2. 研究報告

2. 1. 研究課題

本節には、気象研究所が平成26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26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26年度は、次の4課題を実施した。

研究課題	研究期間	実施官署	担当研究部
集中豪雨・大雨発生の必要条件 の妥当性の確認と十分条件の 抽出	H25~H26	大阪管区気象台、彦根、京都、奈 良、和歌山、鳥取、松江、岡山、 広島、高松、徳島、松山、高知、 神戸各地方気象台	予報研究部
地域に密着した詳細な気候変 動予測情報提供に関する研究	H25~H26	札幌管区気象台、東京管区気象台	環境・応用気象 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

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 26 年度は、次の 10 課題を実施した。

(1) 科学技術・学術政策推進費による研究(文部科学省)

科学技術・学術政策推進費による研究は、総合科学技術会議が科学技術政策の司令塔機能を発揮し、 各府省を牽引して自ら策定した科学技術イノベーション政策を戦略的に推進するために、総合科学技 術会議が各府省の施策を俯瞰し、それを踏まえて立案する政策を実施するために必要な施策に活用さ れるものである。

研究課題	研究期間
気候変動に伴う極端気象に強い都市創り	H22~H26

(2) 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	H23~H27
の長期変動観測	1125 -1127
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	H26~H30
る影響監視に関する研究	п26∼п30
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	Hec. Hec
高精度モニタリング	H26~H30

(3) 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
CMIP5 マルチモデルデータを用いたアジア域気候の将来変化予測に関す	H24~H26
る研究	1124 - 1120
PM2.5 規制に影響する汚染混合型黄砂の組成的特徴と飛来量/降下量に	H24~H26
関する研究	1124, 51120
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	H26~H28
化の早期検出	П20′~П28

(4) 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
大気を通じた人工放射性核種の陸圏・水圏への沈着およびその後の移行過	1100 - 1100
程の解明研究	H23~H26

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 26 年度は、次の 58 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 高度なリ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	宇宙航空研究開発機構
	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 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	宇宙航空研究開発機構
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 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 北極海環境変動研究:海氷減少と海洋生態系の変化 北極海航路の利用可能性評価につながる海氷分布の将来予測	国立極地研究所
気候変動リスク	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
情報創生プログラム	気候変動リスク情報の基盤技術開発	筑波大学

共同研究の体制 区分	研究課題名	相手機関
気候変動適応研 究推進プログラ	気候変動に伴う水産資源・海況変動予測技術の革新と 実利用化 適応策に向けた日本海沿岸における積雪の変化予測	海洋研究開発機構
<u>لم</u>	東北地域のヤマセと冬期モンスーンの先進的ダウンス	東北大学大学院理学研
	ケール研究	究科
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
科学技術戦略推進費	多波長観測による雷放電特性とシビア現象との関係に 関する研究	電気通信大学
	積乱雲の発生・発達と雷電荷チャージに関する研究	東京学芸大学
戦略的創造研究 推進事業 CREST	ビッグデータ同化による局地的豪雨予測のための数値 天気予報に関する研究	理化学研究所

・その他の共同研究

研究課題名	相手機関	
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	
気候変動に対応した新たな社会の創出に向けた社会システムの	慶應義塾大学グリーン社会 ICT	
変革プログラム グリーン社会 ICT ライフインフラ	ライフインフラ研究センター	
東京都水道局人工降雨施設更新に伴う調査研究	東京都水道局	
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	
気象研究所大気・海洋カップル全球モデル MRI-CGCM3 のマル	防災科学技術研究所	
チ RCM によるダウンスケーリング研究	· 奶奶件子仅附如元//	
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	
発電量評価技術等の開発・信頼性及び寿命評価技術の開発	産業技術総合研究所	
航空安全運航のための次世代ウィンドプロファイラによる乱気	京都大学・情報通信研究機構	
流検出・予測技術の開発	ストプロトノン・ゴー 日本区は「ロ・ツ」ノログの日	
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	大阪大学	
測に関する研究	7(1)(2)(-1)	
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	
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	 宇宙航空研究開発機構	
究	1 田州王明 九 五元 及 中	
黒潮続流ー親潮前線間海域における暖水波及の実態把握と大気	水産総合研究センター東北区水	
ー海洋相互作用への影響解明	産研究所	
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	東日本旅客鉄道株式会社	
の監視・予測手法の開発	米日本州省	
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	名古屋大学・静岡大学	
関する研究	石	

研究課題名	相手機関
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
海洋生態系モデルの社会的利用に向けた海洋生態系同化モデル	北海道大学大学院地球環境科学
の開発	研究院
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
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
衛星搭載3次元風観測ドップラーライダ開発・利用に関する研究	情報通信研究機構
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
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
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
エアロゾルモデルの高度化研究	理化学研究所
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
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
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
南九州の活動的火山の災害軽減に関する共同研究	気象庁地震火山部·京都大学防災
田/四川マンイ白男ルワン\四マン火音牡/炊(〜関りる六円卯元	研究所・防災科学技術研究所
長期 GNSS 観測による都市域における水蒸気変動解析と、都市の 影響評価	東京海洋大学
地殻変動データを活用した火山活動等に関する研究	神奈川県温泉地学研究所
Jeup 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
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
衛星搭載3次元風観測ドップラーライダ開発・利用に関する研究	宇宙航空研究開発機構 情報通信研究機構
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
準天頂衛星の精密補強信号を用いた可降水量推定の高精度解析	京都大学生存圈研究所·宇宙航空 研究開発機構
領域化学モデルと降水物理化学観測によるエーロゾルの湿性除 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
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
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	気象庁地震火山部·防災科学技術
高度化	研究所・東京大学地震研究所

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 26 年度は、次の 29 課題を実施した。

相手機関	共同利用区分	課題名	期間
東京大学	一般研究	気象予測モデルと3次元噴煙ダイナミクスモ デルを統合した火山灰輸送モデルの開発に関 する研究	H25~H26
地震研究所		南鳥島における広帯域地震観測	H26
	性	地震活動に基づく地震発生予測検証実験	H26
	特定共同研究	SAR を用いた地殻変動研究	H26
	特定共同研究 観測船「白鳳丸」 共同利用	衛星データと数値モデルの複合利用による温室効果気体の解析(分担課題) CO ₂ 逆解析システムの高度化とその検証	H25~H26
		気候モデル及び観測データを用いた気候変動 とその予測可能性の研究(分担課題)気候予測 のためのモデル初期値化の研究	H25~H26
東京大学大気海洋研究所		世界海洋大循環モデルのパフォーマンスの相 互比較(分担課題)AORI/気象研の世界海洋大循 環モデルのパフォーマンスの相互比較	H26
		中規模現象に伴う中央モード水の形成・輸送・ 散逸過程とその物質循環・生物過程への影響	H25~H27
		生態学・生物地球化学の全太平洋3次元マッピング	H25~H27
		厳冬期黒潮続流域における大気海洋双方向作 用の高分解能観測	H25~H27
東京学芸大学 風工学研究セン ター	特定課題研究	竜巻強さの評価手法に関する研究	H25~H28
京都大学生存圏	MU レーダー共同	LQ-7 からの直達波情報を利用した地表付近の 水蒸気変動の推定	H25~H27
研究所	利用	厳冬期黒潮続流域における大気海洋双方向作 用の高分解能観測	H25~H27
白环上兴赴县山	一般研究	気象庁エーロゾル数値モデルによる全球ダス ト分布の再現	H25~H26
鳥取大学乾燥地 研究センター		北東アジア砂漠化地域における黄砂発生過程 解明のためのダストフラックス観測手法の開 発	H26
北海道大学	前几44年7年9年	積雪変質・アルベド過程モデル開発のための積 雪物理量及び熱収支に関する観測的研究(4)	H26
低温科学研究所	一般共同研究	数値モデルと観測による札幌市およびその周 辺に大雪や大雨をもたらす雲の解析	H26

相手機関	共同利用区分	課題名	期間
北海道大学	一般共同研究	積雪の反射率を用いた雪氷コアの解析手法の 開発	H26
低温科学研究所	/JX / \ [1-3] (9] / U	北東アジアと札幌の積雪推移に関する比較研 究	H26
北海道大学 低温科学研究所	萌芽研究	陸域と大洋間における縁辺海の自然化学的な 機能と人間活動への役割	H25~H27
マリンバイオ 共同推進機構 (JAMBIO)	共同研究	沿岸生態系に対する海洋酸性化の影響評価	H25~H26
		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	H24~H26
九州大学 一般研究所	一般研究	複合雲解析アルゴリズムのための衛星赤外サ ウンダを使った水蒸気プロファイル解析手法 の開発	H26
		大気大循環の力学 —— エクマン層から中深 層循環まで	H26
千葉大学 環境リモートセ	プログラム研究	多波長マイクロ波放射計データを用いた水物 質量リトリーバルの研究	H24~H26
ンシング研究セ ンター	プログプム柳九	GOSAT と大気輸送モデルを用いた $\mathrm{CO}_2 \cdot \mathrm{CH}_4$ の濃度変動の解析	H26
海洋研究開発機 構	観測船「みらい」 共同利用	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	H25~H28
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るローカル顕著 現象への影響の素過程解明	H26
統計数理研究所	一般研究	海洋データ同化システムに用いる誤差分散行 列の作成に関する研究(5)	H26

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・先駆的な研究を発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	女的体物所の十层次美,女数温和4×1×1%医五扣互作用の理 	H24~H28
(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	

課題名	研究期間
中緯度における台風や大気擾乱の予測可能性と海洋の相互作用	H25~H26
に関する研究	п25∼п26
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	1100 - 1107
中線度における台風や大気擾乱の予測可能性と海洋の相互作用に関する研究 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 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 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 太陽活動の北極振動への影響とメカニズムの解明 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 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 実時間地震動予測:実況値を反映させる手法の構築 津波滅衰予測モデルの確立 能動・受動型測器と数値モデルを複合利用したエアロゾルの大気 境界層への影響解明 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 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 台風強度に関わる外的要因の診断のための数値的研究 ドップラーライダーを用いた高層ビルキャノビー内乱流観測とモデル化 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 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 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 高解像度日本近海モデルを用いた、沿岸・外洋間の海水交換に関する研究 アジアモンスーンが成層圏一対流圏化学結合に果たす主導的役割の解明 ナノスケール特性の分析から挑む有機エアロゾルの地球気候への影響 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 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 中部山岳域における着雪分布と積雪構造の把提。及び地球温暖化	H23~H27
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	Hoe. Hoo
成研究 中緯度における台風や大気擾乱の予測可能性と海洋の相互作用に関する研究 に関する研究 北極域における積雪汚染及び雪米微生物が急激な温暖化に及ぼす影響評価に関する研究 最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 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 太陽活動の北極振動への影響とメカニズムの解明 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 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 実時間地震動予測:実況値を反映させる手法の構築 津波減衰予測モデルの確立 能動・受動型測器と数値モデルを複合利用したエアロゾルの大気境界層への影響限明 三次元雷放離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 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 台風強度に関わる外的要因の診断のための数値的研究 ドップラーライダーを用いた高層ビルキャノビー内乱流観測とモデル化 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 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 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 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 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 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 ナカニが発音で発展である研究 アジアモンスーンが成層圏 対流圏化学結合に果たす主導的役割の解明 ナノスケール特性の分析から挑む有機エアロゾルの地球気候への影響 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 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 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	H26~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
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	HOA HOE
着過程の高精度解析	H24~H27
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	Haa Haa
一の開発	H26~H28
実時間地震動予測:実況値を反映させる手法の構築	H25~H28
津波減衰予測モデルの確立	H24~H27
能動・受動型測器と数値モデルを複合利用したエアロゾルの大気	
境界層への影響解明	H24~H26
予測手法の確立	H25 \sim 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	$H25 \sim H27$
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
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
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
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
高解像度日本近海モデルを用いた、沿岸・外洋間の海水交換に関	
する研究	H24~H26
アジアモンスーンが成層圏ー対流圏化学結合に果たす主導的役	
割の解明	H24~H26
ナノスケール特性の分析から挑む有機エアロゾルの地球気候へ	
の影響	H25~H26
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
 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
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	TTOO TTO
	H26~H28
	中緯度における台風や大気擾乱の予測可能性と海洋の相互作用に関する研究 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 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 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 太陽活動の北極振動への影響とメカニズムの解明 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 局地的大雨予測のための可擦性に優れた次世代型水蒸気ライダーの開発 実時間地震動予測:実況値を反映させる手法の構築 津波減衰予測モデルの確立 能動・受動型測器と数値モデルを複合利用したエアロゾルの大気境界層への影響解明 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 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 台風強度に関わる外的要因の診断のための数値的研究 ドップラーライダーを用いた高層ビルキャノビー内乱流観測とモデル化 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 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 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 高解像度日本近海モデルを用いた、沿岸・外洋間の海水交換に関する研究 アジアモンスーンが成層圏ー対流圏化学結合に果たす主導的役割の解明 ナノスケール特性の分析から挑む有機エアロゾルの地球気候への影響 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 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 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

課題区分	課題名	研究期間
若手研究(B)	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
	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
	準結合同化システムのブリーディング法による海洋観測システム評価研究	H24~H27
挑戦的萌芽研究	大気微量成分の衛星観測を事前評価するシステムの構築	H24~H26

【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	2014 年御嶽山火山噴火に関する総合調査	H26~H26	
	黒潮続流循環系の形成・変動のメカニズムと大気・海洋生態系へ の影響	H22~H26	
	モンスーン・アジアにおける大気海洋雪氷系の鉛直結合変動	H22~H26	
新学術領域研究	放射性降下物大気輸送モデリングと移行過程の理解		
(計画研究)	領域課題名:福島原発事故により放出された放射性核種の環境動	H24~H28	
	態に関する学際的研究		
	海洋生元素地理の高精度観測からの新海洋区系	H24~H28	
	領域課題名:新海洋像:その機能と持続的利用	1124 1120	
新学術領域研究	福島原発事故により放出された放射性核種の環境動態に関する	H24~H28	
(総括班)	学際的研究	1124 -1120	
	高時空間分解能レーダネットワークの実用化と展開	H22~H26	
	アジアのエアロゾル・雲・降水システムの観測・モデルによる統	H23~H27	
	合的研究	1125 1127	
	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	H23~H27	
基盤研究(S)	セスメント	1125 -1127	
基盤研究(S)	成層圏 - 対流圏結合系における極端気象変動の現在・過去・未来	H24~H28	
	過去 120 年間にお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	H25~H29	
	同化に関する先導的研究	1120 1120	
	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	
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	H25~H28	
全盆切儿 (A)	解析システムの開発	1120 - 1120	
	南極海洋生態系センティネル研究ー事前観測ー	H24~H28	
	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	
基盤研究(B)	酸素安定同位体連続観測と群落多層モデルを用いた森林生態系	H24~H26	
	の呼吸・光合成の分離評価	1124 1120	
<u> </u>	地球温暖化による海洋変化が日本・アジアにもたらす海面上昇:	昇: H26~H29	
	メカニズムと将来予測	1140 -1149	

課題区分	研究課題	研究期間
	瞠目的手法による大気境界層内の鉛直混合が雲・大気質・放射場 に及ぼす影響解明	H26~H28
基盤研究(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
基盤研究(C)	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
	フィールド観測と風洞実験による里山の大気浄化機構の解明	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

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. 研究報告 2. 2. 研究年次報告

2. 2. 研究年次報告

本節には、気象研究所が平成 26 年度に実施した研究課題について、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 26 年度に終了した研究課題(2 課題)については、2.3 節で研究期間全体について報告する。

2	2	1	重点研究、	一般研究
			프 灬 위 기 / 이 기	ハス・シェノム

•	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・・・・・・・・・	23
•	A2 顕著現象監視予測技術の高度化に関する研究・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	29
•	A3 台風の進路予報・強度解析の精度向上に資する研究・・・・・・・・・・・・・・・・・・	34
•	A4 沿岸海況予測技術の高度化に関する研究・・・・・・・・・・・・・・・・	39
•	a5 大気境界層過程の乱流スキーム高度化に関する研究・・・・・・・・・・・・・・・	41
•	B1 緊急地震速報の予測手法の高度化に関する研究・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	43
•	B2 地震活動・地殻変動監視の高度化に関する研究・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	45
•	B3 津波の予測手法の高度化に関する研究・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	48
•	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・・・・・・	50
•	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・・・・・・・・・・・	5 3
•	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・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	56
•	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・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	58
•	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・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	62
•	C3 地球環境監視・診断・予測技術高度化に関する研究・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	65
•	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・・・・・・・・・	71
•	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・・・・・・・・・	74
•	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・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	76
•	c7 海洋モデルの高度化に関する研究・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	77
•	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・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	79
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・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	81
•	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・・・・・	82

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: 1年目/5年計画(平成26年度~平成30年度)

研究代表者: 斉藤和雄(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、村崎万代、吉村裕正、橋本明弘、林 修吾、南雲信宏、加藤輝之、斉藤和雄(予報研究部)、 北村祐二(環境・応用気象研究部)、石田純一、原 旅人(気象庁予報部)、大竹秀明(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をも行う。
- ②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 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 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すすめる。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。
- ⑤ ASUCA を用いた実験にも着手する。
- ⑥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。
- ⑦ 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)水平解像度 250m, 500m, 1km, 2 km, 5 km の NHM の境界層スキーム (Mellor-Yamada-Nakanishi-Niino (以後 MYNN) 3, MYNN2.5, Deardorff) の解像度依存性を検証し、スキームによる違いを明らかにした。MYNN2.5 と Deardorff は高解像度化に伴いグリッドで鉛直熱輸送が表現されはじめるが、グリッドとサブグリッドの熱輸送のダブルカウントも生じていることが示された。MYNN3 は計算不安定を起こさせないための束縛条件の導入により鉛直流・気温の摂動が減衰した結果、解像度間に違いが生じないことが示された。
 - イ)水平分解能 125m, 250m, 500m, 1km, 2km, 5km のNHM の夏季の孤立積乱雲の再現性を評価した。NHM で再現される孤立積乱雲内部の鉛直流コアの構造は実験の解像度ではまだ一定の構造に収束はせず、ほぼ解像度に比例した距離でコアが存在していた。この特徴は地上付近の境界層の対流構造とほぼ等価であることもわかった。
 - ウ) 水平分解能 125m, 250m, 500m, 1km, 2km, 5km のNHM を用いて、冬季中部日本海側の平 野部での降雪量が過小予報になる原因について地上観測と比較して調査した。その原因は、

2.2. 研究年次報告

霰の代わりに、落下速度の遅い雪が過剰に生成され、移流により山岳まで輸送されたためであったが、250mのNHMでも地上における霰/全降水量の比率は観測よりもかなり小さく十分な改善には至っていないことがわかった。

- エ)予備的な実験によれば、降雪量予測の結果は、モデルの解像度が高くなると微物理過程モデルの違いが降雪量の分布に大きく影響する傾向が見られた。
- オ) 暴風雪の事例について実施した、水平解像度 1 km のモデル実験では、山岳風下側の平地において、予測された地上風の大きさが観測値の半分程度であった。これに対して沿岸部では、予測された風は観測値に近い値であった。
- カ) 関東地方の日射量予測が過大傾向となる下層雲が広がる曇天時の事例について、水平分解能 5km の NHM による数値実験を行ない、観測値と比較し、モデルの誤差要因について調査した。総観規模擾乱の位相のずれによる影響の他、境界層スキームや雲量の算定方法によっても日射予測結果が大きく異なることが明らかになった。
- ②ア) 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, CloudSat)との比較による検証に着手した。
 - イ) 雲氷粒径分布の変更に対する各微物理過程の応答を調査し、昇華・凝集・雲氷-雪変換の 各過程で感度が高いことが分かった。
 - ウ) バルク微物理モデルでは、あられ過程の適切なモデル化が重要であることが示唆された。
- ③陸面過程について、雪面温度の上限を0℃以下とするよう変更し、雪氷域での地上気温の再現性を向上させることができた。
- ④気象庁 LIDEN による発雷発生の時空間的特徴を統計的に把握し季節および地域による違いを明らかにした。加えて LIDEN による発雷発生状況とアメダスの突風・豪雨の発生との関係を統計的に明らかにした。またマルチパラメータレーダを用いた雲内の粒子分布と気流構造に三次元雷放電点評定データを比較することで、雷を発生させる積乱雲の特徴を明らかにした。これらの知見に基づいて、NHM による発雷予測の改良に着手した。
- ⑤水平解像度 250m, 500m, 1km, 2 km, 5 km の asuca の境界層スキームごとの解像度依存性を調査し、NHM と比較した。MYNN2.5、Deardorff は NHM とほぼ同様の結果が得られた。MYNN3 は計算不安定に関するソルバーが導入され、高解像度では鉛直流が表現されるようになった。それと同時にわずかにダブルカウントも示された。
- ⑥球面調和関数を使用する現業全球モデルの最新版に、二重フーリエ級数(高速化)と非静力学のオプションを導入した。二重フーリエ級数モデルの予報結果は球面調和関数のモデルと同等であることが確認できた。二重フーリエ級数モデルのドキュメントの作成を行った。
- ⑦本年度三月稼働開始の気象研次期スーパーコンピュータシステム(富士通社製 FX100 および Intel-CPU クラスタ)向けの動作確認および最適化作業に着手した。本年度末に基本的な動作 確認が完了した。

