

2. 研究報告

2. 1. 研究課題

本節には、気象研究所が令和6年度に実施した全ての研究について、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。

経常研究

中期研究計画の5年間（令和6年度から令和10年度）では、気象業務の発展に資するため、気象・気候・海洋分野については目的に応じた3つの研究に分類し、地震・津波・火山研究と合わせて大きく4分類して経常的に実施する研究（以下「経常研究」という。）を実施する。令和6年度は、経常研究として次の8課題を実施した。

基盤技術研究

数値予報モデル開発と気象観測及びデータ同化など技術基盤的な課題に関する研究

研究課題	研究期間	代表研究部
階層的な地球システムモデリングに関する研究	R6～R10	全球大気海洋研究部
大気の物理過程の解明と物理過程モデルの開発に関する研究	R6～R10	気象予報研究部
データ同化技術と観測解析技術の高度化に関する研究	R6～R10	気象観測研究部

課題解決型研究

現象の機構解明や監視予測技術、気候と地球環境変動の要因・予測に関する研究

研究課題	研究期間	代表研究部
台風・線状降水帯等の顕著現象の機構解明と監視予測技術の高度化に関する研究	R6～R10	台風・災害気象研究部
気候システム及び炭素・生物地球化学循環の解明・評価・予測に関する研究	R6～R10	気候・環境研究部

地震・津波・火山研究

地震・津波や火山の監視、評価及び予測技術に関する研究

研究課題	研究期間	代表研究部
地殻活動・地震動・津波の監視・予測に関する研究	R6～R10	地震津波研究部
火山活動の監視・評価及び予測技術に関する研究	R6～R10	火山研究部

応用気象研究

ビッグデータ・IT分野の急速な技術の進展に対応するための研究

研究課題	研究期間	代表研究部
気象・気候予測の社会経済活動への高度利用に関する研究	R6～R10	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。令和6年度は、次の1課題を実施した。

研究課題	研究期間	実施官署	担当研究部
メソ・局地アンサンブルを利用した顕著現象に対する最適予測シナリオの構築	R6～R7	札幌管区気象台、仙台管区気象台、大阪管区気象台、福岡管区気象台	台風・災害気象研究部

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。

令和6年度は、次の3課題を実施した。

(1) 地球環境保全等試験研究費による研究（環境省）

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

研究課題	研究期間
民間航空機を利用した大都市から全球までの温室効果ガス監視体制の構築	R3～R7
日本域に沈着する光吸収性不純物に起因する雪氷面放射強制力の時空間変動監視と気候システムへの影響解明	R4～R8

(2) 研究開発と Society5.0 との橋渡しプログラム（BRIDGE）による研究（内閣府）

総合科学技術・イノベーション会議の司令塔機能を生かし、官民研究開発投資拡大が見込まれる領域における研究開発等を推進し、各省庁の研究開発等の施策で生み出された革新技術等の成果を社会課題解決や新事業創出、ひいては、我が国が目指す将来像（Society 5.0）に橋渡しするための経費である。

研究課題	研究期間
局地的・突発的な荒天対策のためのスタートアップとの連携：AIを用いたリアルタイム防災フィールド構築	R5～R7

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。令和6年度は、次の77課題（7減8増）を実施した。相手先機関の種類としては、国立研究機関や県の研究機関などの公的機関が11機関、大学が29大学、財団法人や株式会社などの民間機関が7機関となっている。

・主な共同研究

共同研究区分	研究課題名	相手機関
気候変動予測先端研究プログラム	領域課題1「気候変動予測と気候予測シミュレーション技術の高度化（全球気候モデル）」の一部業務「イベント・アトリビューション研究の深化と発展」及び領域課題3「日本域における気候変動予測の高度化」	気象業務支援センター
戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）第2期	線状降水帯の早期発生予測の精度向上に関する基礎的研究	福岡大学 防災科学技術研究所

・その他の共同研究

研究課題名	相手機関
気象研究所大気大循環モデル（MRI-AGCM）を用いた気候変動の影響評価に関する研究	京都大学防災研究所
水蒸気のリモートセンシングに関する研究開発	情報通信研究機構
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
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
なだれ予測の精度向上に資する積雪変質モデルの基礎的研究	防災科学技術研究所
南鳥島におけるハロカーボン類のモニタリング	国立環境研究所
エアロゾルモデルのモジュールの開発と検証に関する共同研究	東京大学 名古屋大学
傾斜・ひずみデータを活用したスロー地震解析等に関する研究	防災科学技術研究所
火山ガス等の化学的手法と物理観測データに基づく火山活動評価研究	東海大学
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
大雨や大雪をもたらす降水雲・降雪雲の観測的数値的研究	北海道大学
高精度センシング技術を用いた、列車運行判断のための災害気象の監視・予測手法の開発	JR 東日本研究開発センター
南鳥島における二酸化炭素鉛直平均濃度観測	東京大学大気海洋研究所
領域モデルを用いた長期再解析に関する研究	東北大学
筑波山頂におけるエアロゾル雲相互作用のプロセス解明に関する研究	筑波大学 国立環境研究所 防災科学技術研究所
東京スカイツリーを利用した東京圏の温室効果ガス排出のモニタリング研究	国立環境研究所
民間航空機を用いた温室効果ガス観測に関する研究	国立環境研究所 日本航空株式会社

	株式会社ジャムコ 財団法人日航財団
石垣島のスロースリップ域における重力変化に関する研究	東京大学理学部 沖縄気象台
積雪地域における雲の放射影響の研究	北見工業大学
メソアンサンブル予報を用いた再生可能エネルギー出力予測に関する研究	気象庁情報基盤部 産業技術総合研究所 日本大学
顕著現象の監視・予測におけるフェーズドアレイレーダーの利用可能性に関する研究	大阪大学
レーダーと AI 深層学習による竜巻等突風の探知・予測に関する基礎的研究	東京大学 東北大学
南九州の活動的火山の災害軽減に関する共同研究（その2）	京都大学防災研究所 防災科学技術研究所 気象庁地震火山部 福岡管区気象台地震火山課 鹿児島地方気象台
日本海寒帯気団収束帯による豪雪対策のための研究開発	防災科学技術研究所
メソアンサンブル予報を用いた確率洪水予報に関する研究	気象庁予報部 東京大学
航空機の動態情報取得システムからの気象データによる数値予報の精度向上と航空機の安全運航に関わる気象実況・予測情報の高度利用のための研究	海上・港湾・航空技術 研究所
日本の海洋大循環モデルを用いるコミュニティのための前処理、後処理、解析基盤の構築	東京大学 九州大学 海洋研究開発機構
西部太平洋における海洋熱波の発生メカニズムと予測可能性に関する研究	東北大学
雲核・氷晶核の観測・実験によるエアロゾル-雲相互作用に関する研究	金沢大学
線状降水帯の発生環境場および内部構造の観測的研究	高知大学
海水放射スキームの高度化に向けた海水コアの微物理特性の測定	防災科学技術研究所
ドローンによる継続的な気象観測データの取得と配信に関する実証実験	情報・システム研究機 構
高知県で発生する急潮のメカニズム解明及び予測情報に資する技術開発に関する共同研究	高知県水産試験場
水文気象アンサンブル計算と衛星リモートセンシングの活用による水災害予測に関する研究	東京科学大学
極端気象・海象の予測精度向上に資する次世代海面水温解析システムの開発に向けた共同研究	京都大学 気象庁大気海洋部
分布型音響センシングを用いた地震・津波観測技術に関する研究	東京大学
二重偏波レーダー及び地上固形降水観測システムを用いた固形降水関連物理量の推定手法の開発に関する共同研究	防災科学技術研究所
関東における局地気象の鉛直構造の実態調査	産業技術総合研究所

	防災科学技術研究所
局地気象モデル境界層過程の高度化に関する研究	日本気象協会
気象衛星高頻度観測と巨大アンサンブル計算の利用による水文気象災害予測の革新	東京大学
衛星搭載ドップラー風ライダーの開発・利用に関する研究	東京都立大学
稠密地上気象観測と数値モデルによる降雪雲の微細構造に関する研究	酪農学園大学
電力設備のための気象・気候ハザードの温暖化影響評価	電力中央研究所
長基線レーザー伸縮計を用いた地殻変動現象に関する研究	東京大学 富山大学
高頻度高層観測データを利用した重力波の発生メカニズム及び乱流強度推定に関する研究	東京大学
炭素・水素同位体比観測と大気化学輸送モデルに基づく全球メタン収支の解明	東北大学
深層学習（DL）技術等を用いた衛星データ同化の高度化に関する研究	千葉大学
JPN モデルの海洋ゴミ漂流、赤潮伝搬への適用、および、海洋エネルギー利用技術創出可能性の検討	長崎大学
南海トラフ地震想定震源域東部海域の地震活動に関する共同研究	東海大学
2つの海洋大循環モデルを用いた環境適応型海洋低次生態系－物質循環モデルの相互比較	海洋研究開発機構
地上ガンマ線観測及びレーダー観測を組み合わせた雷放電の予知に関する共同研究	大阪大学
雷放電経路3次元観測システムと C-Band 二重偏波気象レーダーを用いた帯電した降水粒子の分布の実態把握及び発雷危険度の推定手法に関する共同研究	防災科学技術研究所
伊豆半島周辺の沿岸域における海洋酸性化状況の把握	筑波大学
大雨や大雪をもたらす降水雲・降雪雲の時間発展に関する観測的数値的研究	叡啓大学
翌日および翌々日程度先の日射量予測技術の開発	気象庁情報基盤部 産業技術総合研究所 日本大学
長期の気候予測情報を活用した農業支援情報の高度化に関する研究	気象庁大気海洋部 食品産業技術総合研究機構
現地観測と気象予報・気候予測モデルの連携による北極域大気・雪氷環境変化の実態把握	情報・システム研究機構
全球降水観測計画（GPM）等の衛星データと地上観測測器による線状降水帯の機構解明に関する研究	宇宙航空研究開発機構 東海大学
水蒸気観測による線状降水帯等の実態解明の研究	三重大学
線状降水帯の発生環境場（特に水蒸気場）および内部構造の観測	琉球大学
線状降水帯の発生環境場（特に水蒸気場）の観測・解析	長崎大学
線状降水帯の発生環境場（特に水蒸気場）の観測	鹿児島大学
線状降水帯などの降水系内部構造の観測的研究	山口大学

