

2. 研究報告

2.1. 研究課題

本節には、気象研究所が平成27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27年度は、次の19課題を実施した。

（A）「台風・集中豪雨対策等の強化」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）海溝沿い巨大地震の地震像の即時的把握に関する研究	H22～H27	地震津波研究部

(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27年度は、次の5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シビア現象の前兆となる積乱雲群発生の解析的研究	H26～H27	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、那覇航空測候所	予報研究部
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、神戸地方気象台、京都地方気象台、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

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27年度は、次の10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
民間航空機によるグローバル観測ネットワークを活用した温室効果ガスの長期変動観測	H23～H27
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

(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 27 年度は、次の 51 課題を実施した。

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)	GCOM-C/SGLI による雪氷アルゴリズム高度化・新規開発及び、地上観測と気候モデルによる検証に関する研究	宇宙航空研究開発機構
	高度なりモートセンシングアルゴリズムのためのエアロゾル・氷粒子データベースの構築	
	GCOM-C1 エア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	
降水観測ミッション (PMM)	NASA グローバルホークを利用した降水物理量の物理的検証	宇宙航空研究開発機構
	GMI 用のマイクロ波降水リトリーバルアルゴリズム前方計算の改良	
	データ同化システムを活用した降水予測改善に関する研究	
GRENE 事業北極気候変動分野	北極気候再現性検証および北極気候変動・変化のメカニズム解析に基づく全球気候モデルの高度化・精緻化	国立極地研究所
	地球温暖化における北極圏の積雪・氷河・氷床の役割	
	北極域における温室効果気体の循環とその気候応答の解明	
	北極海航路の利用可能性評価につながる海水分布の将来予測	
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
次世代スーパーコンピュータ戦略プログラムに関する研究	超高精度メソスケール気象予測の研究	海洋研究開発機構
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
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
深部低周波地震・微動活動の特徴抽出と微動源決定プログラムの高度化	防災科学技術研究所・東京大学地震研究所
北太平洋亜熱帯モード水の形成・分布に果たす中規模擾乱の役割の理解	東北大学大学院理学研究科
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
陸面データ同化システムを用いた陸面過程に関する研究	東京大学
海洋大循環モデル「COCO,RIAMOM,OFES,MRI.COM」の開発・改良共通基盤の構築	東京大学大気海洋研究所・海洋研究開発機構・九州大学応用力学研究所
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
北海道太平洋沖大陸斜面前縁部付近の地殻構造探査	東京大学地震研究所
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
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
気象研究所大気・海洋カップル全球モデルMRI-CGCM3のマルチRCMによるダウンスケーリング研究	防災科学技術研究所
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
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
地殻変動データを活用した火山活動評価等に関する研究	神奈川県温泉地学研究所
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
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
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
気候システムの形成と変動に係わる諸過程の研究	筑波大学生命環境系
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
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
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
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
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
角板結晶の降雪物理特性と雪崩予測技術開発に関する研究	防災科学技術研究所

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
領域気候モデルを活用した農耕地メッシュ気象データの精度向上	海洋研究開発機構
誘発雷回避のための将来型航空気象観測システムに関する基礎的研究	宇宙航空研究開発機構
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
積雪粒径測定手法の相互比較実験	防災科学技術研究所
古気候の形成とその変動に係わる諸過程の研究	京都大学大学院理学研究科
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

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27年度は、次の25課題を実施した。

相手機関	共同利用区分	課題名	期間
海洋研究開発機構	「みらい」利用	数値モデルと観測による北海道に大雪や大雨をもたらす雲の解析	H27
	共同利用研究	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	H27
		地球温暖化施策決定に資する気候再現・予測実験データベース	H27
		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	H27
国立極地研究所	共同研究	グローバル雪氷圏変動が日本の気象・気候に及ぼす影響	H25～H27
統計数理研究所	共同利用研究	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（1）	H27
防災科学技術研究所	共同研究	積雪粒径測定手法の相互比較実験	H27
マリンバイオ共同推進機構	共同利用・共同研究	沿岸生態系に対する海洋酸性化の影響評価	H27
東京大学地震研究所	公募研究	短波長不均質構造推定による地震動即時予測高度化へ向けた試験的研究	H27
	特定共同研究	地震活動に基づく地震発生予測検証実験	H27
		新世代合成開口レーダーを用いた地表変動研究	H27

東京大学 地震研究所	一般共同研究	気象予測モデルと3次元噴煙ダイナミクスモデルの統合による適用性の優れた火山灰分布予測モデルの開発	H27
		南鳥島における広帯域地震観測：準定常観測に向けた伊豆・小笠原海域の地震の検出と解析の安定性の評価	H27
	特定機器利用	レーザーひずみ計による地殻変動観測	H27
東京大学 大気海洋研究所	共同利用研究	高解像度数値モデルで生ずる Greyzone における乱流パラメタリゼーションの開発	H27
千葉大学環境リモートセンシング 研究センター	共同利用研究	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	H27
		多波長マイクロ波放射計データを用いた水物質 量リトリーバルの研究	H27
東京工芸大学 風工学研究拠点	共同利用・ 共同研究	竜巻強さの評価手法に関する研究	H25～H27
新潟大学災害・ 復興科学研究所	共同研究	グローバルな偏西風蛇行により引き起こされるローカルな顕著現象の素過程解明	H27
		御嶽山における融雪量を考慮した傾斜計データの降水補正に関する研究	H27
京都大学 生存圏研究所	共同研究	船舶搭載 GNSS による対馬海峡の水蒸気変動と豪雨の機構解明	H27
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	H27
九州大学 応用力学研究所	共同研究	大気エアロゾル同化システムとリモートセンシングデータを用いたエアロゾルに関する統合的研究	H27
	共同利用研究	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	H27
		海洋大循環の力学 -- エクマン層から中深層循環まで	H27

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)	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
特別研究促進費	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～H29
基盤研究 (S)	北極域における積雪汚染及び雪氷微生物が急激な温暖化に及ぼす影響評価に関する研究	H23～H27
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)	津波減衰予測モデルの確立	H24～H27
	放射性核種トレーサーのアンサンブルデータ同化と移流拡散沈着過程の高精度解析	H24～H27
	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～H27
	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
	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
基盤研究 (C)	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
	三次元雷放電点観測および偏波レーダーによる高精度落雷発生予測手法の確立	H25～H27
	台風強度に関わる外的要因の診断のための数値的研究	H25～H27
	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～H27
	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
	ドップラーライダーを用いた高層ビルキャノピー内乱流観測とモデル化	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	

基盤研究 (C)	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
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	

【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
新学術領域研究 (総括班)	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
新学術領域研究 (計画研究)	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
新学術領域研究 (研究領域提案型)	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)	統合型水環境・水資源モデルによる世界の水接続可能性リスクアセスメント	H23～H27
	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
	多波長ライダーと化学輸送モデルを統合したエアロゾル 5 次元同化に関する先導的研究	H25～H29
基盤研究 (A)	沿岸域における海洋酸性化の進行の特徴と微細藻類への影響	H24～H27
	南極海洋生態系センチネル研究－事前観測－	H24～H28

基盤研究 (A)	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
	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
	東アジアの人為起源エアロゾルの間接効果	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
基盤研究 (B)	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
	瞳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
	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
基盤研究 (C)	フィールド観測と風洞実験による里山の大气浄化機構の解明	H25～H27
	震源近傍の水圧擾乱特性を考慮した津波即時予測の高度化	H25～H27
	地上降雪粒子観測を用いた雲解像モデルの降雪過程の改良に関する研究	H25～H27
	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

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 27 年度に実施した重点研究、一般研究、地方共同研究について、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 27 年度に中間評価を実施した研究課題（4 課題）については 2.3 節で、平成 27 年度に終了した研究課題（2 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・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	22
・ A3 台風の進路予報・強度解析の精度向上に資する研究	29
・ a5 大気境界層過程の乱流スキーム高度化に関する研究	36
・ B1 緊急地震速報の予測手法の高度化に関する研究	38
・ B2 地震活動・地殻変動監視の高度化に関する研究	40
・ B3 津波の予測手法の高度化に関する研究	44
・ 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	46
・ 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	50
・ C3 地球環境監視・診断・予測技術高度化に関する研究	53
・ 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	59
・ 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	61
・ 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	63
・ c7 海洋モデルの高度化に関する研究	64
・ 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	66

2. 2. 2. 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	69
・ 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	70
・ 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	72
・ LETKF を利用した広島の大雨の調査	74

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： 2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（予報研究部 部長）

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。

副課題1 高精度高分解能モデルの開発と精度検証

副課題1の研究担当者

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

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1の本年度の計画

- ①水平分解能が250m, 500m, 1km, 2 km, 5 km等のNHMによる梅雨期・夏季および冬季の再現実験を行い、降水・降雪量や地表面フラックス量、境界層の構造、乱流輸送量、日射量予測等について異なる解像度間の比較・検証を行い、現業モデルの改良点の検討を行う。インパクト実験も適宜実施する。NHMによる降雪予測精度については、検証方法も含めた検討も行う。
- ②引き続き、バルク法やビン法雲微物理モデルによる降水・降雪過程モデルの改良や高度化を行う。
- ③引き続き、NHMの物理過程全般についての開発・改良を行う。single columnモデルの利用も検討する。
- ④引き続き、NHMによる発雷シミュレーションモデルの結果を検証し、発雷のメカニズムの解明を進める。メカニズムの解明に基づいて、発雷モデルの改良も検討する。
- ⑤LESを用いた境界層モデルの改良・開発の可能性に関する検討を行う。
- ⑥ASUCAを用いた実験にも着手する。
- ⑦引き続き、非静力学モデルの力学フレームについて開発や改良を行う。
- ⑧引き続き、NHMの高度化と利用促進のために、様々な状況でのモデル計算に資するための力学過程・物理過程の最適化、外部機関での利用を念頭に置いたツールの整備を行う。

副課題1の本年度の成果

- ①ア) ひまわり8号の高頻度・高解像度のデータとの比較検証のため、反射率や輝度温度の確率密度関数の計算等を行う各種ツールを開発した。
- イ) 水系統的なモデル実験のため、情報の共有を円滑に行うため、本庁のモデル開発においても利用される情報管理サーバー（Redmine）の研究所での利用環境を整備した。
- ウ) 2015年夏を対象に5km, 2km, 1km, 500mの各解像度による再現実験を行った。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

状況の違いによって調査を継続している。

- エ) 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。
- オ) 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。
- カ) メソモデルや局地モデルによる予測日射量の誤差が大きくなる事例について誤差要因の検討を行った。
- キ) 2014 年 8 月 20 日広島での大雨について、5km, 2km, 1km, 500m, 250m の解像度による再現実験を行った。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。
- ②ア) 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。
- イ) 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。
- ウ) 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、予備的な実験を行うとともに、バグ取りなどを行った。
- ③陸面過程について、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。
- ④ア) 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。
- イ) 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。
- ⑤ asuca を研究で利用することについては、数値予報課と調整中である。
- ⑥ア) 現業全球モデル (水平 40km 格子版) と同じ解像度・物理過程の二重フーリエ級数モデル (ガウシアン格子) で NAPEX 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。
- イ) 最内ループ長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。全対全通信の高速化のため、mpi_isend, mpi_irecv の代わりに mpi_alltoall を使用することを可能にした。
- ウ) 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。
- エ) 有限体積法陰陽モデル aghexa の開発と性能測定結果の成果は下記の 3 点である。(i) 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こと、(ii) 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こと、(iii) 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こと。

- ⑦ 昨年度3月に稼働を開始した気象研究所スーパーコンピュータ上でのNHM実行環境の整備を行い所内ユーザに提供した。また新規にmri-dataに転送が開始された全球予報値(Ef)を境界値とする初期値Ga-境界値Ef実験が行える環境を用意し提供した。

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

副課題2の研究担当者

瀬古 弘、大塚道子、折口征二、國井 勝、横田 祥、斉藤和雄、荒木健太郎（予報研究部）、青梨和正（台風研究部）、岡本幸三、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、伊藤耕介、大泉 伝、Le Duc（客員）

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を用いて、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。

副課題2の本年度の計画

- ①引き続き、Hybrid-4DVarの開発とLETKFシステムの局所化や海洋結合等の高度化、LETKFとEnVarの統合を行う。
- ②引き続き、2重偏波レーダーや静止衛星のラピッドスキャン等の新規の同化技術の開発を行う。
- ③引き続き、シナリオ予測の高度化・確率密度を用いた各種気象要素の量的予報の高度化、観測インパクト実験や観測システムシミュレーション実験を行う。

副課題2の本年度の成果

- ①ア) 観測局所化を用いたEnVARとLETKFの統合システムを用いて、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。
- イ) 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。
- ウ) NHM-LETKFによる従来型観測のみを同化するシステムを用いた実験を行い、2014年8月を対象として、力学的ダウンスケールに対するアドバンテージについて調べた。
- エ) アンサンブル予報部分にLETKF、変分法部分にJNoVAとNHM-4DVARを用いたハイブリッド同化システムを開発している。両システムに、背景誤差の共分散行列をハイブリッドにしたもの、カルマンゲインをハイブリッドした2つの方法が評価できるようにしている。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よりスコアが良く、背景誤差の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。
- オ) アンサンブルに基づく変分法的同化法プログラムに週間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。

- ②ア) 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。
- イ) 平成26年8月豪雨の期間の一部で、MTSATラピッドスキャンによる衛星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号によるラピッドスキャン衛星風について、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。

- ウ) 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。
- エ) 二重偏波レーダー同化観測演算子について、5 種類の前方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。
- オ) 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、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。
- カ) 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。
- キ) 地上マイクロ波放射計の放射観測結果を用いた鉛直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わかった。
- ③ア) 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の降水量が多くなることを確認した。
- イ) 2012 年 5 月 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、高分解能地上データや 2 重偏波レーダーのデータを同化すると、下層の大気場の修正により渦や降水の再現が改善されることを確認した。また、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により、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。

副課題 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

副課題 3 の研究担当者

加藤輝之、益子 渉、津口裕茂、荒木健太郎、橋本明弘、林 修吾（予報研究部）、清野直子、青柳曉典（環境・応用気象研究部）、廣川康隆（仙台管区気象台）

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 3 の本年度の計画

- ① 2013・2014 年に発生した大雨事例については、引き続き解析を行う。
- ② これまでに発生した顕著な竜巻の事例について、引き続き高解像度モデル（水平分解能～50m）による再現実験を行い、発生要因の究明を行う。
- ③ これまでの事例解析と米国の最新の研究成果をもとに、高解像度モデル用（水平解像度～2km 以下）の竜巻発生のポテンシャル予測指数の開発に着手する。
- ④ 引き続き特に顕著な大雨や竜巻が発生した場合、速やかにその発生原因を調査し、原因が特定できた場合には報道発表を行う。
- ⑤ 都市キャノピースキームを導入した非静力学数値予報モデルを用い、顕著な高温や局地的大雨に都市が及ぼす影響についての調査を引き続き行う。

副課題3の本年度の成果

- ①ア) 2014年8月20日広島での大雨について、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、偽の降水を作り出して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わかった。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わかった。
- イ) 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口・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、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わかった。
- ウ) 2014年2月14-15日に関東甲信地方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わかった。
- エ) 2014年2月14-15日に関東甲信地方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わかった。
- ②ア) 2013年台風第18号に伴い熊谷市で発生した竜巻について、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) 水平解像度10mの実験結果を用いて、竜巻の詳細構造について解析した。竜巻渦中心付近において、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。
- ③ 2013年台風第18号に伴い熊谷市で発生した竜巻事例について、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。
- ④ア) 「平成27年9月関東・東北豪雨」のうち、特に栃木・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号周辺の暖湿気塊が南東風によって流入していた。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わかった。
- イ) 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）について、発生後に速やかに解析を行った。
- ウ) 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わかった。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わかった。

- ⑤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 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

副課題 4 の研究担当者

財前祐二、折笠成宏、田尻拓也、村上正隆、橋本明弘（予報研究部）

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。

副課題 4 の本年度の計画

- ①エアロゾルの物理化学特性及び雲核・氷晶核の高精度・高分解の地上モニタリング観測を継続して行う。
- ②各種人為起源エアロゾルおよび既知のエアロゾル粒子からなる外部・内部混合粒子の雲核能・氷晶核能に関する実験を行う。
- ③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、エアロゾルモニタリング観測と同期して行う。
- ④引き続き、室内実験をもとにエアロゾルの雲核能・氷晶核能を定式化する。
- ⑤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（AutoConversion）スキームを検証・改良する。
- ⑥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を用いて、観測された雲の微物理構造を解析し、各種雲物理パラメタリゼーションの比較・検証を行う。
- ⑦室内実験に基づき定式化した雲核能・氷晶核能をエアロゾル・雲・降水統一雲物理モデルに組み込み、モデルの性能確認を行う。
- ⑧ハイブリッドフレアを用いた雲生成実験を行い、シーディング物質の性能評価を行う。

副課題 4 の本年度の成果

- ①エアロゾルの物理化学特性及び雲核・氷晶核の高精度・高分解の地上モニタリング観測を継続して実施中である。-20℃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。今年度中に、モニタリング観測に組み込む予定である。
- ②今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）。
- ③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。

- ④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。
- ⑤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。
- ⑥4-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。
- ⑦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、今年度内にモデルの性能確認を行う予定である。
- ⑧ハイブリッドフレアを用いた雲生成実験に関しては、来年度以降に外部資金による研究の一環として実施する予定である。

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： 2年目／5年計画（平成26年度～平成30年度）

研究代表者： 高野 功（台風研究部 部長）

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。

副課題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

副課題1の研究担当者

青梨和正、上清直隆、和田章義、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）、岡本幸三、石元裕史（気象衛星・観測システム研究部）、雁津克彦（気象庁予報部）、山岬正紀（客員）

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雲降水域での衛星データ、特に、次期ひまわり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。
- ②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。
- ③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。
- ④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1の本年度の計画

- ①全球大気データ同化システム開発
 - ア) 気象研に移植したOCAについて、初期値プロファイルなど入出力環境を整備し動作確認を実施する。チャンネル感度特性の確認や1DVAR計算環境の整備、試験計算、AIRS解析結果との比較などを通じて、ひまわりによる水蒸気推定についての評価を行う。
 - イ) 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する。特に、AIRS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 AIRS 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。
 - ウ) アンサンブルを用いた4DVARの研究を、従来の4DVARやアンサンブルカルマン smoother と比較しながら進める。
 - エ) アンサンブルカルマン smoother の研究を、従来の4DVARやアンサンブルを用いた4DVARと比較しながら進める。
 - オ) 観測データのインパクト評価を20km解像度のシステムで行う。また、3種類のOSSEの比較を行う。20km解像度でOSSEのネイチャーランを構築する。
 - カ) 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。

②全球モデル物理過程改良

27年度に予定されている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。

③領域大気データ同化システム開発

ア) アンサンブルに基づく変分法的同化法を用いて、台風1411号事例等について、実際の観測データを用いて、同化実験を行う。これに基づいて、このプログラムの問題点の改良を行う。

イ) NHM-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、NHM-LETKFに海洋・波浪モデルを組み込み、海面水温変動が台風解析に与えるインパクトを調査する。

ウ) 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、GANALの地表面データなど高分解能の解析値の利用法の開発を始める。また、雲降水の有無を判定するアルゴリズムの開発を続ける。

エ) 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・データ選択手法を開発する。

④TIGGEデータ等を用いた予測可能性研究

ア) 特に気象庁の進路予報誤差が大きかった2013年6月9日12UTC初期値に注目し、台風の環境場や台風自体の構造に関して、TIGGEデータを用いて他センターとの違いを解析する。

イ) 台風の活動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、台風の活動予報プロダクトの現業利用に向けた改良を行う。

副課題1の本年度の成果

①全球大気データ同化システム開発

ア) 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。このことにより水蒸気推定計算の準備は進捗したものの実施には至らなかった。

イ) 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。

ウ) 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プログラムのコーディング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わかった。理論面では、統一的な定式化及び弱拘束、強拘束、4次元の背景誤差共分散行列の関係をまとめた査読論文が出版された(Ishibashi 2015)。

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わかった。

エ) アンサンブルカルマン smootherの研究のため、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。

オ) 観測データのインパクト評価システム(Forecast Sensitivity to Observations: 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。

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）。2016年春開催の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予定されており、本システムも参加する方向で調整を行っている。

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った結果が得られた。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。

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頭に導入する方法と、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。

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の開発を行った。

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。

カ) 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た。

② 全球モデル物理過程改良

Yoshimura *et al.* (2015) の積雲スキームと Tiedtke 雲スキームを使用した TL479L100 での 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。

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は、積雲スキーム・雲スキームを Yoshimura *et al.* の積雲スキームと Tiedtke 雲スキームに変更し、更に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改善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）

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）。

③ 領域大気データ同化システム開発

ア) 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）

イ) 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。

NHM-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・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。

ウ) 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。

④ TIGGE データ等を用いた予測可能性研究

ア) 各数値予報センターと比較して気象庁の進路予報誤差が大きかった、2013年6月9日12UTC初期値の台風第3号や、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。アンサンブル内で予報誤差が大きいメンバーは、暖気核構造が弱く、背の低い鉛直構造の特性を持つことが分かった。

イ) 台風の活動予報プロダクトの利用可能性に関して論文を投稿し受理された。研究成果を受け平成28年度より同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。また、NWP-TCEFPのもと、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。

副課題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

副課題2の研究担当者

北畠尚子、和田章義、大和田浩美、小山 亮、沢田雅洋、嶋田宇大（台風研究部）、川畑拓矢、國井 勝（予報研究部）

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。

- ①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。
- ②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。
- ③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。

副課題2の本年度の計画

①強度推定手法の改善

- ア) 季節・海域により特徴的な台風の構造と強度、及び強度推定の精度について調べる。
- イ) マイクロ波探査計 AMSU データを用いた既存手法の応用による ATMS データを用いた中心気圧推定手法を開発する。またマイクロ波放射計 (TMI 等) のデータを用いた台風強度推定法について、パラメータ算出方法改善の検討等により、精度向上を図るとともに、新規衛星観測データへの適用可能性の調査を行う。
- ウ) ドップラー速度を用いた台風強度推定について、さらなる推定精度の向上を図りつつ、強度推定システムを本庁予報部に導入するためのプロトタイプを作成する。

②プロセス解明・予測可能性検討

- ア) ひまわり 8 号の観測データを用いた上層 AMV を算出し、そのデータ特性を確認するとともに、上層 AMV を用いた台風の発達プロセス解明のための調査を引き続き行う。
- イ) 現業ドップラーレーダーのドップラー速度からリトリーブした風速場を利用した台風の構造解析を引き続き行い、環境場と内部構造の関係や構造変化過程を明らかにする。
- ウ) 台風数値シミュレーション環境を気象研究所次期計算機システムへ移植するとともに、2013 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継続して実施する。

またその他の 2012 年と 2013 年に急発達をしたいくつかの台風に関して、引き続き、急発達した要因を調査する。調査にあたっては、事例ごとの共通点・相違点に着目する。2014 年に日本に影響を及ぼした台風第 8 号等についての強度変化過程について数値モデルを用いて調査する。

- エ) 数値実験の結果を衛星データと直接比較できるよう、衛星シミュレータの導入に着手する。

③顕著台風事例解析

2015 年の台風シーズン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。

副課題2の本年度の成果

①強度推定手法の改善

- ア) TRMM/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。
- イ) (a) 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。
- (b) 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。
- (c) 猛烈な勢力の台風 (熱帯低気圧) 事例として、2015 年 3 月に南太平洋のバヌアツに甚大な被害をもたらしたサイクロン・パムについて、ドボラック法と AMSU による強度推定、及びそれらのコンセンサス推定を行い、2013 年台風第 30 号の結果と比較した。その結果、台風第 30 号のほうが最盛期における中心気圧がわずかに低かった可能性が示された。また小さな暖気核構造を持っていたことがわかった。

(d) 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わかった。

ウ) ドップラー速度を用いた台風強度推定手法について、本庁予報部に導入するためのプロトタイプを開発した。この手法の精度検証を行い、特に最大風速半径が 20～50km の台風に対して推定精度が良い (RMSE で 5.55hPa) ことなど、条件によって推定精度が異なることを明らかにした。

②プロセス解明・予測可能性検討

ア) (a) ひまわり 8 号のターゲット領域観測データ (5 分間隔、バンド 8 (WV チャンネル) 及び 13 (IR チャンネル)) を用いて算出した上層 AMV の風速、高度等について、MTSAT データ (15 分間隔、WV 及び IR1 チャンネル) を用いて算出した上層 AMV 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 は相対的に僅かに風速が強い傾向があり、また上層 AMV データの高度の範囲が広い傾向があるなど、特性の違いが明らかとなった。

(b) 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) があることなどがわかった。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わかった。

イ) 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。

ウ) (a) 領域非静力学モデルによる台風数値シミュレーション環境を気象研究所新計算機システム FX100 と PC クラスタ機にそれぞれ移植し、2013 年台風第 30 号の数値シミュレーションを実施した。計算機が異なると、計算結果は CPU やコンパイラの違いなどにより厳密に一致はせず、中心気圧は数 hPa の誤差を生じるが、台風による海水温低下による中心気圧の上昇 (～20hPa) に比べると無視できるほど小さかった。

(b) 2013 年台風第 30 号の数値シミュレーションの結果から、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 CHP 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。

(c) 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 3km 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 より高解像度のもものと異なることが分かった。

(b) 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 2km、1km、0.5km 及び境界層スキームを変えた数値実験を実施した。実験結果から、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わかった。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ことわかった。

(e) 非静力学モデルによる数値実験の結果を衛星データと直接比較するための衛星シミュレータの導入に着手する (H27 年度内予定)。

- エ) (a) 米国の統計力学モデル (SHIPS) を導入するため、気象庁現業全球モデル (GSM) 用の回帰式の係数を作成する作業に必要なトレーニングデータの作成を行い、代表的な4つの説明変数のみを使用して最大風速の予測を行う簡易版の SHIPS を開発した。さらに現業ルーチンの GSM 予報値を用いて、SHIPS で予測を行うための環境構築を行った。
- (d) 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。
- (e) 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。
- オ) 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で使用するための開発に着手した。0.5度の水平格子間隔で平均化したAMVを台風ボウガスの代わりに同化する際のインパクトに関する調査を開始した。
- ③ 顕著台風事例解析
- ア) 石垣島に顕著な最大瞬間風速 (71.0 m/s) 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。
- イ) 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わかった。

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： 2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。

研究担当者

藤枝 鋼、北村祐二、川端康弘、伊藤純至、萩野谷成徳（環境・応用気象研究部）、保坂征宏（気候研究部）、小野木茂（気象庁観測部）、米原仁（気象庁予報部）、西澤誠也（客員）

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。

本年度の計画

- ①気象研 LES の数値計算から得られた境界層乱流データを、特に空間構造や乱流輸送に着目して解析する。
- ②気象研風洞で中立な境界層乱流の実験を行い、特に境界層乱流の空間構造や乱流輸送に着目して解析する。
- ③気象研露場等で運動量と顕熱の乱流輸送について観測を行い、特に乱流空間構造との関連に着目して解析する。

本年度の成果

昨年度の基盤整備に引き続き、①数値計算・②風洞実験・③野外観測の各分野において本格研究を開始した。

- ①気象研 LES を用いた境界層乱流の数値計算データを、とくに乱流輸送の解像度依存性に着目して解析した。解像度に応じた乱流パラメタリゼーションの手法を検討し、評価試験を行った。
- ②気象研風洞において中立な境界層乱流を生成し、とくにスカラー量の乱流輸送に着目して実験を行った。植栽など通気性が有る遮蔽物が存在する場合の乱流輸送について得られた知見を、本庁観測課「低木植栽等周辺環境と露場内微気象に関する調査」の一環として取りまとめた。
- ③気象研露場の観測データからボーエン比法で求めた顕熱フラックスと気象観測用鉄塔データから傾度法で求めた顕熱フラックスを比較し、適当な気象条件下では両者が良く対応することを見出した。

本研究課題からは大気境界層乱流に関する学術的な知見が既に得られ論文として発表している。

- ①ア) バルク式を用いて地表面からの熱輸送を評価する際に、平均風が存在しない自由対流極限

では顕熱・潜熱を適切に扱えないことが知られている。この問題に対処するために、解像できない乱流の寄与を考慮した補正手法を提案し、自由対流極限でも顕熱・潜熱を適切に評価できることを示した (Kitamura, *et al.*, 2016)。

イ) 境界層乱流においては、平均風速だけでなく風速変動の偶数次モーメントも境界面からの高度の対数関数で表現されることが、最近の観測・実験・数値計算から明らかになっている。こうした対数則が応力一定層における風速変動を統計学的に取り扱うことで理論的に導出できることを示した (Mouri, *et al.*, 2015)。

②森林キャノピー内における大気汚染物質の振舞を明らかにするため、滋賀県の丘陵地帯における野外観測と気象研大型風洞を用いた拡散実験を実施し、キャノピー内に流入した汚染物質がキャノピー内で拡散し樹木や地表に吸着している様相を明らかにした (Ichikawa, *et al.*, 2016)。

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： 2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）

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。

副課題1 震度予測精度の向上

副課題1の研究担当者

干場充之、古舘友通、林元直樹、小木曾仁（地震津波研究部）、安達晋平、山田安之、小寺祐貴（気象庁地震火山部）

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きており、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1の本年度の計画

副課題1では、実データへの適用を進め、未解決の問題を検討するとともに、予測モデルの改良を行う。新たに得られた地盤増幅特性や、新たに展開されつつある海域観測網からのデータに対しても応用を図る。

また、震度予測の迅速化と精度向上を狙って、観測面（アレイ処理技術の改良を目指した構内での観測、など）、および計算面（計算速度の向上、より現実に近い仮定での計算、など）の両面からのアプローチを試みる。

副課題1の本年度の成果

- ・ H27年度は、2004年新潟県中越地震の最大余震(M6.5)、2011年栄村の地震(M6.7)、2014年長野県北部の地震(M6.7)等で観測された実波形データに適用し、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、やや遠い未来においても、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。
- ・ 地盤の増幅特性の推定を全国的に進めた。H27年度の解析により、ほぼ全国で、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ようになった。また、従来の手法における正確なマグニチュード推定のため、マグニチュードの時間的成長の特徴や、海底地震計の強震入力時の挙動の解析を進めた。
- ・ 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構築を進めている。
- ・ 構内でアレイ観測を継続している。現在、地震波の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）。H27年度は、方向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 長周期地震動の予測

副課題2の研究担当者

干場充之、古舘友通、林元直樹、小木曾仁（地震津波研究部）、青木重樹、小上慶恵（気象庁地震火山部）

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。

副課題2の本年度の計画

副課題2では、長周期までを含めた地盤増幅特性の推定を行うとともに、実時間で適用するフィルターの形に変換することを進める。また、副課題1で進めている手法を長周期でも適用可能なように調整し、実データへの適用を進める。

副課題2の本年度の成果

地盤の増幅特性のリアルタイム補正については、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進めた。また、（副課題1）では、波動伝播の計算に高周波で成り立つ近似を用いているが、この近似は周期10秒くらいまでならば有効であることを確認した。ただし、巨大な盆地構造での地震動の継続時間は、予測よりも長くなりやすい傾向があることを見出した。

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： 2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 第一研究室長）

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。

副課題1 地震活動評価手法の高度化

副課題1の研究担当者

勝間田明男、弘瀬冬樹、宮岡一樹、藤田健一、田中昌之、前田憲二（地震津波研究部）、廣田伸之（気象庁地震火山部）、岡田正實、吉川澄夫（客員）

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1の本年度の計画

- ①地震活動に関する統計的指標として、地球潮汐と地震活動（深部低周波地震・微動なども含む）との相関などについて主に調査する。
- ②繰り返し小・中地震について、資料収集を継続し、事前・事後予測などを試み、予測モデルの比較検討を進める。

副課題1の本年度の成果

- 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わかった。
 - イ) 豊後水道長期的スロースリップイベント (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 値の時間的变化が見られた。
 - 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わかった。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わかった。
 - オ) 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11%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。
 - カ) 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おこなっており、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わかった。

③地震履歴調査

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 地殻変動監視技術の高度化

副課題2の研究担当者

小林昭夫、安藤 忍、木村一洋、宮岡一樹（地震津波研究部）、露木貴裕（気象庁地震火山部）

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2の本年度の計画

- ①島田川根ひずみ計観測点近隣の河川の水位を観測し、水位、降水量とひずみとの関係について調査を行う。
- ②東北地方太平洋沖地震の余効変動の時空間変化を調査し、主に東海地域など南海トラフ沿いに対する余効変動の影響を除去し、南海トラフ沿い地域が変動源の地殻変動を把握する。
- ③水準測量・潮位データによる変動履歴復元を行い（房総半島）、ゆっくりすべり発生有無など長期的地殻上下変動推移について調査する。
- ④南海トラフ沿いの長期的ゆっくりすべりの解析を進め、その時空間的特徴を整理する。

副課題2の本年度の成果

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) 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と比較し、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余効変動除去と南海トラフ地殻変動

ア) 東北地方太平洋沖地震の余効変動を再調査し、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、東海の長期的スロースリップ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。

③長期地殻変動

ア) 水準と潮位を用いた地殻変動把握については進捗がなかった。

イ) 2000年と2005年の銚子付近、千葉市付近の群発地震に伴い、非定常な地殻変動が発生していたことを明らかにした。

④長期的ゆっくりすべり

ア) GNSS日値の解析から、2014年半ばから紀伊水道において小規模な長期的スロースリップが発生している可能性があることを明らかにした。

イ) 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。

⑤地殻変動と地震波速度変化(共同研究)

地殻変動と地震波速度変化調査の基礎情報とするため、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 地震発生シミュレーション技術の高度化

副課題3の研究担当者

小林昭夫、弘瀬冬樹、藤田健一、前田憲二(地震津波研究部)

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。

副課題3の本年度の計画

地殻変動データからプレート境界の固着状態の時間変化を推定し、その結果と整合するモデルを構築し、摩擦パラメータの空間的不均質の拘束条件を求める。

副課題3の本年度の成果

①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1cm/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。

②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ているが、M9 クラスの地震の破壊域は再現できていない。

B3 津波の予測手法の高度化に関する研究

研究年次： 2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）

研究の目的

津波の面的把握と即時予測の精度向上、および遠地津波の注警報の解除時期の予測に貢献する。

副課題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

副課題1の研究担当者

山本剛靖、林豊、対馬弘晃、中田健嗣（地震津波研究部）、西谷諒（気象庁地震火山部）、平田賢治（客員）

副課題1の目標

- ① 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。
- ② 波源推定に基づく予測手法の高度化およ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1の本年度の計画

- ① 津波現況の面的即時把握手法の開発
 - ア) 自己浮上式海底水圧計の実海域観測によって得られた高周波の水圧変化の特徴を踏まえ、津波以外の変化成分を適切に除去する手法について、従来手法の検証を行い、必要に応じて手法の改良を検討する。
 - イ) 津波現況を面的に把握する手法に関する文献等の調査に基づき、津波現象に適した手法の絞り込み及びより詳細な文献等の調査を行う。
 - ウ) 気象庁および他機関による日本近海の海底水圧計、GPS 波浪計、海底地震計等の観測データを収集する。
- ② 津波即時予測手法の開発・高度化
 - ア) 津波波源を推定した上で津波の即時予測を行う手法に基づくプロトタイプシステムについて、大量の津波観測データに対しても安定して効率よく動作させる要件に基づくプログラムの改良を行い、仮想データを用いて動作確認する。また、同システムの本庁システムへの導入に関連して、技術支援を継続する。
 - イ) 波源推定に基づかない津波予測手法に関する文献等の調査に基づき、津波現象に適した手法の絞り込み及びより詳細な文献等の調査を行う。
 - ウ) 津波即時予測手法の検証に用いる地震津波発生シナリオを作成するため、巨大地震とそれに伴う津波の発生機構の調査事例を収集し整理する。また、東北地方太平洋沖地震の津波波源像の推定も継続する。
 - エ) 非線形過程と遡上過程を含めた沿岸津波の数値計算を行うソフトウェアを改良する。

副課題1の本年度の成果

- 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用いて平成26年度に実施した房総沖での実海域観測で得られた福島県沖の地震（M7.0）等の近地地震に伴う海底圧力データの周波数解析を行った結果、既存のノイズ除去手法を適用することで適切に高周波成分を除去できることが確認できた。
- ② 沖合津波観測データから津波の現況を面的に把握する手法については、引き続き文献調査を行

