahide, KAWASHIMA Hiroto, NAKAI Izumi, ABE Yoshinari, ONDA Yuichi, Seasonal variation of the atmospheric ¹³⁷Cs & ¹³⁴Cs -Concentration and aerosol size transporting radioactive Cs ?, Japan Geoscience Union Meeting 2015, May 2015, Makuhari, Chiba
 49. KITA Kazuyuki, TAMURA Sho, TANAKA Misako, KINO Himiko, KINASE Takeshi, DEMIZU Hiroyuki, ADACHI Kouji, ZAIZEN Yuji, IGARASHI Yasuhito, TOYODA Sakae, YAMADA Keita, YOSHIDA

- Naohiro, NINOMIYA Kazuhiko, ABE Yoshinari, NAKAI Izumi, OKOCHI Hiroshi, ISHIZUKA Masahide, ONDA Yuichi, Identification of aerosol contributing atmospheric re-suspension of radiocesium, Japan Geoscience Union Meeting 2015, May 2015, Makuhari, Chiba
50. Ishii, M., K. B. Rodgers, D. Iudicone, D. Sasano, N. Kosugi, K. Toyama, H. Nakano, and H. Y. Inoue, Ocean Acidification from Below, 東京大学大気海洋研究所共同利用研究集会「ラージスケール海洋循環フェスタ」, 2015年5月, 千葉県柏市
 51. Sasano, D., M. Ishii, N. Kosugi, A. Murata, H. Uchida, S. Toyoda, K. Yamada, K. Kudo, N. Yoshida, T. Mifune, M. Yamamoto-Kawai, H. Yoshikawa-Inoue, S. Nishino, and T. Kikuchi, Relationship between CH₄ and CO₂ in the surface seawater in the western Arctic Ocean, The 4th International Symposium on the Arctic Research (ASSW), 2015年4月, 富山県富山市
 52. Ishii, M., D. Sasano, N. Kosugi, T. Midorikawa, Y. Iida, A. Kojima, Y. Takatani, T. Nakano, and H. Y. Inoue, Ocean acidification in the western North Pacific tropical and subtropical zones, Future Prospects of Coastal Ocean Observations and Modeling in Japan, 2015年4月, 宮城県仙台市
 53. Sekiyama, T. T., Ensemble dispersion simulation of the radioactive aerosol emitted from the Fukushima Daiichi nuclear power plant, 5th annual Japanese Data Assimilation Workshop, AICS/RIKEN, Kobe, February 27, 2015.
 54. P. R. Buseck, K. Adachi, Z. Gong, A. P. Bateman, S. Martin, G. G. Cirino da Silva, P. Artaxo, A. Sedlacek, Appearance and bouncing behavior of aerosol particles collected during GoAmazon 2014: An early look, 2014, September, IGAC.
 55. K. Adachi, 2014 Mixing states of aerosol particles from various environment: transmission electron microscopy analysis, International Aerosol Conference, Korea
 56. Yasuhito IGARASHI, Kouji ADACHI, Mizuo KAJINO, Taichu TANAKA, Takashi MAKI, Tsuyoshi T SEKIYAMA, Yuji ZAIZEN, Masao MIKAMI, On atmospheric radioactive pollution by the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant accident: Researches at MRI, Japan, AOGS2014, Jul 2014, Spporo Japan
 57. 石塚正秀, 三上正男, 田中泰宙, 五十嵐康人, 北和之, 山田豊, 吉田尚弘, 豊田栄, 佐藤志彦, 高橋嘉夫, 二宮和彦, 篠原厚, 福島県浪江町津島地区における粒径別鉛直一次元モデルを用いたダスト粒子による放射性物質の再浮遊の推定 (Evaluation of radioactivity resuspension by dust emission using a size-resolved 1-D vertical model in Namie, Fukushima), 日本地球惑星科学連合 2014 年大会 (2014 年 5 月) 横浜市
 58. 北和之, 田中美佐子, 木名瀬健, 藤澤遥, 山口隆亮, 木野日美子, 出水宏幸, 五十嵐康人, 三上正男, 足立光司, 吉田尚弘, 豊田栄, 山田桂大, 篠原厚, 二宮和彦, 大河内博, 石塚正秀, 川島洋人, 中井泉, 阿部善也, 恩田裕一, 土壌および森林からの放射性セシウムの再飛散 (Resuspension of radioactive cesium from soil and forest), 日本地球惑星科学連合 2014 年大会 (2014 年 5 月) 横浜市

・国内の会議・学会等 : 77 件

1. 五十嵐康人, 北和之, 牧輝弥, 竹中千里, 木名瀬健, 足立光司, 梶野瑞王, 関山剛, 財前祐二, 石塚正秀, 二宮和彦, 大河内博, 反町篤行, 放射性セシウムの大気への再浮遊にバイオエアロゾルが果たす役割, 日本気象学会 2016 秋季大会 (2016 年 10 月), 愛知県名古屋市
2. 石戸谷重之, 坪井一寛, 丹羽洋介, 村山昌平, 松枝秀和, 澤庸介, 奥田智紀, 出原幸志郎, 細川周一, 南鳥島における大気中酸素濃度の連続観測, 日本気象学会 2016 年度秋季大会, 2016 年 10 月, 名古屋市
3. 内野修, 泉敏治, 酒井哲, 永井智広, 森野勇, GOSAT-2 プロダクト検証用ライダーの開発と試験観測, 日本気象学会 2016 年度秋季大会, 2016 年 10 月, 愛知県名古屋市
4. 泉敏治, 内野修, 酒井哲, 永井智広, 森野勇, ミーライダーデータから算出した混合層高

- 度，日本気象学会 2016 年度秋季大会，2016 年 10 月，愛知県名古屋市
5. 角皆潤，中川書子，大山拓也，坪井一寛，野口泉，山口高志，大気中の窒素酸化物類の窒素同位体比について，第 22 回大気化学討論会，2016 年 10 月，札幌
 6. 大島長，海保邦夫，足立光司，足立恭将，水上拓也，藤林恵，齊藤諒介，小惑星衝突により発生したすすによる気候変動 -恐竜などの大量絶滅の可能性-，第 22 回大気化学討論会，2016 年 10 月，札幌
 7. 野々垣亮介，齋藤尚子，今須良一，塩見慶，丹羽洋介，松枝秀和，澤庸介，坪井一寛，航空機観測データを用いた GOSAT/TANSO-FTS TIR CH₄ データの評価，第 22 回大気化学討論会，2016 年 10 月，札幌
 8. 亀山宗彦，谷本浩志，猪俣敏，大森裕子，笹野大輔，石井雅男，Bui Thi Ngoc Oanh，吉川久幸，大気海洋境界層における微量気体動態の把握 -新規実験系を用いたアプローチ-，2016 年度日本地球化学会第 63 回年会，2016 年 9 月，大阪府大阪市
 9. 安中さやか，橋岡豪人，吉川知里，脇田昌英，村田昌彦，千葉早苗，内田裕，野尻幸宏，中岡慎一郎，笹野大輔，青山道夫，児玉武稔，橋濱史典，古谷研，太平洋表層におけるアンモニア・亜硝酸・硝酸の季節変化，2016 年度日本海洋学会秋季大会，2016 年 9 月，鹿児島県鹿児島市
 10. 笹野大輔，石井雅男，小杉如央，緑川貴，高谷祐介，中野俊也，西部北太平洋における溶存酸素の長期減少および周期変動とその広がり，2016 年度日本海洋学会秋季大会，2016 年 9 月，鹿児島県鹿児島市
 11. 山崎明宏，分光型日射計による精密放射観測装置の開発について，2016 年度福岡から診る大気環境研究所研究会，2016 年 9 月，福岡県福岡市
 12. 泉敏治，内野修，森野勇，柴田隆，酒井哲，永井智広，松永恒雄，横田達也，GOSAT 検証用ライダーによる最近の観測成果について，第 34 回レーザーセンシングシンポジウム，2016 年 9 月，長野県下高井郡
 13. 財前祐二，田尻拓也，折笠成宏，つくばで観測された 2 次粒子の成長と吸湿特性(κ)の変化，第 33 回エアロゾル科学・技術研究討論会，2016 年 8 月，大阪府堺市
 14. 今須良一，町田敏暢，青木周司，山内恭，松永恒雄，松枝秀和，金谷有剛，松見豊，篠田太郎，谷本浩志，五藤大輔，森野勇，澤庸介，坪井一寛，丹羽洋介，兼保直樹，村山昌平，末吉哲雄，滝川雅之，竹谷文一，佐藤陽祐，竹内渉，入江仁士，笠井康子，Strunin Mikhail，Fomin Boris，ロシア水文気象環境監視局の航空機による北極・西シベリア域における大気環境観測，JpGU meeting 2016，2016 年 5 月，千葉県
 15. 梅澤拓，丹羽洋介，澤庸介，町田敏暢，松枝秀和，デリー上空での CONTRAIL 観測から明らかになった冬季農作物による CO₂ 吸収，日本地球惑星科学連合 2016 年大会，2016 年 5 月，千葉県千葉市
 16. 藤田遼，森本真司，青木周司，町田敏暢，澤庸介，松枝秀和，丹羽洋介，坪井一寛，勝又啓一，中澤高清，ユーラシア大陸上空の上部対流圏・下部成層圏における大気中 CH₄ 濃度とその炭素・水素同位体比の時空間変動，日本地球惑星科学連合 2016 年大会，2016 年 5 月，千葉県千葉市
 17. 五十嵐康人，大気放射能汚染に関わる放射性エアロゾル，東京理科大学総合研究院大気科学研究部門第 1 回大気科学シンポジウム（2016 年 5 月）東京都新宿区
 18. 山崎明宏，石田春磨，工藤玲，内山明博，居島修，高野松美，分光型日射計による精密放射観測装置の開発，日本気象学会 2016 年度春季大会，2016 年 5 月，東京都渋谷区
 19. 山崎明宏，石田春磨，工藤玲，内山明博，居島修，高野松美，分光型日射計による精密放射観測装置の開発，日本気象学会 2016 年度春季大会，2016 年 5 月，東京都渋谷区
 20. 小畑淳，酒井哲，足立恭将，田中泰宙，内野修，永井智広，Ben Liley，藤本敏文，森野勇，地球システムモデルの検証：巨大火山噴火の硫酸エアロゾル，日本気象学会 2016 年度春季大会，2016 年 5 月，東京都渋谷区
 21. 石井雅男，東経 137 度線における人為起源 CO₂ 蓄積と海洋酸性化の実態，日本海洋学会 2016 年度春季大会シンポジウム「東経 137 度定線の 50 年と今後の日本の持続的海洋観測望」，2016 年 3 月，東京都文京区
 22. 小杉如央，笹野大輔，石井雅男，延与和敬，齊藤秀，秋季日本海の長江希釈水による海洋酸性化の季節的な抑制，日本海洋学会 2016 年度春季大会，2016 年 3 月，東京都文京区

23. 鈴木亨, 野尻幸宏, 中岡慎一郎, 石井雅男, 海洋二酸化炭素データベース最新版の概要, 日本海洋学会 2016 年度春季大会, 2016 年 3 月, 東京都文京区
24. 笹野大輔, 石井雅男, 小杉如央, 緑川貴, 高谷祐介, 中野俊也, 親潮域における溶存酸素の長期減少, 日本海洋学会 2016 年度春季大会, 2016 年 3 月, 東京都文京区
25. 高谷祐介, 北川隆洋, 中野俊也, 笹野大輔, 熊本雄一郎, 鷺島克啓, 岡英太郎, Susan Becker, 溶存酸素分析用ヨウ素酸カリウム標準溶液の相互比較の試み, 日本海洋学会 2016 年度春季大会, 2016 年 3 月, 東京都文京区
26. 和田茂樹, 松下幼奈, 石井雅男, 笹野大輔, 小杉如央, 濱健夫, 静岡県下田沖における炭酸系の季節変動, 日本海洋学会 2016 年度春季大会, 2016 年 3 月, 東京都文京区
27. 中野俊也, 高谷祐介, 石井雅男, 気象庁 137 度定線の長期変動からみえてきた伊豆諸島周辺海域における物質循環の変動, 日本海洋学会 2016 年度春季大会シンポジウム「潮汐混合が強い海域を利用する海洋生物資源の変動」, 2016 年 3 月, 東京都文京区
28. 笹野大輔, 石井雅男, 小杉如央, 緑川 貴, 高谷祐介, 中野俊也, 西部北太平洋における溶存酸素の長期変動, 東京大学大気海洋研究所共同利用研究集会 太平洋南北断面観測による生物地球化学・生態系の統合研究, 2016 年 2 月, 千葉県柏市
29. 酒井哲, 内野修, 永井智広, Ben Liley, 森野勇, 藤本敏文, 1. つくばとニュージーランド・ローダーで観測した成層圏エアロゾルの長期変動と季節変動, 第 20 回大気ライダー研究会, 2016 年 2 月, 東京都日野市
30. 関山剛, 衛星搭載ライダー観測のデータ同化, 第 3 回 超低高度衛星の利用に向けたワークショップ, JAXA 東京事務所, 東京, 2016 年 2 月 29 日.
31. 弓本桂也, 物質輸送とデータ同化, 第 19 回データ同化夏の学校, 2016 年 1 月, 青森県むつ市
32. 弓本桂也, 梶野瑞王, 気象研化学輸送モデリンググループの活動一領域化学輸送モデルの開発とひまわり 8 号を用いたデータ同化一, アジア域の化学輸送モデルの現状と今後の展開に関する研究集会, 2015 年 12 月, 福岡県春日市
33. 和田茂樹, 松下幼奈, 菅優里, 石井雅男, 笹野大輔, 小杉如央, 濱健夫, 沿岸域における炭酸系の自然変動, 日本サンゴ礁学会第 18 回大会, 2015 年 11 月, 東京都港区
34. 五十嵐康人, 原発事故からの放射性セシウムの物理・化学性状, 日本放射線安全管理学会第 14 回学術大会 (2015 年 12 月) つくば市 (招待講演)
35. 工藤玲, 青柳曉典, 西澤智明, エアロゾルの鉛直分布が大気境界層へ与える影響, 日本気象学会 2015 年度秋季大会, 2015 年 10 月, 京都府京都市
36. 泉敏治, 内野修, 酒井哲, 永井智広, 森野勇, 山崎明宏, 弓本桂也, 田中泰宙, 眞木貴史, 赤穂大河, 奥村浩, 新井康平, 松永恒雄, 横田達也, 佐賀のライダーで高度 2 km 以下に観測された高濃度のオゾンとエアロゾル (2) ミーライダーの解析と全球エアロゾルモデルとの比較, 日本気象学会 2015 年度秋季大会, 2015 年 10 月, 京都府京都市
37. 内野修, 酒井哲, 泉敏治, 永井智広, 森野勇, 出牛真, 眞木貴史, 赤穂大河, 奥村浩, 新井康平, 松永恒雄, 横田達也, 佐賀のライダーで高度 2 km 以下に観測された高濃度のオゾンとエアロゾル (1) オゾンライダーの解析と全球化学気候モデルとの比較, 日本気象学会 2015 年度秋季大会, 2015 年 10 月, 京都府京都市
38. 弓本桂也, 関山剛, 村上浩, 菊池麻紀, 永尾隆, 田中泰宙, 小木昭典, 眞木貴史, ひまわり 8 号データを用いたエアロゾルデータ同化, 日本気象学会 2015 年度秋季大会, 2015 年 10 月, 京都府京都市
39. 眞木貴史, 関山剛, 三好建正, 中村貴, 岩崎俊樹, GOSAT TIR L2 データを用いた CO2 データ同化実験, 日本気象学会 2015 年度秋季大会, 2015 年 10 月, 京都府京都市
40. 泉敏治, 内野修, 酒井哲, 永井智広, 森野勇, 山崎明宏, 弓本桂也, 田中泰宙, 眞木貴史, 赤穂大河, 奥村浩, 新井康平, 松永恒雄, 横田達也, 佐賀のライダーで高度 2 km 以下に観測された高濃度のオゾンとエアロゾル (2) ミーライダーの解析と全球エアロゾルモデルとの比較, 日本気象学会 2015 年度秋季大会, 2015 年 10 月, 京都府京都市
41. 工藤玲, 青柳曉典, 西澤智明, エアロゾルの鉛直分布が大気境界層へ与える影響, 日本気象学会 2015 年度秋季大会, 2015 年 10 月, 京都府京都市
42. 直江寛明, 出牛真, 吉田康平 (気象研), CMI シナリオにおけるオゾン QBO, 日本気象学会 2015 年度秋季大会, 2015 年 10 月, 京都府京都市

43. 坪井一寛, 松枝秀和, 澤庸介, 丹羽洋介, 江崎雄治, 滝沢厚詩, 高辻慎也, 出原幸志郎, 奥田智紀, 森陽樹, 細川周一, 気象庁における温室効果ガスの定常観測と今後の展開, 日本気象学会 2015 年度秋季大会, 2015 年 10 月, 京都府京都市
44. 澤庸介, 町田敏暢, 松枝秀和, 丹羽洋介, 梅澤拓, 民間航空機を用いた温室効果気体の広範囲モニタリング, 日本気象学会 2015 年度秋季大会, 2015 年 10 月, 京都府京都市
45. 杉村亮, 齋藤尚子, 木本周平, 今須良一, 塩見慶, 丹羽洋介, 町田敏暢, 澤庸介, 松枝秀和, GOSAT/TANSO-FTS TIR CO₂ データと NICAM-TM CO₂ データの比較解析, 第 21 回大気化学討論会, 2015 年 10 月, 東京都
46. 工藤玲, 西澤智明, 能動・受動型センサーの複合利用によるエアロゾル光学特性のリモートセンシング, 第 33 回レーザセンシングシンポジウム, 2015 年 9 月, 東京都
47. 足立光司, 五十嵐康人, 梶野瑞王, 財前祐二, 飯澤勇信, 阿部善也, 中井泉, 原発事故により放出された放射性微粒子の物理化学的特徴, 第 56 回大気環境学会年会・特別集会(2015 年 9 月) 東京都新宿区 (招待講演)
48. 佐藤志彦, 足立光司, 小野貴大, 飯澤勇信, 阿部善也, 中井泉, 五十嵐康人, 笹公和, 末木啓介, 福島第一原発事故で放出した放射性粒子の発生源による違い, 日本放射化学学会年会・第 59 回放射化学討論会 (2015 年 9 月) 仙台市 (最優秀発表賞受賞)
49. 五十嵐康人, 北和之, 牧輝弥, 竹中千里, 木名瀬健, 足立光司, 梶野瑞王, 関山剛, 財前祐二, 石塚正秀, 二宮和彦, 大河内博, 反町篤行, 福島第一原発事故由来放射性セシウムの再浮遊: バイオエアロゾルの役割?, 第 33 回エアロゾル科学・技術研究討論会 (2016 年 8~9 月) 大阪府堺市
50. 岡英太郎, Bo Qiu, 高谷祐介, 延与和敬, 笹野大輔, 小杉如央, 石井雅男, 中野俊也, 須賀利雄, 亜熱帯モード水サブダクションの十年規模変動とその生物地球化学的影響, 日本海洋学会 2015 年度秋季大会, 2015 年 9 月, 愛媛県松山市
51. 遠山勝也, Keith Rodgers, Bruno Blanke, Olivier Aumont, Daniele Iudicone, サブダクションに伴う混合層底での全球人為起源炭素輸送量の推定, 日本海洋学会 2015 年度秋季大会, 2015 年 9 月, 愛媛県松山市
52. 弓本桂也, 物質輸送とデータ同化~化学輸送モデルと観測の融合~, 第 55 回大気環境学会年会, 2015 年 9 月, 東京都新宿区
53. 弓本桂也, 鶴野伊津志, 長田和雄, 山本重一, 田村圭, 2015 年 1 月の九州北部域の越境 PM 汚染の集中観測期間の排出量逆推計, 第 56 回大気環境学会年会, 2015 年 9 月, 東京都新宿区
54. 工藤玲, 西澤智明, 能動・受動型センサーの複合利用によるエアロゾル光学特性のリモートセンシング, 第 33 回レーザセンシングシンポジウム, 2015 年 9 月, 東京都
55. 泉敏治, 内野修, 酒井哲, 永井智広, 森野勇, 山崎明宏, 弓本桂也, 田中泰宙, 眞木貴史, 赤穂大河, 奥村浩, 新井康平, 松永恒雄, 横田達也, 佐賀の可搬型ライダーで高度 2 km 以下に観測された高濃度オゾンとエアロゾル(2) ミーライダーの解析と全球エアロゾルモデルとの比較, 第 33 回レーザセンシングシンポジウム, 2015 年 9 月, 東京都大田区
56. 大島長, 田中泰宙, 神代剛, 川合秀明, 出牛真, 小池真, 茂木信宏, 近藤豊, ブラックカーボンの変質過程が全球規模のその空間分布と放射効果に及ぼす影響, 日本地球惑星科学連合 2015 年大会, 2015 年 5 月, 千葉県千葉市
57. 石戸谷重之, 村山昌平, 遠嶋康徳, 坪井一寛, 松枝秀和, 田口彰一, Prabir K. Patra, 近藤裕昭, つくば市郊外、落石岬、波照間島および南鳥島における大気中アルゴン濃度と大気ポテンシャル酸素の同時観測, JpGU meeting 2015, 2015 年 5 月, 千葉県
58. 大島長, 田中泰宙, 神代剛, 川合秀明, 出牛真, 小池真, 茂木信宏, 近藤豊, 全球モデルによるブラックカーボンの変質過程とその空間分布と放射効果への影響, 日本気象学会 2015 年度春季大会, 2015 年 5 月, 茨城県つくば市
59. 工藤玲, 青柳曉典, 西澤智明, ライダーとスカイラジオメータの複合解析によるエアゾルの鉛直分布の季節変動, 日本気象学会 2015 年度春季大会, 2015 年 5 月, 茨城県つくば市
60. 弓本桂也, 関山剛, 村上浩, 福田悟, 平形麻紀, 田中泰宙, 小木昭典, 眞木貴史, ひまわり 8 号データを用いたエアロゾル統合プロダクトの作製にむけて, 日本気象学会 2015

- 年度春季大会, 2015年5月, 茨城県つくば市
61. 直江寛明, 出牛真, 吉田康平 (気象研), CCMI シナリオによる残差循環変動とオゾン QBO, 日本気象学会 2015 年度春季大会, 2015 年 5 月, 茨城県つくば市
 62. 出牛真, 吉田康平, 吉村裕正, 気候モデルで表現される成層圏大気の平均年代の空間解像度および輸送計算スキーム依存性について, 日本気象学会 2015 年度春季大会, 2015 年 5 月, 茨城県つくば市
 63. 笹野大輔, 高谷祐介, 小杉如央, 中野俊也, 緑川 貴, 石井雅男, 西部北太平洋における溶存酸素の減少, 東京大学大気海洋研究所共同利用研究集会「ラージスケール海洋循環フェスタ」, 2015 年 5 月, 千葉県柏市
 64. 泉敏治, 酒井哲, 永井智広, 内野修, 森野勇, 新井康平, 奥村浩, 赤穂大河, 神代優, 岡野慎也, エアロゾルライダーのデータを利用した大気境界層高度算出, 第 40 回リモートセンシングシンポジウム, 2015 年 3 月, 東京都港区
 65. 泉敏治, 酒井哲, 永井智広, 内野修, 森野勇, 新井康平, 奥村浩, 赤穂大河, 神代優, 岡野慎也, エアロゾルライダーのデータを利用した大気境界層高度算出, 第 19 回大気ライダー研究会, 2015 年 2 月, 東京都千代田区
 66. 佐藤志彦, 末木啓介, 笹公和, 足立光司, 五十嵐康人, 土壌中のセシウム含有粒子の分析, 日本放射線安全管理学会, 第 13 回学術大会 (2014 年 12 月) 徳島市
 67. 入江仁士, 中山智喜, 清水厚, 山崎明宏, 永井智広, MAX-DOAS 法によるエアロゾル観測の評価: CRDS 法・ライダー・スカイラジオメーター観測との比較, 日本気象学会 2014 年度秋季大会, 2014 年 10 月, 福岡県福岡市
 68. 北和之, 田中美佐子, 木名瀬健, 山口隆亮, 田村匠, 野日美子, 出水宏幸, 五十嵐康人, 三上正男, 足立光司, 吉田尚弘, 豊田栄, 山田桂大, 篠原厚, 二宮和彦, 大河内博, 石塚正秀, 川島洋人, 中井泉, 阿部善也, 渡邊明, 鶴田治雄, 恩田裕一, 福島において観測された大気放射性セシウムの再飛散と季節, 第 20 回大気化学討論会 (2014 年 10 月) 東京都府中市
 69. 阿部善也, 飯澤勇信, 中井泉, 寺田靖子, 足立 光司, 五十嵐 康人, 大気粉塵中の強放射性物質の放射光 X 線分析, 日本分析化学会第 63 年会 (2014 年 9 月) 広島市
 70. 五十嵐康人, 足立光司, 梶野瑞王, 財前祐二, 中井泉, 阿部善也, 飯澤勇信, 佐藤志彦, 末木啓介, 福島第一原発事故の初期に放出された放射性 Cs の物理・化学性状について, 2014 日本放射化学会年会・第 58 回放射化学討論会 (2014 年 9 月) 名古屋市
 71. 内野修, 森野勇, 酒井哲, 永井智広, 赤穂大河, 奥村浩, 新井康平, 泉敏治, 松永恒雄, 横田達也, GOSAT 検証用可搬型ライダーによる最近の観測成果, 第 32 回レーザーセンシングシンポジウム, 2014 年 9 月, 岐阜県高山市
 72. 酒井哲, ライダー・気球等を用いたエアロゾルと雲の観測, 第 31 回エアロゾル科学・技術研究討論会, 2014 年 8 月, 茨城県つくば市
 73. 五十嵐康人, 足立光司, 梶野瑞王, 財前祐二, 阿部善也, 飯澤勇信, 中井泉, 佐藤志彦, 末木啓介, 2011 年 3 月つくば市で観測された放射性 Cs の物理・化学性状, 第 31 回エアロゾル科学・技術研究討論会 (2014 年 8 月) つくば市
 74. 五十嵐康人, 足立光司, 梶野瑞王, 財前祐二, 阿部善也, 飯澤勇信, 中井泉, 佐藤志彦, 末木啓介, 2011 年 3 月つくば市で観測された放射性 Cs の物理・化学性状, 環境放射能除染学会 第 3 回研究発表会 (2014 年 7 月) 郡山市
 75. 大島長, 田中泰宙, 小池真, 茂木信宏, 近藤豊, ミクロから全球スケールまでのブラックカーボンのモデル研究, 第 31 回エアロゾル科学・技術研究討論会, 2014 年 8 月, 茨城県つくば市
 76. 内野修, 森野勇, 北島俊行, 小木昭典, 川波英里, 酒井哲, 永井智広, 山崎明宏, 内山明博, 菊地信弘, 吉田幸生, 奥村浩, 新井康平, 松永恒雄, 横田達也, GOSAT SWIR から導出されたエアロゾル光学特性と地上観測との比較, 日本気象学会 2014 年度秋季大会, 2014 年 5 月, 神奈川県横浜市
 77. 大島長, 近藤豊, 小池真, 茂木信宏, 竹川暢之, 北和之, 中村尚, 航空機によるエアロゾルの観測とモデル研究, 日本地球惑星科学連合 2014 年大会, 横浜, 2014 年 4 月, 神奈川県横浜市

イ. ポスター発表

・ 国際的な会議・学会等 : 48 件

1. Sekiyama, T. T., M. Kunii, and K. Kajino, Ensemble simulations of a meteorological field and an aerosol plume dispersion validated by local surface wind and Cs-137 observations, 22nd European Aerosol Conference, Tours, September 5, 2016.
2. N. Oshima, T. Y. Tanaka, T. Koshiro, H. Kawai, M. Deushi, and M. Koike, Black carbon aging and its impact on the spatial distribution and radiative forcing using a MRI global climate model, 22nd European Aerosol Conference, September, 2016, Tours, France
3. Igarashi Y, Maki T, Kita K, Takenaka C & Kinase T, Are biological aerosols involved in resuspension processes of Fukushima radioCs?: Preliminary observations, Goldschmidt 2016, June-July 2016, Yokohama, Kanagawa
4. Sekiyama, T., Kajino, M., and Kunii, M., Atmospheric Plume Dispersion Induced by the Fukushima Nuclear Accident: Probabilistic Information and Multiple Case Scenarios, Goldschmidt 2016, 2016年6月, 神奈川県横浜市
5. Kudo K., S. Toyoda, K. Yamada, N. Yoshida, D. Sasano, N. Kosugi, M. Ishii, H. Yoshikawa, A. Murata, H. Uchida, and S. Nishino, Spacial distribution of dissolved methane in the western Arctic Ocean, Goldschmidt 2016, 2016年6月, 神奈川県横浜市
6. Yasuhito Igarashi, Kazuyuki Kita, Teruya Maki, Chisato Takenaka, Takeshi Kinase, Kouji Adachi, Mizuo Kajino, Tsuyoshi Sekiyama, Yuji Zaizen, Masahide Ishizuka, Kazuhiko Ninomiya, Hiroshi Okochi, Atsuyuki Sorimachi, Resuspension processes of Fukushima radioCs: Could fungal spore play a significant role?, Japan Geoscience Union Meeting 2016, May 2016, Makuhari, Chiba
7. Yukihiro Satou, Keisuke Sueki, Kimikazu Sasa, Kouki Kokubun, Kouji Adachi, Yasuhito Igarashi, Radioactive particles in residual soil after strong acid leaching, Japan Geoscience Union Meeting 2016, May 2016, Makuhari, Chiba
8. Masato Furuya, Yuko Hatano, Tomoo Aoyama, Yasuhito Igarashi, Kazuyuki Kita, Masahide Ishizuka, Correlation-study about the ambient dose rate and the weather conditions, Japan Geoscience Union Meeting 2016, May 2016, Makuhari, Chiba
9. Maki, T, T. T. Sekiyama, T. Miyoshi, T. Nkamura, T. Iwasaki, Four Dimensional CO2 Data Assimilation of GOSAT Observation Data Using a Local Ensemble Transform Karman Filter (LETKF), JpGU meeting 2016, 2016年5月, 千葉県
10. Sasano, D., Y. Takatani, N. Kosugi, T. Midorikawa, T. Nakano, M. Ishii, Trends of oxygen with bidecadal oscillations in the Oyashio region and its propagation to the western North Pacific, JpGU meeting 2016, 2016年5月, 千葉県
11. Mizuo Kajino, Masahide Ishizuka, Yasuhito Igarashi, Kazuyuki Kita, Chisato Yoshikawa, and Masaru Inatsu, Long-term assessment of airborne radio-cesium after the Fukushima nuclear accident: re-suspension from soil and vegetation, European Geosciences Union General Assembly 2016, Apr 2016, Vienna Austria
12. Machida, T., T. Umezawa, Y. Sawa, Y. Niwa, and H. Matsueda, The recent changes and topics in CONTRAIL project, EGU General Assembly 2016, 2016年4月, オーストリア, ウィーン
13. IIDA, Y., A. Kojima, Y. Takatani, T. Nakano, T. Midorikawa, and M. Ishii, Increase in pCO2 and its Impact on the Trend of Oceanic CO2 Uptake for the Last Two Decades, International Symposium of Developing New Ocean Provinces on Their Biogeochemistry and Ecosystems, 2015年12月, 東京都文京区
14. Takatani, Y., K. Enyo, Y. Iida, A. Kojima, T. Nakano, D. Sasano, N. Kosugi, T. Midorikawa, T. Suzuki, and M. Ishii, Relationships between total alkalinity in surface water and sea surface dynamic height in the Pacific Ocean, International Symposium of Developing New Ocean Provinces on Their Biogeochemistry and Ecosystems, 2015年12月, 東京都文京区
15. Sasano, D., Y. Takatani, N. Kosugi, T. Nakano, T. Midorikawa, and M. Ishii, Multidecadal

- trends of oxygen and their controlling factors in the western North Pacific, International Symposium of Developing New Ocean Provinces on Their Biogeochemistry and Ecosystems, 2015年12月, 東京都文京区
16. Oka, E., B. Qiu, Y. Takatani, K. Enyo, D. Sasano, N. Kosugi, M. Ishii, T. Nakano, and T. Suga, Decadal variability of Subtropical Mode Water subduction and its impact on biogeochemistry, International Symposium of Developing New Ocean Provinces on Their Biogeochemistry and Ecosystems, 2015年12月, 東京都文京区
 17. Niwa, Y., R. Imasu, Y. Sawa, H. Matsueda, K. Tsuboi, N. Saitoh, and M. Satoh, Transport simulation of atmospheric CH₄ for surface flux estimation, the 18th Symposium on Environmental Remote Sensing, 2015年12月, 千葉県
 18. Satoh, T., D. Sasano, N. Kurosawa and H. Sasaki, Vertical and horizontal profiles on biodiversity of the active bacterial communities using 16S rRNA molecules in the Pacific sector of the Southern Ocean, 第6回極域科学シンポジウム, 2015年11月, 東京都立川市
 19. Sasano, D., G. Hashida, N. Kosugi, and M. Ishii, Variation of pCO₂ in the seasonal ice zone of the Southern Ocean along 110° E line, 第6回極域科学シンポジウム, 2015年11月, 東京都立川市
 20. Yasuhito Igarashi, Kohei Nishiguchi, Hiroyuki Hagino, Takeshi Kinase and Kazuyuki Kita, Challenges of High Time Resolution Direct Observation of Aerosol Metal Elements in the Field by Using Gas-Conversion ICP-MS II, The 13th International Conference on Atmospheric Sciences and Applications to Air Quality(ASAAQ2015), Nov 2015, Kobe, Hyogo
 21. Yuji Zaizen, Kouji Adachi, Mizuo Kajino, Yasuhito Igarashi, Akinori Takami, Improvement of quantification by TEM/EDS analysis for individual aerosol particles using Monte Carlo method and comparison with AMS, The 13th International Conference on Atmospheric Sciences and Applications to Air Quality(ASAAQ2015), Nov 2015, Kobe, Hyogo
 22. Deushi, M., K. Yoshida, H. Yoshimura, and N. Oshima, Dependence of stratospheric mean age of air on model resolution and transport scheme in REF-C1 simulations, Chemistry Climate Model Initiative (CCMI) workshop 2015, 2015年10月, イタリア, ローマ
 23. Oshima, N., T. Y. Tanaka, T. Koshiro, H. Kawai, M. Deushi, M. Koike, and Y. Kondo, Impact of black carbon aging on its spatial distribution and radiative effect using a MRI global aerosol model, 14th AeroCom Workshop, 2015年10月, イタリア, ローマ
 24. Toyama, K., T. Suga, K. B. Rodgers, A. Iwasaki, and B. Blanke, Interannual variability of subduction rate estimated using Argo and its implication for anthropogenic carbon uptake by the ocean, A combined GO-SHIP/Argo/ IOCCP conference on physical and biogeochemical measurements of the water column, 2015年9月, アイルランド, ゴールウェイ
 25. Sasano, D., M. Ishii, N. Kosugi, A. Murata, H. Uchida, K. Kudo, S. Toyoda, K. Yamada, N. Yoshida, H. Yoshikawa-Inoue, S. Nishino, and T. Kikuchi, Continuous measurements of xCO₂ and xCH₄ in the seawater and overlying air in the western Arctic Ocean, 世界気象機関 (WMO) /国際原子力機関 (IAEA) 第18回温室効果ガスとその測定に関する会合 (GGMT-2015), 2015年9月, アメリカ, ラホヤ
 26. Kawasaki, T., A. Takizawa, M. Takahashi, H. Koide, T. Nakazawa, S. Aoki, S. Morimoto, K. Kato, T. Shimosaka, N. Aoki, T. Watanabe, T. Machida, Y. Tohjima, H. Mukai, K. Katsumata, T. Fujitani, S. Murayama, S. Ishidoya, D. Goto, H. Matsueda, Y. Sawa, K. Tsuboi, Inter-comparison experiments of standard gases for JMA/WCC activity, 世界気象機関 (WMO) /国際原子力機関 (IAEA) 第18回温室効果ガスとその測定に関する会合 (GGMT-2015), 2015年9月, アメリカ, ラホヤ
 27. Dehara, K., H. Koide, Y. Esaki, A. Takizawa, S. Takatsuji, T. Okuda, Y. Mori, S.