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、川畑拓矢、大塚道子、折口征二、國井 勝、横田 祥、斉藤和雄(予報研究部)、露木 義(気候研究部)、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)幾田泰酵(気象庁予報部)、伊藤耕介、大泉 伝、黒田 徹、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 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

統合を開始する。

- ②2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開始する。
- ③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を開始する。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開始する。

副課題2の本年度の成果

- ・LETKF と EnVAR を統合したシステムを作成し、実用に耐えうる計算時間で正常に動作することを確認した。
- ・EnVAR 内で行われる変分法に基づいたデータ同化について、新しい 4DVar のスキームを開発し、同化窓内で大きく風の場が変わる台風の事例で、これまでのスキームより自然な修正が行われることを示した(一部の成果は、「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)。
- ・2012 年 5 月 6 日に発生したつくば竜巻の事例について、高分解能地上データや 2 重偏波レーダーの偏波データの同化を行い、渦や降水の再現が改善されることを示した。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を行い、渦の強さに対して感度の大きな領域の位置を調べた。(一部の成果は、「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」、「社会システム改革と研究開発の一体的推進」「気候変動に伴う極端気象に強い都市創り」関連)
- ・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開始した(一部の成果は、[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」)。
- ・台風の事例について、海洋を結合したアンサンブルカルマンフィルターを用いた同化システム の実験を開始した(一部の成果は、[科学研究費補助金]「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」関連)。
- ・九州を南下する梅雨前線の事例について、ひまわりで観測したラピッドスキャンデータの衛星 風を高頻度に同化し、降水予報がわずかに改善することを示した(一部の成果は、[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」関連)。
- ・アンサンブルカルマンフィルターを用いて、台風の位置や強風半径の大きさを同化する手法を 開発し、自然なインクリメントが得られることを示した。
- ・アンサンブルシナリオの利用法の高度化について、2012年の台風 BOLAVEN の事例では風速と多重眼構造の関係、九州北部豪雨の事例では降水量と相関の大きい物理量とその領域の変遷について調べた(一部の成果は、「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)。
- ・関東平野で展開した水蒸気ライダーや高密度な地上気圧網の観測値を同化データとして用いた場合のインパクトを観測システムシミュレーション実験で調べた(一部、A3-2と科研費「局地的大雨予測のための可搬性に優れた次世代型水蒸気ライダーの開発(基盤研究(B))」関連)。
- ・アンサンブルに基づく変分法的同化法にサンプリング誤差抑制法を導入したプログラムの問題点の洗い出しと改良を行なった。また、台風 0404 事例等について、本同化法によるマイクロ波放射計データの観測システムシミュレーション実験(OSSE)を行なった。その結果、本同化法によって、台風 0404 周辺の降水予報が 6 時間以上向上することが分かった。(一部の成果は、「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)
- ・LETKF に基づく誤差情報を 4DVar に取り込むメソ Hybrid データ同化システムを構築し、2011 年の台風 Roki の強度予測精度、及び、2012 年の九州北部豪雨の予測精度が大きく向上することを示した。(一部の成果は、「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)
- ・高解像度大気海洋結合モデルを用いることにより日本付近の台風強度予測精度が大きく改善す

2.2. 研究年次報告

ることを示した。(一部の成果は、「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)

- ・高解像度大気海洋結合モデルを用いて伊勢湾台風の発生時の水温上昇に伴う強度変化の評価を 行った。(一部の成果は、「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)
- ・JMANHM 用のハイブリッド変分法アンサンブル同化システムを開発した。NHM-4DVAR と 4D-LETKF である NHM-LETKF を組み合わせたもので、それらのサブシステムは、双方向に 情報をやり取りする。つまり、NHM-4DVAR では背景誤差に NHM-LETKF の共分散行列の一部を用い、NHM-LETKF では共分散行列を推定するとともに、NHM-4DVAR と組み合わせて、 伝搬していく不確定性等を得るものである。(一部の成果は、「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)

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、清野直子、益子 渉、津口裕茂、村崎万代、橋本明弘、林 修吾、荒木健太郎 (予報研究部)、 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 年度以前に発生した 2 ~ 3 例の顕著現象を選び、観測データを用いて実態把握を行うとともに、非静力学数値予報モデルによるダイナミックダウンスケールによる再現実験を行って現象の発生・発達メカニズムおよび終焉要因を解明する。特に竜巻については、高解像度(水平分解能~50m)モデルによる複数の竜巻事例の再現実験を行い、共通する竜巻の発生要因の究明を行う。
- ②特に顕著な大雨や竜巻が発生した場合、速やかに各種観測データ・非静力学数値予報モデルの 実行結果から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。
- ③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、高温や局地的大雨など の顕著現象に対してビル群や人工廃熱といった都市効果が及ぼす影響についての調査を開始す る。

副課題3の本年度の成果

- ・2012 年つくば竜巻の発生機構について水平分解能 50m の非静力学数値予報モデル (NHM) の 結果を用いて調べたところ、2006 年延岡竜巻と同じようにストーム後方の局所的に強化され た下降流がトリガーとなっていることが分かった。しかし、竜巻の渦の起源は、フック状の形状をした降水分布の先端において降下してくる降水コアに伴う傾圧性によって主につくられて いることが明らかになった。
- ・2012 年つくば竜巻について水平分解能 10m の NHM による実験を行い、竜巻の詳細構造について解析した。
- ・2013 年 8 月 9 日に秋田・岩手県で発生した大雨について、特に下層の暖湿気塊の流入に着目して解析を行った。各種観測データ・客観解析データの解析結果と NHM による数値実験の結果から、下層の暖湿気塊の形成・維持には、大気と海面の相互作用が重要であることが明らかになった。

- ・2013 年 10 月 16 日に台風第 26 号に伴って伊豆大島で発生した大雨についての解析を行った。 各種観測データ・客観解析データの解析から、大雨をもたらした降水系の形成・維持には、関 東平野に形成された"局地前線"が重要であることがわかった。また、JMA-NHM による数値 実験から、"局地前線"の形成プロセスについての詳細な解析を行った。
- ・2013 年 12 月 19 ~ 20 日に日本海上で発生したメソ低気圧の発達過程について、水平分解能 5km の NHM の結果を用いた絶対渦度・エネルギー収支解析から調査した。最初、非断熱加熱 による熱的不安定で発達し、その後傾圧不安定も加わって強化されたことが分かった。
- ・2014年2月8~9日、14~15日に発生した関東甲信地方での大雪について、国土交通省・気象庁・ 自治体・民間会社等の毎時積雪深観測値をもとに詳細な降雪分布の解析を行い、大雪をもたら した降雪雲の発生環境場について解析した。その結果、関東地方の南海上で形成されていた沿 岸前線上で高度2km付近まで持ち上げられた水蒸気が内陸まで流入し、降雪雲を形成していた。 降雪分布はこの水蒸気供給量と地形の影響を大きく受けていたことがわかった。
- ・2014年7月9日沖縄本島での大雨では、顕著な冷気プールが沖縄本島付近に形成されたことが大雨をもたらした線状降水帯を停滞させていたが、その停滞に水平分解能 1km の NHM の数値実験から沖縄本島の地形は影響していないことが分かった。
- ・2014年8月20日広島での大雨をもたらした下層水蒸気の蓄積過程を局地解析のデータから考察した。南からの下層水蒸気流入時に豊後水道で流路が狭まることで風速が増すとともに上空に水蒸気が輸送され、大量の水蒸気が広島付近に流入したことが大雨の発生要因となったことが分かった。
- ・2014年に発生した顕著な大雨事例(7月3日長崎での大雨、7月9日台風第8号に伴う沖縄の大雨、7月9日新潟での大雨、8月11日三重での大雨、8月20日広島での大雨、9月11日北海道での大雨)について速やかに解析を行い、解析結果は気象庁予報部および該当地方官署に情報共有を行った。7月9日台風第8号に伴う沖縄の大雨と8月20日広島での大雨の発生要因については、報道発表を行った。
- ・都市キャノピースキームを導入した水平分解能 2km の NHM を用い、高温や局地的大雨などの顕著現象に対してビル群や人工廃熱といった都市効果が及ぼす影響についての調査を開始した。現実的な都市の条件を与えた実験と都市効果を低減させた数値実験との比較から、都市の高温偏差により都心部を中心に降水の増加が認められることがわかった。降水強度別の違いを調べたところ、日降水量が 50mm 前後の比較的強い降水の頻度が増加する傾向が示唆された。

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

村上正隆、斎藤篤思、田尻拓也、荒木健太郎、橋本明弘(予報研究部)、財前祐二(環境・応用 気象研究部)

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・雲核及びエアロゾル濃縮器を用いた低濃度氷晶核のモニタリング 観測を行う。
- 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混合粒子の雲核能・氷晶核能に関する実験を行う。
- ③ AgI およびハイブリッドフレアから生成される粒子の雲核能・氷晶核能に関する実験を行う。
- ④航空機観測データを用いた検証結果に基づく氷晶生成・成長過程に関するパラメタリゼーションの改良を行う。

- ⑤バルク法 NHM のエアロゾル・雲・降水統一雲物理モデルのエアロゾル種(予報変数)を拡張する。
- ⑥ビン法 NHM のエアロゾル・雲・降水統一雲物理モデルの改良を行う。
- ⑦バルク法 NHM を用いた AgI シーディングによる増雨・増雪効果の評価を行う。

副課題4の本年度の成果

- ①低温実験別棟において通年地上モニタリング観測を実施し、大気エアロゾル 粒子の物理化学特性・雲核(CCN)・氷晶核(IN)の世界的にも希少なデータセット を構築した。その結果大気エアロゾル粒子の、雲核としての活性化特性を示す吸湿度 κ は 0.09 ± 0.03 (年平均値)で日本周辺を起源とする空気塊の割合が多い夏季には値 が低い傾向を示し、氷晶核数濃度は通常活性化温度 -25° Cで 0.001cm⁻³ 未満と低濃度であるが、黄砂やローカルダストの飛来が多い年末から春季にかけ $0.001\sim0.01$ cm⁻³、時折 0.1cm⁻³ を超える高い値を観測した。CCN 数濃度は 0.1μm より大きな大気エアロゾル粒子の数濃度と、IN 数濃度は 0.5μm より大きな粒子の数濃度と比較的良く対応していた。
- ②エアロゾル粒子の混合状態が、雲粒・氷晶生成過程に与える影響を評価するため、既知のエアロゾル(硫酸アンモニウムおよびダスト標準粒子)が単独で存在する場合と、それらの外部混合状態、内部混合状態について雲生成実験を試行し、外部・内部混合状態では雲粒生成、氷晶発生のタイミングに変化が表れることを示した。5月末から6月初旬の黄砂飛来イベント時に、複数回の雲生成実験および電子顕微鏡解析を実施し、大気エアロゾルの氷晶核能の変化を調査した。期間中、ミクロンサイズの粒子は鉱物粒子がおよそ80%と支配的であり、ピーク時には、10⁻³を超えるActivated Fraction(大気エアロゾル粒子1000個につき、1個以上が氷晶核として働く)を計測し、人為起源エアロゾルと鉱物粒子の混合状態における大気エアロゾルの氷晶核能を捉えた。
- ③ AgI 粒子の氷晶核能の実験では、溶解剤・吸湿剤を変えた場合の氷晶発生実験を行い、結果を 比較した。ハイブリッドフレアを用いた雲生成実験は、H27 年度に計画する。
- ④航空機による直接観測データ・地上設置のマイクロ波放射計・光学式ディスドロメータのデータなどを用いて、山岳性降雪雲を対象に NHM に組み込まれているバルク法雲物理パラメタリゼーションの検証を行った。雲氷から雪への変換の過大評価、過冷却雲水の過少評価、霰の過少評価が明らかとなった。粒径分布にガンマ分布を採用すること等で改善を図った。
- ⑤ NHM のエアロゾル種(予報変数)の数を可変化した(従来は4種のみ)。
- ⑥吸湿性粒子2成分(硫酸アンモニウムと塩化ナトリウム)の雲核活性スキームをビン法 NHM に導入した。
- ⑦バルク法 NHM を用いて、種々の気象条件の下で、各種シーディング方法の増雨効果を評価した。水平解像度 200m での AgI シーディング実験に着手した。

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: 1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)

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。

副課題1 診断的予測技術に関する研究

副課題1の研究担当者

加藤輝之、清野直子、益子 渉、津口裕茂、村崎万代(予報研究部)、廣川康隆(仙台管区気象台)

副課題1の目標

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

副課題1の本年度の計画

- ①客観解析データを用いて豪雨の発生および終焉要因を総観場と関連付けて調査し、その要因の特徴を期間平均(年別・月別等)と比較することで明らかにする。また、豪雨の主要因として提案されている 500m 高度データ(相当温位、水蒸気フラックス量など)について、他の要因と比較しながらその評価を行う。
- ②水平解像度 1km の非静力学数値予報モデルを用いて、客観的に抽出された 1995 年度以降の複数の過去の豪雨事例の再現実験を行うことで、豪雨の発生要因の統計的な調査に着手する。
- ③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を把握する。

副課題1の本年度の成果

- ①ア)津口・加藤(2014)で抽出した集中豪雨事例について、JRA-55を用いて西日本域の7月の大気環境場を統計解析した。気候場(1980~2009年:30年間)と集中豪雨発生時の環境場を比較することで、集中豪雨発生時の特徴を明らかにした。その結果、500m高度の水蒸気フラックス量、大気の安定度、可降水量等に明瞭な特徴があることが分かった。
 - イ)線状降水帯の発生要件について、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)の有効性について、過去の大雨事例について調査し、メソ解析を用いて線状降水帯の発生条件を統計的に調査した。
 - ウ) 2014 年 2 月関東甲信越地方での大雪時の大気状態について、JRA-55 を用いて統計的に調査した。大雪が観測される 3 日ほど前に大陸上に蓄積された寒気が吹き出すことで、日本列島の南岸で水平シアおよび傾圧性が強まって南岸低気圧が発生し、北寄りの寒気流入が続く中での降水だったので、降雪になっていたことが分かった。過去の大雪事例でも同様の特徴が確認できた。
 - エ) 2014 年 8 月豪雨時の発生環境場について、JRA-55 を用いて統計的に調査した。12 日までは気候値よりも安定な大気状態にも関わらず台風の縁辺からの大量の水蒸気が流入したことで大雨になり、13 日~24 日では暖湿流の流入は平年並みであったが上空が低温であったために不安定な大気状態が続いて局地的な集中豪雨が各地で発生したことが分かった。

2.2. 研究年次報告

- ② JRA-55 から非静力学モデル (NHM) を用いて力学的ダウンスケールを行うことで、過去の複数の豪雨事例の再現実験を行った。
- ③仙台管区気象台、東京管区気象台(2回)、熊谷地方気象台、静岡地方気象台、名古屋地方気象台、 大阪管区気象台(2回)、広島地方気象台、福岡管区気象台、名瀬測候所、沖縄気象台(2回)、 南大東島地方気象台において技術指導を行った。また、予報業務研修での講義を行った。

副課題2 監視・予測技術改善のための研究・開発

副課題2の研究担当者

楠 研一、小司禎教、足立アホロ、山内 洋、足立 透、猪上華子、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2の目標

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

副課題2の本年度の計画

- ①積乱雲の内部構造を観測し積乱雲および竜巻等突風・局地的大雨の解析を行う。さらに探知アルゴリズムのとして、高速スキャンレーダーによる渦および降水コア検出のための要素技術の開発に着手する。
- ②雷詳細観測を行い、雷放電・発雷機構の解析をする。
- ③副課題3③の成果を用い、固体素子二重偏波レーダーによる関東地方の顕著現象の観測を行うとともに、つくば竜巻などの過去の顕著現象の解析を行う。
- ④副課題3⑤の成果を用い、リアルタイム解析による複数 GNSS の視線遅延量を利用した積乱雲の発達監視技術のプロトタイプ作成。

副課題2の本年度の成果

- ①気象研究所への導入を進めるフェーズドアレイレーダー (PAR) による突風・局地的大雨等の 観測研究のフィージビリティ・スタディとして、大阪大学において先行運用される PAR を用いた渦の三次元データ解析を行った。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 構造を作りだすという新しい 事実を明らかにした。この成果は、PAR が竜巻等突風現象の理解に極めて有用であることを示唆する。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、水平面における気流構造の精細な描画が可能となった。
- ②ア)雷放電に伴って放射される LF 波帯電磁波の特性ついて解析を行った。LF 帯電磁波はこれまでは帰還雷撃、Narrow Bipolar Event (NBE) などの大電流の流れるプロセスで放射されることが知られてきたが、詳細解析により弱いながらもステップトリーダからも放射があることを明らかにした。また NBE の発生高度に関する解析を行い、積乱雲が非常に発達したフェーズにおいて高高度で発生することを示した。当該研究を論文(J. Geophys. Res. 受理)にまとめるとともに第 31 回国際電波科学シンポジウムにおいて招待講演を行った。
 - イ) 2013 年 9 月 2 日に埼玉県越谷市を中心に被害をもたらしたスーパーセル竜巻 (F2) 発生 前後の雷放電活動およびストーム発達の時空間変化について解析した。その結果、短時間で 発雷数が急激に増加する「lightning jump」と呼ばれる現象が竜巻発生の 0-14 分前に発生していたことを明らかにした。このとき、中層のメソサイクロンの渦度が高まり、40dBZ 等値 面も急上昇していることから、凍結高度以上での強い上昇流に起因していると考えられる。

- ③ア)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(Tornado cyclone: TC)、および竜巻の発生検知に利用可能な竜巻飛散物(Tornadic Debris Signature: TDS)の解析を行い、(1) TC は竜巻の発生の 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。
 - イ) 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。
- ④副課題3⑤で開発した、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。

副課題3 次世代観測システム構築に向けた研究

副課題3の研究担当者

小司禎教、石元裕史、永井智広、楠 研一、岡本幸三、足立アホロ、山内 洋、酒井 哲、増田一彦、足立 透、猪上華子、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、小寺裕之(気象庁観測部)、星野俊介(高層気象台)、真野裕三、石原正仁、小林隆久、高谷美正、田畑 明、新井健一郎、加藤亮平、西橋政秀、藤原忠誠(客員)

副課題3の目標

フェーズドアレイレーダー・3次元雷センサ・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。

副課題3の本年度の計画

- ①可搬型ドップラーレーダーについて、セクタースキャンによる高速化・高 PRF による高分解能化、および IQ 取得機能付加を行い、可搬性を生かして試験観測を実施する。また、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の製作を行う。
- ②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を行う。
- ③二重偏波情報の品質管理手法の最適化、竜巻検出アルゴリズムの開発、地形クラッタの位相算出 プログラムの作成を行う。
- ④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を開発する。
- ⑤視線遅延量リアルタイム解析、積雪深、土壌水分量、海上の水蒸気量、及び水蒸気 3 次元構造の解析アルゴリズムのプロトタイプを開発する。
- ⑥次期ひまわりのチャンネル波長に対応した代表的氷晶粒子の散乱データベースを作成し 1DVAR 雲解析アルゴリズムに組み込む。また雲域 1DVAR の事例解析を実施し解析結果の粒子モデル依存性について調査を行う。形状のサイズ依存性を考慮した新しい鉱物性エアロゾル粒子モデルを開発し、その散乱データベース作成を開始する。
- ⑦赤外センサ:単純雲同化処理の改良(水蒸気チャネルの追加など)及び、現業システムへの実装

作業を行う。また、衛星搭載レーダー:シミュレータを用いて観測データと NHM モデルの比較を行い、モデルの再現性を調査する。これを元に、品質管理・同化手法を検討する。