積乱雲の発雷非発雷予測と雷パラメーター推定に関する共同研究	静岡県立大学
地球システムモデルの高度化と成層圏過程を通じた予測可能性に関する研究	九州大学
顕著現象のリアルタイム検出・予測技術の社会実装に向けた研究	政策研究大学院大学
小型衛星のデータ同化及び、衛星搭載降水ドップラーレーダの観測有効性調査に関する研究	情報通信研究機構
静止衛星搭載ハイパースペクトル赤外サウンダの高度利用に関する研究	東京大学
高解像度数値モデルによるシベア気象の再現性検証と乱流輸送過程の改良	東北大学
国連海洋科学の 10 年プロジェクト SynObs 計画推進に向けた共同研究	国立研究開発法人海洋研究開発機構
雲底下洗浄係数に関する研究	防災科学技術研究所
炭素等物質循環の実態把握・評価のためのモデル高度化に関する研究	国立環境研究所
航空機観測による温室効果ガスの地球規模循環の解明	獨協大学
災害危険度情報に基づく気候変動の影響評価とその利活用に関する研究	人と防災未来センター 京都大学 香川大学"
二重偏波フェーズドアレイ気象レーダーの課題解決に向けた研究	情報通信研究機構

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。令和 6 年度は、次の 47 件の研究を実施した。

相手機関	共同利用区分	課題名	期間
宇宙航空研究開発機構 国立環境研究所 環境省	共同研究	地上全天型天空輝度計のデータ処理アルゴリズムの開発・検証および GOSAT シリーズの雲・大気エアロゾルプロダクトの検証	R 2 ～R 6
京都大学生存圏研究所	共同研究	2022 年 1 月のフンガ・トンガ＝フンガ・ハアパイ火山噴火に伴う成層圏気候変動の研究	R 5 ～R 6
データサイエンス共同 利用基盤施設	共同研究	アンサンブルデータを用いた気象現象の理解	R 6
		海洋データシステムにおけるアルゴフロート観測データやその誤差のインパクト評価に関する研究（3）	R 6
東京大学地震研究所	共同利用	過去の活発な地震活動の震源再決定	R 6
	共同研究	新旧世代を統合した SAR 観測による地表変動研究	R 6
		超稠密 GNSS 観測による地球科学への応用研究	R 6
		超精密地球物理観測記録の分野横断的活用	R 6
		複合災害を考慮した確率論的津波浸水評価	R 6

	研究集会	次世代のリアルタイム監視予測システムの探求：固体地球科学における即時解析・即時予測・情報利活用	R 6
統計数理研究所	共同研究	情報量に基づくアンサンブル予測の予測精度の新たな評価手法の構築	R 6
		雲解像非静力学気象モデルを用いた粒子フィルタの開発	R 6
		海洋データ同化における海面水温場と衛星観測データバイアスの同時推定手法の開発	R 6
	研究集会	データ同化夏の学校	R 6
		データ同化ワークショップ	R 6
宇宙航空研究開発機構	共同研究	衛星搭載レーダと気象庁全球予報システムを用いたモデル検証と全球同化	R 4～R 6
		地上放射観測による検証データの取得とGCOM-C 大気プロダクトの評価	R 4～R 6
		km ² スケールの数値天気予報モデルのための雲と降水同化	R 4～R 6
		複数の衛星データを利用した火山灰アルゴリズムの高度化	R 4～R 6
		衛星による大気観測と地表面プロダクトを用いたエアロゾル再解析による気候変動の監視	R 4～R 6
		PIXEL グループによる高頻度 SAR 観測による地殻・地表変動研究	R 4～R 6
		イメージャー及び衛星搭載ライダーデータを用いた複合エアロゾル同化予測システムの開発	R 4～R 6
海洋研究開発機構	外来研究員	地域気候モデルを用いた大規模将来予測結果の評価とデータ整備	R 6
京都大学防災研究所	研究集会	火山活動評価研究の現状と今後の展望	R 6
	共同研究	斜面・河川モデルのカップリングによる流域デジタルツインの構築と土砂・水流出ハザードの確率論的将来評価の試み	R 6
金沢大学環日本海域環境研究センター	共同研究	エアロゾル・雲相互作用に及ぼす越境汚染と国内排出の影響評価	R 6
九州大学応用力学研究所	研究集会	日本周辺海域における環境急変現象（急潮）のメカニズム解明および防災に関する研究集会	R 6
		微細規模から惑星規模にかけての海洋力学過程と規模間相互作用の研究	R 6
	共同研究	若狭湾における定置網漁業及び底曳網漁業の漁場環境に関する研究	R 6

高度情報科学技術研究機構	共同利用	気象学および数理的アプローチによる線状降水帯のメカニズム解明	R 6
国立環境研究所	外来研究員	大都市圏における大気境界層の気象場及び温室効果ガスの高解像度シミュレーション	R 6
		大気化学輸送モデルによる全球メタン収支・トレンド推定に関する研究	R 6
新潟大学災害・復興科学研究所	共同研究	積雪期の避難に影響を及ぼす極端・異常気象に係る高・低気圧の同定と予測	R 6
東京工芸大学風工学研究拠点	共同研究	日本版改良藤田スケールにおける DI、DOD と被害風速の評価	R 6
東京大学大気海洋研究所	外来研究員	メソ気象における雲降水プロセスの解明とデータ同化に関する研究	R 6
		線状降水帯等の大雨を生ずる低気圧の階層構造に関する研究	R 6
		熱帯低気圧・温帯低気圧・ハイブリッド低気圧の高解像度シミュレーション	R 6
		冬季日本周辺海上で発生するメソスケール現象の高解像度シミュレーションの解析	R 6
	共同研究	大気海洋研究所および気象研究所の世界海洋大循環モデルの相互比較	R 6
	研究集会	北太平洋の変動と極端現象	R 6
		若手研究者の視点から見るメソ気象研究の将来展望	R 6
東京大学地震研究所 京都大学防災研究所	共同研究	建物被害と後発地震への応答予測に地盤特性の時空間変化が与える影響の分析	R 6 ～ R 7
東北大学サイバーサイエンスセンター	共同研究	日本領域長期再解析(RRJ-Conv.)の長期データ整備と関連する研究開発	R 6
東北大学東北アジア研究センター	共同研究	鳴子火山火口湖・潟沼の熱水活動調査	R 5 ～ R 7
防災科学技術研究所	共同研究	雲底下洗淨係数に関する研究	R 6
北海道大学低温科学研究所	共同研究	海氷放射スキームの高度化に資する海氷面ラフネスの計測とそのモデル化	R 6
		札幌における積雪深の空間不均一性に関する観測的研究	R 6

環境研究総合推進費による研究

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。平成 29 年度からは環境再生保全機構交付の個人補助金となった。

研究課題	研究期間
北極気候に関わるエアロゾルの長期的変化の把握と放射・気候影響評価	R 5～R 7
日本・アジア太平洋地域の将来変化に関わる複合的な極端気象・気候現象の定量化と理解	R 6～R 8
大気中マイクロ/ナノプラスチックの海洋-陸域相互作用と劣化機構	R 6～R 8
観測に基づく GHG および関連物質の地表面フラックス早期評価システムの構築	R 6～R10

科学研究費助成事業による研究

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

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

【研究代表者として実施している研究課題】

課題区分	課題名	研究期間
学術変革領域研究(A)	黒潮大蛇行と海洋極端現象の過去・現在・未来：予測可能性と海洋生物資源への影響	R 6～R10
	南極氷床質量変動の定量化と支配メカニズムの解明	R 6～R10
	CO2 吸収ホットスポットにおける海洋循環と生物生産・分解	R 6～R10
基盤研究(S)	低高度孤立峰を利用した多角的観測に基づく非線形気象化学過程のシームレスな理解	R 5～R 9
基盤研究(A)	豪雨早期予測に向けた船舶搭載型水蒸気・風観測ライダーの開発と海上実証実験	R 4～R 8
	赤外分光観測による大気場の 4 次元詳細構造の解明	R 6～R10
基盤研究(B)	ハイブリッド低気圧の形成メカニズムと多様性の体系的解明	R 3～R 6
	深層学習を使った気象場ダウンスケーリングと大気環境予測	R 3～R 7
	複雑に混じりあう自然起源のエアロゾル粒子が氷晶核として雲形成に与える影響	R 5～R 8
	雪の再分配を考慮した気象・積雪モデルが解き明かす北アルプスの高山環境の維持機構	R 5～R 8
	沖合水圧記録の地震動・津波成分を活用したリアルタイム津波予測手法の構築	R 6～R 9
	最新観測と気候モデルを駆使した成層圏準二年周期振動の地表影響機構の解明	R 6～R 9

	海洋モデルの高度化に資する海水内部の光環境の解明	R 6 ～ R 9
特別研究員奨励費	大アンサンブルを用いた数理手法による豪雨メカニズム解明研究	R 5 ～ R 7
	日本における強風極値の統計的モデリングとハザード評価・極値理論によるアプローチ	R 6 ～ R 7
国際共同研究加速基金	環境場の違いがもたらす多様な温帯低気圧構造の形成機構解明	R 1 ～ R 6
	海水放射伝達モデルと衛星観測の複合利用による気候モデル用海水放射スキームの高度化	R 5 ～ R 7
国際共同研究加速基金 (海外連携研究)	気候の年々変動と極端気象がパナマ運河流域水循環に与える影響の要因解明	R 5 ～ R10
挑戦的研究 (萌芽)	固体粒子のナノスケール構造・化学分析から挑む氷晶核メカニズムの解明	H31～R 6
挑戦的研究 (開拓)	可搬型雲チャンバーの設計開発と山岳観測による雲粒の混合相微物理・化学過程の解明	R 5 ～ R10
基盤研究(C)	夏季の成層圏・対流圏結合系における力学・放射・化学過程の解明と気候影響評価	R 2 ～ R 6
	積乱雲を解像した高解像度モデルを用いた新たな竜巻等突風の予測手法に関する研究	R 2 ～ R 6
	二重偏波レーダーによる豪雨形成過程の観測手法の開発ー大粒の雨はどこで生成するかー	R 2 ～ R 6
	フェーズドアレイ気象レーダーを用いた竜巻の機構解明と三次元検出技術の開発	R 3 ～ R 6
	高頻度高密度観測データ活用のための多重スケールを考慮した変分法データ同化の確立	R 3 ～ R 6
	稠密・面的な非ガウス観測データの同化手法の刷新	R 3 ～ R 7
	地球温暖化による大雨の頻度・強度変化の機構解明	R 3 ～ R 6
	高解像度・大アンサンブルシミュレーションを用いた線状降水帯に寄与する環境場の解明	R 3 ～ R 6
	津波想定はなぜ外れる？ー波源形成から海岸到達の各伝播過程で生じる予測誤差の比較	R 3 ～ R 6
	観測点1点だけからの地震波動伝播の情報抽出：地震動即時予測の高度化に向けて	R 3 ～ R 6
	地殻内の歪みエネルギーの可視化による内陸地震発生メカニズムの解明	R 3 ～ R 6
	津波波源の多様な時間履歴に対応した波源推定とそれを活用したリアルタイム津波予測	R 3 ～ R 6
	大気エアロゾルの混合状態による雲核能・氷晶核能の変化に関する実験的研究	R 3 ～ R 6
	温度成層下の乱流境界層における秩序構造とその空間分布の解明	R 4 ～ R 6
	雲微物理素過程分類による降水組成マッピングを用いた降水メカニズム解明に関する研究	R 4 ～ R 6
	海洋表層温暖化を通じた大気環境場・台風活動変質過程の理解	R 4 ～ R 7
	経験的調整パラメーターのない高精度大気解析の実現	R 4 ～ R 7