- Hosokawa, H. Matsueda, Y. Sawa, K. Tsuboi, and Y. Niwa, Greenhouse Gas Observation Network of Japan Meteorological Agency in the western North Pacific, 世界気象機関 (WMO) / 国際原子力機関 (IAEA) 第18回温室効果ガスとその測定に関する会合 (GGMT-2015), 2015年9月, アメリカ, ラホヤ
28. Sawa, Y., T. Machida, H. Matsueda, Y. Niwa, K. Tsuboi, K. Katsumata, T. Umezawa, H. Eto, S. Morimoto, and S. Aoki, Comparisons of CO₂ and other greenhouse gases sampled by three different methods in the CONTRAIL project, 世界気象機関 (WMO) / 国際原子力機関 (IAEA) 第18回温室効果ガスとその測定に関する会合 (GGMT-2015), 2015年9月, アメリカ, ラホヤ
 29. Sakai, T., O. Uchino, T. Nagai, T. Fujimoto, I. Tabata, I. Morino, and B. Liley, 1. Long-term variation of stratospheric aerosols observed with lidar from 1982 to 2014 over Tsukuba, Japan, 第27回レーザーレーダー会議, 2015年7月, アメリカ, ニューヨーク
 30. Zaizen, Y., K. Adachi, and Y. Igarashi, New particle formation observed in the Kanto Plain, 9th Asian Aerosol Conference (AAC2015), 2015年6月, 石川県金沢市
 31. Igarashi, Y., K. Adachi, Y. Zaizen, and M. Kajino, Trials for Electron-Microscopic Aerosol Database II, 9th Asian Aerosol Conference, 2015年6月, 石川県金沢市
 32. Niwa, Y., T. Machida, Y. Sawa, H. Matsueda, and T. Umezawa, Global aircraft measurements of GHGs by CONTRAIL, 11th International Greenhouse Gas Measurement Workshop (IWGGMS-11), 2015年6月, アメリカ, パサデナ
 33. Yasuhito Igarashi, Kohei Nishiguchi, Kazuyuki Kita, Challenges of High Time Resolution Direct Observation of Aerosol Metal Elements in the Field by Using Gas-Conversion ICP-MS, 9th Asian Aerosol Conference, June 2015, Kanazawa, Ishikawa
 34. Yuji Zaizen, Koji Adachi, Yasuhito Igarashi, New particle formation events observed in the Kanto Plane, 9th Asian Aerosol Conference, June 2015, Kanazawa, Ishikawa
 35. IGARASHI Yasuhito, ZAIZEN Yuji, ADACHI Kouji, KAJINO Mizuo, Atmospheric Radio-Sr and -Cs Depositions at Mt. Haruna, Japan Geoscience Union Meeting 2015, May 2015, Makuhari, Chiba
 36. FURUYA Masato, HATANO Yuko, AOYAMA Tomoo, KITA Kazuyuki, IGARASHI Yasuhito, Correlation-research about fluctuations of the air dose rate and weather conditions, Japan Geoscience Union Meeting 2015, May 2015, Makuhari, Chiba
 37. ONO Takahiro, IIZAWA Yushin, ABE Yoshinari, NAKAI Izumi, TERADA Yasuko, SATO Yukihiro, NINOMIYA Kazuhiko, ADACHI Kouji, IGARASHI Yasuhito, Multiple synchrotron radiation X-ray analyses of radioactive microparticles emitted from the Fukushima Nuclear Accident, Japan Geoscience Union Meeting 2015, May 2015, Makuhari, Chiba
 38. Kosugi Naohiro, Sasano Daisuke, Ishii Masao, Nishino Shigeto, Inoue Jun, Yoshikawa Hisayuki, Oceanic CO₂ evolutions at the fixed stations in the Arctic in summer, The 4th International Symposium on the Arctic Research (ASSW), 2015年4月, 富山県富山市
 39. Yasuhito Igarashi, Mizuo Kajino, Yuji Zaizen, Koji Adachi and Masao Mikami, Atmospheric Radionuclides from the FDNPP Accident-Four years Observations in Tsukuba, Japan an Immediate Resuspension, Japan, European Geosciences Union General Assembly 2015, Apr 2015, Vienna Austria
 40. Yukihiro Satou, Keisuke Sueki, Kimikazu Sasa, Kouji Adachi, Yasuhito Igarashi, Characterization study of cesium concentrated particles in the soils near the Fukushima Daiichi nuclear power plant, European Geosciences Union General Assembly 2015, Apr 2015, Vienna Austria
 41. Naga Oshima, Makoto Koike, Yutaka Kondo, Hisashi Nakamura, Nobuhiro Moteki, Hitoshi Matsui, Nobuyuki Takegawa, and Kazuyuki Kita, Vertical transport and removal of black carbon over East Asia in spring during the A-FORCE aircraft campaign, 2014 AGU fall meeting, December, 2014, San Francisco, USA
 42. Naga Oshima, Makoto Koike, Yutaka Kondo, Hisashi Nakamura, Nobuhiro Moteki, Hitoshi

- Matsui, Nobuyuki Takegawa, and Kazuyuki Kita, Vertical transport mechanisms of black carbon over East Asia in spring during the A-FORCE aircraft campaign, 13th International Global Atmospheric Chemistry Science Conference, September, 2014, Natal, Brazil
43. Yasuhito Igarashi, Kouji Adachi, Yuji Zaizen, Mizuo Kajino, Trials for Electron microscopy Aerosol Database, IAC2014, Aug 2014, Busan Korea
 44. Shin TOYODA, Yamamoto YUYA, Kana NAGASHIMA, Yasuhito IGARASHI, Ryuji TADA, Investigation of the Temporal Change of the Sources of Aeolian Dust Delivered to Japan using Electron Spin Resonance Signals in Quartz, AOGS2014, Jul 2014, Spporo Japan
 45. Masahide ISHIZUKA, Masao MIKAMI, Taichu TANAKA, Yasuhito IGARASHI, Kazuyuki KITA, Yutaka YAMADA, Naohiro YOSHIDA, Sakae TOYODA, Yukihiko SATOU, Yoshio TAKAHASHI, Kazuhiko NINOMIYA, Atsushi SHINOHARA, Radioactivity Resuspension by Dust Emission using a Size-resolved 1-D Vertical Model in Namie, Fukushima, AOGS2014, Jul 2014, Spporo Japan
 46. 木野日美子, 北和之, 田中美佐子, 木名瀬健, 出水宏幸, 五十嵐康人, 三上正男, 梶野瑞王, 足立光司, 木村徹, 石塚正秀, 川島洋人, 吉田尚弘, 豊田栄, 山田桂大, 大河内博, 篠原厚, 二宮和彦, 恩田裕一, 放射性セシウムの大気再飛散と気象条件の関係 (Correlation between Atmospheric Re-entrainment of Radioactive Cs and Meteorological Phenomena Conditions.), 日本地球惑星科学連合 2014 年大会 (2014 年 5 月) 横浜市
 47. 飯澤勇信, 阿部善也, 中井泉, 寺田靖子, 足立光司, 五十嵐康人, 福島原発事故で放出された強放射性大気粉塵粒子の放射光 X 線分析 (Synchrotron radiation X-ray analyses of the radioactive single airborne particle emitted by the Fukushima nuclear accide), 日本地球惑星科学連合 2014 年大会 (2014 年 5 月) 横浜市
 48. 田中美佐子, 北和之, 木名瀬健, 木野日美子, 出水宏幸, 五十嵐康人, 三上正男, 足立光司, 木村徹, 川島洋人, 吉田尚弘, 豊田栄, 山田桂大, 大河内博, 山之越恵理, 篠原厚, 二宮和彦, 中井泉, 阿部善也, 石塚正秀, 恩田裕一, 福島県浪江町で観測された大気放射能濃度と、エアロゾル組成との関係の推定 (Estimate of relationship between composition of aerosol and radioactive cesium observed in Namie Town, Fukushima Pref.), 日本地球惑星科学連合 2014 年大会 (2014 年 5 月) 横浜市

・国内の会議・学会等 : 36 件

1. 松枝秀和, 町田敏暢, 梅澤拓, 寺尾有希夫, 向井人史, 澤庸介, 丹羽洋介, CONTRAIL で観測された上部対流圏のメタン濃度の分布と変動, 日本気象学会 2016 年度秋季大会, 2016 年 10 月, 名古屋市
2. 董楽, 吉川久幸, 遠嶋康徳, 丹羽洋介, 松枝秀和, 北海道利尻島における大気中 CO₂、CH₄、CO の変動について, 第 22 回大気化学討論会, 2016 年 10 月, 札幌
3. 八田寛道, 齋藤尚子, 丹羽洋介, 今須良一, 塩見慶, 吉田幸生, GOSAT および大気輸送モデル NICAM-TM の温室効果ガス気柱平均濃度の比較解析, 第 22 回大気化学討論会, 2016 年 10 月, 札幌
4. 石島健太郎, 滝川雅之, 山下陽介, 八代尚, 坪井一寛, 滝沢厚詩, 丹羽洋介, 松枝秀和, パッシブトレーサの高解像度シミュレーション, 第 22 回大気化学討論会, 2016 年 10 月, 札幌
5. 坪井一寛, 松枝秀和, 細川周一, 川崎照夫, 江崎雄治, 滝沢厚詩, 高橋正臣, 高辻慎也, 出原幸志郎, 橋本晋, 古積健太郎, 澤庸介, 丹羽洋介, 気象庁メタン観測スケールの評価, 第 22 回大気化学討論会, 2016 年 10 月, 札幌
6. 柿本嵩人, 豊田栄, 吉田尚弘, 小杉如央, 笹野大輔, 石井雅男, 亀山宗彦, 稲川満穂実, 吉川久幸, 西野茂人, 内田裕, 村田昌彦, 安定同位体を用いた北極海における N₂O 生成・消滅過程の解析, 2016 年度日本地球化学会第 63 回年会, 2016 年 9 月, 大阪府大阪市
7. 五十嵐康人, 梶野瑞王, 足立光司, 財前祐二, 関山剛, 電子顕微鏡データの活用: エアロゾルデータベース構築の試み 3, 第 33 回エアロゾル科学・技術研究討論会 (2016 年 8~9

- 月)大阪府堺市
8. 足立光司, 森林火災から発生するエアロゾル粒子, 第33回エアロゾル科学・技術研究討論会(2016年8~9月)大阪府堺市
 9. 財前祐二, 田尻拓也, 折笠成宏, つくばで観測された2次粒子の成長と吸湿特性(κ)の変化, 第33回エアロゾル科学・技術研究討論会, 2016年8月, 大阪府堺市
 10. 財前祐二, 田尻拓也, 折笠成宏, 村上正隆, 冬季つくばにおけるエアロゾル吸湿特性(κ)の変化の特徴, 日本気象学会2016年度春季大会, 2016年5月, 東京都渋谷区
 11. 野々垣亮介, 齋藤尚子, 今須良一, 塩見慶, 丹羽洋介, 青木周司, 森本真司, 町田敏暢, 松枝秀和, 澤庸介, 坪井一寛, NICAM-TM データ及び航空機観測データによる GOSAT/TANSO-FTS TIR CH4 データの評価, 日本地球惑星科学連合2016年大会, 2016年5月, 千葉県千葉市
 12. 齋藤尚子, 木本周平, 杉村亮, 今須良一, 塩見慶, 久世暁彦, 町田敏暢, 澤庸介, 松枝秀和, GOSAT/TANSO-FTS の TIR バンドの CO2 鉛直濃度データ V1.0 プロダクトの特徴, 日本地球惑星科学連合2016年大会, 2016年5月, 千葉
 13. 村山昌平, 坪井一寛, 石戸谷重之, 松枝秀和, 澤庸介, 丹羽洋介, 高辻慎也, 奥田智紀, 出原幸志郎, 森陽樹, 細川周一, 宇佐美哲之, 南鳥島における大気中二酸化炭素の安定同位体比の観測, 日本気象学会2016年度春季大会, 2016年5月, 東京都渋谷区
 14. 飯田洋介, 高谷祐介, 小嶋惇, 中野俊也, 石井雅男, 二酸化炭素分圧観測データセットを用いた 全球表面海水中炭酸系月別値の再構築, 日本海洋学会2016年度春季大会, 2016年3月, 東京都文京区
 15. 小野恒, 齊藤秀, 延与和敬, 高谷祐介, 飯田洋介, 小嶋惇, 中野俊也, 石井雅男, 緑川貴, 気象庁東経137度線と165度線における二酸化炭素分圧の長期変化傾向, 日本海洋学会2016年度春季大会, 2016年3月, 東京都文京区
 16. 小嶋惇, 高谷祐介, 飯田洋介, 延与和敬, 中野俊也, 石井雅男, 笹野大輔, 小杉如央, 緑川貴, 全球版海面全アルカリ度推定および長期変化傾向, 日本海洋学会2016年度春季大会, 2016年3月, 東京都文京区
 17. 木村徹, 五十嵐康人, 財前祐二, IAEA-TEL-2015-03 Proficiency Test 試料の測定, 第17回「環境放射能」研究会(2016年3月8日)つくば市
 18. 小野 貴大, 飯澤 勇信, 阿部 善也, 中井 泉, 寺田 靖子, 佐藤 志彦, 末木 啓介, 二宮 和彦, 足立 光司, 五十嵐 康人, 放射光 X 線分析を用いた福島第一原発事故1号機由来とされる放射性粒子の化学的性状の解明, 第29回日本放射光学会年会(2016年1月)柏市
 19. 足立光司, 「大気エアロゾルの構造組成分析で明らかにする地球気候」構造・組織のハイレゾ分析に基づく地球惑星物質科学, 広島大学, 2015年12月4日
 20. 毛家村友里子, 林田佐智子, 小野朗子, 中里真久, 永井智広, 2005年春における中国から日本へのオゾン越境汚染について ~高度別の起源推定・FLEXPART での後方流跡線解析~, 日本気象学会2015年度秋季大会, 2015年10月, 京都府京都市
 21. 川崎照夫, 中澤高清, 青木周司, 森本真司, 後藤大輔, 町田敏暢, 遠嶋康徳, 向井人史, 勝又啓一, 村山昌平, 石戸谷重之, 加藤健次, 下坂琢哉, 青木伸行, 渡邊卓朗, 小出寛, 高橋正臣, 滝沢厚詩, 藤谷徳之助, 松枝秀和, 澤庸介, 坪井一寛, 温室効果ガス観測に関する相互比較実験(iceGG0)の結果, 日本気象学会2015年度秋季大会, 2015年10月, 京都府京都市
 22. 石戸谷重之, 青木伸行, 村山昌平, 下坂琢哉, 近藤裕昭, 坪井一寛, 菅原広史, 磁気式酸素計を用いた大気中酸素濃度の高精度連続観測システムの開発とその応用, 第21回大気化学討論会, 2015年10月, 東京都
 23. 高谷祐介, 小嶋惇, 中野俊也, 笹野大輔, 石井雅男, 北西太平洋亜熱帯域での酸素極小層の拡大, 日本海洋学会2015年度秋季大会, 2015年9月, 愛媛県松山市
 24. 五十嵐康人, 西口講平, 萩野浩之, 木名瀬健, 北和之, ICP-MS 直接エアロゾル元素分析による野外観測の試み, 2015年度日本地球化学会年会(2015年9月), 横浜市
 25. 坪井一寛, 松枝秀和, 澤庸介, 丹羽洋介, 高辻慎也, 藤原宏章, 出原幸志郎, 奥田智紀, 森陽樹, 北西太平洋上の大気中水素濃度観測, JpGU meeting 2015, 2015年5月, 千葉県

26. 内山明博, 山崎明宏, 工藤玲, 石廣玉, 陳彬, 地上でのエアロゾル光学特性の連続観測 2 (福岡と北京の比較), 日本気象学会 2015 年度春季大会, 2015 年 5 月, 茨城県つくば市
27. 高辻慎也, 藤原宏章, 出原幸志郎, 奥田智紀, 森陽樹, 福山幸生, 江崎雄治, 坪井一寛, 丹羽洋介, 松枝秀和, 澤庸介, 南鳥島 C-130H 輸送機による北西太平洋上空の温室効果ガス観測, 日本気象学会 2015 年度春季大会, 2015 年 5 月, 茨城県つくば市
28. 財前祐二, 足立光司, 梶野瑞王, 五十嵐康人, つくばで観測された新粒子生成の特徴, 日本気象学会 2015 年度春季大会 (2015 年 5 月) 茨城県つくば市
29. 五十嵐康人, 足立光司, 梶野瑞王, 財前祐二, 阿部善也, 飯澤勇信, 中井泉, 佐藤志彦, 末木啓介, 2011 年 3 月事故初期の大気中放射性 Cs の物理・化学性状, 日本気象学会 2015 年度春季大会 (2015 年 5 月) 茨城県つくば市
30. 五十嵐康人, 足立光司, 梶野瑞王, 財前祐二, 電子顕微鏡データの活用: エアロゾルデータベース構築の試み 2, 第 31 回エアロゾル科学・技術研究討論会 (2014 年 8 月) つくば市
31. 永井智広, 酒井哲, 泉敏治, 内野修, 中里真久, 入江仁士, 二酸化窒素観測用差分吸収法ライダー (DIAL) の開発, 日本気象学会 2014 年度秋季大会, 2014 年 10 月, 福岡県福岡市
32. 足立光司, 財前祐二, 茂木信宏, 小池真, 近藤豊, 東アジアにおける航空機を使ったエアロゾル観測 (AForce) プロジェクトで得られた試料の電子顕微鏡分析, 2014 年 8 月, 第 31 回エアロゾル科学・技術研究討論会
33. 足立光司, 梶野瑞王, 財前祐二, 五十嵐康人, 福島第一原子力発電所事故の初期に放出された球状セシウム粒子, 2014 年 5 月, 日本地球惑星科学連合 2014 年大会
34. 足立光司, 航空機によって捕集された人為起源およびバイオマス燃焼から発生したエアロゾル粒子の電子顕微鏡分析, 2014 年 5 月, 日本地球惑星科学連合 2014 年大会
35. 足立光司, 梶野瑞王, 財前祐二, 五十嵐康人, 原発事故で大気中に放出された放射性粒子を電子顕微鏡で見る, 2014 年 5 月, 日本顕微鏡学会第 70 回記念学術講演会 (招待講演)
36. 谷中郁哉, 北和之, 山口裕樹, 福寿旅人, 板橋良平, 木名瀬健, 入江仁士, 野口克行, 中山智喜, 松見豊, 永井智広, 酒井哲, 財前祐二, 森野勇, 田中智章, リモートセンシングによる下部対流圏オゾン量導出のための航空機による検証観, 日本気象学会 2014 年度春季大会, 2014 年 5 月, 神奈川県横浜市

(4) 投稿予定論文: 4 件

1. Zaizen, Y, K. Adachi, M. Kajino, Y. Igarashi: New particle formation observed in the Kanto Plane, Japan, planned to submit to Atmospheric Environment.
2. Uchiyama, A., C. Bin, A. Yamazaki, G. Shi, R. Kudo, C. Nishita-Hara, M. Hayashi, T. Matsunaga, 2016: Aerosol Optical Characteristics in Fukuoka and Beijing Measured by Integrating Nephelometer and Aethalometer, Atmospheric Environment.
3. 泉敏治, 内野修, 酒井哲, 永井智広, 森野勇, ミーライダーデータから算出した混合層高度, 天気 (投稿中)
4. Uchino, O., T. Sakai, T. Izumi, T. Nagai, I. Morino, A. Yamazaki, M. Deushi, K. Yumimoto, T. Maki, T. Y. Tanaka, T. Akaho, H. Okumura, K. Arai, T. Nakatsurul, T. Matsunaga, T. Yokota, Lidar detection of high concentrations of ozone and aerosol transported from Northeast Asia over Saga, Japan. submitted to Atmos. Chem. Phys. (Atmos. Chem. Phys. Discuss., 2016, doi:10.5194/acp-2016-520)

報道・記事

- ・NHK サイエンス ZERO 「シリーズ 原発事故(13) 謎の放射性粒子を追い！」2014 年 12 月 21 日放送
- ・NHK E テレ, サイエンス ZERO 「温暖化の新たな危機 “海洋酸性化”」2016 年 1 月 10 日放送
- ・NHK ワールド, サイエンスビュー “The Leading Edge: A New Threat - Ocean Acidification” 2016 年 10 月 5 日放送

c4 放射収支の監視システムの高度化と気候変動要因解明に関する研究

研究年次：1年目／5年計画（平成26年度～平成30年度）

研究代表者：山崎明宏（気候研究部 第三研究室主任研究官）

課題構成及び研究担当者：

副課題名1 気候変動（放射収支）・大気環境監視のための観測システムの構築

山崎明宏、石田春磨¹⁾、工藤 玲（気候研究部）、石元裕史（気象衛星・観測システム研究部）湯浅大樹²⁾（地球環境・海洋部）、内山明博^{3) 4)}（客員）、

副課題名2 観測データから放射収支へ影響を与えている要素の評価と変動特性の解明

山崎明宏、石田春磨¹⁾、工藤 玲（気候研究部）、湯浅大樹²⁾（地球環境・海洋部）、内山明博^{3) 4)}（客員）

研究の目的

気候変動を決定づける大気放射収支の変動とその主要因となる雲・エアロゾルの監視技術の高度化と気候変動への影響解明を目的とする。

研究の目標

（課題全体の目標）

日射・放射のエネルギーとスペクトルデータの観測技術の開発、及び、雲・エアロゾルの推定技術の開発を行い、大気放射場の変動とその要因を監視することを可能にする。そして、大気放射場変動の要因を明らかにする。

（福課題ごとの目標）

副課題1の目標

大気放射収支とその変動要因を監視するために

- ①日射・放射観測の高度化と連続観測システムの構築
- ②雲・エアロゾルの推定技術の高度化を実施する。

副課題2の目標

副課題1で開発された観測システムで得られたデータを元に、大気放射場の季節～年々変動とその要因を解明する。

研究の現状

（1）進捗状況

副課題1

- ①全天分光日射計の開発、検定法の改良を進めた。
- ②放射計データからの雲物理量の推定法の開発・改良を行った。
- ③太陽周辺光の分布画像を撮る手法の開発を進めた。
- ④EarthCARE搭載ライダーと放射計を使ったエアロゾルの推定アルゴリズムの開発を進め、導出された値から大気放射収支を評価するための解析アルゴリズムの開発を行った。

副課題2

- ①過去の放射計データ及び光学特性測定データの解析を進め、エアロゾル特性の時空間変動を解析した。

¹⁾ 平成27年度から、²⁾ 平成28年度から、³⁾ 平成27年度から平成28年度まで、⁴⁾ 平成26年度は気候研究部

- ②スカイラジオメータとライダーデータを解析し、エアロゾルの時空間変動を解析した。

(2) これまで得られた成果の概要

副課題 1

- ①光学特性測定装置の測定値（多波長散乱・吸収係数）を補正し、一次散乱特性を推定する方法を論文にまとめ投稿し、掲載された。散乱係数に対する、角度打ち切り、光源分布のずれの補正を行い、一次散乱アルベド（SSA）が誤差0.002以下で推定できることなどを示した。
- ②上記の方法で得られた体積粒径分布を用いてPM_{2.5}の推定する方法を開発した。値は、系統的に差があるが、相関は高かった（相関係数=0.96）。
- ③開発中の分光日射計について、気体吸収の少ない1225, 1627, 2200nmで通常のLangley法とNISTランプ、積分球による検定結果の比較を行った。NISTランプではLangley法の値と-1.6, -2.7, -7.1%の差、積分球ではLangley法の値と1.1, -3.4, -4.5%の差を確認した。NISTランプと積分球の測定時のバラツキ、輝度の不安定性を考慮した不確定性は、NISTランプで2.6, 3.4, 7.4%、積分球で4.8, 5.9, 25.8%であった。積分球を使った検定では、分光日射計の感度が低く、不確定性が大きい結果を得た。
- ④グレーティング方式の分光放射計による直達・散乱フラックスの観測値を計算するフォワードモデルを構築した。
- ⑤スカイラジオメータの940nmチャンネルを用いた可降水量の推定方法について論文にまとめ投稿し、掲載された。
- ⑥スカイラジオメータの可視域レンズ交換後、検定定数の経年変化は小さく、新しいレンズは以前のレンズに比べ劣化が大きくないことを確認した。
- ⑦スカイラジオメータの波長1225nm干渉フィルター（半値全幅10nm）の透過率測定を行った結果、ブロッキングに問題があり波長675nm程度まで透過していることが判明した。このままでは1225nm測定に問題があるため、干渉フィルターの交換を実施し、新しい干渉フィルターを使った連続観測を開始した。
- ⑧スカイラジオメータによる日射の多波長・輝度分布観測から、エアロゾル組成の構成情報を推定する手法を開発した。硫酸塩、水溶性、黒色炭素、ダスト、海塩の構成比を推定したが、黒色炭素を過大評価する傾向が見られた。水溶性と黒色炭素の内分混合や、ダストの非球形性等、より現実的なエアロゾルの状態を考慮する必要性が示された。
- ⑨リモートセンシングに最適な水溶性と黒色炭素の内部混合粒子について、気象衛星観測システム研究部、環境・応用気象研究部の協力を得ながら調査を行った。その結果をもとに球状の内部混合の計算コード、データベースを構築した。さらに、非球形粒子のデータベースの作成を進めている。
- ⑩スカイラジオメータとライダーの地上観測から、粒子の非球形性を考慮しながらエアロゾルの光学特性の鉛直分布を推定する手法を開発し、論文にまとめ投稿し、掲載された。
- ⑪北海道滝川市で行ってきたライダーによるエアロゾルの鉛直分布観測の結果を比較材料にすることで、スカイラジオメータとライダーの地上観測からエアロゾルの鉛直分布を推定する手法を改良した。
- ⑫エアロゾルの全球3次元分布の観測を目的として、2018年度打ち上げ予定のEarthCARE衛星に搭載される高波長分解能ライダーと多波長イメージャーの観測から、エアロゾルの組成（水溶性、黒色炭素、ダスト、海塩）の鉛直分布を推定するアルゴリズムを開発した。そして、海上、陸上を想定した数値実験を行った結果、良好な推定結果を得ることが出来た。
- ⑬EarthCARE衛星用に開発した上記アルゴリズムをCALIOP、MODIS用に修正し、アフリカのバイオマスバーニング、中東のダストの事例でテストした。結果は、良好で、それぞれの特徴をよく表すエアロゾル組成が得られた。
- ⑭スカイラジオメータの観測から、エアロゾル、オゾン全量、可降水量を同時に推定する手法を開発した。また、スカイラジオメータの観測から、雲の光学特性を推定する手法を開発した。
- ⑮地上設置及び衛星搭載の放射計データからの雲物理量の推定法改良の一環として、地上測器や衛星観測の品質向上に必要な雲スクリーニング手法の改良のため、機械学習による多変量解析

手法を応用したアルゴリズムを開発した。また、アルゴリズムを実際の衛星データ (MODIS) に適用して雲スクリーニング出力結果を検証し、妥当な精度が得られることを確認した。なお、雲スクリーニング手法の開発は、ひまわり8/9号の雲種識別プロダクト改良作業の一環として、衛星センターと共同で実施している。