うとともに開発に着手した。

- ③気象庁および他機関による日本近海の海底水圧計、GPS 波浪計等の潮位データについて、本庁・所内の関係者の協力を得て、本庁で集約しているデータを気象研でもリアルタイム受信できるようにした。
- ④波源推定に基づく津波即時予測手法について、予測結果を円滑に活用できるよう、事前実施した津波予測数値実験の結果や、リアルタイムに得られる予測結果に基づいて、予測精度をリアルタイムに評価する指標を開発した。また、前年度に改良した海底地形の水平変位から生じる見かけの上下変位を考慮する手法について、その性能が十分に発揮できる適用範囲を、仮想データを用いて検証した。加えて、本庁津波警報システム更新に際して、気象研プロトタイプシステム機能の導入に関してこれまでに得られた知見の提供や技術支援を行った。
- ⑤波源推定に基づかない津波予測手法に関して、面的に把握した津波波面を使って沿岸への伝播を予測する手法などについて引き続き文献調査を行うとともに、開発に着手した。
- ⑥巨大地震の一つである2011年東北地方太平洋沖地震の津波波源像について、津波データから求まる波源の時間分解能は低いため、津波発生タイミングの拘束が困難な場合があることがわかった。また、地震波解析を参考にすれば、地震・津波の観測事実を同時に説明可能な波源像が得られることがわかった。
- ⑦海岸付近の非線形の津波挙動と遡上過程を含む津波数値計算の作業を支援するGUIを備えたソフトウェアについて、津波数値計算対象海域を東北地方太平洋側及び南海トラフ沿いだけでなく日本全国の沿岸域へ拡張する、初期値として入力できる波源データ形式として津波波源を推定した解析解や面的に把握した津波の波動場を追加する、などの改良を行った。

副課題2 遠地津波の後続波と減衰特性のモデル化の研究

副課題2の研究担当者

林 豊、山本剛靖、対馬弘晃、中田健嗣（地震津波研究部）、西谷 諒（気象庁地震火山部）

副課題2の目標

遠地津波の後続波およ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。

副課題2の本年度の計画

- ①遠地津波の後続波の出現タイミングまたは振幅の時間減衰傾向を再現可能な数値計算手法について、文献調査を進め、一部の手法については試算により過去の津波の再現性を調べる。
- ②第一波より後続波による津波が高い観測事例を抽出し、一部の事例を選んで、津波の成長過程を含めた全期間の振幅の時間変化について解析する。

副課題2の本年度の成果

- ①津波エネルギーの伝達過程を基に組み立てられた、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用いた検討を行っている。この数理モデルによれば、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を確認した。
- ②遠地津波で第一波より後続波による津波が高い実際の観測事例と、数理モデルで推定される津波の第一波と最大波の出現時間差に着目して、減衰定数などのモデルパラメータについて、検討を進めている。

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： 2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（研究調整官）

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

- ①シームレス化を目指して気候再現性とともにより短期・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。
- ②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。
- ③得られた成果により「気候変動に関する政府間パネル（IPCC）」報告や気象庁温暖化業務に寄与する。

副課題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

副課題1の研究担当者

尾瀬智昭、行本誠史、保坂征宏、石井正好、村崎万代、新藤永樹、楠昌司、小畑淳、川合秀明、水田亮、吉田康平、前田修平、今田由紀子、遠藤洋和、青木輝夫（気候研究部）、吉村裕正（予報研究部）、真木貴史、直江寛明、出牛真、大島長（環境・応用気象研究部）、山中吾郎、辻野博之、浦川昇吾（海洋・地球化学研究部）、足立恭将、村井博一（併任：気候情報課）、田中泰宙（併任：環境気象管理官）、村上茂教（併任：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（客員）

副課題1の本年度の計画

- ①大気大循環モデルの各物理過程（特に雲物理過程、境界層過程、積雲対流過程、陸面過程）について、中期的に取り組む改良・高度化を進める。MRI-ESM1のCMIP6向け改良版で、基本的なDECK実験（AMIP実験、産業革命前スピニアップと基準実験、CO₂1%/yr漸増実験、およびCO₂瞬時4倍増実験）を行う。
- ②気象庁全球モデルGSAMフレームへの地球システムモデルコンポーネントの移植を行う。
- ③地球システムモデルで季節予測実験システムを用いたハインドキャスト実験を行い予測精度の評価を行う。
- ④気候変動および気候・物質循環相互作用に関するプロセス・メカニズムについて、引き続き以下の実験・解析を進める。
 - ア) 雲微物理過程と大規模場の相互作用に関する実験および解析
 - イ) 成層圏気候変動に関する実験および解析
 - ウ) 古気候実験および解析
 - エ) 気候予測の不確実性に関する実験および解析
 - オ) 大気-化学-エアロゾル相互作用に関する実験および解析
 - カ) 陸域炭素循環過程に関する実験および解析

⑤全球非静力学フレームに基づく次世代気候モデルの開発を引き続き進める。

副課題1の本年度の成果

- ①地球システムモデルを改良し、CMIP6 向けバージョンを完成させた。
- ア) 大気大循環モデルの雲物理過程、境界層過程、積雲対流過程、陸面過程について改良・高度化を行った。各コンポーネントモデル（大気モデル、海洋モデル、エアロゾルモデル、オゾンモデル）の最新版を組み込んで MRI-ESM の CMIP6 版を完成させた。
 - イ) 大気モデルの雲物理過程を改良し、液相と固相の共存領域において、物理的整合性が大幅に向上すると共に、雲粒数密度・雲氷数密度などが改善された。
 - ウ) 大気モデルにおいて、下層雲スキームと積雲対流スキームの相互関係について改良を行い、下層雲の鉛直構造が改善された。さらに、雲氷落下スキーム・雲氷から雪への変換プロセスの計算法を、タイムステップ依存のある問題が発現する現行のスキームから、より適切なものに修正した。その結果、雲氷量のタイムステップ依存性がかなり緩和された。
 - エ) 放射・雲過程において、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て扱うことができるようにし、また、エアロゾルの混合状態を考慮して扱うことができるように、大気モデルおよびエアロゾルモデルを改良した。
 - オ) エアロゾルモデルを改良し、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、積雲対流に伴う降水によるエアロゾルの除去過程を改良した。また、硫酸塩エアロゾルを生成する気相反応を雲内でも考慮するようにモデルを改良した。
 - カ) 効率的な実験を可能にするよう新スパコンへの最適化を行った。
 - キ) CMIP6 のための産業革命前スピニアップと予備的な歴史再現実験を行った結果、20 世紀の昇温がやや小さいことが判明し、さらに調整を行なってスピニアップを継続した。また、気候感度やエアロゾル放射強制力を推定するためのいくつかの実験を行い、それらの値が妥当な範囲にあることを確認した。
 - ク) 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 実験で新たに外部フォーシング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。
- ②地球システムモデルの大気部分の気象庁全球モデル GSAM フレームへの移行について、コンポーネントごとの結合変数とそれをやり取りするサブルーチン構造の検討など、具体的な移植方法の検討を行った。
- ③地球システムモデルを用いた短期予測実験について、大気のアンサンブル初期値の作成方法の検討を行った。また、季節から十年規模スケールのシームレス予測のため、アンサンブルカルマンフィルターに基づく気候モデル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の大気表面気圧観測と海洋の水温・塩分データを用いて、3次元の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予測実験システムを構築することでハインドキャスト実験を行うことができるが、今後、このための作業を進めていく。
- ④気候変動および気候・物質循環相互作用に関するプロセス・メカニズムについて、引き続き解析を進めた。
- ア) 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。
 - イ) 噴火位置や環境への影響が未知な 10 世紀の巨大火山噴火を参考に、噴火の緯度の違いの影響について地球システムモデルによる比較実験を行った。成層圏における火山起源硫酸エアロゾル粒子がより広く全球を覆う中緯度噴火の方が高緯度の噴火に比べて全球規模の寒冷乾燥化・土壌呼吸減少は激しいこと、日本付近への影響は両者同程度であることなどが明

らかになった。

- ウ) 化学気候モデル相互比較 (CCMI) 実験や再解析データ JRA55 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。また開発中の地球システムモデルでの QBO 応答が弱い傾向があったため、非地形性重力波パラメタリゼーションを調整することで振幅を強化させた。
- エ) 熱帯対流圏界層の鉛直流の CMIP5 モデル比較解析を進めた。今年度は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。
- ⑤ 全球非静力学フレームに基づく次世代気候モデルの開発を引き続き進めた。

副課題 2 地域気候モデルによる気候変動予測に関する研究

副課題 2 の研究担当者

高藪 出、佐々木秀孝、青柳曉典、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 (併任：気候情報課)、大泉三津夫 (併任：気象大学校)、栗原和夫、金田幸恵、日比野研志 (客員)

副課題 2 の本年度の計画

- ① 5km 分解能 NHRCM によるアンサンブル実験結果の解析を行い、不確実性の評価を行う。また、バイアス補正を含めた極端現象の将来予測方法の検討を行う。
- ② これまでの実験結果をもとに 2km 分解能 NHRCM の現在気候再現性の向上を図り、それによる温暖化予測計算を行う。
- ③ 1km 分解能 NHRCM の開発を行う。
- ④ 地方固有の気候現象について、バイアス補正や不確実性を考慮した将来変化予測の方法についての検討を行う。

副課題 2 の本年度の成果

- ① 5km 分解能 NHRCM (NHRCM05) による 4 メンバーの将来気候変化予測実験を行った。気温に

関しては、全てのメンバーで、全ての領域において将来有意に上昇すると予測された。その上昇量は、北日本の方が南日本より大きい、メンバー間のばらつきは南の方が大きくなっている。

降水に関しては、北日本や東日本において一部のメンバーで有意な変化をするものがあったが、全国的に見ると自然変動と比べてシグナルは小さく、有意な変化があるとは言えない。

- ② NHRCM02 による現在気候再現実験を行った。陸面過程は、これまでの MJ-Sib からより安定度の高い iSib に変更した。これにより、全国平均の年平均気温のバイアスは、これまでのマイナスからプラスへと変化した。更なる実験を重ねる事により、より精度を高めていく必要がある。

降水に関しては、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た。その結果、各種スコアが改善された。さらに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。

- ③ NHRCM01 の開発を行っている。高分解能化を行うためには、単に格子間隔を変えるだけでなく、それに相応しい物理過程の開発が伴われる。特に、2km から 1km へ分解能を上げる際は、陸面過程の改良が余儀なくされるので、その部分を中心に開発を行っている。

- ④南西諸島における極端降水について NHRCM02 は、NHRCM05 と比べて再現性が向上した。北陸地方の山岳部において、将来降雪量が増えることが予測される。それに関して、コンポジット解析を通して原因を調査した結果、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。
- 四国で発生するやまじ風について、NHRCM05 と NHRCM02 における再現性の違いについての検討を行っている。やまじ風の定量的な再現のためには、風のバイアス補正が必要となるが、その方法について検討中である。
- 20km 格子 NHRCM のアンサンブル実験データを用いて梅雨前線の位置の将来変化を調べた。梅雨前線の位置は6月、7月ともに現在の位置よりやや南側に予測された。アンサンブルの9メンバーのほぼ全てで、同様の傾向が見られた。

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： 2年目／5年計画（平成26年度～平成30年度）

研究代表者： 尾瀬智昭（気候研究部 部長）

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

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。

- 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。
- ② 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。
- ③ 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。

副課題1 季節予測システムの改良と性能評価に関する研究

副課題1の研究担当者

前田修平、仲江川敏之、今田由紀子、斉藤直彬、川合秀明、行本誠史、保坂征宏（気候研究部）、倉賀野連、山中吾郎、高槻靖、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、高谷祐平、松川知紘（気象庁地球環境・海洋部）

副課題1の本年度の計画

- ① 現業予定季節予測システムを用いた季節予測実験データを用いて、エルニーニョ-南方振動（ENSO）に伴う熱帯の降水量・海面水温変動の特徴や熱帯低気圧の発生頻度、10年変動、北極振動などについての年々変動の再現性の評価を行う。
- ② TL319L60 大気モデルなど各種モデル実験を通じて、北極振動（AO）等の再現性や予測可能性を調べる。
- ③ 統一仕様の全球海洋モデル及び全球海洋アジョイントモデルを用いて、次次期季節予報システム用4次元変分法全球海洋データ同化システムの構築を行う。
- ④ 熱帯海洋高分解能結合モデルの構築を行う。

副課題1の本年度の成果

- ① ア) 現業季節予報システムのハインドキャストに基づき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。
- 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、①十年規模変動に伴う南半球の低い表層水温、②中・東部太平洋赤道域でWESフィードバックに伴い卓越した南風が、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ハインドキャストに基づき、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) 現業季節予報システムのハインドキャストを用いて、熱帯太平洋における初期ショックと気候ドリフトの特性とエルニーニョ現象の予測への影響の評価を進めている。また、現業季

- 節予報モデルの長期ランを実施し、エルニーニョ現象に関する特性評価の調査を進めている。
- エ) CLIVAR-GSOP 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。
- オ) 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た。
- カ) オーストラリア気象局と協力して、南半球の熱帯低気圧の季節予測についての研究を進めるため、現業季節予報システムのハインドキャストデータを提供した。また、南半球熱帯低気圧の再現性を調査した。
- キ) 現業季節予報システムのハインドキャスト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 (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。
- ③ア) 次期季節予報モデルでプロトタイプとなる予定の海洋モデルを現業季節予報モデルに組み込む作業を実施している。
- イ) 4 次元変分法全球海洋データ同化システムの構築を開始した。
- ウ) 季節予報システム用海洋データ同化システムについて衛星による海面塩分観測データと海水密度データの同化の効果をまとめた。
- ④熱帯域を高解像度化 (東西 0.2° 、南北 0.1°) した全球 - 熱帯ネストモデルを構築した。JRA55 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 異常気象の要因解明と予測可能性の研究

副課題 2 の研究担当者

釜堀弘隆、黒田友二、小林ちあき、原田やよい、遠藤洋和、今田由紀子、水田 亮、吉田康平、尾瀬智昭、仲江川敏之、行本誠史、村崎万代 (気候研究部)、吉村裕正 (予報研究部)、出牛 真 (環境・応用気象研究部)、太田行哉 (気象庁予報部)、古林慎哉、吉本浩一 (気象庁地球環境・海洋部)

副課題 2 の本年度の計画

- ①気象庁の長期観測データに基づく日本の夏季気候の長期変動の実態解明を継続する。
- ②計算機更新に伴うシステム移行作業を行い、JRA-55 プロダクトにみられる問題の原因究明を行う。
- ③ JRA-55C 総合報告論文の作成を行う。
- ④ JRA-55 プロダクトの性能評価を継続する。
- ⑤太陽輝度減少期における負の北極振動の生成メカニズムにつき、結合モデルと地球システムモデルのマウンダー小氷期実験結果を解析することにより明らかにする。また、引き続き現在気候における太陽活動の影響について解析を進める。成層圏変動の予測可能性研究についても引き続き継続して調べる。
- ⑥ 60km 全球大気モデルを用いて E/A のテスト実験を実施し、他機関の結果との比較・検証を行う。

副課題 2 の本年度の成果

- ①ア) 現業季節予報システムのハインドキャストに基づき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を示した。エルニーニョ現象の予測精度について評価し、中・東部太平洋赤道域で WES フィードバックに伴う卓越した南風

の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。

- イ) 季節予報システム用海洋データ同化システムについて衛星による海面塩分観測データと海水密度データの同化の効果を調査した。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構築した。海洋単体モデルにおける過去再現実験を実施して、インドネシア通過流等の良好な再現性を確認した。
- ②ア) 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要因について循環場の観点から考察した。
 - イ) 高解像度MRI-AGCM（60km）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年代の日本の気温に関するイベント・アトリビューションを行った。
 - 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）の予測可能性について調べたところ、昇温の6日前から予測可能であることが判明した。
- ③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投稿した。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。

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：2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）

研究の目的

東アジア、西部北太平洋におけるエアロゾル、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。

副課題1 エアロゾルの監視

副課題1の研究担当者

五十嵐康人、財前祐二、足立光司、梶野瑞王（環境・応用気象研究部）、山崎明宏、石田春磨、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）

副課題1の目標

- ①エアロゾル粒径、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エアロゾル素過程、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1の本年度の計画

- ①エアロゾル粒子の直接観測
 - ア) 電子顕微鏡等を用いたエアロゾル粒子の直接観測を行い、東アジア起源のPM2.5、黄砂等を対象に、西日本・山岳での観測、サンプル分析を行う。
 - 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）による連続測定を実施し、電頭分析との比較を行う。春季に西日本（福岡）での観測を実施する。診断技術を開発することによって、エアロゾルの物理化学特性や統計的な性質を明らかにする。
 - ウ) これらの情報を用いて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する。3次元モデルに実装するための、コーディング及び動作テストを行う。
- ②光学特性観測

引き続き放射・光学特性観測点で連続観測を行い連続観測データの解析を進める。宮古島と南鳥島の散乱・吸収係数の測定値を処理し、一次散乱特性の推定を行う。つくばと福岡の多波長散乱係数、吸収係数については、順次データ処理を継続する。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化について検討する。
- ③鉛直分布観測（ライダー）

エアロゾルライダーによる対流圏・成層圏エアロゾルの連続観測を行い、その分布状況をモニタリングする。成層圏エアロゾル長期観測データの解析結果を論文にまとめる。得られた観測データや素過程モデルは副課題4における検証・データ同化やモデル構築に活用する。

副課題1の本年度の成果

- ①エアロゾル粒子の直接観測
 - ア) 森林由来の有機エアロゾルの特性を分析するために、和歌山県の森林地域での集中観測を8、9月に実施し、また特に電子顕微鏡を用いた分析により、粒子の混合状態の変化や含まれる有機エアロゾルの粘性を調査した。この観測により、森林からの有機エアロゾルが固形になるプロセスについてのデータが得られ、人為発生源に匹敵する森林由来のエアロゾルに関する知見が得られた。

- イ) 電子顕微鏡を用いたエアロゾルの定量特性を調べるため、海塩を使った特性 X 線分析実験を行なった。この実験は、標準粒子の海塩の定量性を解析するもので、試料厚の調整により良好な定量結果が得られることが分かった。またその自動粒子解析方法も開発した。
- ウ) 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。
- エ) 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。
- オ) 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。
- カ) 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は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。

②光学特性観測

- ア) 宮古島と南鳥島の散乱・吸収係数の連像測定は順調に行われている。
- イ) 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った。
- ウ) 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。
- エ) 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。
- オ) 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化は、光学的厚さ、オングストローム指数、BC 濃度をモデル検証用として進めることとし、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、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。
- 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 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。

④視程情報の高度化

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を連続測定した。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。これらの観測データを基に視程低下現象に対して客観的判断を試みた。その結果、非降水時の視程低下の多くは吸湿性エアロゾルの膨潤によるものであり、精度の高い情報提供のためには、エアロゾルの吸湿特性についての情報が重要であることがわかった。またそれ以外の人為起源粒子や黄砂による視程低下事例も約 20% 存在した。

副課題2 オゾン及び関連物質の監視

副課題2の研究担当者

永井智広、酒井哲、泉敏治（気象衛星・観測システム研究部）

副課題2の目標

- 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

副課題2の本年度の計画

開発したライダーを用い、対流圏オゾンと二酸化窒素の鉛直分布の観測を行い、データの評価を行う。

副課題2の本年度の成果

- 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。

副課題3 大気・海洋の炭素循環に関する観測と診断解析

副課題3の研究担当者

松枝秀和、澤庸介、坪井一寛、丹羽洋介、石井雅男、笹野大輔、小杉如央、遠山勝也（海洋・地球化学研究部）

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3の本年度の計画

大気炭素循環解析

- ①微量気体の観測
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（父島）の観測を継続し、過去のデータと併せてデータベースを更新する。
- ②観測技術の標準化・高度化
二酸化炭素安定同位体測定装置の性能試験を継続する。気象庁と標準ガス比較実験を年2回実施し情報交換を提供する。現業化を見据えた次世代の観測技術（酸素、ハロカーボン類、¹⁴CO₂等）の確立のために、気象庁と協力して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検証分析を継続して実施する。
- ③微量気体変動の解析

更新されたラドンのデータベースを用いて、数日スケールの短周期変動におけるラドンと他の微量気体組成との比に着目し、アジア大陸の発生源の変化をより定量的に抽出するための解析手法の改良を検討する。

④アジアの微量気体発生源の評価

発生源のより高解像度で精度の高い情報を得るために、4次元変分法(4D-Var)によるデータ同化システムを導入した逆解析手法について検証実験を継続し、その手法の改良と高度化を図る。

海洋炭素循環解析

水中グライダーの運用方法を習熟する。慣熟するために、伊豆・下田の筑波大臨海実験センターをベースとする海域試験や、気象庁観測船による投入・回収試験を行う。小笠原・父島での試験に向けて現地調査を行う。

観測手法高度化

全アルカリ度の航走観測装置を組み立て、白鳳丸航海にて本州東方の黒潮続流域で表面水の全アルカリ度の航走観測を実施する。これにより、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亜熱帯水と亜寒帯水の混合比率を推定する。また、全アルカリ度分布に基づいて、中国・長江からの河川水流入が日本海表層の炭酸系に及ぼす影響を評価する。

亜熱帯域トワイライトゾーン

亜熱帯域の表層および亜表層における全炭酸濃度・溶存酸素濃度・栄養塩濃度の季節変化・年々変化と、それらの海洋物理場との変化の関係解明を進める。

モード水形成域

海洋表層や亜熱帯モード水など海洋内部の物理パラメーターや炭酸系パラメーターや溶存酸素濃度の変動を解析し、人為起源CO₂の蓄積や気候変化による物理循環変化の影響評価を進める。また、海洋内に蓄積された人為起源CO₂が、海洋循環を経て表層に再出現する効果について、湧昇域等における全炭酸濃度増加などから考察する。

副課題3の本年度の成果

大気炭素循環解析

①微量気体の観測

綾里・与那国島・南鳥島・父島の大気観測所におけるラドン濃度と水素等の微量気体(父島)の観測を計画通り継続し、データベースを更新するための観測データの品質を評価した。

②観測技術の標準化・高度化

二酸化炭素安定同位体測定装置の性能試験を実施し、応答の直線性と繰り返し測定精度を把握できた。気象庁と標準ガス比較実験を継続すると同時に、過去のCH₄の比較結果を解析し、長期的な安定性が保たれていることが検証できた。さらに、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分析を継続して実施し、計画通りデータを取得した。

③微量気体変動の解析

作成されたラドンのデータベースを用いて、数日スケールの短周期変動に含まれるラドンとCO₂等の微量気体との比に着目し、その長期変化傾向について予備的解析を実施した。その結果、東アジアの人為発生源の増加とその速度を検出することが可能であることが分かった。

④アジアの微量気体発生源の評価

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開発し、双子実験を実施した結果、地球規模のCO₂の発生源を高精度かつ高解像度で解析できることが実証できた。また、その解析誤差を評価する新たな手法を確立した。

海洋炭素循環解析

①水中グライダー運用試験

伊豆・下田沖(5月)と三陸沖(10-11月)において、水中グライダーの運用試験を行い、操作方法を習熟するとともに、気象庁観測船における投入・回収方法を改良した。

②観測手法高度化

気象庁観測船による日本海観測のデータを解析し、秋に中国・長江から流入した河川水が、そのアルカリ度によって表層の CO₂ 分圧を顕著に低下させると同時に海水の pH を上げており、日本海表層の炭酸系に顕著な影響を及ぼしていることが分かった。全アルカリ度の航走観測に向けた室内実験を行い、観測実現の目途を立てた。

③ 亜熱帯域トワイライトゾーン

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。

④ モード水形成域

東経 137 度の亜熱帯モード水中の全炭酸濃度は、上に述べた要因によって、顕著に経年変動しているが、その人為起源 CO₂ 増加成分は、大気中の CO₂ 濃度の増加速度に近い速度で着実に増加していることが分かった。しかも、黒潮続流域の冬季表層水における全炭酸濃度の増加傾向と極めてよく一致しており、亜熱帯モード水形成が、人為起源 CO₂ の海洋内部への輸送に大きく貢献していることを実証できた。

副課題 4 化学輸送モデル・同化解析技術の開発・高度化

副課題 4 の研究担当者

眞木貴史、直江寛明、関山 剛、出牛 真、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）、田中泰宙、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）、柴田清孝、千葉 長（客員）

副課題 4 の目標

- ① 全球化学輸送モデル（エーロゾル、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（組成再解析、視程、放出量逆推定等）の実施

副課題 4 の本年度の計画

① 全球化学輸送モデル

引き続きエーロゾル、オゾンを対象とした全球化学輸送モデルの改良を行うと共に、両モデルの統合モデル構築に向けた検討を開始する。

② 領域化学輸送モデル

研究懇談会で受けた要望事項（初期場作成への協力、高解像度モデルの開発）を継続すると共に、オンライン版についても開発を進める。NHM-Chem のアンサンブルシミュレーションを行い、確率論的なメソ化学輸送モデル利用の可能性について探る。

③ データ同化

オンライン版 NHM-Chem の開発が順調に進んだ場合、そのモデルと NHM-LETKF を完全統合した NHM-Chem-LETKF のプロトタイプ版を開発する。MASINGAR-LETKF の改良を進め、ひまわり 8/9 号のデータ利用を念頭に置いた MODIS データ同化による全球エーロゾル解析値のプロトタイプ版を作成する。二酸化炭素データ同化システムの改良を行う。外部資金課題で利用する逆解析手法の改良を行う。

副課題 4 の本年度の成果

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ア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 MASINGARmk2 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ア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 MASINGARmk2 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) 領域化学輸送モデル (NHM-Chem) とアンサンブルカルマンフィルタを組み合わせ、移流拡散過程のアンサンブル解析を実施した。
- 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を作成を行った。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。

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： 2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）

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。

副課題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

副課題1の研究担当者

山崎明宏、石田春磨、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）

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1の本年度の計画

- ①全天分光日射計の検定法の改良を進める。
- ②放射計データからの雲物理量の推定法の改良を進める。
- ③スカイラジオメータで新しく交換した可視域レンズの影響を評価する。また、1225nm 干渉フィルターの交換を順次進め、観測データの精度を維持する。
- ④太陽周辺光の分布画像を撮る手法の開発を進め、撮影した画像とスカイラジオメータとの輝度分布の比較を行い、複合観測について調査する。
- ⑤ EarthCARE 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。

副課題1の本年度の成果

- ・ 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。
- ・ 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。
- ・ 放射計データからの雲物理量の推定法改良のため、地上測器や衛星観測の品質向上のための前処理に必要となる雲スクリーニング手法の改良を実施し、その妥当性を予備的に評価した。それにより、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が汎用的に利用可能であることが示唆された。
- ・ 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。
- ・ 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。福岡、南鳥島、つくばのスカイラジオメ

ータに対して 1225nm 干渉フィルター（半値全幅 10nm）の交換を順次実施し、新しい 1225nm 干渉フィルターによる観測を開始した。

- ・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。
- ・太陽周辺光の分布画像撮影する機器は、ND Filter を反射型と透過型による感度調査を実施した。撮影した画像とスカイラジオメータとの輝度分布の比較については本年度の進捗がなかった。
- ・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重点的に作成した。

副課題 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

副課題 2 の研究担当者

山崎明宏、石田春磨、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）

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。

副課題 2 の本年度の計画

- 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エアロゾル消散係数のオングストローム指数と吸収係数のオングストローム指数によるエアロゾルの組成推定法を検討し、分類アルゴリズムの開発を行う。
- ③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。

副課題 2 の本年度の成果

- ①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 の向があった。また、波長依存は Alph_{ext} に依存していた。
- ②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 が大きいほど、SSA が大きい（吸収の割合が少ない）傾向があるが、それぞれ 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。
- ③2012～2013 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アロゾル光学特性の鉛直分布を使って、エアロゾルによる大気加熱率を導出した。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、エア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。
- ④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。

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： 2年目／5年計画（平成26年度～平成30年度）

研究代表者： 青木輝夫（気候研究部 第六研究室長）

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。

研究担当者

谷川朋範¹⁾、庭野匡思（気候研究部）

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。

本年度の計画

- ①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。これら3地点における積雪サンプルから不純物濃度を分析する。これに加え、札幌において赤外放射計と自動気象観測センサーを更新する。また、野外用の積雪中近赤外反射率測定装置を開発し、その観測値から積雪粒径の鉛直分布を抽出数するためのアルゴリズムを開発する。さらに、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する。
- ②衛星データから積雪粒径及び不純物を抽出するリモートセンシング・アルゴリズムで用いる雲検知アルゴリズムを高度化し、グリーンランドにおける積雪粒径及び不純物の抽出精度を向上させる。
- ③SMAPで計算される積雪粒径と全天分光日射計の測定結果から抽出される積雪粒径の相互比較を実施する。SMAPモデルとJMA-NHMの結合計算を実施し、精度評価と衛星データとの相互比較を行う。更に、積雪アルベドが大気場に与える影響を感度実験により評価する。

¹⁾ 平成27年10月1日から

本年度の成果

- ①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。このうち札幌では2015年11-12月に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）の更新及び捕捉効率を高めた雨量計と改良型全天分光日射計の設置を行った。これら3地点で取得した積雪中のブラックカーボン（BC）等光吸収性不純物を従来の熱・光学式のカーボン分析装置だけでなく、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）を開発した。衛星リモートセンシングで開発した非球形積雪粒子散乱モデルを利用し、平成27年度末までにこの装置の観測値から積雪粒径の鉛直分布を抽出するためのアルゴリズムを開発する。気象研究所では大気中における光吸収性エアロゾル成分のBC、有機炭素（OC）、ダストの分析を実施した。その結果、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た。
- ②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、昨年度開発した波長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。その結果、グリーンランド氷床における雲検知精度が向上すると共に、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。また、米国NASAの中分解能撮像分光放射計（MODIS）の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）により、グリーンランド氷床における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く温暖化の影響を受けにくいためと考えられる。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。
- ③SMAPモデルとJMA-NHMの結合システムを気象研の新スーパーコンピューターシステムFX100上で動作させるために必要な移植・開発・高速化作業を実施した。また、モデル計算結果のモニターシステムを整備した。その後、雪氷の気候状態再現のためのスピニアップ計算を開始した。5年のスピニアップ計算後に、2012年にグリーンランド氷床で発生した記録的な融解イベントを対象として試みに行った気候計算の結果は、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、SMAPモデルとJMA-NHMの結合システムを日本周辺領域に適用するための準備を行い、2015-2016冬期を対象としたハインドキャスト実験環境を整備した。計算結果の解析はH28年度に行う。

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： 2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（研究調整官）

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。

研究担当者

竹内義明（研究調整官）、尾瀬智昭、前田修平、齊藤直彬、釜堀弘隆、小林ちあき、原田やよい（気候研究部）、青梨和正、石橋俊之、小田真祐子（台風研究部）、倉賀野連、山中吾郎、高槻靖、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、上口賢治（気象庁地球環境・海洋部）

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。

本年度の計画

- ①前年度に構築した結合同化システムの長期積分等による調整・性能の確認を行う。
- ②結合同化システムによる過去事例の再現実験を実施する。また、比較等のため、準結合同化システムについても同様の実験を行う。
- ③結合同化システムに適したアンサンブルメンバー作成手法の開発を行う。

本年度の成果

- ①結合同化システムの構築を引き続き行った。
 - ア）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。
 - イ）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。年度内にシステムの初期調整を完了する見込み。
- ②準結合同化システムの予備的な同化実験を行った。

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し、2000-2015年について、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。さらに、実験結果について解析を行い、前季節予報システムをベースとした準結合同化システムと同様に、熱帯の降水分布などについて高い再現性を持ち、また、Madden Julian振動についても適切に再現されていることを確認した。
- ③結合同化システムに適したアンサンブルメンバー作成手法の検討を行った。

アンサンブルメンバーとして、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。

c7 海洋モデルの高度化に関する研究

研究年次： 2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）、石川一郎、中野俊也、村上 潔、北村知之、平原幹俊（気象庁地球環境・海洋部）、石崎 廣（客員）

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。

本年度の計画

- ①極域や浅海域の再現性向上のためのスキーム改良を行う。
- ②港湾モデルの開発に着手する。
- ③海面境界条件を整備し、過去再現実験を実施する。
- ④海洋モデルの開発基盤の整備を行う。

本年度の成果

JRA55を調整した新しい海洋モデルの海面境界条件を過去57年分（1958-2014年）整備した。この海面境界条件を用いて全球低解像度モデル、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。また、次世代のモデル開発を見据えて港湾モデル開発に着手するとともに、気象研究所共用海洋モデル（MRI.COM）マニュアルの改訂に向けて海洋モデルの開発基盤の整備に取り組んだ。

①極域の再現性向上

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、ウェッジ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。

②港湾モデルの開発

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。これによって、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、海面水温等の海況の再現性も向上する。

③海面境界条件の整備と過去再現実験の実施

ア) JRA55を調整したデータセットの検証と調整手法の改良に取り組み、海洋モデルの海面境界条件（1958-2014年）として整備した。

イ) 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。

ウ) 全球低解像度モデル（GONDOLA_100）を用いて、CORE並びにJRA-55較正データを大

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を調査した。

エ) 全球高解像度モデル (GONDOLA_010) を用いて、CORE 並びに JRA-55 較正データ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。

オ) 熱帯域を高解像度 (東西 0.2° 、南北 0.1°) にした全球-熱帯ネストモデル (TP_NEST) を用いて、JRA-55 較正データを大気強制とした過去再現実験を実行した。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。

④海洋モデルの開発基盤の整備

ア) z^* 座標系等の新しい機能を追加した MRI.COM バージョン 4.0 を作成した。本バージョンをベースとして次期の海洋アジョイントモデルが作成される予定である。

イ) MRI.COM マニュアルを改訂するため、バージョン 4.0 の内容を記述する技術報告の骨子を決定し、執筆に着手した。

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： 2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（環境・応用気象研究部 第二研究室長）

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。

副課題1 都市キャノピーモデルの高度化

副課題1の研究担当者

清野直子、山本 哲、青柳曉典、志藤文武（環境・応用気象研究部）、山下和也（気象庁地球環境・海洋部）

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1の本年度の計画

- ①モザイク陸面モデルの開発と特性評価を引き続き実施する。
- ②また、シーロメータデータの特性に関する調査を進める。

副課題1の本年度の成果

- ①ア) 都市キャノピー内の地面及びビル屋上に適用可能な単層の融積雪過程を、地域気候モデルNHRCMの単層都市キャノピースキームに新たに導入した。都市気候研究で著名な英国レディング大学の都市気候研究グループによって開発されたオフラインスキームを基礎とするが、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）を要した。2006年～2007年の冬季を対象とした性能評価実験を行った結果、冬季札幌の地上気温の再現性は良いものの、積雪深の再現性は過小となることがわかった。
- イ) 暑熱環境評価指標のひとつであるWBGT（湿球黒球温度、熱中症指数とも呼ばれる）の診断スキームをNHRCMに導入した。文部科学省予算の研究計画「気候変動リスク情報創生プログラム」で利用されているので、暑熱環境の将来変化等の解析を来年度以降予定している。
- ②シーロメータデータの特性に関する調査については、データ同化への利用の観点からシーロメータデータの利用を検討しているA1課題と情報交換しながら検討した。気象庁が使用しているVaisala社のCT25kとCL31のうち、より新型であるCL31であれば雲以外にも混合層の判別などができるデータ品質を持っていると判断された。現在CL31は気象研では保有しておらず、気象庁としても都市域に設置されているものは無いが、将来状況が変化した場合は、A1課題の成果も活用しながら、都市キャノピーモデル検証への利用をあらためて検討することとする。

副課題2 地上観測値の空間代表性に関する研究

副課題2の研究担当者

清野直子、山本 哲、青柳暁典、志藤文武、藤枝 鋼（環境・応用気象研究部）、藤部文昭（客員）

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、観測運用及びモデル検証の向上に資する。

副課題2の本年度の計画

- ①大手町の露場内2地点と本庁ビル屋上で行っている気温・風速観測を継続する。気温に加えて露場風速のデータが蓄積されることにより、直近の構造物が気温観測値に与える影響を知る上で重要なデータが得られると期待できる。また、観測環境と気象観測値の特性を明らかにするため、観測部の技術開発課題により取得したデータの解析を進める。
- ②気象庁創立当時の観測環境等および世界各国における観測環境の現状と問題点についてまとめる。
- ③観測値との比較のために必要な領域モデル出力（2km 格子）の整備を進めるとともに、副課題1の改良を反映した、より高解像度での領域モデル計算も検討する。

副課題2の本年度の成果

- ①ア) 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観測を計画通り継続した。
 - イ) 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 2.5m）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。その結果、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。
 - ウ) 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天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 1～3m/s の場合に気温差が大きくなりやすく、同風速が強め（3m/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）となる傾向があるとわかった。気温差が日射以外、風の場による影響を受けていることを示唆するものである。
 - エ) 以上の解析結果を 第9回国際都市気候会議と 2015年日本気象学会秋季大会においてポスター発表した。また、大手町露場内の気温差と日射に関する解析を短報にまとめ日本気象学会「天気」に論文発表した。
 - オ) 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・東京管区気象台と協力して観測の継続と観測環境の整備を行った。
 - カ) 大手町の露場内2地点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。気温分布を日射の影響を受けずに精度良く測定する方法として、現段階では赤外線カメラ、マイクロ波放射計、超音波風速計、極細熱電対などが考えられ、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った。
- ②ア) 世界各国における地上気象観測環境の現状および気象庁創立当時の地上気象観測環境等について調べを進めた結果、温度計地上高が世界中で異なるのみならず、わが国においても時代による変遷があることが明らかになってきた。このことが気温観測値に与える影響を評価するため、観測部が技術開発課題により取得したデータを入手し、解析に着手した。