	二重偏波気象レーダーによる火山噴煙内部の凝集プロセスの観測及び解明	R 4 ～ R 6
	高解像度波浪再解析による日本沿岸長期変動特性の解明	R 4 ～ R 6
	物理・仮想トレーサー同時データ同化による線状降水帯の水蒸気起源の推定	R 5 ～ R 8
	解析誤差と成長モードを考慮したアンサンブル予測による線状降水帯の高精度確率予測	R 5 ～ R 7
	衛星と地上からの観測と気象モデルに基づく火山ガス放出率の推定技術とマグマ活動解明	R 5 ～ R 7
	粒子フィルタとガウス過程回帰を用いた洪水予測手法の開発	R 5 ～ R 7
	A New Tsunami Model Using Physics-Informed Neural Networks (PINNs) for Real-Time Tsunami Simulation	R 6 ～ R 9
	日本の沿岸湧昇の実態解明～熱収支解析を用いた大気・海洋変動の影響評価	R 6 ～ R 8
	雲降水データ同化の精緻化が明らかにする積乱雲内部における大気と降水粒子間相互作用	R 6 ～ R 8
	先端気象レーダー網を用いた降水粒子判別と三次元速度場解析による降雹過程の実態解明	R 6 ～ R 8
	対流圏ジェット変動の季節予測可能性に対する熱帯と中緯度海洋からの影響評価	R 6 ～ R 8
	台風の温帯低気圧化に伴う竜巻発生環境場形成に関する数値的研究	R 1 ～ R 6
若手研究	同時多発地震に対応した自動震源推定法による隠れた微小地震活動の解明	R 2 ～ R 6
	スプリット前線を伴う温帯低気圧の構造とそれに関わる大雨・集中豪雨の発現機構	R 2 ～ R 6
	衛星観測を活用した陸域雲降水粒子のより分け推定と鉛直分布推定アルゴリズムの開発	R 2 ～ R 6
	梅雨と秋雨の過去 120 年間の長期変動の実態とメカニズムの解明	R 3 ～ R 6
	顕著現象予測精度向上を目指した粒子フィルタによるハイブリッドデータ同化手法の構築	R 3 ～ R 6
	地震の震源特性はどれだけ空間変化するのか・散乱波を用いた精密推定	R 3 ～ R 6
	放射性炭素同位体比観測と数値モデル解析に基づく全球メタン収支の解明	R 3 ～ R 6
	中間圏および下部熱圏の温度構造形成機構における大気微量化学種の役割	R 4 ～ R 8
	大気・化学同時データ同化による気象モデルの再現精度向上	R 5 ～ R 8
	風台風・雨台風の決定因子と予測可能性の解明	R 5 ～ R 8
	捕集粒子直接液滴凍結法を用いた大気エアロゾル粒子の粒径別氷核特性の解明	R 6 ～ R 8

	気象ドップラーレーダー観測から風の復元技術を用いた台風構造の変動機構の解明	R 6～R 9
	大雨時に平衡状態に達する雨滴粒径分布の三次元構造と発生環境場の解明	R 6～R 9
研究活動スタート支援	巨大アンサンブルを用いた浸水危険度と被災者数の確率的な高精度推定手法の開発	R 4～R 6

【研究分担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
学術変革領域研究(A)	情報科学と地球物理学の融合による Slow-to-Fast 地震現象の包括的理解領域名「Slow-to-Fast 地震学」	R 3～R 7
	河口から大陸棚における物質とエネルギー拡散過程	R 4～R 8
	不連続を包含するデータ同化手法の創出と大気海洋生態系結合過程の再現	R 6～R10
	変調するモンスーンと日本周辺における極端気象の予測可能性	R 6～R10
	急速に温暖化する日本近海の海洋前線と豪雨・豪雪	R 6～R10
	気候モデリングによる過去 2,000 年の古気候復元	R 6～R10
	グローバル南極学：大変化する氷床と地球環境の連鎖をつなぐ	R 6～R10
	ハビタブル日本の統括と推進	R 6～R10
基盤研究(S)	航空機観測によるスーパー台風の力学的・熱力学的構造と強化プロセスの解明	R 3～R 7
	革新的大気成分広域観測による気候変動及び炭素・酸素循環の包括的評価	R 4～R 8
	ミレニアム大気再解析プロダクトの創出	R 4～R 8
基盤研究(A)	氷河融解を加速する 3 大光吸収性不純物の定量評価	R 2～R 6
	北極温暖化増幅に対する北極の水・物質循環の影響評価	R 3～R 6
	大気と海洋の波動エネルギーのシームレス追跡解析による熱帯・中緯度相互作用の解明	R 4～R 8
	アジア高山域における氷河水体温度の地理的分布把握と次世代氷河変動モデルの開発	R 4～R 8
	梅雨末期の豪雨の水蒸気起源の追跡ー水蒸気の立体構造の降水システムへの影響ー	R 4～R 8
	先端遠隔計測観測と数値モデルを結合したエアロゾル多元要素同時同化に関する研究	R 4～R 7
	大気海洋境界領域の微生物学：海泡濃集と雲核へのリンケージ	R 4～R 8
	温暖化に伴う両極の雲形成過程の変化の影響評価	R 5～R 7
	アイスコアを用いた産業革命前から現在までの硫酸エアロゾル粒径分布の復元	R 5～R 8
	多成分気体分析に基づく成層圏物質循環の長期変動の評価	R 5～R 9

	季節予報を用いた高解像度作物収量予報・早期警戒システムの開発	R 5 ～ R 7
	革新的超高解像度リアルタイム水蒸気観測が解き明かす積乱雲発生の前兆と発達過程	R 5 ～ R 8
	地上・衛星高頻度リモートセンシングによる海上水蒸気量 3 次元分布推定システムの開発	R 5 ～ R 9
	超水滴法で迫る雲降水システムの粒子レベルからの理解	R 5 ～ R 8
	最先端の観測技術と数値実験の融合で明らかにする雷雲の内部構造	R 6 ～ R 9
	急峻山岳と海洋が接する沿岸山岳域の大気海洋相互作用：山岳気象学と沿岸海洋学の融合	R 6 ～ R 9
	北極域での気温上昇に伴う北極エアロゾルの変動および氷晶形成への影響評価	R 6 ～ R 9
基盤研究(B)	西岸境界流と内側沿岸循環の力学的相互作用	R 2 ～ R 6
	成層圏力学場が熱帯低気圧の発生・発達過程に与える影響	R 3 ～ R 6
	ダストの視点から見た地球人間圏：ダストモデル精度向上のための広域枯れ草量推定	R 4 ～ R 6
	線状降水帯の停滞メカニズムおよびその環境場形成に寄与する大気擾乱の階層構造の解明	R 4 ～ R 7
	アジョイントモデルによる津波の後続最大波予測	R 4 ～ R 7
	気温 0℃ 近傍で形成される多様な融解粒子のモデル化と探知	R 4 ～ R 6
	適切な感情喚起による減災意図・行動ギャップの解消を目指した fMRI 実験と行動実験	R 4 ～ R 7
	大気・海洋・雪氷中の鉱物ダスト粒子の粒径別数濃度の標準測定法の開発	R 4 ～ R 7
	豪雨による複合的な水害を考慮した新たな浸水ハザードの提示	R 5 ～ R 8
	温暖化に伴う森林雪害の頻度・規模変化に起因した森林炭素吸収・水源涵養能の変動予測	R 6 ～ R 9
	大気サブ km 高解像度数値モデルと詳細観測の連携研究推進	R 6 ～ R 8
	データ同化を利用した津波警報解除手法の確立	R 6 ～ R 8
	大気自由振動モード群の時間変動：メカニズムとその影響	R 6 ～ R 9
	大気中メタン濃度と同位体比の広域観測によるメタン濃度変動原因に関する研究	R 6 ～ R 9
	衛星・地上観測を結ぶデータ駆動型物質輸送モデルの構築	R 6 ～ R 9
	オホーツク海が日本の気象・気候を決める	R 6 ～ R 9
	物理学的バイアス補正に基づく台風進路予報改善	R 5 ～ R 8
基盤研究(C)	大気自由振動モード群の生成・維持・減衰機構の解明	R 3 ～ R 6
	遠く離れた沖合域への河川水流入プロセス解明と生物生産へのインパクト評価	R 4 ～ R 6
	機械学習を利用したハイブリッド緊急地震速報の開発	R 4 ～ R 7
	ブラックカーボンの帯電状態の測定法の開発とその変動要因の観測的解明	R 6 ～ R 8

国際共同研究加速基金(B)	気候変動に対するエアロゾルの放射効果-気候変動-大気汚染の相乗作用の評価	R3～R6
国際共同研究加速基金 (海外連携研究)	温暖なグリーンランド南部での自然起源エアロゾルに関する国際共同調査	R5～R7
	地上観測・リモートセンシング・雲解像モデルを駆使したヒマラヤ降水系研究の新展開	R5～R9
	ベトナムでの降水予測改善のための熱帯亜熱帯域でのレーダーデータ同化研究	R6～R9
	枯れ草に着目した草原生態系-ダスト結合モデルの開発	R6～R9
特別研究促進費	2023 年 5 月 5 日の地震を含む能登半島北東部陸海域で継続する地震と災害の総合調査	R5～R6
挑戦的研究(萌芽)	革新的デバイスを用いたテラヘルツ放射計による大気水蒸気科学の新展開	R6～R8

2.2. 研究年次報告

本節には、気象研究所が令和6年度に実施した経常研究、地方共同研究について、課題毎に当該年度の研究計画と研究成果等を掲載した。

なお、令和6年度に中間評価を実施した研究課題または令和6年度に終了した研究課題はなかった。

2.2.1. 経常研究

・ 階層的な地球システムモデリングに関する研究（M 課題）	25
・ 大気の流れ過程の解明と物理過程モデルの開発に関する研究（P 課題）	44
・ データ同化技術と観測解析技術の高度化に関する研究（D 課題）	59
・ 台風・線状降水帯等の顕著現象の機構解明と監視予測技術の高度化に関する研究（T 課題）	72
・ 気候システム及び炭素・生物地球化学循環の解明・評価・予測に関する研究（C 課題）	90
・ 地殻活動・地震動・津波の監視・予測に関する研究（S 課題）	106
・ 火山活動の監視・評価及び予測技術に関する研究（V 課題）	118
・ 気象・気候予測の社会経済活動への高度利用に関する研究（A 課題）	128