- ⑯日射の輝度分布を測定するための全天カメラとその解析手法を開発した。
- ⑰ダイナミックレンジ120dBのloglinear出力のカメラによる太陽周辺光の分布画像撮影試験を実施した。その結果、linear出力だけの設定で周辺光を太陽の中心から約1度～10度角度のところで測定できることを確認した。
- ⑱2018年度打ち上げ予定のEarthCARE衛星に搭載される高波長分解能ライダーと多波長イメージャーによるエアロゾル観測を利用した大気環境監視のため、同衛星搭載のセンサーを複合利用した放射量推定プログラムを作成した。特に今年度は、大量の衛星観測及び衛星輝度シミュレーションのデータを効率的に取り扱えるようにするためのプログラム部分を引き続き開発・改良した。

副課題2

- ①副課題1で開発した方法をつくばの2002年～2013年のデータに適用し、エアロゾル一次散乱特性のトレンドと気候値について論文にまとめ投稿し、掲載された。多くのエアロゾル光学特性が有意なトレンドがあることが示された。消散係数、吸収係数は減少、SSAは増加傾向にあること (大気中のエアロゾルが減り、吸収性エアロゾルの割合が減少)、吸収係数のオングストローム指数が増加傾向にある (吸収性エアロゾルのうちFresh BCが減り、植物燃焼起源や二次生成有機エアロゾルの割合が相対的に増加) ことなどが示された。
- ②北京と福岡で測定した光学特性データ (多波長散乱・吸収係数) のデータから一次散乱特性を推定し、両観測点の比較を行った。消散・散乱・吸収係数は、平均値で福岡が北京の約5分の1くらいである。SSAは、両地点とも0.8～0.95であった。吸収係数のオングストローム指数が両地点とも明瞭な季節変化をしているが、北京の値がやや小さい。また、夏季に1より小さい値が頻繁に観測された。粗大粒子の割合は、北京では1年を通して多かった。
- ③消散係数及び吸収係数のオングストローム指数 (Alph_ext、Alph_abs) は、それぞれエアロゾルの粒径分布及び吸収成分に関係している。これらとSSA、複素屈折率の虚数部 (ImRF) の関係を福岡と北京のデータを使って調べた。Alph_absとAlph_extには、正の相関があった。すなわち、Alph_absが小さいとき大きな粒子を多く含むことを意味する。Alph_absとImRFの関係は、Alph_absが小さいとき、ImRFは小さく、Alph_absが大ききときはImRFが大きき傾向があった。また、波長依存はAlph_extに依存していた。
- ④エアロゾル測定データを消散係数 (Cext) で大雑把に分け、SSA、Alph_ext、Alph_absの関係を調べた。Cextが大ききほど、SSAが大きき (吸収の割合が少ない) 傾向があるが、それぞれのCextの大きさに対して、Alph_extが大、Alph_absが小、または、Alph_extが小、Alph_absが大のとき、SSAが大きくなる。前者は黄砂粒子に、後者は二次生成粒子に対応していると思われる。Alph_extを固定して見てみると中程度のAlph_absでSSAが最小値なり、最小値を示すAlph_absはAlph_extとともに大きくなる結果を得た。
- ⑤スカイラジオメータ (気象研) とライダー (環境研) の過去2年分のデータから、エアロゾル光学特性の鉛直分布の季節変動を導出した。年間を通して、境界層内でエアロゾル消散係数のピークが見られた。春季には、黄砂やロシアの森林火災起源のエアロゾルの移流にともなって、自由大気において消散係数のピークが見られた。これにより、境界層内のエアロゾルと区別して、黄砂や森林火災起源のエアロゾルの光学特性を得ることが出来た。
- ⑥1976～2008年のエアロゾル光学特性の変動を入力とした次元大気境界層モデルを用いて、エアロゾルが大気境界層へもたらす影響について、地表面状態が異なる場合に関して感度実験を行った。土壌が湿っている場合は、エアロゾルの長期変動は、日最大気温の増加傾向を作るが、土壌が乾燥している場合は、日最大気温を減少させる傾向を作った。日最低気温、平均気温に関しては、どちらの場合も、増加傾向をもたらした。エアロゾルが放射過程を通して大気境界層へ与える影響は、地表面の状態にも依存する可能性が示された。
- ⑦2012～2013年のスカイラジオメータ (気象研) とライダー (環境研) のデータから解析したエー

ロゾル光学特性の鉛直分布を使って、エーロゾルによる大気の加熱率を導出した。さらに、これらを入力値とし、大気境界層モデルを用いた感度実験を行った結果、エーロゾルの鉛直分布が大気境界層の構造へ影響を与えることが分かった。

- ⑧マウナロア観測所で検定したスカイラジオメータの基準器と観測点（福岡、宮古島、南鳥島）設置スカイラジオメータ及び気象庁環境気象大気混濁度観測業務で石垣島に設置したスカイラジオメータの比較検定観測を行い、検定定数を転写することで観測精度を維持した。
- ⑨平成27年度末に気象庁環境気象大気混濁度観測業務において石垣島で開始したスカイラジオメータ観測の観測技術とデータ解析の技術協力と、ハワイ島マウナロア観測所での検定観測に関わる技術指導を行った。
- ⑩過去の放射計データ及び光学特性測定データの整備を行っている。
- ⑪スカイラジオメータとライダーの複合解析によるデータ解析を進めている。

（3）当初計画からの変更点（研究手法の変更点等）

特に変更はない。

（4）成果の他の研究への波及状況

他省庁予算

- ①地球一括計上（地球環境保全試験研究費）「分光日射観測とデータ同化によるエーロゾル・雲の地表面放射収支に与える影響監視に関する研究」（サブ課題名：地上分光日射観測によるエーロゾル・雲の地表面放射収支への影響監視）において、開発中の波長域0.35～2.5 μm が測定可能な分光日射計、直達分光日射計及びスカイラジオメータの校正をNOAAマウナロア観測所で実施し、Langley法により良好な検定データを取得することができた。

共同研究

- ①JAXA委託研究「EarthCARE衛星搭載ライダー・イメージャーを用いたエーロゾル・雲の推定アルゴリズム開発（PI:国立環境研究所）」の枠組みにおいて、国立環境研究所の研究者と共同で、衛星観測からエーロゾルの組成の鉛直分布を推定する手法を開発した。
- ②JAXA共同研究契約「GCOM-C1エーロゾル検証データ提供のための放射観測システムの高度化」において衛星センサー校正用の積分球を利用したスカイラジオメータと分光日射計の検定定数の決定を行った。波長が長い分光日射計の積分球による検定は、感度が弱く不確定性が大きいことを確認した。

科学研究費補助金

- ①科研費基盤（A）「エアロゾル地上リモートセンシング観測網による数値モデルの気候変動予測の高度化」の課題において、SKYNET、AD-Net地上観測網のスカイラジオメータとライダーを使ったエーロゾルのデータの複合解析を行っている。
- ②科研費基盤（B）「マルチスケール大気放射モデルを用いた全球雲解像放射エネルギー収支の定量化」の課題において、放射伝達計算手法の開発・改良した。また、高解像度力学モデルにおける雲層内での微細な熱放射エネルギー収支の評価を可能にした。
- ③科研費基盤（B）「衛星搭載アクティブ・パッシブセンサーデータの複合利用による全球エアロゾル解析」の課題において、CALIOP（ライダー）とMODIS（分校放射計）を使ったエーロゾルの複合解析を行っている。
- ④科研費基盤（B）「瞠目的手法による大気境界層内の鉛直混合が雲・大気質・放射場に及ぼす影響解明」の課題において、地上ライダーとスカイラジオメータを使ったエーロゾルの複合解析を行った。

今後の研究の進め方

副課題1

- ①全天分光日射計の検定法の改良を進める。
- ②地上設置及び衛星搭載の放射計データからの雲物理量の推定法の開発・改良を引き続き行う。
- ③太陽周辺光の分布画像を撮る手法の開発を引き続き進める。

- ④EarthCARE搭載ライダーと放射計を使ったエアロゾルの推定アルゴリズムの開発を引き続き行う。更に、それにより導出された値から大気放射収支を評価するための解析アルゴリズムの開発を行う。
- ⑤より現実的な大気場に対応した放射伝達計算コードの開発・改良を行う。

副課題2

- ①引き続き過去の放射計データ及び光学特性測定データの解析を進め、エアロゾル特性の時空間変動を解析する。
- ②引き続きスカイラジオメータとライダーデータを解析し、エアロゾルの時空間変動を解析する。

研究成果及びその活用に関する意見（中間評価の総合所見）

本研究課題については、気象研究所研究課題評価委員会において中間評価を実施した。中間評価の総合所見については、270 ページを参照。

成果発表一覧

（1）査読付き原著論文：10件

1. Kudo, R., T. Nishizawa, T. Aoyagi, Y. Fujiyoshi, Y. Higuchi, M. Hayashi, A. Shimizu, and K. Aoki, 2017: Remote sensing of aerosol optical properties and solar heating rate by the combination of sky radiometer and lidar measurements. *AIP Conference Proceedings*, 1810. (in press)
2. Uchino, O., Sakai, T., Izumi, T., Nagai, T., Morino, I., Yamazaki, A., Deushi, M., Yumimoto, K., Maki, T., Tanaka, T. Y., Akaho, T., Okumura, H., Arai, K., Nakatsuru, T., Matsunaga, T., and Yokota, T., 2017: Lidar detection of high concentrations of ozone and aerosol transported from northeastern Asia over Saga, Japan. *Atmospheric Chemistry and Physics*, **17**, 1865–1879.
3. Kudo, R., T. Nishizawa, and T. Aoyagi, 2016: Vertical profiles of aerosol optical properties and the solar heating rate estimated by combining sky radiometer and lidar measurements. *Atmospheric Measurement Techniques*, **9**, 3223–3243.
4. Nishizawa, T., N. Sugimoto, I. Matsui, A. Shimizu, Y. Hara, U. Itsushi, K. Yasunaga, R. Kudo, and S. W. Kimo, 2016: Ground-based network observation using Mie-Raman lidars and multi-wavelength Raman lidars and algorithm to retrieve distributions of aerosol components, *J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transfer.*, doi:10.1016/j.jqsrt2016.06.031.
5. Ohyama, H., Kawakami, S., Tanaka, T., Morino, I., Uchino, O., Inoue, M., Sakai, T., Nagai, T., Yamazaki, A., Uchiyama, A., Fukamachi, T., Sakashita, M., Kawasaki, T., Akaho, T., Arai, K., and H. Okumura, 2015: Observations of XCO₂ and XCH₄ with ground-based high-resolution FTS at Saga, Japan, and comparisons with GOSAT products. *Atmospheric Measurement Techniques*, **8**, 5263–5276.
6. Uchiyama, A., 2014: Method to retrieve single-scattering properties of aerosols using multi-wavelength scattering and absorption coefficient data measured by integrating nephelometer and absorption photometer. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, **92A**, 71–91.
7. Uchiyama, A., A. Yamazaki, R. Kudo, E. Kobayashi, H. Togawa, and D. Uesawa, 2014: Continuous Ground-Based Observation of Aerosol Optical Properties at Tsukuba, Japan (Trend and Climatology). *Journal of the Meteorological Society of Japan*, **92A**, 93–108.
8. Uchiyama, A., A. Yamazaki, and R. Kudo, 2014: Column Water Vapor Retrievals from Sky-radiometer (POM-02) 940nm Data. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, **92A**, 195–203.

9. Irie H., T. Nakayama, A. Shimizu, A. Yamazaki, T. Nagai, A. Uchiyama, Y. Zaizen, S. Kagamitani, and Y. Matsumi, 2015: Evaluation of MAX-DOAS aerosol retrievals by coincident observations using CRDS, lidar, and sky radiometer in Tsukuba, Japan. *Atmospheric Measurement Techniques*, **8**, 2775-2788.
10. 酒井哲, 内野修, 森野勇, 永井智広, 赤穂大河, 川崎健, 奥村浩, 新井康平, 内山明博, 山崎明宏, 松永恒雄, 横田達也, 2014: 佐賀のライダーとスカイラジオメータによって検出された桜島の火山灰の高度分布と光学特性. *日本リモートセンシング学会誌*, **34**, 197-204.

(2) 学会等発表

ア. 口頭発表

・国際的な会議・学会等 : 1 件

1. Kudo, R., T. Nishizawa, A. Higurashi, N. Sugimoto, and E. Oikawa, Development of ATLID-MSI synergy for retrieving the vertical profiles of aerosol components, EarthCARE Workshop 2014, 2014年9月, 東京都

・国内の会議・学会等 : 11 件

1. 山崎明宏, 分光型日射計による精密放射観測装置の開発について, 2016 年度福岡から診る大気環境研究所研究会, 2016 年 9 月, 福岡県福岡市
2. 山崎明宏, 石田春磨, 工藤玲, 内山明博, 居島修, 高野松美, 分光型日射計による精密放射観測装置の開発, 日本気象学会 2016 年度春季大会, 2016 年 5 月, 東京都渋谷区
3. 工藤玲, スカイラジオメータによる雲, エアロゾル, 水蒸気, オゾンの推定, 日本気象学会 2016 年度春季大会, 2016 年 5 月, 東京都渋谷区
4. 泉敏治, 内野修, 酒井哲, 永井智広, 森野勇, 山崎明宏, 弓本桂也, 田中泰宙, 眞木貴史, 赤穂大河, 奥村浩, 新井康平, 松永恒雄, 横田達也, 佐賀のライダーで高度 2 km 以下に観測された高濃度のオゾンとエアロゾル (2) ミーライダーの解析と全球エアロゾルモデルとの比較, 日本気象学会 2015 年度秋季大会, 2015 年 10 月, 京都府京都市
5. 工藤玲, 岩渕弘信, 全天カメラによる日射の輝度分布測定, 日本気象学会 2015 年度秋季大会, 2015 年 10 月, 京都府京都市
6. 工藤玲, 青柳曉典, 西澤智明, エアロゾルの鉛直分布が大気境界層へ与える影響, 日本気象学会 2015 年度秋季大会, 2015 年 10 月, 京都府京都市
7. 工藤玲, 西澤智明, 能動・受動型センサーの複合利用によるエアロゾル光学特性のリモートセンシング, 第 33 回レーザセンシングシンポジウム, 2015 年 9 月, 東京都
8. 泉敏治, 内野修, 酒井哲, 永井智広, 森野勇, 山崎明宏, 弓本桂也, 田中泰宙, 眞木貴史, 赤穂大河, 奥村浩, 新井康平, 松永恒雄, 横田達也, 佐賀の可搬型ライダーで高度 2 km 以下に観測された高濃度オゾンとエアロゾル (2) ミーライダーの解析と全球エアロゾルモデルとの比較, 第 33 回レーザセンシングシンポジウム, 2015 年 9 月, 東京都大田区
9. 工藤玲, 青柳曉典, 西澤智明, ライダーとスカイラジオメータの複合解析によるエアゾルの鉛直分布の季節変動, 日本気象学会 2015 年度春季大会, 2015 年 5 月, 茨城県つくば市
10. 工藤玲, 西澤智明, 日暮明子, 杉本伸夫, 及川栄治, EarthCARE の ATLID-MSI 複合エアロゾルプロダクトの開発, 日本気象学会 2014 年度秋季大会, 2014 年 10 月, 福岡県福岡市
11. 内野修, 森野勇, 北島俊行, 小木昭典, 川波英里, 酒井哲, 永井智広, 山崎明宏, 内山明博, 菊地信弘, 吉田幸生, 奥村浩, 新井康平, 松永恒雄, 横田達也, GOSAT SWIR から導出されたエアロゾル光学特性と地上観測との比較, 日本気象学会 2014 年度秋季大会, 2014 年 5 月, 神奈川県横浜市

イ. ポスター発表

・ 国際的な会議・学会等 : 5 件

1. Kudo, R., T. Nishizawa, T. Aoyagi, Y. Fujiyoshi, Y. Higuchi, M. Hayashi, A. Shimizu, and K. Aoki, Remote sensing of aerosol optical properties and solar heating rate by the combination of sky radiometer and lidar measurements, International Radiation Symposium 2016, 2016 年 4 月, ニュージーランド, オークランド
2. Oishi, Y., H. Ishida, and T. Y. Nakajima, The impact of the use of different satellite data as training data against GOSAT-2 CAI-2 L2 cloud discrimination, 2016 AGU Fall Meeting, 2016 年 12 月, アメリカ, サンフランシスコ
3. Ishida, H., Y. Ota, M. Sekiguchi, and Y. Sato, Incorporation of Three-dimensional Radiative Transfer into a Very High Resolution Simulation of Horizontally Inhomogeneous Clouds, 2016 AGU Fall Meeting, 2016 年 12 月, アメリカ, サンフランシスコ
4. Oishi, Y., H. Ishida, and T. Y. Nakajima, Verification of new cloud-discrimination algorithm using GOSAT TANSO-CAI in the Amazon, 2015 AGU Fall Meeting, 2015 年 12 月, アメリカ, サンフランシスコ
5. Kudo, R., T. Nishizawa, A. Higurashi, N. Sugimoto, and E. Oikawa, Development of ATLID-MSI synergy for retrieving the vertical profiles of aerosol components, 2014 AGU Fall Meeting, 2014 年 12 月, アメリカ, サンフランシスコ

・ 国内の会議・学会等 : 7 件

1. 工藤玲, 地上日射量の長期変動に対するエアロゾルの影響, 第 14 回環境研究シンポジウム, 2016 年 11 月, 東京都
2. 工藤玲, 西沢智明, 日暮明子, 及川栄治, 杉本信夫, CALIPSO-MODIS 複合解析によるエアロゾルプロダクトの開発, 2016 年度秋季大会, 2016 年 10 月, 愛知県名古屋市
3. 石田春磨, 太田芳文, 関口美保, 佐藤陽祐, 高解像度大気モデルにおける広帯域赤外フラックスの 3 次元放射伝達計算, 日本気象学会 2016 年度秋季大会, 2016 年 10 月, 愛知県名古屋市
4. 石田春磨, 大石優, 中島孝, SVM を応用した雲判定アルゴリズムにおける誤判定修正及び特徴量選択方法の構築, 日本気象学会 2016 年度春季大会, 2016 年 5 月, 東京都渋谷区
5. 石田春磨, 森田啓太郎, 大石優, 中島孝, 多変量解析手法を応用した多波長センサー用雲判定アルゴリズムの開発, 日本気象学会 2015 年度秋季大会, 2015 年 10 月, 京都府京都市
6. 内山明博, 山崎明宏, 工藤玲, 石廣玉, 陳彬, 地上でのエアロゾル光学特性の連続観測 2 (福岡と北京の比較), 日本気象学会 2015 年度春季大会, 2015 年 5 月, 茨城県つくば市
7. 工藤玲, 青柳曉典, 西沢智明, エアロゾルの長期変動が大気境界層へ与える影響, 日本気象学会 2014 年度春季大会, 2014 年 5 月, 神奈川県横浜市

報道・記事

なし

c5 雪氷物理過程の観測とモデル化による雪氷圏変動メカニズムの解明

研究年次：3年目／5年計画（平成26年度～平成30年度）

研究代表者：保坂征宏¹⁾、青木輝夫²⁾（気候研究部 第六研究室長）

研究担当者：

朽木勝幸³⁾、谷川朋範⁴⁾、庭野匡思（気候研究部）、青木輝夫¹⁾（客員）

研究の目的

雪氷圏変動の実態把握のため、地上観測装置及び衛星リモートセンシングによる雪氷物理量の観測・監視を行い、それらを基に雪氷放射過程や積雪変質過程などの物理プロセスモデルを高度化し、雪氷圏変動メカニズムの解明及び予測精度向上に資する。

研究の目標

地球温暖化の影響が最も顕著に現れる雪氷圏変動の実態把握、変動メカニズム解明、予測精度向上のため、放射伝達理論に基づき、以下の3つの研究を実施する。

①雪氷物理量を測定するための新しい技術開発と連続観測

雪氷物理量を測定するための近赤外カメラ、全天分光日射計、波長別アルベド・反射率測定装置、カーボン・エアロゾル分析装置等の開発・改良、及び放射伝達理論に基づいた解析アルゴリズムを開発する。これらの装置と自動気象観測装置を合わせて雪氷の放射特性、物理特性の長期監視を行う。

②積雪・エアロゾル等放射過程の改良と衛星による雪氷物理量の監視

積雪・エアロゾル等の非球形粒子の光学特性を精度良く計算するための非球形散乱モデル、及び光吸収性エアロゾルの混合モデルを改良する。また、これらを用いて衛星リモートセンシング・アルゴリズムを改良し、主に極域及び日本周辺における雪氷物理量の空間変動と15年以上の監視を行う。さらに、下記③の積雪変態・アルベド・プロセス・モデル（SMAP）（Niwano, et al., 2012）における衛星データの利用試験を行う。

③各種ホストモデルで使用できる雪氷物理プロセスモデルの高度化

地球システムモデルや領域気象予測モデル等で使用できる雪氷放射過程や積雪変質過程などの精度向上を図り、積雪アルベド物理モデル（PBSAM）（Aoki, et al., 2011）による短波アルベドの精度で5%、SMAPによる積雪深の精度で10%以上を目標とする。さらに、JMA-NHMへのSMAPモデルの組み込み試験を行う。

研究の現状

（1）進捗状況

①雪氷物理量を測定するための新しい技術開発と連続観測

札幌・芽室・長岡における放射・気象観測、積雪サンプルのエアロゾル分析は順調に継続中であり、その長期間変動解析も進んでいる。積雪粒径を測定するための測器、ならびにBC（ブラックカーボン）濃度を測定するための分析装置の開発、それらのアルゴリズム開発も順調である。

②積雪・エアロゾル等放射過程の改良と衛星による雪氷物理量の監視

予定通り放射モデルの改良を行い、リモートセンシングアルゴリズムの改良につなげ、極域（グリーンランド）の長期間モニタリングを実施した。また本研究で開発した知見をもとに、現在ひまわり8号による日本域周辺の雪氷プロダクトの開発を進めている。

③各種ホストモデルで使用できる雪氷物理プロセスモデルの高度化

積雪アルベド物理モデルならびに積雪変質モデルの検証を実施し、目標としていた精度が実現した。さらに、JMA-NHMへのSMAPモデルの組み込み計算は、予定していた組み込み試験をすでに終

¹⁾ 平成28年度から、²⁾ 平成27年度まで、³⁾ 平成26年度のみ、⁴⁾ 平成27年度から

了した。精度検証の段階に進み、さらに、これを活用した研究を開始しつつあるところまで進んでいる。

(2) これまで得られた成果の概要

① 雪氷物理量を測定するための新しい技術開発と連続観測

- 札幌、芽室、長岡における放射・気象・積雪等の観測を継続した。札幌では改良型全天分光日射計、渦相関計測システムならびに捕捉効率を高めた雨量計を設置したほか、自動気象観測装置の老朽化センサー（風向風速計、積雪深計、赤外放射計）の更新を行った。
- 札幌・長岡で取得した積雪サンプルから不純物濃度を分析した。積雪中のブラックカーボン（BC）等の光吸収性不純物を分析するため、従来の熱・光学式のカーボン分析装置に加えて、不純物を濾過したフィルターの透過率から測定するための装置（濾過フィルター透過率測定装置）を開発し、BC濃度を測定するための手法を作成した。さらに、小型の積分球を利用し、積雪断面の近赤外反射率から積雪粒径を測定するための装置（積分球型積雪粒径測定装置）とその観測値から積雪粒径を求めるアルゴリズムを開発し、積雪粒径の鉛直分布が得られるようになった。
- 過去の6年分データから積雪中ブラックカーボン（BC）等の光吸収性不純物の積雪期間内変化、長期トレンド、測定装置の補足率に対する考察をまとめた（Kuchiki et al., 2015）。また、2005年から2015年にかけて札幌で取得された積雪断面観測及び気象・積雪観測データを利用して、札幌における雪面熱収支と不純物に起因する融雪時期の変化の長期変動を明らかにした。
- 全天分光日射計の観測データから積雪粒径と不純物濃度を抽出するときに用いる積雪の非球形粒子モデルの検証を行い、小粒径ではコラム型、大粒径では凝集体、中間はそれらの混合型が最も高精度であることを見出し、この結果を②のリモセンに応用した。
- 不純物の混合状態に関しては、外部部混合と内部混合をテストした結果、内部混合の方が統計的に高精度であることが分かった。
- 気象研究所における大気エアロゾルの光吸収性エアロゾルサンプリング及び分析を継続した。2011年の観測開始以降、長期の変動には研究なトレンドは見られなかった。BCは例年10月から翌年の1月に増加する傾向にあるが、2015年は12月から増加し、暖冬傾向と同期していることがわかった。
- 近赤外カメラによる積雪物理量測定技術開発の一環として、含水した積雪の粒径抽出アルゴリズムの開発（Yamaguchi et al., 2014）、ガス吸着法による積雪変態過程の温度依存性の測定（Hachikubo et al., 2014）を行った。
- SMAPで計算される積雪粒径と全天分光日射計の測定結果の相互比較を実施し、両者の変化傾向が概ね良く対応していることを確認した。

② 積雪・エアロゾル等放射過程の改良と衛星による雪氷物理量の監視

- 衛星リモートセンシング・アルゴリズムで使用する非球形粒子散乱モデルは、①の結果に基づき、積雪はVoronoi aggregatesとcolumn粒子、不純物には内部混合型を用いるよう改良した。米国NASAの中分解能撮像分光放射計（MODIS）データからグリーンランドの積雪粒径とBC相当不純物濃度を求めたところ、従来よりも内陸部で小粒径がより小さく抽出できるようになり、Summit基地における検証データと良く一致するようになった。センサー経年劣化の影響を補正した最新補正済データ（Correction 6）を用いてグリーンランド氷床上における2000年から2015年までの16年間の積雪表面粒径、第2層粒径、積雪不純物濃度の全データに対して再計算を実施し、積雪表面粒径で標高3,000m以下の領域で統計的に有意な増加トレンドが得られた。標高3,000m以上では顕著な経年変化はなかった。この原因は標高の高い地域では気温が十分低いため温暖化の影響を受けにくいと考えられる。一方、第2層粒径は弱い増加トレンド、積雪不純物濃度には顕著なトレンドは見られなかった。
- 米国NASAの衛星センサー中分解能撮像分光放射計（MODIS）の2000-2014年のデータから、グリーンランド氷床上における裸氷域の変化とその中の暗色裸氷域のそれぞれの面積の変化を調べた。共に年々増加傾向にあること、氷床上の表面融解が最も顕著であった2012年には、2000年に比べて、裸氷域は3.1倍、暗色裸氷域は7.5倍拡大していることが分かった（Shimada et al., 2016）。
- 衛星データから積雪物理量を抽出する際の雲検知アルゴリズムを、波長1.6 μm 及び2.2 μm の2波長の動的閾値を用いた方法に高度化した（Chen et al., 2014）。その結果、グリーンランド氷床上にお

ける雲検知精度が向上するとともに、標高3,000m以上の誤検知が低下することにより解析できる晴天域が拡大し、積雪粒径の標高依存性が精度良く抽出できるようになった。

- ・衛星データからの積雪物理量抽出精度向上に資する情報として、可視-短波長赤外域における偏光放射輝度および熱赤外域の射出率の積雪粒径・雪質に対する依存性について調査した結果、短波長赤外域における雪面放射輝度の偏光度が積雪粒径に依存して変動することが明らかとなった (Tanikawa et al., 2014)。また、MODISがグリーンランド氷床域を観測して得られた熱赤外域輝度温度の変動を、地上の積雪断面観測結果と比較したところ、表面雪質を捉える情報を含んでいることが実証された (Hori et al., 2013; 2014)。
 - ・衛星データから積雪粒径及び不純物濃度を抽出するためのリモートセンシング・アルゴリズムを従来のルックアップテーブル法からニューラルネットワークを用いた近似関数と最適化法を組み合わせた手法に改良し、衛星データ処理の高速計算を可能にした (Tanikawa et al., 2015)。また、これらを用いて、平成29年度に打ち上げ予定の気候変動観測衛星GCOM-C/SGLIデータの実解析を想定し、主に極域における積雪物理量の空間変動と長期変動モニタリングを行った。
- ③各種ホストモデルで使用できる雪氷物理プロセスモデルの高度化
- ・札幌における全天分光日射計で求めた表面積雪粒径を用いてPBSAMでアルベドを計算し、改良型放射収支架台を用いたアルベド観測データ検証した結果、短波アルベドの目標精度5%が達成できることが分かった。
 - ・SMAPの積雪内部水分移動スキームの精緻化、圧密過程の高度化、及び強安定条件下での乱流熱交換計算手法の見直しを実施した。その結果、札幌における積雪深と雪面温度の計算精度が改善された (Niwano et al., 2014)。ただし、改良SMAP版を2011-2012冬期の長岡（この冬は最大積雪深が2mを超える豪雪シーズンであった）に適用したところ、特に融解期においてモデルは積雪深を過大評価する傾向が見受けられ、豪雪地域での融雪過程については更なる検討の余地があることがわかった (Niwano et al., 2014)。
 - ・2007-2013冬期の札幌の気象・雪氷観測データとSMAPを用いた感度実験により、新雪粒径の与え方が積雪物理状態の計算結果に与える影響評価を実施したところ、積雪深の計算精度に2~7cm程度の不確定性を生じることが分かった。今後①で開発された近赤外カメラによる積雪物理量測定技術等を用いて更に精緻化する必要があることが分かった。
 - ・SMAPをグリーンランド氷床に適用して精度検証を実施した (Niwano et al., 2015)。日本国内での計算設定から表面粗度と熱伝導率を変えるだけで、十分な計算精度が得られることが分かった。
 - ・SMAPモデルを2015-2016冬期の気象庁アメダスサイトで実行するためのテストを行った (庭野ほか, 2017)。SMAPの計算結果が雨雪の閾を示す気温 T_{disc} に非常に敏感であり、 T_{disc} が 1°C と 0°C の場合の積雪深計算結果平均偏差が最大で0.41 m (小出サイト) にまで達していたことが分かった。一方で、この平均偏差が0.10 mと相対的に小さい場所 (関山サイト) も見られたことから、雨雪判別方法に敏感な場所とそうでない場所が存在することが示唆された。冬期降水曲線を用いた解析の結果により、こうした地点依存性は降水量自体と降水が最も頻繁に起きる気温帯の違いによって説明出来ることが示された。
 - ・JMA-NHMとSMAPの結合システムを開発した。2012年にグリーンランド氷床で見られた記録的な融解イベントを対象として気候計算を行ったところ、Niwano et al. (2015) などで報告されている雪面熱収支の特徴や融解面積の広がり様子を比較的良く捉えていることが確認された。また、この結合システムを日本周辺領域に適用し、2015-2016冬期を対象としたハインドキャスト実験をおこなった。AWSで取得された自動気象観測データを用いた検証、及び、モデルで計算された表面積雪粒径の衛星抽出データとの相互比較の実施により、結合システムの妥当性が確認された。

(3) 当初計画からの変更点 (研究手法の変更点等)

年度単位では一部の計画について進捗の遅れが見られたことはあるものの、現時点で特筆すべき変更点はない。

(4) 成果の他の研究への波及状況

- ・ひまわり8号用の新しい雪氷面双方向反射率のルックアップテーブル (LUT) 及びそれを計算する

ための放射伝達計算コードを気象衛星センターに提供した。平成28年度にはひまわり8号の雪氷プロダクトの改良のため、気象衛星センターの担当官と緊密に連携し必要な指導を行っており、同プロダクトの数値予報課での現業利用に向けて数値予報課担当官との会合も行った。

- ・グリーンランドにおける衛星リモートセンシングで得られた雪氷物理量抽出アルゴリズムをもとに、GCOM第6回研究公募に応募して JAXAとの共同研究を開始した。なお、ここで開発したアルゴリズムはGCOM-Cプロジェクトで利用されている。
- ・JMA-NHM と SMAP の結合システム計算は、科研費でのグリーンランド表面質量収支計算に適用を開始したほか、極地研との共同研究で南極域にも適用しつつあり、このモデル開発を有効活用した研究に結び付けつつある。
- ・環境省地球一括に応募し、採択された。ここでは、環境・応用気象研究部、気象衛星・観測研究部とも協力して、光吸収性エアロゾル・積雪不純物ならびに積雪粒径の変化が、大気・雪氷系の放射収支や雪氷融解に与える影響に特に注目し、地上地点観測を拡張・継続して監視しつつ、改善する衛星リモートセンシング・数値モデルを用いた監視等行う予定である。

今後の研究の進め方

①雪氷物理量を測定するための新しい技術開発と連続観測

札幌、芽室、長岡における放射・気象・積雪等の観測を継続する。札幌・長岡においては、積雪サンプルから不純物濃度を分析する。平成27年度に開発した濾過フィルター透過率測定装置からBC濃度を測定し、カーボン分析装置を用いて推定した値と比較・検証を実施する。平成27年度に開発した野外用の積雪中近赤外反射率測定装置を用いた観測テストを多数実施し、積雪粒径の鉛直分布を抽出するためのアルゴリズムの精度向上に取り組む。また、雨量計の冬期降水捕捉率の向上や、雪面における乱流熱フラックスの高精度測定にも取り組む。

②積雪・エアロゾル等放射過程の改良と衛星による雪氷物理量の監視

衛星データから積雪粒径及び不純物濃度の高速計算可能なりモートセンシング・アルゴリズムのさらなる改良を放射モデルの改良とともに行う。従来衛星に加え、平成29年度に打ち上げ予定のGCOM-C/SGLIデータの実解析を想定し、極域及び日本周辺における積雪物理量の空間変動と長期変動モニタリングを行う。また海氷の検知精度の向上等を目的とした海氷放射伝達モデルを開発する。

③各種ホストモデルで使用できる雪氷物理プロセスモデルの高度化

グリーンランドに適用されたSMAPモデルとJMA-NHMの結合システムを用いた長期気候計算を行い、精度評価を実施して、必要な改良を行う。このシステムを用いた長期計算を日本においても実施し、国内における雪崩、吹雪、融雪洪水の予測への活用等への可能性を多角的に探る。

また、②で開発する海氷放射伝達モデルの地球システムモデルへの移植等についても検討を進めていく。

研究成果及びその活用に関する意見（中間評価の総合所見）

本研究課題については、気象研究所研究課題評価委員会において中間評価を実施した。中間評価の総合所見については、270 ページを参照。

成果発表一覧

（1）査読付き原著論文：19件

1. Tanikawa, T., W. Li, K. Kuchiki, T. Aoki, M. Hori and K. Stamnes, 2015: Retrieval of snow physical parameters by neural networks and optimal estimation: case study for ground-based spectral radiometer system. *Optics Express*, **23**, A1442-A1462.
2. Miyazaki, S., K. Saito, J. Mori, T. Yamazaki, T. Ise, H. Arakida, T. Hajima, Y. Iijima, H. Machiya, T. Sueyoshi, H. Yabuki, E. J. Burke, M. Hosaka, K. Ichii, H. Ikawa, A. Ito, A. Kotani, Y. Matsuura, M. Niwano, and T. Nitta, 2015: The GRENE-TEA model intercomparison project (GMIP): overview and experiment protocol for Stage 1. *Geoscientific Model Development*, **8**, 2841-2856.