- イ) 気象庁創立当時の地上気象観測環境等について資料を集めて検討した。ごく初期は観測所を整備して観測を開始するという感覚には乏しく可能な場所で観測を開始した、という状況であったが、まもなく専用の観測所が、一定程度の基準をもって整備されるようになったことがわかった。これには英国と米国の2つの観測手法が導入され融合した結果と考えられる。観測環境に関する記述は少ないが、現段階の結果の取りまとめを進めた。
- ウ) 世界各国における地上気象観測環境の現状については調査対象を14か国まで拡大して一般性を高め、またWMO観測設置環境分類などの国際的動向を観測部のWMO/CIMOの専門家とも情報交換しながら取りまとめを進めている。さらに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、利用可能な設置環境指標を検討した。地形因子や土地利用分類などのほか、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が利用可能であることがわかった。
- ③昨年度までの改良を反映した都市気象モデル出力(2km格子NHM、中部日本域を対象とし、メソ解析にネスティング)の整備を進め、モデルの再現性の確認のため、モデル都市域の混合層構造について観測との比較を行った。東京とその近郊(東京都北区および浦和)におけるゾンデ観測結果との比較から、都市キャノピースキームの導入によって、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、都市キャノピースキーム導入後でも、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。今後、比較例を増やすとともに、モデルの高解像度化のインパクト調査や、モデル改良(都市域の粗度増大の反映など)について検討を進める。

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

研究年次：2年目／3年計画（平成26年度～平成28年度）

研究代表者：藤原健治（鹿児島地方気象台 地震津波火山防災情報調整官）

研究の目的

桜島噴火に伴い風の影響を受ける小さな噴石（火山レキ）による被害を軽減する。

研究担当者：藤原健治、高松政美、内田 東、河野太亮、竹下孝弘、古田仁康、小枝智幸、高橋冬樹、上之蘭正利（鹿児島地方気象台）、高橋幸祐（地磁気観測所）¹⁾、新堀敏基、福井敬一、高木朗充、佐藤英一、石井憲介（気象研究所）、菅井 明（気象庁火山課）²⁾、駒崎由紀夫、星野俊介（高層気象台）²⁾

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。

本年度の計画

- ①降下火山レキの調査（継続）
- ②傾斜計・伸縮計の観測データを用いた噴火の規模の推定
- ③降下火山レキ警戒範囲の検証
- ④桜島上空の風を観測し、GPV データとの比較検証（継続）
- ⑤昭和火口の形状調査（継続）
- ⑥大正噴火時の火山レキの調査（現地調査）

本年度の成果

- ① 2015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降下火山レキが観測された2015年6月18日口永良部島噴火について、新しい降灰予報で使用している移流拡散モデルを用いて降下火山レキの精度検証を行うとともに、初期値の噴煙柱モデルを改良するために、風の影響を考慮したプロトタイプを作成した。
- ③ 2015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ス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。
- ⑤昭和火口観測の継続中、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新たな観測点での平行観測の検討を行なった。選定にあたり、観測時間の制限が厳しいことから、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を行う事が可能であることを明らかにした。

¹⁾ 鹿児島地方気象台併任、²⁾ 気象研究所併任

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

研究年次：1年目／2年計画（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^{注)}を用いてその降水系の発生タイミング、発達の状況、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年度から観測開始となるひまわり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。

研究代表者：大塚道子（気象研究所）、林 広樹、牛島孝友、植村恵子、林 真由、山内 崇、久野勇二、山田裕里佳（東京管区気象台）、守田宏市、西井久人、仲居史志、儘田裕司、犬飼 俊、安藤直貴（水戸気象地方気象台）、森 洋、喜内 恒、大水俊宏、小倉 惇、安井拓也（宇都宮地方気象台）、植田卓水、水守博和、佐野辰正、山下 卓、井口 卓、山口 広、羽根川雅美（熊谷地方気象台）、佐藤一至、佐藤直人、上田哲也、近藤智子（横浜地方気象台）

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。

本年度の計画

【東京管区】

①高頻度衛星雲観測に関する基礎知識及び利用方法の習熟。

期間：6月から8月

象衛星センター技術報告や先行調査等、別途、管区防災調査課から提示する資料を中心に、高頻度衛星雲観測に関する基礎知識やその資料の調査への利用方法について確認する。

分担を定め担当者による打合せを行うなど、必ず担当者間での情報共有を行う。

②対象とする急速に発生発達し大雨をもたらす降水系の事例選定。

期間：7月から9月

不安定性降水、シアラインに伴う降水のうち、急速に発生発達し災害をもたらす程度の顕著事例を選定する。

また、過去2年間においても、同様な事例について選定を行うこととする。

③豪雨解析事例マニュアルを用いた環境場の解析。高頻度衛星雲観測資料を活用した解析。レーダー観測資料と高頻度衛星雲観測資料の比較調査。

ア) ②で選定した事例について、診断的予測グループの「豪雨事例解析マニュアル」や平成25度及び平成26年度予報技術研修テキストにそって環境場の事例解析を行う。

^{注)} 高頻度衛星雲観測資料は2.5分毎のデータとするが、過去2年間の事例については5分毎（MTSATのデータ）を用いる。

イ) 高頻度衛星雲観測資料とレーダー観測資料について、赤外放射輝度温度及び可視反射率とレーダー観測資料のエコー強度の時系列変化について調査検討を行う。特に、高頻度衛星雲観測資料の現業での活用の観点からファーストエコーとの関係について調査検討を行う。

【気象研究所】

上述①～③の助言・指導を行う。

本年度の成果

下表の事例について、潜在不安定の確認、対流雲の発生について主因（強制力）の解析、降水の継続性の要因の解析を行い、各々の事例について環境場の把握を行い、環境場を踏まえ、レーダー観測によるファーストエコー及び解析雨量と衛星雲観測資料の可視反射率及び赤外輝度温度の関係を時系列図により検討した。対流雲の発生・発達期において、可視反射率はファーストエコーの観測より 20 分から 60 分程度前から上昇傾向が捉えられている事例が多く、赤外輝度温度についてもファーストエコーの観測より 20 分から 40 分前に、下降量が多い事例がみられた。傾向としてはつかめたものの、定量的な検討には至らなかった。

官署	MISAT の事例	H8 の事例
東京	2013.08.11 2013.08.16 2014.06.25 2014.07.02	
水戸	2013.07.08 2013.08.11	2015.07.15
宇都宮	2013.08.11 2014.06.16	2015.07.21
熊谷	2013.07.08 2013.08.11 2014.06.25	2015.08.01
横浜	2013.07.23 2013.08.11	2015.07.24

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

研究年次：1年目／2年計画（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。

研究担当者：足立 透、吉田 智、猪上華子（気象研究所）、能瀬和彦、中嶋哲二、佐藤兼太郎、三宅里香、片岡 彩（大阪管区气象台）、神野正樹、岡 豊、和田正太郎、井上真之（神戸地方气象台）、藪内保昭、若狭剛史、近澤文則、穠山佳明、平山篤志、川村俊博、河野真也（京都地方气象台）、武部悦次、大前貴史、小山芳太（関西航空地方气象台）

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。

本年度の計画

- ①顕著現象出現にかかわるデータベース構築。
 - ア) メソサイクロン出現状況をはじめとする竜巻発生確度ナウキャスト出力の把握。
 - イ) 空港気象ドップラーレーダーによる低層ウインドシア出現状況の把握。
 - ウ) 現業レーダーによる孤立積乱雲の出現状況の把握。
 - エ) 上記において、以下を取りまとめる。
 - a) 発生日時、時間帯
 - b) 発生場所、種類
 - c) 顕著現象とレーダーとの観測距離
 - ・フェーズドアレイレーダー
 - ・近傍の現業気象レーダーおよび空港気象ドップラーレーダー
 - オ) 天気図、地上気象データ、空港気象ドップラーレーダー、現業気象レーダー、ACARSデータの収集（顕著現象出現日について）。
 - カ) フェーズドアレイレーダーデータの収集（顕著現象出現日について）。
 - キ) 以上をデータベース化する。
- ②顕著現象発生メカニズムの解析。

得られたデータについて以下のような解析を行い、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。

 - ア) 気象庁データによる総観場および降水システムの概要の把握
 - イ) ACARS データ等による発生時前後の大気鉛直プロファイルの解析

本年度の成果

① 顕著現象出現にかかわるデータベース構築

顕著現象の把握のため、以下2点でデータベースを構築した。

ア) 解析候補事例の Excel リスト：日時、場所、種類、特徴、概況、フェーズドアレイレーダー・データの有無および品質。

イ) データ：研究計画に記載の各項目について収集し、画像データおよび数値データを、own cloud および HDD にそれぞれ収録した。

② 顕著現象発生メカニズムの解析 上述のデータベースを用いて注目すべき事例を抽出した上で、データ解析を行った。各地方官署におけるメソ・総観場解析と気象研究所による局所・高速解析を連携させながら推進することにより、現象の発生過程の概要把握に至り、次年度の詳細解析につながる知見を得た。

LETKF を利用した広島の大雨の調査

研究年次：1年目／2年計画（平成27年度～平成28年度）

研究代表者：大谷修一（広島地方気象台 予報官）

研究の目的

- 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。
- 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。

研究代表者：瀬古 弘、横田 祥（気象研究所）、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、依岡幸広（広島地方気象台）

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。

本年度の計画

【広島地方気象台】

- ①平成26年8月19～20日の大雨事例の LETKF を用いたデータ同化アンサンブル予報実験を行う。
- ②実験結果から、実況上、予想図上での着目点の抽出を行う。
- ③平成27年度全国予報技術検討会（最終年度）の研究成果に反映させる。

【気象研究所】

データ同化アンサンブル予報実験のデータ提供と、平成26年8月19～20日の大雨事例の解析やアンサンブル予報の用いた豪雨の解析、着目点の抽出についての助言を行う。

本年度の成果

- ①平成26年8月19日～20日の線状降水帯について、決定論的な予報の結果を用いて解析を行い、大雨の発生機構を調査した。その結果、水蒸気を線状降水帯に供給する豊後水道からの下層の気流の他に、九州を乗り越えてきた相対的に乾燥した気流が、線状降水帯の発生位置や降水強度などに影響を与えている可能性を見出した。
- ②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データ同化とアンサンブル実験を行った。

2. 3. 研究中間報告

本節には、気象研究所が実施し、平成 27 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

- | | |
|--|-----|
| ・ A2 顕著現象監視予測技術の高度化に関する研究…………… | 76 |
| ・ A4 沿岸海況予測技術の高度化に関する研究…………… | 94 |
| ・ 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…………… | 107 |
| ・ 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…………… | 115 |

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：2年目／5年計画（平成26年度～平成30年度）

研究代表者：角村 悟（気象衛星・観測システム研究部 部長）

課題構成及び研究担当者：

副課題1 診断的予測技術に関する研究

加藤輝之、益子 渉、津口裕茂、荒木健太郎、清野直子¹⁾、村崎万代¹⁾（予報研究部）、廣川康隆（仙台管区气象台）

副課題2 監視・予測技術改善のための研究・開発

楠 研一、小司禎教、足立アホロ、南雲信宏²⁾、山内 洋³⁾、足立 透、猪上華子¹⁾、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）

副課題3 次世代観測システム構築に向けた研究

小司禎教、石元裕史、永井智広、楠 研一、岡本幸三、足立アホロ、山内 洋¹⁾、酒井 哲、増田一彦¹⁾、太田芳文²⁾、南雲信宏²⁾、足立 透、猪上華子¹⁾、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）、上清直隆（台風研究部）、佐藤英一（火山研究部）、工藤 淳（気象庁予報部）、小林広征¹⁾、小寺裕之¹⁾（気象庁観測部）、奥山 新²⁾（気象衛星センター）、星野俊介¹⁾（高層气象台）、真野裕三、石原正仁、小林隆久、高谷美正、田畑 明、内野 修²⁾、新井健一郎、加藤亮平¹⁾、西橋政秀¹⁾、石津尚喜²⁾、野津雅人²⁾、藤原忠誠（客員）

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なう観測システム構築に資する技術を開発する。

研究の目標

（課題全体の目標）

現業観測や数値予報資料に基づく統計的研究および新しい観測測器による研究観測を総合的に活用し、顕著現象について、数時間程度の短時間の監視・予測技術の開発・向上を目指すとともに、降水の高分解能観測・水蒸気観測の開発およびひまわり 8、9号による観測の利用等を元に、顕著現象の短時間の監視・予測に有効な観測システム構築に資する研究・開発を行う。

（副課題ごとの目標）

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。

*H26-H27年度：¹⁾ 平成26年度のみ、²⁾ 平成27年度より

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・ドップラーライダー・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。

研究の現状

(1) 進捗状況

副課題1

副課題1の「診断的予測技術に関する研究」においては、地方官署での技術指導を活かして研究内容の問題点把握が行われ、大雨をもたらす線状降水帯の発生・終焉要因の調査を行い、その研究成果は気象庁の予報現業でも既に利活用されている。過去の豪雨だけでなく関東甲信越地方の複数の大雪事例に対しても気象庁非静力学モデルを用いた再現実験を開始し、統計的な調査を進めている。

副課題2

(副課題2①) :

気象研究所および大阪大学のフェーズドアレイレーダーを用いた突風・局地的大雨等の解析を行ない、ダウンバースト・メソサイクロン・局地的大雨に関する詳細なメカニズム解明を進めている。さらに竜巻渦の自動的な3次元探知・追跡アルゴリズムを開発し、初期動作試験を行っている。XRAINおよび空港気象ドップラーレーダーのデータを用い、竜巻探知・追跡アルゴリズムの実証実験を進めている。

(副課題2②) :

雷ネットワークから得られた3次元雷放電標定結果とフェーズドアレイレーダー等で観測された積乱雲の情報を組み合わせ、竜巻発生と雷放電との関連性や積乱雲内部の上昇気流と雷活動および電荷構造の解析を進めている。

(副課題2③、④) :

衛星センターで開発している積乱雲急発達プロダクトの開発、羽田・成田空港に設置されたドップラーライダーの観測状況等に係る情報収集を行った。

(副課題2⑤) :

降水コアの落下を仮定した大雨の予測、竜巻飛散物や降水粒子判別の事例解析、飛散物による竜巻監視や、あられ、雹の検出を用いた雷の予測、下層水蒸気の分布と対流性降水との関連調査を行った。

気象研究所のCバンド二重偏波ドップラーレーダーは、2015年3月に大幅なシステム改修を行い、2015年度に更新される関西空港、羽田空港のドップラーレーダーに搭載される機能を一部組み込んだ。初期不良や落雷停電による観測中断が何度か発生したが、頻度は収束しつつあり、顕著現象について、観測と解析が順調に進んでいる。

(副課題2⑥) :

視線遅延量を利用した積乱雲の発達を監視・予測する技術の開発を行う。また、豪雨をもたらす海上からの水蒸気流入の推定技術について調査する。

視線遅延量を用いたGNSS観測点周囲の局地的な水蒸気変動を解析する手法の検証を、国土地理院の協力により、GNSS可降水量のリアルタイム解析システムを研究所内に構築し、常時水蒸気解析が実施できる状態を維持している。2012年5月6日のつくば竜巻を初め、2015年6月25日群馬県、同年8月2日栃木県で発生した突風事例での水蒸気の局所的な非一様性の解析を行った。また、2015年9月の関東・東北豪雨の事例での水蒸気3次元構造を解析するなど、順調に進捗している。

副課題3

(副課題3①) :

フェーズドアレイレーダーを整備し、平成27年7月に気象研究所構内に開局し、試験観測に成功した。フェーズドアレイレーダー観測で得られる各種データ補正・3次元解析・表示コンテンツ制

作など観測基盤ツールの整備を進めている。

機能強化された可搬型ドップラーレーダーについて、「高速スキャン（従来の5倍以上）」・「距離分解能の向上（75mから30m）」・「IQ信号データの取得」・「可搬性の一層の向上」を行った。

（副課題3②）：

雷放電路3次元可視化機動ネットワークシステムを製作し、冬季日本海側および夏季関東に各々11か所のサイトを開設し、雷放電の精密な3次元標定およびフェーズドアレイレーダーや可搬型ドップラーレーダーとの同時観測が可能となった。

（副課題3③）：

現在気象庁が運用している従来型レーダーから降水強度を推定する際に大きな誤差の要因の一つとなっていた降雨による電波減衰を、二重偏波レーダーのデータを用いて補正する手法のプロトタイプを開発した。竜巻検出にむけて、メソサイクロンを二重偏波レーダーで近距離観測し、高解像度のフックエコー近傍の偏波情報を取得した。また、地形クラッタの位相情報を用いた下層水蒸気分布の推定のために必要な位相情報を、IQデータから抽出し、これをリアルタイムに保存するためのアルゴリズムを開発して、運用を開始した。

（副課題3④）：

機動観測に使用するための小型の水蒸気ラマンライダーについて、装置の製作をほぼ終了し、試験観測の後、機動観測が可能な状態にある。ほぼ予定通り進捗している。

数値予報モデルの精度を向上するための観測データの比較検証についても、ほぼ予定通り進捗している。

（副課題3⑤）：

リアルタイム解析、3次元水蒸気構造解析、及び積雪深解析のプロトタイプを構築し、それぞれ実事例での解析に利用した。また、船舶上でのリアルタイム水蒸気解析試験を実施した。

（副課題3⑥）：

ひまわり8,9号用の雲解析アルゴリズムOCAを気象研に移植し、気象研で開発した氷晶散乱データベースを用いた氷雲解析を開始した。またエアロゾル・氷晶粒子モデルの散乱データベース拡充のため散乱特性計算を継続して実施している。赤外サウンダデータによる火山灰物質情報の推定については基本となる解析手法がまとまり複数の火山について火山灰複素屈折率の初期推定結果が得られた。

（副課題3⑦）：

ひまわり8号の雲域輝度温度やGPM-Core衛星搭載DPR降水レーダー観測に対して、モデルの再現性を調査する。その結果を使って、データ同化の品質管理処理を開発している。DPRについては、アンサンブル変分法同化システムにこの品質管理処理やレーダーシミュレーターを組み込み、同化システムを構築した。

（副課題3⑧）：

観測システムシミュレーション実験のアルゴリズム検討のための会議を数回行った。検討会議の結果に基づき、今年度中にワークステーションレベルでは観測システムシミュレーション実験を行うためのソフトウェアの準備が整う予定である。

（2）これまで得られた成果の概要

副課題1

2014年度にのべ15の気象庁の地方官署、2015年度にのべ22地方官署に出向いて、メソ対流系擾乱についての最新の知見を用いた技術指導を行うとともに、調査・研究内容を指導することで地方固有の現象の把握や新規研究に繋がる課題の発掘を行った。これにより、研究内容の問題点把握や精度向上に繋がった。

線状降水帯による大雨だと考えられる1982年長崎豪雨を含む過去の大雨事例（24事例）の発生環境場について調査し、上空の相対湿度および鉛直シアを表現する指数としてのストームに相対的なヘリシティ（SREH）の有効性が確認できた。この2条件に加えて、500m高度から自由対流高度までの距離、500m高度の水蒸気フラックス量、総観スケールでみて上昇流場であることと平衡高度を条件として、線状降水帯が発生しやすい大気条件を抽出した。

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を用いて統計解析を行った。統計解析の結果、集中豪雨が発生する場合とそうでない場合では、大気下層の水

蒸気フラックス量、大気の安定度、中層の上昇流、中層の湿度に統計的に有意な差があることがわかった。また、複数の要素を組み合わせると、集中豪雨が発生する場合としない場合とに、より明瞭な差があることが明らかになった。

降水システム形成に寄与する渦位場の特徴についてメソ解析を用いて統計的に調べた。低気圧（温暖前線を含む）や寒冷前線の場合は正の渦位が支配的であり、これにより西方向や南方向から接近するトラフ、上層寒冷渦との相互作用により降水システムが発達しやすいことがわかった。

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、地上観測、ウィンドプロファイラ観測等により、夏季に中部山地で発達する対流雲の環境場の鉛直構造と日変化特性を統計的に調査した。その結果、対流活動が活発な日と不活発な日では日中の不安定化はほぼ同様な変動幅を持っており、対流雲の力学的発生要因である局地循環の鉛直構造や日変化には有意な差は見られなかった。しかし、活発日は不活発日に比べて一日を通して上層低温・下層高温・下層高湿の特徴を持つ不安定な環境場となっていることがわかった。

東京での大雪事例に対して、関東北部平野部の高度500mの気温と房総半島南部付近の850hPaの上昇流に着目して、大雪の発生しやすい2つのパターンを抽出することができた。1つは気温が0℃以下で、上昇流が強い場合で、雪水比が小さいが、降水量が多いために降雪量が多くなるパターン、もう1つは、上昇流が弱く、気温が-4℃よりも低温な場合で、降水量は多くないにも関わらず、雪水比が大きくて、降雪量が多くなるパターンであった。

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メソスケール環境場を統計的に調査した。その結果、降雪事例では関東平野におけるCold-Air Dammingや沿岸前線が降雪雲の形成に寄与していたが、それらは顕著な大雪事例ほど強いという特徴を持っていた。これは、大陸からの寒気吹き出しに伴い、関東甲信地方周辺の気圧下層の寒気が強いことが原因であることがわかった。また、総降雪量の多くない降雪事例では、降雪開始時に気圧下層の相対湿度が高いという特徴があることがわかった。

副課題2

（副課題2①）：

フェーズドアレイレーダーによる突風・局地的大雨等の観測研究として、2012年から運用されデータが蓄積されている大阪大学のフェーズドアレイレーダーを用いた解析を行った。気象庁の竜巻発生ナウキャストにおいてメソサイクロンとして検知された事例を解析したところ、一般的に注目される不安定大気だけでなく、中立大気においても水平風シアが顕著な渦・Vault構造を作り出すという新しい事実が明らかになった。さらに大阪空港の空港気象ドップラーレーダーにおいてマイクロバーストとして検知された事例を解析したところ、ダウンバーストの発生に至る一連の過程について、上空の収束・ノッチ構造・下層の発散・降水コアの落下といった立体構造の詳細な時間変化を明らかにすることができた。またこの過程で、空港気象ドップラーレーダー等を組み合わせた解析処理に成功し、気流構造の精細な描画が可能となった。さらに気象研究所のフェーズドアレイレーダーにより、2015年7月24日に急激な強雨をもたらした雷雲を観測し、落下する降水コアおよびそれにより地上にもたらされた局地的大雨について解析を行うとともに、2015年8月12日につくば市を通過したスーパーセルを観測し、長時間持続するメソサイクロンの3次元動態を明らかにした。

フェーズドアレイレーダーの将来的な竜巻3次元自動探知アルゴリズムを提案した。さらに、機能強化した可搬型ドップラーレーダーによる竜巻渦データを用いて初期動作実験を行なった。その結果、2事例（2014年12月3日および2016年1月19日）の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。

国土交通省が整備したレーダーネットワークXRAIN4サイトのデータを用い、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い、6事例について突風被害が発生する3-18分前に竜巻渦の探知追跡に成功した。さらに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。

（副課題2②）：

雷放電に伴うLF帯電磁波の解析により、ステップトリーダーからの弱い放射の存在や、積乱雲の発達フェーズにおける高高度のNarrow Bipolar Event（NBE）の特性が明らかになった。2013年9

月2日に埼玉県越谷市周辺で被害をもたらした竜巻（F2で、中層のメソサイクロンがもたらす強い上昇流に起因した、短時間で発雷数が急激に増加する「lightning jump」が竜巻発生0-14分前に解析された。

2015年7月30日にフェーズドアレイレーダーで観測された急速に発達する積乱雲および、雷ネットワークで観測された雷放電3次元分布とを重ね合わせ、積乱雲内部の上昇気流と雷活動および電荷構造の解析を行った。

（副課題2⑤）：

降水コアの落下を仮定した大雨の予測、竜巻飛散物や降水粒子判別の事例解析、飛散物による竜巻監視や、あられ、雹の検出を用いた雷の予測、下層水蒸気の分布と対流性降水との関連調査を行った。

つくば竜巻（2012年5月6日）について二重偏波ドップラー解析を行い、竜巻の前兆として利用可能な渦パターンTC（Tornado Cyclone）、および竜巻の発生検知に利用可能な竜巻飛散物TDS（Tornadic Debris Signature）の解析を行い、(1)TCは竜巻の発生10分前から親雲の中下層にわたって出現し、その直径が竜巻発生前まで増大、その後縮小したこと、(2)TCの回転軸は鉛直方向から45°程度傾くが、親渦であるメソサイクロンの傾きと同程度であること、(3)TDSは竜巻発生後に地上付近から次第に上昇し、高度4kmまで達した等の知見を得た。

2014年6月24日、東京の降雹事例について二重偏波ドップラーレーダー解析を行い、(1)この雷雨が寿命の長いマルチセル型雷雨であると同時に、孤立積乱雲と同様の非常に移動速度が遅い特徴を有していたこと、(2)二重偏波によって、極めて強い上昇流とその周囲に生成された雹を、降雹の20分前のデータから検出できることがわかった。

2015年8月12日、つくば市で発達したメソサイクロンのフックエコー近傍を二重偏波レーダーで観測を行った。フックエコーのインフローの高度は親雲のインフロー高度に比べて高く、フックエコーの粒径はBWER（Bounded weak echo region）に沿って大粒の扁平した雨滴が集中していたことがわかった。

（副課題2⑥）：

視線遅延量を用いたGNSS観測点周囲の局地的な水蒸気変動を解析する手法の検証を、水 平格子間隔250mの高解像度NHMを用い、2012年5月6日に発生したつくば竜巻の事例について行った。その結果、(1)新たな手法により、観測点周囲4km以内の範囲で可降水量をRMS1mm未満で解析できること、(2)可降水量の局地的な空間勾配が鉛直流の変動を反映していることが確認できた。

リアルタイム解析手法をシステム化し、2015年6月25日群馬県、同年8月2日栃木県で発生した突風事例での水蒸気の局所的な非一様性の解析を行った結果、2012年5月6日のつくば竜巻と似た、特徴を確認できた。

国土地理院GNSS観測網を用いた水蒸気三次元構造の解析システムを構築し、2015年9月の関東・東北豪雨の事例に適用した。南北に連なる積乱雲をはさんで東側で水蒸気が厚く、西側で薄い構造が確認された。停滞した南北に連なる積乱雲の水蒸気が、主に東方向から供給されていたことが示唆される。

副課題3

（副課題3①）：

急発達する積乱雲および突風・局地的大雨等を最速10秒、100m以下の分解能で半径20-60kmの範囲を立体的に観測できるフェーズドアレイレーダーを整備し、平成27年7月に気象研究所構内に開局し、試験観測に成功した。

可搬型ドップラーレーダーについて、「高速スキャン（従来の5倍以上）」・「距離分解能の向上（75mから30m）」・「レーダーのオリジナル測定値であるIQ信号データの取得」・「可搬性の一層の向上」の機能強化を行った。特に距離分解能の向上の結果、気象研究所構内に整備されたフェーズドアレイレーダーに比べて分解能が3倍以上になるとともに、フェーズドアレイレーダーでは取得できないIQ信号データが取得できるようになった。2014年の冬季に発生した2事例の竜巻渦について、6仰角のセクタースキャンにより40秒間隔で渦の断面の鉛直構造をとらえることができた。

（副課題3②）：

これまでの観測結果および大阪大学との共同研究「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（H26-30年度）」での情報交換に基づいて、雷放電路3次元可視化機動ネットワークシステムを製作し、性能試験を夏季雷にて行った。さらに冬季日本海側に雷サイトを11箇所整備したことにより、雷放電の精密な3次元標定が可能となり、雷監視システムの雷探知の検証の基礎資料となる冬季雷のデータが取得された。

（副課題3③）：

二重偏波レーダーから得られる偏波パラメータを用いて降雨による電波の減衰を補正すると共に、粒径分布を抽出し、これから降水強度を推定する手法のプロトタイプを作成した。これによって推定された反射因子や降水強度など雨のパラメータを地上に設置した観測装置（ディストロメータなど）との比較によって検証したところ、比較的高い精度で推定できていることが分かった。具体的には2011年台風15号の事例では従来の方式では降雨減衰のため降水強度が74%過小評価だったのに対して今回の方式では6%の過小評価であった。これらの研究成果を纏めて国際誌に投稿した論文が受理・掲載された。

下層の水蒸気分布について、これまではIQデータと呼ばれるレーダーの生の観測データを処理する必要があったが、大容量なため短期間（2-3日分）しか保存することができなかった。そのためIQデータに対してパルス圧縮のデコードを行い、位相情報だけリアルタイムで取り出すアプリケーションを開発し、これをインストールすることにより位相情報が恒久的に保存できるようになった。

（副課題3④）：

小型軽量で可搬性に優れた機動観測用水蒸気ラマンライダーについて、既存の装置・部品を用いたプロトタイプ機を作成しその結果を踏まえて設計・開発を行った。

平成26年度には、プロトタイプ機を用いた試験観測を行い、観測精度の評価を行った。観測データをラジオゾンデデータや気象庁メソ客観解析データと比較した結果、水蒸気混合比の鉛直分布を、高度分解能75~150m、時間分解能30~60分で、地上高度0.2km付近から夜間は高度7km、昼間は高度1kmまでの範囲で良好に一致することを確認した。平成27年10月には、機動観測に使用するために新たに開発した小型軽量の水蒸気ラマンライダーを仮組立し試験観測を行った。装置は精密な調整を行わない状態であったが、観測データをラジオゾンデデータと比較した結果、高度0.3~3 kmの範囲で、良好に一致していることを確認した。また、夜間の連続観測により、時間分解能9分、高度分解能75mで、大気境界層内（雲底高度1.5km以下）の水蒸気変動を捉えられることを確認した。

（副課題3⑤）：

地理院の協力により、気象研究所内に、可降水量及び視線遅延量のリアルタイム解析システムを構築した。課題は残るが、可降水量の解析精度はRMSで2mm程度と、有効性が確認できた。船舶搭載のGNSS機器による水蒸気解析は、気象庁海の凌風丸、啓風丸に加え、東京海洋大学の新青丸船上でのリアルタイム解析試験、商用フェリーを用いた定期航路上の観測・解析実験を行った。ゾンデとの比較ではRMS4mm程度で一致することが確認できた。3次元水蒸気構造解析のプロトタイプを開発し、地上から高度10kmまで比湿の平均誤差1mm未満、RMSで3mm未満で一致できることがわかった。2015年9月の関東・東北豪雨に適用し、南北に連なり停滞した積乱雲群を維持する水蒸気が、主に東側から供給されていたことがわかった。

（副課題3⑥）：

2種類の氷晶形状モデルを組み込んだひまわり8号用1DVAR雲解析アルゴリズム（OCA）を気象研に移植し、全球客観解析を入力とした雲解析を行う環境を整備した。ひまわり8号の運用開始にともない実データを用いた雲解析を開始し氷雲の雲頂高度・光学的厚さ・粒径の推定が問題なく実施できることを確認した。またひまわりと衛星ライダーの同時観測結果などを用いて氷雲のタイプと氷粒子形状との関係を調べる研究を開始し、ライダー散乱光からひまわり解析に適した粒子モデルを推定することが可能であることがわかった。

電子顕微鏡画像などをもとにして開発した鉱物エアロゾルモデルについて予定の散乱特性計算が終了し、放射モデルへ導入のためのデータベースを作成した。

赤外サウンダデータを用いた火山灰推定に関しては、研究結果をまとめて投稿した論文が受理・掲載された。

（副課題3⑦）：

ひまわり8号赤外輝度温度に関して、JMA-NHMと高速放射伝達モデルRTTOVを用いて、観測データとの比較を行った。いくつかの事例で、モデルは概ね観測を表現するものの、低温の雲（背の高い厚い雲）の再現性は悪く（モデルが正バイアス）、観測、モデル間の差のバラつきも大きい。これ

らの特性と雲の効果との関係を調査し、同化の前処理（品質管理閾値の動的な設定）の開発を検討した。衛星搭載レーダーについても、GMP-Core衛星2周波レーダーDPRの反射因子観測に関して、JMA-NHMと衛星シミュレータJoint-Simulatorを用いた比較調査を行い、モデルによる氷粒子による散乱が強すぎるのが分かった。この比較調査結果を元にして、データ同化前処理の品質管理処理を開発した。2014年台風11号（Halong）に対してデータ同化実験を行い、解析場や台風進路予報が改善することが確認された。

（3）当初計画からの変更点（研究手法の変更点等）

副課題1

大雨が発生しやすい大気状態の調査において、線状降水帯が引き起こす大雨に特化した条件抽出を行った。また2014年2月の関東甲信越地方での大雪に対応して、該当地域で大雪が発生しやすい大気条件についても調査を始めた。

副課題2

特になし。

副課題3

（副課題3⑥）：

アジョイント放射伝達解法について文献調査を行い、アジョイント放射モデルの実用化に向けた検討作業に着手した。

（4）成果の他の研究への波及状況

副課題1

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」の副課題2「顕著現象の実態把握・機構解明に関する事例解析的研究」と連携して行っており、研究成果は直接事例解析的研究に活かされている。また気象庁地方官署では本研究成果をベースに調査・研究が進められている。

副課題2

（副課題2①・④および副課題3①・③）：

フェーズドアレイレーダーおよび雷放電路3次元可視化機動ネットワークシステムについては、以下の研究計画（平成27年度）の応募・採択につながり、将来的なMPフェーズドアレイレーダーのフェージビリティ研究を実施している。

新学術領域「領域名：超高速レーダーと高解像度数値モデルが切り拓く積乱雲の3次元ダイナミクス」における計画研究：「超高速レーダーによる積乱雲およびそれに伴う顕著気象の観測（楠研一）」

副課題3

（副課題3③）：

新DRAWで計画する新機能を先行して研究所レーダーに実装し、機能検証を兼ねた観測を実施。実装上の留意点、観測精度、パラメータ等を本庁と共有した。

降水強度の高精度推定手法等の二重偏波情報の利用技術やこれを用いた品質管理、操作性・校正手法の知見を気象庁に提供した。

新DRAWの機能検証に必要な二重偏波の試験データを気象庁に提供した。この課題で開発した二重偏波レーダーの観測データから降水強度及び粒径分布を抽出する手法を元に、二重偏波レーダーのデータを数値モデルに同化するのに最適な手法について、予報研究部（川畑主任研究官）と共同研究を行い、その結果を国際誌に投稿し現在改稿中である。

雷放電路3次元可視化機動ネットワークシステムの製作は、JAXAとの共同研究の一環で、冬季雷による航空機被雷の調査につながり、日本海沿岸にネットワークを構築し、冬季雷の初期観測に成功した。

（副課題3④）：

水蒸気ライダーの受信部に用いている狭帯域フィルターのチューニング方法が、GOSAT2検証ライ

ダーで採用された。

(副課題3⑤) :

気象研究所でのGNSSリアルタイム解析などで得られた知見を気象庁観測部に共有した。ひまわり8号の検証プロジェクトや、2015年9月の関東・東北豪雨の同化実験にGNSS可降水量データを提供した。

(副課題3⑥) :

氷晶散乱データベースについては、東海大学(中島 孝研究室)との協力でGCOM-C1/SGLIセンサ用の散乱データベースを用いた氷雲解析についての論文を投稿中である。赤外サウンダによる水蒸気場推定については、九大応用力学研究所(岡本 創研究室)が主導となりCloudSat/CALIPSO解析結果を含めた複合的雲解析研究を継続して行っている。

(副課題3⑦) :

雲域での衛星データ同化や衛星搭載降水レーダーの同化は、気象庁予報部・観測部と気象研究所懇談会における予報部からも要望されている。ひまわり8号に対するモデル比較・統計調査結果は、[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、利用される。

今後の研究の進め方

副課題1

- ①引き続き、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引き続き、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過去の集中豪雨や大雨事例について、気象庁非静力学モデルによるJRA-55からの力学的ダウンスケール実験を行い、詳細な発生・終焉要因についての統計的な解析を行う。その結果をデータベース化し、気象庁の予報担当者が利用できるWebシステムを構築する。
- ④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2

今後、計画に沿って、以下のことを行う。

- 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いた、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。

副課題3

(副課題3①、②) :

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。

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。

(副課題3③) :

国交省のX-RAIN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。

(副課題3④) :

試験観測を継続して行い、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。

(副課題3⑤) :

引き続き、当初研究計画に則し、研究開発を継続する。

(副課題3⑥) :

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。

(副課題3⑦) :

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。

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、147ページを参照。

成果発表一覧

(1) 査読付き原著論文：24件

1. Yoshida, S., T. Wu, T. Ushio and Y. Takayanagi, 2016: Lightning Observation in 3D Using a Multiple LF Sensor Network and Comparison with Radar Reflectivity. *Electrical Engineering in Japan*, **194** (3), 188-196.
2. Ishimoto, H., K. Masuda, K. Fukui, T. Shimbori, T. Inazawa, H. Tuchiya, K. Ishii and T. Sakurai, 2016: Estimation of the refractive index of volcanic ash from satellite infrared sounder data. *Remote sensing of environment*, **174**, 165-180.
3. 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.
4. Emde, C., V. Barlakas, C. Cornet, F. Evans, S. Korokin, Y. Ota, L. C. Labonnote, A. Lyapustin, A. Macke, B. Mayer and M. Wendisch, 2015: IPRT polarized radiative transfer model intercomparison project - Phase A. *Journal of Quantitative Spectroscopy & Radiative Transfer*, **164**, 8-36.
5. Wu, T., S. Yoshida, Y. Akiyama, M. Stock, T. Ushio and Z. Kawasaki, 2015: Preliminary breakdown of intracloud lightning: Initiation altitude, propagation speed, pulse train characteristics, and step length estimation. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, **120** (18), 9071-9086.
6. Kato, R., K. Kusunoki, H. Y. Inoue, K. Arai, M. Nishihashi, C. Fujiwara, K. Shimose, W.