2.2.2. 地方共同研究

・ メソ・局地アンサンブルを利用した顕著現象に対する最適予測シナリオの構築	138
---------------------------------------	-----

階層的な地球システムモデリングに関する研究（M 課題）

- 研究年次：1 年目／5 年計画（令和 6 年度～令和 10 年度）
- 研究代表者：高槻 靖（全球大気海洋研究部長）
- 課題構成及び研究担当者

本研究課題の構成及び研究担当者は以下のとおりである。

（副課題 1）短期から長期予測課題に応用可能な地球システムモデルの開発に関する研究

副課題代表者：石井正好

[全球大気海洋研究部]

吉村裕正、出牛 真、吉田康平、平原翔二、高谷祐平、足立恭将、
安井良輔、大島 長、中野英之、浦川昇吾、堀 直登（併任）、
大江光穂（併任）

[気象予報研究部]

川合秀明、長澤亮二、庭野匡思

[気候・環境研究部]

保坂征宏、水田 亮、行本誠史

[応用気象研究部]

辻野博之

（副課題 2）海洋予測技術の開発及び海洋現象の機構解明に関する研究

副課題代表者：中野英之

[全球大気海洋研究部]

浦川昇吾、平原翔二、青木邦弘、川上雄真、藤井陽介、碓氷典久、
広瀬成章、吉村裕正、高谷祐平、足立恭将、新藤永樹（併任）、
住友雅司（併任）、金濱貴史（併任）、平原幹俊（併任）、
川村知裕（併任）、山田広大（併任）、坂本 圭（併任）

[研究総務官]

山中吾郎

[気候・環境研究部]

豊田隆寛

[応用気象研究部]

辻野博之、高野洋雄

（副課題 3）海洋及び大気海洋結合系のデータ同化に関する研究

副課題代表者：石川一郎

[全球大気海洋研究部]

藤井陽介、碓氷典久、広瀬成章、中野英之、浦川昇吾、青木邦弘、
川上雄真、吉村裕正、高谷祐平、高槻 靖、中村 貴（併任）、
吉田拓馬（併任）、櫻木智明（併任）、浅井博明（併任）、
杉本裕之（併任）、八木晃司（併任）、後藤恭敬（併任）

[研究総務官]

山中吾郎

[気象観測研究部]

石橋俊之

[気候・環境研究部]

豊田隆寛、遠山勝也、小林ちあき

[応用気象研究部]

高野洋雄

（副課題 4）週間から季節予報のための予測システム開発に関する研究

副課題代表者：吉村裕正

[全球大気海洋研究部]

高谷祐平、足立恭将、安井良輔、平原翔二、石川一郎、藤井陽介、
中野英之、浦川昇吾、出牛 真、吉田康平、山口春季（併任）、
久保勇太郎（併任）、越智健太（併任）

[気象予報研究部]

川合秀明

[気候・環境研究部]

直江寛明、小林ちあき、関澤俣温、保坂征宏、豊田隆寛

（副課題 5）大気微量成分の監視予測技術と気象・気候影響に関する研究

副課題代表者：眞木貴史

[全球大気海洋研究部]

関山 剛、出牛 真、大島 長、梶野瑞王、足立光司、

関口亮平（併任）、幸田笹佳（併任）

[気象観測研究部]

酒井 哲、吉田 智

[気候・環境研究部]

直江寛明

● 研究の動機・背景

地球温暖化の進行を背景として、集中豪雨・台風等の災害をもたらす顕著な現象が激甚化しており、長期的な気候変動リスクの低減のために大気や海洋の長期変化の予測情報の高精度化が求められている。一方で、近年スーパーコンピュータの演算能力の見通しに懸念が生じており、限られた計算機資源を活用して効率的に計算を行う数値予報技術の開発が求められている。地球システムを構成する多様な要素とそれらの相互作用を考慮するため、「階層的な地球システムモデル」の考え方に基づいたモデルを開発し、その「コンポーネント」を共有することにより現業数値予報モデルへの貢献をめざす。

● 研究目的

（全体）

気象研究所における数値予報モデル開発関連の研究について、地球の大気、海洋、陸面・雪氷、大気微量成分など地球システムを構成する各要素を総合的に扱う「階層的な地球システムモデル」の考え方に基づいて研究を進める。これにより、地球温暖化予測、季節予報、海況監視予測、大気微量成分の監視予測、台風や集中豪雨等の顕著現象等に用いられる数値予報モデルの予測精度を向上させる。

（副課題１）短期から長期予測課題に応用可能な地球システムモデルの開発に関する研究

幅広い時間・空間スケールの現象を高精度に表現可能な地球システムモデルを開発することにより、モデル気候値と過去気候変動の再現性の向上を図り、気象・気候予測の精度向上と不確実性低減に貢献する。

（副課題２）海洋予測技術の開発及び海洋現象の機構解明に関する研究

様々な時空間スケールに対応した海洋予測技術を開発することにより、日本周辺海域の極端現象や長期変動の機構を解明するとともに、将来の現業システムの高度化及び気候変動予測や日本周辺の海洋環境に係る情報の高度化に貢献する。

（副課題３）海洋及び大気海洋結合系のデータ同化に関する研究

地球システムの重要な構成要素である海洋及び大気海洋結合系のデータ同化システムの改良を通じて、海況監視予測情報や大気海洋結合モデルを用いた気象予報、及び気候データ同化（長期再解析）の精度向上に貢献する。

（副課題４）週間から季節予報のための予測システム開発に関する研究

将来の現業予測システムのための技術開発とフィジビリティ研究を行うことにより、週間から季節予報の精度向上に貢献する。

（副課題５）大気微量成分の監視予測技術と気象・気候影響に関する研究

化学輸送モデルの改良を通じて地球システムモデルの放射収支や雲・降水過程等を高精度化し、地球温暖化予測等の改善に繋げるとともに、気象業務（数値予報、環境気象等）の精度向上を目指す。大気微量成分の各種観測データを用いて化学輸送モデルを検証・改良するとともに、データ同化技術を改良しつつ、深層学習等も導入して大気微量成分の監視・予測精度の向上を図る。

● 研究目標

（全体）

地球システムの構成要素の関連性とそれらの相互作用を適切に扱い、地球システムの様々な時空間スケールの現象の予測への影響を評価するとともに、高解像度化や初期値化について利用可能性を検討する。また、地球システム要素のコンポーネント化や計算の効率化を図ることにより、現業数値予報モデルを改善するとともに、次世代の現業数値予報モデルの仕様に係る指針を得る。

（副課題1）短期から長期予測課題に応用可能な地球システムモデルの開発に関する研究

既存の地球システムモデル MRI-ESM3 を改良し、それぞれのモデルコンポーネントの最新版で構成されたものを開発する。このモデルを活用して、第7期結合モデル相互比較プロジェクト（CMIP7）に参加する。また、社会の広範な要請に応えるために地球システムモデルの高解像度化に向けた開発を継続し、火山や山火事などの気象・気候影響について理解を深化させるための研究を進めていく。

（副課題2）海洋予測技術の開発及び海洋現象の機構解明に関する研究

日本近海から全球海洋および大気海洋結合系に適応できる統合的なデータ同化システムを開発する。大気海洋結合同化の改良を行い、長期再解析や結合予測初期値としての利用可能性を評価する。海洋観測データの海況監視・予測や結合予測へのインパクト評価を実施する。海洋再解析データ等を用いて、海洋変動のメカニズムを明らかにする。気象庁現業システム（季節予測システム及び日本沿岸海況監視予測システム）の更新に向けて、海洋データ同化システムの改良を行う。

（副課題3）海洋及び大気海洋結合系のデータ同化に関する研究

地球システムモデルを使用した週間から季節予測システムの構築・開発を行い、オゾン・エアロゾル・波浪等の地球システム要素の週間から季節予測での利用に向けたフィジビリティ研究を行う。台風・極端現象等の予測可能性の評価と、アンサンブル予測・確率予測の改善に資する研究を行う。モデル高解像度化による予測への影響評価と、高解像度非静力学全球大気モデルの開発・フィジビリティ研究を行う。海洋同化システムの予測への影響評価を行う。

（副課題4）週間から季節予報のための予測システム開発に関する研究

海洋物理過程の精緻化や、単精度化と GPU 利用などによる高速化による気象研共用海洋モデル（MRI.COM）の高度化を行い、これらを現業モデルの開発現業システムへ反映させることでシステムの改良を図る。また、モデル実験等を通じた海洋の長期変動の解明に加えて、AI の利用も考慮したダウンスケールの手法や大アンサンブルデータの解析により極端現象の情報提供を図る。また、大気海洋結合モデルを用いて海洋の短期予報への海洋の結合効果を調べる。

（副課題5）大気微量成分の監視予測技術と気象・気候影響に関する研究

化学輸送モデルについて、M1 課題等と連携して地球システムモデル（MRI-ESM3）を調整しつつ、大気化学統合モデル開発を行う。オゾン簡易スキームを開発し、本庁季節予測システムへの導入支

援を行う。領域化学輸送モデル等を用いて気象と大気微量成分の相互作用研究を行う。また、大気微量成分データ同化システムの精緻化のため、深層学習を用いたダウンスケーリングやオゾン代理モデル開発を行うほか、エアロゾルや温室効果ガスで新規衛星観測データを解析システムに導入する。

● 研究成果

(1) 令和6年度の成果概要

(全体)

CMIP7 実験に向けて地球システムモデルの改良・調整を行った。新しい大気境界層スキームを導入したことで、下層の比湿バイアスが顕著に低減した。深層生成モデルにより急潮の分類器を作成した。急潮の予測、海洋変動パターンの客観的な抽出に活用していく。気候変動のもとでも適切な同定が可能な親潮の解析手法を確立した。深層水形成の表現を向上させる海氷生成に関するスキーム（グリースアイススキーム）を海洋モデルに導入し、中深層に生じていた高温バイアスが解消した。海洋同化システムによる観測システムインパクト評価を各国機関と協力して行い、現場観測が台風発達に有効な貯熱量(TCHP)など海洋解析場の改善に有効であること等を明らかにした。日本海貯熱量の経年から十年変動の要因を調べ、黒潮続流が沿岸捕捉波を介して対馬暖流の流量および日本海貯熱量に影響を及ぼすことを明らかにした。陸面スキームにおいて植生被覆の格子内非一様性の表現を可能にする開発を行い、系統誤差を軽減し得ることを示し、地球システムモデルに導入したほか、現業化に向けた高速化・省資源化を検討している。また、積雪と地上気温の因果関係を明らかにし、現在のモデルは積雪による地上気温への影響を過小評価していることがわかった。オゾン簡易スキームを開発して成層圏の気温予測の精度の改善に寄与すると共に、次期季節予報システムへの導入支援を行った。AI ダウンスケーリングの研究結果を取りまとめ、論文として投稿した。