3. Kuchiki, K., T. Aoki, M. Niwano, S. Matoba, Y. Kodama, and K. Adachi, 2015: Elemental carbon, organic carbon, and dust concentrations in snow measured with thermal optical method and filter weighing: variations during 2007–2013 winters in Sapporo, Japan. *Journal of Geophysical Research Atmosphere*, **120**, 868–882.
4. Tanikawa, T., M. Hori, T. Aoki, A. Hachikubo, K. Kuchiki, M. Niwano, S. Matoba, S. Yamaguchi, and K. Stamnes, 2014: In situ measurements of polarization properties of snow surface under the Brewster geometry in Hokkaido, Japan, and northwest Greenland ice sheet. *Journal of Geophysical Research Atmosphere*, **119**, 946–964.
5. Chen, N., W. Li, T. Tanikawa, M. Hori, T. Aoki, and K. Stamnes, 2014: Cloud mask over snow-/ice-covered areas for the GCOM-C1/SGLI cryosphere mission: Validations over Greenland. *Journal of Geophysical Research Atmosphere*, **119**, 287–300.
6. Hori, M., T. Aoki, T. Tanikawa, K. Kuchiki, M. Niwano, S. Yamaguchi, and S. Matoba, 2014: Dependence of thermal infrared emissive behaviors of snow cover on the surface snow type. *Bulletin of Glaciological Research*, **32**, 33–45.
7. Yamaguchi, S., H. Motoyoshi, T. Tanikawa, T. Aoki, M. Niwano, Y. Takeuchi, and Y. Endo, 2014: Application of snow specific surface area measurement using an optical method based on near-infrared reflectance around 900-nm wavelength to wet snow zones in Japan. *Bulletin of Glaciological Research*, **32**, 55–64.
8. Niwano, M., T. Aoki, K. Kuchiki, M. Hosaka, Y. Kodama, S. Yamaguchi, H. Motoyoshi, and Y. Iwata, 2014: Evaluation of updated physical snowpack model SMAP. *Bulletin of Glaciological Research*, **32**, 65–78.
9. Aoki, T., S. Matoba, J. Uetake, N. Takeuchi, and H. Motoyama, 2014: Field activities of “Snow Impurities and Glacial Microbe effects on abrupt warming in the Arctic” (SIGMA) Project in Greenland in 2011–2013. *Bulletin of Glaciological Research*, **32**, 3–20.
10. Aoki, T., S. Matoba, S. Yamaguchi, T. Tanikawa, M. Niwano, K. Kuchiki, K. Adachi, J. Uetake, H. Motoyama, and M. Hori, 2014: Light-absorbing snow impurity concentrations measured on northwest Greenland ice sheet in 2011 and 2012. *Bulletin of Glaciological Research*, **32**, 21–31.
11. Hachikubo, A., S. Yamaguchi, H. Arakawa, T. Tanikawa, M. Hori, K. Sugiura, S. Matoba, M. Niwano, K. Kuchiki, and T. Aoki, 2014: Effects of temperature and grain type on time variation of snow specific surface area. *Bulletin of Glaciological Research*, **32**, 47–53.
12. Yamaguchi, S., S. Matoba, T. Yamazaki, A. Tsushima, M. Niwano, T. Tanikawa, and T. Aoki, 2014: Glaciological observations in 2012 and 2013 at SIGMA-A site, Northwest Greenland. *Bulletin of Glaciological Research*, **32**, 95–105.
13. Sugiyama, S., D. Sakakibara, S. Matsuno, S. Yamaguchi, S. Matoba, and T. Aoki, 2014: Initial field observations on Qaanaaq ice cap in northwestern Greenland. *Annals of Glaciology*, **55**, 25–33.
14. Yasunari, T. J., K.-M. Lau, S. P. P. Mahanama, P. R. Colarco, A. M. da Silva, T. Aoki, K. Aoki, N. Murao, S. Yamagata, and Y. Kodama, 2014: The Goddard Snow Impurity Module (GOSWIM) for the NASA GEOS-5 Earth System Model: Preliminary comparisons with observations in Sapporo, Japan. *SOLA*, **10**, 50–56.
15. 庭野匡思, 青木輝夫, 橋本明弘, 山口悟, 本吉弘岐, 谷川朋範, 保坂征宏, 2017: 2015–2016冬期の新潟県アメダスへの積雪変質モデルSMAPの適用. *雪氷*. (in press)
16. Iizuka, Y., S. Matoba, T. Yamasaki, I. Oyabu, M. Kadota and T. Aoki, 2015: Glaciological and meteorological observations at the SE-Dome site, southeastern Greenland Ice Sheet. *Bulletin of Glaciological Research*, **34**, 1–10.

17. Matoba, S., H. Motoyama, K. Fujita, T. Yamasaki, M. Minowa, Y. Onuma, Y. Komuro, T. Aoki, S. Yamaguchi, S. Sugiyama, and H. Enomoto, 2015: Glaciological and meteorological observations at the SIGMA-D site, northwestern Greenland Ice Sheet. *Bulletin of Glaciological Research*, **33**, 7-14.
18. Niwano, M., Aoki, T., Matoba, S., Yamaguchi, S., Tanikawa, T., Kuchiki, K., and Motoyama, H, 2015: Numerical simulation of extreme snowmelt observed at the SIGMA-A site, northwest Greenland, during summer 2012. *The Cryosphere*, **9**, 971-988.
19. 平島寛行, 山口悟, 小杉健二, 根本征樹, 青木輝夫, 的場澄人, 2015: 断面観測結果を用いた積雪変質モデルの検証. *雪氷*, **77**, 5-16.

(2) 査読論文以外の著作物(翻訳、著書、解説等): 13件

1. Aoki, T, 2014: Radiative properties of snow and their application to climate study. *Proc. International Snow and Ice Science Workshop*, 3-6.
2. 谷川朋範, 2016: 積雪物理量のリモートセンシングに必要な放射伝達モデルと現場観測—偏光観測に焦点をあてて—. *雪氷*, **78(6)**, 401-415.
3. 青木輝夫, 2016: 「積雪中のブラックカーボン」、「グリーンランドの表面融解」. 「*低温環境の科学事典*」(河村公隆他編).
4. 青木輝夫, 2015: SIGMAプロジェクトによるグリーンランド観測. *アークトス*, **46**, 3-6.
5. 八久保晶弘, 山口悟, 堀雅裕, 谷川朋範, 杉浦幸之助, 的場澄人, 庭野匡思, 朽木勝幸, 青木輝夫, 2015: 野外におけるガス吸着式積雪 SSA 測定装置の運用. *北海道の雪氷*, **34**, 15-18.
6. 松下拓樹, 榎本浩之, 西村浩一, 東久美子, 青木輝夫, 紺屋恵子, 新屋啓文, 池田慎二, 本田明治, 永塚尚子, ヌアスムグリアリマス, 岩本勉之, 2015: International Union of Geodesy and Geophysics (IUGG) 2015 参加報告. *雪氷*, **77**, 495-503.
7. 青木輝夫, 2015: グリーンランド氷床表面に関する最近の研究動向, 日本気象学会 2014 年度秋季大会極域・寒冷域研究連絡会報告. *天気*, **62**, 11-12.
8. 山口悟, 青木輝夫, 的場澄人, 2015: グリーンランド北西部における雪氷学的研究. *月刊地球*, **37**, 59-71.
9. 八久保晶弘, M. Schneebeli, 山口悟, 堀雅裕, 谷川朋範, 杉浦幸之助, 的場澄人, 庭野匡思, 朽木勝幸, 青木輝夫, 2014: 積雪の比表面積と粒径との関係. *北海道の雪氷*, **33**, 121-124.
10. 的場澄人, 青木輝夫, 庭野匡思, 朽木勝幸, 兒玉裕二, 山口悟, 2016: 北海道大学低温科学研究所観測露場の積雪・気象観測データの公開. *北海道の雪氷*, **35**, 135-137.
11. 橋本明弘, 庭野匡思, 青木輝夫, 2016: グリーンランド雪氷フィールド観測支援のための気象予測実験. *雪氷*, **78**, 205-214.
12. Shimada, R., N. Takeuchi, and T. Aoki, 2016: Inter-Annual and Geographical Variations in the Extent of Bare Ice and Dark Ice on the Greenland Ice Sheet Derived from MODIS Satellite Images. *Front. Earth Sci.*, **4**, 1-10.
13. 青木輝夫, 庭野匡思, 的場澄人, 2016: 札幌における積雪観測と物理プロセスモデル開発. *低温科学*, **74**, 163-174.

(3) 学会等発表

ア. 口頭発表

・国際的な会議・学会等: 16件

1. Ishimoto, H., Te. Aoki, S. Adachi, and S. Yamaguchi, Shape modeling of ice particles using micro-CT data for snow radiative transfer calculations, International Symposium on snow and avalanche in Niseko, 2015年12月, Niseko, Hokkaido
2. Masahiro Hori, Konosuke Sugiura, Tomonori Tanikawa, Teruo Aoki, Masashi Niwano, and Hiroyuki Enomoto, Analysis of the long-term trend of Northern Hemisphere snow cover extent using satellite and in-situ snow data, The Seventh Symposium on

- Polar Science, 2016年11月, Tachikawa
3. Teruo Aoki, Masashi Niwano, Tomonori Tanikawa, Sumito Matoba, Satoru Yamaguchi, Akihide Yamazaki, Koji Fujita, Hideaki Motoyama and Masahiro Hori, Positive feedback effect of NIR-albedo reduction due to temperature increase on surface melting on Greenland ice sheet, The Seventh Symposium on Polar Science, 2016年11月, Tachikawa
 4. Teruo Aoki, Masashi Niwano, Tomonori Tanikawa, and Masahiro Hori, Observation technique of spectral, narrowband and broadband albedos of snow surface, Workshop on in-situ snow albedo measurements: toward a snow albedo intercomparison experiment, 2016年8月, フィンランド, ヘルシンキ
 5. Niwano, M, Development of the SIGMA-NHM-SMAP regional climate model: Preliminary evaluation in the Greenland Ice Sheet, International workshop on "Greenland ice sheet mass loss and its impact on global climate change, 2016年3月, Sapporo
 6. Uetake, J., S. Tanaka, T. Segawa, N. Takeuchi, N. Nagatsuka, H. Motoyama, and T. Aoki, Spatial distribution of cryoconite granules and microorganisms on Qaanaaq Glacier, Greenland, The Sixth Symposium on Polar Science, 2015年11月, Tachikawa
 7. Aoki, T., K. Kuchiki, M. Niwano, T. Tanikawa, M. Hori, R. Shimada, H. Ishimoto, K. Stamnes, W. Li, N. Chen, S. Matoba, S. Yamaguchi, K. Masuda, and M. Schneebeli, Darkening of Greenland ice sheet and satellite-derived snow parameters, The Sixth Symposium on Polar Science, 2015年11月, Tachikawa
 8. Hirasawa, N., T. Aoki, M. Hayashi, K. Fujita, Y. Iizuka, N. Kurita, H. Motoyama, and collaborators, Long-term field experiment for detection and study of climate change in East Antarctica, The Sixth Symposium on Polar Science, 2015年11月, Tachikawa
 9. Kadota, M., S. Matoba, H. Motoyama, K. Fujita, T. Yamasaki, Y. Onuma, M. Minowa, Y. Komuro, and T. Aoki, Reconstruction of climate during the past 157 years by analyzing an ice core obtained from Northwestern Greenland Ice Sheet (SIGMA-D), The Sixth Symposium on Polar Science, 2015年11月, Tachikawa
 10. Aoki, T., K. Kuchiki, M. Niwano, S. Matoba, Y. Kodama, and K. Adachi, Light absorbing snow impurity concentrations measured at Sapporo, Japan during the 2007-2013 winters, International Union of Geodesy and Geophysics 2015, 2015年6月, チェコ, プラハ
 11. Niwano, M., T. Aoki, S. Matoba, S. Yamaguchi, T. Tanikawa, K. Kuchiki, and H. Motoyama, Surface energy balance at the site SIGMA-A, northwest Greenland during the record surface melt event in the summer of 2012, Fourth International Symposium on the Arctic Research (ISAR-4)/The third International Conference on Arctic Research Planning (ICARP III), Arctic Science Summit Week 2015, 2015年4月, Toyama
 12. Nagatsuka, N., R. V. Mateiu, K. G. Azuma, Y. Ogawa, K. Sugiura, H. Enomoto, T. Aoki, K. Kuchiki, and M. Hirabayashi, Geographical variations in Sr-Nd isotopic ratios of mineral dust in arctic snow, Fourth International Symposium on the Arctic Research (ISAR-4)/The third International Conference on Arctic Research Planning (ICARP III), Arctic Science Summit Week 2015, 27-30 April 2015, 2015年4月, Toyama
 13. Takeuchi, N., R. Sakaki, T. Aoki, M. Niwano, Y. Onuma, S. Tanaka, R. Shimada, and N. Nagatsuka, Darkening Greenland and cryoconite hole dynamics, Fourth International Symposium on the Arctic Research (ISAR-4)/The third International Conference on Arctic Research Planning (ICARP III), Arctic Science Summit Week 2015, 27-30 April 2015, 2015年4月, Toyama
 14. Uetake, J., T. Segawa, N. Takeuchi, N. Nagatsuka, H. Motoyama, and T. Aoki, Forming process of cryoconite granules on Qaanaaq Glacier, northwestern Greenland, Fourth International Symposium on the Arctic Research (ISAR-4)/The third

International Conference on Arctic Research Planning (ICARP III), Arctic Science Summit Week 2015, 2015年4月, Toyama

15. Aoki, T., M. Niwano, and S. Matoba, Modeling of the radiative properties of snow and its application to climate study, ILTS International Symposium on Low Temperature Science, Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University, 30 November - 2 December 2015, 2015年12月, Sapporo
16. Aoki, T, Satellite remote sensing of snow parameters in Greenland ice sheet, Seminar of School of Earth and Environmental Science, 2015年4月, Seoul, Korea

・国内の会議・学会等 : 54 件

1. 庭野匡思, 青木輝夫, 橋本明弘, NHM-SMAP極域気候モデルの現状と将来展望, 低温研共同研究集会「グリーンランド氷床の質量変化と全球気候変動への影響」, 2016年12月, 札幌
2. 橋本明弘, 庭野匡思, 青木輝夫, JMA-NHM による極域気象予測実験, 低温科学研究所共同研究集会「グリーンランド氷床の質量変化と全球気候変動への影響」, 2016年12月, 北海道札幌市
3. 井岡佑介, 谷川朋範, 保坂征宏, ひまわり8号による雪氷域検出とその改良, 第7回極域科学シンポジウム, 2016年11月, 東京都立川市
4. 庭野匡思, 青木輝夫, 橋本明弘, 谷川朋範, 保坂征宏, 堀雅裕, 的場澄人, 山口悟, 藤田耕史, 本山秀明, 極域領域気候モデルNHM-SMAPの初期評価結果, 日本気象学会2016年度秋季大会(名古屋), 2016年10月, 名古屋
5. 青木輝夫, 庭野匡思, 谷川朋範, 的場澄人, 山口悟, 山崎哲秀, 藤田耕史, 本山秀明, 堀雅裕, グリーンランド氷床上SIGMA-A サイトにおける放射収支観測 - 近赤外アルベドと気温の関係 -, 日本気象学会 2016年度秋季大会(名古屋), 2016年10月, 名古屋
6. 山田恭平, 平沢尚彦, 橋本明弘, 庭野匡思, 青木輝夫, NHM による南極定期予報計算の導入, 日本気象学会2016年度秋季大会, 2016年10月, 愛知県名古屋市
7. 谷川朋範, 青木輝夫, 堀雅裕, 島田利元, 庭野匡思, 八久保晶弘, 杉浦幸之助, K. Starnes, W. Li, N. Chen, GCOM-C/SGLI雪氷プロダクトの概要, 雪氷研究大会(2016・名古屋), 2016年10月, 名古屋
8. 庭野匡思, 青木輝夫, 橋本明弘, 谷川朋範, 保坂征宏, 堀雅裕, 島田利元, 的場澄人, 山口悟, 藤田耕史, 本山秀明, 2012年のグリーンランド氷床における極域領域気候モデルNHM-SMAP 初期評価結果, 雪氷研究大会(2016・名古屋), 2016年9月, 名古屋
9. 堀雅裕, 青木輝夫, 谷川朋範, 庭野匡思, 八久保晶弘, 杉浦幸之助, 熱赤外域反射法による非接触裸氷検知手法の検討, 雪氷研究大会(2016・名古屋), 2016年9月, 名古屋
10. 大沼友貴彦, 竹内望, 田中聡太, 永塚尚子, 庭野匡思, 青木輝夫, 北極圏グリーンランドカナック氷河の積雪観測に基づいた雪氷藻類繁殖のモデル化, 雪氷研究大会(2016・名古屋), 2016年9月, 名古屋
11. 青木輝夫, 庭野匡思, 谷川朋範, 的場澄人, 山口悟, 山崎哲秀, 藤田耕史, 本山秀明, 堀雅裕, グリーンランド氷床上SIGMAA における近赤外域アルベドと気温の関係, 雪氷研究大会(2016・名古屋), 2016年9月, 名古屋
12. 庭野匡思, NHM-SMAP 領域気候モデルによるグリーンランド氷床表面質量収支計算, Post-SIGMA Kick-off Workshop, 2016年9月, 岡山市
13. 庭野匡思, NHM-SMAP領域気候モデルと深層フィルンモデルの開発, グリーンランド南東ドーム浅層コアに関する成果発表会, 2016年7月, 北海道札幌市
14. 庭野匡思, SMAPモデル開発の最新状況, 科研費「次世代積雪物理量測定技術開発と精密積雪物理モデルに基づく雪氷圏変動監視手法の確立」2016年度ワークショップ, 2016年7月, 茨城県つくば市

15. 庭野匡思, 青木輝夫, 朽木勝幸, 的場澄人, 兒玉裕二, 谷川朋範, 積雪変質モデルSMAPによって計算された札幌における積雪密度、雪温、雪質の精度について, 日本地球惑星科学連合2016年大会, 2016年5月, 千葉県千葉市
16. Aoki, T., T. Tanikawa, M. Niwano, H. Ishimoto, M. Hori, and R. Shimada, Can snow impurities be detected on Greenland ice sheet by satellite remote sensing, 日本地球惑星科学連合2016年大会, 2016年5月, 千葉県千葉市
17. 庭野匡思, 青木輝夫, 朽木勝幸, 的場澄人, 兒玉裕二, 谷川朋範, 融雪期の札幌の雪面熱収支に対する雲の影響, 日本気象学会2016年度春季大会, 2016年5月, 東京都
18. 青木輝夫, 谷川朋範, 庭野匡思, 石元裕史, 増田一彦, 堀雅裕, 島田利元, Knut Stamnes, Wei Li, Nan Chen, グリーンランド氷床の衛星抽出雪氷物理量に対する雲検知アルゴリズムとMODIS 感度経年変化の影響, 日本気象学会2016年度春季大会, 2016年5月, 東京都
19. 庭野匡思, 札幌の自動気象観測データ, 公開データベース会合, 2016年5月, 新潟県, 新潟県長岡市
20. 庭野匡思, 積雪モデル内の水の移動に関する研究, 積雪内部の3次元的な水みち形成に関するWS, 2016年4月, 新潟県長岡市
21. 庭野匡思, 積雪モデルSMAPと領域モデルJMA-NHMで構成される領域気候モデルの最新開発状況, 第6回SIGMAワークショップin女満別, 2016年2月, 北海道
22. 青木輝夫, 島田利元, 谷川朋範, 朽木勝幸, 庭野匡思, 堀雅裕, 石元裕史, K. Stamnes, W. Li, N. Chen, 的場澄人, 山口悟, 増田和彦, Martin Schneebeli, グリーンランド氷床上における衛星抽出積雪物理量の時空間変動と検証観測結果, 第6回SIGMAワークショップin女満別, 2016年2月, 北海道
23. Aoki, Te., T. Tanikawa, M. Hori, R. Shimada, H. Ishimoto, K. Kuchiki, M. Niwano, K. Stamnes, W. Li, N. Chen, S. Matoba, S. Yamaguchi, K. Masuda, and M. Schneebeli, Impact of employing MODIS C6 data set and new cloud detection algorithm on snow products in Greenland ice sheet, GCOM/EarthCARE/PMM Joint PI Workshop, 2016年2月, 東京都立川市
24. 橋本明弘, 庭野匡思, 青木輝夫, グリーンランド雪氷放射観測支援のための領域気象予測実験, 日本気象学会2015年度秋季大会, 2015年10月, 京都府京都市
25. 庭野匡思, 青木輝夫, 的場澄人, 山口悟, 谷川朋範, 朽木勝幸, 本山秀明, 急激な表面融解イベントが発生した2012年夏期の北西グリーンランドSIGMA-Aサイトにおける雪面熱収支, 日本気象学会2015年度秋季大会, 2015年10月, 京都府京都市
26. 青木輝夫, 朽木勝幸, 庭野匡思, 石元裕史, 増田一彦, 堀雅裕, 谷川朋範, 島田利元, Knut Stamnes, Wei Li and Nan Chen, 近年におけるグリーンランド氷床アルベド低下の原因 - 積雪粒径変化の標高依存性, 日本気象学会2015年度秋季大会, 2015年10月, 京都府京都市
27. 橋本明弘, 庭野匡思, 青木輝夫, グリーンランド領域気候モデルの開発, 日本気象学会2015年度秋季大会, 2015年10月, 京都府京都市
28. 庭野匡思, 南極氷床表面質量収支モデルの計画, 東南極における氷床表面の放射特性と涵養量変動監視に関する研究集会, 2015年9月, 東京都立川市
29. 大沼友貴彦, 竹内望, 田中聡太, 永塚尚子, 庭野匡思, 青木輝夫, 北極圏グリーンランドカナック氷帽の積雪観測に基づいた雪氷藻類の繁殖条件の推定, 雪氷研究大会(2015・松本), 2015年9月, 長野県松本市
30. 庭野匡思, 青木輝夫, 的場澄人, 山口悟, 谷川朋範, 朽木勝幸, 本山秀明, グリーンランドに適用された積雪変質モデルSMAPの検証-2012年夏期の記録的な全面融解イベントを対象として-, 雪氷研究大会(2015・松本), 2015年9月, 長野県松本市
31. 島田利元, 竹内望, 青木輝夫, 衛星データを用いたグリーンランド氷床裸氷域および暗色域の時空間変化と気象要素との比較, 日本雪氷学会/日本雪工学会, 2015年9月, 長野県松本市

32. 青木輝夫, 朽木勝幸, 庭野匡思, 堀雅裕, 谷川朋範, 島田利元, 的場澄人, 山口悟, Knut Stamnes, Wei Li and Nan Chen, 積雪粒径測定手法の比較衛星観測から定量化された近年のグリーンランド氷床暗色化の原因, 雪氷研究大会 (2015・松本), 2015年9月, 長野県松本市
33. 山口悟, 本吉弘岐, 谷川朋範, 青木輝夫, 体積含水率と積雪の近赤外域の反射率との関係, 一波長依存性-, 雪氷研究大会 (2015・松本), 2015年9月, 長野県松本市
34. 永塚尚子, R. Valentina Mateiu, 東久美子, 小川佳美, 杉浦幸之助, 榎本浩之, 青木輝夫, 朽木勝幸, 平林幹啓, 走査型電子顕微鏡 (SEM) を用いた北極域の積雪に含まれる黒色炭素の形態観察, 雪氷研究大会 (2015・松本), 2015年9月, 長野県松本市
35. 谷川朋範, 堀雅裕, 青木輝夫, 海水の放射伝達モデルの開発, 雪氷研究大会 (2015・松本), 2015年9月, 長野県松本市
36. 青木輝夫, グリーンランド氷床と南極氷床上における雪氷チームCal/Val計画, 第5回 GCOM-C分野共通課題ワークショップ「GCOM-C代替校正ワークショップ」, 2015年8月, 富山県富山市
37. 清水勇希, 八久保晶弘, 大野浩, 竹谷敏, 青木輝夫, ガス吸着法を用いた各種ガスハイドレート の比表面積測定, 日本エネルギー学会第24回大会, 2015年8月, 北海道札幌市
38. 山口悟, 石坂雅昭, 本吉弘岐, 八久保晶弘, 青木輝夫, 新雪の比表面積と降雪種の関係 (2), 雪氷学会北信越, 日本雪氷学会上信越支部大会, 2015年6月, 長野県松本市
39. 山口悟, 本吉弘岐, 青木輝夫, 谷川朋範, 光学的積雪比表面積測定装置の開発, 雪氷学会北信越, 日本雪氷学会上信越支部大会, 2015年6月, 長野県松本市
40. 島田利元, 竹内望, 青木輝夫, 衛星データを用いたグリーンランド氷床裸氷域および暗色域の面積変化とその要因考察, 日本リモートセンシング学会第58回学術講演会, 2015年6月, 千葉県千葉市
41. 宮崎理紗, 堀雅裕, 村上浩, 本多嘉明, 梶原康司, 奈佐原顕郎, 中島孝, 入江仁士, 虎谷充浩, 平譚享, 青木輝夫, GCOM-C/SGLI 標準プロダクトの検証計画, 日本地球惑星科学連合2015年大会, 2015年5月, 千葉県千葉市
42. 村上浩, 堀雅裕, 宮崎理紗, 中島孝, 虎谷充浩, 青木輝夫, 本多嘉明, GCOM-C科学ミッションの準備状況: グリーンランド氷床上における2000-2014年の衛星抽出積雪粒径変動, 日本地球惑星科学連合2015年大会, 2015年5月, 千葉県千葉市
43. 庭野匡思, 青木輝夫, 的場澄人, 山口悟, 藤田耕史, 谷川朋範, 對馬あかね, 朽木勝幸, 本山秀明, 北西グリーンランド氷床における表面熱収支の季節変動, 日本地球惑星科学連合2015年大会, 2015年5月, 千葉県
44. 大沼友貴彦, 田中颯太, 竹内望, 青木輝夫, 熱収支モデルを用いたアイスコア中の氷板からの夏気温復元, 日本地球惑星科学連合2015年大会, 2015年5月, 千葉県千葉市
45. 藤田耕史, 的場澄人, 竹内望, 青木輝夫, 熱収支モデルを用いたアイスコア中の氷板からの夏気温復元, 日本地球惑星科学連合2015年大会, 2015年5月, 千葉県千葉市
46. 青木輝夫, 朽木勝幸, 庭野匡思, 堀雅裕, 谷川朋範, 島田利元, 的場澄人, 山口悟, Knut Stamnes, Wei Li, and Nan Chen, グリーンランド氷床上における2000-2014年の衛星抽出積雪粒径変動, 日本地球惑星科学連合2015年大会, 2015年5月, 千葉県千葉市
47. 庭野匡思, 青木輝夫, 的場澄人, 山口悟, 藤田耕史, 谷川朋範, 對馬あかね, 朽木勝幸, 本山秀明, 北西グリーンランドSIGMA-A・Bサイトにおける気象条件の年々変動, 日本気象学会2015年度春季大会, 2015年5月, 茨城県つくば市
48. 村上浩, 堀雅裕, 宮崎理紗, 中島孝, 虎谷充浩, 青木輝夫, 本多嘉明, 気候変動観測衛星GCOM-Cミッションとプロダクト開発の計画, 2015: GCOM-C/SGLIプロダクトの打上げ後検証計画の概要, 日本気象学会2015年度春季大会, 2015年5月, 茨城県つくば市
49. 堀雅裕, 村上浩, 宮崎理紗, 本多嘉明, 梶原康司, 奈佐原顕郎, 中島孝, 入江仁士, 虎谷充浩, 平譚享, 青木輝夫, GCOM-C/SGLIプロダクトの打上げ後検証計画の概要, 日本気象学会2015年度春季大会, 2015年5月, 茨城県つくば市