- Mashiko, E. Sato, S. Saito, S. Hayashi, S. Yoshida and H. Suzuki, 2015: Modification of Misovortices during Landfall in the Japan Sea Coastal Region. *Atmos. Res.*, **158-159**, 13-23.
7. Kato, R., K. Kusunoki, E. Sato, W. Mashiko, H. Y. Inoue, C. Fujiwara, K. Arai, M. Nishihashi, S. Saito, S. Hayashi, H. Suzuki, 2015: Analysis of the horizontal two-dimensional near-surface structure of a winter tornadic vortex using high-resolution in situ wind and pressure measurements. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, **120**, 5879-5894.
 8. Sato, M., T. Ushio, T. Morimoto, M. Kikuchi, H. Kikuchi, T. Adachi, M. Suzuki, A. Yamazaki, Y. Takahashi, U. Inan, I. Linscott, R. Ishida, Y. Sakamoto, K. Yoshida, Y. Hobara, T. Sano, T. Abe, M. Nakamura, H. Oda, and Z.-I. Kawasaki, 2015: Overview and early results of the Global Lightning and Sprite Measurements mission. *Journal of Geophysical Research*, **120**, 3822- 3851.
 9. Nishihashi, M., K. Arai, C. Fujiwara, W. Mashiko, S. Yoshida, S. Hayashi and K. Kusunoki, 2015: Characteristics of Lightning Jumps Associated with a Tornadic Supercell on 2 September 2013. *SOLA*, **11**, 18-22.
 10. Shoji Y., W. Mashiko, H. Yamauchi and E. Sato, 2015: Estimation of Local-scale Precipitable Water Vapor Distribution Around Each GNSS Station Using Slant Path Delay: Evaluation of a Severe Tornado Case Using High-Resolution NHM. *SOLA*, **11**, 31-35.
 11. Ushio, T., T. Wu, S. Yoshida, 2015: Review of recent progress in lightning and thunderstorm detection techniques in Asia. *Atmospheric Research*, **154**, 89-102.
 12. Yoshida, S., T. Wu, T. Ushio, K. Kusunoki, Y. Nakamura, 2014: Initial results of LF sensor network for lightning observation and characteristics of lightning emission in LF band. *Journal of Geophysical Research Atmosphere*, **119**, 12034-12051.
 13. Okamoto, K., T. McNally and W. Bell, 2014: Progress towards the assimilation of all-sky infrared radiances: an evaluation of cloud effects. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, **140**, 1603-1614.
 14. 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.
 15. Kanada, S., H. Tsuguti, T. Kato and F. Fujibe, 2014: Diurnal variation of precipitation around western Japan during the warm season. *SOLA*, **10**, 72-77.
 16. 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.
 17. Adachi, A., T. Kobayashi and H. Yamauchi, 2015: Estimation of Raindrop Size Distribution and Rainfall Rate from Polarimetric Radar Measurements at Attenuating Frequency Based on the Self-Consistency Principle. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, **93**, 359-388.
 18. 津口裕茂, 加藤輝之, 2014: 集中豪雨事例の客観的な抽出とその特性・特徴に関する統計解析. *天気 (論文・短報)*, **61**, 455-469.
 19. Wu, T., S. Yoshida, T. Ushio, Z. Kawasaki and D. Wang, 2014: Lightning-initiator type of narrow bipolar events and their subsequent pulse trains, *J. Geophys. Res. Atmos.*, **119**, 7425-7438.
 20. 平野裕基, 円尾晃一, 嶋村重治, 吉田智, 牛尾知雄, 水谷文彦, 佐藤晋介, 2014: 気象用フェーズドアレイレーダの精度検証, *電気学会論文誌 A*, **134 (4)**, 204-210.
 20. 円尾晃一, 嶋村重治, 吉川栄一, 吉田智, 牛尾知雄, 水谷文彦, 佐藤晋介, 2014: 気象用フェーズドアレイレーダにおける最小二乗平均誤差法を用いたクラッタエコー低減の観測的検

討, *電気学会論文誌 A*, **134 (4)**, 197-203.

22. 嶋村, 吉川, 吉田, 牛尾, 又吉, 2014: Ku 帯広帯域レーダによる山形県庄内空港における低層擾乱アドバイザリシステムの検討, *電気学会論文誌 A*, **134 (4)**, 182-187.
23. Yoshida, S., T. Wu, T. Ushio and Y. Takayanagi, 2016: Lightning Observation in 3D Using a Multiple LF Sensor Network and Comparison with Radar Reflectivity, *Electrical Engineering in Japan*, **194 (3)**, 188-196.
24. Wu, T., S. Yoshida, Y. Akiyama, M. Stock, T. Ushio and Z. Kawasaki, 2015: Preliminary breakdown of intracloud lightning: Initiation altitude, propagation speed, pulse train characteristics, and step length estimation, *J. Geophys. Res. Atmos.*, **120 (18)**, 9071-9086.

(2) (1) 以外の著作物 (翻訳、著書、解説等) : 15 件

1. 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.
2. 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.
3. 小司禎教, 佐藤一敏, 2015: RTKLIB と MADOCA を用いたリアルタイム水蒸気解析実験. *日本航海学会誌 NAVIGATION*, **194**, 6-12.
4. 沖理子, 早坂忠裕, 佐藤薫, 佐藤正樹, 高橋暢宏, 本多嘉明, 奈佐原顕郎, 中島孝, 沖大幹, 横田達也, 高薮縁, 村上浩, 岡本創, 岡本幸三, 2015: 日本地球惑星科学連合 2015 年大会「最新の地球科学: 衛星による地球環境観測」セッションの報告. *天気*, **62**, 105-106.
5. 吉田智, 2015: 雷放電の電磁波リモートセンシング技術. *電気評論*, 100 巻 7 号, 24-28.
6. 三隅良平, 中谷剛, 小司禎教, 瀬古弘, 斉藤和雄, 清野直子, 鈴木真一, 出世ゆかり, 平野洪賓, 足立アホロ, 山内洋, 2015: 第 2 回 TOMACS 国際ワークショップの報告 - 首都圏をフィールドとした極端気象に関する国際共同研究の進捗-. *天気*, **62**, 511-516.
7. 岡本幸三, 2015: 雲域での赤外センサの同化. *数値予報課報告別冊*, **61**, 61-64.
8. 加藤輝之, 2015: 線状降水帯発生要因としての鉛直シアと上空の湿度について. *量的予報技術資料 (予報技術研修テキスト)*, **20**, 114-132.
9. 加藤輝之, 柳瀬亘, 嶋田宇大, 末木健太, 本田匠, 小司禎教, 津口裕茂, 山田広幸, 横田祥, 若月泰孝, 南雲信宏, 村田文絵, 2015: 第 10 回「メソスケール気象と熱帯低気圧に関する国際会議 (ICMCS-X)」参加報告. *天気*, **62**, 25-32.
10. 小司禎教, 2015: 精密衛星測位を用いた豪雨の監視・予測に関する研究. *Electronics Communications*, **30**, 12-16.
11. 岡本幸三, 2014: 数値予報における衛星データの利用. *計測と制御*, **53**, 1006-1012.
12. 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.
13. 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.
14. 楠研一, 2014: 台風研究における空港気象ドップラーレーダーの持つ利用可能性, *電気学会技術報告「自然災害軽減のための早期警戒システムと電磁界技術」*, **1315**, 9-11.
15. 楠研一, 2015: フェーズドアレイ気象レーダーを用いた最新の気象予測, *地質と調査*, **144**, 10-15.

(3) 学会等発表

ア. 口頭発表

・国際的な会議・学会等：27件

1. 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
2. Adachi, T., K. Kusunoki and S. Yoshida, Three-dimensional dynamic observation of a mesocyclone and vault structure by phased array weather radar in Tsukuba, 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. Okamoto, K., Assimilation of cloud-affected infrared radiances, RIKEN-AICS Data Assimilation seminar, 2015年12月, 兵庫県神戸市
4. 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
5. Okamoto, K. and M. Kazumori, Recent development of all-sky radiance assimilation at JMA, The 3rd Joint JCSDA-ECMWF Workshop on Assimilating Satellite Observations of Clouds and Precipitation into NWP Models, 2015年12月, アメリカ, カレッジパーク
6. Okamoto, K., M. Kachi, and K. Bessho, Status report of space agency: JMA and JAXA, 第20回国際TOVS会議, 2015年11月, アメリカ, レイク・ジェニーバ
7. 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
8. Adachi, A., An Automatic DSD Parameter Retrieval Algorithm for Polarimetric Radar at Attenuating Frequency Based on the Self-Consistency Principle, The 4th International Symposium on Earth-Science Challenges (ISEC) 2015, 2015年9月, アメリカ, ノーマン
9. Adachi, T., K. Kusunoki, S. Yoshida, K. Arai, S. Hayashi and T. Ushio, High-speed volumetric observation of downburst using X-band phased-array radar, 37th Conference on Radar Meteorology, 2015年9月, アメリカ, ノーマン
10. Adachi, A., T. Kobayashi and H. Yamauchi, Estimation of Raindrop Size Distribution from Polarimetric Radar Measurements at Attenuating Frequency Based on the Self-Consistency Principle, 37th Conference on Radar Meteorology, 2015年9月, アメリカ, ノーマン
11. 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
12. 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
13. Shoji, Y., H. Seko, K. Sato, T. Kato and T. Tsuda, GPS/GNSS Meteorology in JAPAN - Overview and future scope -, JpGU meeting 2015, 2015年5月, 千葉県
14. Hiroshi Ishimoto, Kazuhiko Masuda, Refractive index of volcanic ash material estimated from the data of satellite infrared sounder, 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. Yoshida, S., K. Kusunoki, T. Adachi, H. Y. Inoue, T. Wu and T. Ushio, Lightning observation using Broadband Observation network for Lightning and Thunderstorm in the Kanto Plain, JpGU meeting 2015, 2015年5月, 千葉県
16. 岡本幸三, 青梨和正, 折口征二, 田島知子, Assimilation of precipitation radars on TRMM and GPM Core satellites., 第20回気象海洋衛星会議, 2015年1月, アメリカ, フェニックス
17. 岡本幸三, 青梨和正, 田島知子, Towards the assimilation of space-borne precipitation radar in the ensemble-based variational scheme., 第7回国際降水作業部会会合, 2014年11月, 茨城県つくば市
18. Yoshida, S., T. Wu, T. Ushio and K. Kusunoki, Characteristics of radiation of lightning discharge in LF band, 31th URSI GASS, 2014年8月, 中国, 北京
19. Okamoto, K, K. Bessyo, and T. Ohno, Status and plans of Next Generation Japanese Geostationary Meteorological Satellites Himawari-8/9, AOGS, 2014年7月, 北海道札幌市
20. 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
21. Adachi, T., M. Sato, T. Ushio, T. Morimoto, A. Yamazaki, M. Suzuki, M. Kikuchi, Y. Takahashi, U. Inan, I. Linscott, Y. Hobara, H. Frey, S. B. Mende, A. Chen, H.-T. Su, R.-R. Hsu, Lightning characteristics derived from satellite spectrophotometric observation, Asia Oceania Geosciences Society 11th Annual Meeting (AOGS2014), 2014年7月, 北海道札幌市
22. Yoshida, S., T. Wu, T. Ushio and K. Kusunoki, Relationship between preliminary breakdown and charge structure revealed by phased array radar, 15th International Conference on Atmospheric Electricity, 2014年6月, アメリカ, オクラホマ
23. Shoji, Y., A Dense Observation of the Tokyo Metropolitan Area Convective Study for Extreme Weather Resilient Cities (TOMACS), 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
24. Nishihashi, M., C. Fujiwara, K. Kusunoki, S. Yoshida, S. Hayashi, H. Y. Inoue, K. Arai, K. Shimose, R. Kato, S. Saito, E. Sato, W. Mashiko and H. Suzuki, "Three-Dimensional Lightning Characteristics Relative to Reflectivity and Airflow Structure in Winter Thunderstorm", "31th General Assembly and Scientific Symposium of the International Union of Radio Science (URSI GASS 2014)", 2014年8月, 中国、北京
25. S. Yoshida, K. Kusunoki, T. Adachi, T. Wu, T. Ushio, and E. Yoshikawa., Development of charge structure in a short live convective cell observed by a 3D lightning mapper and a phased array radar, 2015-12-16 AGU fall meeting 2015-American Geophysical Union, Moscone Center, 2015年12月, アメリカ, サンフランシスコ
26. Yoshida, S., K. Kusunoki, T. Adachi, T. Wu, T. Ushio and E. Yoshikawa, 2015: Development of charge structure in a short live convective cell observed by a 3D lightning mapper and a phased array radar, 2015 AGU Fall Meeting, 2015年12月, アメリカ, サンフランシスコ
27. Yoshida, S., T. Wu, T. Ushio and K. Kusunoki, 2014: Characteristics of radiation of lightning discharge in LF band, the 31th URSI GASS URSI, 2014年8月, 中国、北京

・国内の会議・学会等 : 53 件

1. 足立透, 楠研一, 吉田智, 気象研究所フェーズドアレイレーダーで観測された顕著現象, シンポジウム「フェーズドアレイレーダー ～研究開発の現状と将来展望～」, 2016年1月, 茨城県つくば市

2. 足立アホロ, 二重偏波レーダーによる潜在的に危険な雲の探知 - High-ZDR column の利用 -, ストームジェネシスを捉えるための先端フィールド観測と豪雨災害軽減に向けた研究会, 2016年1月, 京都府宇治市
3. 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
4. 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
5. 南雲信宏, 藤吉康志, 2DVDで観測された凍雨の微物理特性について, 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
6. 津口裕茂, 加藤輝之, 集中豪雨が発生する総観~メソ α スケール環境場の統計解析(その2) -7・8・9月の西日本について-, 日本気象学会2015年度秋季大会, 2015年10月, 京都府京都市
7. 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
8. 加藤輝之, 線状降水帯が発生しやすい条件, 日本気象学会2015年度秋季大会, 2015年10月, 京都府京都市
9. 関口美保, 中島孝, 日暮明子, 太田芳文, 中島映至, 狭帯域放射伝達モデルRstarと偏光放射伝達モデルPstarの統合と更新, 日本気象学会2015年度秋季大会, 2015年10月, 京都府京都市
10. 酒井哲, 阿保真, Phong Pham Le Hoai, 永井智広, 内野修, 泉敏治, 柴田泰邦, 長澤親生, 瀬古弘, 川畑拓矢, 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, 日本気象学会2015年度秋季大会, 2015年10月, 京都府京都市
11. 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
12. 岡本幸三, 青梨和正, 久保田拓志, 田島知子, GPM/DPR反射因子データ同化の初期結果, GSMaP研究集会, 2015年9月, 京都府京都市
13. 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
14. 佐藤光輝, 牛尾知雄, 足立透, 鈴木睦, 静止軌道からの雷放電観測の重要性, 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. 佐藤光輝, 佐藤剛志, 三原正大, 清水千春, 足立透, 牛尾知雄, 森本健志, 鈴木睦, 山崎 敦, 高橋幸弘, JEM-GLIMS光学観測データから推定した雷放電・TLEsの全球発生頻度分布, 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. 岡本幸三, 青梨和正, 久保田拓志, 田島知子, 衛星搭載レーダの同化に向けて(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
17. 吉川栄一, 神田淳, 岡田孝雄, 楠研一, 吉田智, 足立透, 猪上華子, 牛尾知雄, 避雷飛行支援システムの研究開発, 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. 牛尾知雄, 佐藤光輝, 森本健志, 鈴木睦, 山崎敦, 足立透, 芳原容英, GLIMSミッションの概要, 日本地球惑星科学連合2015年大会, 2015年5月, 千葉県千葉市
19. 津口裕茂, 加藤輝之, 集中豪雨が発生する総観~メソ α スケール環境場の統計解析 -7・8・9月の西日本について-, 日本気象学会2015年度春季大会, 2015年5月, 茨城県つくば市
20. 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年度春季大会, 2015年5月, 茨城県つくば市

21. 足立アホロ, 小林隆久, 山内洋, 小司禎教, C-band 二重偏波レーダーによる粒径分布と降水強度の推定精度, 日本気象学会 2015 年度春季大会, 2015 年 5 月, 茨城県つくば市
22. 楠研一, 気象研究所における X バンドドップラーレーダーを用いた研究 –これまでと今後–, 日本気象学会 2015 年度春季大会, 2015 年 5 月, 茨城県つくば市
23. 岡本幸三, 新しいひまわり衛星による観測, 科学技術週間 気象研一般公開, 2015 年 4 月, 茨城県つくば市
24. 酒井哲, 永井智広, 泉敏治, 内野修, 瀬古弘, 川畑拓矢, 阿保真, Phong Pham, 柴田泰邦, 長澤親生, 局地大雨予測のための機動観測用水蒸気ライダーの開発, 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
25. 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
26. 足立アホロ, 二重偏波レーダーを用いた豪雨の直前予測手法の開発, 施設等機関研究報告会, 2015 年 2 月, 東京都
27. Adachi, A., T. Kobayashi and H. Yamauchi, Estimation of Rainfall Rate from Polarimetric Radar Measurements at Attenuating Frequency Based on the Self-Consistency Principle, Second International Workshop on Tokyo Metropolitan Area Convection Study for Extreme Weather Resilient Cities (TOMACS/RDP), 2014 年 11 月, 東京都
28. 岡本幸三, 数値予報における衛星データの利用, 日本気象学会秋季大会地球観測衛星研究連絡会, 2014 年 10 月, 福岡県福岡市
29. 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
30. 石元裕史, 増田一彦, 福井敬一, 新堀敏基, 石井憲介, 桜井利幸, 土山博昭, 赤外サウンドによる火山灰光学特性の推定, 日本気象学会 2014 年度秋季大会, 2014 年 10 月, 福岡県福岡市
31. 楠研一, 吉田智, 足立透, 猪上華子, 藤原忠誠, フェーズドアレイレーダーによる竜巻等突風・局地的大雨探知のための研究計画, 日本気象学会 2014 年度秋季大会, 2014 年 10 月, 福岡県福岡市
32. 足立透, 楠研一, 吉田智, 猪上華子, 新井健一郎, 藤原忠誠, 牛尾知雄, フェーズドアレイレーダー観測データを用いた積乱雲内の渦の 3 次元解析処理の試み, 日本気象学会 2014 年度秋季大会, 2014 年 10 月, 福岡県福岡市
33. 岡本幸三, Application of precipitation retrievals: Operational application at JMA, 第 7 回国際降水作業部会会合, 2014 年 9 月, 茨城県つくば市
34. 酒井哲, 阿保真, 永井智広, 泉敏治, 内野修, 柴田泰邦, 長澤親生, 瀬古弘, 川畑拓矢, 局地大雨予測のための機動観測用水蒸気ライダーの開発, 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
35. 佐藤英一, 山内洋, 益子渉, 小司禎教, 鈴木修, 竜巻の親雲の構造解析-越谷・野田竜巻のケース-, 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. 山内洋, 新野宏, 鈴木修, 小司禎教, 佐藤英一, 足立アホロ, 益子渉, つくば竜巻に伴う渦と飛散物の時間・高度変化, 日本気象学会 2014 年度春季大会, 2014 年 5 月, 神奈川県横浜市
37. 小司禎教, 複数測位衛星の視線遅延量を利用した観測点周囲の PWV 分布解析, 日本気象学会 2014 年度春季大会, 2014 年 5 月, 神奈川県横浜市
38. 津口裕茂, 加藤輝之, 林修吾, 下瀬健一, 金田幸恵, 釜堀弘隆, 近年の顕著な集中豪雨事例の再解析~事例解析と統計解析によるアプローチ~, 日本気象学会 2014 年度春季大会, 2014 年 5 月, 神奈川県横浜市
39. 足立透, 佐藤光輝, 牛尾知雄, 山崎敦, 鈴木睦, 菊池雅行, 高橋幸弘, U. Inan, I. Linscott, 芳原容英, M. B. Cohen, G. Lu, S. A. Cummer, R. R. Hsu, A. B. Chen and H. U. Frey, 衛星光学観測に基づく雷放電特性の導出, 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. 足立アホロ, 小林隆久, 山内洋, レーダーシミュレーターによる偏波パラメータ計算結果のレーダー観測への応用(その5) C-band 二重偏波レーダーによる降雨減衰の補正と降水強度の推定, 日本気象学会 2014 年度春季大会, 2014 年 5 月, 神奈川県横浜市
41. 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 リトリバル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
42. 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
43. 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
44. 佐藤英一, 楠研一, 藤原 忠誠, 斉藤貞夫, 小司禎教, Ku バンドレーダーによる降水コアの解析, 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
45. 足立透, 佐藤光輝, 牛尾知雄, 山崎敦, 鈴木睦, 菊池雅行, 高橋幸弘, U. Inan, I. Linscott, 芳原容英, M. B. Cohen, G. Lu, S. A. Cummer, R. R. Hsu, A. B. Chen and H. U. Frey, 宇宙からの多波長光学観測による雷放電特性の推定, 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
46. 津口裕茂, 加藤輝之, 集中豪雨の特徴に関する統計解析, 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
47. 楠研一, 猪上華子, 吉田智, 加藤亮平, 藤原忠誠, 気象研究所における高速スキャン・高分解能レーダーによる竜巻等の顕著気象に関する研究: 現状と今後, 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
48. 吉田智, Wu Ting, 牛尾知雄, 楠研一, 広帯域雷放電観測装置の開発とその応用, 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
49. 西橋政秀, 楠研一, 猪上華子, 斉藤貞夫, 新井健一郎, 吉田智, 加藤亮平, 益子涉, 藤原忠誠, 佐藤英一, 林修吾, 鈴木博人, 冬季雷と突風渦を伴う降水帯の高頻度高層ゾンデ観測, 日本気象学会 2014 年度春季大会 B459, 2014 年 5 月, 神奈川県横浜市
50. 新井健一郎, 加藤亮平, 楠研一, 猪上華子, 斉藤貞夫, 西橋政秀, 益子涉, 藤原忠誠, 鈴木博人, 進行方向に沿って並んだ低気圧性渦と高気圧性渦の観測, 日本気象学会 2014 年度春季大会 B458, 2014 年 5 月, 神奈川県横浜市
51. 加藤亮平, 楠研一, 益子涉, 佐藤英一, 藤原忠誠, 猪上華子, 新井健一郎, 西橋政秀, 斉藤貞夫, 林修吾, 鈴木博人, 多点型地上観測システムでとらえた下層渦 -地上付近の水平構造-, 日本気象学会 2014 年度春季大会 B457, 2014 年 5 月, 神奈川県横浜市
52. 吉田智, 楠研一, 足立透, 猪上華子, 藤原忠誠, 呉亭, 牛尾知雄, 積乱雲の発達に伴う雲内電荷構造の変化, 日本気象学会 2014 年度秋季大会 B112, 2014 年 10 月, 福岡県福岡市
53. 佐藤英一, 楠研一, 斉藤貞夫, 小司貞教, 藤原忠誠, "Ku バンドレーダーで観測したシビア現象の解析: 調布竜巻, 日本気象学会 2014 年度秋季大会 B103, 2014 年 10 月, 福岡県福岡市

イ. ポスター発表

・国際的な会議・学会等: 11 件

1. Yoshida, S., K. Kusunoki, T. Adachi, T. Wu, T. Ushio and E. Yoshikawa, Development of charge structure in a short live convective cell observed by a 3D lightning mapper and a phased array radar, 2015 AGU Fall Meeting, 2015 年 12 月, アメリカ, サンフランシスコ
2. Masuda, K., H. Ishimoto, T. Sakai H. Okamoto, Backscattering properties of nonspherical ice particles calculated by Geometrical-Optics-Integral-Equation method, 27th International Laser Radar Conference, 2015 年 7 月, アメリカ, ニューヨーク

3. Le Hoai, P. P., M. Abo and T. Sakai, Development of Field Deployable Diode Laser Based Water Vapor DIAL, 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
4. 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
5. Ishimoto, H. and K. Masuda, Estimation of volcanic ash refractive index from satellite infrared sounder data, AGU Fall Meeting, 2014年12月, アメリカ, サンフランシスコ
6. Adachi, T, M. Sato, M. Mihara, T. Ushio, A. Yamazaki, M. Kikuchi, Y. Takahashi, U. Inan, I. Linscott, Y. Hobara, S. Hayashi, and K. Kusunoki, Imaging and spectrophotometric measurement of lightning by JEM-GLIMS, 2014 AGU Fall Meeting, 2014年12月, アメリカ, サンフランシスコ
7. Okamoto, K., K. Aonashi, 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
8. Suzuki, T, M. Hayakawa, Y. Hobara, K. Kusunoki, "Summer Thunderstorm Associated with Cluster of Blue Jets and Starters in Japan", 15th International Conference on Atmospheric Electricity, 15, P-09-09, 2014年6月, アメリカ, ノーマン
9. Nishihashi, M., C. Fujiwara, K. Kusunoki, S. Yoshida, S. Hayashi, H. Y. Inoue, K. Arai, K. Shimose, R. Kato, S. Saito, E. Sato, W. Mashiko and H. Suzuki, "Three-Dimensional Characteristics of Lightning Channels, Reflectivity Cores, and Vortices in Winter Thunderstorms", 15th International Conference on Atmospheric Electricity, 15, P-01-10, 2014年6月, アメリカ, ノーマン
10. Suzuki, Y., T. Suzuki, M. Nakamura, T. Torii, M. Kamogawa and K. Kusunoki, "Preliminary reports of Summer sprite observation campaign at summit of Mt. Fuji, Japan", 15th International Conference on Atmospheric Electricity, 15, P-09-07, 2014年6月., アメリカ, ノーマン
11. Adachi, A., T. Kobayashi and H. Yamauchi, Correction of C-band radar observation for propagation effects based on the self-consistency principle, 8th European Conference on Radar in Meteorology and Hydrology, 2014年9月, ドイツ, ガルミッシュ＝パルテンキルヒェン

・国内の会議・学会等：8件

1. 小司禎教, 南雲信宏, 佐藤一敏, 津田敏隆, MADOCA リアルタイムプロダクトを用いた数 km スケールの GNSS 可降水量解析, 日本気象学会 2015 年度秋季大会, 2015 年 10 月, 京都府京都市
2. 永井智広, 酒井哲, 泉敏治, 内野修, 小司禎教, 角村悟, 瀬古弘, 川畑拓矢, 斉藤和雄, 局地的豪雨予測のための機動観測用水蒸気ラマンライダーの開発, 日本気象学会 2015 年秋季大会, 2015 年 10 月, 京都府京都市
3. 岡林裕介, 吉田幸生, 太田芳文, 偏光を考慮した放射伝達モデルにおける解析ヤコビアン計算 (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
4. 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
5. 小司禎教, 佐藤一敏, 津田敏隆, JAXA の MADOCA プロダクトを利用した GNSS 可降水量の高頻度・リアルタイム解析, 日本気象学会 2015 年度春季大会, 2015 年 5 月, 茨城県つくば市
6. 林昌宏, 石元裕史, 次期静止気象衛星ひまわり 8 号観測による最適化手法を用いた雲物理量推定, 日本気象学会 2015 年度春季大会, 2015 年 5 月, 茨城県つくば市
7. 吉田智, 楠研一, 足立透, 猪上華子, 牛尾知雄, 関東平野における 3 次元雷放電観測の計画と概

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

8. 吉田智, 楠研一, 足立透, 猪上華子, 呉亭, 牛尾知雄, 関東平野における 3 次元雷放電観測, 日本気象学会 2015 年度春季大会, 2015 年 5 月, 茨城県つくば市

報道・記事

(副課題 3 ①、②) :

(1) 気象研究所におけるフェーズドアレイレーダーを用いた研究の取り組み

- ・平成 26 年
 - 読売新聞科学部 4 月 25 日
 - 日本経済新聞社 5 月 13 日
 - 東京新聞 8 月 18 日
 - 共同通信 8 月 21 日
- ・平成 27 年
 - 日刊工業新聞 3 月 11 日
 - TBS ひるおび 9 月 21 日
 - 日刊工業新聞 10 月 19 日
 - 朝日新聞 7 月 4 日
 - 毎日新聞 7 月 8 日
 - NHK 7 月 8 日
 - 日本経済新聞 8 月 5 日
 - 電波受験界 10 月号

(2) 冬季突風の観測および突風探知システムの開発

- ・平成 26 年
 - JR 東日本広報誌「JREAST」7 月 18 日
 - 山形テレビ 11 月 5 日
 - さくらんぼテレビ 11 月 5 日
 - NHK 山形放送局 11 月 5 日
 - 山形放送 11 月 6 日
 - 読売新聞 11 月 6 日
 - 山形新聞 11 月 6 日
- ・平成 27 年
 - 山形放送 12 月 17 日
 - 共同通信 12 月 17 日

(副課題 3 ③) :

- ・東京に顕著な降雹をもたらした雷雨の解析
朝日新聞全国版科学面 (10 月 23 日)

(副課題 3 ④) :

- ・平成 27 年 3 月 24 日 中国新聞
- ・平成 27 年 8 月 3 日 読売新聞 (大阪版)

(副課題 3 ④、⑤) :

平成 27 年 8 月 28 日 東京新聞 (都内の大雨直前に予測)

(副課題 3 ⑤) :

- ・平成 27 年 6 月 4 日 東京新聞 ゲリラ豪雨「1 時間前」に挑む

A4 沿岸海況予測技術の高度化に関する研究

研究年次：2年目／5年計画（平成26年度～平成30年度）

研究代表者：蒲地政文¹⁾（海洋・地球化学研究部長）、倉賀野連²⁾（海洋・地球化学研究部長）

課題構成及び研究担当者：

副課題1 日本近海の高解像度海況変動の予測精度向上に関する研究

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）、櫻井敬三、近澤昌寿、小林健作¹⁾、杉山貴大²⁾（気象庁地球環境・海洋部）

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

倉賀野連¹⁾、高槻 靖²⁾、藤井陽介、碓氷典久、豊田隆寛、広瀬成章³⁾（海洋・地球化学研究部）、杉本裕之、卜部佑介、福田義和、井上博敬²⁾、佐久間祐介、高野洋雄、菅野能明²⁾、岡田良平¹⁾、本山龍也、檜垣将和²⁾、石崎士郎¹⁾（気象庁地球環境・海洋部）

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。

研究の目標

（課題全体の目標）

- 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ダウンスケーリングするための4次元変分法（4DVAR）を用いた初期値作成技術の開発を行う。
- ③開発されたモデルとデータ同化手法の検証を行い、各種沿岸海況変動の要因解明を行う。
- ④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、海水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。

¹⁾ 平成26年度のみ、²⁾ 平成27年度より、³⁾ 平成26年9月より

研究の現状

(1) 進捗状況

副課題 1

日本沿岸海況監視予測システムの基盤モデルとなる現業用高解像度日本近海海洋モデル (MRI.COM-JPN) 及び北太平洋モデル (MRI.COM-NP) がほぼ完成した。潮汐混合パラメタリゼーション、河川データ、水平粘性のチューニングの効果を、前中期計画で開発した高解像度瀬戸内海モデル (MRI.COM-SETO) を用いて調べた。

副課題 2

アジョイントコードの根幹部分の開発は終了し、全球海洋アジョイントモデル、北太平洋アジョイントモデルの開発を進めている。前中期計画で開発した北西太平洋4次元変分法データ同化システムについては本庁での現業ルーチン化を支援すると同時に、同システムを用いて1982年以降の長期再解析を実施し、その検証を通して日本沿岸海況監視予測システムに反映させるべき改善点を明らかにした。

(2) これまで得られた成果の概要

副課題 1

① 現業用高解像度日本近海海洋モデルの開発

ア) 日本沿岸海況監視予測システムの基盤モデルとなるMRI.COM-JPN及びMRI.COM-NPを開発した。本庁地球環境・海洋部の要望を元にモデル領域・解像度等を決定し、MRI.COMバージョン4.0をベースにした最新の高度化技術 (z*鉛直座標系、水温・塩分分布の単調性が保持されるスキーム、改良されたネスティング手法) を導入した。JRA-55を海面境界条件に用いて、2009年の1年間を対象としたシミュレーションを実施し、安定して動作することを確認した。

イ) 潮汐混合パラメタリゼーションの導入、一級河川データの使用、水平粘性のチューニング等の改良によって海況再現性が向上することを、MRI.COM-SETOを用いて確認した。また、流域雨量指数に基づく河川流量データを整備し、一級河川データとの比較からその精度を検証するとともに、MRI.COM-SETOによる感度実験を行い、流域雨量指数の利用によって海面塩分場の再現性がさらに向上することを確認した。

② 沿岸海況変動の要因解明

日本海海洋気象センターと協力し、2010年8月と2011年8月の台風通過後に山陰沿岸で発生した高潮位事例を対象に、高解像度の風データ (MSM再解析値) でMRI.COM-JPNを駆動した再現実験を行った。強風に伴って発生した沿岸潮位偏差が、沿岸域を右手に見て伝播する波動 (沿岸捕捉波) を引き起こし、強風域から離れた場所の高潮位をもたらしていたことを確認した。

副課題 2

① 4次元変分法初期値作成技術の開発

ア) MRI.COMバージョン4.0の簡素化したモデルのアジョイントコードを作成し、良好に動作することを確認した。このコードを元に、全球海洋アジョイントモデル及び北太平洋アジョイントモデルの開発を進めている。なお、平成28年3月には、アジョイントモデルを完成させた。

イ) 海氷データ及び衛星塩分計データの同化手法を開発し、海氷データの同化により海水分布と同時に海面水温や大気の状態を同時に修正することが有効であること、海氷や塩分データの同化が水温場に対しても良好なインパクトを持つことが確認された。

② 海洋再解析による海況変動の解析

ア) 海洋研究開発機構と共同で北西太平洋4次元変分法同化システム (前中期計画で開発) を用いた過去30年に渡る長期の再解析データ (FORA-WNP30) を作成し、その再現性について評価を行った。衛星観測データの乏しい1980年代の黒潮や親潮の特異現象を高精度に再現することや、アリューシャン低気圧の変動が黒潮続流の流路変動を介して、日本沿岸水位に影響していることを確認した。さらに、FORA-WNP30を境界値および初期化用データとして瀬戸内海モデルによる再解析データも併せて作成し、現在その再現性についても検証を行っている。

イ) 全球海洋データ同化システム (3次元変分法) による再解析と、同じモデルによる海洋フリーランの結果の相互比較を行い、特に、大西洋の鉛直循環や南極周辺の海水分布の相違について、解析を行った。アイスランド北方の海況をデータ同化により適切に再現することが、大西洋深層の再現性向上に重要であり、南極海氷にも影響を与える可能性があることがわかった。

ウ) メソスケール渦の再現性に対する現在のアルゴフロート観測網の効率性の検証や、熱帯太平洋の同化解析値に対する熱帯係留ブイ、アルゴフロートのインパクト評価を行い、熱帯太平洋西部でブイ観測データのインパクトは大きいことなどを示した。

(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

- ①本課題で開発したMRI.COM-JPNは、文部科学省委託研究「気候変動適応技術社会実装プログラム（SI-CAT）」での地球温暖化適応策策定支援のために、海洋将来予測の沿岸高解像化に活用される予定である。
- ②全球海洋データ同化システムは、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」で開発する次期季節予報システムに導入される予定であり、科学研究費補助金研究（基盤B）「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」においても観測システムの影響評価のために利用される。また、その一部のスキームについては、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」でも利用される。
- ③海洋研究開発機構との共同研究「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長期再解析」において、北西太平洋長期再解析データセットの作成に活用した。またこの長期再解析結果は、愛媛大学や九州大学、ハワイ大学など他の研究機関において、沿岸域海況変動の研究に利用される予定である。

今後の研究の進め方

今後も当初の計画通り開発を進めていく。平成28年度は、異常潮位が発生した時期を中心に数値実験、同化実験及び予報実験を実施し、海洋モデルと4次元変分法同化スキームの検証を行う。

また、モデルや同化スキームの改善、4次元変分法海氷データ同化手法の開発を進め、長期の数値実験、長期再解析を実施し、各種海洋変動の要因解明を行う。最終的に気象庁現業で運用できるシステムを構築する。

特に以下の点について注意して研究を進める。

- ①瀬戸内海システムの現業運用に伴って、本庁及び大阪管区で実施される検証の結果をもとに、日本近海海洋モデル、同化スキームをどのように高度化すべきかを検討する。
- ②FORA-WNP30の結果から見つかった改善すべき点（日本海沿海州沿岸の過剰な低塩分やオホーツク海での過剰な低温、その他）を、現在開発中の新システムに反映させる。
- ③新しい海洋モデルにより海底地形が精緻化されることから、潮汐混合や河川水の海況への影響がより現実的になると期待されるので、それらの点に注目して数値実験を行う。また潮汐モデルの導入を検討する。
- ④高解像度沿岸モデルの領域が日本全域に広がることから、高解像度沿岸モデルの初期化手法（インクリメンタル法）の改善を検討する。観測データと比較して、初期化手法の適否を注意深く検証していく。
- ⑤黒潮続流の変動が日本沿岸の水位変動に大きく影響することが確認されているので、この海域でモデルの再現性が重要である。東京大学大気海洋研究所と共同で実施する黒潮続流域での係留観測にて、再現性を検証する。

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、148ページを参照。

成果発表一覧

(1) 査読つき原著論文：41件

1. 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.