⑧ OSSE について文献調査を行う。

副課題3の本年度の成果

- ①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」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予定の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。さらに可搬性を生かして山形県庄内空港のターミナルビルへ設置し、11月5日から試験観測を行ない、突風を引き起こす可能性のある複数の渦について最高性能(*)による立体構造の観測をすることができた。(*)距離分解能30m・セクター高速スキャン・渦のIQ 信号取得 また、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の製作を進めている。また観測のための鉄塔について、最適高度・設置位置・ビッグデータ収録を検討し建築を進め、平成27年3月27日に竣工した。
- ②昨年度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の製作のための検討を行った。現在は 4 台からなるシステ ムの製作を完了し、露場にて試験観測を実施中である。本装置は LF 帯を中心とする広帯域信 号を受信できること、また微弱な信号を捉えられるのが大きな特徴である。当該システムは東 日本の AM ラジオノイズ環境に耐えうるように電気回路の設計を検討した。さらに機動性を考 慮し、処理系は小型 BOX に収納できるようにした。
- ③ア)固体素子の二重偏波レーダーにおける二重偏波情報の校正手法を開発した。固体素子レーダーでは、レーダー近傍の短パルス領域と遠方の長パルス領域で観測特性が異なり、天頂観測によっては近傍の短パルス領域のみしか校正できない。RHI 観測を利用して、短パルス領域と長パルス領域の連続性を確保することで長パルス領域の校正を原理的には可能とした。
 - イ)偏波パラメータ間の自己整合性を利用して反射因子の減衰補正をおこなう手法のプロトタイプを開発した。この手法では経路中の降雨減衰を求める際に雨の粒径分布をある程度推定できるため、従来よりも高い精度で降水強度を推定できる可能性がある。
 - ウ) 竜巻や雹などの自動検出アルゴリズムを開発するため、降水粒子(雨、雹など)、竜巻飛散物、晴天エコー、シークラッタ等の二重偏波レーダー解析を進め、それぞれの二重偏波情報の特徴を抽出した。自動検出アルゴリズム開発に着手した。
 - エ) 膨大な IQ データから水蒸気情報を有する地形クラッタの位相情報を算出する手法を開発し、レーダーシステムへの実装を進めた。今年度中に実施する気象研 C バンドレーダーの機能強化への実装を目指す。
- ④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を作成しその結果を踏まえて設計・開発を行った。プロトタイプを用いた実験換装では、水蒸気混合比の鉛直分布を、高度分解能 75~150 m、時間分解能 30~60分で昼間は高度 0.2 km から約 1 km、夜間は高度 0.2 km から約 6 km までの範囲を測定できることが分かった。プロトタイプでは、受信望遠鏡が使用波長に最適化されておらず効率が低いと考えられること、受信部に用いる光学部品の透過率を改善し、個々の部品について数%程度ずつ効率を改善すること、などを行って総合的な効率を向上させることにより、観測可能な高度範囲を拡大できると考えている。
- ⑤ (1) GNSS 視線遅延量を用いた水蒸気解析の空間解像度を向上させる手法を開発した。研究成果をまとめ、論文として発表した。(2) 国土地理院の協力を得て、リアルタイム、1 秒間隔の高頻度解析実験を開始した。国際 GNSS サービス (IGS) によるリアルタイム軌道情報の取得が安定せず、通信の安定化に課題がある。宇宙航空研究開発機構 (JAXA) の協力により、準天頂衛星から配信されるリアルタイム暦情報を利用した試験を行い、ゾンデとの比較

で RMS3mm 未満と、良好な結果を得た。(3) 気象庁海洋気象観測船に GNSS 受信機を搭載し、海洋上の水蒸気解析実験を行った。事後解析の精密暦を利用することで、RMS3.5mm 程度と、実用的な精度で可降水量が解析できることを確認した。(4) 2014 年 2 月 14 日の関東地方の大雪事例について、積雪深の解析実験を行った。山梨県小淵沢の観測点では大雪前後の積雪深の時間変動を解析することに成功した。

- ⑥ア)六角柱モデルと複雑形状凝集体(ボロノイ型形状)モデルの2種類の氷晶モデルについて、 ひまわり8、9号の16チャンネル波長に対応した散乱データベースを作成した。衛星センタ ーが開発中の1DVAR 雲解析アルゴリズム OCA(Optimal Cloud Analysis)にこの粒子散乱モ デルのLUT を組み込み、前方計算およびシミュレーション画像を用いた1DVARの動作確 認を実施した。
 - イ) 形状のサイズ依存を考慮した鉱物性エアロゾル形状モデルを作成し、ひまわり等衛星可視 チャンネルに対応した散乱データベース用の計算を開始した。
 - ウ) ひまわり赤外チャンネルを用いた火山灰推定アルゴリズムを改良するため、衛星赤外サウンダを用いて火山灰物質を推定する研究を開始した。
 - エ) 赤外サウンダを用いた対流圏中上層の水蒸気推定については、研究結果をまとめ、論文発表を行った。
- ⑦単純雲域同化処理及び MTSAT-2 への対応を、最新の現業全球データ同化システムに組み込んだ。衛星搭載レーダー(TRMM 衛星の PR と GPM-core 衛星の DPR)に対して、観測データと NHM モデル計算結果を比較し、モデルの雲物理過程のバイアスや観測データのノイズ特性などを明らかにした。
- ⑧ア)関東平野で展開した水蒸気ライダーや高密度な地上気圧網の観測値を同化データとして用いた場合の観測システムシミュレーション実験を行った。その結果、水蒸気データの方がインパクトが大きいこと、発生期の降水域に比べて最盛期の降水域の方が修正が難しいことがわかった。(A1-2 と科研費「局地的大雨予測のための可搬性に優れた次世代型水蒸気ライダーの開発(基盤研究(B))」関連)。
 - イ)OSSE に使用できる可能性のある測器について文献の調査を行った。とくに水蒸気ライダーについては担当者による講演を行いその精度や誤差が OSSE にどのような影響を及ぼす可能性があるかについて討論を行った。
 - ウ) 積乱雲に伴う水蒸気変動監視に必要な GNSS 観測網の空間密度を、水平 250m 解像度の NHM を用いて行った。その結果、3-5km 間隔の観測網により、水蒸気の局所的な変動を捕らえることが可能であることがわかった。

2.2. 研究年次報告

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: 1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(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、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)、松枝未遠、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) 雲降水域での赤外ハイパーサウンダ輝度温度データを同化する鉛直1次元変分法(1DVAR)を、台風周辺域のAIRS データに適用する。この出力から領域非静力データ同化システム用の入力データを作る。
- イ)赤外ハイパーサウンダデータの有効利用のため、バイアスや標準偏差に加え予報誤差の観測 感度 (FSO) 等の指標に基づき地表面特性や各種パラメータ、季節の違いに対する AIRS 観測 の有効性の変化を調査する。
- ウ) 気象衛星センターと協力して、次期ひまわりの水蒸気チャンネルを使った 1DVAR の開発に 着手する。厚い雲域での赤外の輝度温度同化スキームを改良する。
- エ)将来的な現業全球大気データ同化システムに貢献するため 4DVAR とアンサンブルのハイブリッド法のスキームを開発する。
- オ) 物理過程改善や新規観測データ導入のインパクト評価に利用するため、アジョイントコード が不要な全球モデル用アンサンブルカルマンスムーザーの開発に着手する。
- カ)全球大気データ同化システムの診断のため、アジョイントコードを用いた観測データのインパクト評価法の準ルーチン的なテストを行なう。観測システムシミュレーション実験(OSSE)

- の3種類の手法の比較を行なう。OSSEによる衛星搭載ライダー同化の処理の改良と実験結果の評価を行なう。
- ② 全球モデル物理過程改良 最新の現業全球モデルを気象研に導入し、気象研で開発を行った積雲対流スキームなどの物理 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) 領域非静力モデル用のアンサンブルを用いた変分同化スキームを使った、予報解析サイクル が動くようにする。また、アンサンブルを用いた変分同化スキームのハイブリッド化に着手す る。
- イ) 衛星搭載のマイクロ波放射計輝度温度について、領域非静力モデル出力からの前方計算法を開発する。J-simulator を利用した前方計算のテストを行なう。
- ③ TIGGE データ等を用いた予測可能性研究
- ア) 気象庁全球モデルによる台風進路予測の誤差が他の数値予報センターよりも大きい事例を特定し、TIGGE データを用いて台風の構造を比較し、誤差の原因となるような気象庁特有の誤差を調査する。
- イ) 北西太平洋熱帯低気圧アンサンブル予報プロジェクト (NWP-TCEFP) のもと台風の発生予 測プロダクトの利用可能性を調査する。

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)赤外ハイパーサウンダ AIRS の輝度温度データを用い、完全晴天域、及び下層雲より上の晴天域を対象とした温度・水蒸気の 1 次元変分法(1DVAR)計算を幾つかの観測事例について実施した。1DVAR で得られた飽和湿度領域の高度が CloudSAT/CALIPSO データによる近傍の氷雲高度によく対応していることが確認でき、1DVAR による温度・水蒸気推定が有効であることを示した。
- 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している。
- ウ)ひまわり 8/9 チャンネルに対応した放射計算コードとして、衛星センター開発中の雲解析アルゴリズム (OCA) の利用を検討した。OCA コードのプロトタイプを気象研に移植し、ひまわり水蒸気チャンネル (6.2, 6.9, 7.3μm)、及び水蒸気に弱い感度のある窓チャンネル (8.6μm) を用いた水蒸気 1DVAR コードの開発を開始した。
- エ)アンサンブルを用いた 4 次元変分法(4DVAR)を、気象庁現業システム(MRI-NAPEX)をベースに構築した。従来の 4DVAR と比較しながら、モード数とコストの収束の関係、背景誤差構造等の解析を行った。理論面では、統一的な定式化、非一様局所化手法、弱拘束との関係を明らかにした。
- オ)アンサンブルカルマンスムーザーを、気象庁現業システム(MRI-NAPEX)をベースに構築している。アンサンブル生成のための計算量は、アンサンブルを用いた 4DVAR よりアンサンブルカルマンスムーザの方が小さいことを確認した。
- カ)観測データのインパクト評価のため、最新の気象庁現業システムにインパクト評価スキーム(Forecast Sensitivity to Observations: FSO)を移植し評価を行った。2010 年以降の5 世代の同化システムについてのFSO を比較し、GPS 掩蔽観測、赤外干渉計データが重要な観測となっていることを示した。また、観測システムシミュレーション実験(OSSE)として、3 種類のOSSE 手法を構築し、既存、仮想(将来)観測の解析、予報精度への影響を評価した。輝度温度やラジオゾンデのインパクトは、定性的には3つの手法で良く一致した評価結果が得られるが、定量的には観測誤差等のパラメータの調整やアンサンブルスプレッドの過小性の考慮が必要であることがわかった。
- キ) 衛星搭載風ライダーの OSSE の実施に向けて、簡易な品質管理処理を開発し現業同化システムに組み込み、同化実験を行った。同化実験結果の検証やデータ品質調査により、ライダーシミュレーションデータの問題などが明らかになってきた。

2.2. 研究年次報告

②全球モデル物理過程改良

最新の現業全球モデルを導入し、気象研で開発した積雲対流スキームの組み込みを行った。また、 数値予報課の実験システムを利用した評価を進めている。

- ③領域大気データ同化システム開発
- ア)アンサンブルの各メンバーの解析値を計算するプログラムを開発し、アンサンブルを用いた変分法的同化法の予報解析サイクルを構築した。台風 0404 号事例等について、本同化法によるマイクロ波放射計データの OSSE を行なった。その結果、本同化法によって、台風 0404 号周辺の降水予報が 6 時間以上向上することが分かった。
- 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るこ とがわかった。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 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。
- ウ)マイクロ波放射計データから、非降水を仮定し、海上風速、海面温度、可降水量、凝結水量、 及び降水域の推定プログラムを開発した。また、このプログラムを応用して、マイクロ波放射 計データから、雲降水の有無を判定するアルゴリズムの開発を始めた。
- エ)アンサンブルを用いた変分法的同化システムにおいて、衛星シミュレータ (Joint-simulator) を実行できるよう改良した。これにより、衛星搭載降水レーダーの同化が可能となる。
- ④ TIGGE データ等を用いた予測可能性研究
- ア) 気象庁の台風進路予報誤差が他の数値予報センター(たとえば、ECWMF や NCEP)と比べて極端に大きかった、2013年の台風第3号に着目し、初期値・モデル代替実験を行った。初期値には、気象庁、ECMWF、ALERA、モデルには、気象庁 GSM、NICAM、ALERAを用いた。結果、どのモデルを用いても、気象庁の初期値から予報を行った場合、実際の進路よりも西寄りの予測となり、ECMWFの初期値を用いると予報誤差が緩和されることが分かった。
- イ)NWP-TCEFPのもと、現業の全球中期アンサンブル(TIGGE)による、熱帯低気圧の発生とその後の進路予報(併せて活動予報と呼ぶ)の利用可能性、及び、マルチセンターグランドアンサンブル予報の有効性を調査した。結果、2週目の予報においても、気候学的予報に対してアンサンブル予報が有効であること、及び、マルチセンターグランドアンサンブル予報は、最も精度の良かった単独のアンサンブル予報よりも精度が良いことが分かった。一方、予報精度はアンサンブル予報結果から熱帯低気圧を定義する際の風速の強さに敏感であること、また、気象庁のアンサンブル予報では、予報後半、予報頻度が減少するというバイアスが顕著であることが分かった。

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、小山亮、嶋田宇大、櫻木智明(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)マイクロ波探査計(AMSU)及びマイクロ波放射計(TRMM/TMI)を使用した台風強度推定 法関連システムを、MacOS上からLinux上に移植するとともに、強度推定値及び構造について、 海域・季節毎の特徴の調査を行う。
- イ)TRMM/TMI による台風の強度推定手法を応用して SSM/I 及び SSMIS データを用いた台風強度推定手法の開発を行う。また AMSU の後継センサーである改良型マイクロ波探査計 (ATMS) 観測データの台風構造解析への利用可能性を調査するため、データ処理環境を Linux 上に構築する.
- ウ) 現業ドップラーレーダーのドップラー速度データの折り返し補正を改善し、ドップラー速度 を用いた台風強度推定の精度向上を図る。またドップラーレーダーデータによる台風強度推定 の得意・不得意事例を調査し、問題点を抽出する。
- ②プロセス解明・予測可能性検討
- ア)MTSAT ラピッドスキャンデータを使って算出した台風内の上層風を、ゾンデ観測や気象庁メソ解析を用いて精度評価を行う。上層風の接線風速の変化と台風の発達・衰弱との関係を調査する。現行ラピッドスキャン風計算システムを、SunOS上からLinux上に移植し、次期ひまわりデータによる風算出環境を構築する。
- イ) 三重眼構造となった 2012 年台風 15 号について、現業ドップラーレーダーのドップラー速度 からリトリーブした風速場を利用して台風の構造解析を行い、環境場と内部構造の関係や構造 変化過程について調査する。
- ウ) 気象研究所非静力学大気モデルに局所アンサンブル変換カルマンフィルターを適用した大気 データ同化システムを台風研究に活用できるよう、システムを構築し、実際の台風事例に適用 する。2013 年台風 30 号について、大気海洋客観解析データ及び非静力学大気波浪海洋結合モ デルを用いた数値シミュレーション及び感度実験から、その発生・急発達・強度維持過程を明 らかにする。
- ③顕著台風事例解析

2013年に日本に大きな影響のあった台風(18号・24号等)について、事例解析を行い、強雨・ 強風構造を明らかにする。また 2014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 報解析を行う。

副課題2の本年度の成果

- ①強度推定手法の改善
- ア) a. 気象庁ベストトラックデータを用いて、台風の急発達の出現に関する統計調査を行い、出現特性に季節依存性があることが分かった。また、TMI 輝度温度データを用いた台風強度推定法で利用したクラスター分析の結果を用いて、各パターンについての急発達出現の特徴を調べ、急発達が発現する可能性のあるパターンと発現しないパターンがあることが分かった。
 - b. 台風発生領域・季節毎に AMSU 強度推定値の気象庁ベストトラックデータに対する評価を行い、北緯20度以北に存在した台風で誤差が僅かに小さい傾向等を確認した。この傾向は、主に比較的低緯度の発生~発達期の台風について、降水によるマイクロ波散乱が AMSU データに比較的大きく影響していることを反映していると推測される。一方、推定精度の季節依存性については明瞭ではなかった。
 - c. 台風強度推定・予測の検証資料となる気象庁ベストトラックデータに影響の大きい気象庁のドボラック解析について調査を行った。1980年代の航空機観測と再解析 CI 数の比較から、現在使用されている CI 数と台風中心気圧の関係式は妥当であることが示された。ただし近年のベストトラックデータにおいても解析はその関係式に忠実に行われ、結果的に特に強い台風の解析が行われにくくなっている可能性も指摘された。
- イ)a. TMI 輝度温度データによる台風強度推定法の応用として、SSMIS 輝度温度データによる台風強度推定法を開発した。741 個のパラメータを主成分分析してそのスコアを説明変

数、ベストトラック最大風速を被説明変数とする回帰式を作成することにより、独立資料で 6.3m/s 程度の推定精度が得られた。

b.AMSU データを使用した中心気圧推定手法関連環境の Linux サーバーへの移植と ATMS マイクロ波探査計データ処理環境の Linux 上での構築を行った。

- ウ) 現業ドップラーレーダーのドップラー速度データのノイズ除去法、折り返し補正法の改善を行った。これにより、ドップラー速度を用いた台風強度推定の適用可能事例数を増やし、かつ推定精度を向上させることができるようになった。この台風強度推定法を、2006 年から 2014 年までに日本に接近した台風ののべ 28 事例に適用した結果、従来のドボラック法やAMSUによる推定手法と同程度かそれ以上の精度で強度推定できることがわかった。
- ②プロセス解明・予測可能性検討
- ア)MTSAT-1R ラピッドスキャンデータを使って算出した台風内の上層 AMV(上層赤外風、水蒸気風)をゾンデ風を用いて検証し、AMV 算出に使用する MTSAT 画像の時間間隔が短いほど算出数は増える一方ベクトル差は増加傾向にあること、上層 AMV が対流圏界面直下付近の風の場を反映していること等が分かった。また、上層 AMV を用いていくつかの台風事例(T1324等)の上層の風の場の特徴を調査し、発達が比較的急であった時間帯に上層接線風速と動径風速が共に増大していたことが確認された。また Linux 上での AMV 算出環境の構築を行った。
- イ) 三重眼構造となった 2012 年台風第 15 号について、現業ドップラーレーダーのドップラー速度からリトリーブした風速場を利用して、眼の壁雲付近に存在する渦ロスビー波の解析を行うとともに、台風のトロコイダル運動と環境場の鉛直シアーに伴って台風渦の鉛直傾きの向きや眼の壁雲の非対称性が変化している可能性を指摘した。
- ウ) a. 気象研究所非静力学大気モデルに局所アンサンブル変換カルマンフィルターを適用した大気データ同化システム (NHM-LETKF) を台風研究に活用できるよう、気象研究所計算機システムに同化システムを構築し、実際の台風事例 (2008 年台風第 13 号及び 2009 年台風第 14 号) に適用した。また非静力学大気波浪海洋結合モデルを用いて 2013 年台風第 30 号の数値シミュレーションを実施した。水平解像度 2.5km のモデルを用いて最大強度を再現するためには、非静力学大気モデルにおける乱流熱フラックススキームでは不十分であること、Bao (2000) の海面飛沫のスキームを導入することにより、現実的な最大強度を再現することができることが明らかとなった。

b.2012 年と 2013 年の台風のうち急発達をした事例を選び、気象研究所非静力学大気モデルを用いて数値実験を実施した。水平解像度を 5 kmと 3 kmと変えて実験した場合、3 kmを用いることで発達率は大きくなった。しかし、ベストトラックで見られたような急発達過程を再現するには至らない事例がほとんどであった。要因の1つとして、数値モデルは台風の眼を大きく再現してしまうために中心気圧が下がらないことがあり、これまでに海面摩擦や境界層過程の物理スキームの変更では改善できていないことから、初期値での適切な表現またはスピンアップが重要であることを示した。

③顕著台風事例解析

- ア) 2012 年と 2013 年に日本に影響のあった台風から 10 事例を選び、気象研究所技術報告作成のための事例解析を行った。
- イ)沖縄本島に強い強度での接近が予想され特別警報が発表された 2014 年台風第 8 号について、 衛星及びドップラーレーダーにより強度推定を行った。AMSU と TMI による推定では、台風 の発達のピークは南西諸島接近の 1 日程度前であったことが示された。一方、ドップラーレー ダーの解析では、台風が久米島付近を通過した後にやや再発達した可能性が示唆された。また 南西諸島通過時の非対称構造と南側の大雨について、客観解析値等を用いて解析を行い、チベ ット高気圧に伴う沈降の影響で台風の非対称性が大きくなっていたことを示した。
- ウ) 2014年の台風 8 号等について、気象研究所非静力学大気モデルによる再現実験を実施した。 海面水温に対する感度実験を行い、水平解像度が粗いほど感度が大きいことを示した。また、 初期値を気象庁全球客観解析とメソ解析と変更した数値実験を実施した結果、台風の発達が初 期場に強く依存する事例がみられた。

A4 沿岸海況予測技術の高度化に関する研究

研 究 年 次 : 1 年目 / 5 年計画 (平成 26 年度~平成 30 年度)

研究代表者: 蒲地政文(海洋・地球化学研究部 部長)

研究の目的

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

副課題1 日本近海の海況変動の予測精度向上に関する研究

副課題1の研究担当者

山中吾郎、辻野博之、中野英之、坂本 圭、浦川昇吾(海洋·地球化学研究部)、櫻井敬三、近澤昌寿、 小林健作(気象庁地球環境·海洋部)

副課題1の目標

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

副課題1の本年度の計画

- ①現業用高解像度日本近海モデルの開発を行う。
- ②潮汐スキームの導入・調整を行う。
- ③海洋顕著現象の再現性検証を行う。

副課題1の本年度の成果

- ①海洋モデルに対して行った高度化 (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等)を昨年度までに開発した高解像度日本近海モデルに適用して、動作確認を行った。現業運用に向けたモデル領域や鉛直解像度について、外側モデルにあたる全球・北太平洋モデルを含めて、本庁と協議しながら再設定を行っている。
- ②日本沿岸海況監視予測システムの狭領域モデルとして、高解像度瀬戸内海モデルの改良を行った。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を行い、海況再現性向上に寄与することを確認した。
- ③日本海海洋気象センターと協力し、2010年8月と2011年8月に発生した台風通過後の高潮位事例について、高解像度日本近海モデルによる再現実験を行った。