50. 青木輝夫, 朽木勝幸, 庭野匡思, 石元裕史, 増田一彦, 堀雅裕, 谷川朋範, 島田利元, Knut Stamnes, Wei Li, and Nan Chen, グリーンランド氷床上における積雪物理量の衛星リモートセンシング, 日本気象学会2015年度春季大会, 2015年5月, 茨城県つくば市
51. 八久保晶弘, 山口悟, 堀雅裕, 谷川朋範, 杉浦幸之助, 的場澄人, 庭野匡思, 朽木勝幸, 青木輝夫, 野外におけるガス吸着式積雪SSA測定装置の運用, 2015年度日本雪氷学会北海道支部研究発表会, 2015年5月, 北海道札幌市
52. 庭野匡思, 青木輝夫, 橋本明弘, 朽木勝幸, 気象庁非静力学モデルJMA-NHMと積雪変質モデルSMAPの結合に向けて, 日本気象学会2014年度春季大会, 2014年5月, 神奈川県横浜市
53. 朽木勝幸, 青木輝夫, 庭野匡思, 的場澄人, 兒玉裕二, 札幌における2007-2013年の6冬期間の積雪不純物濃度, 日本気象学会2014年度春季大会, 2014年5月, 神奈川県横浜市
54. 庭野匡思, 雪崩注意報の再検討に向けて～大雪の後を考える～, 東京管区気象台管区推奨調査研究web会議, 2016年6月, 東京都

イ. ポスター発表

・国際的な会議・学会等 : 16 件

1. Ryota Oishi, Fuyuki Saito, Ayako Abe, Masashi Niwano and Teruo Aoki, Estimation of Greenland ice sheet melting by multi-level numerical models, The Seventh Symposium on Polar Science, 2016年12月, Tachikawa
2. Tanikawa, T., M. Hori, M. Nakayama, M. Niwano, and T. Aoki, Radiative transfer model of snow-sea ice system, International Radiation Symposium 2016, 2016年4月, ニューージーランド, オークランド
3. Hahimoto, A., M. Niwano, and T. Aoki, Numerical simulation of a rainfall event in Greenland during 10-13 July 2012 using Non-hydrostatic Regional Model, 2015 AGU Fall Meeting, 2015年12月, アメリカ, サンフランシスコ
4. Tanikawa T., M. Hori, and T. Aoki, Development of radiative transfer model of snow-sea ice system, The Sixth Symposium on Polar Science, 2015年11月, Tachikawa
5. Tanikawa T., M. Hori, T. Aoki, W. Li, N. Chen and K. Stamnes, Retrievals of snow albedo and ice surface temperature in North-west Greenland using MODIS data, The 4th International Symposium on the Arctic Research (ASSW), 2015年4月, Toyama
6. Masashi Niwano, Teruo Aoki, Akihiro Hashimoto, Tomonori Tanikawa, Masahiro Hosaka, Rigen Shimada, and Masahiro Hori, Development of the NHM-SMAP regional climate model, Greenland Surface Mass Balance Workshop, 2016年9月, アメリカ, ニューヨーク
7. Niwano, M., T. Aoki, K. Kuchiki, S. Matoba, Y. Kodama, and T. Tanikawa, Evaluation of the SMAP model-simulated snow internal physical properties at Sapporo, Japan from 2005 to 2015, EGU General Assembly 2016, 2016年4月, オーストリア, ウィーン
8. Niwano, M., T. Aoki, S. Matoba, S. Yamaguchi, T. Tanikawa, K. Kuchiki, and H. Motoyama, Evaluation of the SMAP model calculated snow albedo at the SIGMA-A site, northwest Greenland, during the 2012 record surface melt event, AGU Fall Meeting, 2015年12月, アメリカ, サンフランシスコ
9. Iizuka, Y., S. Matoba, K. Shinbori, T. Saito, R. Furukawa, I. Oyabu, M. Kadota, O. Seki, S. Sugiyama, A. Miyamoto, T. Yamasaki, A. Hori, T. Aoki, S. Yamaguchi, K. Fujita, R. Uemura, S. Fujita, and H. Motoyama, Shallow ice core project on south-east dome in Greenland - Drilling report and science trench of the ice core -, ILTS International Symposium on Low Temperature Science, Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University, 30 November - 2 December 2015, 2015年12月, Sapporo

10. Niwano, M., T. Aoki and A. Hashimoto, Development of a regional climate model for polar region, and its application to the Greenland ice sheet, The Sixth Symposium on Polar Science, 2015年11月, Tachikawa
11. Nagatsuka, N., R. Valentina Mateiu, K. Goto-Azuma, Y. Ogawa, K. Sugiura, H. Enomoto, T. Aoki, K. Kuchiki, and M. Hirabayashi, Scanning Electron Microscopy (SEM) analysis of Black Carbon in arctic snow, International Union of Geodesy and Geophysics 2015, 2015年6月, チェコ, プラハ
12. Onuma, Y., N. Takeuchi, S. Tanaka, N. Nagatsuka, M. Niwano, and T. Aoki, Temporal change in chlorophyll-a concentration on a snowpack in Qaanaaq ice cap in northwest, Greenland, Fourth International Symposium on the Arctic Research (ISAR-4)/The third International Conference on Arctic Research Planning (ICARP III), Arctic Science Summit Week 2015, 2015年4月, Toyama
13. Ogawa, Y., K. GotoAzuma, K. Sugiura, Y. Kondo, S. Ohata, T. Mori, N. Moteki, T. Aoki, K. Kuchiki, R. Dallmayr, M. Hirabayashi, and H. Enomoto, Concentrations of black carbon in the Arctic snow analyzed with a single particle soot photometer (SP2), Fourth International Symposium on the Arctic Research (ISAR-4)/The third International Conference on Arctic Research Planning (ICARP III), Arctic Science Summit Week 2015, 2015年4月, Toyama
14. Shimada, R., N. Takeuchi, and T. Aoki, Temporal and spatial variations in dark ice surface on Greenland ice sheet derived from MODIS satellite image, Fourth International Symposium on the Arctic Research (ISAR-4)/The third International Conference on Arctic Research Planning (ICARP III), Arctic Science Summit Week 2015, 2015年4月, Toyama
15. Aoki, T., K. Kuchiki, M. Niwano, S. Matoba, and Y. Kodama, Solar heating in snowpack and radiative forcing by snow impurities evaluating by a physically based snow albedo model, Fourth International Symposium on the Arctic Research (ISAR-4)/The third International Conference on Arctic Research Planning (ICARP III), Arctic Science Summit Week 2015, 2015年4月, Toyama
16. Motoyama, H., S. Matoba, K. Fujita, T. Yamasaki, Y. Omura, M. Minowa, Y. Komuro, M. Kadota, S. Yamaguchi, and T. Aoki, Preliminary results of an ice core obtained from northwestern Greenland ice sheet (SIGMA-D), Fourth International Symposium on the Arctic Research (ISAR-4)/The third International Conference on Arctic Research Planning (ICARP III), Arctic Science Summit Week 2015, 27-30 April 2015, 2015年4月, Toyama

・国内の会議・学会等：19件

1. 谷川朋範, 青木輝夫, 庭野匡思, 保坂征宏, 堀雅裕, 海氷の波長別アルベド・反射率の放射伝達計算, 第7回極域科学シンポジウム, 2016年11月, 東京都立川市
2. 谷川朋範, 青木輝夫, 庭野匡思, 保坂征宏, 堀雅裕, 海氷の放射伝達モデルを用いた大気・積雪が海氷の波長別アルベドに与える影響, 日本気象学会 2016年度秋季大会 (名古屋), 2016年10月, 名古屋
3. 谷川朋範, 青木輝夫, 島田利元, 堀雅裕, 庭野匡思, 保坂征宏, 裸氷域用積雪放射伝達モデルの開発, 雪氷研究大会 (2016・名古屋), 2016年9月, 名古屋
4. 橋本明弘・庭野匡思・青木輝夫・山田恭平・平沢尚彦, JMA-NHM を用いた極域気象予測実験, 雪氷研究大会 (2016・名古屋), 2016年9月, 愛知県名古屋市
5. 大沼友貴彦, 竹内望, 田中聡太, 永塚尚子, 庭野匡思, 青木輝夫, 北極圏グリーンランドカナック氷河における積雪微生物を取り入れたアルベド物理モデルの開発, 雪氷研究大会 (2016・名古屋), 2016年9月, 名古屋
6. 山口悟, 平島寛行, 庭野匡思, 青木輝夫, 的場澄人, 日本版積雪モデル相互比較の提案 (2) -現状と今後の展望-, 雪氷研究大会 (2016・名古屋), 2016年9月, 名古屋
7. 安成哲平, 藤吉康志, 庭野匡思, 清水厚, 早崎将光, 青木輝夫, Arlindo M. da Silva, Brent

- N. Holben, 村尾直人, 山形定, Kyu-Myong Kim, 2016年春の北海道における黄砂と判断できた大気汚染イベント, 第57会大気環境学会年会, 2016年9月, 札幌
8. Tanikawa, T., T. Aoki, M. Niwano, M. Hori, W. Li, N. Chen, and K. Stamnes, Monitoring of snow albedo and ice surface temperature in the North-West Greenland using MODIS data, 日本地球惑星科学連合2016年大会, 2016年5月, 千葉
 9. 堀雅裕, 杉浦幸之助, 谷川朋範, 青木輝夫, 朽木勝幸, 庭野匡思, 榎本浩之, 衛星データ解析に基づいた北半球積雪被覆期間の長期変動傾向, 日本気象学会2015年度秋季大会, 2015年10月, 京都府京都市
 10. 山口悟, 平島寛行, 庭野匡思, 青木輝夫, 的場澄人, 日本版積雪モデル相互比較の提案-湿雪現象に着目して-, 雪氷研究大会(2015・松本), 2015年9月, 長野県松本市
 11. 八久保晶弘, 山口悟, 堀雅裕, 谷川朋範, 杉浦幸之助, 的場澄人, 庭野匡思, 朽木勝幸, 青木輝夫, ガス吸着式積雪比表面積測定装置の改良, 雪氷研究大会(2015・松本), 2015年9月, 長野県松本市
 12. 門田萌, 的場澄人, 本山秀明, 藤田耕史, 山崎哲秀, 大沼友貴彦, 箕輪昌紘, 小室悠紀, 青木輝夫, グリーンランド北西氷床(SIGMA-D)アイスコアを用いた過去157年間の気候復元, 日本雪氷学会/日本雪工学会, 2015年9月, 長野県松本市
 13. 飯塚芳徳, 的場澄人, 大藪幾美, 山崎哲秀, 門田萌, 新堀邦夫, 青木輝夫, 斉藤健, 宮本淳, 古川峻仁, 藤田秀二, 堀彰, 山口悟, 大野浩, 鈴木利孝, 植村立, 関宰, 本山秀明, グリーンランド南東ドームにおける浅層掘削計画-掘削報告と初期コア解析-, 日本雪氷学会/日本雪工学会, 2015年9月, 長野県松本市
 14. 小室悠紀, 鈴木利孝, 平林幹啓, 大沼友貴彦, 箕輪昌紘, 山崎哲秀, 的場澄人, 藤田耕史, 本山秀明, 青木輝夫, グリーンランドSIGMA-D浅層氷コアの金属全濃度解析, 雪氷研究大会(2015・松本), 2015年9月, 長野県松本市
 15. 内田夢希, 清水勇希, 八久保晶弘, 竹谷敏, 青木輝夫, 長期保存下におけるメタンハイドレート比表面積の減少過程, 日本雪氷学会/日本雪工学会, 2015年9月, 長野県松本市
 16. 清水勇希, 八久保晶弘, 大野浩, 竹谷敏, 青木輝夫, メタンハイドレート表面へのメタン吸着に関する検討, 日本雪氷学会/日本雪工学会, 2015年9月, 長野県松本市
 17. 朽木勝幸, 青木輝夫, 庭野匡思, 石元裕史, 的場澄人, 兒玉裕二, 岩田幸良, 谷川朋範, 複数の積雪粒子形状モデルを用いた積雪物理量の推定, 日本気象学会2014年度秋季大会, 2014年10月, 福岡県福岡市
 18. 朽木勝幸, 青木輝夫, 庭野匡思, 的場澄人, 兒玉裕二, 札幌における光吸収性積雪不純物濃度の長期変動, 雪氷研究大会(2014・八戸), 2014年9月, 青森県八戸市
 19. 朽木勝幸, 青木輝夫, 庭野匡思, 的場澄人, 兒玉裕二, 札幌における光吸収性積雪不純物濃度の長期変動, 雪氷研究大会(2014・八戸), 2014年9月, 青森県八戸市

(4) 投稿予定論文: 3件

1. Tanikawa et al., Effects of snow grain shape and mixing state of snow impurity on retrieval of snow physical parameters, JGR (to be submitted)
2. 谷川他, ひまわり8号による雪氷圏プロダクトの概要, 気象研究ノート(予定)
3. Tanikawa et al., Snow detection algorithm using Himawari-8, JMSJ (to be submitted)
4. Tanikawa et al., Monitoring of broadband snow albedo and ice surface temperature in the NW Greenland using MODIS data, AG (to be submitted)

報道・記事

「グリーンランドの雪や氷に異変」(青木輝夫):

NHKテレビ「おはよう日本」及びNHKラジオニュース, 平成26年5月2日

c6 大気海洋結合データ同化システムの開発に関する研究

研究年次：3年目／5年計画（平成26年度～平成30年度）

研究代表者：竹内義明¹⁾、中村誠臣⁴⁾（研究調整官）

研究担当者：

尾瀬智昭、前田修平¹⁾、高谷祐平³⁾、齊藤直彬、釜堀弘隆、小林ちあき、原田やよい（気候研究部）、高野 功³⁾、青梨和正、石橋俊之、入口武史³⁾、小田真祐子（台風研究部）、蒲地政文⁴⁾、倉賀野連、山中吾郎、高槻 靖¹⁾、藤井陽介、豊田隆寛（海洋・地球化学研究部）、藪 将吉（気象庁予報部）、安田珠幾⁵⁾、上口賢治²⁾（気象庁地球環境・海洋部）、

研究の目的

大気と海洋の物理的バランスのとれた初期値作成を可能とする大気海洋結合データ同化システムを開発し、将来の季節予報やエルニーニョ予報、再解析、台風予報等の精度向上に貢献する。

研究の目標

大気海洋結合データ同化システムを開発し、

- ①熱帯擾乱の再現性と予測性向上
- ②熱帯季節内変動の再現性・予測性向上
- ③大気海洋結合系現象（ENSOなど）の時間発展の予測性向上
- ④熱帯降水量気候値の再現性向上

を図る。

研究の現状

（1）進捗状況

まず、全球海洋データ同化システム(MOVE-G2)および大気海洋結合モデル(JMA/MRI-CGCM2)を組み合わせた準結合データ同化システムを作成し、性能確認や予備的な同化実験を行った。次に、全球海洋データ同化システム、全球大気データ同化システム(MRI-NAPEX)、大気海洋結合モデルを組み合わせて大気海洋結合データ同化システム（以下、結合同化システムとよぶ）を構築し、過去(2012年1月末以降)の任意の時期から計算できるよう改良した。構築した結合同化システムについて、基本的な評価、短期予報実験、および2013年11月から2015年12月までの再解析実験とその結果の解析を行った。

（2）これまで得られた成果の概要

（平成26年度）

①結合同化システムの開発

- ・海洋データ同化システム、大気海洋結合モデルの各コンポーネントを繋ぎ、準結合同化システムを作成し、3年間の解析ランによる性能確認を行った。
- ・結合同化システムの精度評価の基準の一つとするため、大気同化システム(MRI-NAPEX)について、大気予報モデルを大気海洋結合モデル(季節予報モデル)と同一にした低解像度システムを構築、同化サイクルを実行し精度評価を行った。
- ・大気データ同化システム、海洋データ同化システム、大気海洋結合モデルの各コンポーネントを繋ぐためのインターフェースを作成して3つコンポーネントを数値予報実験システム(NAPEX)に組み込み、1つのシステムとして動作させる仕組みを構築した。

（平成27年度）

①結合同化システムの開発

¹⁾ 平成27年度から、²⁾ 平成27年度まで、³⁾ 平成28年度から、⁴⁾ 平成26年度のみ、⁵⁾ 平成26年度は気候研究部

- ・気象研究所の新計算機に移植した気象庁現業季節予報大気海洋結合モデルを結合同化システム及び準結合同化システム用に整備した。
- ・大気部分の同化のひな形となる気象庁現業システム(MRI-NAPEX)を気象研究所の新計算機上に移植して構築し、これをもとに水平低解像度システムを構築した(A3課題と共通)。次に、大気海洋結合モデルと大気同化システムの結合のために、結合モデルの入出力処理の修正、結合同化サイクル制御シェルの移植等を行った。また、システムの初期調整を完了した。

②準結合同化システムの予備的な同化実験

- ・準結合同化システムについて気象研究所の新計算機上での実行環境、及び、大気出力モニタの整備を行った。さらに、2010年以降について、準結合同化システムを用いた予備的な同化実験を行った。この結果を解析し、システムの性能を確認した。

③結合同化システムに適したアンサンブルメンバ作成手法の検討

- ・アンサンブルメンバとして、変分法で最適化のための繰り返し計算の途中で得られる情報を利用することを検討した。

(平成28年度)

①結合同化システムの開発

- ・結合同化システムの計算開始のタイミングの変更、観測や境界データの対応、結合モデル初期値作成のためのスクリプトの作成、計算結果変換ルーチンの整備などにより、直近の期間に加え、過去の任意の時期から計算開始が容易に可能となるように改良した(ただし、気象研での大気同化用観測データをオンライン取得しているのは2012年1月末以降)。

②結合同化システムの数値予報システムとしての基本的な評価

- ・結合同化システムについて、解析インクリメント構造の解析等、数値予報システムとしての基本的な評価を行った。結合同化解析場を初期値とする大気単体の数値予報モデル(T1319L100)による短期予報では、大気単体の解析予報システム(現業システムに相当)による予報に比べ概ね精度は悪化するが(これは解像度や同化と予報でのモデルの違いによるイニシャルショックから妥当)、大気最下層においては精度向上する要素が見られた。
- ・短期解析予報システムとしての性能を評価するため、上記に加え、結合同化からの結合予測と、同一水平解像度での大気単体システムの予測精度の比較のための作業を行っている。

③結合同化システムによる再解析の実施とその評価

- ・2013年11月から2015年12月までの再解析を行い、海洋については現業全球海洋同化システムによる再解析データ、大気についてはJRA-55と比較したところ、概ね同程度の精度が有り、JRA-55に見られる熱帯海洋上の過大な降水や潜熱の過大バイアスの解消など改善も見られることがわかった。

(3) 当初計画からの変更点(研究手法の変更点等)

なし

(4) 成果の他の研究への波及状況

なし

今後の研究の進め方

- ①Perturbed Observation(観測擾乱)法を用いて結合同化システムによりアンサンブルメンバを作成するスキームを開発する。
- ②短期解析予報システムとしての性能を評価するため、結合同化からの短期結合予測実験を継続する。
- ③1か月予報での結合同化システムの有用性を評価するため、結合同化からの1か月予測実験を行う。
- ④非結合の同化解析結果と比較し、結合データ同化システムで作成した再解析データの精度について検証する。

研究成果及びその活用に関する意見(中間評価の総合所見)

本研究課題については、気象研究所研究課題評価委員会において中間評価を実施した。中間評価の

総合所見については、271 ページを参照。

成果発表一覧

(1) 査読付き原著論文：6件

1. Shi, L., Y. Fujii, T. Toyoda, 他 20 名, 2017: An assessment of upper ocean salinity content from the Ocean Reanalyses Inter-Comparison Project (ORA-IP). *Climate Dynamics*, **49**, 1009–1029.
2. Palmer, M. D., Y. Fujii, T. Toyoda, 他 20 名, 2017: Ocean heat content variability and change in an ensemble of ocean reanalyses. *Climate Dynamics*, **49**, 909–930.
3. Storto, A, Y. Fujii, T. Toyoda, M. Kamachi, T. Kuragano, 他 32 名, 2017: Steric sea level variability (1993-2010) in an ensemble of ocean reanalyses and objective analyses. *Climate Dynamics*, **49**, 709–729.
4. Toyoda, T., Y. Fujii, T. Kuragano, N. Kosugi, D. Sasano, M. Kamachi, 他 29 名, 2017: Interannual-decadal variability of wintertime mixed layer depths in the North Pacific detected by an ensemble of ocean syntheses. *Climate Dynamics*, **49**, 869–889.
5. Toyoda, T., Y. Fujii, T. Kuragano, M. Kamachi, 他 29 名, 2017: Intercomparison and validation of the mixed layer depth fields of global ocean syntheses. *Climate Dynamics*, **49**, 753–773.
6. Balmaseda, M. A., T. Toyoda, Y. Fujii, T. Kuragano, M. Kamachi, 他 43 名, 2015: The Ocean Reanalyses Intercomparison Project (ORAIP). *Journal of Operational Oceanography*, **8(S1)**, 80–97.

(2) 査読論文以外の著作物（翻訳、著書、解説等）：1 件

1. 豊田隆寛, 藤井陽介, 倉賀野連, 小杉如央, 笹野大輔, 蒲地政文, 石川洋一, 増田周平, 佐藤佳奈子, 淡路敏之, 2016: 北太平洋冬季混合層深の経年から十年規模変動. *月刊海洋*, **48**, 177–185.

(3) 学会等発表

ア. 口頭発表

・国際的な会議・学会等：6 件

1. Fujii, Y., T. Ishibashi, T. Iriguchi, N. Saito, Y. Takaya, Y. Takeuchi, and T. Yasuda, Development of a Coupled Atmosphere–Ocean Data Assimilation System in JMA/MRI and a Reanalysis Experiment, RIKEN International Symposium on Data Assimilation / The 7th Japanese Data Assimilation Workshop, 2017 年 2 月, 兵庫県神戸市
2. Fujii, Y., T. Ishibashi, T. Iriguchi, T. Yasuda, N. Saito, Y. Takaya, and Y. Takeuchi, Development of a Coupled Atmosphere–Ocean Data Assimilation System in JMA/MRI, Internal Workshop on Coupled Data Assimilation, 2016 年 10 月, フランス, トゥールーズ
3. Fujii, Y, M. Kamachi, Y. Takaya, T. Yasuda, T. Ishibashi, T. Nakaegawa, and Y. Takeuchi, Coupled Model Simulation Constrained by Ocean Data Assimilation (DA) and the Plan of Developing a Coupled Data Assimilation System in JMA/MRI, 2016 年 7 月, 韓国気象局気象科学研究所セミナー, 韓国, 済州島
4. Balmaseda, M., T. Toyoda, M. valdivieso, A. Storto, G. Smith, M. palmer, F. Helnandez, L. Shi, K. haines, T. Lee, Y. Fujii, K. Wilmer-Becker, M. Chevallier, A. Karsperk, and N. Cantabiano, CLIVAR GSOP/GODAE Ocean View Ocean Reanalysis Inter-comparison ORA-IP, 6th Annual Meeting of GODAE OceanView Science Team, 2015 年 11 月, オーストラリア, シドニー

5. Balmaseda, M., T. Toyoda, Y. Fujii et al., CLIVAR GSOP/GODAE Ocean View Ocean Reanalysis Inter-comparison ORA-IP, Workshop on energy flow through the climate system, 2015年9月, イギリス, エクセター
6. Valdivieso, M., Y. Fujii, T. Toyoda, et al., Surface fluxes and transports from Global Ocean Reanalyses, Workshop on energy flow through the climate system, 2015年9月, イギリス, エクセター
7. Fujii, Y., M. Kamachi, Y. Takaya, T. Yasuda, T. Ishibashi, T. Nakaegawa, and Y. Takeuchi, Coupled model simulation constrained by ocean data assimilation and the plan of developing a coupled data assimilation system in JMA/MRI, CAS-TWAS-WMO Forum Coupled Data Assimilation Symposium, 2015年7月, 中国, 北京

・国内の会議・学会等：3件

1. 石橋俊之, 藤井陽介, 安田珠幾, 齋藤直彬, 竹内義明, 大気海洋結合同化システムの開発, 日本気象学会2016年度春季大会, 2016年5月, 東京都
2. 石橋俊之, 観測誤差共分散構造の診断とその利用, 日本気象学会2016年度春季大会, 2016年5月, 東京都
3. 石橋俊之, 観測誤差共分散構造の診断とその利用(2), 日本気象学会2016年度秋季大会, 2016年10月, 名古屋

イ. ポスター発表

・国際的な会議・学会等：2件

1. 藤井陽介, 石橋俊之, 安田珠幾, 齋藤直彬, 竹内義明, Development of a Coupled Atmosphere-Ocean Model in JMA/MRI, JpGU meeting 2016, 2016年5月, 千葉県千葉市
2. Toyoda, T., Y. Fujii, T. Kuragano, N. Kosugi, D. Sasano, M. Kamachi, et al., Interannual-decadal variability of wintertime mixed layer depths in the North Pacific detected by an ensemble of ocean syntheses, Ocean Sciences Meeting 2016, 2016年2月, アメリカ, ニューオーリンズ

・国内の会議・学会等：2件

1. 藤井陽介, 石橋俊之, 安田珠幾, 齋藤直彬, 竹内義明, 気象研究所における大気・海洋結合同化システムの開発, 日本海洋学会2016年度春季大会, 2016年3月, 東京都文京区
2. 豊田隆寛, 藤井陽介, 倉賀野連, 蒲地政文, 増田周平, 石川洋一, 淡路敏之, 北太平洋冬季混合層深の経年から十年規模変動についての全球海洋再解析アンサンブルを用いた解析, 日本海洋学会秋季大会, 2015年9月, 愛媛県松山市

報道・記事

なし

c7 海洋モデルの高度化に関する研究

研究年次：3年目／5年計画（平成26年度～平成30年度）

研究代表者：山中吾郎（海洋・地球化学研究部 第一研究室長）

研究担当者：

辻野博之、中野英之、坂本 圭、浦川昇吾（海洋・地球化学研究部）、安田珠幾¹⁾（気候研究部）、石川一郎、中野俊也、村上 潔¹⁾、北村知之²⁾、平原幹俊、北本萌子²⁾（本庁地球環境・海洋部）、石崎 廣（客員）

研究の目的

気象庁の基盤モデルの一つである海洋モデルの開発・改良、及び海洋モデルを用いた海洋変動機構の解明に関する研究を行い、海洋環境情報の高度化に貢献するとともに次世代海況予測システムの基盤技術を確立する。

研究の目標

- ①海洋モデルの各種物理スキームやネスティング手法、海洋物質循環過程を高度化することにより、モデルの各プロセスの再現性能の向上を図る。
- ②海洋モデルを用いた過去再現実験を行い、再現性評価を通じて必要な改良点を明らかにする。
- ③過去の海洋変動の実態や特徴をモデル実験などによって明らかにし、その要因解明を行う。

研究の現状

（1）進捗状況

- ・極域の再現性向上のために、気象研共用海洋モデル（MRI.COM）に改良されたサブグリッドスケールのパラメタリゼーションを導入した。
- ・浅海域の再現性向上のために、従来の σ - z 座標系における水深に対する制約（32m以上）を緩和することができる新しい鉛直座標系（ z^* 座標系）を導入した。
- ・ネスティング手法については、双方向ネスティング計算における海氷を含めた熱の保存を可能にするスキームを開発した。また、海洋双方向ネスティングモデル（全球-熱帯域）の大気モデルとの結合を可能にした。モデル初期化におけるメモリ使用量を低減し、少ノード数による計算実行を可能にした。
- ・海洋物質循環過程については、海洋物質循環場の再現性に対する物理場の影響を調査するため、北西太平洋域の同化モデルで作成された物理場から海洋物質循環場を計算するシステムを作成した。
- ・地球システムモデルや季節予報、海況監視予測など様々な用途に対応可能な新全球海洋モデル（GONDOLA）を開発した。同じ設計思想の下で統一した鉛直解像度を採用することにより、モデルの開発効率向上が期待できる。
- ・次世代の季節予報モデルの候補として、熱帯域を高解像度化（東西 0.2° 、南北 0.1° ）した全球-熱帯ネストモデルを開発した。
- ・次世代の海洋監視予測モデルとなる港湾モデルの開発を行った。港湾モデルの準備として、オフライン・ネスティングの子モデルでも、MRI.COMに新たに導入された z^* 座標系を使用できることを確認した。長崎湾を対象とした水平解像度約100mの港湾モデルを構築している。
- ・組織的海洋-海氷モデル参照実験（CORE）用海面データセットに加え、系統的誤差が修正された気象庁長期大気再解析（JRA-55）海面データセット（JRA55-do）を海面境界条件として用いて全球低解像モデル、全球高解像度モデル、全球-熱帯ネストモデルの過去再現実験を実施し、観測データとの比較を通じて今後の改良点を検討した。

¹⁾ 平成26年度のみ、²⁾ 平成27年度まで

- ・上記各スキームの開発を踏まえて、気象研究所共用海洋モデル（MRI.COM）バージョン4を作成するとともに、マニュアルの改訂を行い、海洋モデルの開発基盤の整備に取り組んだ。

（2）これまで得られた成果の概要

①極域及び浅海域の再現性向上のためのスキーム改良

- ・海洋内部領域から混合層に向けて等密度面拡散を水平拡散に漸近させるスキームを導入し、数値不安定軽減を目的に設定される等密度面勾配の上限値を緩和した。この変更により、ウェッデル海における不自然な深層対流の発生頻度を軽減することができた。また従来モデルでは過小評価であった北大西洋深層水形成に伴う循環が、大幅に強化されることを確認した。
- ・海底熱源を導入した感度実験を行い、先行研究と同様に主に太平洋深層循環が強化される事を確認した。一方でウェッデル海での不自然な外洋深層対流の発生頻度が上昇することがわかった。南極大陸周辺での深層水形成プロセスをより精緻に表現する必要があることを確認した。
- ・全球高解像度モデルにおいて、風応力を求める際の海流の寄与度は黒潮の流路や海洋の渦活動の大きさに非常に大きな役割があることがわかったため、この寄与度に対するパラメータの感度実験を行い、黒潮の流路および渦運動を適切に表現するパラメータを決定した。
- ・z*座標系の導入により、沿岸の非常に浅い領域をモデルで表現できるようになり、海面水温等の海況や日本沿岸の海峡通過流の再現性が向上した。

②複数の海面境界条件を用いた過去再現実験の実施

- ・現行の気候モデルである全球低解像度モデル（GONDOLA_100）を用いて、CORE並びに系統誤差を修正したJRA-55海面データセット（JRA55-do）を大気強制とした過去再現実験をそれぞれ実行し、大気強制力の違いがモデル結果に与える影響、及び強制力の相違によらず現れるモデルバイアスを調査した。JRA55-doを用いた実験では太平洋・大西洋東岸の高SSTバイアスや、夏季北極海の海水氷接度分布などが改善した。一方、スキームの改善により軽減されたウェッデル海における不自然な深層対流の発生は、両大気強制力のもとで完全には抑制できなかった。極域における、氷床等が係わるプロセスの精緻化の必要性が示唆された。
- ・次世代の気候モデルとなる全球高解像度モデル（GONDOLA_010）を用いて、CORE並びにJRA55-doを大気強制とした過去再現実験をそれぞれ実行した。二種類の外力データを用いた実験により、モデルのバイアスが外力に主に起因するか、モデルの性質によるかを切り分けることが可能になった。太平洋表層では、モード水形成の若干の高温バイアスは、外力による違いがそれほど小さくなくモデルに起因する誤差と見なせるが、亜熱帯低緯度の表層の流れなどは、外力の違いの影響が大きいことがわかった。
- ・水塊形成の解析を容易にするために粒子追跡ツールを全球高解像度モデルに導入し、東経137度測線での水塊起源や途中の経路を解析した。その結果、大規模な流速場に加えて西進する中規模渦の影響が大きいことが明らかになった。
- ・海洋物質循環過程の高度化については、北西太平洋域の同化モデルで作成された物理場から海洋物質循環場を計算するシステムにおいて、海色衛星データを用いてチューニングすることにより、北太平洋域の植物プランクトン濃度分布が改善することを確認した。
- ・全球-熱帯ネストモデルを用いて、JRA55-doを大気強制とした過去再現実験（1958-2014年）を実行した。高解像度化により熱帯不安定波動など基本場の再現性が向上することを確認した。高解像度化の影響は海面水温の長期平均場にも見られ、赤道域の海面水温場の南北非対称性が強化されることがわかった。
- ・全球モデルの長期積分結果を用いて全球エネルギー収支解析を行い、経年変動を含む外力に対する海洋大循環の応用について、エネルギー論の観点から考察した。重力位置エネルギーと運動エネルギー間の変換率と風による運動エネルギー注入量に高い相関が見られる一方で、エネルギー変換率と子午面循環流量変化には関連性が見られなかった。強制の変動に対する循環の応答を追求するためにはシンク項を含めた収支全体を正確に解析する必要があることが確認された。
- ・全球モデルの長期積分結果を用いて熱帯域の熱収支解析を行い、熱帯太平洋十年規模変動の位相反転メカニズムを考察した。その結果、位相反転プロセスには熱帯域と中緯度との熱交換が重要な役割を担っていることがわかった。

③海洋モデルの開発基盤の整備

- ・z*座標系等の新しい機能を追加するとともにモデルの安定化や出力の高機能化などを施したMRI.COMバージョン4を作成した。
- ・MRI.COMバージョン4に対応した英文マニュアルの改訂を行った。気象研究所の技術報告として掲載すべく編集を行っている。
- ・気象庁モデル開発管理調整グループに参加し、気象庁Redmineサーバを用いてMRI.COMの開発管理基盤の整備を進めた。また、気象庁と気象研究所で行われたRedmineサーバの説明会では、構築した開発管理基盤について講演し、情報共有に努めた。
- ・国内の海洋モデルを独自に開発・維持するグループとの相互協力体制を推進するため、海洋モデルの共同開発で得られた成果物の扱いに関する基本方針を作成した。

(3) 当初計画からの変更点 (研究手法の変更点等)

変更なし。

(4) 成果の他の研究への波及状況

- ・全球低解像度モデルは、所内重点研究「C1気候モデルの高度化と気候・環境の長期変動に関する研究」における地球システムモデル、重点研究「C2季節予報の高度化と気候・環境の長期変動に関する研究」における次期季節予報システムや重点研究「A4沿岸海況予報技術の高度化に関する研究」における次期海況監視予測システム、一般研究「c6大気海洋結合データ同化システムの開発に関する研究」における海洋モデルとして広く活用される。
- ・全球-熱帯ネストモデルは、重点研究「C2季節予報の高度化と気候・環境の長期変動に関する研究」における次々期季節予報システム開発の一環として行われている。

今後の研究の進め方

- ・引き続き、海洋モデルを用いた過去再現実験の解析を進めて過去の海洋変動の特徴や実態を明らかにし、海洋変動のメカニズムを明らかにする。
- ・物理過程に加えて、海洋内部の炭素循環などを表現する海洋物質循環過程を導入し、長期間のスピンアップ実験を実施した後、過去再現実験を行い、海洋内部の物質循環変動の実態や要因を明らかにする。
- ・全球低解像度モデルにおける極域の再現性向上に向けたスキーム開発を行うとともに、ネスティング手法の改良などモデルの精緻化を進める。
- ・港湾モデルの開発では、特徴的な沿岸現象について再現性を検証するとともに、高解像度化がどのように再現性向上に寄与するかを調べる。
- ・気象庁での現業運用を念頭に、モデルの高速化・軽量化を進め、計算効率の向上を図る。

研究成果及びその活用に関する意見 (中間評価の総合所見)

本研究課題については、気象研究所研究課題評価委員会において中間評価を実施した。中間評価の総合所見については、272 ページを参照。

成果発表一覧

(1) 査読付き原著論文 : 25件

1. Masuda, Y., Y. Yamanaka, T. Hirata, and H. Nakano, 2017: Competition and community assemblage dynamics within a phytoplankton functional group: Simulation using an eddy-resolving model to disentangle deterministic and random effects. *Ecological Modelling*, **343**, 1-17.
2. Griffies, S. M., G. Danabasoglu, P. J. Durack, H. Tsujino, 他35名, 2016: OMIP contribution to CMIP6: experimental and diagnostic protocol for the physical component of the Ocean Model Intercomparison Project. *Geoscientific Model Development*, **9**, 3231-3296.