2. Alabia, I.D., S. Saitoh, R. Mugo, H. Igarashi, Y. Ishikawa, N. Usui, M. Kamachi, T. Awaji and M. Seito, 2015: Seasonal potential fishing ground prediction of neon flying squid (*Ommastrephes bartramii*) in the western and central North Pacific. *Fisheries Oceanography*, **24**, 190-203.
3. Nishikawa, H., H. Igarashi, Y. Ishikawa, M. Sakai, Y. Kato, M. Ebina, N. Usui, M. Kamachi, and T. Awaji, 2014: Impact of paralarvae and juveniles feeding environment on the neon flying squid (*Ommastrephes bartramii*) winter-spring cohort stock. *Fisheries Oceanography*, **23**, 289-303.
4. Kawamura, H., T. Kobayashi, S. Nishikawa, Y. Ishikawa, N. Usui, M. Kamachi, N. Aso, Y. Tanaka, and T. Awaji, 2014: Drift Simulation of Tsunami Debris in the North Pacific. *Global Environmental Research*, **18**, 91-96.
5. Kourafalou V.H., P. De Mey, M. Le Hénaff, G. Charria, C.A. Edwards, R. He, M. Herzfeld, A. Pasqual, E. Stanev, J. Tintoré, N. Usui, A. van der Westhuysen, J. Wilkin and X. Zhu, 2015: Coastal Ocean Forecasting: system integration and evaluation. *Journal of Operational Oceanography*, **8 (S1)**, 127-146.
6. Kawamura, H., T. Kobayashi, A. Furuno, N. Usui, M. Kamachi, 2014: Numerical simulation on the long-term variation of radioactive cesium concentration in the North Pacific due to the Fukushima disaster. *Journal of Environmental Radioactivity*, **136**, 64-75.
7. Laufkötter, 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 Quéré, I. D. Lima, H. Nakano, R. Seferian, I. Totterdell, M. Vichi, and C. Völker, 2015: Drivers and uncertainties of future global marine primary production in marine ecosystem models. *Biogeosciences*, **12**, 6955-6984.
8. Hauck, J., C. Völker, D. A. Wolf-Gladrow, C. Laufkötter, M. Vogt, O. Aumont, L. Bopp, E. T. Buitenhuis, S. C. Doney, J. Dunne, N. Gruber, T. Hashioka, J. John, C. Le Quéré, I. D. Lima, H. Nakano, R. Séférian, 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.
9. Usui, N., Y. Fujii, K. Sakamoto, M. Kamachi, 2015: Development of a Four-Dimensional Variational Assimilation System toward Coastal Data Assimilation around Japan. *Monthly Weather Review*, **143**, 3874-3892.
10. 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.
11. Ishizaki, H., H. Nakano, T. Nakano, and N. Shikama, 2015: Evidence of equatorial Rossby wave propagation obtained by deep mooring observations in the western Pacific Ocean. *Journal of Oceanography*, **70**, 463-488.
12. 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.
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. Sakamoto, K., G. Yamanaka, H. Tsujino, H. Nakano, S. Urakawa, N. Usui, M. Hirabara and K. Ogawa, 2015: Development of an operational coastal model of the Seto Inland Sea, Japan. *Ocean Dynamics*, **66 (1)**, 77-97.
15. Sakamoto, T. T., L. S. Urakawa, H. Hasumi, M. Ishizu, S. Itoh, T. Komatsu and K. Tanaka, 2016: Numerical Simulation of Pacific Water Intrusions into Otsuchi Bay, northeast

- of Japan, with a nested-grid OGCM. *Journal of Oceanography*. (in press)
16. 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.
 17. Tonani, M., M. Balmaseda, L. Bertino, E. Blockley, G. Brassington, F. Davidson, Y. Drillet, P. Hogan, T. Kuragano, T. Lee, A. Mehra, F. Paranathara, C.A.S. Tanajura and H. Wang, 2015: Status and future of global and regional ocean prediction systems. *Journal of Operational Oceanography*, **8**, s201-s220.
 18. Igarashi, H., T. Ichii, M. Sakai, Y. Ishikawa, T. Toyoda, S. Masuda, N. Sugiura, K. Mahapatra, and T. Awaji, 2015: Possible link between interannual variation of neon flying squid (*Ommastrephes bartramii*) abundance in the North Pacific and the climate phase shift in 1998/1999. *Progress in Oceanography*. (in press)
 19. Doi, T., S. Osafune, N. Sugiura, S. Kouketsu, A. Murata, S. Masuda and T. Toyoda, 2015: Multi-decadal change in the dissolved inorganic carbon in a long-term ocean state estimation. *Journal of Advances in Modeling Earth Systems*, **7**, 1885-1900.
 20. 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** (1) , 57-78.
 21. Nishikawa, H., T. Toyoda, S. Masuda, Y. Ishikawa, Y. Sasaki, H. Igarashi, M. Sakai, M. Seito and T. Awaji, 2015: Wind-induced stock variation of the neon flying squid (*Ommastrephes bartramii*) winter-spring cohort in the subtropical North Pacific Ocean. *Fisheries Oceanography*, **24**, 229-241.
 22. 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.
 23. 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.
 24. Toyoda T., Y. Fujii, T. Yasuda, N. Usui, K. Ogawa, T. Kuragano, H. Tsujino and M. Kamachi, 2015: 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*. (in press)
 25. Toyoda, T., Y. Fujii, T. Kuragano, N. Kosugi, D. Sasano, M. Kamachi, *et al.*, 2015: Interannual-decadal variability of wintertime mixed layer depths in the North Pacific detected by an ensemble of ocean syntheses. *Climate Dynamics*. (in press)
 26. Toyoda, T., Y. Fujii, T. Kuragano, M. Kamachi, *et al.*, 2015: Intercomparison and validation of the mixed layer depth fields of global ocean syntheses. *Climate Dynamics*. (in press)
 27. 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.
 28. 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*. (in press)

29. Shi, L., Y. Fujii, T. Toyoda, *et al.*, 2015: An assessment of upper ocean salinity content from the Ocean Reanalyses Inter-Comparison Project (ORA-IP). *Climate Dynamics*. (in press)
30. Karspeck, A. R., D. Stammer, A. Köhl, 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)
31. Palmer, M. D., Y. Fujii, T. Toyoda, *et al.*, 2015: Ocean heat content variability and change in an ensemble of ocean reanalyses. *Climate Dynamics*. (in press)
32. 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*. (in press)
33. Tanaka, K., K. Komatsu, S. Itoh, D. Yanagimoto, M. Ishizu, H. Hasumi, T. Sakamoto, S. Urakawa and Y. Michida, 2016: Baroclinic circulation and its high frequency variability in Otsuchi Bay on the Sanriku ria coast, Japan. *Journal of Oceanography*. (in press)
34. Kuragano, T., Y. Fujii, and M. Kamachi, 2015: Evaluation of the Argo network using statistical space-time scales derived from satellite altimetry data. *Journal of Geophysical Research*, **120**, 4534-4551.
35. 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.
36. Urakawa, L. S., M. Kurogi, K. Yoshimura and H. Hasumi, 2015: Modeling low salinity waters along the coast around Japan using a high resolution river discharge data set. *Journal of Oceanography*, **71 (6)**, 715-739.
37. 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.
38. 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.
39. 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.
40. 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.
41. 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) (1) 以外の著作物 (翻訳、著書、解説等) : 11 件

1. Oke, P. R., Y. Fujii and T. Rykova, 2015: Using models to design and evaluate ocean observing systems. *CLIVAR Exchanges*, **19**, 46-49.
2. 坂本圭, 山中吾郎, 辻野博之, 中野英之, 浦川昇吾, 碓氷典久, 平原幹俊, 小川浩司, 2015: 日本沿岸海況監視予測システムに向けた瀬戸内海モデルの開発. *測候時報*, **82 (特別号)**, S55-S66.
3. 坂本圭, 山中吾郎, 辻野博之, 中野英之, 平原幹俊, 2014: 水平解像度 2km の瀬戸内海モデル MRI.COM-Seto 及び日本沿岸モデル MRI.COM-JPN の開発. *測候時報*, **81 (特別号)**, S63-S75.
4. 碓氷典久, 坂本圭, 小川浩司, 藤井陽介, 辻野博之, 山中吾郎, 倉賀野連, 蒲地政文, 2014: 日本沿岸海況監視予測システムによる 2011 年瀬戸内海異常潮位の再現実験. *測候時報*, **81 (特別号)**, 53-62.
5. 碓氷典久, 藤井陽介, 2015: 現業化に向けた MOVE-4DVAR の高度化. *測候時報*, **82 (特別号)**, 43-53.
6. 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.
7. 豊田隆寛, 吉田聡, 田中潔, 2015: 総論: 北太平洋を中心とする循環と水塊過程. *月刊海洋*, **47**, 131-134.
8. 坂本天, 浦川昇吾, 羽角博康, 石津美穂, 伊藤幸彦, 小松輝久, 田中潔, 2015: 双方向ネスト太平洋モデルによる三陸沿岸の高解像度生態系モデリングに向けた物理モデルの構築. *沿岸海洋研究*, **53 (1)**, 15-24.
9. 小川浩司, 碓氷典久, 倉賀野連, 藤井陽介, 豊田隆寛, 蒲地政文, 2014: MOVE/MRI.COM-WNP 再解析データに見られた黒潮流路変動と瀬戸内海水位変動との関係. *測候時報*, **81 (特別号)**, S77-S91.
10. 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/ GOOS Rep. 206/ WCRP Rep. 6/2014), 64-101.
11. 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/ GOOS Rep. 206/ WCRP Rep. 6/2014), 102-129.

(3) 学会等発表

ア. 口頭発表

・国際的な会議・学会等 : 26 件

1. 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
2. Usui, N., Y. Fujii, K. Sakamoto, H. Tsujino, T. Kuragano, and M. Kamachi, Monitoring and Prediction of the Kuroshio System: Recent Developments of Model and Data Assimilation System at JMA/MRI, 6th Annual Meeting of GODAE OceanView Science Team, 2015 年 12 月, オーストラリア, シドニー
3. Wakamatsu, T., H. Igarashi, Y. Tanaka, S. Ishizaki, S. Nishikawa, H. Nishikawa, N. Usui, Y. Fujii and Y. Ishikawa, Four dimensional regional ocean environment analyses for

- fisheries applications, 13th International Conference on Fluid Control, Measurements and visualization, 2015年11月, カタール, ドーハ
4. 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
 5. 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, 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
 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
 8. Kamachi, M., Y. Fujii, N. Usui, M. Tonani, and A. Schiller, Ocean Overview (Ocean Observation and ocean data assimilation), CAS-TWAS-WMO Forum Data Assimilation Summer School, 2015年7月, 中国, 北京
 9. 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
 10. 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, 26th General Assembly of the International Union of Geodesy and Geophysics (IUGG2015), 2015年6月, チェコ, プラハ
 11. 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
 12. Usui, N., Y. Fujii, T. Kuragano, M. Kamachi, Development of a four-dimensional variational assimilation system in the western North Pacific, 1st GODAE OceanView Data Assimilation Task Team (DA-TT) Workshop, 2015年5月, イギリス, エクセター
 13. Usui, N., K. Ogawa, K. Sakamoto, Y. Fujii, T. Kuragano, Mechanism for an unusual tide around the Seto Inland Sea in 2011 revealed by a coastal-assimilative model, 18th Pacific-Asia Marginal Seas Meeting, 2015年4月, 沖縄県那覇市
 14. Usui, N., Development of a coastal monitoring and forecasting system at MRI/JMA, OOPC2015 workshop "Future Prospects of Coastal Ocean Observations and Modeling in Japan", 2015年4月, 茨城県つくば市
 15. 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
 16. 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

17. 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
18. 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
19. Sakamoto, K., G. Yamanaka, H. Tsujino, H. Nakano, N. Usui and S. Urakawa, Development of a Seto-Inland-Sea model toward operational monitoring and forecasting, PICES Annual meeting, 2014年10月, 韓国, ヨス
20. Kuragano, T., M. Kamachi, Y. Fujii, N. Usui, S. Ishizaki, Y. Takaya, T. Toyoda and K. Sakamoto, Japan Report on National Forecasting System (MOVE/MRI.COM) and Japan Working Team - Progress in 2012-2014 -, 全球海洋データ同化実験海洋概観プロジェクト科学運営委員会, 2014年10月, 中国, 北京
21. Kuragano, T., Y. Fujii, T. Toyoda, N. Usui, K. Ogawa and M. Kamachi, Ocean mass variations caused by barotropic response to seasonal atmospheric forcing, 大気物理学研究所との研究打合せ, 2014年10月, 中国, 北京
22. 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
23. Fujii, Y., T. Nakano, N. Usui, S. Matsumoto, H. Tsujino, and M. Kamachi, Pathways of the North Pacific Intermediate Water Identified Through the Tangent Linear and Adjoint Models of an Ocean General Circulation Model, AOGS 11th Annual Meeting, 2014年7月, 北海道札幌市
24. 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
25. Fujii, Y., N. Usui, and M. Kamachi, Visualization of ocean water mass pathways using an adjoint technique, The 16th International Symposium on Flow Visualization, 2014年6月, 沖縄県宜野湾市
26. Fujii, Y., T. Nakano, N. Usui, S. Matsumoto, H. Tsujino, and M. Kamachi, Pathways of the North Pacific Intermediate Water identified through the tangent linear and adjoint codes of an OGCM, 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

・国内の会議・学会等：35件

1. 碓氷典久, 藤井陽介, 広瀬成章, 坂本圭, 高槻靖, 気象研における高解像度海洋データ同化システム開発の現状と今後に向けて, 第6回データ同化ワークショップ, 2016年2月, 神奈川県横浜市
2. 碓氷典久, FORA から見えてきた海の30年の歴史, 最先端計算科学が描き出す海の30年 長期再解析 FORA シンポジウム, 2016年1月, 東京都千代田区
3. 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
4. 広瀬成章, 碓氷典久, 田中裕介, 若松剛, 石川洋一, 豊田隆寛, 藤井陽介, 西川史朗, 五十嵐弘道, 西川悠, 高槻靖, 倉賀野連, 蒲地政文, 長期再解析データを用いた日本海の海峡

- 通過流量の変動について、日本海及び日本周辺海域の海況モニタリングと波浪計測に関する研究集会、2015年12月、福岡県春日市
5. 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
 6. 浦川昇吾, 山中吾郎, 平原幹俊, 坂本圭, 辻野博之, 中野英之, 日本河川流量データセットの相互比較, 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
 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. 藤井陽介, 三寺史夫, 中村知裕, 西垣肇, 美山透, 伊藤進一, 和川拓, 渦解像アジョイントモデルを用いた黒潮から亜寒帯に至る水塊の追跡, 2015年磯口ジェットワークショップ, 2015年11月, 大分県九重町
 9. 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
 10. 石川洋一, 若松剛, 田中裕介, 西川史朗, 五十嵐弘道, 西川悠, 蒲地政文, 倉賀野連, 高槻靖, 藤井陽介, 碓氷典久, 豊田隆寛, 広瀬成章, 北西太平洋海洋長期再解析(FOA-WNP30) 1. データ同化システムとプロダクトの概要, 日本気象学会2015年度秋季大会, 2015年10月, 京都府京都市
 11. 五十嵐弘道, 石川洋一, 若松剛, 田中裕介, 西川史朗, 西川悠, 蒲地政文, 倉賀野連, 高槻靖, 碓氷典久, 藤井陽介, 豊田隆寛, 広瀬成章, 酒井光夫, 齊藤誠一, 今村豊, FORA再解析データによるアカイカ好適棲息域の年々変動, 2015年度水産海洋学会研究発表大会, 2015年10月, 北海道釧路市
 12. 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
 13. 三寺史夫, 美山透, 西垣肇, 中野渡拓也, 中村知裕, 和川拓, 古恵亮, 藤井陽介, 伊藤進一, 北太平洋移行領域における準定常ジェットの形成と特性曲線, 日本海洋学会2015年度秋季大会, 2015年9月, 愛媛県松山市
 14. 石川洋一, 若松剛, 田中裕介, 西川史朗, 五十嵐弘道, 西川悠, 蒲地政文, 倉賀野連, 高槻靖, 藤井陽介, 碓氷典久, 豊田隆寛, 広瀬成章, 北西太平洋海洋長期再解析(FOA-WNP30) 1. データ同化システムとプロダクトの概要., 日本海洋学会2015年度秋季大会, 2015年9月, 愛媛県松山市
 15. 田中潔, 羽角博康, 小松幸生, 伊藤幸彦, 柳本大吾, 坂本天, 石津美穂, 浦川昇吾, 道田豊, 三陸の海洋環境・生態系の土台を決定づける海流, 平成27年日本水産学会理事会特別シンポジウム「東北の海は今、震災後4年間の研究成果と漁業復興」, 2015年9月, 宮城県仙台市
 16. 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
 17. 藤井陽介, アジョイントモデルを利用した黒潮からベーリング海に至る水塊の移動経路の解析, 大槌シンポジウム「海洋変動と熱・物質循環」, 2015年9月, 岩手県大槌町
 18. 広瀬成章, 碓氷典久, 田中裕介, 若松剛, 石川洋一, 豊田隆寛, 藤井陽介, 西川史朗, 五十嵐弘道, 西川悠, 高槻靖, 倉賀野連, 蒲地政文, 4次元変分法海洋再解析(FOA)の紹介と性能評価, 大槌シンポジウム「海洋変動と熱・物質循環」, 2015年9月, 岩手県大槌町
 19. 広瀬成章, 碓氷典久, 田中裕介, 若松剛, 石川洋一, 豊田隆寛, 藤井陽介, 西川史朗, 五十嵐弘道, 西川悠, 高槻靖, 倉賀野連, 蒲地政文, 4次元変分法海洋再解析(FOA-WNP30) 1. 概要, 第19回データ同化夏の学校, 2015年8月, 青森県むつ市
 20. 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

21. 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
22. 田中潔, 小松幸生, 伊藤幸彦, 柳本大吾, 石津美穂, 羽角博康, 坂本天, 浦川昇吾, 道田豊, 大槌湾 (三陸リアス式湾) における底層水貫入と傾圧循環, 日本海洋学会 2015 年度春季大会, 2015 年 3 月, 東京都品川区
23. 碓氷典久, 海洋モデルから見えてきた黒潮大蛇行の仕組み, 一般公開シンポジウム「気候系の Hot Spot」, 2015 年 3 月, 東京都目黒区
24. 碓氷典久, 藤井陽介, 坂本圭, 倉賀野連, 気象研究所における沿岸同化モデルの開発, 海洋レーダを用いた海況監視システムの開発と応用, 2014 年 12 月, 福岡県春日市
25. 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
26. 田中潔, 羽角博康, 伊藤幸彦, 小松幸生, 柳本大吾, 坂本天, 浦川昇吾, 石津美穂, 道田豊, 津田敦, 斎藤馨, 小暮一啓, 三陸沿岸における海洋循環の実態解明と水産環境評価, 2014 年度水産海洋学会研究発表大会, 2014 年 11 月, 神奈川県横浜市
27. 倉賀野連, 藤井陽介, 蒲地政文, 海面高度の統計的時空間スケール情報を利用したアルゴ観測網の中規模渦捕捉能力の評価, 日本海洋学会 2014 年度秋季大会, 2014 年 9 月, 長崎県長崎市
28. 坂本天, 浦川昇吾, 羽角博康, 伊藤幸彦, 田中潔, 双方向ネスト太平洋モデルによる日本沿岸域の高解像度生態系モデリング, 日本海洋学会 2014 年度秋季大会, 2014 年 9 月, 長崎県長崎市
29. 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
30. 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
31. 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
32. 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
33. 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
34. 藤井陽介, データ同化夏の学校入門, 第 18 回データ同化夏の学校, 2014 年 8 月, 青森県むつ市
35. 藤井陽介, アジョイント開発者に優しいモデルコーディング, 北大低温研研究集会「海水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

イ. ポスター発表

・国際的な会議・学会等 : 12 件

1. Ishizu, M., S. Itoh, T. Sakamoto, K. Tanaka, S. Urakawa, H. Hasumi, and D. Yanagimoto, Tidal interaction of stratified flow in a drowned valley on the Sanriku ria coast, 2016 Ocean Sciences Meeting, 2016 年 2 月, アメリカ, ニューオーリンズ
2. 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

3. Kuragano, T., Y. Fujii and M. Kamachi, Simple OSE of Argo using space-time scales statistically derived from altimeter data, Ocean Sureface Topography Science Team Meeting 2015, 2015年10月, アメリカ, レストン
4. Sakurai, T., M. Hirabara, M. Higaki, N. Usui, Y. Fujii and H. Tsujino, Operational ocean data assimilation/prediction system for the western North Pacific at JMA, 2015 OSTST meeting, 2015年10月, アメリカ, レストン
5. Fujii, Y., H. Mitsudera, and M. Kamachi, Conservation law on the product between the forward and adjoint variables and its use for the tracing of water mass. , International Workshop on Data Assimilation, 2015年7月, 兵庫県神戸市
6. Fujii, Y., H. Mitsudera, and M. Kamachi, Conservation law on the product between the forward and adjoint variables and its use for the tracing of water mass, International Workshop on Data Assimilation, 2015年2月, 兵庫県神戸市
7. Fujii Y., T. Nakano, N. Usui, S. Matsumoto, H. Tsujino, and M. Kamachi, Pathways of the North Pacific Intermediate Water Identified Through the Tangent Linear and Adjoint Models of an Ocean General Circulation Model, 2014 AGU Fall Meeting, 2014年12月, アメリカ, サンフランシスコ
8. Usui, N., K. Ogawa, T. Yasuda, T. Kuragano, Sea level variability along the Japanese coast in response to changes in the Kuroshio-Kuroshio Extension system, 2014 AGU Fall Meeting, 2014年12月, アメリカ, サンフランシスコ
9. Sakamoto, T. T., L. S. Urakawa, H. Hasumi, S. Itoh, M. Ishizu, and K. Tanaka, Numerical simulation of Pacific water intrusion into Otsuchi Bay, northeast of Japan, using a nested-grid OGCM, 2014 AGU Fall Meeting, 2014年12月, アメリカ, サンフランシスコ
10. 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
11. 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
12. Kuragano, T., Y. Fujii and M. Kamachi, Evaluation of ARGO network for monitoring eddies using space-time correlation scale statistically estimated from 20-year SLA data, 2014 OSTST meeting, 2014年10月, ドイツ, レイクコンスタンス

・国内の会議・学会等：8件

1. 高槻靖, 碓氷典久, 広瀬成章, 豊田隆寛, 藤井陽介, 倉賀野連, 蒲地政文, 若松剛, 田中裕介, 西川史朗, 五十嵐弘道, 石川洋一, 西川悠, 過去30年の黒潮や親潮の詳細な再現～北西太平洋域高解像度海洋長期再解析データの作成～, 第13回環境研究シンポジウム, 2015年11月, 東京都千代田区
2. 五十嵐弘道, 石川洋一, 若松剛, 田中裕介, 西川史朗, 西川悠, 蒲地政文, 倉賀野連, 高槻靖, 藤井陽介, 碓氷典久, 豊田隆寛, 広瀬成章, 北西太平洋海洋長期再解析 (FORA-WNP30) . 2. パフォーマンスの評価とデータ公開について, 日本気象学会2015年度秋季大会, 2015年10月, 京都府京都市
3. 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
4. 碓氷典久, 若松剛, 田中裕介, 広瀬成章, 豊田隆寛, 藤井陽介, 西川史朗, 五十嵐弘道, 西

川悠，石川洋一，高槻靖，倉賀野連，蒲地政文，北西太平洋海洋長期再解析 (FORA-WNP30) IV：黒潮・黒潮統流の再現性，日本海洋学会秋季大会，2015年9月，愛媛県松山市

5. 若松剛，田中裕介，五十嵐弘道，西川史朗，西川悠，石川洋一，碓氷典久，藤井陽介，広瀬成章，豊田隆寛，高槻靖，倉賀野連，蒲地政文，北西太平洋海洋長期再解析 (FORA-WNP30) V－再解析システム概要と同化性能評価－，日本海洋学会 2015 年度秋季大会，2015 年 9 月，愛媛県松山市
6. 西川史朗，豊田隆寛，碓氷典久，石川洋一，若松剛，田中裕介，広瀬成章，藤井陽介，五十嵐弘道，西川悠，高槻靖，倉賀野連，蒲地政文，北西太平洋海洋長期再解析 (FORA-WNP30) III－表層混合層・水塊の再現性評価－，日本海洋学会 2015 年度秋季大会，2015 年 9 月，愛媛県松山市
7. 広瀬成章，碓氷典久，田中裕介，若松剛，石川洋一，豊田隆寛，藤井陽介，西川史朗，五十嵐弘道，西川悠，高槻靖，倉賀野連，蒲地政文，北西太平洋海洋長期再解析 (FORA-WNP30) II－親潮及び日本海海峡通過流量の評価－，日本海洋学会 2015 年度秋季大会，2015 年 9 月，愛媛県松山市
8. 坂本圭，山中吾郎，辻野博之，中野英之，浦川昇吾，碓氷典久，日本沿岸海況監視予測システムに向けた瀬戸内海モデルの開発 II，日本海洋学会 2014 年度秋季大会，2014 年 9 月，長崎県長崎市

報道・記事

なし

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：2年目／5年計画（平成26年度～平成30年度）

研究代表者：福井敬一（火山研究部 第二研究室長）

課題構成及び研究担当者：

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

福井敬一、佐藤英一、新堀敏基、石井憲介、高木朗充（火山研究部）、安藤 忍²⁾（地震津波研究部）、菅井 明²⁾、林 勇太（気象庁地震火山部）、土山博昭¹⁾（気象衛星センター）、駒崎由紀夫、星野俊介²⁾（高層気象台）

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

新堀敏基、石井憲介、佐藤英一、福井敬一（火山研究部）、橋本明弘（予報研究部）、菅井 明²⁾、林 勇太¹⁾（気象庁地震火山部）、土山博昭²⁾、甲斐玲子¹⁾（気象庁予報部）

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。

研究の目標

（課題全体の目標）

噴火現象の即時的な把握技術の開発、大気中の火山灰等の高精度な予測技術の開発を行い、観測値と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高精度な火山灰等の拡散予測を行う。

（副課題ごとの目標）

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2の目標

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。

研究の現状

（1）進捗状況

桜島に加え、当初計画にはなかった御嶽山、口永良部島のレーダーデータの解析を行い、気象レーダーを用いた噴火現象把握手法の研究を進めるとともに、ケルート火山（インドネシア）のひまわりデータ解析による傘型噴煙のモデル化に取り組んだ。

さらに、空振データを利用した噴煙状態の把握手法の改良、リモートセンシング手法を活用した西之島の活動評価に取り組んだ。火山灰等の拡散予測技術の高度化に関しては、前記噴火事例における降灰予測の検証、成層圏での火山灰輸送に関わる問題の改良、三次元噴煙モデルを用いた噴煙柱モデルの改良や巨大噴火のシミュレーションに取り組むとともに、火山噴出物データ同化予測に向け同化システムのプロトタイプ作成に着手した。

また、平成26年度補正予算で整備したXバンドMPレーダー等による桜島噴煙観測を2016年3月に開始すべく準備を進めている。

¹⁾ 平成26年度のみ、²⁾ 平成27年度より

(2) これまで得られた成果の概要

副課題 1

①御嶽山、口永良部島噴火事例解析

ア) 2014年9月27日御嶽山の噴火噴煙は気象庁レーダー7か所で捉えられ、南側へ流下した火砕流及び上昇した噴煙から東方向へ流れた火山灰雲を解析するとともに、噴煙高度の時間変化を抽出した。全国合成レーダーエコーで算出されたエコー頂高度によると、12時00～20分の御嶽山噴火噴煙の最高高度は海拔10kmを超えていた。サイト別の仰角データを見ると、この高度は御嶽山から2番目に遠い東京レーダーで捉えたエコーに大きく依存していた。最高高度になった時刻頃に遠方の山岳から撮影された画像から噴煙高度を解析すると、海拔7～8km程度であり、合成レーダーから推定された頂高度は有意に大きく、合成手法に課題があることが分かった。

イ) 御嶽山噴火直後の火山灰雲について、ひまわり6号のラピッドスキャン画像と7号の赤外面像を解析した結果、かろうじて雲域は検知されたが、輝度温度や雲の移動から雲頂高度の推定は困難であり、赤外差分画像は不明瞭であった。このことから噴煙上部は、火砕流になった下部と比べて、火山灰より水蒸気が多く含まれていた可能性がある。灰と水（雨・雪）を分離して解析する技術研究は、降水時だけでなく晴天時の火山噴火においても重要であることが分かった。

ウ) 2015年5月29日口永良部島噴火噴煙の気象庁レーダー観測網データ、ひまわり画像を解析した。レーダーエコー頂高度は海拔約10kmに達し、ひまわり画像から噴煙の移流高度は8km付近と推測された。また、レーダーのエコー頂高度の時間推移からこの噴火の噴出物総量は66万～110万トンと推定された。

②大規模噴火事例解析・傘型噴煙モデル構築

2014年2月13日に発生したインドネシア・ケルト火山噴火に伴う噴煙のひまわり6号ラピッドスキャン画像、7号赤外面像を解析し、傘型噴煙領域の高度は約16～17km、中心部では最大で約26kmに達したことが分かった。また、傘型噴煙の雲頂の面積拡大率の時間変化などを抽出し、傘型噴煙の一次元モデルと比較し、この事例のモデル化を行った。

③空振・地震データ等を用いた噴火現象、噴煙状態の即時的な把握技術開発

ア) 2011年新燃岳の連続噴火の噴煙エコー最頂部検知時刻を鹿児島空港ドップラーレーダーの各アンテナ仰角のスキャン時刻に遡って求め直し、空振記録とエコー頂の高さの累乗関係の相関について調べた結果、いずれの空振観測点データにおいても、エコー頂の検知時刻の1～5分早い時間帯の空振記録で相関係数は最大となった。空振データにより噴煙成長のダイナミクスを推定できる可能性を示した。

イ) 口永良部島および御嶽山の噴火に伴う空振データおよび噴石の到達距離の資料収集を行った。口永良部島では噴石の到達距離に比べ空振振幅が小さい可能性があることが分かった。

④衛星等リモートセンシング技術を用いた火山活動評価

ア) 気象庁観測船啓風丸船上から西之島においてSO₂放出量観測を行い、2015年6月は約900トン/日、2015年10月は約400トン/日と求められた。また、箱根山においても2016年11月にSO₂放出量観測を行い、19トン/日と求められた。

イ) LANDSAT-8やTerra、EO-1衛星に搭載された光学センサーの画像から西之島の噴煙活動（放熱率）の評価を行うとともに、光学センサーやSARデータを用いて抽出した溶岩流出活動との関連について調査を進めた。この結果、新島が確認され、約2年経過した2015年10月時点でも、その活動は噴火当初とほぼ同じ水準で推移もしくは低下していることが分かった。また、ALOS-2/PALSAR-2の強度画像を用いて、噴火活動に伴う陸域拡大の時間変化について解析し、陸域の拡大速度が一定ではないこと、主火口（中央火砕丘）の位置が期間を通して移動していないことが分かった。

⑤観測・解析処理技術開発

ア) 国土交通省XバンドMPレーダーネットワーク（XRAIN）垂水局で捉えられた桜島噴火噴煙を解析した。噴火直後の強いエコーにより疑似エコーが発生することがあるが、そのような場合でも二重偏波パラメータによって噴煙エコーを抽出することができ、噴煙領域を特定するために有効な二重偏波パラメータを抽出した。

イ) 気象庁レーダー観測網による噴煙頂高度推定における課題を整理した。

ウ) 平成26年度補正予算で整備したXバンドMPレーダー、二次元ビデオディストロメーター、4Kネットワークカメラおよび気象研究所既有的の1分毎に三次元データを取得可能なKuバンド高速スキャンレーダーによる桜島噴煙の観測を平成27年度内に開始すべく準備中である（2016年3月観測開

始予定)。XバンドMPレーダーは桜島南岳の北西約11kmの鹿児島市吉野町に、Kuバンドレーダーは南岳の東約4.3kmの京都大学黒神観測室に設置予定である。

副課題2

①御嶽山、口永良部島噴火事例検証

ア) 2014年9月27日御嶽山噴火時の降灰域について、副課題1で抽出された噴煙高度の時間推移を活用し、気象庁メソモデル(MSM)および局地モデル(LFM)を用いた領域移流拡散モデル(RATM)による予測を行った。聞き取り及び現地調査で確認された降灰分布や花粉センサーネットワークの時系列データと比較検証した結果、気象レーダーで推定された噴煙高度を直接用いると予想降灰域は過大になることを示した。予想降灰域には内陸の噴火に伴う山岳地形の影響が見られるが、MSMとLFMの入力結果の比較からこの過大な広がりモデル地形によるものではなく、初期条件の影響の方が大きいことを示した。

イ) 御嶽山噴火による降灰分布のうち、現在のRATMでは予測できない山の北西方向の降灰については、初期値の噴煙柱モデルに表現されていない火砕流から立ち上る噴煙からの可能性があることを指摘した。

ウ) 2015年5月29日と6月18日口永良部島噴火の降灰予報の検証をおこなった。5月29日の事例検証では、モートンの式に基づく噴出物量推定のブルカノ式噴火への適用方法の検討、風の影響を考慮した噴煙柱モデルへの改良が必要であることが分かった。また遠望カメラ、気象レーダー・衛星とともに噴煙高度が不明であった6月18日の事例検証では、噴煙形状が観測された火山礫の落下時間および輸送距離に及ぼす影響を考慮すると、みかけ高度は5000m、実際は約3000mと推測され、降灰予報(定時)で仮定している噴煙の高さは妥当であったことを確認した。

②大規模噴火事例検証

ア) 大規模噴火の過去事例として、1914年に発生した桜島大正噴火について、当時の噴煙高度や降灰分布を整理し、RATMによる火山灰拡散・降灰予測を行った。気象条件によっては、大正噴火当時と同様に東北地方、さらに北海道まで降灰が予測されることを確認するとともに、連続的噴火の設定や成層圏内の火山灰の輸送過程等の課題を整理した。

イ) 副課題1でモデル化したケルト火山の傘型噴煙モデルを用いて、全球移流拡散モデル(GATM)による降灰量予測分布と、従来利用されていた噴煙柱モデルによる予測結果を、観測された降灰分布や衛星観測の火山灰分布と比較すると傘型噴煙モデルにより予測結果は大幅に改善された。しかし、東京大学地震研究所の三次元噴煙モデルにより計算された火山灰の三次元分布を初期値に用いた結果と比較すると、観測値との整合性は不十分であり、傘型噴煙モデルのさらなる改良が必要となることが分かった。

ウ) GATMを用いて、阿蘇山のカルデラ噴火を想定した降灰シミュレーションを実施した。初期値には三次元噴煙モデルの計算結果からモデルに適した火山灰粒子を抽出したものをを用いる方法を考案して用いた。この結果、地質調査による降灰量と整合した結果が得られ、従来、降灰量は距離とともに減少する分布として描かれていたが、気象状況によっては必ずしもそうではなく、また、遠方の方が、降灰の開始・終了時刻が早くなる地域がある可能性を示した。

③噴煙柱モデル改良

ア) 東京大学地震研究所三次元噴煙モデルによる計算結果をもとに、2011年1月26~27日新燃岳噴火に特化した新しい噴煙柱モデルを構築した。このモデルによって再現された火山灰供給モデルと降灰予報などで使用される単純な噴煙モデルを初期値として気象庁非静力学モデルをもとにした噴煙-降灰モデルによってシミュレートされる噴煙領域とひまわり画像とを比較し、火山灰放出プロファイルの違いが火山灰移流拡散シミュレーション結果に与える影響を検討した。この結果、新しい噴煙柱モデルを用いた場合は従来のものを用いた場合に比べ、火山灰雲分布の再現性が向上するが、初期粒径分布における不確かさについての検討も必要であることが分かった。

イ) 風の影響を受けた噴煙柱モデルへの改良に関して、噴煙の中心軸は、Suzuki(1983)に従って上昇しながら、井田(2014)に従って火口上空の水平風で曲がると仮定したひな型を作成し、口永良部島2015年噴火に対し検証を行っている。

④移流拡散モデル改良

大規模噴火時に成層圏に達した火山灰の輸送を予測する際、高層では空気が希薄になることによる落下速度の変化(抵抗係数のスリップ補正)について、RATMを用いた検討を行った。この補正はミクロンオーダーの火山灰の落下過程に影響すること、短期的な降灰予測への効果はわずかなが、広域に長期間浮遊する火山灰の輸送予測に影響することを確認した。

⑤噴出物データ同化予測システム開発

火山噴出物データ同化・予測システム開発に向け、レーダー観測や衛星観測のデータから取得される火山灰の密度をGATMの初期値として即時的に利用するための三次元変分法に基づく火山灰データ同化システムのプロトタイプを作成し、仮想的な観測値を用いて、その動作確認を行っている。この研究は、気象研究所若手研究制度における「火山灰移流拡散モデルのためのデータ同化技術の開発」（平成27年度）として実施している。

⑥検証ツール開発など

ア) GATM及びRATMの火山灰輸送シミュレーション結果から、降灰分布や浮遊火山灰の鉛直断面、任意高度における水平断面などを画像情報として出力するための可視化ツールを作成した。

イ) 日々の気象場の変化が大規模噴火時の降灰予測に与える影響を点検し、降灰ハザードマップの改良等の研究に活用するため、富士山宝永噴火を想定した降灰シミュレーション計算を毎日実行し、結果を図示するリアルタイムコンテンツの仕組みを構築した。2015年から開始し、計算結果を蓄積している。

ウ) 降灰予測手法とその基礎となる火山灰の性質、観測に係る課題について、次の3編の解説、総合報告を取りまとめた。

- ・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 (2015) 168-176.
- ・入門講座 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 (2015) A67-A77.
- ・火山灰輸送：モデルと予測. 火山60周年特別号(投稿中).