副課題2 アジョイント法に関する同化手法の開発とその応用に関する研究

副課題2の研究担当者

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

¹ 平成26年9月1日~

副課題2の目標

- ①全球及び北西太平洋アジョイントシステムの構築及び潮汐同化手法、海氷同化手法の開発を行う。ダウンスケーリングするためのインクリメンタル 4DVAR を開発し、副課題1で開発する日本近海海洋モデルの初期値作成技術の開発を行う。
- ②上記データ同化手法による再解析実験により、同化手法の検証と各種沿岸海況変動の要因解明 を行う。同化結果の検証のため、海洋気象観測船等による海洋観測を実施する。
- ③副課題1の成果と合わせて、日本沿岸海況監視予測システムを構築し、平成30年度に気象庁での現業利用できるシステムとして完成させる。

副課題2の本年度の計画

- ①全球アジョイントコードの開発を行う。海氷データ、衛星塩分計データ等の同化手法の開発を 行う。
- ②北西太平洋 4DVAR 同化スキームの改良を行う。
- ③ MOVE/MRI.COM-SETO を用いたインクリメンタル 4DVAR の改良及び再解析・予測実験を実施する。検潮データ、DONET、観測船データ、部外海洋関連機関のデータによる結果の検証を行う。

副課題2の本年度の成果

- ① MRI.COM バージョン 3.3 のアジョイントコード作成のための開発環境、情報共有システム、版管理などの準備を行い、開発を開始した。全球海洋データ同化システムによる再解析と、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氷分布の相違について、解析を行った。海氷データ及び衛星塩分計データの同化手法の開発を開始し、同化インパクトを調べた。
- ②現業化に向けて北西太平洋 4 次元変分法同化スキームに以下の改良を行った。
 - ア)海洋モデルの計算効率化のため、モデルを2次元並列化し、多並列計算を可能とし、さら に陸地ノードを除去する仕組みを取り入れた。
 - イ) 従来の3次元変分法を併用するスキームを開発し、同化計算の効率化を図った。
 - ウ)新しい衛星高度計データが利用できるようにデータ処理ルーチンを改良して、解析精度が 向上することを確認した。
 - エ)海氷同化スキームを導入し、海氷分布の再現性、および亜寒帯域の水温・塩分場の精度向上を図った。
- ③現業化に向けた検証実験を 2010 年~ 2013 年の期間について実施した。結果について、本庁と 共同で、検潮所の水位やブイの流速等の独立データを用いた検証を行っている。

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: 1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

萩野谷成徳、藤枝 鋼、北村祐二、川端康弘 (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)、伊藤純至 (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 に基づく数値計算を行い境界層乱流のデータベースを構築する。
- ②中立な境界層乱流の予備実験を気象研風洞で行い、解析手法を検討する。
- ③運動量と顕熱の乱流輸送について観測を気象研露場等で行い、解析手法を検討する。

本年度の成果

次年度以降の本格的な研究に向けた基盤整備として、①数値計算・②風洞実験・③野外観測の各々において、データベース作成、予備実験や予備観測などを実施した。

- ①気象研 LES を用いて不安定境界層乱流のデータベースを構築した。乱流混合長の解像度依存性を診断する手法について検討し、この結果を乱流モデルに取り込むための予備的な数値実験を行った。
- ②気象研風洞において中立な境界層乱流を生成し、平均風速や運動量輸送量の鉛直分布を測定した。得られた結果は数値計算の検証にも活用する予定である。
- ③気象研露場に超音波風速温度計を設置して、渦相関法による運動量と顕熱の乱流輸送量の測定を開始し、従来からのボーエン比法など経験則により評価した運動量や顕熱の輸送量と比較した。

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) 乱流混合長の解像度依存性を診断する新たな手法を提案した。混合層について適用した結果、混合長に非等方性が顕著に現れることを見出した(Kitamura, 2015)。
 - イ) 乱流散逸率を小スケールで粗視化した場合に従うべき新たな統計則を提案し、既存の数値計算の結果を良く説明することを示した(Mouri, 2015a)。

- ②ア) 気象研風洞において得られた境界層乱流のデータから、乱流の運動エネルギーが大きな解像度で対数正規分布に従い顕著に揺らぐことを見出し、分布則の起源を統計学的な議論から明らかにした (Mouri, 2015b)。
 - イ) 気象研風洞において野外観測用 PIV 装置を開発し、その性能を気象研露場における接地 境界層乱流の観測で実証した(小野木ほか, 2014)。
- ③ア) 気象研鉄塔において得られた風速時系列データのウェーブレット解析を行い、大解像度で顕著な乱流構造が大気境界層における運動量の輸送などに大きな寄与を果たしていることを明らかにした(Horiguchi *et al.*, 2015)。また気象官署のデータを使って突風率から地表面粗度の長期変化を明らかにした(萩野谷, 2015)。
 - イ) 気象研露場において過去 10 年間にわたり得られた観測データを解析して、顕熱・潜熱の 乱流輸送量に、植生が大きな影響を与えていることを見出した(甲斐・萩野谷, 2014)。

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: 1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、小木曽仁(地震津波研究部)、足達晋平、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

前計画で開発してきた手法(地盤の増幅特性のリアルタイム補正、震度分布の実況把握、および、その実況値から波動伝播の物理に則って震度を予測する手法)を組み合わせて、実データへの適用を行い、未解決の問題の抽出を図るとともに、予測モデルの改良に向けたプランを練る。さらに、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できるように進める。また、地震波到来方向の即時推定のためのアレイ処理技術を改良することを目指して、研究所の構内にて観測を行う。

副課題1の本年度の成果

- ・前計画で開発してきた手法(つまり、地盤の増幅特性のリアルタイム補正、データ同化手法による震度分布の実況把握、および、その実況分布から波動伝播の物理に則って震度を予測する手法)を組み合わせて、2011年東北地方太平洋沖地震(M9.0)、2004年新潟県中越地震(M6.8)、2014年長野県北部の地震(M6.7)で観測された実波形データに適用した。その結果、近い未来の予測ならば、予測震度が概ね震度差1以内に収まる精度で行えること、また、実時間に比べてそれほど遅くない程度に計算が可能であること、ただし、予測精度には観測点密度が重要であること、を確認した。
- ・実波形データを用いた地盤の増幅特性を全国の観測点で推定した。これにより、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る。また、海底地震計 においても地盤増幅特性や、マグニチュード推定のための観測点補正値の推定を進めている。 ただし、ここで、強震時には地震計の筐体自体が回転している、という海底地震計特有の問題 に遭遇した。この問題を、回避する方策(具体的には、筐体の回転の影響が出難い成分に変換

2.2. 研究年次報告

すること)を見出した。

・構内でアレイ観測を継続している。今年度は新たに露場での観測を開始した。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ところである(現時点では、オフライン処理)。

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、小木曽仁(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ている。 今回の計画では、これらに加えて、長周期まで(おおよそ 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1での手法を様々な周期の地震動に適用し、地盤増幅特性のリアルタイム補正手法など、 震度(比較的短周期の波)の予測で構築された方法が、どこまで、長周期側に拡張可能なのかを吟味する。その拡張に向けた課題を抽出するとともに、問題点を整理する。

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: 1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、国民へのより的確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)、本間直樹(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

地震活動に関する統計的指標として、本年度は地球潮汐と地震活動(深部低周波地震・微動なども含む)との相関について主に調査する。

副課題1の本年度の成果

- ・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、破壊開始点と静穏化域との距離、静穏化領域の大きさ、先行時間それぞれに地震規模との相関が見られることを明らかにした。
- ・地球潮汐と地震活動との相関に関する文献調査を進めた。浅い逆断層型の地震で両者の相関が高くなることや地震発生前に時空間的に相関が高くなること、さらに、将来発生する地震の規模が大きくなるほど先行現象の期間が長くなる傾向にあることがわかった。
- ・繰り返し小地震について予測可能性を調査し、2010年までに限れば予測成績が良好であることを明らかにした。
- ・繰り返し中地震については、資料の追加収集と長期的予測方法の考察を進めた。
- ・群発活動が特徴的な伊豆地域について、M5以上の地震に対し地震発生予測に有効な前震活動 を選択する最適パラメータを求めた。そのパラメータを用いた場合、予知率は約68%、適中 率は約23%と良好な予測結果が得られた。
- ・モーメント保存則と G-R 則に基づき、特定地域で発生しうる地震の最大規模の推定を行った。 その結果、仮定するパラメータによる不確定性はあるが、東北沖の領域では東北地方太平洋沖 地震がほぼ最大クラスと考えてよいことがわかった。

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(地震津波研究部)、露木貴裕、木村久夫、近澤心(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ひずみ計の観測点周辺で地下水位や河川水位等の観測データの収集を行い、それらを入力データとした補正手法の開発を行う。
- 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 ついて余効変動を除去してその場所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

- ・島田川根のひずみ計と観測点近隣の河川の水位との関係を調べるため、水位計を設置し、データの取得を開始した。
- ・体積ひずみ計の降水補正に関し、パラメータに風速を加えることで補正が改善されることを確認した。また、EPOSで監視している他機関の傾斜計、多成分ひずみ計の降水補正パラメータを算出した。
- ・降水補正をした体積ひずみ計の一部の観測点のデータで、銚子沖や房総半島沖の短期的ゆっくりすべりに対応する変化を確認した。また、伊豆半島東方沖の地震活動に伴い、これまでひずみ変化なしとされてきた多くの事例で変化を確認した。
- ・2013 年から発生している可能性のある東海長期的ゆっくりすべりに関して、ひずみ記録のスタッキングにより対応する変化を検出した。
- ・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、監視範囲の変更、および監視範囲周辺部の異常値の影響を減ずる改良を行い、東海の長期的ゆっくりすべりを検出しやすくした。また、処理の変更に伴い監視の閾値を再調査した。
- ・GNSS 日値の解析から、2003 年四国東部、2005 ~ 2009 年四国中部、2013 年四国中部において 小規模な長期的ゆっくりすべりが発生していたことを明らかにした。
- ・2000年と2005年の銚子付近、千葉市付近の群発地震に伴い、長期的ゆっくりすべりが発生していたことを明らかにした。
- ・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

- ・南海トラフ沿いの巨大地震シミュレーションにおいて、紀伊半島沖のプレスリップ域に小アスペリティを設定したところ、プレスリップの大きさはα (大小アスペリティの大きさの比)に 反比例して小さくなり、小アスペリティの破壊が大地震の核形成を代用するカスケードアップ型の地震が発生することがわかった。
- ・カスケードアップ型の地震について、紀伊半島における仮想的な観測点での地殻変動を計算したところ、陸上観測点でプレスリップを検知できないまま、巨大地震が発生する可能性もあることがわかった。
- ・紀伊半島沖に α =8 の小アスペリティを設定するだけで、東海地域が割れ残るケースが出現した。このパターンは東海地域の固着の剥がれが不十分な状態で周囲から破壊が進展してきた場合に現れる。東海地域の割れ残りを再現するために、東海地域に沈み込んだ海山を模したパラメータ(大きな特徴的すべり量)を必ずしも与える必要はないことを示している。

B3 津波の予測手法の高度化に関する研究

研究年次: 1年目/5年計画(平成26年度~平成30年度) **研究代表者**: 山本剛靖(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)、新原俊樹、南雅晃(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) 平成 26 年の 6 月から 10 月にかけて気象庁ケーブル式海底津波計の近くに自己浮上式海底水圧計を設置し、観測を実施する。この観測は重点研究「海溝沿い巨大地震の地震像の即時的把握に関する研究」と連携し、海底水圧計の近傍には、自己浮上式海底地震計も設置される。得られた水圧データの高周波の水圧変化の特徴を調べる。
- イ) 津波現況を面的に把握する手法に関して、文献等の調査をする。
- 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改良のための要件をまとめる。
- イ)波源推定に基づかない津波予測手法に関して、文献等の調査をする。
- 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。

副課題1の本年度の成果

- ①ア) 平成 26 年 6 月から 10 月にかけて、房総沖に設置されている気象庁ケーブル式海底水圧計の近くに自己浮上式海底水圧計を設置して観測を実施し、期間中の 7 月 12 日に発生した福島県沖の地震(マグニチュード 7.0) に伴う地震動や津波による圧力変化を観測した。地震動による圧力変化の周波数特性等を解析し、その除去手法の検討を行った。
 - イ) 津波現況を面的に把握する手法に関して、文献等の調査をした。
 - 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。
- ②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、多点のデータを使えば通常よりも長い時間をかけて生じる津波を適切に把握できる見込

みがあることがわかった。また、海溝付近の海底水圧計データに対しては、海底地形により水平変位から生じる見かけの上下変位を考慮する必要があることがわかったため、手法改良を行い、実データへの適用を通して、その有効性を確認した。また、平成 27 年度の本庁津波警報システム更新に向けて、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。

- イ)波源推定に基づかない津波予測手法に関して、文献等の調査を行った。
- ウ) 巨大地震の一つである 2011 年東北地方太平洋沖地震について、既往研究で得られている 地震・津波の発生機構は、互いに整合しない点がある。これらを統一的に説明し、その実像 を明らかにして地震津波発生シナリオ作成の参考にするため、沖合津波データを用いた震源 像の推定に着手した。

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)、新原俊樹、南雅晃(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する。うち一つの手法を用いた数値計算プログラムの作成を開始する。
- ②第一波より後続波による津波が高い観測事例を分析し、後続波が高くなる条件について作業仮説を立てる。

副課題2の本年度の成果

- ① 2011 年東北地方太平洋沖地震において、第一波以外で最大の高さの津波となった場所・出現時刻などの観測潮位の特徴をまとめた。また、後続波の減衰の緩急が周期帯により異なることを明らかにした。
- ②日本海東縁部で発生する地震による日本海沿岸の津波について、高い波が繰り返し出現する現象が見られることに注目して解析を進めた。

B4 大規模噴火時の火山現象の即時把握及び予測技術の高度化に関する研究

研究年次: 1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)

研究の目的

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

副課題 1 リモートセンシング等に基づく噴火現象の即時把握に関する研究

副課題1の研究担当者

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

副課題1の目標

気象レーダー、震動観測等を活用した噴火現象の即時的な把握技術の開発。

副課題1の本年度の計画

- ①気象レーダー、衛星観測データ等を収集し、噴煙観測の課題を整理する
- ②可搬型レーダーによる噴煙観測の準備を行う
- ③気象レーダー等、観測データ等の解析・処理技術に必要な環境整備を行う
- ④噴石の到達範囲の即時的把握に必要な、空振・地震等観測データを収集する

副課題1の本年度の成果

- ・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抜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、海抜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かったと考えられる。
- ・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号の赤外画像を解析した結果、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を指摘した。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。
- ・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が、二重偏波パラメータによって噴煙エコーだけを抽出することができた。
- ・2014年2月13日に発生したインドネシア・ケルー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号赤外画像を解析し、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。
- ・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。

- ・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わかった。
- ・西之島の噴煙を捉えた地球観測衛星搭載光学センサー及び SAR データ(LANDSAT-8/OLI、Terra/ASTER、EO-1/ALI、ALOS-2)を収集した。これらを解析し、西之島から噴煙によって放出されている熱エネルギーの時間推移を求め、火山活動を評価した。新島が確認され、約1年以上経過した 2015 年 2 月時点でも、その活動は噴火当初とほぼ同じ水準で推移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。

副課題2 数値モデルに基づく火山灰等の拡散予測の高度化に関する研究

副課題2の研究担当者

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

副課題2の目標

- ①噴煙柱及び移流拡散モデルを活用した火山灰等の高精度な予測技術の開発。
- ②副課題1の観測値と副課題2の予測値に基づく火山噴出物データ同化・予測システムを構築し、即時的に把握した噴火現象から高精度な火山灰等の拡散予測を実行して、上記目的を達成することを目標とする。

副課題2の本年度の計画

- ①過去事例のモデル検証を行い、問題点を整理する
- ②噴煙柱モデルの改良に着手する
- ③移流拡散モデルの予測結果を可視化する環境を構築する

副課題2の本年度の成果

- ・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はモデル地形に依るものではなく、初期条件の影響の方が大きいことを示した。
- ・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起源の灰神楽からの可能性があることを指摘した。
- ・副課題1でモデル化したケルー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、観測 された降灰分布とを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によって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。
- ・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。

- ・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だが、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。
- ・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。初期値には東京大学地震研究所による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用いる方法を考案し、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、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もあることが分かった。
- ・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。これを気象庁非静力学モデルに組み込み、 火山灰輸送実験を行った。この実験結果とひまわり7号による新燃岳噴火当時の観測データを もとに、モデル結果を検証したところ、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ことを確認した。
- ・GATM 及び RATM の火山灰移流拡散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。

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: 1年目/5年計画(平成26年度~平成30年度)

研究代表者: 山本哲也(火山研究部 第一研究室長)

研究の目的

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

副課題 1 火山活動モニタリング手法の高度化およびマグマ活動の推定

副課題1の研究担当者

山本哲也、高山博之、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、小木曽仁(地震津波研究部)、鬼澤真也、三浦優司、中橋正樹(気象庁地震火山部)

副課題1の目標

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

副課題1の本年度の計画

- ①伊豆大島において開始したひずみの連続観測データの特性等の確認をする。
- ②伊豆大島において GPS、光波測距、重力の稠密地殻変動観測を行う。浅間山等において GPS 観測等を行う。
- ③伊豆大島をはじめとする全国の火山を対象として、気象庁総合観測点データの収集を行い、 GPS、傾斜データなど地殻変動のデータを、機能強化した火山用地殻活動解析支援ソフトウェ ア等を用いた解析を行う。
- ④伊豆大島の地殻変動データの解析において、圧力源推定の精度・時間分解能の向上を図るとと もに、地下のマグマの状態・挙動の推定を行う。
- ⑤ SAR の過去データによる地殻変動解析を行うとともに、打ち上げ予定の衛星 ALOS-2 によって得られた SAR データの解析の技術を構築する。また、SAR 等電磁波を用いた地殻変動観測データについて数値気象モデルを用いた補正手法の改良に着手する。
- ⑥地殻変動が観測された活動的火山について地下の圧力源モデルを推定する。
- ⑦地上設置型 SAR の観測・解析にかかる準備を行う。

副課題1の本年度の成果

- ・伊豆大島南西部に 2013 年 2 月に設置したボアホール型多成分ひずみ計で観測を行い、ひずみデータの蓄積を進めるとともに、観測データの特性把握のために潮汐や気圧変化への応答を調査した。また、遠地地震時の長周期地震動を用いた校正を行うために、地震の CMT 解から観測点における理論ひずみ波形を計算するルーチンを整備して調査を開始した。
- ・伊豆大島において GPS、光波測距による地殻変動観測を引き続き行った。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。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100μgal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、位相ともに全く合

わず説明できない。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。

- ・浅間山では GPS 繰返し観測を実施し、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たことがわかった。
- ・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。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。
- ・9月27日に噴火した御嶽山の傾斜計データを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がわかった。
- ・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。
- ・御嶽山周辺の GNSS 観測データのスタッキング解析の結果、噴火に先行する御嶽山の膨張を明瞭にしたほか、2007 年との比較を行い、今回の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。
- ・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。
- ・御嶽山噴火に先行した地震活動について、イベントタイプ(A型地震、BH型地震、BL型地震) の再検討をスペクトル特性に基づいて行った。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。
- ・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、時間分解能は 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。
- ・伊豆大島の GPS 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。また、2013年7月以降、伊豆大島全体の膨張が継続しており、地下のマグマの蓄積量は1年程度の間に100万 m³以上増加したことが推定された。
- ・伊豆大島では、7月下旬に島北部で地震活動が活発化し有感地震も発生した。北部を中心に詳しい GPS データの解析を行ったところ、GPS 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。
- ・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。
- ・ALOS データを用いた干渉 SAR 時系列解析を、十勝岳、吾妻山、伊豆大島、三宅島、薩摩硫黄島、北方四島の11の活火山、アフリカのニヤムラギラ火山周辺、フィリピンのマヨン火山周辺で実施した。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。マヨン火山では、2006年7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。
- ・新たに打ち上げられた ALOS-2/ PALSAR-2 のデータ解析環境を整備し、校正期間中ではあったが、御嶽山、霧島山、草津白根山、アイスランドのバルダルブンガ火山で SAR 差分干渉解析

を実施した。御嶽山では、2014年噴火前後の干渉解析で、噴火に伴うとみられる地殻変動を 検出した。

- ・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。
- ・SAR による地殻変動観測データの数値気象モデルを用いた補正手法について、新しいモデル への対応を検討するなど、改良に着手した。
- ・マヨン火山において PHIVOLCS と共同で GPS 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 月から始まる噴火の準備過程と考えられる。
- ・マヨン火山で実施している GPS 観測データを MaGCAP-V を用いて解析し、2009 年噴火に伴い山頂直下の海抜 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。
- ・気象庁が草津白根山で実施した GPS 繰返し観測のデータを MaGCAP-V を用いて解析し、2013 ~ 2014 年に湯釜の火口直下 500m で 2.2 万 m^3 の体積膨張があったことがわかった。
- ・雲仙普賢岳において九州地方整備局雲仙復興事務所が試験観測している地上設置型 SAR の現地視察を行い、伊豆大島における観測実現のために観測施設等の検討を行った。