3. Akitomo, K., M. Hirano, Y. Kinugawa, K. Sakamoto and K. Tanaka, 2016: Scalings of the tidally induced bottom boundary layer in a shallow sea under a surface heating. *Journal of Oceanography*, **72**, 541–552.
4. Tseng, Y., H. Lin, H. Chen, K. Thompson, Y. Fujii, H. Tsujino, 他24名, 2016: North and equatorial Pacific Ocean circulation in the CORE-II hindcast simulations. *Ocean Modelling*, **104**, 143–170.
5. Ilicak, M., H. Drange, Q. Wang, R. Gerdes, Y. Fujii, H. Tsujino, 他32名, 2016: An assessment of the Arctic Ocean in a suite of interannual CORE-II simulations. Part III: Hydrography and fluxes. *Ocean Modelling*, **100**, 141–161.
6. Wang, Q., M. Ilicak, R. Gerdes, H. Drange, Y. Fujii, H. Tsujino, 他33名, 2016: An assessment of the Arctic Ocean in a suite of interannual CORE-II simulations. Part II: Liquid freshwater. *Ocean Modelling*, **99**, 86–109.
7. Wang, Q., M. Ilicak, R. Gerdes, H. Drange, Y. Fujii, H. Tsujino, 他33名, 2016: An assessment of the Arctic Ocean in a suite of interannual CORE-II simulations. Part I: Sea ice and solid fresh water. *Ocean Modelling*, **99**, 110–132.
8. Kitamura, T., T. Nakano, and S. Sugimoto, 2016: Decadal variations in mixed layer salinity in the Kuroshio Extension recirculation gyre region: influence of precipitation during the warm season. *Journal of Oceanography*, **72**, 167–175.
9. Sakamoto, K., G. Yamanaka, H. Tsujino, H. Nakano, S. Urakawa, N. Usui, M. Hirabara, and K. Ogawa, 2016: Development of an operational coastal model of the Seto Inland Sea, Japan. *Ocean Dynamics*, **66**, 77–97.
10. Danabasoglu, G., S. G. Yeager, W. M. Kim, Y. Fujii, H. Tsujino, et al., 2016: North Atlantic simulations in coordinated ocean-ice reference experiments phase II (CORE-II). Part II: Inter-annual to decadal variability. *Ocean Modelling*, **97**, 65–90.
11. Laufkotter, C., M. Vogt, N. Gruber, M. Aita-Noguchi, O. Aumont, L. Bopp, E. Buitenhuis, S. C. Doney, J. Dunne, T. Hashioka, J. Hauck, T. Hirata, J. John, C. Le Quere, I. D. Lima, H. Nakano, R. Seferian, I. Totterdell, M. Vichi, and C. Volker, 2015: Drivers and uncertainties of future global marine primary production in marine ecosystem models. *Biogeosciences*, **12**, 6955–6984.
12. Karspeck, A. R., D. Stammer, A. Kohl, G. Danabasoglu, M. Balmaseda, D. M. Smith, Y. Fujii, S. Zhang, B. Giese, H. Tsujino, and A. Rosati, 2015: Comparison of the Atlantic meridional overturning circulation between 1960 and 2007 in six ocean reanalysis products. *Climate Dynamics*. (in press)
13. Nakano, H., M. Ishii, K. B. Rodgers, H. Tsujino, and G. Yamanaka, 2015: Anthropogenic CO₂ uptake, transport, storage, and dynamical controls in the ocean imposed by the meridional overturning circulation: A modeling study. *Global Biogeochemical Cycles*, **29**, 1706–1724.
14. Hauck, J., C. Volker, D. A. Wolf-Gladrow, C. Laufkotter, M. Vogt, O. Aumont, L. Bopp, E. T. Buitenhuis, S. C. Doney, J. Dunne, N. Gruber, T. Hashioka, J. John, C. Le Quere, I. D. Lima, H. Nakano, R. Seferian, and I. Totterdell, 2015: On the Southern Ocean CO₂ uptake and the role of the biological carbon pump in the 21st century. *Global Biogeochemical Cycles*, **29**, 1451–1470.
15. Downes, S. M., R. Farneti, P. Uotila, S. M. Griffies, S. J. Marsland, H. Tsujino, et al., 2015: An assessment of Southern Ocean water masses and sea ice during 1988–2007 in a suite of interannual CORE-II simulations. *Ocean Modelling*, **94**, 67–94.
16. Fujii, Y., H. Tsujino, T. Toyoda, and H. Nakano, 2015: Enhancement of the southward return flow of the Atlantic Meridional Overturning Circulation by data

- assimilation and its influence in an assimilative ocean simulation forced by CORE-II atmospheric forcing. *Climate Dynamics*, 1-21. (in press)
17. Farneti, R., S. M. Downes, S. M. Griffies, S. J. Marsland, H. Tsujino, et al., 2015: An assessment of Antarctic Circumpolar Current and Southern Ocean meridional overturning circulation during 1958-2007 in a suite of interannual CORE-II simulations. *Ocean Modelling*, **93**, 84-120.
 18. Nakano, T., T. Kitamura, S. Sugimoto, T. Suga, and M. Kamachi, 2015: Long-term variations of North Pacific Tropical Water along the 137E repeat hydrographic section. *Journal of Oceanography*, **71**, 229-238.
 19. Kida, S., H. Mitsudera, H. Nakano, H. Tsujino, N. Usui, et al., 2015: Oceanic fronts and jets around Japan: a review. *Journal of Oceanography*, **71**, 469-497.
 20. Katsumata, K., H. Nakano, and Y. Kumamoto, 2015: Dissolved oxygen change and freshening of Antarctic Bottom water along 62S in the Australian-Antarctic Basin between 1995/1996 and 2012/2013. *Deep Sea Research Part II*, **114**, 27-38.
 21. Yamanaka, G., H. Tsujino, H. Nakano, and M. Hirabara, 2015: Decadal variability of the Pacific Subtropical Cells and its relevance to the sea surface height in the western tropical Pacific during recent decades. *Journal of Geophysical Research Oceans*, **120**, 201-224.
 22. Ishizaki, H., H. Nakano, T. Nakano, and N. Shikama, 2014: Evidence of equatorial Rossby wave propagation obtained by deep mooring observations in the western Pacific Ocean. *Journal of Oceanography*, **70**, 463-488.
 23. Griffies, S. M., J. Yin, P. J. Durack, P. Goddard, H. Tsujino, (他38名), 2014: An assessment of global and regional sea level for years 1993 - 2007 in a suite of interannual CORE - II simulations. *Ocean Modelling*, **78**, 35-89.
 24. Danabasoglu, G., S. G. Yeager, D. Bailey, Y. Fujii, H. Tsujino, (他42名), 2014: North Atlantic simulations in Coordinated Ocean - ice Reference Experiments phase II (CORE - II). Part I: Mean states. *Ocean Modelling*, **73**, 76-107.
 25. 辻野博之, 坂本圭, 碓氷典久, 2015: 気象庁気象研究所における沿岸モデル開発. *沿岸海洋研究*, **52**, 119-129.

(2) 査読論文以外の著作物 (翻訳、著書、解説等) : 1 件

1. 安田珠幾, 鈴木立郎, 野崎太, 三上正男, 2014: 海面水位上昇. 地球温暖化 そのメカニズムと不確実性, 118-131.

(3) 学会等発表

ア. 口頭発表

・国際的な会議・学会等 : 7 件

1. Nakano, H., Is the Kuroshio Extension a blender or barrier of the water mass?, International Workshop: Dynamics and interactions of the Ocean and the Atmosphere, 2016年7月, 宮城県仙台市
2. Roberts, M., Vidale, P. L., G. Yamanaka, and H. Tatebe, Choosing the appropriate atmosphere-ocean resolution, Workshop on "High-resolution ocean modelling for coupled seamless predictions", 2016年4月, イギリス, エクセター
3. Danabasoglu, G., Y. Fujii, H. Tsujino, et al., North Atlantic Simulations in Coordinated Ocean-ice Reference Experiments phase II (CORE-II): Inter-Annual to Decadal Variability, 2016 Ocean Sciences Meeting, 2016年2月, アメリカ, ニューオーリンズ
4. Tsujino, H., JRA-55 based surface atmospheric data set for driving ocean-sea ice

- models, 2nd Session of OMDP - 'Extended' Meeting on Forcing Ocean-Ice Climate Models, 2016年1月, 神奈川県横浜市
5. Urakawa, S., Comparison of the general performance of MRI.COM between experiments forced by CORE and JRA-55 datasets, 'Extended' Meeting on Forcing Ocean-Ice Climate Models, 2016年1月, 神奈川県横浜市
 6. Nakano, H., Water mass transport associated with the oceanic fronts in the northwestern Pacific Ocean, CLIVAR/JAMSTEC Workshop on the Kuroshio Current and Extension System: Theory, Observations, and Ocean Climate Modelling, 2016年1月, 神奈川県横浜市
 7. Yamanaka, G., H. Nakano, H. Tsujino, S. Urakawa, and K. Sakamoto, The connection between decadal variability in the Pacific Subtropical Cells and sea surface height in the western tropical Pacific, 第26回国際測地学地球物理学連合総会 (IUGG2015), 2015年6月, チェコ, プラハ

・国内の会議・学会等：13件

1. 坂本圭, 辻野博之, 中野英之, 浦川昇吾, 山中吾郎, 解像度2km ネスト・モデルを用いた日本沿岸海況の再現, 日本海洋学会2016年度秋季大会, 2016年9月, 鹿児島県鹿児島市
2. 中野英之, 辻野博之, 坂本圭, 浦川昇吾, 山中吾郎, 北西太平洋におけるフロントの経年変動, 日本海洋学会2016年度秋季大会, 2016年9月, 鹿児島県鹿児島市
3. 坂本圭, 辻野博之, 中野英之, 浦川昇吾, 山中吾郎, 気象庁気象研究所におけるモデル共有のための基盤ツール, 日本海洋学会2016年度秋季大会, 2016年9月, 鹿児島県鹿児島市
4. 山中吾郎, 辻野博之, 中野英之, 浦川昇吾, 坂本圭, エルニーニョなどの海洋の変化を予測するために, 平成27年度気象研究所研究成果発表会, 2016年3月, 東京都千代田区
5. 中野英之, 渦解像モデルによる137度線の水塊の起原およびその変動の推定, 日本海洋学会2016年度春季大会シンポジウム「東経137度定線の50年と今後の日本の持続的海洋観測望」, 2016年3月, 東京都文京区
6. 坂本圭, 山中吾郎, 碓氷典久, 辻野博之, 中野英之, 浦川昇吾, 気象庁沿岸海洋モデルを用いた瀬戸内海海況の再現, 低温科学研究所共同研究シンポジウム「日本を取り囲む陸海結合システムの解明に向けて」, 2015年12月, 北海道札幌市
7. 坂本圭, 辻野博之, 中野英之, 浦川昇吾, 山中吾郎, 気象研究所における次期日本沿岸モデルMRI.COM-JPNの開発, 東京大学大気海洋研究所共同利用研究集会「沿岸から外洋までをシームレスにつなぐ海洋モデリングシステムの構築に向けて」, 2015年11月, 千葉県柏市
8. 山中吾郎, 中野英之, 辻野博之, 浦川昇吾, 坂本圭, 十年規模の位相変化に対する西部太平洋海面水位と水平循環の役割, 日本地球惑星科学連合2015年大会, 2015年5月, 千葉県千葉市
9. 中野英之, OGCMによる人為起原炭素の3次元輸送の見積もり, Japan Geoscience Union Meeting, 2015年5月, 千葉県千葉市
10. 安田珠幾, 平原隆寿, 奥中裕佳, 福田義和, 中野俊也, 20世紀における日本沿岸の海面水位トレンド, 2015年度日本海洋学会春季大会, 2015年3月, 東京都
11. 山中吾郎, 辻野博之, 中野英之, 平原幹俊, 熱帯太平洋十年規模変動に見られる暖候期終息時の位相反転について, 日本海洋学会2014年度秋季大会, 2014年9月, 長崎県長崎市
12. 坂本圭, 分散開発に向けたMRI.COMパッケージの開発, 研究集会「海氷海洋モデリングの共通基盤構築に向けて」, 2014年7月, 北海道札幌市
13. 浦川昇吾, 黒木聖夫, 羽角博康, 伊藤幸彦, 田中潔, 高解像度日本沿岸モデルで再現された三陸沿岸の親潮系冷水接岸イベント, 平成26年度東北マリンサイエンス拠点形成事業(海洋生態系の調査研究)全体会議, 2014年5月, 宮城県仙台市

イ. ポスター発表

・国際的な会議・学会等 : 5 件

1. Yamanaka, G., H. Tsujino, H. Nakano, S. Urakawa, and K. Sakamoto, Indo-Pacific sea level variability during recent decades, 2016 AGU Fall Meeting, 2016年12月, アメリカ, サンフランシスコ
2. Tsujino, H., S. Urakawa, H. Nakano, 他 8 名, Coordinated Ocean-ice Reference Experiments (CORE-II): Development of a New Forcing Data Set Based on JRA-55, CLIVAR Open Science Conference, 2016年9月, 中国, 青島
3. Yamanaka, G., H. Tsujino, H. Nakano, S. Urakawa, and K. Sakamoto, Interannual simulation of tropical oceans during 1958-2014 using a high resolution OGCM, EGU General Assembly 2016, 2016年4月, オーストリア, ウイーン
4. Yamanaka, G., H. Tsujino, H. Nakano, S. Urakawa, and K. Sakamoto, Influence of horizontal resolution on mean state of tropical Indo-Pacific Oceans, Workshop on "High-resolution ocean modelling for coupled seamless predictions", 2016年4月, イギリス, エクセター
5. Sakamoto, K., H. Tsujino, H. Nakano, and G. Yamanaka, A practical scheme to introduce explicit tidal forcing into an OGCM, 2014 AGU Fall Meeting, 2014年12月, アメリカ, サンフランシスコ

・国内の会議・学会等 : 29 件

1. 浦川昇吾, 辻野博之, 中野英之, 坂本圭, 山中吾郎, 深層循環に対する海底熱源の影響についての再検証, 日本海洋学会 2016 年度秋季大会, 2016 年 9 月, 鹿児島県鹿児島市
2. 辻野博之, 浦川昇吾, 中野英之, 鈴木立郎, 小室芳樹, 山崎大, 富田裕之, R. J. Small, W. M. Kim, S. G. Yeager, G. Danabasoglu, W. G. Large, S. M. Griffies, S. A. Josey, M. Valdivieso, JRA-55 に基づく海洋モデル駆動データセットの作成 (2) 海面データセットの概要とモデル駆動結果, 日本海洋学会 2016 年度秋季大会, 2016 年 9 月, 鹿児島県鹿児島市
3. 石崎廣, 中野俊也, 山中吾郎, 東経 137 度線における北赤道潜流 (NEUC) の十年規模変動, 日本海洋学会 2016 年度春季大会, 2016 年 3 月, 東京都文京区
4. 中野英之, 辻野博之, 坂本圭, 浦川昇吾, 山中吾郎, 気象研における新全球海洋モデル (GONDOLA) ~ 渦解像モデルの開発~, 日本海洋学会 2015 年度秋季大会, 2015 年 9 月, 愛媛県松山市
5. 浦川昇吾, 辻野博之, 中野英之, 坂本圭, 山中吾郎, 気象研における新全球海洋モデル (GONDOLA) - 中規模渦パラメタリゼーションの高度化 -, 日本海洋学会 2015 年度秋季大会, 2015 年 9 月, 愛媛県松山市
6. 坂本圭, 辻野博之, 中野英之, 浦川昇吾, 山中吾郎, 将来の海洋研究・現業に向けた気象研究所共用海洋モデルの開発状況, 日本海洋学会 2015 年度秋季大会, 2015 年 9 月, 愛媛県松山市

報道・記事

なし

c8 環境要因による局地気候変動のモデル化に関する研究

研究年次：3年目／5年計画（平成26年度～平成30年度）

研究代表者：清野直子¹⁾（環境・応用気象研究部 第二研究室長）

藤部文昭²⁾（環境・応用気象研究部長）

課題構成及び研究担当者：

副課題名1 都市キャノピーモデルの高度化

高藪 出²⁾、清野直子³⁾、山本 哲、新藤永樹⁴⁾、志藤文武、川端康弘⁴⁾（環境・応用気象研究部）、青柳暁典⁵⁾、山下和也、萱場互起（気象庁地球環境・海洋部）、藤部文昭⁶⁾（客員）

副課題名2 地上観測値の空間代表性に関する研究

高藪 出²⁾、清野直子³⁾、山本 哲、新藤永樹⁴⁾、志藤文武、川端康弘⁴⁾、藤枝 鋼¹⁾（環境・応用気象研究部）、青柳暁典⁵⁾（気象庁地球環境・海洋部）、藤部文昭⁶⁾（客員）

研究の目的

多様な土地利用状態を反映した高精度の気候情報を提供し、ヒートアイランド等の緩和方策の検討や地上観測所の適切な維持運用に資する。

研究の目標

（課題ごとの目標）

副課題1の目標

都市キャノピーモデルを改良し、領域気候モデル等の精度向上に資する。

副課題2の目標

観測環境等に対応した地上気温等の観測値の変動実態を明らかにし、観測運用およびモデル検証の向上に資する。

研究の現状

（1）進捗状況

副課題1

- ①都市域の地表面過程をモデルで適切に表現するために開発された都市キャノピースキーム（Square Prism Urban Canopy scheme；以下SPUC, Aoyagi and Seino, 2011）の高度化を進めた。この改良されたSPUCスキームは、気候シミュレーションや首都圏の都市化が降水に及ぼす影響の評価実験に活用された。また、顕著な高温や局地的大雨事例等を対象に、観測との比較を行い、再現性能評価を進めている。
- ②非静力学地域気候モデル（NHRCM）に実装されている最新版SPUCを非静力学モデル（NHM）へ再実装し、両モデルで同一の都市キャノピーモデルが実行できるようにした。また、リスタートに関連するバグを修正した。さらに、長期気候計算だけでなく、ヒートアイランド監視モデル等としての短期積分時の性能向上を図るため、SPUCの予報変数を次の初期値に引き継ぐサイクル実行にむけた開発に着手している。また、NHM最新版（r3752）をNHRCMへ反映した。

副課題2

- ①観測環境が地上気温に与える影響を調べる目的で、気象庁構内の大手町露場内2地点（露場中央、露場東端）と本庁ビル屋上における気温等の都市微気候観測を当初計画通り実施している。露場内における風通しと気温の関係を調査するため、露場中央と東端の2ヶ所に2次元超音波風向

¹⁾ 平成27年度から、²⁾ 平成26年度のみ、³⁾ 平成26年度は予報研究部、⁴⁾ 平成28年度から、⁵⁾ 平成26年度、平成27年度は環境・応用気象研究部、⁶⁾ 平成26年度は環境・応用気象研究部

風速計を平成26年6月に設置し、露場内風向風速データの取得を開始した。

- ②気温・風向風速データを蓄積し、露場における風向風速（地上高度2.5 m）が直近の構造物等によりどの程度影響を受けているのか解析を進めた。平成28年7月から12月にかけて、大手町露場内2地点において放射の連続観測を実施した。放射観測にあわせて、サーモカメラによる地表面温度の観測を晴天日に数日行ったほか、露場とその周辺を毎月一度以上のペースで撮影し記録した。
- ③大手町の露場内2地点（露場中央、露場東端）で確認された気温の違いの実態や要因を明らかにするため、露場内の気温の高度分布および地表面温度の測定を実施することとし、そのための手法を検討した。日射の影響を受けずに精度良く気温分布の観測を行うため実績や経費などを考慮して極細熱電対を用いた測定を行うこととし、測定システムの基本的特性に関する調査を行い日射や風が観測値に及ぼす影響を評価した。既往研究で使われていたものよりもさらに細かい熱電対を用い、従来指摘されていたよりも日射の影響が大きい、現業で用いられる通風筒とほぼ同程度の日射影響にとどまることが示唆された。
- ④平成28年度に、極細熱電対により大手町の露場で9回の気温の高度分布・地表面温度観測を実施した。地表面温度の変化に対応した鉛直分布の変化が観測された、今後解析をすすめ、1.5 m 高度気温の支配要因を特定していく。
- ⑤モデルと観測値の違いの観測所設置環境依存性を評価する観点から、データの収集・解析の準備を進めた。
- ⑥地上気象観測環境の歴史的推移を考察するため、これまで観測環境等が明らかにされていない日本の初期観測状況を調べた。函館（1872年）東京（1875年）長崎（1879年）の創設時の観測所について、資料や写真等により当時の観測環境等を調べ、現在の観測環境との相違が明らかになりつつある。
- ⑦世界各国における地上気象観測環境の現状について文献のほかにWMOの技術会合への参加、観測部のWMO/CIMOの専門家とも情報交換しながら情報収集につとめ、WMO観測設置環境分類などの国際的動向の取りまとめを進めた。

（2）これまで得られた成果の概要

副課題 1

- ①都市キャノピースキームSPUCを、非静力学モデルNHM及び非静力学地域気候モデルNHRCM上で、植生キャノピースキームSiBと併用できるよう改良を行った。
- ②SPUCに、都市キャノピー内の地面及びビル屋上面の融積雪過程を導入した。Järvi et al. (2014) を基礎とし、NHRCMへのオンラインカップリング時にも計算不安定を抑制するためのいくつかの工夫（地表面熱輸送量の制限、融雪・圧密等に関するパラメータの調整など）を行った。2006年～2007年の冬季を対象とした性能評価実験をから、冬季札幌の地上気温の再現性が向上すること、地点により積雪深の再現性には差があることがわかった。
- ③SPUCを用いた都市効果の感度実験が可能となるよう、スキームの適用域や人口排熱の与え方の設定に関する拡張を行った。
- ④SPUCを導入した水平格子間隔2kmのNHMにより、都市の高温偏差が降水に及ぼす影響に関する考察を進めた（A1副課題3との連携研究）。現実的な都市条件を与えたSPUC実験と都市効果を低減させた平板実験との比較から、東京都心付近の8年間の8月平均降水量はSPUC実験で有意に多く、都市の1℃の高温偏差が降水を1割程度増加させることを示唆する結果が得られた。降水強化の要因を探るため、先行降水のない午後の降水事例（68例）を抽出し、降水開始1時間前の気象場のコンポジット解析を行った結果、都市中心域では高温・低圧偏差に対応する水平収束および上昇流の強化が生じるいっぽう、下層水蒸気量の増加はわずかで、この比較実験においてはヒートアイランド循環の強化が都市中心域の降水増加に大きく寄与していたことがうかがえる（Seino et al., 2016）。
- ⑤夏季の高温分布に対する情報となる暑熱環境評価指標のひとつで、国内で暑さ指数として広く利用されている湿球黒球温度（WBGT）の診断スキームをNHRCMに導入した。
- ⑥SPUCを用いたNHMによる都市域の再現性について、中部日本域で対アメダス地上気温検証により確

認を行った。また、都市域の混合層構造について観測事例との比較を行った。東京とその近郊における2011年10月4日のゾンデ観測結果との比較から、SPUCの導入によって、東京都区部での混合層高度の過小評価を改善することが確認できた。しかし、SPUC導入後でも、観測に比べ、午後の混合層高度は低く、混合層内の温位はやや高い傾向が見られた。

- ⑦最新版SPUC（上記①～③を反映）が導入されたNHM（r3752）を、次期NAPS10におけるヒートアイランド監視モデル（Nhucm）への利用にむけて気候情報課に提供した。また、本庁Nhucmシステムを気象研へ移植し、相互連携を容易に行えるようにした。
- ⑧最新版SPUCのパフォーマンスを調べるために、2013年8月11日東京の最低気温30.4℃に対する都市モデルの再現性を調べた。都市キャノピーモデルは、平板モデルに比べて、ヒートアイランドの表現（夜間から早朝にかけての気温低下の抑制）が良かった。その原因は、都市空間へのビル壁面からの顕熱フラックスが重要であることがわかった。

副課題2

- ①大手町露場内2ヶ所の強制通風式温湿度計で得られた気温データの比較から、露場内では夏季の日中を中心に植栽に囲まれた露場東端の気温が高い傾向にあり、気温差はその時刻までの積算全日日射量と正の相関があった。また、日射が多い夏季晴天日においては、露場中央の風速が1～3 m/sの場合に気温差が大きくなりやすく、同風速が強め（3 m/s以上）の日は露場内の気温差が該当月平均より小さめ（概ね 0.5℃以下）となる傾向があることがわかった。これは、気温差が日射以外に、風の場による影響も受けていることを示唆する。
- ②高層ビルの影に入る時間が2ヶ所の温湿度計で異なることを利用し、ビル影の影響で生じる気温差が夏季昼過ぎの月平均時別値で最大0.2℃程度であると算出した。露場に影が落ちない時間帯の気温差は月平均で最大0.5℃であり、ビルによる日向日陰の影響と、それ以外の温湿度計の設置環境の違いによる影響をそれぞれ評価することができた（志藤ほか，2015）。
- ③露場東端の風速は露場中央の1/3程度と弱く、風配に関しても露場中央では季節によらず南風が卓越するのに対し、露場東端は東風となる日が多いことがわかり、露場内の風向風速の違いが定量化できた（志藤ほか，2016）。
- ④大手町と北の丸の気温データ比較解析を行った。夜間において北の丸露場の気温が大手町露場に比べ平均1℃以上低く、日中については夏季から秋季（6月から11月）にかけては0.5℃以内の低温が続くのに対し、冬季から春季（12月から5月）にかけて0.1～0.5℃程度、北の丸の気温が高くなる時間帯が3～6時間程度続き、季節による違いが大きくなることがわかった。
- ⑤大手町における気温観測のうち露場中央のものは、平成26年12月1日までの東京観測点の現業観測を引きついだものであり、観測部・東京管区气象台と協力して観測の継続と観測環境の整備を行った。
- ⑥日射の影響が非常に小さい極細熱電対を用い、現業通風筒と同等の精度で気温の詳細な鉛直分布等を測定できるシステムを構築し、露場1.5 m高度気温の支配要因を特定していくために必要なデータを取得できるようになった。これによりこれまで9回の気温の高度分布・地表面温度観測を実施し、地表面温度の変化に対応した鉛直分布の変化を捉えられた。
- ⑦モデルと観測値の違いの観測所設置環境依存性を解析・評価するため、利用可能な設置環境指標として、地形因子や土地利用分類、観測部が実施したWMO観測設置環境分類の試験的調査の結果などのデータを収集した。
- ⑧観測環境（観測所および測器設置条件）は世界中で異なり、わが国でも温度計地上高ひとつ取ってみても時代とともに変遷が見られることがわかってきた。過去や世界の観測データを利用する上で、これらの相違に対応した観測データへの影響を検討する必要性を確認した。

(3) 当初計画からの変更点（研究手法の変更点等）

- ①露場内の放射環境を水平二次元で把握するためにサーモカメラを用いた露場表面の撮影を、熱電対観測の日にあわせて行った。
- ②観測値への影響の観点から考慮すべき観測環境そのものについて明確化する必要性から、過去からの推移・現状や世界各国の動向を把握することから始めた。

(4) 成果の他の研究への波及状況

- ① 文部科学省委託事業「気候変動リスク情報創生プログラム」(以下、創生プログラム)において、本研究課題で高度化したSPUCスキームとWBGT診断スキームが導入され、2km格子間隔での現在気候及び将来気候シミュレーションが実施された。
- ② 都市が降水に及ぼす影響の評価については、A1副課題3との連携により実施し、その知見を創生プログラムに提供した。
- ③ 気候情報課のヒートアイランド監視業務において毎年刊行されている「ヒートアイランド監視報告」の作成にあたり、内容や解析結果に関する助言を行った。また、同業務への協力のため、都市の気温や湿度等の経年変化、降水への都市化影響に係る研究の現状について情報提供を行った。同業務で使用するヒートアイランド監視モデルにはSPUCスキームが採用されており、技術協力としてSPUCスキームの改良状況についても情報共有を行っている。
- ④ 気象庁構内における都市微気候観測及び北の丸露場での観測データとの比較解析から、観測環境要因による観測値への影響に関する知見を、気象庁観測部の観測技術開発課題「低木植栽等周辺環境と露場内微気象に関する調査」(平成26年度～平成27年度)に提供した。

今後の研究の進め方

- ① 副課題1での都市キャノピスキームの高度化についての全般的な方向としては、気候シミュレーション、ヒートアイランド監視、顕著現象の解析に加え、将来的な短期予報上の利用可能性も視野に入れ、それぞれに適した改良や、再現性の向上を図る。
- ② どのようなモデルの高度化が再現性向上につながるのかを評価するツールとして、陸面モデル単体で動作するオフライン数値実験システムの構築を進める。
- ③ 平成29年度末のNAPS更新を踏まえ、次期NAPS上でのヒートアイランド監視モデルの性能向上に向けた技術協力を継続し、SPUCスキームの再現性の確認や改良を進める。
- ④ 都市域における温暖化緩和策や詳細な暑熱分布情報へのニーズに応えるため、SPUCスキームを活用し、感度実験等に取り組む。
- ⑤ 副課題2(地上観測値の空間代表性に関する研究)の都市微気候観測については縮小し、これまでに取得されたデータを基に、副課題1における参照データとして利用を図る。
- ⑥ オフラインモデル数値実験システムと都市微気候観測データを組み合わせることによって、大手町露場の観測で得られた特徴のモデルによる再現や一般化を検討する。
- ⑦ 観測環境の状況についてこれまでわかったことの取りまとめを行うとともに、気温観測を対象に観測値の変動実態を明らかにする。

研究成果及びその活用に関する意見(中間評価の総合所見)

本研究課題については、気象研究所研究課題評価委員会において中間評価を実施した。中間評価の総合所見については、273ページを参照。

成果発表一覧**(1) 査読付き原著論文: 8件**

1. Seino, N., T. Aoyagi, H. Tsuguti, 2016: Numerical simulation of urban impact on precipitation in Tokyo: How does urban temperature rise affect precipitation?. *Urban Climate*. (in press)
2. Fujibe, F., 2015: Comments on Anthropogenic heat release: Estimation of global distribution and possible climate effect by Chen B. et al.. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, **93**, 501-503.
3. Adachi, S. A., F. Kimura, H. Kusaka, M. G. Duda, Y. Yamagata, H. Seya, K. Nakamichi, and T. Aoyagi, 2014: Moderation of summertime heat island phenomena via modification of the urban form in the Tokyo metropolitan area. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, **53**, 1886-1900.
4. 志藤文武・清野直子・山本哲・藤部文昭・青柳曉典, 2016: 植栽・周辺構造物による風通

- しの変化が気温観測に与える影響. *風工学シンポジウム論文集*, **24**, 91-96.
5. 工藤佳奈子, 藤部文昭, 2015: 都市気象官署における長期気温上昇率の時刻別・気象条件別評価—JRA-55データを利用した52年間の解析—. *日本ヒートアイランド学会論文集*, **10**, 16-23.
 6. 菅原広史, 相曾豪夫, 小田僚子, 清野直子, 2015: 都市と郊外における日中の大気加熱量比較. *日本ヒートアイランド学会論文集*, **10**, 1-5.
 7. 志藤文武, 青柳曉典, 清野直子, 藤部文昭, 山本哲, 2015: 植栽・構造物が気温観測統計値に及ぼす影響—東京(大手町)における通年観測—. *天気(論文・短報)*, **62**, 403-409.
 8. 青柳曉典, 泉敏治, 酒井哲, 永井智広, 2014: ドップラーライダーDBS計測による都市域の粗度長とゼロ面変位高の推定. *風工学シンポジウム論文集*, **23**, 43-48.