(副課題1) 短期から長期予測課題に応用可能な地球システムモデルの開発に関する研究

CMIP7 実験向けのMRI-ESM3.4の完成に向けて、モデル気候値を低減させる調整を進めた。大気モデルの物理パラメータを検討し、新しい大気境界層スキームであるEDMFを導入してモデルバイアスの顕著な低減を確認した。

(副課題2) 海洋予測技術の開発及び海洋現象の機構解明に関する研究

将来の現業業務等に資する海洋予測技術の開発に関して、短期予報における海洋結合のインパクト評価のため、本課題で開発した高解像度海洋モデルを現業季節予報システムCPS3に組み込んで再予報実験を行い、海面水温バイアスの改善や、大気気候場に現れる有意な影響を確認した(Hirahara et al. 2024)。また、AI利用を見据えて日本沿岸海況監視予測システム(以後MOVE-JPN)より室戸湾域をダウンスケールしたモデルに現れた急潮に対して深層生成モデルを用いて分類器を作成した。どのような急潮の発達パターンがあるかを示すことにより、初期の予兆を捉えることによる急潮の予測可能性を探ることに繋げていく。また、後述する海洋の顕著現象の客観的な同定にも応用可能である。

海洋モデルの安定性、利便性、精度および速度の向上に関して、海氷生成及びそれに伴い深層水形成に感度を持つグリースアイススキームを導入し、海洋モデル相互比較実験(OMIP)において中深層に生じていた高温バイアスを打ち消すほどの精度向上に繋がった。加えて中規模渦パラメタリゼーションの改良により安定性が向上した。また、モデルの高速化については、計算負荷の大きな高精度移流スキームの一部単精度化を行い全体で13%の高速化を果たした(Nakano et al. 2025)。

海洋熱波等の極端現象や長期変動の機構解明に関して、文科省「気候変動予測先端研究プログラ

ム」(先端プロ)の枠組みで黒潮続流を現実的に再現できる海洋モデルを用いての大アンサンブル実験を行った。また、日本付近の海況に重要な親潮の変動について、気候変動のもとでもより適切に同定する解析手法を確立した(Kawakami et al. 2025)。

(副課題3) 海洋及び大気海洋結合系のデータ同化に関する研究

衛星海面水温直接同化手法を全球システムに対応させるなどの開発を進めた。大気海洋結合同化システムによる短期再解析実験の検証を実施し、非結合の数値予報システムに対する下層気温の予測精度の向上などを確認した。海洋同化システムを用いた観測システムインパクト評価を各国機関と協力して行い、アルゴ、船舶などの現場観測が台風発達に有効な貯熱量(TCHP)など海洋解析場の改善に有効であることなどを明らかにした。また、日本海貯熱量の経年から十年規模の変動要因を調べ、黒潮続流が沿岸捕捉波を介して対馬暖流の流量および日本海貯熱量に影響を及ぼすことを明らかにした。

(副課題4) 週間から季節予報のための予測システム開発に関する研究

MRI-ESM3を使用した週間から季節予測システムの構築・開発と、オゾン、エアロゾル等の各要素の初期値作成を行い、予測実験を行った。また、オゾンモデル、エアロゾルモデルの高速化や、雷パラメタリゼーションの開発を行った。

陸面モデルにおいて、植生被覆の格子内非一様性の表現を可能にする開発を行い、系統誤差を軽減し得ることを示した。また、現業季節予測システムの湖モデルを改良して、中低緯度夏季の低温バイアスと北半球冬季の寒冷地域の対流圏下層高温気温バイアスの軽減を確認した。

Liang-Kleeman 情報フロー解析により積雪と地上気温の間の因果関係を明らかにし (Takaya et al. 2024)、現在のモデルは積雪による地上気温への影響を過小評価していることがわかった。農研機構との共同研究により、適応のためのモニタリングと予測を支援する、CPS2のダウンスケーリングデータと解析データとのハイブリッドデータを作成した(Iizumi et al. 2024)。また、情報量を用いた確率検証スコアおよび予測可能性の推定量に関する研究や、極端な高温に関連する研究を進めた。xz 2次元非静力学モデルの改良を行い、計算安定性と実行結果が改善した。

(副課題5) 大気微量成分の監視予測技術と気象・気候影響に関する研究

化学輸送モデルについて、M1 課題と連携しつつ、MRI-ESM3の化学輸送モデルに関わる部分の構築・調整を行った。大気化学統合モデル開発に向けた準備作業を実施した。他の副課題と連携して、開発したオゾン簡易スキームの次期季節予報システム CPS4 への導入支援を行った。これにより成層圏の気温予測の精度改善に寄与した。

オンライン領域化学輸送モデルを開発し、事例解析等を実施した。データ同化・応用技術に関して、深層学習を用いた移流拡散ダウンスケーリング手法に関する論文を投稿した。

他機関と連携しつつエアロゾルデータ同化システムの維持・改良等を実施した。二酸化炭素逆解析に新規衛星観測データ (OCO-2) のバイアスを評価した。

(2) 当初計画からの変更点(研究手法の変更点等)

全体、副課題共に特段の変更はなかった。(当初計画に沿って実施した。)

(3) 成果の他の研究への波及状況

(全体)

地球システムモデル(MRI-ESM2)は、文科省「気候変動予測先端研究プログラム」の地球温暖化

予測研究での大アンサンブル予測実験などに活用されている。海洋モデル及び海洋同化システムは、本庁の現業システムに導入されている。海洋に関し、深層生成モデルを用いた分類器の作成や新しい親潮同定手法は、気象庁及び文部科学省による気候予測データセットや日本の気候変動のレポート執筆に貢献する予定である。海洋同化手法や大気海洋結合同化の開発については、JRA-3Q の後継となる将来の長期再解析の品質向上に資する成果として、関係者に情報共有を行った。海洋同化システムの観測システム実験の結果は、気象庁観測船が貢献する海洋観測の重要性を示す資料として本庁に提供した。開発したオゾン簡易スキームは次期現業季節予測システム（CPS4）に導入され成層圏の気温の予測精度の改善に寄与した。また、CPS4 については、湖スキームの改良や、積雪、雲スキーム開発への助言も行うことにより、その開発に貢献した。植生の格子内非一様性効果導入は、MRI-ESM3 に採用され、モデルの精緻化（適切な地表面状態の表現）に貢献した。深層学習を用いた気象場ダウンスケーリング手法に関する研究により得られた知見を他研究部との共同研究等に結びつけると共に、本庁の AI 特命チーム等の議論などに貢献している。気象場との相互作用を考慮した領域化学輸送モデルの開発は P 課題の雲降水過程の精緻化等に波及している。

（副課題 1）短期から長期予測課題に応用可能な地球システムモデルの開発に関する研究

地球システムモデル（MRI-ESM2）は、文科省「気候変動予測先端研究プログラム」の地球温暖化予測研究での大アンサンブル予測実験などに活用されている。MRI-ESM3 は季節予報への導入が試みられている。

（副課題 2）海洋予測技術の開発及び海洋現象の機構解明に関する研究

本課題で開発している気象研究所共用海洋モデル（MRI.COM）は、本庁の現業システムの基盤となっているほか、モデル貸与の枠組みを通じて部外の研究機関にも活用されており、北海道大学、海洋研究開発機構、愛媛大学においてモデルを用いた論文執筆の実績がある。また、先端プロや科研費などの外部資金における研究、北海道大学や海洋研究開発機構等との共同研究においても広く使われている。

気候変動予測先端研究プログラムで作られた海洋の大アンサンブル予測、及び前述の分類器による同定や親潮同定手法は、気象庁及び文部科学省による気候予測データセット 2027（仮称）及びその解析として次期の日本の気候変動 2030（仮称）レポート執筆に貢献する予定である。

（副課題 3）海洋及び大気海洋結合系のデータ同化に関する研究

衛星海面水温直接同化手法と大気海洋結合同化の開発については、JRA-3Q の後継となる将来の長期再解析の品質向上に資する成果として、関係者に情報共有を行った。海洋同化システムの観測システム実験の結果は、気象庁観測船が貢献する海洋観測の重要性を示す資料として本庁に提供したほか、各国の共同研究者と共有する準備を進めており、今後様々な観点から観測インパクト評価の研究が進められる予定である。

（副課題 4）週間から季節予報のための予測システム開発に関する研究

湖モデルの改良や、積雪、雲スキーム開発への助言を行うことにより、次期現業季節予測システム（CPS4）の開発に貢献した。また、植生の格子内非一様性効果導入は、M1 課題の MRI-ESM3 開発に採用され、モデルの精緻化（適切な地表面状態の表現）に貢献した。

（副課題 5）大気微量成分の監視予測技術と気象・気候影響に関する研究

オゾン簡易スキームを導入した CPS4 は令和 7 年度末に現業化される予定である。深層学習を用

いた気象場ダウンスケーリング手法に関する研究により得られた知見を他研究部との共同研究等に結びつけると共に、本庁の AI 特命チーム等の議論などに貢献している。気象場との相互作用を考慮した領域化学輸送モデルの開発は P4 課題の雲降水過程の精緻化等に波及している。

(4) 事前・中間評価の結果の研究への反映状況

事前評価での指摘に対し、以下の通り進めている。古気候モデリングへの参加検討の指摘があったことに対し、筑波大学と共同で古気候に対応したモデル開発研究を行うことにした。AI や GPU 等を用いたモデルの高速化の模索への期待があったことに対応して、深層生成モデルを用いた分類器の作成やモデルスキームの一部単精度化、本庁数値予報課との協力のもとでの GPU 利用に取り組んだ。開発の結果の検証方法や海洋の役割の海洋観測との連携について指摘に対し、海洋同化システムの観測システム実験は、今後、大気海洋結合予測における海洋観測システムインパクト評価の研究へとつなげる計画である。台風や極端現象の週間・季節予測は挑戦的との指摘に対し、モデル開発と予測可能性評価の両面から予測改善を目指した研究を進めている。

● 今後の研究の進め方

(全体)

CMIP7 向けの地球システムモデルを確定させ、提出用の計算を実施する。海洋モデル等でのダウンスケーリングやオゾン代理モデルの開発など、AI の活用を進める。精度向上と信頼性向上に向けた海洋モデルの開発を行うとともに、さらなる高速化に取り組む。また、海洋モデルの開発成果等を海洋データ同化システムに反映させる。海洋長期再解析データを活用して海洋の長期変化や過去の事象に対するメカニズム研究を行う。地球システムモデルにより、オゾン・エアロゾル要素の週間・季節予報への影響評価を進める。地球システムモデルにおける大気微量成分の取扱を精緻化し、気候との相互作用をより高度に取り扱うため、大気微量気体をシームレスに扱うことのできる大気化学統合モデルの開発を進める。エアロゾルや温室効果ガスに関して新規衛星を導入した解析システムの開発を行う。