副課題2 火山活動の推移想定に関する研究

副課題2の研究担当者

山本哲也、高山博之、高木朗充、長岡優、横山博文(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)

副課題2の目標

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

副課題2の本年度の計画

- ①地殻変動、地震活動、表面現象異常事例についての内外火山についての事例を収集する。
- ②現噴火シナリオについて、火山の様々な要素を検討し課題整理を行う。

副課題2の本年度の成果

- ・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。
- ・活動が高まり水蒸気噴火が懸念されている草津白根山において、地殻変動の異常事例の収集の ために東京工業大学と共同で光波測距観測を開始した。
- ・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。
- ・今年度、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。

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

研究年次: 5年目/6年計画 (平成 22 年度 \sim 平成 27 年度)

研究代表者: 前田憲二(地震津波研究部 部長)

研究の目的

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。

副課題1 巨大地震の震源断層の広がりとすべり分布の把握

副課題1の研究担当者

小林昭夫、勝間田明男、宮岡一樹、藤田健一、中田健嗣(地震津波研究部)、森脇健、溜渕功史、露木貴裕、木村久夫、上野寛、迫田浩司、船山稔、寶田司(気象庁地震火山部)、山崎明(地磁気観測所)、平田賢治(客員)

副課題1の目標

- 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 $10 \sim 20$ 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($5 \sim 10$ 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 分以内で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。

副課題1の本年度の計画

- ①気象庁からのリアルタイム地殻データ等を受け、解析処理を行う地殻変動データ受信処理装置 を構築する。
- ②地震データと GNSS データを用いた、w-phase のモーメントテンソル解析手法を改良する。
- ③振幅情報と時刻情報を用いた自動地震識別手法について、地震多発時処理の評価と手法改良を 行う。
- ④自己浮上式海底地震計による南海トラフ沿い域等における海域地震観測を行うとともに、これ までの観測結果の解析を進める。
- ⑤震源過程解析において GRID 解析を導入し、断層面におけるすべり量の大きな範囲の推定を行う手法を開発し、GNSS データ解析結果との整合性を確認する。

副課題1の本年度の成果

- ・地殻データの、解析・処理環境を整備した。
- ・GNSS データに対して w-phase 解析によりモーメントテンソルを推定し、更にそのモーメトン テンソル解と地殻変動に整合的な断層面を推定する手法を開発した。
- ・エンベロープの振幅情報と時刻情報を用いた自動地震識別手法を改良して平成 23 年東北地方 太平洋沖地震の余震活動に適用した。その結果、規模の大きな余震について震源位置が推定可 能であることを確認した。
- ・自己浮上式海底地震計による南海トラフ沿い域における海域地震観測を行い、アウターライズ

の地震活動の範囲について確認した。また、駿河湾における自己浮上式海底地震計観測により、 駿河トラフに隣接する領域において応力変化に関連すると見られる活発な地震活動が確認され た。

- ・GRID 解析を GNSS データ解析に適用した最大すべり域推定手法の開発を行った。
- ・遠地実体波を用いた震源過程解析において、各種事前設定パラメータの最適化を行った。
- ・地震に関わる地殻変動観測手法の一つとして、ALOS/PALSAR データを使った差分干渉解析結果のスタッキング手法を開発し、御前崎周辺地域において適用し、約2cm/年の面的な地殻変動を検出できることを確認した。

副課題2 巨大地震発生直後の地震動の把握

副課題2の研究担当者

勝間田明男、干場充之(地震津波研究部)、青木重樹(気象庁地震火山部)

副課題2の目標

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。

副課題2の本年度の計画

- ①地震波形データの収集を継続する。
- ②中~長周期地震動の地盤による影響評価について解析し、地震動の時間履歴推定法の開発を行う。

副課題2の本年度の成果

- ①地震波形データの収集を継続した。
- ②ア)中~長周期地震動の地盤による影響評価について、震源に近すぎるデータについて除外して再評価を行った。
 - イ)データ同化手法を取り入れた、地震動の時間履歴推定法の開発を行った。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。

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: 1年目/5年計画(平成26年度~平成30年度)

研究代表者: 中村誠臣(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

行本誠史、保坂征宏、石井正好、足立恭将、新藤永樹、楠 昌司、小畑 淳、川合秀明、水田 亮、吉田康平、尾瀬智昭、安田珠幾、遠藤洋和、青木輝夫(気候研究部)、吉村裕正(予報研究部)、蒲地政文、山中吾郎、辻野博之(海洋・地球化学研究部)、真木貴史、出牛 真、大島 長(環境・応用気象研究部)、村井博一、伊藤 渉、田中泰宙(気象庁地球環境・海洋部)、村上茂教(気象大学校)、小山博司、鬼頭昭雄、野田 彰、杉 正人、荒川 理、村上裕之、納多哲史(客員)

副課題1の本年度の計画

- ①放射、積雲対流、雲物理、雪氷物理、陸面・植生などの大気大循環モデルの各物理過程を改良・ 高度化する。平行して、気象庁現業全球モデル GSAM フレームに地球システムモデルの各コ ンポーネントを移植する作業をすすめる。
- ②地球システムモデルで短期~季節ハインドキャスト実験を可能とする初期値化実験システムの 構築を行う。
- ③気候変動および気候と物質循環の相互作用に関するプロセスやメカニズムの解明を行う。
 - 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-エー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
- ④全球非静力学フレームに基づき、温暖化予測の不確実性低減を目指した次世代気候モデルの開発を行う。

副課題1の本年度の成果

- ①大気大循環モデルの各物理過程の改良・高度化を行った。
- ア) 雲過程、雲物理過程の改良を行った。雲水・雲氷数密度等に関する重大なバグを発見、修正するとともに、新たな定式化を導入・調整することにより、雲粒・雲氷数密度の表現が改善した。これにより夏季の北太平洋や亜熱帯層積雲域での下層雲による短波の過剰反射が緩和され、南大洋での反射過少が軽減した。
- イ)全球モデルの顕著な比湿プロファイルのバイアスの原因調査を行い、境界層過程における凝結・蒸発を考慮した大気不安定度の評価に問題がある事がわかった。この問題の改善のため、安定度評価における浮力フラックスの評価方法の検討を行っている。
- ウ)エーロゾルの直接効果の取り扱いの修正を行った。雲-エーロゾル相互作用について重点的 に調査検討を行い、エーロゾルモデルにおける輸送過程や大気モデルにおけるエーロゾルの直 接・間接効果の取り扱いがより現実的になるように改良した。
- エ)積雪変質モデル SMAP の土壌サブモデルを開発した。本サブモデルは、融解・再凍結を考慮した熱伝導方程式と水分移動を規定する式を基礎方程式に据え、様々な土壌タイプを考慮出来る。2011-2012 冬期の長岡における観測で検証した結果、冬期間全体で平均した各深度における2乗平均平方根誤差(RMSE)は1.13から2.84℃と十分許容できる精度であることが確認出来た。
- オ) CMIP6 に向けたモデル固定をめざし、大気モデルの物理過程や各コンポーネントモデルの 改良・高度化を随時取り入れた上で、気候モデルの現在気候再現性の総合調整を行った。また、 人為起源エーロゾルの直接・間接効果の感度実験等を行いモデルの歴史再現性の調整を行った。
- カ) 陸面・植生モデルの極域の開発を進めた。たとえばグリーンランドのような積雪の多い領域 で夏に起こる不具合の解消のための調査を行った。
- キ) 気象庁全球モデル GSAM フレームへの地球システムモデルの各コンポーネント移植の準備として、やり取りする変数等の精査を行った。
- ②地球システムモデルでシームレス予測実験を可能とする初期値化実験システムの開発を開始した。
- ア) 季節予報システムの実験環境を地球システムモデルへ応用するための事前調査・検討を行った。
- イ)アンサンブルカルマンフィルターを用いた新しい初期値化手法の開発を開始した。
- ③気候変動および気候と物質循環の相互作用に関するプロセスやメカニズムの解明に関する調査 を行った。
- ア)MRI-CGCM3(炭素循環、オゾン化学を含まない版)における雲フィードバックを領域別に 詳細に調査し、雲の種類別に雲フィードバックやそのメカニズムが異なっていることが明らか になった。雲量、雲水量・雲水量、雲粒数密度・氷晶数密度の高度別に異なるそれぞれの変化 が、雲フィードバックにどのように影響しているか調査した。氷晶数密度の減少には、上空の エアロゾルの減少が影響していることが明らかになった。
- イ)雲フィードバックに関するモデル間相互比較 CFMIP2 の発展として、COOKIE および SPOOKIE に参加し、MRI-CGCM3 での計算結果を提出するとともに、国際会議での議論等を 通じて共同研究を進めた。積雲対流スキームの自由度がモデル間の雲フィードバックのばらつ きに寄与していることが示唆される等、新しい知見が得られている。
- ウ)MRI-CGCM3 に組み込んだ衛星観測シミュレータパッケージ COSP の出力を用いて、CMIP5 現在気候再現実験の雲分布再現性を評価した結果、熱帯で光学的に厚い雲が過剰、中緯度で下層雲が過少であることがわかった。従来の標準的な衛星データの ISCCP、CALIPSO、CloudSatに加え、MODIS や MISR など、COSP で利用可能な出力を最大限活用して複合的に全球雲量分布の再現性を調査した結果、センサーごとの特性が表現されるなど評価の信頼性が向上した。
- エ) モデルでの表現が不十分な中緯度の下層雲の性質を明らかにするため、船舶による長期目視 観測データを用いて、夏季北太平洋下層雲量の年々変動・十年規模変動について調査を行った。
- オ) 成層圏気候の解明と再現性向上のため、成層圏水蒸気量をコントロールしている熱帯対流圏 界層(TTL)の気候モデル間比較を行い、モデル間の熱帯対流圏界層の違いの原因とその違い

が将来気候にどのように影響するかを調べた。年平均気候値の熱帯 100hPa の残差鉛直流はモデル間にばらつきがあり、TTL 内の気温の鉛直勾配に影響を与えている。運動量収支解析から、TTL 付近の大気波動の(特に熱帯起源の波の運動量輸送)収束の違いが、鉛直流のモデル間の違いを生んでいることが明らかになった。また鉛直流の現在気候と将来気候変化に高い相関が見られ、鉛直流の現在気候再現性に将来気候が縛られていることが明らかになった。

- カ) MRI-CGCM3 を用いて過去千年(Last Millennium; LM) 実験(850-2000)を行い、モデルの振る舞いや再現性について調べた。半球平均気温はプロキシデータと比べて特に15世紀以降で高い相関が見られ、気温の地理分布に関して、中世温暖期(950-1250年)と小氷期(1400-1700年)の差でプロキシと同様のラニーニャ型の構造が再現された。北半球環状モードに関して太陽活動の弱いマウンダー極小期後期の1700年付近で長期的な負のインデックスが見られた。東アジア域の降水量分布、熱帯低気圧の発生数などにもプロキシと一致する傾向が見られた。
- キ) MRI-CGCM2.3.2 (CMIP3) と MRI-CGCM3、MRI-ESM1 (CMIP5) との比較を行った。季節 平均降水量の地理分布、降水極端現象の地理分布などについて再現性を調査し、多くの指標で CMIP5 で改善していることが分かった。
- ク) 巨大火山噴火(成層圏への二酸化硫黄大量放出) に対する地球システムモデルの応答について、噴火の季節による違いを調べ、日射を減衰させる硫酸エアロゾル粒子の南北分布の違いが熱帯のモンスーン・陸域生態系の減衰に有意な違いをもたらすことが分かった。
- ケ)大気-化学-エーロゾル相互作用に関して詳細な解析を行うため、IGAC/SPARCのモデル相互 比較プロジェクト Chemistry-Climate Model Initiative (CCMI) に参加し、21 世紀将来予測実験、 および現在気候再現実験をそれぞれ実施し大気微量成分に関する長期トレンド解析など初期的 解析を行った。
- ④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進めた。 気象庁現業全球モデルの最新版に、非静力学オプション、二重フーリエ級数のオプション(高 速化)、長期ラン用のモニタの導入を行った。予報精度や長期積分で問題ないことが証明された。

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

佐々木秀孝、高藪 出、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(気象庁地球環境・海洋部)、大泉三津夫(気象大学校)、栗原 和夫、金田幸恵、日比野研志(客員)

副課題2の本年度の計画

- ①これまで行ってきた 5km 分解能の MRI-NHRCM の現在気候再現実験の結果を解析することで 系統的誤差を発見し、その修正方法を検討する。また、分解能を高めた時に、現在気候の再現 性が向上するような物理過程の選択、改善、パラメーターのチューニング等を行う。
- ② CMIP5 の SST をクラスター分類し、それを MRI-NHRCM の下部境界条件として与え、4 メンバーによるアンサンブル実験の計算を行う。
- ③ 5km 分解能 NHRCM の計算結果において、だし風、おろし風、フェーン等の地方固有の気象 現象の将来気候変化の予測可能性を検討し、それを実現するためには何が必要であるかを調査 する。

副課題2の本年度の成果

① 5km 分解能の NHRCM の現在気候再現実験の結果を解析した結果、大きく3つの系統的誤差が有る事が分かった。まず、冬季日本海側での降水量の過小評価が見られる事、次に、冬季太平洋側内陸部で気温の過小評価がある事、最後に、大都市で気温の過小評価がある事、である。それぞれについて原因を調査し、感度実験を行った結果、最初の2つのケースについては、モデル地形が現在気候の再現性に与える影響が大きい事が分かった。現在用いているモデル地形

は、計算を安定化させるため地形の平滑化を行っているが、そのため冬季日本海で気団変質した大気は、日本海側で十分な降水を降らせることがなく、日本列島の中央にある山脈を越え、太平洋側での積雪の原因となっている。そのため、太平洋側での気温の過小評価が起きている。現在、様々なモデル地形を用いた感度実験を行っているが、ただ単に地形を変えるだけでは、他の部分の再現性にも影響を与えるため、同時にそれに最適になるような陸面過程モデルの改善を行っている。また、最後の誤差に関しては、NHRCMへの都市キャノピーモデルの組み込みを行い、再現性の検証を行っている。

- ② CMIP5 の SST をクラスター分類し、それを NHRCM の下部境界条件として与えた 4 メンバーによるアンサンブル実験の計算は終了した。現在、計算結果のチェック、編集作業を行っている。
- ③ 5km 分解能 NHRCM の計算結果を解析し、地方固有の気候現象の解析を行っている。その結果、 5km の分解能では定性的な予測は可能であるが、定量的な予測を行うには不十分であることが 分かった。また、より正確な予測を行うためバイアス補正が不可欠であることが分かった。 風のバイアス補正の方法を開発し、現在その効果について検証を行っている。

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: 1年目/5年計画(平成26年度~平成30年度)

研究代表者: 露木 義 (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

尾瀬智昭、安田珠幾、仲江川敏之、斉藤直彬、川合秀明、行本誠史、保坂征宏、足立恭将(気候研究部)、蒲地政文、山中吾郎、倉賀野連、藤井陽介、豊田隆寛(海洋・地球化学研究部) 薮将吉(気象庁予報部)、高谷祐平、松枝聡子(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を行い、モデル気候値の精度を確認するとともに、エルニーニョー南方振動(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などについての年々変動の再現性の評価を行う。
- ②現業予定季節予測システムを用いて新たな海洋データ同化手法(全球 4 次元変分法・海氷同化) の開発に着手する
- ③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)次期現業季節予報モデルを用いた季節予測における海面フラックス修正の効果を調べた。 その結果、海面フラックス修正を行う季節予測実験の方が、修正を行わない実験より、予測 6か月以降の予測成績が高い結果となった。これは、現業季節予報モデルを用いた同様の実 験とは結果が逆であり、結合モデルの ENSO 特性の違いなどが影響していると考えられる。
 - イ)現在の現業モデルによる TL95AMIP 実験および TL95CHFP 実験(メンバー、アンサンブル平均)を解析し、NAO や AO がどれくらい再現・予測できているか調べた。具体的には、AMIP 実験、CHFP 実験および JRA-55 の月平均海面気圧データから NAO Index の時系列を求め、各実験のアンサンブル平均と JRA-55 の間の相関係数を求めた。その結果、AMIP 実験と JRA-55 の相関係数はほぼ 0 であった。また、CHFP 実験と JRA-55 の相関係数は、初期値の直後の月は 0.5 ほどあったが、次の月以降は急激に小さくなり、ほぼ 0 になった。
 - ウ) 観測データを用いて、多様な ENSO の存在と大気応答の特徴を解析した。エルニーニョ /ラニーニャ現象に対する大気の応答は、ENSO の多様性(海面水温偏差の東西分布)を考 慮する必要があることがわかった。

- エ) 熱帯太平洋の十年規模変動と ENSO 予測の関係について調べた。その結果、海洋初期場における熱帯太平洋の十年規模変動の大きさによって予測誤差が十年規模変動で変化することが明らかとなった。
- ②ア)海洋初期値の影響で、大気海洋結合モデルによる予報計算で発散することがあるという問題に対応するため、次期システム用全球海洋データ同化システムにおいて、海氷域における同化インクリメントの与え方について、改良を行った。
- イ) 統一仕様の全球海洋モデルを用いた全球アジョイントモデルの仕様について検討を行った。 ③気象研における海洋モデル開発の効率化のため、季節予報モデルと地球システムモデルで使用 されている海洋モデルの統一化を検討し、水平・鉛直格子の変更を行った。
- 4)その他

2014年のエルニーニョが発達しなかった理由について、近年持続している太平洋十年規模変動の負の位相が関与している可能性を、大気海洋結合モデルを用いたインパクト実験により示した。

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、尾瀬智昭、行本誠史、黒田友二、仲江川敏之、安田珠樹、小林ちあき、原田やよい、今田由紀子、遠藤洋和、水田亮、吉田康平(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)、上口賢治、古林慎哉(気象庁地球環境・海洋部)

副課題2の本年度の計画

- ①気象庁の長期観測気温データを用いて、日本の夏季気候の長期変動の実態を調べる。
- ②前研究課題で開始した JRA-55C および JRA-55AMIP の計算を完了させ、その記述論文の執筆を行うと共にプロダクトの性能評価を行う。
- ③新たに構築したアンサンブル季節予報システムを用いて、最近10年の中層大気変動が対流圏 気候に及ぼした影響とその予測可能性に関する問題について調べる。

副課題2の本年度の成果

- ①ア)日本の過去100年の地上観測データの解析から、7~8月の夏季北日本の昇温トレンドは 太平洋側を中心に他の地域/季節に比べて小さいこと、7~8月の降水量が日本海側地域で 増加傾向にあることを明らかにした。
 - イ)北日本太平洋側地域の気象官署の観測原簿記録を元に、1日あたりの気温観測回数の変遷を調べた。1940年代前後に1日に3回観測を行っていた時期があり、これは現在の24回観測に比べて0.数℃程度の低温バイアスをもたらすこと、このバイアスが長期トレンドに与える影響は小さいことがわかった。
- ②ア)JRA-55C および JRA-55AMIP の計算について、プロジェクト対象期間の計算を完了し、 出力データの公開用データへの変換作業を実施した。また、公開用気候値データを作成した。 イ)JRA-55C 中間報告論文を投稿し、受理された。
 - ウ) JRA-55AMIP のバイアスを衛星観測データとの比較により評価した。熱帯対流圏中層で乾燥バイアス、中緯度対流圏下層で湿潤バイアス があることを確認した。同様のバイアスは JRA-55 でも見られた。
 - エ)JRA-55の性能評価を行った結果、JRA-55の赤道波の再現性(赤道対称成分)は、各要素のスペクトル空間における指向性はJRA-25と比較して改善されたが、OLRで見た変動は全体的に弱く、特にインド洋東部で弱いことが分かった。また北半球冬季のMajor SSWが発生した際の角運動量収支についても調査した結果、JRA-25と比較して角運動量収支が大幅に改善されていることが分かった。
- ③ア) 顕著現象(2005年秋~冬偏西風異常)を解析した結果、2005年秋~冬の偏西風偏差(10

月を中心とした亜熱帯ジェットの段階的な加速や $40 \sim 60N$ 帯の 11 月中頃の急激な減速)は、 1958 年以降の期間で見ても顕著であることが分かった。

- イ)最近12 冬について、毎冬で最も顕著だった成層圏突然昇温(SSW)時の前、中、後を初期時間とし各5 アンサンブルの実験を行い、予測可能性とモデルバイアスについて調べた。その結果 SSW 前からの予測誤差が顕著に大きくなる傾向が見られた。また、モデルバイアスを軽減するために重力波パラメタリゼーションを導入し同様の実験を繰り返したところ、上部成層圏を除きバイアスの軽減が見られるようになった。
- ウ) 2013 年 1 月発生した SSW につき、初期時間 5 日ごとに 51 メンバーからなるアンサンブル実験を行い、また感度解析を行った。その結果、SSW の種となるロシアのブロッキングがほぼ一週間前に出現することが見出された。