(2) 査読論文以外の著作物(翻訳、著書、解説等): 5件

1. Seino, N., T. Aoyagi, and H. Tsuguti, 2014: Urban impact on summertime precipitation in Tokyo: Numerical simulation using NHM and the Square Prism Urban Canopy scheme. *CAS/JSC WGNE Research Activities in Atmospheric and Oceanic Modelling*, **44**, 407-408. 6.
2. 足立幸穂, 菅原広史, 竹林英樹, 大橋唯太, 伊東瑠衣, 志藤文武, 山本哲, 足永靖信, 2016: 第9回国際都市気象会議(ICUC9)報告. *天気*, **63**, 185-193.
3. 青柳曉典, 2015: 気象分野におけるヒートアイランド研究—この10年, これから10年—. *日本ヒートアイランド学会誌*, **10**, 32-33.
4. 青柳曉典, 2015: 冬季と夏季のヒートアイランド現象. ヒートアイランドの事典—仕組みを知り, 対策を図る—, 42-43.
5. 青柳曉典, 2015: 都市化に伴う気候変化. *隔月刊誌「地球温暖化」*, **35**, 46-47.

(3) 学会等発表

ア. 口頭発表

・国際的な会議・学会等: 3件

1. Seino, N., R. Oda, H. Sugawara, T. Aoyagi, and M. Deushi, Observations and numerical modeling study of urban meteorology in Tokyo, 8th International Workshop on Air Quality Forecasting Research, 2017年1月, カナダ, トロント
2. Seino, N, H. Sugawara, R. Oda, T. Aoyagi, and H. Tsuguti, Numerical simulation of urban impact on summertime precipitation in Tokyo: How does urban temperature rise affect precipitation?, Third International Workshop on Tokyo Metropolitan Area Convection Study for Extreme Weather Resilient Cities (TOMACS/RDP), 2016年2月, 東京都千代田区
3. Aoyagi, T., Recent progress of urban modeling research at MRI/JMA – Model development and its applications for urban meteorology and climatology of Japanese cities, International Conference on Urban Meteorology, 2015年10月, 韓国, 済州島

・国内の会議・学会等: 13件

1. 山本 哲, 極細熱電対による気温観測における日射/放射影響の評価, 日本気象学会2016年度秋季大会, 2016年10月, 名古屋市
2. 山本 哲, 御雇英人ジョイナーによる東京での気象観測, 日本気象学会2016年度秋季大会, 2016年10月, 名古屋市
3. 新藤永樹, 2013年8月11日東京の最低気温30.4°Cに対する都市モデルの再現性, 日本気象学会2016年度秋季大会, 2016年10月, 愛知県名古屋市
4. 山本 哲, 地上気温観測における日射/放射影響の評価 —マイクロ波放射計輝度温度利用の検討—, 日本地球惑星科学連合2016年大会, 2016年5月, 千葉県千葉市

5. 山本 哲, 「百葉箱」の語源について, 日本地球惑星科学連合2016年大会, 2016年5月, 千葉県千葉市
6. 志藤文武・清野直子・青柳暁典・山本哲・藤部文昭, 東京大手町露場の気温分布と風速との関係, 日本気象学会2016年度春季大会, 2016年5月, 東京都
7. 清野直子, 青柳暁典, 津口裕茂, 首都圏の夏季降水に対する都市の効果 (4) - コンポジット解析による降水強化要因の考察 -, 日本気象学会2015年度秋季大会, 2015年10月, 京都府京都市
8. 山本哲, 東京気象台1875 (明治8) 年観測開始期のメタ情報 (2), 日本気象学会2015年度春季大会, 2015年5月, 茨城県つくば市
9. 山本哲, 温室効果気体の演示/実験概観, 日本気象学会2014年度秋季大会, 2014年10月, 福岡県福岡市
10. 山本哲, 世界各国における地上気象観測環境基準の現状, 日本気象学会2014年度春季大会, 2014年5月, 神奈川県横浜市
11. 藤部文昭, 東京都における熱中症死者多発日の気温特性, 日本気象学会2014年度春季大会, 2014年5月, 神奈川県横浜市
12. 藤部文昭, 長期観測データから見た異常気象, 学会夕食会, 2014年4月, 東京都千代田区
13. 藤部文昭, 東京の局地気象を考える, 日本ヒートアイランド学会第14回プライムセミナー, 2014年4月, 東京都目黒区

イ. ポスター発表

・国際的な会議・学会等 : 7 件

1. Yamamoto, A., Evaluation of radiative effect on the measurement of the surface air temperature by thermometers using the ground-based microwave radiometer, 2016 Technical Conference on Meteorological and Environmental Instruments and Methods of Observation, 2016年9月, スペイン, マドリード
2. Shido, F., A. Yamamoto, T. Aoyagi, N. Seino, F. Fujibe, An observational study of the influence of nearby plants and artificial structures on the surface air temperature, 2016 Technical Conference on Meteorological and Environmental Instruments and Methods of Observation, 2016年9月, スペイン, マドリード
3. Aoyagi, T., Development of a snow pack scheme for urban canopy model used in the Non-hydrostatic Regional Climate Model, International Workshop on Downscaling: Issues in Downscaling of Climate Change Projection, 2015年10月, 茨城県つくば市
4. Aoyagi, T., N. Seino, F. Shido, and H. Sasaki, Impact of an Urban Land Surface Scheme on Local Climate Simulation for the Tokyo metropolitan area, 9th International Conference on Urban Climate, 2015年7月, フランス, トゥールーズ
5. Shido, F., T. Aoyagi, N. Seino, F. Fujibe, and A. Yamamoto, Influence of nearby plants and artificial structures on the surface air temperature statistics: Continuous in-situ measurement at central Tokyo, 9th International Conference on Urban Climate, 2015年7月, フランス, トゥールーズ
6. Kusaka, H., A. Suzuki-Parker, T. Aoyagi, S. Adachi, and Y. Yamagata, Urban climate projection in Tokyo for the 2050's August by the 4-km horizontal grid spacing RCMs: Impact of RCM and urban scenario., Asia Oceania Geosciences Society 11th Annual Meeting, 2014年8月, 北海道札幌市
7. Shido, F., T. Aoyagi, N. Seino, and H. Sasaki, An application of the urban land surface parameterization for 4km-resolution simulation of present climate, 11th Annual Meeting, Asia Oceania Geosciences Society, 2014年7月, 北海道札幌市

・国内の会議・学会等：13件

1. 清野直子, 菅原広史, 小田僚子, 青柳暁典, 首都圏における対流性降水環境場の観測と数値実験(2), 日本気象学会2016年度秋季大会, 2016年10月, 名古屋市
2. 志藤文武・清野直子・山本哲・藤部文昭・青柳暁典, 東京大手町露場周辺における風の微気候とその季節変化, 日本気象学会2016年度秋季大会, 2016年10月, 名古屋市
3. 山本 哲, 地上気温観測における日射/放射影響の評価ーマイクロ波放射計輝度温度利用の検討ー, 日本気象学会2016年度春季大会, 2016年5月, 東京都
4. 青柳暁典, 都市積雪モデルの導入による冬の都市気候の再現性向上, 第13回環境研究シンポジウム, 2015年11月, 東京都千代田区
5. 志藤文武, 清野直子, 藤部文昭, 青柳暁典, 山本哲, 観測露場周辺の気温の通年観測(第4報)ー露場の風通しと気温差ー, 日本気象学会2015年度秋季大会, 2015年10月, 京都府京都市
6. 青柳暁典, NHRCM用角柱都市キャノピーモデルへの融積雪スキームの導入, 日本気象学会2015年度秋季大会, 2015年10月, 京都府京都市
7. 青柳暁典, 都市キャノピー内融積雪スキームの開発, 日本ヒートアイランド学会第10回全国大会, 2015年8月, 埼玉県宮代町
8. 小堀佳奈子, 藤部文昭, JRA-55を用いた長期気温変動における都市化成分の評価, 日本気象学会2015年度春季大会, 2015年5月, 茨城県つくば市
9. 志藤文武, 清野直子, 藤部文昭, 青柳暁典, 山本哲, 観測露場周辺の気温の通年観測(第3報): ビルの影と気温, 日本気象学会2014年度秋季大会, 2014年10月, 福岡県福岡市
10. 萱場互起, 石原幸司, 青柳暁典, 気象庁におけるヒートアイランド業務の紹介ー観測データと都市気候モデルを用いた監視ー, 日本ヒートアイランド学会第9回全国大会, 2014年7月, 佐賀県佐賀市
11. 青柳暁典, 清野直子, 志藤文武, 佐々木秀孝, 4km地域気候モデルへの都市陸面スキームの導入と現在気候(2001年-2006年)再現性の検証, 日本ヒートアイランド学会第9回全国大会, 2014年7月, 佐賀県佐賀市
12. 橋北太樹, 小田僚子, 菅原広史, 清野直子, 屋外カメラのステレオ観測に基づく首都圏に発達する積乱雲の位置・高度推定, 日本気象学会2014年度春季大会, 2014年5月, 神奈川県横浜市
13. 志藤 文武・青柳 暁典・清野 直子・佐々木 秀孝, 領域モデルNHRCMにおける都市陸面のスキームの役割に関する感度実験, 日本地球惑星科学連合2014年大会, 2014年4月, 神奈川県横浜市

報道・記事

①報道発表: なし

②その他報道・記事(報道発表に関するものは除く): 1件

1. 熱中症対策待ったなし 危険度最高値世紀末に毎年記録、都市省エネ急務, 日本工業新聞, 2016年7月5日.

③アウトリーチ活動: 1件

1. 青柳暁典: 都市積雪モデルの導入による冬の都市気候の再現性向上、第13回環境研究シンポジウム、2015年11月10日.

2. 4. 研究終了報告

本節には、気象研究所が実施し、平成 28 年度に終了した研究課題のうち気象研究所予算による下記課題について、課題毎に計画と研究成果等を掲載した。

2. 4. 1. 地方共同研究

- ・ 桜島噴火に伴う降下火山レキによる被害軽減のための研究・・・・・・・・・・・・・・・・ 239
- ・ 高頻度衛星雲観測を活用した急速に発生発達する降水系に関する研究・・・・・・・・ 242
- ・ フェーズドアレイレーダーを用いた顕著現象発生メカニズムに関する研究・・・・ 244
- ・ LETKF を利用した広島の大雨の調査・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 247

2. 4. 2. 若手研究

- ・ GNSS による火山性地殻変動の検出とその評価手法の高精度化・・・・・・・・・・・・ 250
- ・ エンベロープを利用した同時発生する地震に対応した震源決定の試み・・・・・・ 253

桜島噴火に伴う火山レキによる被害軽減のための研究

研究期間：平成26年度～平成28年度

研究代表者：白土正明¹⁾、藤原健治^{2) 3)} (鹿児島地方気象台 地震津波火山防災情報調整官)

研究担当者：白土正明¹⁾、藤原健治^{2) 3)}、小窪則夫³⁾、高松政美^{2) 3)}、川村 安¹⁾、重信有三³⁾、籠原宏之^{1) 3)}、池亀孝光^{1) 3)}、河野太亮、竹下孝弘、小枝智幸、高橋冬樹^{2) 3)}、渡辺 茂³⁾、上之蘭正利²⁾、内田 東、長山泰淳³⁾、古田仁康、末次秀規³⁾、満永大輔³⁾ (鹿児島地方気象台)、高橋冬樹¹⁾、高橋幸祐²⁾、福島秀樹³⁾ (地磁気観測所*)、新堀敏基、福井敬一、徳本哲男³⁾、高木朗充、佐藤英一、石井憲介 (気象研究所)、林 勇太¹⁾、菅井 明²⁾、藤原善明³⁾ (気象庁火山課**) 駒崎由紀夫、星野俊介^{2) 3)} (高層気象台**)

研究の目的

桜島噴火に伴い風に流されて降下する火山レキによる被害を軽減する。

研究の目標

桜島噴火に伴う火山レキの降下範囲を噴火前に推定し、防災情報として活用するための試案を作成する。

主な研究成果・目標の達成状況

- ①2015年8月15日に桜島で生じたダイク貫入の際の有村観測坑道伸縮計データの解析を行い、ダイク貫入の際の伸縮計データの変化量及び極性の変化がダイクの貫入方向の時間変化で説明できることを示した。
- ②有村観測坑道の地殻変動データの地球潮汐の解析を行い、傾斜計でとらえた分潮応答の時間変化が桜島の物性変化等を示す可能性を見出した。
- ③2015年3月25～26日に、桜島島内の黒神瀬戸観測点において、高層気象台の可搬型ドップラーライダーによる風の観測を行った。期間中に観測された大気下層の水平風は最大10 m/s程度であったのに対し、メソ解析および局地解析のGPVは数m/s弱く解析されることがあった。また鉛直流は、GPVではともに0.1 m/sオーダーであったのに対し、ライダーでは1桁大きい値が観測された。
- ④同ライダーによる水平風の観測データと局地解析および局地モデルのGPVとの比較から、領域移流拡散モデルの初期値を与える噴煙供給源モデルに必要な風速の最大誤差補正式を求めた。さらに突風率も考慮して、噴煙供給源モデルを従来の風の影響を受けない噴煙柱モデルから、風の影響を考慮した噴煙モデルへ改良した。
- ⑤同ライダーで観測された鉛直流のデータには、降下火山灰の落下速度が重畳している可能性があるため、散乱光のドップラーズペクトル強度分布から浮遊火山灰の粒径分布の推定および領域移流拡散モデルの予測結果との比較を進めた。この解析により、高度別の火山灰の粒径分布が推定できる可能性を示した。
- ⑥桜島の島外で降レキ被害が発生した2013年9月4日噴火事例について、風の影響を考慮した噴煙モデルを適用した結果、降レキ予測(最大長径及び分布主軸)はやや改善し、降灰予測(降灰量及び降灰域)には大きく影響しないことを確認した。
- ⑦昭和火口測量観測の継続中、桜島の火山活動が活発化し、従来の観測点からの測定が一時的に困難となったため火口から離れた新たな観測点での並行観測の検討を行なった。観測点選定にあたり、観測機器の設置の際に許される誤差について検討し、従来行っていた厳密な機器設置方法を見直し、機器設置を短時間で言う事が可能であることを明らかにした。なお、平成28年8月以降、爆発なく、従来の火口測量観測点での観測を継続した。
- ⑧過去の大規模噴火の際のレキの集積物(ボラ山)の最大レキ粒径調査を実施し、文明噴火の際の最大粒径レキの降下分布を求めた。

*鹿児島地方気象台併任、**気象研究所併任、¹⁾26年度、²⁾27年度、³⁾28年度

成果の他の研究への波及状態

本課題で取り組んだ風の影響を考慮した噴煙供給源モデルの改良は、重点研究「大規模噴火時の火山現象の即時把握及び予測技術の高度化に関する研究」における移流拡散モデルの精度向上に寄与しており今後、量的降灰予報のさらなる高度化に資する。

研究成果及びその活用に関する意見（終了時評価の総合所見）

本研究課題については、気象研究所研究課題評価委員会において終了時評価を実施した。終了時評価の総合所見については、276ページを参照。

成果発表状況

（１）査読付き原著論文

なし

（２）（１）以外の著作物（翻訳、著書、解説）：３件

1. 新堀敏基, 2015: 数値シミュレーションによる降灰予測. エアロゾル研究, 30, 168-176.
2. 新堀敏基, 2015: 火山噴火と大気環境－第3講 火山噴出物の大気動態・環境影響－①火山灰. 大気環境学会誌, 50, A67-A77.
3. 新堀敏基, 2016: 火山灰輸送：モデルと予測. 火山, 61, 399-427.

（３）学会等発表

ア. 口頭発表

・国際的な会議・学会等：１件

1. Uchida, H.: Strainmeter Array Observation of the Dike Intrusion at Sakurajima Volcano on 15 August 2015. 9th Biennial Workshop on Japan-Kamchatka-Alaska Subduction Process, 2016年5月, アラスカ, フェアバンクス

・国内の会議・学会等：18件

1. 新堀敏基: 火山噴火による降灰予測. 平成26年度科学技術週間特別講演, 2014年4月, 茨城県つくば市
2. 古田仁康, 竹下孝弘, 籠原宏之, 川村安, 河野太亮, 小枝智幸, 内田東, 高橋冬樹: 桜島の噴火に伴う小さな噴石（火山礫）の調査. 鹿児島県気象研究会, 2014年12月, 鹿児島県鹿児島市
3. 内田東, 小枝智幸, 古田仁康, 川村安: 桜島昭和火口噴火にともなう伸縮計の変動量と噴火規模の関係. 鹿児島県気象研究会, 2014年12月, 鹿児島県鹿児島市
4. 河野太亮: 大正3年桜島噴火時の火山礫分布について. 鹿児島県気象研究会, 2014年12月, 鹿児島県鹿児島市
5. 福井敬一: 気象レーダー等を用いた桜島における火山噴煙観測研究計画－噴火現象の即時把握及び降灰予報の高度化に向けて－. 桜島火山研究課題第一回研究集会, 2015年1月, 鹿児島県鹿児島市
6. 内田東, 小枝智幸, 古田仁康, 川村安: 桜島昭和火口噴火にともなう伸縮計の変動量と噴火規模の関係. 福岡管区気象研究会, 2015年2月, 福岡県福岡市
7. 菅井明, 黒木英州, 林洋介, 新堀敏基: 新しい降灰予報について. 日本火山学会秋季大会, 2015年9月, 富山県富山市
8. 高橋冬樹, 内田東: 桜島火口測量におけるセオドライト設置の許容誤差. 鹿児島県気象研究会, 2015年12月, 鹿児島県鹿児島市
9. 内田東: 2015年8月15日桜島地殻変動時の有村観測坑道伸縮計データの解析. マグマ系3課題合同研究集会, 2016年1月, 鹿児島県鹿児島市
10. 福井敬一: 気象レーダー等を用いた桜島噴煙観測－レーダー観測準備状況, 測風ライダーによる上空の火山灰粒径分布の推定－. マグマ系3課題合同研究集会, 2016年1月, 鹿

鹿児島県鹿児島市

11. 古田仁康：気象庁の新しい降灰予報について．鹿児島大学「噴煙・火山ガス研究会」，2016年2月，鹿児島県鹿児島市
12. 新堀敏基：大規模噴火の降灰予測．防災ワークショップ「大規模火山噴火時の地域防災」，2016年3月，鹿児島県鹿児島市
13. 星野俊介，新堀敏基，福井敬一，石井憲介，佐藤英一，白土正明，藤原健治，駒崎由紀夫：測風ライダーを用いた火山灰の粒径分布推定の試み．日本気象学会春季大会，2016年5月，東京都渋谷区
14. 星野俊介，新堀敏基，福井敬一，石井憲介，佐藤英一，白土正明，藤原健治，駒崎由紀夫：測風ライダーを用いた火山灰の粒径分布推定の試み：桜島での観測例．日本地球惑星科学連合大会，2016年5月，千葉県千葉市
15. 長山泰淳：桜島2015年8月のマグマ貫入イベントにおける地殻変動の応答遅延時間分布及び緩和時間分布．災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画 桜島課題研究会集會，2017年1月，鹿児島県鹿児島市
16. 長山泰淳：桜島における傾斜・歪への長周期潮汐の影響量及び短周期潮汐の時空間変化とその解釈．福岡管区気象研究会，2017年2月，福岡県福岡市
17. 小枝智幸，重信有三，竹下孝弘，渡辺茂，末次秀規，林幹太：桜島の噴石飛散を想定した現地調査について．福岡管区気象研究会，2017年2月，福岡県福岡市
18. 藤原健治，鹿児島地方気象台火山班：桜島文明噴火の降下火山レキ径分布調査（序報）．「降水と噴火」研究会，2017年3月，鹿児島県鹿児島市

イ. ポスター発表

・国際的な会議・学会等

なし

・国内の会議・学会等：3件

1. 新堀敏基，白土正明，長谷川嘉彦，橋本明弘，高木朗充，山本哲也，山本哲：領域移流拡散モデルによる1914（大正3）年桜島噴火を想定した火山灰拡散および降灰予測．日本地球惑星科学連合大会，2014年5月，神奈川県横浜市
2. 小枝智幸，高橋冬樹，横山博文，野田信幸：1mメッシュDEMデータから求めた桜島昭和火口の3次元形状～数値で見る昭和火口の形状変化と火山活動との比較～．日本火山学会秋季大会，2014年11月，福岡県福岡市
3. 新堀敏基，林洋介，菅井明，黒木英州，白土正明，藤原健治，石井憲介，佐藤英一，福井敬一：降塵予測における風の影響を考慮した供給源モデルの検討．日本地球惑星科学連合大会，2016年5月，千葉県千葉市

報道・記事

なし

高頻度衛星雲観測を活用した急速に発生発達する降水系に関する研究

研究期間：平成27年度～平成28年度

研究代表者：林 広樹(東京管区気象台 防災調査課 調査官)

研究担当者：瀬古 弘、大塚道子(予報研究部)、林 広樹、牛島孝友¹⁾、植村恵子、林 真由¹⁾、山内 崇、久野勇二¹⁾、山田裕里佳¹⁾、野島和哉²⁾、近藤 亨²⁾、梶 史織²⁾、由宇弘樹²⁾(東京管区気象台)、守田宏市¹⁾、西井久人¹⁾、仲居史志¹⁾、儘田裕司¹⁾、犬飼 俊¹⁾、安藤直貴¹⁾、田中敏郎²⁾、山本修義²⁾、板谷浩樹²⁾、津島俊介²⁾、井村暢志²⁾(水戸地方気象台)、森 洋、喜内 恒¹⁾、大水俊宏¹⁾、小倉 惇¹⁾、安井拓也¹⁾、浅尾宏紀²⁾、高橋朋哉²⁾、草野修平²⁾(宇都宮地方気象台)、植田卓水、水守博和¹⁾、佐野辰正、山下 卓、井口 卓¹⁾、山口 広、羽根川雅美¹⁾、和田郁夫²⁾、永井博幸²⁾、君島正樹²⁾、牛島孝友²⁾(熊谷地方気象台)、佐藤一至、佐藤直人、上田哲也¹⁾、横瀬明香¹⁾、近藤智子(横浜地方気象台)

研究の目的

急速に発生発達する降水系の事例に関し、診断的予測グループが提供している豪雨事例解析マニュアルを用いて解析を行い、高頻度衛星雲観測資料を用いてその降水系の発生タイミング、発達状況、及び衰弱タイミングや移動の状況等について解析、検討を行う。実況監視の観点から、現象の発生発達等についてレーダー観測資料等との比較を行い、高頻度衛星雲観測資料を用いることにより、より早く現象を捉えることができないか調査を行う。これらを纏めることにより、新たな知見の共有と、実況監視手法の作成、改善を行うことを目的とする。また、平成27年度から運用開始となったひまわり8号による、より高頻度・高解像度のデータの利用に向けての基礎知識習熟も目的とする。

研究の目標

急速に発生発達する降水系の実況監視手法の作成、改善を行うとともに、防災気象情報のリードタイム改善に資する事例について纏める(事例集)ことにより、知見の蓄積、共有を目標とする。

主な研究成果・目標の達成状況

急速に発達する対流雲について、発生期においては可視反射率の増加や赤外輝度温度の低下により、ファーストエコー観測より早いタイミングで、対流雲発達の兆候を捉えられる可能性があることが分かった。一方、ファーストエコー観測後については、レーダー観測による降水強度の増大とともに、可視反射率の増加や赤外輝度温度低下の傾向はあるものの、明瞭な傾向やレーダー観測による降水強度との関係は言及できなかった。

一定領域における対流雲の可視反射率及び赤外輝度温度の標準偏差を用いた、対流雲の発達傾向については、ファーストエコー発生前に標準偏差の増大傾向が見られる事が分かった。また、赤外輝度温度の標準偏差は、対流雲発達の最盛期にかけ緩やかに増大する傾向が分かった。

対流雲の発達・非発達については、可視反射率、赤外輝度温度の動向や標準偏差の傾向から、その差異は見出せないことが分かった。

これらのことから、大雨に至るかどうかの言及はできないが、実況監視として、高頻度・高解像度化したひまわり8号の資料を活用することにより、ファーストエコー観測前に、着目すべき雲を特定できる可能性があることが分かった。

また、各参加官署では高頻度・高解像度化したひまわり8号のデータ利用に伴い、ひまわり8号の観測やデータ等、基礎知識について勉強会等により、基礎知識の習得が進んだ。

成果の他の研究への波及状態

他の研究で研究成果を用いられているものは無いが、診断的予測グループの第70回会合(2016年2月4日)で1年目の研究成果を報告した。また第81回会合(2017年2月2日)では2年間の研究成果を報告した。

¹⁾27年度、²⁾28年度

研究成果及びその活用に関する意見（終了時評価の総合所見）

本研究課題については、気象研究所研究課題評価委員会において終了時評価を実施した。終了時評価の総合所見については、276ページを参照。

成果発表状況

(1) 査読付き原著論文

なし

(2) (1) 以外の著作物（翻訳、著書、解説）

- ・平成27年度東京管区調査研究会誌に以下原稿を掲載

官署	題名
東京	高頻度衛星雲観測を活用した急速に発生発達する降水系に関する研究（1年目）
水戸	高頻度衛星雲観測を活用した急速に発生・発達する降水系に関する研究
宇都宮	高頻度衛星雲観測を活用した急速に発生発達する降水系に関する研究（2年計画第1年度）
熊谷	高頻度衛星雲観測を活用した急速に発生発達する降水系に関する研究 2013年7月8日の事例
	高頻度衛星雲観測を活用した急速に発生発達する降水系に関する研究 2013年8月11日の事例
	2014年6月25日の環境場及び高頻度衛星雲観測について
	高頻度衛星雲観測を活用した急速に発生発達する降水系に関する研究 2015年8月1日の事例
	高頻度衛星雲観測を活用した急速に発生発達する降水系に関する研究 2015年7月31日から8月2日の海風前線の雲について
横浜	高頻度衛星雲観測を活用した急速に発生発達する降水系に関する研究

- ・平成28年度東京管区調査研究会誌に以下原稿を掲載

官署	題名
東京	高頻度衛星雲観測を活用した急速に発生発達する降水系に関する研究（2年目） 2015年9月4日の事例
	高頻度衛星雲観測を活用した急速に発生発達する降水系に関する研究（2年目） 2016年7月14日の事例
水戸	高頻度衛星雲観測を活用した急速に発生発達する降水系に関する研究
宇都宮	高頻度衛星雲観測を活用した急速に発生発達する降水系に関する研究（2年計画第2年度）
熊谷	高頻度衛星雲観測を活用した急速に発生発達する降水系に関する研究（2年計画2年目）
	海風前線の強さの指標について
	上層の雲域や明域による対流雲の発達について
横浜	高頻度衛星雲観測を活用した急速に発生発達する降水系に関する研究

- ・地方共同研究「高頻度衛星雲観測を活用した急速に発生発達する降水系に関する研究」成果報告書
平成29年3月 発行

(3) 学会等発表

なし

報道・記事

なし

フェーズドアレイレーダーを用いた顕著現象発生メカニズムに関する研究

研究期間：平成27年度～平成28年度

研究代表者：楠 研一（気象研究所 気象衛星・観測システム研究部）

研究担当者：足立 透、吉田 智、猪上華子（気象衛星・観測システム研究部）、中嶋哲二¹⁾、佐藤兼太郎¹⁾、三宅里香¹⁾、片岡 彩¹⁾、能瀬和彦¹⁾、小山内大輔¹⁾、廣尾 進²⁾、亀田秀夫²⁾、山本陽子²⁾、谷澤隼人²⁾、太田智大²⁾（大阪管区气象台）、神野正樹¹⁾、岡 豊、和田正太郎、井上真之¹⁾、片山 保²⁾、下田和宏²⁾、栗原佳代子²⁾、上田 学²⁾、宮本 健²⁾（神戸地方气象台）、藪内保昭、若狭剛史¹⁾、近澤文則¹⁾、穠山佳明¹⁾、平山篤志、川村俊博、河野真也¹⁾、鳩岡正喜²⁾、大迫直樹²⁾、山田 賢²⁾（京都地方气象台）、武部悦次、大前貴史、小山芳太¹⁾、西本健二²⁾、土手滋子²⁾、山下正晴²⁾、菅谷重平²⁾（関西航空地方气象台）、