(3) 当初計画からの変更点（研究手法の変更点等）

- ・平成26年9月27日に御嶽山が噴火し大きな火山災害が発生したことから、気象レーダー・衛星による噴煙の解析及びRATMによる降下火砕物予測を緊急に行った。当初利用を予定していなかった、花粉センサーネットワークの観測データを活用し、各地点における降灰時系列とRATMの予測結果を比較検証した。
- ・大規模噴火を超える巨大噴火について、東京大学地震研究所と共同で、阿蘇山のカルデラ噴火を想定したGATMによる降灰量分布の試行計算を行った。本結果はNHKの番組制作にも活用された。
- ・西之島の噴火活動が長期間継続しており、火山活動の推移を評価するため地球観測衛星データを用いた噴煙活動及び地形変化の解析を行うとともに船上からの二酸化硫黄放出量観測を実施した。
- ・噴煙柱モデルの改良のうち、桜島の中～小規模噴火を対象とした風の影響については、鹿児島地方气象台との地方共同研究「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」（平成26～28年度）で取り組み、大規模噴火に対して本課題へ波及させることにした。
- ・火山噴出物データ同化・予測システム開発に向けた研究は、気象研究所若手研究制度における「火山灰移流拡散モデルのためのデータ同化技術の開発」（平成27年度）として当初計画を前倒しして開始した。
- ・平成26年度補正予算でXバンドMPレーダーおよび二次元ビデオディストロメーター整備が認められた。また、気象研究所が保有していたKuバンド高速スキャンレーダーも本研究で利用可能となった。これら機器を用いた観測は2016年3月開始予定である。

(4) 成果の他の研究への波及状況

ケルート火山噴煙の解析結果は、同火山における地震活動や電磁圏変動の解析研究に役立てられている。

今後の研究の進め方

副課題1ではXバンドMPレーダー等による火山噴煙の把握、定量的評価手法の開発を中心にすえ、桜島における観測研究を実施するとともに、気象庁レーダー観測網による噴煙高度推定の高精度化、大規模噴火にも対応可能な噴火即時把握手法の開発を進める。

副課題2では気象庁の新しい数値予報システムに対応した降灰予報の改良、噴煙柱モデルの改良、XバンドMPレーダーで取得されるレーダーデータを活用した火山噴出物データ同化手法の開発を進める。

また、新たに降灰を伴うような規模の噴火が発生した場合は速やかに解析・検証を行い、解析結果

を火山噴火予知連絡会など関係機関に提供する。

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、144ページを参照。

成果発表一覧

（1）査読付き原著論文：4件

1. Kozono, T., H. Ueda, T. Shimbori and K. Fukui, 2014: Correlation between magma chamber deflation and eruption cloud height during the 2011 Shinmoe-dake eruptions., *Earth, Planets and Space*, **66**, 139.
2. Hasegawa, Y., A. Sugai, Yo. Hayashi, Yu. Hayashi, S. Saito and T. Shimbori, 2015: Improvements of volcanic ash fall forecasts issued by the Japan Meteorological Agency., *Journal of Applied Volcanology*, **4**, 2.
3. 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.
4. Ishimoto, H. K. Masuda, K. Fukui, T. Shimbori, T. Inazawa, H. Tuchiya, K. Ishii, T. Sakurai, 2016: Estimation of the refractive index of volcanic ash from satellite infrared sounder data. *Remote Sensing of Environment*, **174**, 165-180.

（2）査読論文以外の著作物（翻訳、著書、解説等）：1件

1. 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）学会等発表

ア. 口頭発表

・国際的な会議・学会等：2件

1. Suzuki, Y. J., M. Iguchi, F. Maeno, S. Nakada, A. Hashimoto, T. Shimbori, K. Ishii, 3D numerical simulations of volcanic plume and tephra dispersal: Reconstruction of the 2014 Kelud 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
2. Kozono, T., H. Ueda, T. Shimbori, K. Fukui, Correlation between magma chamber deflation and eruption cloud height during the 2011 Kirishima-Shinmoe-dake eruptions., 26th General Assembly of the International Union of Geodesy and Geophysics (IUGG2015), 2015 年 6 月, チェコ共和国, プラハ

・国内の会議・学会等：22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. 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
3. 高木朗充, 噴火現象の即時的な把握手法の検討, 桜島火山観測研究集会, 2014 年 5 月, 鹿児島県鹿児島市
4. 石元裕史, 増田一彦, 福井敬一, 新堀敏基, 石井憲介, 桜井利幸, 土山博昭, 赤外サウンドによる火山灰光学特性の推定, 日本気象学会 2014 年秋季大会, 2014 年 10 月, 福岡県福岡市
5. 佐藤英一, 福井敬一, 新堀敏基, 高木朗充, 山内洋, 真木雅之, 気象レーダーを用いた火山噴煙の解析 I : 二重偏波パラメータによる噴煙領域の特定, 日本気象学会 2014 年秋季大会, 2014 年 10 月, 福岡県福岡市
6. 佐藤英一, 気象レーダーを利用した災害の監視 (竜巻から火山まで), 次世代安心・安全 ICT フォーラム 気象・火山・環境監視技術検討会, 2014 年 10 月, 福岡県福岡市

7. 石井憲介, 気象衛星で観測された2014年ケルト火山噴火の傘型噴煙, 次世代安心・安全 ICT フォーラム 気象・火山・環境監視技術検討会, 2014年10月, 福岡県福岡市
8. 石井憲介, 桜井利幸, 鈴木雄治郎, 新堀敏基, 福井敬一, 佐藤英一, 気象衛星でとらえた傘型噴煙—2014年2月13日のケルト火山噴火—, 日本火山学会2014年度秋季大会, 2014年11月, 福岡県福岡市
9. 小園誠史, 上田英樹, 新堀敏基, 福井敬一, 新燃岳2011年噴火におけるマグマ溜まり収縮と噴煙高度の関係, 日本火山学会2014年度秋季大会, 2014年11月, 福岡県福岡市
10. 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, 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」, 2014年12月, 東京都文京区
11. 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, 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」, 2014年12月, 東京都文京区
12. 新堀敏基, 橋本明弘, 石井憲介, 佐藤英一, 福井敬一, 2014年9月27日御嶽山噴火の降灰予測の課題, 平成26年度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
13. 小園誠史, 上田英樹, 新堀敏基, 福井敬一, 新燃岳2011年噴火におけるマグマ溜まり収縮と噴煙高度の関係, 平成26年度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
14. 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
15. 佐藤英一, 福井敬一, 新堀敏基, 石井憲介, 高木朗充, 山内洋, 気象レーダーを用いた火山噴煙観測計画について, 日本気象学会2015年度春季大会, 2015年5月, 茨城県つくば市
16. 佐藤英一, 福井敬一, 新堀敏基, 石井憲介, 高木朗充, 山内洋, 真木雅之, 2014年5月10日桜島爆発的噴火のMPレーダー観測, 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. 石井憲介, 新堀敏基, 福井敬一, 佐藤英一, 橋本明弘, 移流拡散モデルのための即時的な火山灰データ同化システムの構築にむけて, 火山学会秋季大会, 2015年9月, 富山県富山市
18. 山里平, 口永良部島の火山活動と防災, 土木学会平成27年度地盤工学セミナー「火山噴火と土砂災害」, 2015年12月, 東京都新宿区
19. 新堀敏基, 林洋介, 菅井明, 黒木英州, 新しい降灰予報と2015年口永良部島噴火の事例, 平成27年度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
20. 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, 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」, 2015年12月, 東京都文京区
21. 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形分布の推定—, 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, 鹿児島県鹿児島市
22. 橋本明弘, 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, 鹿児島県鹿児島市

イ. ポスター発表

・国際的な会議・学会等: 2件

1. Takagi, A., T. Shimbori, E. Sato, K. Fukui, Relationship between infrasound signals and plume heights by the JMA's weather radar, the Shinmoe-dake 2011 eruption, Japan.,

8th Biennial Workshop on Japan-Kamchatka-Alaska Subduction Processes, 2014年9月, 北海道札幌市

2. Hashimoto, A., Y. J. Suzuki, T. Shimbori, 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

・国内の会議・学会等：17 件

1. 高木朗充, 新堀敏基, 山本哲也, 福井敬一, 気象レーダーによる 2011 年新燃岳噴火の噴煙の高さと空振データの関係, 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. 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 2014 年大会, 2014 年 5 月, 神奈川県横浜市
3. 福井敬一, 安藤忍, ALOS/PRISM を用いた日本国内活火山における噴気活動の評価, 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
4. 新堀敏基, 橋本明弘, 石井憲介, 佐藤英一, 福井敬一, 高層の火山灰の落下速度—鈴木抵抗係数へのカニンガム補正の適用—, 日本火山学会 2014 年度秋季大会, 2014 年 11 月, 福岡県福岡市
5. 福井敬一, 衛星搭載光学センサーを用いた西之島火山の噴煙活動監視, 日本火山学会 2014 年度秋季大会, 2014 年 11 月, 福岡県福岡市
6. 新堀敏基, 橋本明弘, 石井憲介, 佐藤英一, 福井敬一, 林洋介, 林勇太, 菅井明, 長谷川嘉彦, 2014 年 9 月 27 日御嶽山噴火に伴う降灰予報の検証, 日本火山学会 2014 年度秋季大会, 2014 年 11 月, 福岡県福岡市
7. 石井憲介, 鈴木雄治郎, 福井敬一, 新堀敏基, 佐藤英一, 全球移流拡散モデルによるカルデラ噴火時の降灰シミュレーション, 第 12 回環境研究シンポジウム, 2014 年 11 月, 東京都千代田区
8. 気象研究所, 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, 平成 26 年度「災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画」成果報告シンポジウム, 2015 年 3 月, 東京都文京区
9. 石井憲介, 鈴木雄治郎, 新堀敏基, 福井敬一, 佐藤英一, 阿蘇巨大噴火の降灰シミュレーション, 日本地球惑星科学連合 連合大会 2015 年大会, 2015 年 5 月, 千葉県千葉市
10. 新堀敏基, 石井憲介, 佐藤英一, 福井敬一, 横山博文, 大規模噴火を想定した降灰に関する準リアルタイム・コンテンツの作成, 日本地球惑星科学連合 2015 年大会, 2015 年 5 月, 千葉県千葉市
11. 福井敬一, 桜井利幸, 安藤忍, 宇宙からの西之島火山活動監視, 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. 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, 富山県富山市
13. 安藤忍, 福井敬一, ALOS-2/PALSAR-2 データを用いた西之島の衛星画像解析, 日本火山学会 2015 年度秋季大会, 2015 年 9 月, 富山県富山市
14. 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 2015 年度秋季大会, 2015 年 9 月, 富山県富山市
15. 佐藤英一, 福井敬一, 新堀敏基, 石井憲介, 高木朗充, 真木雅之, 菅井明, 黒木英州, 気象庁一般気象レーダーを用いた噴煙の検知能力評価, 日本火山学会 2015 年度秋季大会, 2015 年 10 月, 富山県富山市
16. 福井敬一, 安藤忍, 桜井利幸, 西之島 2013~2015 年噴火における溶岩流出活動と噴煙活動, 日本火山学会 2015 年度秋季大会, 2015 年 9 月, 富山県富山市

17. 福井敬一, 新堀敏基, 佐藤英一, 石井憲介, 気象レーダーで見た火山噴火と新しい降灰予報, 第13回環境研究シンポジウム, 2015年11月, 東京都千代田区

報道・記事

- ・平成26年6月26日、日本テレビ news every 「記者発 川内原発”火山リスク”と「再稼働」(川内, 鹿児島市内における降灰量)
- ・平成26年7月24日、テレビ朝日 モーニングバード! 「川内原発 巨大噴火でなくても危険 問題は火山灰」(川内, 鹿児島市内における降灰量)
- ・平成26年9月21日、NHK テレビ NHK スペシャル「巨大災害 MEGA DISASTER 地球大変動の衝撃 第4集 火山大噴火 迫りくる地球規模の異変」(阿蘇カルデラ噴火時の降灰分布データ提供)
- ・平成26年10月7日、日本経済新聞 「噴煙、気象レーダーで観測 気象庁や鹿児島大 火山灰予報精度を向上」
- ・平成26年11月9日、産経新聞 「気象庁、火山灰の飛散予測改善へ 気象レーダー・衛星活用でより正確に」
- ・平成26年11月15日、テレビ西日本 土曜 NEWS ファイル CUBE「九州の火山の現状～噴火の恐れは? そして対策は～」
- ・平成26年11月20日 (平成27年1月7日再放送)、NHK-BS1 「巨大災害 MEGA DISASTER 地球大変動の衝撃 特別編 第4集 火山大噴火 迫りくる地球規模の異変」(阿蘇カルデラ噴火時の降灰分布データ提供)
- ・平成27年6月25日、毎日放送 VOICE 「特命調査班 活発化する火山・・・関西にも影響か」(桜島大規模噴火で想定される関西地方への火山灰の影響)
- ・平成27年9月11日、NHK 名古屋テレビ 「中部の火山」(富士山大規模噴火で想定される東海地方への火山灰の影響)
- ・平成27年9月25日、KKB 鹿児島放送 「火山のレベル～最前線から～桜島大噴火に対策は?」(気象レーダーによる噴煙観測の紹介)

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：2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）

課題構成及び研究担当者：

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

山本哲也、高山博之、高木朗充、長岡 優、福井敬一（火山研究部）、小林昭夫、安藤 忍、木村一洋、宮岡一樹²⁾、小木曾仁²⁾（地震津波研究部）、鬼澤真也、兒玉篤郎²⁾、長尾 潤²⁾、三浦優司¹⁾、中橋正樹¹⁾（気象庁地震火山部）

副課題2 火山活動の推移想定に関する研究

山本哲也、高山博之、高木朗充、長岡 優、横山博文¹⁾、山里 平²⁾（火山研究部）、安藤 忍（地震津波研究部）、鬼澤真也、加藤幸司（気象庁地震火山部）

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高度化を図る。

研究の目標

（課題全体の目標）

地殻変動データが得られる活動的な火山において、地殻変動源のモデル化とシミュレーションによりマグマ活動を推定する手法を高度化する。噴火に至る多様な地殻変動について過去事例を整理・解析し、事例の少ない火山も含め、火山活動の推移の想定を行う。

（副課題ごとの目標）

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。

研究の現状

（1）進捗状況

伊豆大島等における地殻変動観測では各種観測のデータの蓄積を進めるとともに、地殻変動の解析を行い、火山活動に伴う地殻変動を明らかにした。それらに加えて当初の計画にはなかったが、御嶽山、西之島、箱根山の噴火に対応して火山活動評価のための研究に取り組んだ。

また、水蒸気噴火のポテンシャルの高い火山で、光波測距や地磁気観測への取り組みを行った。

噴火シナリオの改善・作成のために、近年の水蒸気噴火の事例について地震発生の特徴を調査した。

また、火山活動が活発化した御嶽山、口永良部島、蔵王山については、近年の噴煙高度、火山性微動、火山性地震、地殻変動等のデータを収集整理した。

（2）これまで得られた成果の概要

副課題1

①伊豆大島等における地殻変動観測と解析

ア) 伊豆大島においてGNSS、光波測距、ボアホール型多成分ひずみ計による地殻変動観測を引き続き行い、データの解析を通して下記のようなことがわかった。

*H26-H27年度：¹⁾ 平成26年度のみ、²⁾ 平成27年度より

イ) 伊豆大島のGNSS観測データについて、周期1年ほどの短周期の変動と長周期の変動に分離した解析を行い、短周期の変動と長周期の変動では詳細に見ると変動源の位置が異なることがわかった。2013年7月以降2015年1月まで、伊豆大島全体の膨張が継続して、膨張期間には地下の体積変化量が年間100万 m^3 以上の割合で増加したことを推定した。GNSS観測データで上下の変動を調べると2012年を境に隆起速度が加速していることがわかった。特に島の中央部の東西帯状の観測点で隆起速度の加速が大きかった。また、2014年7月下旬に伊豆大島北部で地震活動が活発化し有感地震も発生したが、北部を中心に詳しいGNSSデータの解析を行ったところ、GNSSの基線長データに最大地震に伴うとみられる地殻変動と、その後の島全体の膨張が加速するような地殻変動が検出された。

ウ) 光波測距観測については、GPVを用いた気象補正なども含めた処理の自動化を図り、監視業務にも利用可能なシステムに高度化した。また、伊豆大島の2010年膨張期に光波測距(EDM)観測網の23測線で得られた斜距離データを用い、圧力源推定のモニタリングの可能性について検討した結果、時間分解能がGNSSよりも高い場合がありEDM観測網のみで圧力源の時間変化をモニタリングできる可能性があることを示した。

エ) 2013年2月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の観測では、ひずみデータの蓄積を進めるとともに、観測データの特長把握のために潮汐や気圧変化への応答、遠地地震時の長周期地震動を用いた理論ひずみ波形との比較を行った。また、長期的な特性をみるためにGNSSのデータとの対比を行い、火山体の膨張・収縮に対応した観測データが得られていることを確認した。

オ) 伊豆大島における重力の繰り返し観測を実施しデータの蓄積を進めた。微小な重力変化の議論に不可欠な重力計のスケールファクターについて、その時間変化も含めた検討・整理を行い、重力計個体差による見かけの重力変化の軽減を図った。その上で、2004年から実施している伊豆大島の精密重力測定による重力変化の検討を行ったところ、海岸沿いと北山腹(カルデラ北縁)において100 μgal に達する時間変化が認められた。この変化は、GNSS等の観測から推定される変動源モデルや潮位の経年変化では、振幅、位相ともに全く説明できない。熱水流動シミュレータによる予察的な計算によれば、この重力変化は天水の浸透に伴って生じている可能性がある。

カ) 浅間山では引き続きGPS繰り返し観測を実施した。2015年6月にごく小規模な噴火が発生したが、これに先行する2014年の段階において、2012年から観測されていた火口付近の局所的収縮が見られなくなっていたことを明らかにした。

②御嶽山噴火に関連したデータの解析

ア) 2014年9月27日に噴火した御嶽山の傾斜計データを、気象研究所で継続して開発・機能強化を行っている火山用地殻活動解析支援ソフトウェアMaGCAP-Vを用いて解析し、噴火に伴って火口浅部直下浅部で最大38万 m^3 の体積膨張があったことを明らかにした。

イ) 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。御嶽山の田の原傾斜計については、タンクモデルを用いた降水補正を積雪及び融雪の影響が小さい6月~10月のみに限定して行い、東西成分について、噴火に先立って半月ほど前からやや活発化した山頂直下の地震活動と同期した山上がりの傾斜変化を確認した。また、冠雪火山の傾斜計にとって課題であった融雪の影響について新潟大学・信州大学と共同で調査に取り組み、田の原の傾斜計について融雪の影響を除去する試行調査を行った。

口永良部島では、新岳北東山麓の傾斜計の降水補正に取り組み、島内の鹿児島県の降水量観測データが最も有効であることと、有感地震のあった2015年5月23日からの山下がりの変化を検出した。

箱根山では、神奈川県温泉地学研究所の傾斜計の降水補正に取り組み、幾つかの観測点で降水補正の効果が高いことを確認し、降水補正除去プログラムを温泉地学研究所に提供した。

ウ) モニタリング手法の高度化として、GNSS観測データのスタッキング解析の研究を進めた。御嶽山周辺の基線のスタッキング解析の結果、2014年噴火に先行する御嶽山の膨張を明瞭にしたほか、2007年の活動との比較を行ったところ、2014年噴火の際の深部での体積膨張量は2007年より小さいことがわかった。

また、2015年の箱根山の火山活動では、温泉地学研究所との共同研究による解析で、地震活動の活発化に3週間あまり先行する4月初め頃から地殻変動が始まっていたことが明らかとなった。

エ) 御嶽山では噴火開始の11分ほど前から火山性微動が観測されており、噴火を挟む25分間について御嶽山の山腹および山麓の5つの地震観測点における火山性微動の振幅分布からその震源を推定した。火山性微動の震央は火山性地震の震源域と一致していると考えられる。また、噴火7分前から噴火時にかけて火山性微動の震源が深くなる方向に移動していることがわかった。2008年の雌阿寒岳の噴火の2日前に発生した火山性微動でも震源の移動が検出されており、火山性微動の震源移動検出が火山活動モニタリングに重要である可能性がある。

オ) 御嶽山で発生する火山性地震を、高周波成分の大小に基づいて2つのイベントタイプに分類した。2007年と2014年の噴火前後の地震活動については、噴火前に高周波成分の小さい地震が多く、噴火後に高周波成分の大きい地震が多いという傾向がみられた。噴火前に高周波成分が小さい地震が増加することは、噴火と密接に関わる流体の関与を示唆している。また、脈動等の震動特性の調査解析を行い、御嶽山付近でも海洋の波浪の影響が見られることを明らかにした。

③衛星SARによる火山性地殻変動の検出と火山監視手法の高度化

ア) ALOS/PALSARデータを用いた干渉SAR時系列解析を、国内の主要火山および海外の活動的な火山を対象に解析を行い複数の活火山において、火山活動に伴う地殻変動を検出した。

十勝岳、吾妻山、伊豆大島、三宅島、薩摩硫黄島などでは、火山活動に伴う地殻変動について、GNSS観測結果と調和的な結果が得られた。ニヤムラギラ火山（コンゴ共和国）では、2010年1月噴火の約1年前から山頂付近においてマグマ貫入を示す地殻変動があったことが分かった。マヨン火山（フィリピン）では、2006年7月から10月にかけて発生した噴火に伴う溶岩流について、冷却自重沈降と考えられる衛星視線方向に伸張（地殻変動としては沈降）の変化を検出した。南米チリのLaguna del Maule火山では、マグマ貫入を示す地殻変動が検出されたが、近傍で発生したM8.8の巨大地震前後で地殻変動の速度が変化していることが分かった。

イ) 新たに打ち上げられたALOS-2/PALSAR-2データを用いた差分干渉解析を、国内の複数の活火山を対象に解析を実施した。その結果、雌阿寒岳、十勝岳、吾妻山、御嶽山、箱根山、西之島、硫黄島、霧島山、桜島、口永良部島において火山活動に伴う地殻変動を検出した。また、西之島については、画像の時系列変化から陸域面積の拡大率を求めた。口永良部島については、関連画像から火砕流等の範囲について明らかにした。

ウ) SAR干渉解析結果で地殻変動が得られた火山については、MaGCAP-Vを用いた圧力源推定を行った。十勝岳では、62-2火口直下標高1200m付近に、開口量3mのシル状圧力源（体積増加量、 $6.8 \times 10^4 \text{m}^3$ ）、桜島の8月15日の地震増加時には、昭和火口直下約1.6kmに開口量2mのダイク状圧力源（体積増加量 $1.6 \times 10^6 \text{m}^3$ ）で干渉縞が説明できることが分かった。

エ) 2014年8月に噴火した口永良部島では、詳細な地形観測が噴火後困難であったが、噴火前のALOS/PALSARデータと噴火後のALOS-2/PALSAR-2データ（ただし校正期間中）のSAR強度画像の比較を行うことで、噴火に伴う火口周辺の地形変化を明らかにした。

④他の活動的火山における研究

ア) 西之島火山で自己浮上式海底地震計による観測を2015年6月～10月に実施した。噴火活動に伴うと考えられる震動が記録され、6月には1時間あたり100回程度の震動回数は、10月には50回程度に減少しているものの、地震規模はやや大きくなっていることがわかった。（海上保安庁、地震研究所と連携して観測）

イ) マヨン火山においてGNSS連続および繰返し観測を実施した結果、2014年に入って山体が膨張する動きを観測した。この動きは8月から始まった噴火の準備過程と考えられる。（PHIVOLCSと共同で観測）

また、マヨン火山のGNSS観測データを解析し、2009年噴火に伴い山頂直下の海拔8.5km付近で1300万 m^3 の体積収縮があったことがわかった。

ウ) 十勝岳62-II火口周辺の局所的な山体変動について、地形を考慮した有限要素法による計算で説明できる圧力源について検討を行った。その結果、単純な解析解（茂木モデル）では説明できなかったものが、ある程度まで（2015年6月の前十勝の加速的変動まで）は、説明できることを示した。

エ) 水蒸気噴火の潜在力を有する火山（草津白根山、御嶽山）において光波測距の繰返し観測を実施した。（草津白根山は東京工業大学と、御嶽山火山課機動観測班と共同で観測）

草津白根山については気象庁が実施したGPS繰返し観測のデータを解析し、2013～2014年に湯釜の火口直下200mで3.0万 m^3 の体積膨張があったことがわかった。

オ) 火山活動が活発化した箱根山の大涌谷周辺で、全磁力繰り返し観測を実施した。その結果、ごく小規模な噴火が発生した後、7月から9月にかけて火口群の地下の帯磁を示唆するわずかな地磁気変化が観測された。(神奈川県温泉地学研究所と共同で観測)

カ) 2014年にやや地震活動が活発化した雲仙岳において繰り返しGNSS観測および光波測距観測を実施した。溶岩ドームや山頂部の収縮が継続していることがわかった。

⑤その他

ア) 地殻変動源を精密に推定するためには火山直下の地下構造をより正確に把握する必要があるため地震波速度構造解析を行っている。霧島山周辺について地震波を用いた地震波干渉法により地震波伝播を抽出し走時異常を測定した結果、構造を反映するとみられる速度異常のパターンが捉えられた。この走時異常パターンを速度構造に焼き直すため、表面波位相速度トモグラフィーに取り組んでいる。

イ) 気象庁火山総合観測点データ収集のためのネットワークを構築し、データ形式、伝送ルート等に関して本庁火山課と調整を進め、データ収集の環境を整備した。御嶽山噴火などの際には、この環境によって観測データの収集を行い解析に活用した。また、火山用地殻活動解析支援ソフトウェアMaGCAP-Vの機能強化を行い、データの自動的な表示更新機能などを実装した。

副課題2

- ・近年に国内で発生した、おもに水蒸気噴火について、気象庁の定常観測点の地震データの時系列上の特徴を調査した結果、全体の約3分の2の事象で、噴火直前の地震活動の増大は認められないといえることがわかった。また、残りの3分の1についても、数日前から地震発生率の増加がある、数十個以下の地震の群発がある、というものがほとんどであり、地震数が加速的に増大するという顕著な活動は認められなかった。(東北大学との共同作業)
- ・2014年御嶽山噴火に伴う地殻変動データを再検討し、水蒸気噴火に関わる前駆的地殻変動の検出に向けた予備的な調査を行った。
- ・噴火もしくは火山活動が活発化した御嶽山、口永良部島及び蔵王山について、噴火シナリオの改善・作成のために噴煙高度、火山性微動、火山性地震、GNSSや傾斜計などによる地殻変動等、近年の火山観測データを収集整理して再検討を行った。
- ・御嶽山噴火を踏まえた各種提言に沿って、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気象庁が進めている噴火警戒レベルの判定基準の精査作業に技術的な協力をしている。その中では、火山ごとの活動の特徴を改めて整理するとともに、御嶽山のような水蒸気噴火の可能性も踏まえた着目点の整理等を行っている。
- ・過去の噴火事例の長期的な傾向を整理するために、1万2000年前以降の全世界の火山噴火イベント約1万件の発生時刻と噴火規模を一つのデータファイルとし、地震活動解析ツールで扱えるようにした。これにより複数の火山活動や地震活動を同時に時空間的に様々な角度からの表示が可能となり、火山活動評価の基礎資料としての活用が期待できる。

(3) 当初計画からの変更点(研究手法の変更点等)

副課題1

当初の予定にはなかったが、御嶽山、口永良部島、西之島、草津白根山、箱根山など、噴火が発生したり、活動の高まりが見られた火山については急遽研究対象としてとりあげ、観測やデータの収集に取り組むことで火山活動の研究を行った。特に御嶽山では、傾斜計などによる地殻変動データのほかに、当初計画にはなかったが地震計で観測された火山性微動のデータ解析も行い、噴火時に微動源の移動があったことなどを明らかにした。また、GNSS観測データの解析では、東海地震監視に活用されているスタッキングの手法を火山性地殻変動の解析に用い、噴火に先行する御嶽山の膨張を明瞭にした。

また、従来はマグマの蓄積や移動に着目して研究を進めていたが、御嶽山では水蒸気噴火が大きな被害をもたらしたことから、水蒸気や熱水の挙動などにも着目点を広げることにした。これに基づいて、御嶽山や草津白根山など水蒸気噴火が懸念される火山について、山頂部の地殻変動観測への取り組みを開始した。

同様に、火山活動の推移想定のための研究でも、当初の予定とは異なったが水蒸気噴火についての地震観測データの時系列の調査を近年の国内の火山活動事例について行った。

(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

伊豆大島における地殻変動観測ではマグマの蓄積など火山活動に関連した変化が捉えられており、しかも膨張・収縮を繰り返すような単純とは言えない変化である事が確認されている。このような地殻変動を詳細に把握するために、引き続き観測を行いデータの蓄積を進める。また、それらのデータを活用してSN比の改善などモニタリング手法の高度化のための研究を進める。

また、衛星データによる干渉SAR解析を継続し、地殻変動の検出と解析に取り組む。

伊豆大島で観測されている地殻変動は、単純な圧力源モデル（茂木ソース）では十分に説明できない部分があることも明らかになっている。観測されている地殻変動現象をより広範に的確に説明できるようにマグマ供給系モデルの高度化に取り組む。

また、水蒸気噴火が懸念される火山について、山頂部での地殻変動観測に取り組むとともに、火山ガス、地磁気、熱などの観測データの収集を行い、浅部熱水活動の把握のための研究を行う。より定量的な火山噴火シナリオを構築するために、火山活動の過去事例の整理・解析を行い、気象庁が順次公表を進める噴火警戒レベルの判断基準の精査へも貢献する。

平成28年度に火山監視・警報センターの設置される札幌、仙台、東京、福岡に、気象研究所火山研究部の研究官が各1名配置されることから、監視業務によってえられる火山観測データの活用、地域の火山における研究観測、地元の大学との連携・協力など、地の利を活かした火山活動評価に関する研究への取り組みを進める。

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、145 ページを参照。

成果発表一覧リスト

(1) 査読付き原著論文：2 件

1. Ogiso, M., H. Matsubayashi and T. Yamamoto, 2015: Descent of tremor source locations before the 2014 phreatic eruption of Ontake volcano, Japan, *Earth, Planets and Space*, **67**, 206.
2. Takagi, A., K. Fujiwara, T. Ohkura, A. C. Luis, Jr., A. V. Baloloy, S. Ando, E. Laguerta, and M. A. V. Bornas, 2015: Ground deformation of Mayon Volcano revealed by GPS campaign survey, *Journal of Disaster Research*, **10**, 106-112.