④その他

気象研究所の GCM をベースとした準リアルタイムイベント・アトリビューション (E/A) の 実現を目標に、予備解析、実験デザインの準備、及び効率的ダウンスケーリング手法の開発を行った。

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

副課題1 エーロゾルの監視

副課題1の研究担当者

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

副課題1の目標

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

副課題1の本年度の計画

①エーロゾル粒子の直接観測

電子顕微鏡等を用いたエーロゾル粒子の直接観測を行い、診断技術を開発することによって、 エーロゾルの物理化学特性や統計的な性質を明らかにする。これらの情報を用いてエーロゾル 素過程モデルを開発する。

②光学特性観測

放射・光学特性観測点の機器(スカイラジオメーター等)の更新、保守を行う。放射・光学特性観測点で連続観測を行い、データを解析し、データベースを作成することによって、エーロ ブルの光学特性を明らかにする。

③鉛直分布観測 (ライダー)

能動型測器(ライダー)を用いた観測により、エーロゾル等の鉛直分布状況を連続的に把握すると共に、エーロゾルモデルの検証方法を検討する。

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エーロゾル粒子の直接観測

ア)エーロゾルの混合状態の変化と降水の関係を理解するために、東京都内での集中観測を7,8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を調査した。この観測により、降水の前後でのエーロゾルの粒形分布、個数濃度、混合状態などの変化について定量的なデータが得られ、雨によってエーロゾルがどのような影響を受けるか、また逆にエーロゾルが降水に与える影響などについての知見が得られた。

イ)エーロゾルの揮発特性を調べるため、加熱実験を行なった。この実験は、電子顕微鏡分析時に、サンプルを1000℃まで加熱できる特殊なホルダを使用して行った。その結果、エーロゾルの種類による揮発温度のデータが得られた。この結果は、エーロゾルの大気寿命や機器分析

時の検出感度見積もりに関する基礎的な情報となる。

- 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。その結果、新粒子生成は、 春・夏季に活発であるが、冬季にも弱いが高頻度で起こっていること、SO₂、紫外線(UVB) から推定された大気中の硫酸蒸気濃度と対応がみられること、生成された粒子の成長速度は季 節によって大きく異なること等の知見を得た。
- エ)透過型電子顕微鏡の自動分析機能によるエー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。
- オ) 領域気象化学モデル NHM-Chem の開発を継続して行って来た。特に除去過程まわりの高度 化に集中した。ガウスエルミート求積法を用いて、乾性沈着過程とウォッシュアウト(雲底下除去過程)計算の高精度化+高速化を実現した。またウォッシュアウトについては、慣性、重力落下速度差、さえぎりの効果に加えて、拡散泳動、熱泳動、静電気力などの効果を考慮できるようにした。
- カ)NHM-Chemにより山岳観測と同期した再現実験を行った。その結果、煤の内部混合状態については、上記観測結果と整合的な結果が得られた。また、煤の形状については、フラクタル次元の変化を考慮できる形で開発を進めていたが、上記知見より、混合状態が進んでも煤の形状に大きな変化が見られないことが判明したため、煤形状はフラクタル次元2で変化しない、という形で定式化を進めることにした。

②光学特性観測

- ア) 2010 年~ 2014 年 3 月までの北京と福岡の多波長散乱・吸収係数の測定値を処理し、一次散 乱特性の推定を行った。
- イ) 南鳥島の多波長散乱・吸収係数の測定は、エーロゾルの損出を防ぐため、空気取り入れ口の 変更を行ったその後取得したデータは良好である。
- ウ)つくばの多波長散乱係数、吸収係数については、順次データ処理を継続している。
- エ) 宮古島の散乱係数・吸収係数の測定装置は、1 波長の測定から多波長化への測定変更を行った。 校正手順に問題があり、変更した。その後取得したデータは良好である。
- オ) 気象研のスカイラジオメータと環境研のライダーの 2012 ~ 2013 年のデータを解析し、エーロゾルの光学特性の鉛直分布(消散係数、粒径分布等)を導出した。
- ③鉛直分布観測 (ライダー)
 - エーロゾルの鉛直分布の観測について、光学的な調整や部品交換などライダーの整備を行いつつ、対流圏・成層圏エーロゾルの連続観測を行い、エー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。装置の故障によりデータ質が一時低下したが、迅速に対応しデータ質を回復させた。
- 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、エー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ー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、エー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)、内野 修(客員)

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

①オゾンライダー観測

新たに開発する NO₂ 観測用ライダーとの同時観測が可能になるよう、対流圏オゾンライダーの構成・配置を変更する。対流圏オゾンライダーによる観測を継続し、観測データを副課題 4 の化学輸送モデルの結果と比較する。

② NO₂ ライダー観測

地球温暖化や越境汚染に関連した大気微量成分(NO_2)を観測するためのライダーを開発し、試験観測を行う。

副課題2の本年度の成果

①オゾンライダー観測

対流圏オゾンライダーと二酸化窒素観測用ライダーについて、送受信光学系の再配置、レーザー 装置同士の同期回路の付加などを行い、両者を用いた観測が同時に行えるよう、装置の再構成を 行った。対流圏オゾンについては引き続き観測を行い、データを蓄積した。

② NO₂ ライダー観測

二酸化窒素については、送信系で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試み、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、石井雅男、笹野大輔、小杉如央、澤 庸介、坪井一寛、丹羽洋介、緑川 貴(海洋・地球化学研究部)、小嶋 惇、高谷祐介、飯田洋介、高橋正臣、高辻慎也(気象庁地球環境・海洋部)、千葉 長(客員)

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実施する。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や、気象研究所露場観測システムを用いた比較実証試験を実施する。

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から季節変動及び長期

的な増減傾向を解析するための時系列解析手法を確立する。また、アジア大陸の発生源の影響を受けた変動を抽出するために、ラドンと他の微量気体組成との比に着目した解析手法を検討する。

④アジアの微量気体発生源の評価

発生源のより詳細な情報を得るために、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の高度化を検討し、システムの構築と予備的な検証実験を実施する。

海洋炭素循環解析

①水中グライダー運用試験

水中グライダーの構造や運用方法を習熟する。慣熟するため南伊豆で実海域試験を行うとともに、運用形態と電池消費速度の関係について検討する。

②観測手法高度化

pH 測定装置や全アルカリ度測定装置に使用している分光光度計の応答の線形性について実験で評価し、非線形領域で測定を行った場合の補正方法について検討する。

③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について解明する。

4年ード水形成域

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を評価する。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するための自動測定システムを構築し、予備 試験を開始した。気象庁と標準ガス比較実験を進め、その安定性に大きな問題が生じていない ことを確認した。次世代の観測技術の確立のために、航空機観測や大気観測所で採取した実大 気試料を用いた酸素やハロカーボン類の検証分析を実施し、季節変動や長期的変化が明らかに なってきた。

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時系列解析を実施し、バックグランド的な季節変動 及び長期的な増減傾向に関する地域的な特性を把握することができた。また、数日スケールの 短周期変動に含まれるラドンと他の微量気体との比から、アジア大陸の発生源の長期的な変化 を検出できる可能性が予備解析の結果から示された。

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高度化し、森林火災などの局所的な発生源をより高解像度で捉えることが可能となった。また、従来のSynthesis Inversion(SI 法)と比較してフラックス解析値の精度を大きく向上できることが分かった。

海洋炭素循環解析

①水中グライダー運用試験

水中グライダーと気象研究所とのイリジウム衛星電話を介したインターネット接続を確立した。水中グライダーの浮力調整方法を習得した。西伊豆沖駿河湾(5月)と伊豆下田港沖(10月)で実海域試験を行い、投入・回収時のグライダー操作を習得した。気象庁観測船の乗組員や海洋気象課担当官と打合せながら、観測船からの投入・回収方法について検討を進め、啓風

丸 KS14-10 航海にて投入・回収試験を行い、成功させることができた。

②観測手法高度化

分光光度計の光源光量を調整できるスリットを使って実験し、検出器応答の線形性を評価できた。今後、非線形領域について補正方法を考案する。

③ 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海洋観測データの品質を評価して必要な補正を行い、観測点ごとの時系列データセットを作成した。さまざまな観測点や水深(密度)における全炭酸濃度や溶存酸素濃度の年々変化と長期変化を明らかにし、その変動要因を明らかにした。

④モード水形成域

東経137度、北緯25度において、北太平洋亜熱帯モード水に相当する等密度面上で、亜熱帯モード水の形成量の年々変動と、全炭酸濃度・pH・アラゴナイト飽和度、溶存酸素濃度、栄養塩濃度の年々変動に相関があることを見出し、北太平洋十年振動、亜熱帯モード水形成、亜熱帯モード水の移流とそれによる生物地球化学変動の関係を明らかにできた。また、観測データと海洋物資循環モデルとの比較から、太平洋西部暖水域におけるCO2増加・海洋酸性化に、南北太平洋から赤道潜流を経て同海域に輸送されるCO2の重要性が示唆された。

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

全球エーロゾル輸送モデル (MASINGAR-mk2)、全球化学気候モデル (MRI-CCM2) の改良を 行うと共にモデル相互比較実験等に参画してモデルの性能評価、改良を行う。

②領域化学輸送モデル

オフライン版領域化学輸送モデル(NHM-Chem)の改良を行うと共に、オンライン版の開発にも取り組み、プロトタイプを構築する。

③データ同化

アンサンブルカルマンフィルタを用いた全球化学輸送モデル(エーロゾル、オゾン、CO₂)の改良に取り組むと共に、NHM-Chemのデータ同化システムの構築に着手する。

④応用研究

逆推定技術を用いた大気微量成分放出量推定技術の開発を行い、いくつかの微量物質に関する動作試験を実施する。

副課題4の本年度の成果

①全球化学輸送モデル

ア)全球エーロゾルモデルで扱うエーロゾルの放射特性の高度化を実施し、光学的厚さの推定精度を向上させた。この改良は本庁で利用されている全球エーロゾルモデルにも実装され、本庁

の環境気象業務に対して貢献をした。

- イ) エーロゾルの除去過程を詳細に計算できるスキームを開発し、モデル計算結果を観測結果と 比較した。また、東アジア域におけるエーロゾルの数濃度変動および湿性沈着について新たな 知見を得た。
- ウ)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大気中寿命や放射強制力について新たな知見を得た。
- エ) 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行った。また、統合モデルにおけるエーロゾル過程および化学過程の調査検討およびその開発を行っている。
- オ) 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ーロゾルに与える影響について解析を行い、対流圏ジェットの強化に伴い硫黄系微量気体の生成が増加していることがわかった。

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・エーロゾル濃度の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) 領域気象化学モデル NHM-Chem のオンライン版モデルの開発を継続して行い、one-way オンライン版についてはそのプロトタイプを開発し、またアジア域の対流圏オゾンについてモデル精度の検証を行った。
- ウ)全球化学気候モデル(MRI-CCM2)の改良を継続して行い、特に夜間における化学反応過程 の高度化を行うことで、中間圏におけるオゾン予測の精度を向上させた。また化学気候モデル 相互比較実験等に参画し計算を実施した。
- エ)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 計算精度とのバー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)全球エーロゾル輸送モデル (MASINGAR-mk2) に対し、衛星搭載イメージャーによって観測された光学的厚さをアンサンブルカルマンフィルタで同化するシステムを開発した。大規模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。
- イ) 二酸化炭素データ同化に関しては、アンサンブルカルマンフィルタを用いたデータ同化システムの改良を試みると共に、衛星観測データのバイアス評価・補正システムを考案して実装した
- ウ)オンライン版 NHM-Chem と NHM-LETKF(アンサンブルカルマンフィルタを用いたメソモデルデータ同化システム)を完全統合した NHM-Chem-LETKF を開発する第一段階として、NHM-LETKF が出力した気象場解析値でオフライン版 NHM-Chem を駆動させる実験を繰り返し行った。本庁メソ解析値で駆動したオフライン版 NHM-Chem と比べて遜色ないシミュレーション結果が得られることを確認した。

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: 1年目/5年計画(平成26年度~平成30年度)研究代表者: 山崎明宏(気候研究部 第三研究室主任研究官)

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・エー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、工藤 玲、内山明博(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・エー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を改良する。
- ②放射計データからの雲物理量の推定法を改良する。
- ③太陽周辺光の利用法について検討する。
- ④ EarthCARE 搭載ライダーと放射計を使ったエーロゾルの推定アルゴリズムを開発する。
- ⑤スカイラジオメータからエーロゾルの組成推定法の開発を行う。

副課題1の本年度の成果

- ・光学特性測定装置の測定値(多波長散乱・吸収係数)を補正し、一次散乱特性を推定する方法 を論文にまとめ投稿し、掲載された。散乱係数に対する、角度打ち切り、光源分布のずれの補 正を行い、一次散乱アルベド(SSA)が誤差 0.002 以下で推定できることなどを示した。
- ・上記の方法で得られた体積粒径分布を用いて PM2.5 の推定する方法を開発した。値は、系統的に差があるが、相関は高かった(相関係数 =0.96)。
- ・スカイラジオメータの 940nm チャンネルを用いた可降水量の推定方法について論文にまとめ 投稿し、掲載された。
- ・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 法を試みたところ検定定数を 1% 以下のばらつきで決定できた。大気圏外太陽スペクトルを仮定し、標準ランプによる検定定数の決定を行い、比較したところ、Langley 法の値と 2.5、5.2、0.8%の差があった。直達光から光学的厚さを出すには、1% より良い精度で決める必要があり、Langley 法による校正が必要であることが分かった。今後、ソンデデータ、GPS 可降水量、オゾン全量のデータを入手後、気体吸収を考慮した Langley 法を実施予定。
- ・スカイラジオメータの波長 1225nm 干渉フィルター(半値全幅 10nm)の透過率測定を行った 結果、ブロッキングに問題があり波長 675nm 程度まで透過していることが判明した。このま までは 1225nm 測定に問題があるため、干渉フィルターの交換を実施する。
- ・ダイナミックレンジ 120dB の loglinear 出力のカメラによる太陽周辺光の分布画像撮影試験を 実施した。その結果、linear 出力だけの設定で周辺光を太陽の中心から約1度~10度角度のと ころで測定できることを確認した。
- ・スカイラジオメータによる日射の多波長・輝度分布観測から、エーロゾル組成の構成情報を推 定する手法を開発した。硫酸塩、水溶性、黒色炭素、ダスト、海塩の構成比を推定したが、黒

色炭素を過大評価する傾向が見られた。水溶性と黒色炭素の内分混合や、ダストの非球形性等、より現実的なエーロゾルの状態を考慮する必要性が示された。

- ・スカイラジオメータとライダーの地上観測から、粒子の非球形性を考慮しながらエーロゾルの 光学特性の鉛直分布を推定する手法を開発した。
- ・エーロゾルの全球3次元分布の観測を目的として、2018年度打ち上げ予定のEarthCARE衛星に搭載される高波長分解能ライダーと多波長イメージャーの観測から、エーロゾルの組成(水溶性、黒色炭素、ダスト、海塩)の鉛直分布を推定するアルゴリズムを開発した。そして、海上、陸上を想定した数値実験を行った結果、良好な推定結果を得ることが出来た。

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、工藤 玲、内山明博(気候研究部)

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、エーロゾル特性の時空間変動を解析する。
- ②スカイラジオメータとライダーデータを解析し、エー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

- ・副課題1で開発した方法をつくばの2002年~2013年のデータに適用し、エーロゾル一次散乱特性のトレンドと気候値について論文にまとめ投稿し、掲載された。多くのエーロゾル光学特性が有意なトレンドがあることが示された。消散係数、吸収係数は減少、SSAは増加傾向にあること(大気中のエーロゾルが減り、吸収性エーロゾルの割合が減少)、吸収係数のオングストローム指数が増加傾向にある(吸収性エーロゾルのうちFresh BCが減り、植物燃焼起源や二次生成有機エーロゾルの割合が相対的に増加)していることなどが示された。
- ・北京と福岡で測定した光学特性データ(多波長散乱・吸収係数)のデータから一次散乱特性を推定し、両観測点の比較を行った。消散・散乱・吸収係数は、平均値で福岡が北京の約5分の1くらいである。SSAは、両地点とも0.8~0.95であった。吸収係数のオングストローム指数が両地点とも明瞭な季節変化をしているが、北京の値がやや小さい。また、夏季に1より小さい値が頻繁に観測された。粗大粒子の割合は、北京では1年を通して多かった。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ってエーロゾルが分類できそうであることが分かった。
- ・スカイラジオメータ(気象研)とライダー(環境研)の過去2年分のデータから、エーロゾル 光学特性の鉛直分布の季節変動を導出した。年間を通して、境界層内でエーロゾル消散係数の ピークが見られた。春季には、黄砂やロシアの森林火災起源のエーロゾルの移流にともなって、 自由大気において消散係数のピークが見られた。これにより、境界層内のエーロゾルと区別し て、黄砂や森林火災起源のエーロゾルの光学特性を得ることが出来た。
- ・1976 ~ 2008 年のエーロゾル光学特性の変動を入力とした一次元大気境界層モデルを用いて、エーロゾルが大気境界層へもたらす影響について、地表面状態が異なる場合に関して感度実験を行った。土壌が湿っている場合は、エーロゾルの長期変動は、日最大気温の増加傾向を作るが、土壌が乾燥している場合は、日最大気温を減少させる傾向を作った。日最低気温、平均気温に関しては、どちらの場合も、増加傾向をもたらした。エーロゾルが放射過程を通して大気境界層へ与える影響は、地表面の状態にも依存する可能性が示された。

・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: 1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

青木輝夫、朽木勝幸、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・エー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・エー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・エー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、改良型全天分光日射計を整備し、札幌に設置する。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衛星リモートセンシング・アルゴリズムで使用する非球形粒子散乱モデル及び不純物混合モデル等の放射過程をより現実的なものに改良し、過去のグリーランド等の積雪粒径、不純物濃度を解析する。
- ③上記札幌、芽室、長岡の観測データから PBSAM 及び SMAP モデルの検証を実施する。同時に PBSAM 改良用の波長別、粒径別、不純物濃度別の非球形粒子散乱モデル計算を実施する。 SMAP モデルと JMA-NHM のオフライン結合テストを実施し、精度評価と衛星データとの相互比較を行う。

本年度の成果

- ① 2014 年 12 月に改良型全天分光日射計を札幌に設置し、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。過去の 6 年分データから積雪中ブラックカーボン (BC) 等の光吸収性不純物の積雪期間内変化、長期トレンド、測定装置の補足率に対する考察をまとめた (Kuchiki et al., 2015)。全天分光日射計の観測データから積雪粒径と不純物濃度を抽出するときに用いる積雪の非球形粒子モデルの検証を行い、小粒径ではコラム型、大粒径では凝集体、中間はそれらの混合型が最も高精度であることが分かった。また、不純物の混合状態は外部部混合と内部混合をテストした結果、内部混合の方が統計的に高精度であることが分かった。気象研究所における大気エアロゾルの光吸収性エアロゾルサンプリング及び分析を継続した。2011年の観測開始以降、長期の変動には研究なトレンドは見られなかった。さらに、近赤外カメラによる積雪物理量測定技術開発の一環として、含水した積雪の粒径抽出アルゴリズムの開発 (Yamaguchi et al., 2014)、ガス吸着法による積雪変態過程の温度依存性の測定 (Hachikubo et al., 2014)を行った。これらの結果は SMAP 及び PBSAM の改良に利用する予定。
- ②衛星リモートセンシング・アルゴリズムで使用する非球形粒子散乱モデルは、①の結果に基づき Voronoi aggregates と column 粒子、不純物には内部混合型を用いてルック・アップ・テーブル (LUT) を再計算し、MODIS データからグリーンランドの積雪粒径と BC 相当不純物濃度を求めた結果、従来よりも内陸部で小粒径がより小さく抽出できるようになり、Summit 基地における検証データと良く一致するようになった。これにより積雪粒径に関しては経年変化が精度良く求められるようになった。通常不純物濃度は波長 0.46 μm チャンネル (バンド3)を用いるが、Terra/MODIS の波長 0.46 μm チャンネルはセンサーの経年劣化が確認されたため、代わりに波長 0.55 μm チャンネルを用いた。その結果、経年変化はほとんど無いという結果となったが、現場観測値に比べ過大評価していることが分かった。
- ③札幌における全天分光日射計で求めた表面積雪粒径を用いて PBSAM でアルベドを計算し、改 良型放射収支架台を用いたアルベド観測データ検証した結果、短波アルベドの目標精度5%が 達成できることが分かった。今後、さらに①の非球形粒子モデル及び不純物の内部混合モデル を用いて、PBSAM の改良を行う予定。SMAP の積雪内部水分移動スキームの精緻化、圧密過 程の高度化、及び強安定条件下での乱流熱交換計算手法の見直しを実施した。その結果、札幌 における積雪深と雪面温度の計算精度が従来のバージョンに比べて改善された(Niwano et al., 2014)。更に改良された SMAP を 2011-2012 冬期の長岡 (この冬は最大積雪深が 2m を超える 豪雪シーズンであった)に適用したところ、特に融解期においてモデルは積雪深を過大評価す る傾向が見受けられた。これは札幌では見られなかった特徴である。このことから、豪雪地域 での融雪過程については更なる検討の余地がある(Niwano et al., 2014)。2007-2013 冬期の札幌 の気象・雪氷観測データと SMAP を用いた感度実験により、新雪粒径の与え方が積雪物理状 態の計算結果に与える影響評価を実施したところ、積雪深の計算精度に 2 ~ 7cm 程度の不確 定性を生じうることが分かった。現在の新雪粒径の計算には簡便なパラメタリゼーション(気 温のみの関数)を用いているが、上述①で開発された近赤外カメラによる積雪物理量測定技術 等を用いて更に精緻化する必要性がある。JMA-NHM と SMAP の結合システムの開発を行い、 作成されたプロトタイプによるオフライン計算が可能となった。