研究の目的

局地的大雨や竜巻等突風などの顕著現象は、積乱雲に伴って狭い範囲に発生し短時間で急激に発達する。これらの現象は積乱雲からもたらされ、局所的に発生し急激に発達するため、従来の気象データでその全貌を正確に把握することは困難で、それがさらなる減災・影響の回避を妨げている。またこれらは低層で急激に風向が変わるウインドシアを伴い墜落につながる深刻な影響をもたらす可能性がある。本研究では、導入されて間もないフェーズドアレイレーダーのある京阪神地域をフィールドにし、様々なデータを収集して、顕著現象とそれをもたらす積乱雲について解析を行う。得られた知見をもとに顕著現象の将来的な短時間予測技術のための提案を行う。

研究の目標

- ①顕著現象発生メカニズムの解析：フェーズドアレイレーダーおよび気象庁データから解析を行い、積乱雲によってもたらされる顕著現象発生メカニズムを解明する。
- ②顕著現象の将来的な短時間予測技術のための提案：解析された発生メカニズムを基に、顕著現象の将来的な短時間予測技術のための基礎となる、顕著現象ナウキャストのプロトタイプを提案する。

主な研究成果・目標の達成状況

本研究では、大阪大学フェーズドアレイレーダー（以降、PARと呼ぶ）を中心に半径60 kmの領域を対象として、（項目①）顕著現象出現にかかわるデータベースの構築と、（項目②）現象の発生メカニズムの解析に取り組み、（項目③）PARの将来的な短時間予測技術のための提案を行った。以下に各目標に対する研究成果を記す。

項目① 顕著現象出現にかかわるデータベース構築

平成27年度に、大雨・突風・落雷等による災害が発生した事例や空港において低層ウインドシアが観測された事例を中心にして、特に注目すべきと判断される顕著現象をリストアップした。次に、各事例についてPARデータの品質を確認し、解析事例の優先順位付けを行った。この過程で現象の発生日時や場所、種類や特徴とともに、各レーダーからの距離やPARデータの品質についてリスト化し、PARデータと気象庁データをデータベースにとりまとめた。

項目② 発生メカニズムの解析

項目①で作成したデータベースに基づき、優先度の高い事例から解析を進めた。平成27年度は初期解析に取り組み、地方官署は主に現有の気象庁データを用いて総観スケールからメソ・局地スケールに至る解析を行い、現象の概要と環境場の調査を行った。気象研究所では主にPARデータを解析し、現象内部の物理過程を調査した。平成28年度は、詳細解析を通して現象の理解を深め、発生から衰退に至る物理過程を大気の大気熱力学状態や局地的な気流場、地形効果等との関係から明らかにした。

¹⁾ 平成27年度、²⁾ 平成28年度

項目③ PARの将来的な短時間予測技術のための提案

平成28年度に、上述の解析事例を対象として、気象注意報・警報の発表業務など、現業における課題と改善策を検討した。改善策については、まず気象庁データのみを用いた手法を検討し、より迅速な注意報・警報の発表のために利用可能な観測データや閾値等を調査した。次に、PARデータを併用した手法について検討し、リードタイム等の更なる改善やより信頼性の高い気象情報の発表に資する物理量や着目領域・高度面等について検討した。これらの過程で得られた知見に基づき、将来的な短時間予測技術のための提案を行った。

成果他の研究への波及状態

気象研究所の重点課題研究A2「顕著現象監視予測技術の高度化に関する研究」に関連して、局地的大雨や集中豪雨、竜巻等突風といった顕著現象について、気象学上の新しい知見の獲得に至った。また、本研究を通して開発したデータ処理技術や図化手法は気象研究所PARの解析にも活用されている。これらは重点課題A2の飛躍的な研究推進に資する成果となったほか、次期中期計画の策定につながるものであり、将来の気象庁レーダーの検討に対しても極めて高い波及効果を持つ。

研究成果及びその活用に関する意見（終了時評価の総合所見）

本研究課題については、気象研究所研究課題評価委員会において終了時評価を実施した。終了時評価の総合所見については、275ページを参照。

成果発表状況

(1) 査読付き原著論文：1件

1. Adachi, T., K. Kusunoki, S. Yoshida, K. Arai, and T. Ushio, 2016: High-speed volumetric observation of wet microburst using X-band phased array weather radar in Japan. *Mon. Wea. Rev.*, **144**, 3749–3765.

(2) (1) 以外の著作物（翻訳、著書、解説）：1件

1. Adachi, T., K. Kusunoki, S. Yoshida, K. Arai, S. Hayashi, and T. Ushio, 2015: High-speed volumetric observation of downburst using X-band phased array radar. Extended Abstract, 8B.3, 37th Conference on Radar Meteorology.

(3) 学会等発表

ア. 口頭発表

・国際的な会議・学会等：1件

1. Adachi, T., K. Kusunoki, S. Yoshida, K. Arai, S. Hayashi, T. Ushio, High-speed volumetric observation of downburst using X-band phased-array radar, 37th Conference on Radar Meteorology, 16 Sep 2015. Oral Presentation.

・国内の会議・学会等：19件

1. 足立透, 楠研一, 吉田智, 猪上華子, 新井健一郎, 牛尾知雄, フェーズドアレイレーダーを用いたダウンバーストの超高速観測, 日本気象学会2015年春季大会, 2015年5月24日
2. 足立透, 楠研一, 吉田智, 新井健一郎, 牛尾知雄, フェーズドアレイレーダーを用いたダウンバーストの超高速観測: ノッチ構造の立体的形成と低層の外出流の関係, 日本気象学会2015年秋季大会, 2015年10月30日
3. 足立透, 楠研一, 能瀬和彦, 中嶋哲二, 佐藤兼太郎, 三宅里香, 片岡彩, 牛尾知雄, フェーズドアレイレーダーを用いた線状降水帯における対流セルの超高速立体スキャン観測, 日本気象学会2016年春季大会, B156, 2016年5月18日
4. 足立透, 楠研一, 吉田智, フェーズドアレイレーダーを用いた激しい風雨をもたらす大気

- 現象の研究, 最新気象レーダが拓く安心・安全な社会2016, 2016年12月22日
5. 足立透, フェーズドアレイレーダーを用いた顕著現象の監視・予測技術の向上に関する研究, 平成28年度 気象庁施設等機関研究報告会, 2017年1月18日
 6. 片岡彩, 三宅里香, 佐藤兼太郎, 中嶋哲二, 2014年の北大阪周辺での線状降水系による大雨について, 平成27年度大阪府気象研究会, 2015年11月20日
 7. 片岡彩, 三宅里香, 佐藤兼太郎, 中嶋哲二, 2014年の北大阪周辺での線状降水系による大雨について, 2015年度 日本気象学会関西支部第3回例会, 2015年12月22日
 8. 廣尾進, 亀田秀夫, 山本陽子, 谷澤隼人, 太田智大, 線状降水帯による大雨におけるフェーズドアレイレーダーの利活用について, 平成28年度 大阪府気象研究会, 2016年11月22日
 9. 岡豊, 和田正太郎, 片山保, 下田和宏, 栗原佳代子, 上田学, フェーズドアレイレーダーを用いた顕著現象発生メカニズム(その1) (平成27年8月6日の兵庫県三田の大雨事例), 平成28年度 兵庫県気象研究会, 2016年11月15日
 10. 和田正太郎, 片山保, 下田和宏, 岡豊, 栗原佳代子, 上田学, フェーズドアレイレーダーを用いた顕著現象発生メカニズム(その2) (平成27年8月8日の兵庫県三田の大雨・突風事例), 平成28年度 兵庫県気象研究会, 2016年11月15日
 11. 秋山佳明, 籾内保昭, 近澤文則, 若狭剛史, 川村俊博, 平山篤志, 河野真也, 2015年9月1日の日本海低気圧に伴い発生した線状降水帯の発生要因について, 平成27年度 京都府気象研究会, 2015年11月20日
 12. 籾内保昭, 若狭剛史, 近澤文則, 川村俊博, 秋山佳明, 平山篤志, 河野真也, フェーズドアレイレーダーがとらえた顕著現象(2013年7月13日の発達した積乱雲による大雨), 平成27年度 京都府気象研究会, 2015年11月20日
 13. 秋山佳明, 籾内保昭, 近澤文則, 若狭剛史, 川村俊博, 平山篤志, 河野真也, 2015年9月1日の日本海低気圧に伴い発生した線状降水帯の発生要因について, 平成27年度 近畿地区気象研究会, 2015年12月21日
 14. 川村俊博, 籾内保昭, 大迫直樹, 平山篤志, 山田賢, 鳩岡正喜, 線状降水帯発生メカニズムの要因とフェーズドアレイレーダーによる実況監視, 平成28年度 京都府気象研究会, 2016年11月11日
 15. 小山芳太, 工藤祥太, 大前貴史, 武部悦次, 2013年7月3日の強風事例調査, 平成27年度 大阪府(航空)気象研究会, 2015年11月16日
 16. 小山芳太, 工藤祥太, 大前貴史, 武部悦次, 2013年7月3日の強風事例調査, 平成27年度 近畿地区気象研究会, 2015年12月21日
 17. 武部悦次, 西本健二, 土手滋子, 山下正晴, 関西国際空港における対流雲に伴うマイクロバースト事例について(2015年10月1日の事例), 平成28年度 大阪府(航空)気象研究会, 2016年11月8日
 18. 土手滋子, 武部悦次, 西本健二, 山下章史, 山下正晴, 関西国際空港に突風をもたらした対流雲について(気象レーダーの特徴), 平成28年度 大阪府(航空)気象研究会, 2016年11月8日
 19. 武部悦次, 西本健二, 土手滋子, 山下正晴, 関西国際空港における対流雲に伴うマイクロバースト事例について(2015年10月1日の事例), 平成28年度近畿地区気象研究会, 2016年12月20日

報道・記事

なし

LETKF を利用した広島の大雨の調査

研究期間：平成27年度～平成28年度

研究代表者：大谷修一^{1,2)}（広島地方気象台 予報官）

研究担当者：石本 歩^{1,2)}、風早範彦^{1,2)}、仲田直樹^{1,2)}、中村 剛^{1,2)}、西森靖高^{1,2)}（広島地方気象台）、瀬古 弘^{1,2)}、横田 祥^{1,2)}（気象研究所）、秋枝周子¹⁾（広島地方気象台）、依岡幸広¹⁾、立神達朗¹⁾（大阪管区気象台）、岩田奉文¹⁾（高知地方気象台）

研究の目的

本研究では、①決定論的予報では得られなかった線状降水帯の発生機構等について、データ同化やアンサンブル予報の結果から新しい知見を得ることと、②局地アンサンブル変換カルマンフィルター（LETKF）と呼ばれるアンサンブル予報システムを用いて、地方官署でもデータ同化やアンサンブル予報実験を行い、データ同化やアンサンブル予報で何を行っているのか、どのような利点があるのか等について理解することを目的にしている。

研究の目標

- ①平成26年8月19日～20日の大雨事例に加えて、広島県南部で発生した顕著な大雨事例（3時間雨量 100ミリ以上）を選出し、同様な手法で解析を行って、有効な実況監視項目や着目点を見つける。
- ②どのように現業作業へフィードバックしたらいいかを検討する。
- ③データ同化やメソアンサンブル予報の利点や欠点等について理解を深める。

主な研究成果・目標の達成状況

平成27年度は、気象研究所から、LETKFやLETKFを用いた計算に必要な初期値や境界値、気象研究所のスパコンで計算したLETKFによる予測結果の提供を受けた。気象台のPCにLETKFをインストールし、提供を受けたデータを用いてアンサンブル実験結果を行った。実際に計算することで、データ同化やアンサンブル予報の理解を深めることができた。

さらに、平成26年8月19日～20日の線状降水帯について、LETKFの解析値を初期値としたアンサンブル予報を行い、線状降水帯の比較的再現の良いメンバーと比較的再現の良くないメンバーとの比較や、全メンバーで線状降水帯の降水量との相関に注目して解析を行い、大雨の発生機構を調査した。その結果、以下のことを見出した。

- ①降水帯に吹き込む南風が強いほど、降水帯の南西端付近で繰り返し降水セルが発生し、ほぼ同じ場所に停滞する顕著な線状降水帯を組織化していた。
- ②広島湾内にある南風の強い領域に、国東半島の東にあった厚みをもった下層の水蒸気量の多い領域が移動して、大雨が発生していた。
- ③下層の湿った領域や中層の乾燥域の水平スケールが小さく、不安定指数もそのスケールに応じて議論すべきであることが分かった。
- ④線状降水帯の降水量と下層から供給される水蒸気量の関係について調べると、線状降水帯に供給される気流の上流側である広島湾でのSReHが約 $170\text{m}^2\text{s}^{-2}$ 以上かつ、Qfluxが約 $300\text{gm}^{-2}\text{s}^{-1}$ 以上になると、広島県の短時間大雨基準となる 50mmh^{-1} を超えることが分かった。
- ⑤広島湾内での‘ストームに相対的なヘリシティ（SReH）’に水蒸気量に乗じた値が40分後の線状降水帯の降水強度と強い正相関があることが分かり、将来、警報級降雨を監視する指標として利用できそうなことを見出した。

平成28年度は、平成26年8月19日～20日の事例に加えて、平成18年9月16日～17日に発生した線状降水帯による大雨事例を取り上げ、気象研究所から提供されたLETKFのアンサンブル予報の結果を用いて、調査を行った。その結果、以下のことを見出した。

¹⁾ 平成27年度 ²⁾ 平成28年度

- ①山口県内に南下した下層収束域で発生した降水セルが広島県西部に流されて線状化し、この線状降水帯から流出した冷氣外流出と広島県西部の山岳が広島湾から北上する水蒸気量の多い気塊を持ち上げて次々と広島県西部に新たな降水セルを発生させて大雨となったこと。
- ②山口県に南下した下層収束域の位置と中国山地の位置関係が降水の多寡にかかわっていたこと。
- ③山口県に南下した下層収束域に台風第13号を取り巻く雲域がかかり、中層の湿潤層が高まり、下層収束域上での対流活動が強まり、降水が強まったこと。
- ④南からの湿潤な気塊の流入が弱まり、乾燥気塊が中国地方に北上することで、対流が抑制されて、降水が弱まったこと。
- ⑤平成26年の広島豪雨と比較すると、下層暖湿気の補給が弱かったこと、降水セルによる冷氣が明瞭で冷氣による効果が大きかったこと、バックビルディング形成が見られたかかったことが異なっていたこと。

成果の他の研究への波及状態

- ①LETKFを用いた線状降水帯の再現結果は、重点課題A1-2「メソスケール気象予測の改善と防災気象情報の高度化に関する研究、副課題2：高解像度データ同化とアンサンブル予報による短時間予測の高度化」で取り組んでいる「アンサンブル予報技術の高度化、各種物理量の短期量的予測や各種予測に対して信頼度や確率情報を付加する高度な利用方法を開発」の有益な情報になる。
- ②再現結果から得られた線状降水帯の発生機構は、重点課題A2-2「顕著現象監視予測技術の高度化に関する研究」の副課題1：診断的予測技術に関する研究」の有益な情報になる。

研究成果及びその活用に関する意見（終了時評価の総合所見）

本研究課題については、気象研究所研究課題評価委員会において終了時評価を実施した。終了時評価の総合所見については、274ページを参照。

成果発表状況

（1）査読付き原著論文：1件

1. 仲田直樹，石本歩，秋枝周子，風早範彦，西森靖高，中村剛，大谷修一，依岡幸広，立神達朗，岩田奉文，瀬古弘，横田祥，2017：アンサンブル実験で得られた平成26年8月19日～20日の広島豪雨の発達環境と降水量の関係（天気投稿中）

（2）（1）以外の著作物（翻訳、著書、解説）：4件

1. 石本歩，秋枝周子，岩田奉文，大谷修一，風早範彦，立神達朗，仲田直樹，西森靖高，依岡幸広，2016：LETKFを利用した平成26年8月19日～20日の広島豪雨の調査，平成27年度大阪管区気象研究会誌
2. 西森靖高，風早範彦，石本歩，中村剛，仲田直樹，秋枝周子，大谷修一，依岡幸広，立神達朗，岩田奉文，瀬古弘，横田祥，2016：平成26年8月19日～20日広島豪雨の発達環境と降水量の関係，平成28年度大阪管区気象研究会誌
3. 石本歩，西森靖高，風早範彦，中村剛，仲田直樹，秋枝周子，大谷修一，依岡幸広，立神達朗，岩田奉文，瀬古弘，横田祥，2016：平成26年8月19日～20日広島豪雨の追加調査，平成28年度大阪管区気象研究会誌
4. 風早範彦，石本歩，仲田直樹，西森靖高，中村剛，大谷修一，瀬古弘，横田祥，2016：LETKFを利用した平成18年9月16日の広島県西部大雨事例の調査，平成28年度大阪管区府県研究会誌

（3）学会等発表

ア. 口頭発表

- ・国際的な会議・学会等での口頭発表
なし

・国内の会議・学会等での口頭発表：7件

1. 石本歩, 秋枝周子, 岩田奉文, 大谷修一, 風早範彦, 立神達朗, 仲田直樹, 西森靖高, 依岡幸広, 2016: LETKFを利用した平成26年8月19日～20日の広島豪雨の調査, 平成27年12月10日広島県気象研究会
2. 石本歩, 秋枝周子, 岩田奉文, 大谷修一, 風早範彦, 立神達朗, 仲田直樹, 西森靖高, 依岡幸広, 2016: LETKFを利用した平成26年8月19日～20日の広島豪雨の調査, 平成28年1月29日中国地区気象研究会
3. 依岡幸広, 大谷修一, 秋枝周子, 石本歩, 岩田奉文, 風早範彦, 立神達朗, 仲田直樹, 西森靖高, 瀬古弘, 横田祥, 2016: LETKF を利用した平成26年8月19～20日の広島豪雨の再現実験, 平成28年春季気象学会, P228.
4. 西森靖高, 風早範彦, 石本歩, 中村剛, 仲田直樹, 秋枝周子, 大谷修一, 依岡幸広, 立神達朗, 岩田奉文, 瀬古弘, 横田祥, 2016: 平成26年8月19日～20日広島豪雨の発達環境と降水量の関係, 平成28年11月16日広島県気象研究会
5. 石本歩, 西森靖高, 風早範彦, 中村剛, 仲田直樹, 秋枝周子, 大谷修一, 依岡幸広, 立神達朗, 岩田奉文, 瀬古弘, 横田祥, 2016: 平成26年8月19日～20日広島豪雨の追加調査, 平成28年11月16日広島県気象研究会
6. 風早範彦, 石本歩, 仲田直樹, 西森靖高, 中村剛, 大谷修一, 瀬古弘, 横田祥, 2016: LETKFを利用した平成18年9月16日の広島県西部大雨事例の調査, 平成28年11月16日広島県気象研究会
7. 西森靖高, 風早範彦, 石本歩, 中村剛, 仲田直樹, 秋枝周子, 大谷修一, 依岡幸広, 立神達朗, 岩田奉文, 瀬古弘, 横田祥, 2017: 平成26年8月19日～20日広島豪雨の発達環境と降水量の関係, 平成29年1月19日中国地区気象研究会

報道・記事

なし

GNSSによる火山性地殻変動の検出とその評価手法の高精度化

研究期間：平成28年度

研究代表者：岡田 純（火山研究部）

研究の目的

火山地域における地殻変動観測は、地震や火山化学の観測と並び、火山活動の監視と防災において主要な役割を担っている。とくに、GNSSなどの衛星測位技術は、火山活動評価・予測の有効なツールとして世界中の火山で応用されており、近年、火山噴火メカニズムの解明や火山危機の現場で大きな貢献を果たしている。日本においては、全国に国土地理院によって GEONET（GNSS 連続観測システム）が整備されるとともに、活火山周辺で様々な機関が独自に GNSS の連続観測・キャンペーン観測を実施しており、活火山の地殻変動を精査するためのデータの蓄積がある。ただし、気象庁を含めた各機関のデータは通常個別に解析されており、それらの解析結果を寄せ集めて火山監視に活用することについては妥当性の検証が必要である。

本研究課題の目的は、そうした利用可能な GNSS データを統合解析することにより、深部を含む火山のマグマ・熱水システム全体場の議論を可能にすること、また、解析誤差の処理や非火山性成分の分離方法を改良することで、火山活動評価の精度を向上させることである。

研究の目標

本研究課題では、まず、対象とする火山（候補）に関する文献・資料の整理を行い、利用可能なデータセットの所在・品質・利用可能性を精査する。対象となる火山の選定後は、その火山のGNSSデータに適した解析戦略を立て、解析ソフトウェアであるBernese5.2 (Dach et al., 2013) の立ち上げを行う。Bernese Processing Engine (BPE)を用いることで、Ambiguityの整数化などの作業をルーチン化し、解析の自動処理を行う。世界、あるいは東アジア太平洋地域に展開されている比較的安定なIGb08の基準点(fiducial sites)を選定し、これらの点の座標値によって解を拘束させる。IGSのアンテナ絶対位相特性モデルに基づく暦を使用し後処理の精密解析を行う。パラメータのチューニングは先行研究の結果も視野に入れて試行錯誤で行う。解析後は、Bernese の出力ファイルから座標値の抽出を行い、GMT(Wessel and Smith, 1998)などを用いて解析結果の可視化を行う。時系列解析を行い火山性地殻変動の有無を確認する。使用した生データと出力ファイルは将来的に火山活動評価に生かされるよう、統一フォーマットで保存・管理する。また、火山の選定や観測点の状況（老朽化や崖・スロープ、障害物などの存在の有無）確認のために、火山監視・警報センターで実施している機動観測等に参加する。

主な研究成果・目標の達成状況

本研究課題では、東北地方太平洋沖地震の余効変動の影響で火山活動評価に困難さが生じている東北地方の火山を中心に文献や資料（火山活動解説資料や噴火予知連資料等を含む）を調査した。このうち、蔵王山、吾妻山、磐梯山については、現地調査を実施し、現在の火山の活動状況の把握、観測点のコンディション（老朽化や崖・スロープ、障害物などの存在の有無）の点検、文献の収集を行った。現地調査は、東北大学の火山研究者や噴火記念館の学芸員、仙台管区気象台火山センターの職員らと共同で実施し、それぞれの火山に関する知見の収集・情報交換に努めた。検討の結果、近年、地震活動の消長に伴う地殻変動（例えば、吉田・他、2012）が報告されている吾妻山を対象火山として選んだ。

次に、気象庁及び国土地理院のGNSS連続観測データの収集（データ期間：2014-2015年、データ形式：RINEX）を行った。データの保管及び解析用データプールとして大容量HDDを利用した。昨年8月と10月に行われたGNSS測位技術に関する講習会及び測地学会で得た最新の知見も参考にGNSS解析戦略を立て、設定パラメータのチューニングを行った。解析用ソフトウェアはBernese5.2を使用し、IGS精密暦を用いてBPEによる24時間毎の精密解析を行った。座標値をIGb08測地成果に準拠するため、日本周辺のIGS基準点データも同時に解析した。座標値の精度は観測点毎に異なるが、概ね±5~6mm（水平）であり、良好な結果が得られている。

時系列解析の結果、2014年の暮れから2015年の夏にかけて、吾妻山に近い観測点で山から遠ざかる

向きの変動（山体膨張）があることがわかった。変動量は吾妻山の山頂（一切経山付近）から離れるにしたがって減少する。地震の発生回数の基礎調査（柴田・他，2016）を行ったところ、この山体の膨張は地震活動の増加と対応しており、吾妻山の地下での火山活動の高まり（圧力増加）を示唆していると考えられる。このGNSSの結果を確認するため、浄土平にある傾斜計データの精査を行った。その結果、GNSSと若干のタイミングの違いがあるものの、一切経山あるいは大穴火口直下が膨張するモデルが示唆された（吉開・他，2016）。

圧力源の精密推定には、年周変動や東日本太平洋沖地震の余効変動の定量的な検討が必要であり、吾妻山については、今後、解析期間をさらに延長する必要がある。そこで、吾妻山同様、群発地震活動に伴う山体膨張が観測されているアゾレス諸島のFogo火山の2011-2012年の活動を例に、火山性地殻変動評価手法の検討を行った。その結果、深部と浅部に変動源が推定され、地下の火山性流体の挙動に関する理解が深まった（岡田・他，2016、Okada et al., 2016）。

本研究により、火山近傍から遠方の多数の観測点（気象庁と国土地理院の観測点ネットワーク）を統合的に評価するGNSS解析環境が構築され、火山活動の抽出に有効であることが示された。また、変動源の精密推定により、深部を含む火山のマグマ・熱水システム全体場の議論が可能であることがわかった。

成果の他の研究への波及状態

本研究で得られた成果は、先行研究（例えば、吉田・他（2012）や鳥本（2017））の結果と時間軸上で接続可能であり、吾妻山の火山活動について長期的な評価（2003-2015年）が可能となる。本研究で検出された地殻変動が、吉田・他（2012）で推定された大穴火口直下の圧力源モデルによって説明可能であるかを検証することは、地下浅部の水蒸気噴火の発生メカニズムの特性を理解する上で非常に重要である。また、SAR観測（噴火予知連絡会検討資料など）では、より地下深部の地殻変動源の存在が示唆されており、本研究で検出された2014～2015年の吾妻山の火山活動の活発化が、どの深さの変動源の活動によるものかを判別することは、吾妻山のマグマ供給系の全体像を明らかにする上で重要である。

本研究で試作したGNSSデータの統合解析システムは、吾妻山以外の火山へも比較的容易に応用可能である。蔵王山では2013～2015年に地震活動が活発化し、全磁力観測の結果から、丸山沢噴気地熱地帯付近の地下浅部に消磁源が推定されている。GNSSデータを統合解析することにより、この活動が丸山沢だけの局所的な活動なのか、山頂の御釜を含む火山全体としての活動なのかという基本的な問いに対して重要な判断材料を提供できる可能性があり、気象庁の噴火警戒レベルの運用及び、周辺の自治体の火山防災対策への波及効果も大きい。

研究成果及びその活用に関する意見（終了時評価の総合所見）

本研究課題については、気象研究所研究課題評価委員会において終了時評価を実施した。終了時評価の総合所見については、277ページを参照。

成果発表状況

（1）査読付き原著論文

なし

（2）（1）以外の著作物（翻訳、著書、解説）

なし

（3）学会等発表

ア. 口頭発表

・国際的な会議・学会等：1件

1. Okada, J., J. Araújo, A. Bonforte, F. Guglielmino, F. Sigmundsson, B. Ofeigsson, M. Lorenzo, T. Ferreira, G. Puglisi, 2016: Repeated volcanic unrests at Fogo (Água de Pau) volcano, Azores, revealed by continuous and campaign GPS analysis, 第9

回火山都市国際会議 2016 年 11 月（南米チリ）。

・国内の会議・学会等：6 件

1. 岡田純, 2017: 吾妻山における GNSS データの統合解析 (2013-2015 年), 火山学会 2017 年 9 月 (熊本)。
2. 柴田要佑, 岡田純, 松浦茂郎, 長谷川安秀, 2017: 火山活動評価手法の検討 (2) -地震回数による調査 (続報), 火山学会 2017 年 9 月 (熊本)。
3. 岡田純, 2017: 東北地方の活火山における GNSS データの統合解析, 地球惑星連合大会 2017 年 5 月 (幕張)。
4. 柴田要佑, 松浦茂郎, 岡田純, 長谷川安秀, 2016: 火山活動評価手法の検討 (1) -地震回数による調査, 火山学会 2016 年 10 月 (富士吉田)。
5. 吉開裕亮, 稲葉俊英, 岡田純, 2016: 吾妻山浄土平観測点で観測された 2014-2015 年火山活動活発化に伴う傾斜変動, 火山学会 2016 年 10 月 (富士吉田)。
6. 岡田純, J. Araújo, A. Bonforte, F. Guglielmino, M. Lorenzo, T. Ferreira, 2016: アゾレス諸島 Fogo (Agua de Pau) 火山の 2011-2012 年の火山危機は噴火未遂か?, 火山学会 2016 年 10 月 (富士吉田)。

報道・記事

なし

エンベロープを利用した同時発生する地震に対応した震源決定の試み

研究期間：平成28年度

研究代表者：小木曾仁（地震津波研究部）

研究の目的

地震がほぼ同じ時刻に複数の場所で発生すると、観測される波形は重なり合ったものとなり、通常の地震波発現時刻を用いた震源決定が困難となる。一方、地震波形、特に高周波成分のエンベロープは波動の伝播中に地球内部の複雑な構造の影響を受けるため、その形状は複雑となる。すなわち、同一観測点で観測される波形でも、震源の位置が異なると異なったエンベロープが観測される。この特徴を生かして、地震の重なりあった観測波形から複数の地震の震源を決定できる手法を開発する。

研究の目標

本研究では、①地殻不均質構造の推定と理論エンベロープ計算、②震源決定システムの構築、の2つからなる。地殻不均質構造の推定にあたっては、高周波地震動に着目することから特に減衰構造と散乱構造の詳細な推定を目的とし、観測記録と比較可能なエンベロープ計算法の作成とともに進行。ここで得られた結果を用いて、②の震源決定システムを構築し、実際の地震波形を用いてどの程度震源決定が可能か調査する。③さらに、別手法として、アレー観測（例えば松代地震観測所のアレー観測網）の有効活用を図り、この観測から得られる情報との融合も考慮する。

主な研究成果・目標の達成状況

- ① エネルギー輸送理論に基づいて、地震波が等方的に散乱される場合、及び、非等方的に散乱される場合について、発震機構の影響や速度等の地下構造が3次元的に不均質であることを考慮した理論エンベロープ計算プログラムを作成した。
- ② 上記の作業を実施するとともに、理論エンベロープ波形を用いて同時に発生する地震を震源決定している例があるかどうか先行研究を調査したところ、当初計画していた方法と類似した研究例があることがわかった。外部資金（科研費）への応募という点を考慮すると、似た手法では採択の可能性が低いと考えたため、当初計画とは異なる手法を考案することとした。
- ③ 理論エンベロープ波形を使用せず、かつ、同時に発生する地震の震源決定が可能な手法を考察したところ、データ同化を用いた地震動の実況把握手法が活用可能ではないかという結論に至り、科研費応募書類を作成し、若手(B)に応募した。

成果の他の研究への波及状態

- ・科研費に応募した手法はデータ同化を活用するという点で、重点研究「緊急地震速報の予測手法の高度化に関する研究」と共通している部分がある。科研費に応募した研究課題が採択され、この課題を実施することになれば、データ同化を用いた地震動把握において相互作用が見込まれ、重点研究の進展にもつながることが期待できる。
- ・本研究で作成した理論エンベロープ波形計算プログラムは、現実に近い散乱パラメータを用い、また、震源時間関数などの影響を畳み込むことによって実際に観測されるエンベロープ波形と似た波形を計算することが可能である。この理論エンベロープ波形を活用することにより、現在の重点研究におけるさまざまな数値実験が可能となる。

研究成果及びその活用に関する意見（終了時評価の総合所見）

本研究課題については、気象研究所研究課題評価委員会において終了時評価を実施した。終了時評価の総合所見については、278ページを参照。

成果発表状況
特になし。