(副課題 1) 短期から長期予測課題に応用可能な地球システムモデルの開発に関する研究

CMIP7 向けのモデルを確定させ、本番計算を今後 2 年間で実施する。

(副課題 2) 海洋予測技術の開発及び海洋現象の機構解明に関する研究

AI の利用をすすめ、海洋モデルの力学的ダウンスケールを教師データとして AI によるダウンスケールに挑戦する。短期予報における海洋結合の影響については迷走台風等の事例を増やして更なる調査を進める。グリーンスアイスや中規模渦パラメタリゼーションの高度化によるモデルの精度向上を統合し、より信頼性が高い海洋モデルを CMIP7 計算に導入する。GPU 等を用いたモデルの高速化について、現在サブルーチン単位で行っている高速化を全体に拡張する。現在先端プロにて計算中の大アンサンブル実験の結果及び今回開発された同定手法を用いて海洋熱波等の顕著現象の抽出につなげる。

(副課題 3) 海洋及び大気海洋結合系のデータ同化に関する研究

海洋モデルの開発成果を海洋データ同化システムに反映するなど、引き続き他副課題と連携して研究を進める。海洋観測システムインパクト評価については各国の参加機関と引き続き協力して研究を進める。気候変動予測先端研究プログラムで実施した日本沿岸海洋監視予測システムによる 60 年再解析 (FORA-JPN60) の計算が完了し、今後このデータも活用して、海洋の長期変化や過去の事象に関するメカニズム研究を実施する予定である。

(副課題4) 週間から季節予報のための予測システム開発に関する研究

MRI-ESM3により、オゾン・エアロゾル要素を含むモデルでの予測実験を行い、予測への影響評価を進める。また、予測改善に向けて、モデル開発と予測可能性の評価を進める。

(副課題5) 大気微量成分の監視予測技術と気象・気候影響に関する研究

当初の計画通り、M1 課題が実施する MRI-ESM3 を用いた CMIP7 等の実験に協力すると共に、地球システムモデルにおける大気微量成分の取扱を精緻化し、気候との相互作用をより高度に取り扱うことと、モデル管理のコスト低減のために、オゾンモデルとエアロゾルモデルを統合した大気化学モデルの開発を進める。領域化学輸送モデルに関しては気象との相互作用等に関する成果を取り纏める。深層学習を用いた AI オゾンモデルの開発を行うとともに、エアロゾルや温室効果ガスに関して新規衛星を導入した解析システムの開発を行う。

● 研究成果リスト

(1) 査読論文：34 件

1. Ishii, M., A. Nishimura, S. Yasui, and S. Hirahara,, 2025: Historical high-resolution daily SST analysis (COBE-SST3) with consistency to monthly land surface air temperature.. Journal of the Meteorological Society of Japan, 103.
2. Marshall, L. R., Schmidt, A., Schurer, A. P., Abraham, N. L., Lücke, L. J., Wilson, R., Anchukaitis, K. J., Hegerl, G. C., Johnson, B., Otto-Bliesner, B. L., Brady, E. C., Khodri, M., and Yoshida, K., 2025: Last-millennium volcanic forcing and climate response using SO2 emissions. Climate of the Past, 21, 161-184.
3. Tsushima, A., N. Esashi, S. Matoba, Y. Iizuka, R. Uemura, K. Adachi, T. Kinase, M. Hirabayashi, K. Kawakami, R. B. Kayastha, and K. Fujita, 2025: Contrasting responses of ion concentration variations to atmospheric patterns in central Himalayan ice cores. Journal of Geophysical Research Atmosphere, 130.
4. Nakano, H., S. Urakawa, K. Aoki, Y. Kawakami, and S. Hirahara, 2025: On the speeding up and accuracy of the Second Order Moment (SOM) advection scheme using a mixed-precision method. Ocean Modelling, 194, 102495.
5. Hirahara, S., M. Deushi, K. Yoshida, M. Ishii, T. Sakazaki and H. Naoe, 2025: Surface-Pressure Semi-diurnal Tides and the Stratospheric Quasi-Biennial Oscillation: Synchronization and Disruption. Journal of Geophysical Research Atmosphere, 130, e2024JD042710.
6. Nishikawa, S., T. Sugiyama, M. Kurogi, H. Tsujino, H. Nakano, and Y. Ishikawa, 2024: Development of a high-resolution ocean ensemble future projection dataset for the North Pacific incorporating simple biogeochemical processes. Progress in Earth and Planetary Science, 11, 67.
7. Sugimoto, S., A. Kojima, T. Sakamoto, Y. Kawakami, and H. Nakano, 2024: Influence of Extreme Northward Meandered Kuroshio Extension during 2023–2024 on Ocean-Atmosphere Conditions in the Sanriku offshore region, Japan. Journal of Oceanography. (in press)
8. Ishikawa, I., Y. Fujii, E. De Boisseson, Y. Wang, and H. Zuo, 2024: Evaluation of the effects of Argo data quality control on global ocean data assimilation systems. Frontiers in Marine

- Science, 11.
9. Fujii, Y., E. Remy, M. A. Balmaseda, S. Kido, J. Water, K. A. Peterson, I. Ishikawa et al., 2024: The international multi-system OSEs/OSSEs by the UN Ocean Decade Project SynObs and its early results. *Frontiers in Marine Science*, 11, 1476131.
 10. Sato, T., S. Shibata, K. Murata, N. Usui, H. Shiobara, T. Yamada, and M. Shinohara, 2024: Estimating Vertical Movement and Slip Distribution During the 2018 Boso, Japan, Slow Slip Event From Ocean Bottom Pressure Gauge Data and an Oceanic Model. *Geophysical Research Letters*.
 11. Kawai, H., T. Koshiro, and S. Yukimoto, 2024: Vertical Profile Analysis of Cloud Feedbacks. *Journal of Geophysical Research Atmosphere*, 129.
 12. Adachi, K., J.E. Dibb, J.M. Katich, J.P. Schwarz, H. Guo, P. Campuzano-Jost, J.L. Jimenez, J. Peischl, C.D. Holmes, and J. Crawford, 2024: Occurrence, abundance, and formation of atmospheric tarballs from a wide range of wildfires in the western US. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 24, 10985.
 13. Bernier, N.B., M. Hemer, N. Mori, C. M. Appendini, O. Breivik, R. de Camargo, M. Casas-Prat, Trang Minh Duong, I. D. Haigh, T. Howard, V. Hernaman, O. Huizy, J. L. Irish, E. Kirezci, N. Kohno, J.-W. Lee, K. L. McInnes, E. M.I. Meyer, M. Marcos, R. Mars, 2024: Storm surges and extreme sea levels: Review, establishment of model intercomparison and coordination of surge climate projection efforts (SurgeMIP). *Weather and Climate Extremes*, 45, 100689.
 14. Murakami, H., W. F. Cooke, R. Mizuta, H. Endo, K. Yoshida, S. Wang, and P. Hsu, 2024: Robust future projections of global spatial distribution of major tropical cyclones and sea level pressure gradients. *Communications Earth & Environment*.
 15. Noda, A. T., N. Hirota, T. Koshiro, and H. Kawai, 2024: Robustness of the relationship between tropical high-cloud cover and large-scale circulations. *Climate Dynamics*.
 16. Moteki, N., and K. Adachi, 2024: Measuring the polarized complex forward-scattering amplitudes of single particles in unbounded fluid flow: CAS-v2 protocol. *Optics Express*, 32, 36500.
 17. Tobo, Y., K. Adachi, K. Kawai, H. Matsui, S. Ohata, N. Oshima, Y. Kondo, O. Hermansen, M. Uchida, J. Inoue, and M. Koike, 2024: Surface warming in Svalbard may have led to increases in highly active ice-nucleating particles. *Communications Earth & Environment*, 5, 516.
 18. Johnson, G. C., J. M. Lyman, T. Boyer, L. Cheng, D. Giglio, J. Gilson, M. Ishii, R. E. Killick, M. Kuusela, R. Locarnini, A. Mishonov, M. Oe, S. G. Purkey, J. Reagan, K. Sato, and T. Sukianto, 2024: Ocean heat content – State of the Climate in 2023. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 105, S169-S172.
 19. Yoshida, A., Y. Tobo, K. Adachi, N. Moteki, Y. Kawai, K. Sasaoka, and M. Koike, 2024: Analysis of oceanic suspended particulate matter in the western North Pacific using the complex amplitude sensor. *Scientific Reports*, 14, 20055.
 20. Lott, F., R. Rani, C. McLandress, A. Podglajen, A. Bushell, M. Bramberger, H. Naoe, K. Yoshida et al., 2024: Comparison between non-orographic gravity-wave parameterizations used in QBOi models and Strateole 2 constant-level balloons. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*.
 21. Beeler, P., J. Kumar, J. Schwarz, K. Adachi, L. Fierce, A. E Perring, J. Katich, and R.

- Chakrabarty, 2024: Light absorption enhancement of black carbon in a pyrocumulonimbus cloud. *Nature Communications*, 15, 6243.
22. Kalisoras, A., Georgoulas, A. K., Akritidis, D., Allen, R. J., Naik, V., Kuo, C., Szopa, S., Nabat, P., Olivié, D., van Noije, T., Le Sager, P., Neubauer, D., Oshima, N., Mulcahy, J., Horowitz, L. W., and Zanis, P., 2024: Decomposing the effective radiative forcing of anthropogenic aerosols based on CMIP6 Earth system models. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 24, 7837-7872.
 23. Arpit Malik, Shankar G. Aggarwal, Yutaka Kondo, Baban Kumar, Prashant Patel, Puna Ram Sinha, Naga Oshima, Sho Ohata, Tatsuhiko Mori, Makoto Koike, Khem Singh, Daya Soni, Akinori Takami, 2024: Source contribution of black carbon aerosol during 2020–2022 at an urban site in Indo-Gangetic Plain. *Science of Total Environment*, 934, 173039.
 24. Ren, F., Lin, J., Xu, C., Adeniran, J. A., Wang, J., Martin, R. V., van Donkelaar, A., Hammer, M. S., Horowitz, L. W., Turnock, S. T., Oshima, N., Zhang, J., Bauer, S., Tsigaridis, K., Seland, Ø., Nabat, P., Neubauer, D., Strand, G., van Noije, T., et al., 2024: Evaluation of CMIP6 model simulations of PM_{2.5} and its components over China. *Geoscientific Model Development*, 17, 4821-4836.
 25. Kawakami, Y., H. Nakano, L. S. Urakawa, T. Toyoda, K. Aoki, N. Hirose, and N. Usui, 2024: Temporal changes of the Oyashio water distribution east of Japan under the changing climate: development of an objective evaluation method and its application. *Journal of Oceanography*.
 26. Pereira Freitas, G., B. Kopec, K. Adachi, R. Krejci, D. Heslin-Rees, K.E. Yttri, A. Hubbard, J.M. Welker, and P. Zieger, 2024: Contribution of fluorescent primary biological aerosol particles to low-level Arctic cloud residuals. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 24, 5479-5494.
 27. Hirahara, S., I. Ishikawa, Y. Fujii, H. Nakano, H. Tsujino, Y. Adachi and H. Naoe, 2024: Tropospheric and stratospheric boreal winter jet response to eddying ocean in a seasonal forecast system. *Journal of Geophysical Research Atmosphere*.
 28. Yamaguchi, M., N. Usui, and N. Hirose, 2024: Typhoon Intensity Forecasts using TIFS with Pseudo Ocean Coupling. *SOLA*, 20, 86-91. (in press)
 29. Zhang, Y., Y. Takaya, et al., 2024: Near-global summer circulation response to the spring surface temperature anomaly in Tibetan Plateau — the GEWEX/LS4P first phase experiment. *Climate Dynamics*, 62, 2907-2924.
 30. Wu, B., H. Aiki, T. Toyoda, T. Ogata, and M. Nagura, 2025: Energy circulation associated with interannual waves in the tropical-subtropical Pacific. *Climate Dynamics*, 63, 84.
 31. Xu, H., Y. Matsumura, R. Yamashita, H. Nakano, and S. Ito, 2025: Heterogeneous seafloor deposition of heavy microplastics in the North Pacific estimated over 65 years. *Marine Pollution Bulletin*.
 32. Obata, A., H. Tsujino, 2024: Earth system model's capability of predicting drought-induced crop failure. *Environmental Earth Sciences*, 83, 417.
 33. Ishii, M., H. Kamahori, H. Kubota, M. Zaiki, R. Mizuta, H. Kawase, M. Nosaka, H. Yoshimura, N. Oshima, E. Shindo, H. Koyama, M. Mori, S. Hirahara, Y. Imada, K. Yoshida, T. Nozawa, T. Takemi, T. Maki, and A. Nishimura, 2024: Global Historical Reanalysis with a 60-km AGCM and Surface Pressure Observations: OCADA. *Journal of Meteorological Society*