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: 1年目/5年計画(平成26年度~平成30年度)

研究代表者: 中村誠臣 (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

中村誠臣 (研究調整官)、露木 義、尾瀬智昭、安田珠幾、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)、蒲地政文、山中吾郎、倉賀野連、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)、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大気海洋結合同化システムのための大気同化システム部分を開発する。
- ②海洋同化、及び、準結合解析システム部分を開発する。
- ③季節予報システム部分を開発する。
- ④上記の各部分システムを結合した大気海洋結合同化システムを構築する。
- ⑤構築したシステムを使って、大気海洋結合同化実験、季節予報実験を実施し、システムの調整、 性能の確認を行う。

本年度の成果

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

c7 海洋モデルの高度化に関する研究

研究年次: 1年目/5年計画(平成26年度~平成30年度) **研究代表者**: 山中吾郎(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)、安田珠幾 (気候研究部)、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極域の再現性向上のためのスキーム開発を行う。
- ②海洋物質循環スキームを改良する。
- ③新しい鉛直座標系の導入を検討する。
- ④海洋モデルの開発基盤の整備項目を検討する。

本年度の成果

- ①極域の再現性向上
- ア)極域の再現性に大気強制力データセットの相違が及ぼす影響を調査するため、JRA-55の全球熱・淡水収支を調査した。従来のCOREと比較することにより、海洋モデル駆動用のデータセットとしての較正手法を検討した。
- イ) 海面フラックスの計算において、海面付近の大気密度を従来の定数ではなく、水平分布も考慮することにしたところ、わずかではあるが、南極底層水の密度が軽いモデルバイアスの低減 (海水の高密度化)が確認された。
- ウ) 南極沿岸ポリニヤの再現性に対する南極大陸地形の影響を調査するため、南極氷床の棚氷部 分を陸地に変更した実験を行なった。沿岸ポリニヤ形成は促進されず一部領域では南極底層水 の低密度化が見られ、南極沿岸地形の重要性が確認された。
- ②海洋物質循環スキームの改良

海洋物質循環場の再現性に対する物理場の影響を調査するため、北西太平洋モデルの同化モデルで作られた物理場から海洋物質循環場を計算するシステムを作成した。

- ③浅海域の再現性向上
- ア)日本近海モデルの開発では、潮汐混合の導入と一級河川データの使用のインパクトを調査し、 浅海域の再現性向上に貢献することを確認した。
- イ)新しい鉛直座標系(z*座標系)の導入を行った。
- ④海洋モデルの開発基盤の整備
- ア) 気象庁モデル開発管理調整グループに参加し、気象庁 Redmine サーバーを用いて MRI.COM の開発管理基盤の整備を進めた。また、気象庁と気象研究所で行われた Redmine サーバー説明

会では、構築した開発管理基盤についての講演を行った。

イ) 今後の所内外とのモデル共同開発に向けて、MRI.COM のテスト実験設定、ユーザーマニュアル、前処理・後処理ツールを集約したパッケージを作成した。

⑤その他

- ア)全球モデルの長期積分結果を用いて、熱帯域の熱収支解析を行い、熱帯太平洋十年規模変動 の位相反転メカニズムを考察した。
- イ)全球モデルの長期積分結果を用いて、全球エネルギー収支解析を行い、経年変動を含む外力 に対する海洋大循環の応答についてエネルギー論の観点から考察した。

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: 1年目/5年計画(平成26年度 \sim 平成30年度)

研究代表者: 藤部文昭 (環境・応用気象研究部 部長)

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

藤部文昭、高薮 出、山本 哲、青栁曉典、志藤文武(環境・応用気象研究部)、清野直子(予報研 究部)、萱場互起(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格子中に複数の土地利用状態(陸面タイプ)を表現可能なモザイク陸面モデルを JMANHM に 適用する。理想化実験等を行い、単一陸面モデルとモザイク陸面モデルの性能を比較する。また、モデルの熱収支再現精度の評価手法の検討を行う。屋上面での積雪・融雪の効果を都市キャノピーモデルに導入する。

副課題1の本年度の成果

- ・植生キャノピースキームと都市キャノピースキームを併用した JMANHM による関東甲信地方の現在気候再現実験データの解析を進めた。都市キャノピースキーム適用による地上気温の水平分布の再現性について季節別に解析したところ、特に秋から冬にかけての再現性向上が大きかった。モザイク陸面モデルの植生キャノピー部分および都市キャノピーモデル中の積雪・融雪部分として MJ-SiB 内にあるサブモデルの利用を想定していることから、JMANHM に導入されている MJ-SiB のソースコードを読み解き、全サブルーチンの機能の確認を行った。
- ・気温の観測値の特性調査や比較のために必要な、領域モデル計算と出力データの整備に着手した。モデルは 2km 格子の NHM に単層都市キャノピースキーム SPUC を組み込んだもので過去 9 年間の夏季の計算を実施した。また、SPUC スキームの効果を確認するため、SPUC スキームを用いない計算も行った。都市化の顕著な地点(人工的な土地利用域が 80% 以上を占めるモデル格子)におけるアメダス観測値との比較では、モデルの負バイアスが改善されることを確認した。
- ・都市キャノピーモデルの検証のためのデータを都市域で効率的に取得できるよう、観測部から 提供を受けたシーロメータのデータを用いた境界層に関する情報の抽出を試みており、データ の基本的な特徴の調査を行っている。

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

藤部文昭、高薮 出、山本 哲、青栁曉典、志藤文武、藤枝 鋼(環境·応用気象研究部)、清野直子(予報研究部)

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

気象官署・アメダス観測所情報の収集・整理を行うとともに、観測データとの比較に用いる領域 モデル計算と出力データの整備に着手し、気温の観測値と領域モデル出力の特性評価・比較を進め る。本庁構内に風速計を設置して継続的な微気候観測を行い、北の丸公園のデータ等と合わせて解 析を進める。

副課題2の本年度の成果

- ・大手町露場東端に設置した強制通風式温湿度計で得られた気温データと東京管区気象台の正規のデータと比較を引き続き実施し、ビル影によって生じる気温差が夏季昼過ぎの月平均で最大0.2度程度であると算出した。露場に影が落ちない時間帯の気温差は月平均で最大0.5℃であり、日向日陰の影響と温湿度計の設置環境の差による影響をそれぞれ評価することができた。
- ・大手町露場内における風通しと気温の関係を調査するため、露場中央と東端の2ヶ所に2次元超音波風向風速計を6月に設置し、データの取得を開始した。夏期のデータでは露場東端では露場中央に比べ風速は明らかに小さく風向にも違いのあることがわかった。
- ・気象庁創立当時の観測環境等メタデータの収集整理、および世界各国における観測環境の現状 と問題点に関する文献調査を進めた。

2. 2. 研究年次報告 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

研究年次: 1年目/3年計画(平成26年度 \sim 平成28年度)

研究代表者:白土正明(鹿児島地方気象台 地震津波火山防災情報調整官)

研究担当者:白土正明、川村安、河野太亮、竹下孝弘、篭原宏之、小枝智幸、内田東、古田仁康、

高橋冬樹(鹿児島地方気象台)、新堀敏基、福井敬一、高木朗充、佐藤英一、石井憲介(火

山研究部)、林勇太(気象庁火山課)、駒崎由紀夫(高層気象台)

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の実施
- ②傾斜計・伸縮計の観測データを用いた噴火規模の推定検討
- ③桜島上空の風観測と GPV データとの比較検証

本年度の成果

- ①島内8ヶ所にレキ採取トレイを設置し、比較的規模の大きな噴火が発生した直後に、風下側の 観測点でのレキ採取を行った。これまでの結果と桜島上空(850hPa または700hPa)の風デー タと噴煙の高さから、噴火に伴うレキの飛距離を概ね推定できる経験式を求めた。
- ②桜島昭和火口噴火にともなう伸縮計の変動量と噴火規模の関係を2009年8月28日から2014年11月16日に発生した計5,645回の噴火記録を対象に調査した。噴煙高度と伸縮計による収縮量には一定の関係があることがわかった。大きな噴石の飛散距離についてもばらつきは大きいものの、正の相関が認められた。
- ③桜島島内で高層気象台の可搬型ドップラーライダーを用いて風を観測するための準備として、 気象研究所では防塵カバーを製作した。光アンテナ受光部のカバー素材選定には、5種類の部 材(石英ガラス、PET、ポリカ、アクリル、塩ビ)について受信レベル等の試験を行い、石英 ガラスを使用した場合にピークの受信レベルの減衰が最も小さく、アクリルも比較的小さいこ とを確認した。
- ④ 1m メッシュ DEM データから桜島昭和火口の 3 次元形状の時間変化を求め、噴石の跳びやすい方向を見出した。
- ⑤大正3年桜島噴火時の火山礫分布について、当時畑に積もった火山灰やレキを集めた「すな丘」 の分布を文献から調査した。

2.2 研究年次報告 2.2.2. 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

研究年次:1年目/2年計画(平成26年度~平成27年度)

研究代表者:国吉真昌(沖縄気象台防災調査課 調査官)

研究担当者:国吉真昌、安田修、田中孝、西銘勇、比嘉良守、鈴木理、伊芸勝也、棚原聡、當間豊(沖

縄気象台)、志堅原健、比嘉正己、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、村田憲人、水野岳志(石垣島地方気象台)、松長猛、立間啓之、仲原満、野田真彦(南大東島地方気象台)、渡真利明、笹本豊、山嵜洋治、

饒平名辰三、銘苅朝晃、佐藤幸隆 (那覇航空測候所)、加藤輝之 (予報研究部)

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。

本年度の計画

- ①ラピッドスキャン観測にかかる基礎知識及び利用方法の習熟。
- ②調査事例の選定

調査事例の対象は、夏季の不安定降水、シアラインや傾圧性の弱い場での大雨、高暖湿気塊の 流入に伴う大雨、地形効果による大雨とする。

③ラピッドスキャン観測を活用した解析

豪雨事例解析マニュアルを用いて、メソスケール擾乱の発生環境場の特徴及び大まかな発生地域と発生時間帯を把握した上で、ラピッドスキャン観測データを用いて以下のアからオに着目して調査する。

- ア) 下層暖湿気塊の流入を示唆する下層雲や、日射又は地形による強制上昇に伴う積乱雲群発現 に関連した低層雲の発生。
- イ)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。
- ウ) 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推移する積雲の判別方法について、 赤外放射輝度温度及び可視反射率の時系列変化に着目して検証する。
- エ)下層、中層の雲移動ベクトルによるメソスケール擾乱の構造、移動、継続性の検証。

2.2 研究年次報告 2.2.2. 地方共同研究

オ)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時系列変化。その 他に積乱雲群の発生要因及び構造の特徴について、豪雨解析マニュアルを用いた調査を行 い、その結果、要因として地形や降水粒子の蒸発効果、地表面フラックスなどの影響が推定 される場合には、気象庁非静力学モデルを用いたインパクト実験を実施する。

本年度の成果

- ①第1段階として、前線の暖域内での大雨(19事例)について、豪雨事例解析マニュアルを 用いたメソ解析を行い、積乱雲群の発生環境場の特徴及び積乱雲群の大まかな発生地域・時 間帯を把握した(管内全官署)。
- ②第2段階として、第1段階で把握した積乱雲群の大まかな発生地域・時間帯に着目し、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及び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を確認した(管内全官署)。その結果、積雲急発達域の検出により発雷までのリードタイムが確保できた事例も確認できた。
- ③第3段階として、第2段階でリードタイムが確保できた10事例について、積乱雲群まで発達する積雲とレーダーエコーを有しないまま推移する積雲の判別方法について、赤外放射輝度温度及び可視反射率の時系列変化やメソ解析値、実況資料による調査を行った(管内全官署:平成26年度管内調査発表会で発表)。
- ④第3段階までに調査した事例について、豪雨事例解析マニュアルを用いたメソ解析の着目点及び積雲急発達プロダクトを用いた着目点を EXCEL シートに整理し、各事例の特徴を取りまとめている(管内全官署作業中)。

2. 研究報告 2.3. 研究終了報告

2. 3. 研究終了報告

本節には、気象研究所が実施し、平成 26 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. 3. 1		地方共同研究
---------	--	--------

•	集中豪雨・大雨発生の必要条件の妥当性の確認と十分条件の抽出・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	85
•	地域に密着した詳細な気候変動予測情報提供に関する研究・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	91

集中豪雨・大雨発生の必要条件の妥当性の確認と十分条件の抽出

研究期間: 平成 25 年度~平成 26 年度 **研究代表者**: 能瀬和彦¹⁾、神内弘²⁾

(大阪管区気象台気象防災部防災調査課 6) 調査官)

研究担当者: 能瀬和彦 1 、神内弘 2 、溝本崇 4 、小山内大輔、松下浩則、牧田広道 4 、山本陽子 4)、

本田英司3)、三宅里香4)、今野暁(大阪管区気象台)、松本覚3)、内藤健治4)、石川雅章、 湊伸一郎⁴⁾、向井直人³⁾、亀井雅章²⁾、坂口力也⁴⁾、石水尊久³⁾、岡本英輝¹⁾ (彦根 地方気象台)、依岡幸広3)、西川哲也4)、川崎泰典4)、里見克彦4)、飯田早苗4)、原 田都奈生3)、藤原昇3)、秋山佳明3)、河野真也4)、田中晋3)(京都地方気象台)、神 野正樹、松本幸爵、楠田雅紀4)、栗原佳代子4)、長崎史津3)、河野誠4)、石岡翔4)、 高井瑞穂3)(神戸地方気象台)5)、森本徹也3)、狩野慶4)、鈴木竜馬3)、栗原邦光4)、 岡田健一郎3)、井立田真吾、谷條薫一2)、山口泰弘4)、芝岡隆4)、奥村志津香1)(奈 良地方気象台)、鈴江浩成、枝元勝梧、峰本和也3)、今川哲之4)、上枝よしの4)、谷 澤隼人⁴⁾、三宅里香³⁾、小島至³⁾(和歌山地方気象台)、大谷修一、川北昇司⁴⁾、山 田友幸3)、立神達朗4)、風早範彦、仲田直樹、濱岡昭之、岩田奉文4)(広島地方気象台)、 小林祥吾、末永和貴、北井英吉、岡垣和憲4)、胡未知人4)、河野誠3)(岡山地方気象台)、 久家好夫³⁾、前田潔⁴⁾、石原昭史⁴⁾、海老政徳³⁾、足立誠³⁾、栗山佳之³⁾、宮元達也⁴⁾、 岡本英輝2)4)、小島至4)、山本雅樹4)、小林俊彦3)、水野岳志3)、北山拓1)、栗原 佳代子³⁾(松江地方気象台)、山本高男³⁾、濱田浩一⁴⁾、仲里正、米井達也⁴⁾、向井 直人4)、森脇嘉一3)、濱崎博史3)、齋藤潤3)(鳥取地方気象台)、細川利之、山崎智也、 八塚仁⁴⁾、梶田昌義⁴⁾、太田雅文⁴⁾、栗山佳之⁴⁾、田中滋司³⁾、平野直哉³⁾、藤野芳 彦³⁾ (高松地方気象台)、上田征弘²⁾、勇定則¹⁾、峰本和也⁴⁾、田中秀和、武田眞治、 福永昭史3)、山本伸二、川田一昭、澤田達也、神野美幸、野島孝之4)、佐伯亮介4)、 出宮稔3)(徳島地方気象台)、大野剛、坂本啓、原田都奈生4)、川村俊博3)、木村安志、 黒田遥⁴⁾、中村慧³⁾(松山地方気象台)、平尾龍一³⁾、重岡昌嗣³⁾、田口雄大、東克彦⁴⁾、 田中敬4)、中塚賢治、杠力男、黒田修作3)(高知地方気象台)、津口裕茂(予報研究部)

研究の目的

平成 23 ~ 24 年度に取り組んだ地方共同研究「集中豪雨発生の必要条件の抽出とその妥当性」で 残された課題を解決することが、集中豪雨・大雨の正確な予測につながる。具体的には、以下のことに取り組む。

- ①集中豪雨・大雨のサンプル数を増やし、事例解析と統計解析を組み合わせることで、既知の必要条件(500m高度の相当温位/水蒸気フラックス量)の妥当性を確認し、信頼度を向上させる。また、他の必要条件を抽出し、その妥当性についても確認する。
- ②集中豪雨・大雨事例を観測データと客観解析データを用いて詳細に解析する。また、気象庁非 静力学モデル(JMANHM)による再現・感度実験に取り組む。特に、集中豪雨・大雨の発生 のタイミングに焦点を当て、発生の十分条件(下層収束の有無、地形の影響など)を詳細に調 べ、抽出する。

研究の目標

①既知の集中豪雨・大雨発生の必要条件の妥当性を検証することで、精度を向上させる。可能であれば、現業での活用を目指す。また、事例解析を通して新たな必要条件を抽出する。

- ②事例解析を通して、集中豪雨・大雨が発生するための十分条件を抽出する。
- ③事例解析と統計解析の両方を行うことで、集中豪雨・大雨が発生する環境場や降水系の発生・ 発達メカニズムの理解をより深める。

 $^{^{1)}}$ 平成 26 年度 10 月から、 $^{2)}$ 平成 26 年度 9 月まで、 $^{3)}$ 平成 25 年度、 $^{4)}$ 平成 26 年度、 $^{5)}$ 平成 25 年度 9 月まで神戸海洋気象台、 $^{6)}$ 平成 25 年度 9 月まで技術部気候・調査課

主な研究成果・目標の達成状況

(大阪管区)

①統計期間を拡張するとともに、解析雨量データを用いて"客観的"に集中豪雨・大雨事例を抽出することで、前回の地方共同研究と比較して大幅にサンプル数を増加させた。

- ②前回の地方共同研究で抽出した集中豪雨・大雨発生の必要条件である 500m 高度の相当温位 / 水蒸気フラックス量 (500M_EPT/FLWV) について、その妥当性を多数のサンプルを統計解析 することによって確認した。その結果、これらの要素が有効であることが統計的に確かめられた。
- ③必要条件として、500M_EPT/FLWV だけでなく、他の要素についても統計解析を行なった。その結果、自由対流高度までの距離 (DLFC)、平衡高度 (EL)、可降水量 (TPW) などが有効であることがわかった。
- ④集中豪雨・大雨の事例解析から、集中豪雨・大雨発生の十分条件を数多く抽出した。たとえば、 地上付近の水平シアーの存在、適度な鉛直シアーの存在、中層のショートトラフの通過、下層 の冷気塊の存在などであり、これらについては単なる結果の列挙ではなく、原因別の系統的な 整理を試みた。
- ⑤各官署の研究成果については、報告書(A4用紙 10枚程度)にまとめるとともに、必要条件と十分条件については、それぞれを表にまとめた。

(気象研究所)

- ①大阪管区に該当する地域を対象として、降水量と環境場を表す数多くの要素との相関関係 を統計的に調べた。その結果、500m高度の相当温位/水蒸気フラックス量、大気の安定度、 500hPa面の上昇流、可降水量が降水量と特に相関が高いことが明らかになった。
- ②気候場(1980~2009年の30年間平均)と津口・加藤(2014)で抽出した西日本域の集中豪雨事例の環境場を比較したところ、下層の暖湿気塊の流入や可降水量に統計的に有意な差があることが明らかになった。これらの結果は、大阪管区の各官署が行なった必要条件に関する統計解析の結果と整合的であった。
- ③気象研究所と大阪管区の解析では、着目している時空間スケールが異なっている(前者は主に "総観~メソαスケール"、後者は主に "メソβスケール")。両者の結果について簡単な比較を 行なったところ、共通点(下層の暖湿気塊の流入、大気の不安定度など)と相違点(中層の湿度など)が存在していることがわかった。

当初計画からの変更点 (研究手法の変更点等)

- ①おおむね計画通りに進んだことから、当初計画からの変更点は無い。
- ②当初の想定よりも興味深い結果が得られたことから、本研究の成果を報告物(たとえば、気象研究所技術報告など)にまとめることを検討している(1月末現在)。

成果の他の研究等への波及状況

- ①本研究から得られた成果の一部は、気象研究所予報研究部担当者が参画している平成 21 ~ 25 年度の重点研究『顕著現象の機構解明に関する解析的・統計的研究』の「(副課題 2) 顕著現象の要因に関する解説資料の作成」、並びに平成 26 ~ 30 年度の重点研究『【A2】顕著現象監視予測技術の高度化に関する研究』の「(副課題 1) 診断的予測技術の高度化に関する研究」に反映されている。
- ②本研究から得られた成果の一部については、診断的予測グループの定期会合において話題提供 を行い、情報共有されている。

今後の課題

本研究では、集中豪雨・大雨の正確な予報に資する成果を得ることができたと考えているが、対象は大阪管区のみであった。本研究から、この研究手法が集中豪雨・大雨の予報精度向上においてある程度有効であることが示されたことから、今後は同様の手法を他の地域(他管区)に適用することで、日本全国の集中豪雨・大雨を統一された手法で調査することが望まれる。

研究成果及びその活用に関する意見(気象研究所研究課題評価委員会による終了時評価)

(評価結果)

優れた研究であった。

(総合所見)

本研究は、これまでの研究の到達点や課題が適切に把握されたうえで効果的に進められた。その結果、現業でも役立つ成果が得られ、気象庁の診断的予測グループにも共有されており、研究を実施した意義が十分にあったと評価できる。また、多くの官署で取り組まれ、参加した職員のレベルアップにも寄与したと思われる。

以上のことから優れた研究であったと評価する。

十分な成果があげられているが、府県による「必要条件」「十分条件」の違いが地域特性によるものなのか、得られた「必要条件」「十分条件」のモデルとの比較等、さらに考察を加えていただきたい点もある。今後も実際の事例による検証を続け、理解を深めていただきたい。また、成果を刊行物として形に残すことは非常に重要であるので、引き続き論文等による成果の公表に前向きに取り組んでほしい。

成果発表状況

- · 印刷発表件数 2件
- · 口頭発表件数 56件

成果発表一覧

(1) 查読論文

1. 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, 52, 25-39.