(2) (1) 以外の著作物（翻訳、著書、解説等）

なし

(3) 学会等発表

ア. 口頭発表

・国際的な会議・学会等

なし

・国内の会議・学会等：11 件

1. 安藤忍, 気象庁における SAR 解析の取組と活用状況について, PIXEL 研究集会・SAR 研究の過去と現在、そして未来へ, 2015 年 3 月, つくば市
2. 安藤忍, 縞模様が教えてくれる地震活動～宇宙から捉えた地殻変動～, 地震本部定例説明会, 2015 年 4 月, 東京都
3. 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

4. 岡崎紀俊, 高橋良, 岡大輔, 高橋浩晃, 一柳昌義, 山口照寛, 本多亮, 宮城洋介, 高木朗充, 2010年~2015年における十勝岳の重力変化, 日本火山学会 2015年度秋季大会, 2015年9月, 富山市
5. 木村一洋, 御嶽山田の原の傾斜計東西成分の降水補正, 平成26年度「GPS大学連合」&地殻変動連続観測関係者研究集会, 2015年3月, 岐阜県瑞浪市
6. 木村一洋, 河島克久, 松元高峰, 伊豫部勉, 佐々木明彦, 中橋正樹, 火山監視を目的とした傾斜計に現れる融雪の影響 - 御嶽山田の原の傾斜計の東西成分における融雪の影響を補正する試み -, 雪氷研究大会 (2015・松本), 2015年9月, 長野県松本市
7. 高木朗充, 木村一洋, 横山博文, 御嶽山等における噴火現象のノウキャスト実現の検討, 御嶽山2014年噴火 科学研究費研究集会, 2015年3月, 名古屋市
8. 高木朗充, 岡崎紀俊, 田村慎, 高橋浩晃, 道下剛史, 有限要素法による十勝岳62-2火口の地殻変動の評価, 日本火山学会 2015年度秋季大会, 2015年9月, 富山市
9. 高橋浩晃, 岡崎紀俊, 高橋良, 岡大輔, 田村慎, 一柳昌義, 山口照寛, 本多亮, 宮城洋介, 高木朗充, 十勝岳でのGPS/相対重力測定で検出された重力値の減少, 日本測地学会第124回講演会, 2015年10月, 福岡市
10. 西村太志, 高木朗充, 火山性地震の発生時系列と噴火発生 - 近年の日本の事例から -, 日本火山学会 2015年度秋季大会, 2015年9月, 富山市
11. 山里平, 口永良部島の火山活動と防災, 土木学会平成27年度地盤工学セミナー「火山噴火と土砂災害」, 2015年12月, 東京都

イ. ポスター発表

・国際的な会議・学会等 : 2件

1. Aggangan, B. S., C. J. Clarito, K. Fujiwara, A. Takagi, T. Ohkura and D. Hidayat, Ground deformation analysis and modeling of selected active volcanoes, Cities on Volcanoes 8, 2014年9月, Indonesia Yogyakarta
2. Takagi, A., K. Fujiwara, T. Ohkura, A. C. Luis, Jr, A. V. Baloloy, M. A. V. Bornas and E. Laguerta, Pressure source of Mayon volcano estimated by GPS campaign survey, Asian Seismological Commission 2014, 2014年11月, Philippines Makati City

・国内の会議・学会等 : 32件

1. 安藤忍, 三浦優司, 松森敏幸, 干渉 SAR 時系列解析による国後・択捉島の活火山周辺における地殻変動, 日本地球惑星科学連合 2014年度連合大会, 2014年5月, 横浜市
2. 安藤忍, 高木朗充, InSAR 時系列解析を用いた Mayon 火山周辺における地殻変動, 測地学会第122回講演会, 2014年11月, 茨城県つくば市
3. 安藤忍, InSAR 時系列解析を用いた Nyamuragira 火山地域における地殻変動, 日本火山学会 2014年度秋季大会, 2014年11月, 福岡市
4. 安藤忍, 藤原善明, 2014年御嶽山噴火後に実施した機上観測結果 (速報), 日本火山学会 2014年度秋季大会, 2014年11月, 福岡市
5. 安藤忍, 中橋正樹, 鬼澤真也, ALOS-2/PALSAR-2により捉えられた国内外の活火山周辺における地殻変動, 日本地球惑星科学連合 2015年度連合大会, 2015年5月, 千葉市
6. 安藤忍, 福井敬一, ALOS-2/PALSAR-2 データを用いた西之島の衛星画像解析, 日本火山学会 2015年度秋季大会, 2015年9月, 富山市
7. 安藤忍, InSAR 時系列解析による Laguna del Maule カルデラ火山における地殻変動, 日本測地学会第124回講演会, 2015年10月, 福岡市
8. 安藤忍, 三浦優司, 松森敏幸, 干渉 SAR 時系列解析による国内主要火山周辺における地殻変動, 日本地球惑星科学連合 2015年度連合大会, 2015年5月, 千葉市
9. 小木曾仁, 高周波地震動の空間分布から推定した御嶽山噴火前後の火山性微動の震動源, 日本火

- 山学会 2014 年度秋季大会, 2014 年 11 月, 福岡市
10. 鬼澤真也, 高木朗充, 福井敬一, 安藤忍, 伊豆大島火山のマグマ蓄積期における重力変化, 日本地球惑星科学連合 2014 年度連合大会, 2014 年 5 月, 横浜市
 11. 木村一洋, 中橋正樹, 御嶽山田の原の傾斜計東西成分の降水補正 (1), 日本地球惑星科学連合 2015 年大会, 2015 年 5 月, 千葉市
 12. 木村一洋, 河島克久, 松元高峰, 伊豫部勉, 佐々木明彦, 中橋正樹, 火山監視のための傾斜計の降水補正, 日本測地学会第 124 回講演会, 2015 年 10 月, 福岡市
 13. 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, 日本火山学会 2014 年度秋季大会, 2014 年 11 月, 福岡市
 14. 高木朗充, 藤原健治, 大倉敬宏, A. C. Luis, Jr, A. V. Baloloy, 安藤忍, E. Laguerta and M. A. V. Bornas, GPS キャンペーン観測によるマヨン火山の地殻変動, 日本測地学会第 122 回講演会, 2014 年 11 月, つくば市
 15. 高木朗充, 藤原健治, 大倉敬宏, A. C. Luis, Jr, A. V. Baloloy, 安藤忍, E. Laguerta and M. A. V. Bornas, GPS キャンペーン観測によるマヨン火山の地殻変動 2005-2015 年, 日本地球惑星科学連合 2015 年度連合大会, 2015 年 5 月, 千葉市
 16. 高木朗充, 西澤あずさ, 篠原雅尚, 長岡優, 木村一洋, 森下泰成, 小野智三, 西之島火山周辺の海底地震合同観測, 日本火山学会 2015 年度秋季大会, 2015 年 9 月, 富山市
 17. 高山博之, 山本哲也, 鬼澤真也, 伊豆大島の地殻変動にみられる短周期変動について, 日本火山学会 2014 年度秋季大会, 2014 年 11 月, 福岡市
 18. 高山博之, 山本哲也, 鬼澤真也, 伊豆大島の長期的と短期的地殻変動の分離とそれぞれの変動源について, 日本地球惑星科学連合 2015 年度連合大会, 2015 年 5 月, 千葉市
 19. 高山博之, 山本哲也, 鬼澤真也, 伊豆大島三原山周辺の地殻変動について, 日本火山学会 2015 年度秋季大会, 2015 年 9 月, 富山市
 20. 長尾潤; 地震火山部火山課, 2014 年 3 月以降の草津白根山の火山活動, 日本地球惑星科学連合 2015 年大会, 2015 年 5 月, 千葉市
 21. 長岡優, 西田究, 青木陽介, 武尾実, 大倉敬宏, 吉川慎, 地震波干渉法による霧島山の表面波速度構造推定の試み, 日本火山学会 2014 年度秋季大会, 2014 年 11 月, 福岡市
 22. 長岡優, 加藤幸司, 山本哲也, 横山博文, 御嶽山 2014 年噴火前後における火山性地震のスペクトルの特徴, 日本地球惑星科学連合 2015 年度連合大会, 2015 年 5 月, 千葉市
 23. 長岡優, 西田究, 青木陽介, 武尾実, 大倉敬宏, 吉川慎, 脈動記録を用いた霧島山の表面波速度構造推定の試み, 日本地球惑星科学連合 2015 年度連合大会, 2015 年 5 月, 千葉市
 24. 長岡優, 加藤幸司, 小木曾仁, 山本哲也, 御嶽山における火山性地震のスペクトルの特徴, 日本火山学会 2015 年度秋季大会, 2015 年 9 月, 富山市
 25. 平松秀行, 井上秀穂, 松末伸一, 加藤幸司, 2014-2015 年阿蘇山の噴火活動について, 日本地球惑星科学連合 2015 年大会, 2015 年 5 月, 千葉市
 26. 三浦優司, 安藤忍, 中村政道, 国内の主要な活火山における干渉 SAR 時系列解析, 日本地球惑星科学連合 2014 年度連合大会, 2014 年 4 月, 横浜市
 27. 宮岡一樹, 横田崇, 高木朗充, 鬼澤真也, スタッキング法を用いた GNSS データによる 2014 年御嶽山噴火前後の地殻変動検出, 日本地球惑星科学連合 連合大会 2015 年大会, 2015 年 5 月, 千葉市
 28. 山本哲也, 安藤忍, 小久保一哉, 小林昭夫, 木村一洋, 伊豆大島千波観測点の多成分ひずみ計データの特徴, 日本地球惑星科学連合 2014 年度連合大会, 2014 年 5 月, 横浜市
 29. 山本哲也, 長岡優, 木村一洋, 伊豆大島 伊豆大島の多成分ひずみ計で観測される地震波形の特徴, 日本火山学会 2014 年度秋季大会, 2014 年 11 月, 福岡市
 30. 山本哲也, 高山博之, 高木朗充, 長岡優, 木村一洋, 鬼澤真也, 2014 年 7 月伊豆大島北部の火山性地震増加に伴う地殻変動, 日本地球惑星科学連合 2015 年度連合大会, 2015 年 5 月, 千葉市

31. 山本哲也, 宮岡一樹, 高木朗充・原田昌武・竹中潤・本多亮・道家涼介・萬年一剛, 箱根山大涌谷周辺における全磁力繰り返し観測, 火山学会, 2015年9月, 富山市
32. 横山博文, 藤原善明, 井上和久, 菅野智之, 火山活動を時空間的に俯瞰する試み, 日本火山学会 2014年度秋季大会, 2014年11月, 福岡市

(4) 投稿予定論文 : 15 件

1. Miyaoka, M. and A. Takagi, Detection of crustal deformation prior to the 2014 Mt. Ontake eruption by stacking method, Japan, Earth, Planets and Space (submitted)
2. Prudencio, J., T. Taira, Y. Aoki, H. Aoyama and S. Onizawa, Intrinsic and scattering attenuation images of Usu volcano, Japan, Geophys. Res. Lett. (submitted)
3. Takagi, A. and S. Onizawa, Shallow pressure sources associated with the 2007 and the 2014 Ontakesan volcano eruptions, Japan, Earth, Planets and Space (submitted)
4. 安藤忍 : SAR 干渉解析による噴火前後の地殻変動, 気象庁技術報告第 135 号 (平成 26 年 (2014 年) 御嶽山噴火調査報告) (編集中)
5. 小木曾仁 : 御嶽山の噴火前後の火山性微動の震源推定, 気象庁技術報告第 135 号 (平成 26 年 (2014 年) 御嶽山噴火調査報告) (編集中)
6. 木村一洋 : 降水補正を行った田の原傾斜計東西成分の噴火前後の変動, 気象庁技術報告第 135 号 (平成 26 年 (2014 年) 御嶽山噴火調査報告) (編集中)
7. 高木朗充 : 傾斜変動と GNSS 観測による御嶽山の浅部圧力源, 気象庁技術報告第 135 号 (平成 26 年 (2014 年) 御嶽山噴火調査報告) (編集中)
8. 長岡優 : 噴火前後における火山性地震のスペクトルの特徴, 気象庁技術報告第 135 号 (平成 26 年 (2014 年) 御嶽山噴火調査報告) (編集中)
9. 宮岡一樹 : GNSS スタッキングによる噴火前の地殻変動検出, 気象庁技術報告第 135 号 (平成 26 年 (2014 年) 御嶽山噴火調査報告) (編集中)
10. 気象研究所 [安藤忍] : ALOS/PALSAR 及び ALOS-2/PALSAR-2 データを使った SAR 干渉解析による御嶽山周辺の地殻変動, 火山噴火予知連絡会会報, 119 (印刷中)
11. 気象研究所 [安藤忍] : ALOS-2/PALSAR-2 の強度画像による西之島の地表変化, 火山噴火予知連絡会会報, 120 (印刷中)
12. 気象研究所 [安藤忍] : ALOS-2/PALSAR-2 干渉解析による硫黄島の地殻変動, 火山噴火予知連絡会会報, 120 (印刷中)
13. 気象研究所 [小木曾仁] : 高周波地震動の振幅分布から推定した御嶽山噴火前後の火山性微動の震動源, 火山噴火予知連絡会会報, 119 (印刷中)
14. 気象研究所 [高山博之・高木朗充]・気象庁 : 伊豆大島の地殻変動, 火山噴火予知連絡会会報, 118 (印刷中)
15. 気象研究所 [長岡優] : 西之島における二酸化硫黄放出量観測, 火山噴火予知連絡会会報, 121 (印刷中)

報道・記事

- ・平成 27 年 3 月 27 日、NHK、御嶽山の GNSS データのスタッキング解析
- ・平成 27 年 4 月 9 日、信濃毎日新聞、御嶽山昨年 9 月の噴火ー 1 ヶ月ほど前から地殻変動
- ・平成 27 年 10 月 28 日、信濃毎日新聞、御嶽山 38 万立方メートル膨張

2.4. 研究終了報告

本節には、気象研究所が実施し、平成 27 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. 重点研究

- ・ B6 海溝沿い巨大地震の地震像の即時的把握に関する研究…………… 124

2.4.2. 地方共同研究

- ・ 高頻度衛星雲観測を活用したシビア現象の前兆となる
積乱雲群発生の解析的研究…………… 137

B6 海溝沿い巨大地震の地震像の即時的把握に関する研究

研究期間：平成22年度～平成27年度

研究代表者：吉川澄夫¹⁾、横田 崇²⁾（地震火山研究部 部長）、前田憲二³⁾（地震津波研究部 部長）

課題構成及び研究担当者

副課題1 巨大地震の震源断層の広がりやすべり分布の把握

吉川澄夫¹⁾、横田 崇²⁾、勝間田明男、林元直樹²⁾、吉田康弘²⁵⁾、青木重樹⁵⁾、上野 寛¹¹⁾、弘瀬冬樹⁶⁾、木村一洋⁶⁾、小林昭夫、平田賢治⁷⁾、対馬弘晃⁸⁾、大竹和生⁹⁾、岩切一宏¹²⁾、干場充之¹⁹⁾、宮岡一樹²⁴⁾、藤田健一²⁴⁾、中田健嗣²⁴⁾（地震津波研究部*）、碓井勇二⁴⁾、足達晋平⁴⁾、上野 寛¹⁰⁾、武藤大介¹³⁾、相澤幸司¹⁴⁾、古舘友通¹⁵⁾、清水淳平¹⁵⁾、赤司貴則¹⁵⁾、長岡 優¹⁵⁾、清本真司¹⁶⁾、西 政樹¹⁶⁾、長谷川浩¹⁶⁾、小山卓三¹⁶⁾、森脇 健¹⁷⁾、溜瀨功史¹⁸⁾、露木貴裕²⁰⁾、木村久夫²⁰⁾、長谷川嘉臣²¹⁾、高濱 聡²¹⁾、小木曾仁²¹⁾、迫田浩司²²⁾、船山 稔²²⁾、寶田 司²²⁾、大河原斉場²³⁾（気象庁地震火山部）、山崎 明¹¹⁾（地磁気観測所）、吉田康宏²⁶⁾（気象大学校）

副課題2 巨大地震発生直後の地震動の把握

吉川澄夫¹⁾、横田 崇²⁾、前田憲二³⁾、勝間田明男、吉田康弘²⁵⁾（気象大学校）、青木重樹⁵⁾、木村一洋²⁶⁾、小林昭夫⁶⁾、上野 寛¹⁰⁾、岩切一宏¹²⁾、武藤大介¹³⁾、干場充之¹⁹⁾（地震津波研究部*）、西宮隆仁¹⁾、石垣祐三¹⁵⁾（気象庁地震火山部）

研究の目的

海溝沿い巨大地震発生直後にその震源断層の広がりや断層のすべり分布を把握する手法開発を行うと共に、推定された震源断層の広がり・すべり分布に基づき地震動分布を推定する手法を開発することにより、巨大地震に係るいっそう適切な評価や被害把握等、災害の拡大防止等に直結する地震防災情報の提供を可能にし、国民の安全・安心に寄与する。

研究の目標

（課題全体の目標）

地震発生から10～20分以内に、断層のすべり分布や地震動分布を推定する手法を開発する。

（副課題ごとの目標）

副課題1

- ①巨大地震の震源域のおよその広がりを地震発生直後2～3分以内に把握できる手法を開発する。
- ②現在の技術において、地震発生後10～20分程度で推定を行っている断層のすべりの大きさや方向について、さらに迅速（5～10分）に、かつ信頼度の高い推定結果を得られる手法を開発する。
- ③震源域の把握の信頼度を確保するため、前述とは独立した手法として、震源域と概ね一致する余震の震源分布を地震（本震）発生後10～20分以内に把握するための震源位置決定手法を開発する。
- ⑤震源断層上の大まかなすべり分布を震発生後10～20分で推定する手法を開発する。

*H22-H25年度：地震火山研究部、¹⁾平成22年度、²⁾平成23-25年度、³⁾平成26-27年度、⁴⁾平成22-23年度、⁵⁾平成22-23年度、平成25-27年度は気象庁地震火山部、⁶⁾平成22-25年度、⁷⁾平成26-27年度は客員研究員、⁸⁾平成22-24年度、⁹⁾平成22年度、平成23年度は気象庁地震火山部、¹⁰⁾平成22-23、26-27年度、平成24-25年度は地震火山部、¹¹⁾平成22-23、26-27年度、平成24年度は気象庁地震火山部、平成25年度は地震火山研究部、¹²⁾平成22年度、平成23-25年度は気象庁地震火山部、¹³⁾平成22年度、平成23-24年度は地震火山部、¹⁴⁾平成23-24年度、¹⁵⁾平成24年度、¹⁶⁾H24-25年度、¹⁷⁾平成24-27年度、¹⁸⁾平成24-26年度、¹⁹⁾平成24-27年度、²⁰⁾平成25-27年度、²¹⁾平成25年度、²²⁾平成26年度、²³⁾平成27年度、²⁴⁾平成26-27年度、²⁵⁾平成25-26年度、²⁶⁾平成22-23年度、平成27年度は気象大学校

副課題2

地震観測データと震源断層上のすべり分布推定結果に基づいて、さまざまな周波数帯の地震動分布を地震発生後10～20分後に推定する手法を開発する。

主な研究成果

(課題全体の研究成果の概要)

副課題1については、平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震の発生をうけて、長周期地震波に基づく規模推定・強震動継続時間に基づく断層長推定・長周期P波マグニチュード決定法など様々な規模推定手法を開発し、一部については平成25年3月から気象庁の津波警報業務に取り入れられている。

また、大学を中心とした海底地震計による余震観測に参加し、東北地方太平洋沖地震の詳細な余震分布の把握に寄与した。更にGNSSデータを用いた断層面推定手法、準自動すべり分布推定手法を開発した。

副課題2の地震動分布推定として、観測点補正と地盤情報を組み合わせた速度応答分布推定法やデータ同化手法を用いた地震動履歴推定手法を開発した。

(副課題ごとの研究成果)

副課題1

①断層の巨視的パラメータの把握

【巨大地震の規模推定】

- 巨大地震の規模の過小評価防止手法として、地震波の長周期成分をモニターする方法を考案した。当手法は平成25年3月から気象庁の津波警報業務に取り入れられている。
- 巨大地震の早期規模推定法として、強震動域の広がりから規模を推定する手法を開発した。当手法は平成25年3月から気象庁の津波警報業務に取り入れられている。また、異常震域補正及び増幅度補正を行うことにより、マグニチュード推定の精度を上げることが出来ることを示した。
- 巨大地震の早期規模推定法として、主に地震のP波部分を用いて地震のマグニチュードを推定する手法(Mwp、松代Mw、Mp)について、日本付近で起きたM7以上の地震について検証を行った。その結果、M8クラスであれば発震時から3分以内に規模が推定できることを明らかにした。経過時間に対するマグニチュードの成長を見ることで、M9クラスについても発震時から3分経過した時点で、解析している地震がM8クラスより大きくなるか否かを判断できることを確認した。
- 巨大地震の早期規模推定法として、周期100秒までの様々な周期帯の地震波形の最大振幅からマグニチュードを推定する手法を開発した。平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震や2010年チリ地震に適用し、地震発生後3分以内でほぼ最終値が得られることを確認した。当手法は平成25年3月から気象庁の津波警報業務に取り入れられている。
- 即時的に断層の広がりを評価する手法の一つとして、強震動の継続時間に着目した手法の評価を行った。Mwに対して、各地震の平均強震動継続時間のばらつきが大きいと直接の評価は困難であるが、直後に入手できる情報の一つとして、M8を超える規模かどうかの判断の目安にはなりうることを示した。
- 地震の規模を推定する手法の一つとして、単独観測点からの規模推定法について検討した。強震動継続時間中の最大変位振幅を用いることで、津波を引き起こす可能性のある地震の発生を把握することが可能であることを示した。

【CMT解析】

- 国内の広帯域地震記録を用いたW-phase解析の自動化を行うことにより、最短で地震発生後約6分でMwを推定することを可能とした。W-phase自動解析法は、平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震発生後に、気象庁の監視業務に使用されている。
- 気象庁におけるCMT解析において使用されている地球モデルの改良や、深さ方向のグリッドサーチの採用、バンドパスフィルターの改良などを行うことにより、CMT解を安定して求められるようにした。
- 規模が大きな地震において、初期破壊開始点とセントロイドの位置が違いすぎると解が適正に求められなくなることを改善するために、初期値を空間的に変化させることにより、規模が大

きい地震でも安定的にCMT解を求められるように改良を行った。

- CMT解の精度向上に向けて、初動解との系統的な比較を実施し、大局的には両者は一致していることを示した。また、メカニズム解分布の比較のために、三角ダイアグラムを利用した統計的手法を開発した。

【震源の広がり・アレイ解析】

- プレート境界面に震源域を仮定した上で、震源域から遠い場合には弱い揺れであるという点に注目して、震度分布から震源域を推定する手法を開発した。
- 断層破壊過程を即時的にイメージするための手法として、規格化短周期波形エンベロープを用いた震動源探索手法を開発し、数値シミュレーションでその有効性を示すとともに、平成6年（1994年）三陸はるか沖地震や平成15年（2003年）十勝沖地震、平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震などの実際の地震に適用した。平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震の解析においては、東北地方や関東地方にかけての強い震度の分布を説明できる高周波励起源の分布を明らかにすることができた。
- 強震動の継続時間の方位角分布から破壊伝播の特徴を抽出する手法を開発し、この手法を用いて、平成15年（2003年）十勝沖地震とその最大余震の破壊伝播方向や断層長の評価を行い、最大余震は本震と同程度の断層長をもつ通常とは異なる地震であることを明らかにした。
- 福島第一原子力発電所の稠密強震アレイを用いて平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震の際の入射波の到来方向の時間変化を調べた結果、その傾向は宮城県沖から茨城県沖への高周波励起源の移動と整合的であり、稠密アレイにより巨大地震の破壊伝播を直接補足可能であることを示した。

②余震分布からの震源断層の特徴把握

【震源決定手法】

- 気象庁で用いられている自動震源決定において精度評価法の改良を行い、信頼性のある震源が得られるようにした。得られた自動震源は平成23年3月から気象庁のHPに公開されている。
- 自動震源決定手法として、余震の地震波形データのスタッキングによる検知手法、パーティクルフィルターに基づく震源決定手法、パターンマッチを用いたイベント検出法について評価試験を行い、内陸地震の余震活動の自動震源決定による大まかな把握に目処がついた。パーティクルフィルターに基づく手法は、気象庁における震源決定業務に、パターンマッチを用いた手法は気象庁における深部低周波地震の監視業務に平成27年度末から用いられる予定となっている。
- 自動震源決定手法として、相の立ち上がり検出困難な場合にも適用可能なエンベロープを用いたイベント検出・震源推定手法を開発した。
- 三次元速度構造震源計算について、これまでの結果において不適当な震源分布の原因の一つとなっていた速度不連続面を除いて速度構造を設定し、浅い部分の速度構造を推定した上で震源決定に適用した。
- 三次元速度構造震源計算を行うための調査として、日本全国のモホ面分布を含めた日本列島の地震波速度分布を求めた。
- 三次元速度構造震源計算をルーチン業務に用いるための障害となっている計算時間を短縮するため、観測点ごとの走時表を用いた手法を開発しその速度や精度に関する評価を行った。
- 余震分布から推定した平成16年（2004年）新潟県中越地震の断層配置の複雑さと余震活動度の関係について調査し、両者に相関がある可能性を指摘した。

【海底地震計観測】

- 平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震（M9.0）の自己浮上式海底地震計を用いた緊急余震観測を、気象庁の観測船などを用いて複数の大学・研究機関と共同で分担して実施した。その結果、本震時にすべりの大きかった海溝付近の領域（例えば宮城沖）で余震活動が少ないこと、余震域南部は、関東地方に沈み込んだフィリピン海プレート北端縁付近までしか及んでいないことなどを明らかにした。
- 南海トラフ沿いの地震活動の把握と海域における震源の正確な位置の把握のため、潮岬南方沖トラフ軸南側において自己浮上式海底地震計を用いた観測を実施し、アウターライズから沖合の海溝軸からおよそ100kmの範囲において活発な地震活動があることを見いだした。
- 南海トラフ沿いおよびフィリピン海プレート内部の地震活動の把握と海域における震源の正確

な位置の把握のため、静岡・三重県沖の東部南海トラフ域および潮岬南方沖において取得された自己浮上式海底地震計データの解析・処理を進めた。東部南海トラフ域では気象庁がケーブル式海底地震計を設置しており、同ケーブル地震計によって海域の地震の震源決定精度が向上していることなどを確認した。

- 2011年10月から東海地震想定震源域東部（駿河湾周辺域）において、繰り返し海域地震観測を行い、トラフ軸付近での極浅い地震活動の存在を確認した。
- 西之島近海を含めた小笠原諸島域において自己浮上式海底地震計観測を実施し、当領域における正確な震源位置と地震活動状況の把握を行った。

③震源断層のすべり分布の把握

- 平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震の震源過程を遠地実体波及び近地強震記録を用いて解析を行い、本地震は宮城県沖の海溝軸近くで大きくすべり、すべり量は最大約40mに達したことを明らかにした。
- 平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震の主な12の前震と余震の震源過程解析を行い、各地震のすべり分布を求めた。
- 長周期バックプロジェクション法により、大きなすべりのあった領域の推定を行う手法を開発した。
- 通常より短周期帯域のW-phaseを用いて、セントロイドの時間変化を推定する手法を開発し、平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震へ適用し、破壊域の広がる過程がある程度把握できることを確認した。
- GNSSデータを用いてW-phase解析により、断層のすべり方向等の基本的な断層パラメータを得た上で更に永久変位を用いて断層の幅や長さを推定する手法を開発し、平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震などに適用し、断層面が適正に推定できることを確認した。
- 遠地実体波を用いた震源過程解析において、スケーリング則に基づき各種事前設定パラメータの最適化を行うことで、ほぼ自動的な解析を可能とした。その手法をM8を超える世界の地震に対して適用し、多くの場合適正に解が得られることを確認した。
- 2000年以後日本付近で起きたM7以上の地震について、ひずみ計を用いて破壊の方向を推定する手法の有効性を確かめた。ひずみ計から見込む角度の解像度は約10度となっており、それより大きな変化については検出できることを確認した。
- 2009年にサモアで起きた地震について、ひずみ計の記録をデコンボリューションすることで震源時間関数を求める手法を適用し、この地震が正断層とスラストの2つのメカニズムの地震が連発して起きていることを確かめた。
- 地震に関わる地殻変動観測手法として、ALOS/PALSARデータを使った差分干渉解析を平成26年11月22日に発生した長野県北部の地震に適用し、地殻変動分布を明らかにした。

副課題2

- 震度観測点の増幅度補正值を見直すとともに、震度補正として異常震域補正を加えて震度分布を得られるようにした。
- 2000年以後日本付近で起きた大きな地震について、周期0.5秒～10秒の応答スペクトルを求め、隣接観測点の応答比が地震によって数倍程度異なることがあるという結果を得た。
- 震源位置やメカニズムが類似の地震であっても、同一観測点における速度応答の値がどの周期帯でも2倍程度異なる場合があることを見いだした。
- 応答スペクトル比と地盤情報の関連性について調査し、周期3秒までは深さ30mまでの平均S波速度との相関が高く、更に長周期については1次固有周期との相関が高いことを明らかにした。
- 隣接観測点の速度応答の補正と、応答の地盤補正を組み合わせることで、速度応答分布を推定する手法を開発した。
- 気象庁震度計のサイト増幅率をコーダ規格化法により導出し、その増幅率により震度予測の試みを行った。また、全国的に増幅率を調査した結果、0.75～2Hzの低周波数側では、堆積層が厚い平野部などで増幅率が大きくなり、高周波数側では地域的なコントラストが弱くなることがわかった。
- M9クラスの地震の強震動生成域のスケーリングについてとりまとめ、M9クラスの短周期の強震動予測には、従来までのM7, 8クラスの地震用のレシピの延長を考えるのではなく、M8クラスの

レシピを複数用いることで十分であることを確認した。

- データ同化手法を取り入れた地震動の時間履歴推定法について、周期1~8秒の地震動について調べたところ、ほぼ適切に推定できていることが確認された。

当初計画からの変更点（研究手法の変更点等）

- 平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震（M9.0）の津波警報において問題が顕在化した、巨大地震の即時的規模推定手法に注力して手法開発を進めた。
- 規模推定手法について、補正予算を用いてリアルタイム処理における検討を加速した。
- 平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震の余震発生状況を正確に把握するため、急遽科学研究費補助金を活用した形で同地震の海域余震観測を実施した。
- 平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震の発生後、特に進展したGNSSのリアルタイム地殻変動を反映した規模・すべり分布推定、長時間に及ぶ長周期地震動に対処するため、研究計画を1年延長した。

成果の他の研究への波及状況

- 平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震の震源過程解析結果は、同年5月に論文化したことにより、地震学や地震工学関連の多くの研究で引用されている。
- この研究は、JST・JICAの支援を受けて行っているチリ国との共同研究である「津波に強い地域づくり技術の向上に関する研究」を通じて、チリ国との研究者と情報やデータ交換を行い協調して研究開発を進めた。
- 科学研究費補助金を用いて行った平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震の余震観測に参加し、余震分布の正確な把握に寄与した。

今後の課題

- 規模の大きな通常の地震に関する解析手法の開発は進んだが、津波地震などの特殊な地震に関しては規模推定について過小評価の可能性が考えられ、ここで開発した手法では十分ではない点があるとみられる。
- 即時的にすべり分布推定を推定する手法の開発は進んだが、想定東海地震の判定などの用途を考えた場合、推定時間の短縮や信頼性の確保などについて更に手法の改良が望まれる。
- 実用的な自動震源決定手法の開発が進んだが、更に沖合の地震に対する精度向上などについては改善の余地があるとみられる。

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、気象研究所評議員会評価分科会（地震火山津波分野）において終了時評価を実施した。終了評価の総合所見については、146ページを参照。

成果発表状況

（1）査読論文：24件

- Katsumata, A., 2010: Depth of the Moho discontinuity beneath the Japanese islands estimated by travelttime analysis, *J. Geophys. Res.*, **115**, B04303, doi:10.1029/2008JB005864.
- 青木重樹, 岡田正実, 2010: 三角ダイヤグラムを用いたメカニズムタイプの変化の統計的検出, *地震*, **63**, 101-105.
- Yoshida, Y., H. Ueno, D. Muto, and S. Aoki, 2011: Source process of the 2011 Off the Pacific Coast of Tohoku earthquake with the combination of teleseismic and strong motion data, *Earth Planets Space*, **63**, pp565-569, doi:10.5047/eps.2011.05.011.
- Shinohara, M., T. Yamada, K. Nakahigashi, S. Sakai, K. Mochizuki, K. Uehira, Y. Ito, R. Azuma, Y. Kaiho, T. No, H. Shiobara, R. Hino, Y. Murai, H. Yakiwara, T. Sato, Y. Machida, T. Shinbo, T. Isse, H. Miyamachi, K. Obana, N. Takahashi, S. Kodaira, Y. Kaneda, K. Hirata, S. Yoshikawa, K. Obara, T. Iwasaki, and N. Hirata, 2011: Aftershock observation of the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake by using ocean

- bottom seismometer network, *Earth Planets Space*, **63**, 835-840, doi:10504/eps2011.05.020.
5. Iwakiri, K., M. Hoshiya, K. Nakamura, and N. Morikawa, 2011: Improvement in the accuracy of expected seismic intensities for earthquake early warning in Japan by using empirically estimated site amplification factors, *Earth Planets Space*, **63**, 57-69.
 6. 岩切一宏, 干場充之, 大竹和生, 2011: 近距離に注目した既往の距離減衰式の検討 —緊急地震速報の震度予測への適用性評価—, *験震時報*, **75**, 25-36.
 7. Hoshiya, M. and Kazuhiro Iwakiri, 2011: Initial 30 seconds of the 2011 off the Pacific coast Tohoku earthquake (M_w 9.0) - amplitude and τ_c for magnitude estimation for Earthquake Early Warning -, *Earth Planets Space*, **63**, 553-557.
 8. Iwakiri, K. and M. Hoshiya, 2012: High-Frequency (>10Hz) Content of the Initial Fifty Seconds of Waveforms from the 2011 Off the Pacific Coast of Tohoku Earthquake, *Bull. Seism. Soc. Am.*, **102**, 2232-2238.
 9. 青木重樹, 吉田康宏, 勝間田明男, 干場充之, 2012: 強震動の継続時間から見た平成15年(2003年)十勝沖地震とその最大余震の破壊伝播特性, *地震*, **65**, 163-174, doi:10.4294/zisin.65.163.
 10. Shinohara, M., Y. Machida, T. Yamada, K. Nakahigashi, T. Shinbo, K. Mochizuki, Y. Murai, R. Hino, Y. Ito, T. Sato, H. Shiobara, K. Uehira, H. Yakiwara, K. Obana, N. Takahashi, S. Kodaira, K. Hirata, H. Tsushima, and Takaya Iwasaki, 2012: Precise aftershock distribution of the 2011 off the Pacific coast of Tohoku earthquake revealed by ocean bottom seismometer network, *Earth Planets Space*, **64**, 1137-1148, doi:10.5047/eps.2012.09.003.
 11. Katsumata, A., H. Ueno, S. Aoki, Y. Yoshida and S. Barrientos, 2013: Rapid magnitude determination from peak amplitudes at local stations, *Earth Planet Space*, **65**, 843-853.
 12. 清本真司, 溜瀧功史, 足達晋平, 上野寛, 森脇健, 塩津安政, 横田 崇, 2013: 地域地震センターデータ処理システム (REDC) における自動震源処理とその結果について, *験震時報*, **77**, 15-29.
 13. 碓井勇二, 山内崇彦, 瀬戸博巳, 2013: 気象庁における CMT 解析の改良, *験震時報*, **77**, 39-45.
 14. 山内崇彦, 碓井勇二, 2013: 解析初期値の推定にグリッドサーチを用いた自動 CMT 解析, *験震時報*, **77**, 47-53.
 15. 碓井勇二, 山内崇彦, 2013: 気象庁における国内広帯域地震計を用いた自動 Wphase 解析, *験震時報*, **77**, 55-62.
 16. 武藤大介, 上野寛, 溜瀧功史, 岩切一宏, 2014: 平成23年(2011年)東北地表太平洋沖地震以降に活発化した福島県浜通りから茨城県北部における地震活動の特徴とその要因, *験震時報*, **78**, 1-28.
 17. 武藤大介, 上野寛, 川添安之, 岩切一宏, 2014: 平成23年(2011年)東北地表太平洋沖地震の前後に発生した地震の震源過程の解析, *験震時報*, **78**, 29-44.
 18. 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, *Geophys. Res. Lett.*, **41**, 3390-3397, doi:10.1002/2014GL059863.
 19. Tsushima, H. and Y. Ohta, 2014: Review on near-field tsunami forecasting from offshore tsunami data and onshore GNSS data for tsunami early warning, *J. Disaster Res.*, **9**, 339-357.
 20. Hoshiya, M., S. Aoki, 2015: Numerical shake prediction for earthquake early warning: data assimilation, real-time shake mapping, and simulation of wave propagation, *Bull. Seismol. Soc. Am.*, **105**, 1324-1338, doi:10.1785/0120140280.
 21. 武藤大介・勝間田明男, 2015: 長周期地震動と地盤構造の関係について, *気象研究所研究報告*,

66, 1-14.

22. Katsumata, A., 2015: Fast hypocenter determination in an inhomogeneous velocity structure using a 3D travel-time table, *Bull. Seismol. Soc. Am.*, **105**, 3203- 3208, doi:10.1785/0120150122.
23. 馬場久紀・平田賢治・山崎明・対馬弘晃・勝間田明男・前田憲二・上野寛・青木重樹・小林昭夫・木村一洋・弘瀬冬樹・長尾年恭, 2015:自己浮上式海底地震計(OBS)を用いた駿河湾石花海周辺海域における連続地震観測, *東海大学海洋研究所報告*, **36**, 23-29.
24. 溜瀧功史・森脇健・上野寛・東田進也, 2016: ベイズ推定を用いた一元化震源のための自動震源推定手法, *駿震時報*, **79**, 1-13.

(2) 査読論文以外の著作物(翻訳、著書、解説): 3件

1. 気象研究所, 2011: 平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震の短周期エンベロップを用いた振動源イメージング, *地震予知連絡会会報*, **86**, 74-79.
2. 気象研究所, 2011: 平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震について, *地震予知連絡会会報*, **86**, 66-70.
3. Katsumata, A., S. Aoki, Y. Yoshida, H. Ueno and T. Yokota, 2012: Rapid source parameter estimation of great earthquakes for tsunami warning, *Proceeding of International Symposium on Engineering Lessons Learned from the 2011 Great East Japan Earthquake*.

(3) 学会等発表

ア. 口頭発表

・国際的な会議・学会等: 5件

1. Aoki, S, 2010: Complicated fault geometries of shallow destructive inland earthquakes with high aftershock activity -the Mid Niigata Earthquake in 2004 and the Mikawa Earthquake in 1945-, *8th Joint Meeting of UJNR Panel on Earthquake Research*, 0-01.
2. Katsumata, A., S. Aoki, Y. Yoshida, H. Ueno and T. Yokota, 2012: Rapid source parameter estimation of great earthquakes for tsunami warning, *International Symposium on Engineering Lessons Learned from the 2011 Great East Japan Earthquake*.
3. Shinohara, M., T. Yamada, Y. Machida; K. Nakahigashi, K. Mochizuki, Y. Murai, R. Hino, Y. Ito, T. Sato, H. Shiobara, K. Uehira, H. Yakiwara, K. Obana, N. Takahashi, S. Kodaira, K. Hirata, H. Tsushima, Aftershock activity of the 2011 off the Pacific coast of Tohoku earthquake from ocean bottom seismometer network observation, 2011 AGU Fall Meeting, U51B-0006.
4. Shinohara, M., Y. Murai, R. Hino, T. Sato, H. Shiobara, K. Uehira, H. Miyamachi, S. Kodaira, Y. Kaneda, K. Hirata, and OBS Observation Group, 2011: Aftershock Observation of the 2011 off the Pacific Coast of Tohoku Earthquake by Ocean Bottom Seismometer Network, 2011 AOGS meeting, SE87-A027.
5. Katsumata, A., 2012: Tsunami Warning by Japan Meteorological Agency on March 11th, 2011, *SATREPS Peru-Chile-Japan Symposium on Earthquake and Tsunami in Tacna*.

・国内の会議・学会等: 21件

1. 勝間田明男, 鎌谷紀子, 2010: 中国地方の最上部マントル内不連続面の謎, *日本地球惑星科学連合2010年大会予稿集*, SSS015-03.
2. 山崎明, 岩切一宏, 青木重樹, 平田賢治, 岡部来, 坂井孝行, 棚田理絵, 紀伊半島南方沖の南海トラフ周辺で発生している微小地震活動の特徴について, *日本地球惑星科学連合2010年大会*, SCG086-12, 2010.
3. 青木重樹, 吉田康宏, 勝間田明男, 2010: 断層破壊の即時的イメージングにむけて一規格化短周期波形エンベロップを用いたアプローチ, *東海地震の予知手法等に関する勉強会(第5*

回) .