of Japan, 102, 209-240.

(2) 査読論文以外の著作物（翻訳、著書、解説等）：6 件

1. Forster, P. M. et al. (他 58 名), 2024: Indicators of Global Climate Change 2023: annual update of key indicators of the state of the climate system and human influence. *Earth System Science Data*, 16, 2625-2658.
2. Stammer, D., Y. Fujii et al., 2024: Earth System Reanalysis in Support of Climate Model Improvements. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 105, E1399-E1406.
3. 豊田隆寛, 広瀬成章, 坂本圭, 中野英之, 浦川昇吾, 川上雄真, 青木邦弘, 山上晃央, 牛島悠介, 碓氷典久, 山中吾郎, 中山智治, 印貞治, 久慈智幸, 小藤久毅, 田中潔, 2025: 津軽暖流の季節モードの形成過程について. 月刊海洋. (in press)
4. 山田広大, 笹野大輔, 中野英之, 川上雄真, 2025: 北西太平洋における海洋中の貧酸素化の将来予測と変化要因. 月刊海洋. (in press)
5. 川上雄真, 中野英之, 浦川昇吾, 豊田隆寛, 青木邦弘, 広瀬成章, 碓氷典久, 2025: 日本近海における親潮水分布の長期変化. 月刊海洋. (in press)
6. 石井正好, 2024: 書評「地球温暖化はなぜ起こるのか気候モデルで探る 過去・現在・未来の地球」真鍋 淑郎・アンソニー=J=ブロッコリー 著, 増田耕一・阿部彩子 監訳, 宮本寿代 訳. *天気*, 71, 516.

(3) 学会等発表：106 件

ア. 口頭発表：74 件

(国際的な会議・学会等：33 件)

1. Fujii, Y., C. Kobayashi, T. Ishibashi, and I. Ishikawa, SST-Precipitation relationship represented by the JMA coupled atmosphere-ocean data assimilation systems, Internal online workshop on Advances in coupled air-ice-ocean data assimilation into Earth system models, 2025 年 2 月, オンライン, オンライン
2. Veyssière, G., D. Nomura, T. Tanikawa, T. Toyota, T. Toyoda, H. Enomoto, and J. Wilkinson, Understanding the impact of predicted changes in sea ice on the under-ice lightscape within the Sea of Okhotsk, The 39th International Symposium on the Okhotsk Sea & Polar Oceans 2025, 2025 年 2 月, 紋別市
3. Yamagami, A., T. Toyoda, and J. Inoue, Verification of temperature forecasts by observations during an Arctic cruise of the R/V Mirai in November 2018 and analysis of positive error cases around the marginal ice zone, The 39th International Symposium on the Okhotsk Sea & Polar Oceans 2025, 2025 年 2 月, 紋別市
4. Toyoda, T., L. S. Urakawa, K. Sakamoto, Y. Kawakami, K. Aoki, H. Nakano, Y. Takaya, K. Toyama, N. Kosugi, Y. Kitamura, and M. Ishii, Sensitivity of the Arctic sea ice representation to the ice thickness category resolution in an OGCM, The 39th International Symposium on the Okhotsk Sea & Polar Oceans 2025, 2025 年 2 月, 紋別市
5. Maki, T, Recent DSS monitoring and modeling activities from JMA, The 17th meeting of Working Group I for Joint Research on Dust and Sand Storms, 2025 年 1 月, 新潟市
6. Kawai, H., K. Yoshida, T. Koshiro, and S. Yukimoto, What determines climate model performance? Physics or ...?, Climate Hotpots in Action (CHiA) webinar, 2025 年 1 月, 台湾, オンライン

7. Mylne, K. R., D. S. Richardson, H. Kabelwa, Y. Takaya, S. Landman, A. Kumar, C. Coelho, W.-K. Wong, F. Engelbrecht, J. Keller, and Y. Honda, The WMO WIPPS Weather Forecast Data Supporting Early Warnings For ALL, 105th American Meteorological Society Annual Meeting, 2025 年 1 月, アメリカ, ニューオーリンズ
8. Kido, S., Y. Fujii, I. Ishikawa, Y. Miyazawa, E. Remy, and J. Water, Preliminary results of SynObs Flagship OSEs-Assessments on impact of satellite altimetry versus Argo profiles-, OceanPredict'24, 2024 年 11 月, フランス, パリ
9. Takaya, Y., K. Komatsu, N. G. Ganeshi, T. Toyoda, and H. Hasumi, A sub-monthly timescale causality between snow cover and surface air temperature in the Northern Hemisphere inferred by Liang-Kleeman information flow analysis, Asian Conference on Meteorology 2024, 2024 年 11 月, Japan, Tsukuba
10. Yoshida, T., Y. Fujii, M. Sumitomo, and I. Ishikawa, Development of the Four-Dimensional Variational Global Ocean Data Assimilation System for Coupled Predictions in Japan Meteorological Agency, OceanPredict'24, 2024 年 11 月, フランス, パリ
11. Fujii, Y., and E. Remy, Past achievements and ongoing efforts of observing system evaluation by the OceanPredict community, OceanPredict'24, 2024 年 11 月, フランス, パリ
12. Kawakami, Y., Ocean current changes in the western North Pacific, The International Kuroshio Science Symposium for a linkage with society, 2024 年 11 月, 仙台
13. 大島長, 相澤拓郎, 行本誠史, 地球システムモデルにより探る人為起源物質の北極気候・環境への影響, 日本気象学会 2024 年度秋季大会極域・寒冷域研究連絡会, 2024 年 11 月, 茨城県つくば市
14. Yoshida, T., Y. Fujii, M. Sumitomo, and H. Sugimoto, Development of a Quarter-Degree 4D-Var Reanalysis of Global Ocean (MOVE/MRI.COM-G4), 6th WCRP International Conference on Reanalysis, 2024 年 10 月, 東京
15. Stammer, D., D. Amrhein, M. A. Balmaseda, M. Bonavita, F. Counillon, I. Fenty, Y. Fujii, et al., Improving climate models and projections using observations., 6th WCRP International Conference on Reanalysis, 2024 年 10 月, 東京
16. Fujii, Y. C. Kobayashi, T. Ishibashi, and I. Ishikawa, 1-year analysis test of the latest JMA's Coupled Atmosphere-Ocean reanalysis system based on separated atmosphere and ocean 4D-Vars, 6th WCRP International Conference on Reanalysis, 2024 年 10 月, 東京
17. 渡辺泰士, 出牛真, 行本誠史, 足立恭将, 保坂征宏, 辻野博之, Trend and variability of the land carbon cycle simulated by the MRI-LPJ dynamical global vegetation model, iLEAPS-Japan 研究集会 2024 「大気ー陸域プロセス研究の進展: 観測とモデルによる統合的理解」, 2024 年 9 月, 愛知
18. Naga Oshima, Makoto Deushi, Seiji Yukimoto, Takashi Maki, and MRI-ESM team, Impact of aerosols on climate using MRI-ESM2 and development of a new MRI-ESM3, 世界気象機関 (WMO) 砂塵嵐警戒評価システム (SDS-WAS) 第 10 回アジア地区運営グループ (RSG) 会合及び国際砂塵・エロゾルワークショップ, 2024 年 9 月, India, New Delhi
19. Maki, T., T. T. Sekiyama, N. Oshima, Y. Nagai, M. Kajino, K. Yumimoto, and A. Shimizu, Current projects and activities in Japan, 10th SDS-WAS Asian node RSG meeting, 2024 年 9 月, India, New Delhi
20. Adachi, K., Individual aerosol particles from wildfires: transmission electron microscopy analysis revealing tarball, ash, and potassium-salt particles, 2024 iCACGP-IGAC Science