(2) 査読論文以外の著作物(翻訳、著書、解説)

1. 津口裕茂, 2014: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月(梅雨末期)の九州地方について -. 平成25年度予報技術研修テキスト,72-83.

(3) 口頭発表

- 1. 神野正樹,長崎史津,松本幸爵,高井瑞穂,2013:平成24年7月6日に発生した兵庫県南部の大雨事例の解析,日本気象学会関西支部例会講演要旨集,131,5-8.
- 2. 今野暁, 土井ひかる, 松下浩則, 本田英司, 小山内大輔, 2013: 大阪府における大雨発生条件の検討, 平成25年度大阪管区気象研究会誌(大阪府)
- 3. 今野暁,松下浩則,本田英司,土井ひかる,小山内大輔,2013:大阪府における大雨発生 条件の検討(2012年8月13日~14日に発生した近畿地方中部の大雨について, 平成25年度大阪管区気象研究会誌(近畿地区)
- 4. 小山内大輔, 神内弘, 松下浩則, 本田英司, 今野暁, 2013:2009 ~ 2012年の夏季(6~8月)の大阪府における大雨発生の必要条件の統計調査, 平成25年度大阪管区気象研究会誌(大阪府)
- 5. 松本覚, 亀井雅章, 石川雅章, 2013:統計調査による大雨発生必要条件の抽出, 平成 25 年度大阪管区気象研究会誌(滋賀県)
- 6. 秋山佳明, 依岡幸広, 田中晋, 2013: 2010年7月14日の大雨事例解析, 平成25年度大阪 管区気象研究会誌(京都府)
- 7. 長崎史津,松本幸爵,高井瑞穂,神野正樹,2013:平成24年7月6日に発生した兵庫県南部の大雨事例の解析,平成25年度大阪管区気象研究会誌(兵庫県)
- 8. 鈴木竜馬,森本徹也,井立田真吾,岡田健一郎,谷條薫一,北野昌寛,2013:2007年8月 29日の奈良県北部の大雨事例解析,平成25年度大阪管区気象研究会誌(奈良県)
- 9. 鈴木竜馬,森本徹也,井立田真吾,谷條薫一,北野昌寛,岡田健一郎,2013:2007年8月29日の奈良県北部の大雨事例解析,平成25年度大阪管区気象研究会誌(近畿地区)

10. 三宅里香, 鈴江浩成, 枝元勝悟, 2013: 和歌山県の大雨発生の環境条件について, 平成 25 年度大阪管区気象研究会誌(和歌山県)

- 11. 濱岡昭之, 風早範彦, 仲田直樹, 山田友幸, 大谷修一, 2013:集中豪雨・大雨発生の必要 条件の妥当性の確認と十分条件の抽出, 平成 25 年度大阪管区気象研究会誌(広 島県)
- 12. 河野誠,小林祥悟,末永和貴,北井英吉,岡垣和憲,2013:メソ客観解析データを用いた梅雨期の大雨発生条件について,平成25年度大阪管区気象研究会誌(岡山県)
- 13. 小林祥悟, 末永和貴, 北井英吉, 岡垣和憲, 河野誠, 2013: メソ客観解析を用いた 2012 年7月6~7日の前線解析, 平成25年度大阪管区気象研究会誌(島根県)
- 14. 足立誠, 久家好夫, 海老政徳, 栗原佳代子, 小島至, 水野岳志, 2013: 平成 25 年 8 月 24 日の島根県西部の大雨について, 平成 25 年度大阪管区気象研究会誌(岡山県)
- 15. 足立誠, 久家好夫, 海老政徳, 栗原佳代子, 小島至, 水野岳志, 2013: 平成25年8月24日の島根県西部の大雨について, 平成25年度大阪管区気象研究会誌(中国地区)
- 16. 齋藤潤, 仲里正, 山本高男, 濱田浩一, 向井直人, 2013:平成25年7月15日の大雨事 例解析について, 平成25年度大阪管区気象研究会誌(鳥取県)
- 17. 齋藤潤,山本高男,仲里正,濱田浩一,向井直人,2013:平成25年7月15日の大雨事例について,平成25年度大阪管区気象研究会誌(中国地区)
- 18. 山崎智也, 細川利之, 平野直也, 谷脇由彦, 田中滋司, 栗山佳之, 2013: 香川県における大雨発生の必要条件の妥当性の確認と十分条件の抽出, 平成 25 年度大阪管区気象研究会誌(香川県)
- 19. 山崎智也, 細川利之, 平野直也, 谷脇由彦, 栗山佳之, 田中滋司, 2013: 香川県における大雨発生必要条件の妥当性の確認, 平成 25 年度大阪管区気象研究会誌(四国地区)
- 20. 澤田達也,田中秀和,福永昭史,神野美幸,2013:2013年4月6日徳島県南部に大雨をもたらした線状降水帯について,平成25年度大阪管区気象研究会誌(徳島県)
- 21. 澤田達也,田中秀和,福永昭史,神野美幸,2013:2013年4月6日徳島県南部に大雨をもたらした線状降水帯について,平成25年度大阪管区気象研究会誌(四国地区)
- 22. 杠力男,平尾龍一,田口雄大,東克彦,重岡昌嗣,中塚賢治,2013:平成24年9月14日から15日にかけての寒冷渦による大雨の事例解析,平成25年度大阪管区気象研究会誌(高知県)
- 23. 山本陽子,松下浩則,三宅里香,今野暁,2014:大阪府における大雨が発生する環境場の統計解析,日本気象学会関西支部例会講演要旨集,133,14-17.
- 24. 岩田奉文,風早範彦,仲田直樹,濱岡昭之,大谷修一,川北昇司,立神達朗,2014:集中豪雨・大雨発生の必要条件の妥当性の確認と十分条件の抽出(2014年8月19日~20日の豪雨事例),日本気象学会関西支部例会講演要旨集,135,16-19.
- 25. 三宅里香,山本陽子,今野暁,松下浩則,2014:2014年8月16日に発生した北大阪の大 雨事例解析,平成26年度大阪管区気象研究会誌(大阪府)
- 26. 三宅里香,松下浩則,山本陽子,今野暁,2014:2014年8月16日に発生した北大阪の大雨事例解析,平成26年度大阪管区気象研究会誌(近畿地区)
- 27. 山本陽子, 松下浩則, 三宅里香, 今野暁, 2014: 大阪府における大雨が発生する環境場の 統計解析, 平成 26 年度大阪管区気象研究会誌(大阪府)
- 28. 小山内大輔, 能瀬和彦, 溝本崇, 神内弘, 2014: 大阪府で南北に伸びる線状降水帯による大雨, 平成 26 年度大阪管区気象研究会誌(大阪府)
- 29. 内藤健治,石川雅章,湊伸一郎,坂口力哉,亀井雅章,2014:南西風系による大雨発生 の必要条件、平成26年度大阪管区気象研究会誌(滋賀県)
- 30. 湊伸一郎,石川雅章,坂口力哉,内藤健治,亀井雅章,2014:南西風系による大雨発生 の十分条件,平成26年度大阪管区気象研究会誌(滋賀県)
- 31. 飯田早苗,西川哲也,小原安幸,川崎泰典,里見克彦,河野真也,2014:大雨発生の必要条件の抽出と大雨・非大雨事例の解析,平成26年度大阪管区気象研究会誌(京都府)

32. 飯田早苗,西川哲也,小原安幸,川崎泰典,里見克彦,河野真也,2014:大雨発生の必要条件の抽出と大雨・非大雨事例の解析,平成26年度大阪管区気象研究会誌(近畿地区)

- 33. 栗原佳代子,松本幸爵,河野誠,石岡翔,神野正樹,2014:統計的手法による兵庫県南部の大雨発生の条件,平成26年度大阪管区気象研究会誌(兵庫県)
- 34. 河野誠,神野正樹,栗原佳代子,松本幸爵,石岡翔,2014:平成24年7月6日に発生した兵庫県南部の大雨事例の解析~JMANHMを用いた地形変化実験及び流跡線解析~,平成26年度大阪管区気象研究会誌(兵庫県)
- 35. 石岡翔,神野正樹,栗原佳代子,松本幸爵,河野誠,2014:平成26年8月17日未明に北播丹波に形成された線状降水帯による大雨,平成26年度大阪管区気象研究会誌(兵庫県)
- 36. 石岡翔,神野正樹,栗原佳代子,松本幸爵,河野誠,2014:平成26年8月17日未明に北播丹波に形成された線状降水帯による大雨,平成26年度大阪管区気象研究会誌(近畿地区)
- 37. 栗原邦光, 狩野慶, 2014: 奈良県北部の大雨発生に関する十分条件の抽出, 平成 26 年度 大阪管区気象研究会誌(奈良県)
- 38. 栗原邦光, 2014: 奈良県北部の大雨発生に関する十分条件の抽出, 平成 26 年度大阪管区 気象研究会誌 (近畿地区)
- 39. 鈴江浩成,枝元勝悟,谷澤隼人,上枝よしの,2014:大雨発生の必要条件について,平成26年度大阪管区気象研究会誌(和歌山県)
- 40. 岩田奉文,大谷修一,川北昇司,立神達朗,濱岡昭之,仲田直樹,風早範彦,2014:集中豪雨・大雨発生の必要条件の妥当性の確認と十分条件の抽出(2014年8月19日~20日の豪雨事例),平成26年度大阪管区気象研究会誌(広島県)
- 41. 岩田奉文, 風早範彦, 仲田直樹, 濱岡昭之, 大谷修一, 川北昇司, 立神達朗, 2014:集中豪雨・大雨発生の必要条件の妥当性の確認と十分条件の抽出(2014年8月19日~20日の豪雨事例), 平成26年度大阪管区気象研究会誌(中国地区)
- 42. 小林祥悟, 岡垣和憲, 北井英吉, 末永和貴, 胡未知人, 2014:集中豪雨・大雨発生の条件, 平成 26 年度大阪管区気象研究会誌(岡山県)
- 43. 小林祥悟, 岡垣和憲, 北井英吉, 末永和貴, 胡未知人, 2014:集中豪雨・大雨発生の条件, 平成 26 年度大阪管区気象研究会誌(中国地区)
- 44. 前田潔, 石原昭史, 足立誠, 宮本達也, 小島至, 北山拓, 2014:島根県での集中豪雨・ 大雨発生の必要条件の見直しと十分条件の抽出, 平成 26 年度大阪管区気象研究会 誌(島根県)
- 45. 北山拓, 前田潔, 石原昭史, 足立誠, 宮本達也, 小島至, 2014:島根県での大雨発生の必要条件の見直しと十分条件の抽出, 平成 26 年度大阪管区気象研究会誌(中国地区)
- 46. 米井達也,向井直人,濱田浩一,仲里正,2014:集中豪雨・大雨をもたらす降水系の発生条件について,平成26年度大阪管区気象研究会誌(鳥取県)
- 47. 向井直人,濱田浩一,米井達也,仲里正,2014:集中豪雨・大雨をもたらす降水系の発生条件について,平成26年度大阪管区気象研究会誌(中国地区)
- 48. 八塚仁, 栗山佳之, 山崎智也, 梶田昌義, 細川利之, 2014: 香川県の大雨発生の必要条件の妥当性の確認と十分条件の抽出, 平成 26 年度大阪管区気象研究会誌(香川県)
- 49. 峰本和也,田中秀和,澤田達也,神野美幸,野島孝之,2014:徳島県における大雨発生 必要条件とその妥当性について,平成26年度大阪管区気象研究会誌(徳島県)
- 50. 木村安志, 大野剛, 坂本啓, 黒田遥, 2014: 前線南下時に伊予灘付近で発生する大雨(必要条件の妥当性の確認と十分条件の抽出), 平成26年度大阪管区気象研究会誌(愛媛県)
- 51. 大野剛, 坂本啓, 原田都奈生, 木村安志, 黒田遥, 2014: 梅雨前線南下時に伊予灘付近で発生する大雨(必要条件の妥当性の確認と十分条件の抽出), 平成 26 年度大阪管区気象研究会誌(四国地区)

52. 西田重晴,田口雄大,東克彦,田中敬,西森靖高,中塚賢治,杠力男,2014:集中豪雨・大雨が発生するための必要条件と十分条件(統計解析)(平成26年度大阪管区地方共同研究関連),平成26年度大阪管区気象研究会誌(高知県)

- 53. 津口裕茂,加藤輝之,2014: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.
- 54. 津口裕茂,加藤輝之,2014: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. 「グローバルスケールとメソスケールを貫く気象学」研究集会.

(4) ポスター発表

- 1. 津口裕茂,加藤輝之,2013: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. 日本気象学会2013年度春季大会.
- 2. 津口裕茂,加藤輝之,林修吾,下瀬健一,金田幸恵,釜堀弘隆,2014: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.

地域に密着した詳細な気候変動予測情報提供に関する研究

研究期間: 平成 25 年度~平成 26 年度

研究代表者: 佐々木秀孝(環境・応用気象研究部 第三研究室長)

研究担当者: 村田昭彦、吉村純¹⁾、川瀬宏明²⁾(環境·応用気象研究部)、安部俊司(札幌管区気象台)、

戸川裕樹 服部正隆(東京管区気象台)

研究の目的

地球温暖化予測情報第8巻に用いられた温暖化予測の数値計算結果を基に、地域特有の気候現象がどのように表現されているのか調査する。また、それが地球温暖化により将来的にどのように変動するのかを予測し、それが起こる可能性についても吟味する。これらの成果は「地方版気候変動レポート」執筆に反映される。

研究の目標

- ①地球温暖化予測情報第8巻のデータについて、その特質を良く理解し、地方における地球環境業務に役立てる。
- ②日本各地における気候現象について理解を深め、それらの現象の将来変動予測をおこなう。
- ③上記各項目の研究を進め、管区ごとに取りまとめる「地方版気候変動レポート」に反映させる。

主な研究成果・目標の達成状況

(札幌管区)

①平成25年度道央地区気象研究会「地域に密着した詳細な気候変動予測情報提供に関する研究について(第1報)」

GPV データにおける現在気候の再現性については、平均気温に関しては、夏のみ高めの再現であり、それ以外の季節及び年の値は低めの再現という傾向となった。ただし、夏に関しても日平均気温 25℃以上日数は少なめに再現している。また、最低気温平均は高めに再現し、最高気温平均は低めに再現していることをも考え併せると、気候値を中心としてある範囲内の気温を多く再現していることが考えられる。

降水量の再現性については、概ねバイアスが小さく良く再現していると考えられるが、冬の太平洋側東部を中心に、多めのバイアスが出ている。ただし、日降水量 1mm 以上日数は少なめで、逆に日降水量 10mm 以上日数・日降水量 30mm 以上日数を多めに再現していることを考えると、日降水量 10mm ~ 50mm の範囲を多く予測していることが伺われる。

将来変化については、気温は近未来・21世紀末ともに上昇が予測されている。日平均気温 25℃以上日数は増加、日平均気温 0℃未満日数は減少と、気温の上昇と矛盾の無い結果となっ ている。

降水量の予測に関しては、特に21世紀末の気候において、多くの地域で増加することが予測されている。日降水量50mm以上という大雨について、特に夏の宗谷・上川・留萌といった日本海側北部で顕著な増加を予測している。

②平成26年度道央地区気象研究会「地域に密着した詳細な気候変動予測情報提供に関する研究について(第2報)」

冬型の気圧配置による降雪については、寒候期を通して見ると、有意な増減は見られなかったが、月別で見てみると、両側 t 検定を行った際に、11 月は信頼度 90% で有意に減少し、逆に 1 月は信頼度 90% で有意に増加するという結果となった。また、「冬型の気圧配置」の条件を満たした日数における各寒候期毎の降雪量は、寒候期毎に見ると、統計的に有意な増減は見られなかった。ただし、月別に t 検定を行うと、11 月に日本海側で信頼度 95% で、オホーツク海側・太平洋側で 90% で有意な減少が見られた。また、1 月には日本海側で信頼度 95%、オ

¹⁾ 平成 25 年度、2) 平成 26 年度

ホーツク海側・太平洋側で90%で有意な増加が見られた。2月にはオホーツク海側のみで信頼度90%で有意な増加が見られた。

オホーツク海側のフェーン現象の出現頻度については、両側 t 検定において信頼度 99% で有意に増加傾向が見られた。

(東京管区)

- ①地球温暖化予測情報第8巻のデータを活用し、都県別・府県別の資料などを作成した。
- ②太平洋側の冬の無降水日数の減少、山岳部などの降雪量の変化、東海地方の夏の地形性降水などについての調査を行った。
- ③本研究の成果を地方共同研究「地域に密着した詳細な気候変動予測情報提供に関する研究」成果報告書としてまとめた。

当初計画からの変更点 (研究手法の変更点等)

なし

成果の他の研究等への波及状況

本研究の成果の一部を長野県環境保全研究所に提供し、その資料が適応策検討報告書(平成27年3月発行予定)や長野県環境保全研究所(2015)研究プロジェクト成果報告10「長野県における気候変動の実態と影響及び適応策検討に関する研究報告書」に掲載される予定となっている。

今後に残された課題

(札幌管区)

最終的な目標である「地方版気候変動監視レポート」に掲載するまでに、バイアス補正を行う。 「地方版気候変動監視レポート」そのものの作成は、平成27年度以降の着手となる。

(東京管区)

本地方共同研究の成果報告書については、平成27年3月までに作成する予定。地方版気候変化レポートへの反映は、平成27年度に実施することを計画している。

研究成果及びその活用に関する意見(気象研究所研究課題評価委員会による終了時評価) (評価結果)

優れた研究であった。

(総合所見)

本研究は、札幌管区の成果に降水量・降雪・フェーン現象以外に地域特有の現象の記述が見られない点、東京管区の成果に具体的な記述がなく何がわかったのか不明である点など不足に感じられる部分はあるものの、地域に密着した視点で解析を行い得られた知見が資料として部外にも提供されるなど、意義のある研究となっている。本研究の成果が、今後、地域の関心やニーズにあわせた資料作成及び情報発信等、業務において生きてくると期待される。

よって、優れた研究であったと評価する。

今後は、研究期間内に実施できなかった地方版気候変動レポートへの反映に向け、調査結果の精査および整理に努めていただきたい。気象研究所の指導のもと、情報価値の高いレポートができることを期待する。

また、地方官署での温暖化予測データの積極的な活用を引き続きお願いする。気象研究所では、今回の共同研究の結果を地方での温暖化データ利用のモデルケースとして積極的な売り込みを図っていただきたい。

成果発表状況

- · 印刷発表件数 8件
- · 口頭発表件数 10件

報道・記事 1件

成果発表一覧

(1) 查読論文

なし

(2) 査読論文以外の著作物(翻訳、著書、解説)なし

(3) 口頭発表

(札幌管区)

- 1. 安部俊司, 2013: 地域に密着した詳細な気候変動予測情報提供に関する研究について(第1報), 平成 25 年度道央地区気象研究会
- 2. 安部俊司, 2014: 地域に密着した詳細な気候変動予測情報提供に関する研究について(第2報), 平成26年度道央地区気象研究会 (東京管区)
- 1. 戸川裕樹,服部正隆,2013: 地球温暖化予測情報第8巻による東管内の気候変動予測について(1年度目)東京都内調査研究会
- 2. 戸川裕樹, 服部正隆, 2014: 地球温暖化予測情報第8巻による東管内の気候変動予測について(2年度目), 東京都内調査研究会
- 3. 戸川裕樹, 服部正隆, 2015: 地球温暖化予測情報第8巻による東管内の気候変動予測について(2年度目) 関東甲信地区調査研究会

(4)報道·記事

なし