4. 青木重樹, 吉田康宏, 勝間田明男, 2011: 規格化短周期エンベロープを用いた断層破壊の即時的イメージング, 日本地球惑星科学連合 2011 年大会予稿集, SSS023-18.
5. 上野寛, 足達晋平, 碓井勇二, 清本真司, 迫田浩司, 溜瀧功史, 山内崇彦, 塩津安政, 横田崇, 2011: 一元化自動震源と初動メカニズム解及び自動CMT解の高度化, 日本地球惑星科学連合 2011 年大会予稿集, STT055-03.
6. 青木重樹, 吉田康宏, 勝間田明男, 干場充之, 2011: 2003 年十勝沖地震や 2011 年東北地方太平洋沖地震の強震動の継続時間から見た破壊伝播の特徴, 日本地震工学会大会—2011 梗概集, 410-411.
7. 横田崇, 増田徹, 山口耕作, 2011: 計測震度の即時的評価, 2011 年日本地震学会秋期大会, D22-14.
8. 尾鼻浩一郎, 高橋 努, 山本揚二郎, 藤江 剛, 中村恭之, 高橋成実, 小平秀一, 金田義行, 篠原雅尚, 村井芳夫, 日野亮太, 佐藤利典, 植平賢司, 八木原寛, 平田賢治, 2011 年 3 月東北地方太平洋沖地震に伴う海溝海側斜面の余震活動, 2011 年日本地震学会秋期大会, B31-04.
9. 高橋努, 尾鼻浩一郎, 山本揚二郎, 藤江剛, 中村恭之, 高橋成実, 小平秀一, 金田義行, 篠原雅尚, 村井芳夫, 日野亮太, 佐藤利典, 植平賢司, 八木原寛, 平田賢治, 東北地方太平洋沖地震の海溝海側余震域における散乱減衰と内部減衰の空間変化, 2011 年日本地震学会秋期大会, P1-22.
10. 篠原雅尚, 山田知朗, 町田祐弥, 中東和夫, 望月公廣, 塩原肇, 一瀬建日, 真保敬, 岩崎貴哉, 小原一成, 平田直, 村井芳夫, 勝俣啓, 東龍介, 日野亮太, 伊藤喜宏, 鈴木健介, 藤本博己, 木戸元之, 長田幸仁, 佐藤利典, 植平賢司, 八木原寛, 宮町宏樹, 小平秀一, 高橋成実, 尾鼻浩一郎, 金田義行, 平田賢治, 対馬弘晃, 勝間田明男, 横田崇, 山崎明, 小池哲治, 阿部正雄, 平松秀行, 海底地震計を用いた平成 23 年東北地方太平洋沖地震の余震観測, 2011 年日本地震学会秋期大会, B31-02.
11. 篠原雅尚, 山田知朗, 町田祐弥, 中東和夫, 望月公廣, 塩原肇, 一瀬建日, 真保敬, 岩崎貴哉, 小原一成, 平田直, 村井芳夫, 勝俣啓, 東龍介, 日野亮太, 伊藤喜宏, 鈴木健介, 藤本博己, 木戸元之, 長田幸仁, 佐藤利典, 植平賢司, 八木原寛, 宮町宏樹, 小平秀一, 高橋成実, 尾鼻浩一郎, 金田義行, 平田賢治, 対馬弘晃, 勝間田明男, 横田崇, 山崎明, 小池哲治, 阿部正雄, 平松秀行, 2011: 海底地震計観測網による 2011 年東北地方太平洋沖地震の余震活動, 海洋調査技術学会第 23 回研究成果発表会.
12. 吉田康宏, 2011: 平成 23 年 (2011 年) 東北地方太平洋沖地震の地震像と巨大地震早期規模推定に向けた取り組み, 平成 23 年度気象庁施設等機関研究報告会.
13. 吉田康宏, 勝間田明男, 青木重樹, 2011: 平成 23 年 (2011 年) 東北地方太平洋沖地震の地震像と巨大地震の早期規模推定に向けた取り組み, 気象研究所研究成果発表会.
14. 横田崇, 上野寛, 下山利浩, 元山知範, 増田徹, 室谷智子, 甲斐田康弘, 2012: 海溝型地震の強震動生成域における相似則, 日本地震学会 2012 年度秋季大会, B22-10.
15. 青木重樹, 干場充之, 2012: コーダ規格化法により推定した気象庁震度観測点のサイト増幅率の特徴, 日本地震工学会大会—2012 (11 月発表予定) .
16. 篠原雅尚, 町田祐弥, 山田知朗, 中東和夫, 真保敬, 望月公廣, 村井芳夫, 日野亮太, 伊藤喜宏, 佐藤利典, 塩原肇, 植平賢司, 八木原寛, 尾鼻浩一郎, 高橋成実, 小平秀一, 平田賢治, 対馬弘晃, 岩崎貴哉, 2012: 海底地震計観測網から求めた 2011 年東北地方太平洋沖地震の精密余震分布, 2012 年海洋調査技術学会.
17. 勝間田明男, 上野寛, 青木重樹, 吉田康宏, S. Barrientos, 2013: 最大振幅に基づく津波警報のための即時的マグニチュード決定, 日本地球惑星科学連合 2013 年大会予稿集, HDS26-02.
18. 青木重樹, 干場充之, 2013: コーダ規格化法により推定した気象庁震度観測点のサイト増幅率を

用いたリアルタイムサイト補正の試み, 日本地球惑星科学連合 2013 年大会予稿集, SSS23-04.

19. 溜瀧功, 2014: ベイズ推定を用いた一元化震源カタログのための自動震源決定法, 日本地震学会 2014 年秋季大会予稿集, C32-02.
20. 安藤忍, 迫田浩司, 岩切一宏, 2015: 御前崎周辺における差分干渉画像解析のスタッキング結果について, 2014PIXEL 成果報告会.
21. 安藤忍, 2015: 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.

イ. ポスター発表

・国際的な会議・学会等 : 6 件

1. Hirata, K., H. Tsushima, A. Yamazaki, H. Baba, H. Sarukawa, A. Kobayashi, H. Ueno, A. Aoki, Y. Yoshida, A. Katsumata, K. Maeda and T. Yokota, 2012: Intraplate Seismicity in the Incoming Philippine Sea Plate off Kii Peninsula Revealed by Ocean-Bottom Seismographic Observation. AOGS2012 SE52-A019.
2. Hirata, K., H. Tsushima, A. Kobayashi, A. Katsumata, K. Maeda, A. Yamazaki, H. Baba, H. Sarukawa, S. Aoki, H. Ueno, Y. Yoshida and T. Yokota, 2012: Possible widespread, ambient micro-seismicity in the incoming oceanic plate, AGU Fall meeting, T11A-2524.
3. Yamamoto, Y., K. Obana, Y. Machida, K. Nakahigashi, M. Shinohara, K. Suzuki, Y. Ito, R. Hino, S. Kodaira, Y. Kaneda, Y. Murai, T. Sato, K. Uehira, H. Yakiwara, K. Hirata, H. Sugioka, A. Ito, and D. Suetsugu, 2012: Seismic velocity structure around the shallow megathrust zone of the 2011 Tohoku earthquake deduced from onshore and offshore seismic observations, 2012 AGU Fall Meeting, T13A-2584.
4. Nakatani, Y., S. Yabe, K. Mochizuki, H. Shiobara, Y. Machida, K. Nakahigashi, T. Yamada, K. Uehira, H. Yakiwara, K. Hirata, S. Kodaira, and M. Shinohara, 2012: Precise hypocenter distribution of aftershocks of the 2011 Tohoku earthquake off Fukushima Prefecture using ocean bottom seismic data, 2012 AGU Fall Meeting, T13-2583.
5. Ueno, H., A. Katsumata, S. Aoki and T. Yokota, 2013: Rapid source parameter estimation of great earthquakes for tsunami warning, AGU Fall Meeting.
6. Katsumata, A., 2014: Automated event identification of aftershocks and earthquake swarms, AOGS 2014, SE41-A013.

・国内の会議・学会等 : 63 件

1. 青木重樹, 迫田浩司, 碓井勇二, 2010: 日本全域における初動発震機構解とモーメントテンソル解の比較, 日本地球惑星科学連合大会予稿集, SSS011-P07.
2. 勝間田明男, 2010: 三次元不均質構造における震源計算の高速化 (3), 日本地球惑星科学連合 2010 年大会予稿集, STT073-P01.
3. 笹部忠司, 小木曾仁, 勝間田明男, 佐鯉央教, 2010: 3次元速度構造を用いた北海道地方で発生する地殻内地震の震源再決定, 日本地球惑星科学連合2010年大会予稿集, STT073-P02.
4. 上野寛, 碓井勇二, 福満修一郎, 迫田浩司, 山内崇彦, 安藤忍, 2010: 2010年1月12日 (GMT) にハイチで発生した地震の概要と震源過程. 日本地球惑星科学連合2010年大会予稿集, SSS011-P09.
5. 上野寛, 瀧山弘明, 碓井勇二, 2010: 2010年2月27日のチリ中部地震の震源過程等の解析結果について, 日本地球惑星科学連合2010年大会予稿集, MIS050-P03
6. 吉田康宏, 2010: 気象庁歪計を用いた震央位置の推定, 地震学会 2010 年度秋季大会予稿集, P2-53.
7. 青木重樹, 吉田康宏, 勝間田明男, 2010: 断層破壊過程の即時的把握にむけて—2003 年十勝沖地震への改良 Source-Scanning Algorithm の適用—, 日本地震学会 2010 年度秋季大会予稿

- 集, P3-07.
8. 勝間田明男, 2010: 震源計算のための三次元速度構造 (2), *日本地震学会 2010 年度秋季大会予稿集*, P1-34.
 9. 平田賢治, 対馬弘晃, 山崎明, 馬場久紀, 去川寛士, 平井孝明, 小林昭夫, 勝間田明男, 吉田康宏, 青木重樹, 弘瀬冬樹, 岩切一宏, 前田憲二, 吉川澄夫, 2010: 潮岬南方沖南海トラフ軸周辺のフィリピン海プレート内部の微小地震活動の海底地震観測, *日本地震学会2010 年度秋季大会予稿*, P1-59.
 10. 川野雅弘, 志藤あずさ, 富士原敏也, 平田賢治, 荒木英一郎, 2010: 海底地震計観測データに基づく2004年12月26日スマトラアンダマン地震の余震の震源メカニズムの検討, *2010年度日本地震学会秋期大会予稿*, P1-64.
 11. 青木重樹, 吉田康宏, 勝間田明男, 2011: 規格化短周期エンベロープを用いた想定東南海, 南海地震の断層破壊の即時的イメージング実験, *日本地球惑星科学連合 2011 年大会予稿集*, SSS023-P08.
 12. 青木重樹, 吉田康宏, 干場充之, 勝間田明男, 2011: 平成 23 年 (2011 年) 東北地方太平洋沖地震の短周期エンベロープを用いた振動源イメージング (暫定版), *日本地球惑星科学連合 2011 年大会予稿集*, MIS036-P38.
 13. 吉田康宏, 上野寛, 武藤大介, 青木重樹, 2011: 平成 23 年 (2011 年) 東北地方太平洋沖地震の震源過程, *日本地球惑星科学連合 2011 年大会予稿集*, MIS036-P33.
 14. 武藤大介, 上野寛, 溜渕功史, 迫田浩司, 碓井勇二, 山内崇彦, 2011: 茨城県北部から福島県浜通りにおける地震活動—平成 23 年 (2011 年) 東北地方太平洋沖地震によって誘発された地震活動—, *日本地球惑星科学連合大会 2011 年大会予稿集*, MIS036-P103.
 15. 勝間田明男, 青木重樹, 吉田康宏, 木村一洋, 2011: 余震・群発地震の自動震源決定処理の開発, *日本地球惑星科学連合 2011 年大会予稿集*, STT055-P04.
 16. 篠原雅尚, 山田知朗, 中東和夫, 酒井慎一, 望月公廣, 植平賢司, 伊藤喜宏, 東龍介, 海宝由佳, 野徹雄, 塩原肇, 日野亮太, 村井芳夫, 八木原寛, 佐藤利典, 町田祐弥, 真保敬, 一瀬建日, 宮町宏樹, 尾鼻浩一郎, 高橋成実, 小平秀一, 金田義行, 平田賢治, 吉川澄夫, 小原一成, 岩崎貴哉, 平田直, 2011: 海底地震計ネットワークによる2011 年東北地方太平洋沖地震の緊急余震観測, *2011年地球惑星科学連合大会*, MIS036-P89.
 17. 日野亮太, 伊藤喜宏, 鈴木健介, 鈴木秀市, 稲津大祐, 飯沼卓史, 藤本博己, 山田知朗, 篠原雅尚, 中東和夫, 金沢敏彦, 阿部正雄, 河原田義春, 長谷川洋平, 平田賢治, 山本揚二郎, 小平秀一, 金田義行, 2011: 宮城県沖における地震・測地観測網が捉えた2011 東北地方太平洋沖地震, *2011年地球惑星科学連合大会*, MIS036-P11.
 18. 青木重樹, 吉田康宏, 勝間田明男, 2011: 強震動の継続時間から見た破壊伝播の特徴, *日本地震学会講演予稿集 2011 年度秋季大会*, P2-42.
 19. 青木重樹, 吉田康宏, 勝間田明男, 横田崇, 碓井勇二, 上野寛, 清本真司, 2011: 平成 23 年 (2011 年) 東北地方太平洋沖地震の地震像, *第9回環境研究シンポジウム*.
 20. 勝間田明男, 青木重樹, 林元直樹, 吉田康宏, 木村一洋, 2011: 余震・群発自動震源決定処理の開発 (2), *日本地震学会講演予稿集 2011 年度秋季大会*, P2-66.
 21. 勝間田明男, 青木重樹, 吉田康宏, 木村一洋, 2011: 最大振幅を用いた早期マグニチュード推定, *日本地震学会講演予稿集 2011 年度秋季大会*, P2-67.
 22. 吉田康宏, 青木重樹, 勝間田明男, 横田崇, 2011: 即時的マグニチュード推定手法の検証, *日本地震学会講演予稿集 2011 年度秋季大会*, P2-69.
 23. 横田崇, 甲斐田康弘, 2011: 震度分布より推定する地震規模, *日本地震学会講演予稿集 2011 年度秋季大会*, P2-22.
 24. 青木重樹, 吉田康宏, 干場充之, 中原恒, 勝間田明男, 2012: 福島第一原子力発電所の稠密地震計アレイで捉えた平成 23 年 (2011 年) 東北地方太平洋沖地震の破壊伝播, *日本地球惑星科学連合 2012 年大会予稿集*, SSS37-P02.
 25. 青木重樹, 干場充之, 2012: 実時間地震動予測のためのサイト補正の検討 —コード規格化法に

より推定されたサイト増幅率を用いた試み一，日本地震学会講演予稿集 2012 年度秋季大会，P3-39.

26. 横田崇，上野寛，下山利浩，元山知範，増田徹，室谷智子，甲斐田康弘，2012：海溝型地震の強震動生成域における相似則，日本地震学会講演予稿集 2012 年度秋季大会，B22-10.
27. 上野寛，勝間田明男，甲斐田康弘，横田崇，2012：強震動域の拡がりに基づくマグニチュード推定，日本地震学会講演予稿集 2012 年度秋季大会，P3-43.
28. 武藤大介，勝間田明男，2012：長周期地震動の面的分布の即時把握について，日本地震学会講演予稿集 2012 年度秋季大会，P2-52.
29. 勝間田明男，2012：長周期 back-projection 法を用いた即時的大すべり域推定，日本地震学会講演予稿集 2012 年度秋季大会，P1-1.
30. 山本揚二郎，尾鼻浩一郎，町田祐弥，中東和夫，篠原雅尚，鈴木健介，伊藤喜宏，日野亮太，小平秀一，金田義行，村井芳夫，佐藤利典，植平賢司，八木原寛，平田賢治，杉岡裕子，伊藤亜妃，末次大輔，2012：海底地震観測と陸上観測記録の統合解析による 2011 年東北地震震源域周辺の地震波速度構造，日本地震学会 2012 年度秋季大会，P1-29.
31. 中東和夫，町田祐弥，山田知朗，望月公廣，塩原肇，篠原雅尚，村井芳夫，日野亮太，佐藤利典，植平賢司，八木原寛，平田賢治，小平秀一，2012：2011 年東北地方太平洋沖地震北部震源域での海底地震計を用いた余震観測，日本地震学会 2012 年度秋季大会，P3-03.
32. 仲谷幸浩，望月公廣，塩原肇，町田祐弥，中東和夫，山田知朗，篠原雅尚，矢部優，植平賢司，八木原寛，平田賢治，小平秀一，2012：海底余震観測データを用いた福島県沖における 2011 年東北沖地震の高精度震源再決定，日本地震学会 2012 年度秋季大会，P3-04.
33. 平田賢治，対馬弘晃，小林昭夫，山崎明，馬場久紀，去川寛士，勝間田明男，上野寛，青木重樹，武藤大介，吉田康宏，前田憲二，横田崇，2012：自己浮上式海底地震計を用いた潮岬沖フィリピン海プレート内部の背景的微小地震活動（その 2），日本地震学会 2012 年度秋季大会，P3-15.
34. 岩切一宏，溜渕功史，川添安之，中村雅基，2012：東北地方太平洋沖地震後の宮城県気仙沼市沖 M6 クラスの繰り返し地震，日本地震学会 2012 年度秋季大会，P1-61.
35. 上野寛，勝間田明男，甲斐田康弘，横田崇，2013：震度分布を用いた即時震源域推定，日本地球惑星科学連合 2013 年大会予稿集，SSS33-P26.
36. 勝間田明男，上野寛，林豊，馬場俊孝，計測メリカル震度の比較，日本地球惑星科学連合 2013 年大会予稿集，STT56-P10.
37. 武藤大介，勝間田明男，2013：長周期地震動の継続時間の面的分布について，日本地球惑星科学連合 2013 年大会予稿集，SSS33-P27.
38. 鈴木健介，日野亮太，伊藤喜宏，山本揚二郎，鈴木秀市，長田幸仁，篠原雅尚，平田賢治，勝間田明男，対馬弘晃，山崎明，草野富二雄，金田義行，2013：海底地震観測による 2011 年東北地方太平洋沖地震の震源近傍の地震活動，日本地球惑星科学連合 2013 年予稿集，SSS27-P05.
39. 去川寛士，馬場久紀，平田賢治，山崎明，対馬弘晃，勝間田明男，上野寛，青木重樹，前田憲二，横田崇，2013：ケーブル方式および自己浮上式海底地震計を用いた熊野灘およびその周辺における地震観測，日本地球惑星科学連合 2013 年大会予稿集，SSS27-P03.
40. 馬場久紀，平田賢治，対馬弘晃，宮川達也，松本津世志，稲村嘉津也，勝間田明男，上野寛，青木重樹，前田憲二，横田崇，長尾年恭，2013：海底地震計を用いた駿河トラフ付近の地震観測（序報），日本地球惑星科学連合 2013 年大会予稿集，SS27-P02.
41. 上野寛，森脇健，勝間田明男，横田崇，2013：気象庁震源の精度改善の試み一浅部 S 波速度構造、重み関数の改良と観測点高度の導入一，日本地震学会講演予稿集秋季大会，P3-39.
42. 馬場久紀，平田賢治，山崎明，対馬弘晃，勝間田明男，上野寛，青木重樹，前田憲二，横田崇，長尾年恭，2013：OBS を用いた駿河トラフ・石花海周辺の地震活動，日本地震学会講演予稿集 2013 年秋季大会，P3-23.
43. 勝間田明男，2013：余震の自動イベント検出処理の開発，日本地震学会講演予稿集 2013 年秋季

大会, P1-03.

44. 勝間田明男, 2014: 余震の自動イベント検出処理の開発 (2), 地球惑星科学連合大会, STT57-P08.
45. 平田賢治, 対馬弘晃, 山崎明, 勝間田明男, 前田憲二, 馬場久紀, 松原忠泰, 伊藤立也, 杉田智也, 堀克博, 白子剛史, 2014: 気象研における長期型自己浮上式海底地震計の整備と不具合対策, 地球惑星科学連合 2014 年大会, STT57-P04.
46. 上野寛, 勝間田明男, 川元智司, 矢萩智裕, 宮川康平, 2014: GNSS データを使った W-phase 解析, 地球惑星科学連合 2014 年大会, STT57-P07.
47. 山崎明, 2014: 紀伊半島南方沖の南海トラフ軸周辺における微小地震活動について, 地球惑星科学連合 2014 年大会, SSS24-P07.
48. 藤田健一, 勝間田明男, 小林昭夫, 迫田浩司, 清水淳平, 長谷川嘉臣, 2014: 遠地実体波震源過程解析の自動化に向けた最適パラメータの考察, 日本地震学会 2014 年秋季大会予稿集, S08-P19.
49. 馬場久紀, 平田賢治, 山崎明, 対馬弘晃, 勝間田明男, 前田憲二, 上野寛, 青木重樹, 小林昭夫, 中田健嗣, 木村一洋, 弘瀬冬樹, 藤田健一, 長尾年恭, 2014: OBS を用いた駿河トラフ石花海周辺の地震活動 続報, 日本地震学会 2014 年秋季大会予稿集 S09-P02.
50. 中田健嗣, 小林昭夫, 平田賢治, 対馬弘晃, 勝間田明男, 山崎明, 馬場久紀, 去川寛士, 平井孝明, 住澤潤樹, 四家美和子, 2014: 紀伊半島南方沖の南海トラフの南側での微小地震活動について, 日本地震学会 2014 年秋季大会予稿集, S09-P11.
51. 宮岡一樹, 勝間田明男, 上野寛, 川元智司, 宮川康平, 矢萩智裕, 2014: GNSS データを用いた W-phase 解析と断層面推定, 日本地震学会 2014 年秋季大会予稿集, S02-P02.
52. 勝間田明男, 田中昌之, 篠原雅尚, 2014: 茨城県東方沖の震源決定深さについて, 日本地震学会 2014 年秋季大会予稿集, S06-P08.
53. 安藤忍, 中橋正樹, 鬼澤真也, 2015: ALOS-2/PALSAR-2 により捉えられた国内外の活火山周辺における地殻変動, S-S31-P18.
54. 安藤忍, 迫田浩司, 吉田康宏, 2015: ALOS-2 干渉解析による長野県北部の地震に伴う地殻変動, 日本地球惑星科学連合 2015 年度大会, S-SS30-P03.
55. 安藤忍, 迫田浩司, 吉田康宏, 2015: ALOS-2 干渉解析による長野県北部の地震に伴う地殻変動, 日本地球惑星科学連合 2015 年度大会, S-SS30-P03.
56. 藤田健一, 勝間田明男, 迫田浩司, 清水淳平, 長谷川嘉臣, 2015: 遠地実体波震源過程解析の自動化に向けた最適パラメータの考察, 日本地球惑星科学連合 2015 年度大会, S-SS30-P03.
57. 中田健嗣, 小林昭夫, 平田賢治, 山崎明, 対馬弘晃, 馬場久紀, 牛田堯, 一ノ瀬里美, 石原昂典, 稲村嘉津也, 蓮澤豪, 勝間田明男, 前田憲二, 2015: 紀伊半島南方沖の南海トラフの南側でのフィリピン海プレート内の微小地震活動の南限について, 日本地球惑星科学連合 2015 年大会, S-SS32-P11.
58. 勝間田明男, 林豊, 宮岡一樹, 対馬弘晃, 馬場俊孝, 2015: スタンドアロン型津波警報器の試作, 日本地球惑星科学連合 2015 年大会, HDS27-P02.
59. 安藤忍, 2015: InSAR 時系列解析による Laguna del Maule カルデラ火山における地殻変動, 日本測地学会第 124 回講演会, P07.
60. 中田健嗣, 小林昭夫, 木村一洋, 対馬弘晃, 勝間田明男, 前田憲二, 馬場久紀, 山田知怜, 花村憲享, 2015: 小笠原諸島周辺の震源決定精度向上のための自己浮上式海底地震計の設置について, 日本地震学会 2015 年度秋季大会, S09-P20.
61. 安藤忍, 迫田浩司, 中村浩二, 2015: InSAR 時系列解析による紀伊半島地域の定常的な地殻変動, 日本地震学会 2015 年度秋季大会, S03-P16.
62. 藤田健一, 勝間田明男, 迫田浩司, 2015: 遠地実体波震源過程解析の自動化に向けた最適パラメータの考察, 日本地震学会 2015 年度秋季大会, S08-P20.
63. 勝間田明男, 林豊, 宮岡一樹, 対馬弘晃, 馬場俊孝, 2015: スタンドアロン型津波警報器の試作 (2), 日本地震学会 2015 年度秋季大会, S17-P01.

報道・記事

- ・平成 22 年 11 月 21 日，読売新聞 36 面，「中越地震 余震やっと沈静化」.
- ・2011 年東北地方太平洋沖地震の震源過程について報道発表.

高頻度衛星雲観測を活用したシビア現象の前兆となる積乱雲群発生メカニズムの解析的研究

研究期間：平成26年度～平成27年度

研究代表者：国吉真昌¹⁾、田村弘人²⁾（沖縄気象台 防災調査課 調査官）

研究担当者：国吉真昌¹⁾、田村弘人²⁾、安田 修、福原義通²⁾、田中 孝¹⁾、護得久朝健²⁾、平田 稔²⁾、西銘 勇、比嘉良守¹⁾、笹本 豊²⁾、砂川友一²⁾、鈴木 理¹⁾、伊芸勝也、棚原 聡¹⁾、雑山浩秀²⁾、當間 豊¹⁾、西巻英明²⁾、坂本親仁²⁾（沖縄気象台）、志堅原健、比嘉正己¹⁾、長濱和幸、丸山裕二、梅尾翔一郎（宮古島地方気象台）、登野城淳、上原一也、長谷直樹¹⁾、村田憲人、水野岳志¹⁾、野嵩 樹²⁾、小澤大輝²⁾、銘苺朝晃²⁾、大城 隆²⁾、田場勝一²⁾、大城正巳²⁾（石垣島地方気象台）、松長 猛¹⁾、金城康広²⁾、立間啓之¹⁾、仲原 満¹⁾、野田真彦¹⁾、赤池英明²⁾、上原 修²⁾、榎並信太郎²⁾、田中 孝²⁾（南大東島地方気象台）、渡真利明、笹本 豊¹⁾、山崎洋治¹⁾、饒平名辰三、銘苺朝晃¹⁾、佐藤幸隆¹⁾、新垣秀治²⁾、宮城 健²⁾、島袋秀樹²⁾、平仲裕一²⁾（那覇航空測候所）、加藤輝之（気象研究所）

研究の目的

現用の数値予報モデルは、総観規模擾乱が存在しない弱強制力の環境場におけるメソβ及びメソγスケールの擾乱（以下 メソスケール擾乱）の予測を苦手としている。従ってこのような擾乱に伴うシビア現象を予測するには、擾乱を組織化する積乱雲の発生をいち早く捉えることが重要である。

本研究の目的は、メソスケール擾乱の大まかな発生地域・時間帯及び発生環境場を、気象庁技術開発推進本部豪雨監視・予測技術開発部会の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把握した上で、ラピッドスキャン観測データを用いて、積乱雲群の発現に関連した低層雲の広がりや伝播特性、地形効果による積乱雲の形成、下層暖湿気塊の流入を示唆する低層雲の把握、シアラインや傾圧性の弱い場での積乱雲群の発生位置・移動方向・発達過程を早期に監視できる技術を確立することである。

また、積乱雲まで発達する雲とレーダーエコーを有しないままで推移する積雲の発生要因や積乱雲群の構造及び持続時間、移動について、豪雨事例解析マニュアルを用いた大気環境場の特徴とラピッドスキャン観測データを用いた赤外放射輝度温度及び可視反射率の時系列変化、上中層の雲の移動ベクトル等から明らかにする。

更に対象積乱雲の発達に伴う赤外放射輝度温度とレーダー反射強度最大値の比較から、気象レーダーの代替監視技術として、短時間降水量予測の統計的な手法を確立する。

研究の目標

- ① 急激に発達する積乱雲の発生やライフサイクルの短い現象の推移を監視し、リードタイムをもった防災気象情報の発表が可能になる。
- ② 気象レーダーの観測精度低下地域におけるシビア現象の監視や気象レーダー休止の際の代替監視技術として活用できる。

主な研究成果・目標の達成状況

- ① 平成26年度はラピッドスキャン観測にかかる基礎知識及び利用方法に加えて、豪雨事例解析マニュアルの習熟を図りつつ、前線暖域内で大雨となった事例について解析を行った。ラピッドスキャン観測に関する知識、豪雨事例解析マニュアルを用いた解析手法に対して習熟が図られた一方で、事例解析を行った暖域内の大雨については、上層雲により下層の雲域が確認できないことなどから衛星データを用いての雲域の発達を監視することの困難性について確認ができた。

¹⁾平成26年度、²⁾平成27年度

- ②平成 27 年度はこの困難性を踏まえ、衛星データで雲の発達具合を見極めることが比較的容易だと考えられる夏季の不安定降水の事例についてラピッドスキャン観測データと気象レーダーデータ、数値予報資料等を用いて解析を行うこととした。2012 年から 2014 年の 7 月から 9 月までの期間について 11 事例抽出し、各官署で事例解析を行うとともに事例解析から得られた共通の特徴的な結果をもとに、積乱雲発生、発達の前兆現象検出に資するものが得られるかを検討した。
- ③ラピッドスキャン観測データを解析することによって得られた結果として、発達した降水セルの多くで、ある雲頂高度までは比較的ゆっくりと雲域が発達し、ある高度で雲域が急発達した。急発達する高度は降水セルによってまちまちであったが、雲頂高度が 700hPa、0℃付近で急発達する事例が多くみられた。
- ④数値予報資料を解析することによって得られた結果として、対流活動は上空 500～700hPa の湿度が高いほど活発であることがわかった。また、上空の湿度の上昇は空気の上昇による断熱冷却に伴って引き起こされている事例が多く見られた。
- ⑤ラピッドスキャン観測データによる発達する積乱雲の早期検出や気象レーダーの代替として衛星データに対応した雨量を見積もることについての目標については及ばなかった。
- ⑥積乱雲の早期検出に関しては、上空の湿度と対流活動の活発度との対応関係について関連性のあることが示せたことは、発達する積乱雲の早期検出の足がかりとなり、また実況監視の参考になるものと考えられる。衛星データから急発達高度を見積もることについては困難であると思われるが、大気鉛直プロファイル、雲域の広がりなどの条件を検討することで見極められないか今後の課題としたい。
- ⑦気象レーダーの代替としての衛星データの利用に関しては、衛星データと降水を観測したアメダスとの比較を行ったが対応関係については見出せなかった。この目標についてはかなり無理のあるものであったと思われる。また、水蒸気画像を利用し積乱雲のオーバーシュートの状況を監視するツールを開発し、大雨監視へ役立てる試みを行った官署があった。
- ⑧今回地方共同研究に取り組むことで衛星データ、解析手法について管内の理解度が上がり、研究担当者の技術力向上に効果があったと考える。

成果の他の研究への波及状態

- ①積乱雲の発生・発達・衰弱のライフステージ及び動向を防災気象情報に反映させることにより、きめ細かい情報の提供が可能になる。
- ②短時間に発達する積乱雲は、発生時間や発生場所の予測が困難であるが、本研究成果は積乱雲の発生予測技術向上への貢献が期待できる

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）

（評価結果）

研究を実施した意義はあった。

（総合所見）

本研究は、静止気象衛星がひまわり 8 号の運用開始により大幅に機能強化する観測項目の内、特に高時間分解能の性能を地方で活用する方策を探るものであった。ラピッドスキャンデータの利用は、気象庁として重要なテーマであったが、成果としては、夏季の不安定性積乱雲の早期検出について、上空の湿度と対流活動の間に関連性があることを示すにとどまったため、当初想定していた結果は得られなかったものの、一定の成果は得られたと判断する。

当初設定した研究目標には、元々難しい内容が含まれるとわかっていたものであり、このような中で積乱雲の発達過程に対して一定の知見を得ることができたことから、研究目標の設定は、ある程度適切であったと考えられる。

また、衛星データの利用方法や解析手法について、管内の参加職員の理解度が上がったことや、ラピッドスキャンの効果を現場の方々が確認する契機になったこと、「沖縄気象台技術ノート」の刊行予定となっていることなどから、研究体制はある程度適切であったと判断する。

今回の研究で得られた成果を刊行物にまとめることや知見の共有などを図り、今後の全体のレベル

アップにつなげてほしい。

なお、上空の湿度と対流活動の関連性について、実況監視への応用に当たっては、湿度観測の時空間密度が高くないことを考慮し、モデル依存性などに注意が必要と思われる。

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）：1件

1. 高頻度衛星雲観測を活用したシビア現象の前兆となる積乱雲群発生の解析的研究．平成 27 年技術ノート（刊行予定）

(3) 学会等発表

ア. 口頭発表

・国際的な会議・学会等

なし

・国内の学会：18件

1. 田村弘人，安田修，福原義通，護得久朝健，平田稔，高頻度衛星雲観測を活用したシビア現象の前兆となる積乱雲群発生の解析的研究，大雨と下層水蒸気に関するワークショップ，2015年12月，沖縄県八重山
2. 雑山浩秀，西銘勇，砂川友一，西巻英明，高頻度衛星雲観測を活用した事例調査（2013年8月14日沖縄本島での夏季の不安定性降水），平成27年度沖縄気象台管内調査発表会，2015年，沖縄県
3. 笹本豊，伊芸勝也，坂本親仁，西銘勇，高頻度衛星雲観測を活用した事例調査（2013年9月8日沖縄本島での夏季の不安定性降水），平成27年度沖縄気象台管内調査発表会，2015年，沖縄県
4. 渡真利明，新垣秀治，饒平名辰三，宮城健，島袋秀樹，平仲裕一，高頻度衛星雲観測を活用した事例調査（2012年9月12日、2013年9月10日沖縄本島での夏季の不安定性降水），平成27年度沖縄気象台管内調査発表会，2015年，沖縄県
5. 金城康広，赤池英明，上原修，榎並信太郎，田中孝，高頻度衛星雲観測を活用した事例調査（南大東島での夏季の不安定性降水及びガストフロントの解析），平成27年度沖縄気象台管内調査発表会，2015年，沖縄県
6. 志堅原健，長濱和幸，丸山裕二，尾翔一朗，高頻度衛星雲観測を活用した夏季の不安定性降水の事例調査と気象レーダー代替技術の統計的調査について、平成27年度沖縄気象台管内調査発表会，2015年，沖縄県
7. 登野城淳，野嵩樹，村田憲人，小澤大輝，銘苺朝晃，大城隆，上原一也，田場勝一，大城正巳，高頻度衛星雲観測を活用した事例調査（2013年7月8日、2014年7月27日石垣島での夏季の不安定性降水），平成27年度沖縄気象台管内調査発表会，2015年，沖縄県
8. 村田憲人，登野城淳，野嵩樹，小澤大輝，銘苺朝晃，我那覇勝久，大城隆，上原一也，田場勝一，大城正巳，ナウキャスト資料としての衛星データ利用の検討，平成27年度沖縄気象台管内調査発表会，2015年，沖縄県
9. 田村弘人，安田修，福原義通，平田稔，護得久朝健，平成27年度地方共同研究（高頻度衛星雲観測を活用したシビア現象の前兆となる積乱雲群発生の解析的研究）取りまとめ，平成27年度沖縄気象台管内調査発表会，2015年，沖縄県
10. 鈴木理，西銘勇，棚原聡，宮城健，2012：海上から流れ込んだ積雲の発達（2013年6月8日、本島北部），平成26年度沖縄気象台管内調査発表会，2015年，沖縄県

11. 宮城健, 鈴木理, 西銘勇, 棚原聡, 2012: 発達過程で乾燥域により降水域が抑えられた積乱雲 (2013年8月17日、本島北部), 平成26年度沖縄気象台管内調査発表会, 2015年, 沖縄県
12. 比嘉良守, 伊芸勝也, 當間豊, 田中孝, 2012: 気圧の谷で急発達する積乱雲 (2011年7月25日、本島中南部), 平成26年度沖縄気象台管内調査発表会, 2015年, 沖縄県
13. 伊芸勝也, 比嘉良守, 當間豊, 田中孝, 2012: 名護付近で発生した積乱雲の動向 (2011年9月10日、本島北部), 平成26年度沖縄気象台管内調査発表会, 2015年, 沖縄県
14. 渡真利明, 笹本豊, 山寄洋治, 饒平名辰三, 銘苺朝晃, 2012: 高頻度衛星雲観測を活用した事例調査 (2012年6月10日: 石垣島、2012年7月9日: 久米島), 平成26年度沖縄気象台管内調査発表会, 2015年, 沖縄県
15. 上原一也, 登野城淳, 広瀬成章, 長谷直樹, 村田憲人, 水野岳志, 2012: 高頻度衛星雲観測を活用した八重山地方における積乱雲の発達特性 (2012年7月18日事例), 平成26年度沖縄気象台管内調査発表会, 2015年, 沖縄県
16. 長谷直樹, 登野城淳, 上原一也, 広瀬成章, 村田憲人, 水野岳志, 2012: 高頻度衛星雲観測を活用した八重山地方における積乱雲の発達特性 (2013年6月4日事例), 平成26年度沖縄気象台管内調査発表会, 2015年, 沖縄県
17. 長濱和幸, 志堅原健, 比嘉正己, 丸山裕二, 梅尾翔一郎, 2012: 高頻度衛星雲観測を活用した宮古島地方の事例調査 (2011年8月23日), 平成26年度沖縄気象台管内調査発表会, 2015年, 沖縄県
18. 野田真彦, 松長猛, 立間啓之, 仲原満, 2012: 高頻度衛星雲観測を活用した大東島地方の事例調査 (2012年6月11日), 平成26年度沖縄気象台管内調査発表会, 2015年, 沖縄県

報道・記事

なし