- Conference, 2024 年 9 月, マレーシア, Kuala Lumpur
21. Fujii, Y., T. Yoshida, M. Sumitomo, and I. Ishikawa, Development of Four-Dimensional Variational Global Ocean Data Assimilation System for Coupled Predictions in Japan Meteorological Agency, NOAA's S2S Application Workshop, 2024 年 9 月, アメリカ, カリッジパーク
 22. Kohno, N., Tropical Cyclone and Storm Surge Forecasting method, Training workshop on Ocean Observations for weather Forecast and Climate Prediction, 2024 年 8 月, インドネシア, Bogor
 23. Mizuta, R., Y. Ushijima, K. Yoshida, H. Endo, and H. Tsujino, High-Resolution Large Ensemble Simulation with an Ocean-Assimilated Climate Model, GEWEX Open Science Conference, 2024 年 7 月, 札幌
 24. Takaya, Y., K. Komatsu, N. Ganeshi, T. Toyoda, H. Hasumi, Influence of snow cover over Eurasia on surface air temperature variability and its impact on subseasonal prediction, GEWEX Open Science Conference, 2024 年 7 月, 札幌
 25. Yoshida, K., Imada, Y., Mizuta, R., and Ushijima, Y., Large ensembles unveil quantitative impact of ENSO and QBO on Northern Hemisphere stratosphere-troposphere coupling, 22nd Conference on Middle Atmosphere, 2024 年 6 月, 米国, バーリントン
 26. Adachi, K., Physical States of Aerosol Particles Revealed by Transmission Electron Microscopy, AOGS2024 21st annual meeting, 2024 年 6 月, Korea, Pyeongchang
 27. Kido, S., Y. Fujii, I. Ishikawa, Y. Miyazawa, E. Remy, D. Peterson, et al., Preliminary results of SynObs flagship Observing System Experiments, 14th International Workshop on Modeling the Ocean 2024, 2024 年 6 月, 札幌市
 28. Yamaguchi, M., N. Usui, and N. Hirose, Typhoon Intensity Forecasts using TIFS with Pseudo Ocean Coupling, JpGU meeting 2024, 2024 年 5 月, 千葉市
 29. Balmaseda, M., Y. Fujii, Y. Takaya, et al., Impact of Ocean observations in S2S forecasts: results from ECMWF and the wider OSES for S2S initiative, 8th WMO Workshop on the Impact of Various Observing Systems on NWP, 2024 年 5 月, Sweden, Norrköping
 30. Kunihiro Aoki, Hideyuki Nakano, Kei Sakamoto, Nariaki Hirose, Norihisa Usui, Takahiro Toyoda, Shogo Urakawa, Yuma Kawakami, Applying variational auto encoder to classify Kyucho event in coastal ocean, JpGU meeting 2024, 2024 年 5 月, 千葉県千葉市&オンライン
 31. Yasuto Watanabe, Makoto Deushi, Kohei Yoshida, Ryouta O'ishi, Ayako Abe-Ouchi, Land carbon cycle and vegetation distributions in the preindustrial, mid-Holocene, and last interglacial conditions, JpGU meeting 2024, 2024 年 5 月, 千葉県千葉市
 32. Fujii, Y., Balmaseda, M., Hackert, E., Ishikawa, I, Kido, S., Remy, E., Wang, Y., Waters, J., Zhu, J., and Zuo, H., Past achievements and ongoing efforts of ocean in situ data evaluation made by the international ocean and S2S prediction community, 8th WMO Workshop on the Impact of Various Observing Systems on NWP, 2024 年 5 月, Sweden, Norrköping
 33. Fujii, Y., I. Ishikawa, and S. Hirahara, Early results of OSEs conducted for the SynObs international multi-system OSE effort using an Japanese operational system, EGU2024, 2024 年 4 月, オーストラリア, ウィーン

(国内の会議・学会等：41 件)

1. 大島長, 気象研究所地球システムモデルを用いた北極気候研究と今後の研究計画, ArCS II 雪氷

課題 2024 年度成果報告会, 2024 年 12 月, 札幌

2. 渡辺泰士, 吉田康平, 出牛真, 後期完新世の気候と大気オゾンの変化, 第 10 回地球環境史学会年会, 2024 年 11 月, 東京都立川市
3. 高槻 靖, 異常気象の監視や解析・予測に用いられる技術の最新動向, プロジェクトマネジメント学会九州支部 2024 秋季セミナー, 2024 年 11 月, 福岡県福岡市
4. 足立恭将, 久保勇太郎, 平原翔二, 越智健太, 千葉丈太郎, 植生区分の格子内非一様性の季節予測モデルへの適用, 日本気象学会 2024 年度秋季大会, 2024 年 11 月, つくば市
5. 足立恭将, 出牛真, 浦川昇吾, 吉村裕正, 行本誠史, 吉田康平, 川合秀明, 気象研究所地球システムモデルにおける地表面熱収支問題, 日本気象学会 2024 年度秋季大会, 2024 年 11 月, つくば市
6. 出牛真, 浦川昇吾, 新藤永樹, 吉村裕正, 行本誠史, 渡辺泰士, 足立恭将, 庭野匡思, 中野英之, 豊田隆寛, 吉田康平, 長澤亮二, 神代剛, 川合秀明, 大島長, 安井良輔, 辻野博之, 水田亮, 平原翔二, 保坂征宏, 石井正好, 全球から地域スケールの気候変動の再現と予測のための新 MRI-ESM の開発 (第二報), 日本気象学会 2024 年秋季大会, 2024 年 11 月, つくば市
7. 梶野瑞王, 石島健太郎, Joseph Ching, 山地一代, 石川里桜, 梶川友貴, 児島功洋, Tanbir Singh, 中山智喜, 松見豊, Prabir K. Patra, 林田佐智子, 北インドのポストモンスーン期の稲わら残渣焼却による PM2.5 濃度への影響: 高密度地上観測による排出量最適化, 日本気象学会 2024 年秋季大会, 2024 年 11 月, つくば
8. 眞木貴史, 中村貴, 独立逆解析を用いた軌道上炭素観測衛星 2 号機 (OCO-2) のバイアス評価, 日本気象学会 2024 年秋季大会, 2024 年 11 月, つくば
9. 高谷祐平, 小松謙介, Naresh Govind Ganeshi, 豊田隆寛, 羽角博康, Liang-Kleeman information flow 解析による積雪影響の解析, 2024 年日本気象学会秋季大会, 2024 年 11 月, 茨城県つくば市
10. 水田亮, 牛島悠介, 遠藤洋和, 吉田康平, 川合秀明, 行本誠史, 吉村裕正, 辻野博之, 海洋を同化した全球 60km モデルによる 21 世紀末までの大規模アンサンブル実験, 日本気象学会 2024 年度秋季大会, 2024 年 11 月, つくば市
11. 浦川昇吾, MOVE-JPN システムによる日本沿岸海洋生態系に対する河川由来栄養塩の影響評価, 2024 年度水圏生態系モデリングシンポジウム, 2024 年 11 月, 柏市
12. 川合秀明, 出牛真, 吉村裕正, 神代剛, 行本誠史, 長澤亮二, 新藤永樹, 吉田康平, 足立恭将, 大島長, 水田亮, 浦川昇吾, 平原翔二, 庭野匡思, 渡辺泰士, 保坂征宏, 石井正好, 地球システムモデルにおける大気モデルの入れ替え, 日本気象学会 2024 年秋季大会, 2024 年 11 月, つくば市
13. 平原翔二, 出牛真, 吉田康平, 石井正好, 直江寛明, 菅原一貴, 坂崎貴俊, 地上気圧に見られる半日周期大気潮汐と 成層圏準 2 年周期振動の同期と乱れ (第 2 報), 2024 年日本気象学会秋季大会, 2024 年 11 月, 茨城県つくば市
14. 石橋俊之, 藤井陽介, 石川一郎, 小林ちあき, 高解像度全球大気海洋結合同化による大気海洋結合系の状態推定, 日本気象学会 2024 年秋季大会, 2024 年 11 月, つくば市
15. 渡辺泰士, 出牛真, 吉田康平, MRI-ESM2.0 による過去の温暖な間氷期の古気候シミュレーション, 2024 年日本気象学会秋季大会, 2024 年 11 月, 茨城県つくば市
16. 浦川昇吾, 坂本圭, 広瀬成章, 碓氷典久, 辻野博之, 中野英之, 牛島悠介, 豊田隆寛, 川上雄真, 青木邦弘, 平原翔二, MOVE-JPN family を用いた日本近海モデリングとその将来展望, 海洋理工学会 30 周年記念大会, 2024 年 10 月, 東京
17. 川合秀明, 地球温暖化をどうやって予測するか?, 出前授業 (東京都立戸山高等学校 SSH 地学クラス), 2024 年 10 月, 新宿

- 18.川上雄真, 寒候期の大気強制がコントロールする黒潮流量の変動, 海洋顕著現象ワーキンググループ オンラインセミナー, 2024 年 10 月, オンライン
- 19.眞木貴史, 中村貴, 衛星観測二酸化炭素観測データの特徴について, 第 29 回大気化学討論会, 2024 年 10 月, 兵庫県神戸市
- 20.碓氷典久, 広瀬成章, 川上雄真, 2022 年秋以降の黒潮続流の異常北偏について, 日本海洋学会 2024 年度秋季大会, 2024 年 9 月, 東京
- 21.下仲雄大, 和川拓, 中江美里, 佐久間啓, 広瀬成章, 平井惇也, 乙坂重嘉, 高橋一生, 児玉武稔, 日本海深層への有機物沈降に対する一次生産者の寄与の季節性, 日本海洋学会 2024 年度秋季大会, 2024 年 9 月, 東京
- 22.浦川昇吾, 豊田隆寛, 坂本圭, 中野英之, 川上雄真, 青木邦弘, 平原翔二, Grease ice scheme が中深層循環の再現性に与える影響, 日本海洋学会 2024 年度秋季大会, 2024 年 9 月, 東京
- 23.木戸 晶一郎, 藤井 陽介, 石川 一郎, 宮澤 泰正, 各種観測が海洋予測にもたらすインパクトの系統的評価に向けた SynObs によるマルチシステム実験の紹介, 日本海洋学会 2024 年度秋季大会, 2024 年 9 月, 東京
- 24.広瀬成章, 碓氷典久, 青木邦弘, 中野英之, 石川一郎, 2013 年 10 月末に発生した室戸岬東部の急潮に対する海洋観測データのインパクト, 日本海洋学会 2024 年度秋季大会, 2024 年 9 月, 東京
- 25.豊田隆寛, 広瀬成章, 坂本圭, 中野英之, 浦川昇吾, 川上雄真, 青木邦弘, 山上晃央, 牛島悠介, 碓氷典久, 山中吾郎, 中山智治, 印貞治, 久慈智幸, 小藤久毅, 田中潔, 津軽暖流の季節モードの形成過程について, 日本海洋学会 2024 年度秋季大会, 2024 年 9 月, 東京
- 26.伏見理子, 田村沙織, 田村聖花, 脇敬太郎, 池田りえ, 塩崎拓平, デュランゴメスグロリアシルバナ, 長井建容, 小橋史明, 川上雄真, 橋濱史典, 西部北太平洋亜熱帯循環における有光層への窒素・リン水平供給の評価, 日本海洋学会 2024 年度秋季大会, 2024 年 9 月, 東京
- 27.山田広大, 笹野大輔, 中野英之, 川上雄真, 北西太平洋亜熱帯域における海洋中の貧酸素化の将来予測と変化要因, 日本海洋学会 2024 年度秋季大会, 2024 年 9 月, 東京
- 28.川上雄真, 中野英之, 浦川昇吾, 豊田隆寛, 青木邦弘, 碓氷典久, 杉本周作, 北西太平洋の海流変動と海洋熱波, 日本海洋学会 2024 年度秋季大会, 2024 年 9 月, 東京
- 29.青木邦弘, 中野英之, 広瀬成章, 碓氷典久, 坂本圭, 豊田隆寛, 浦川昇吾, 川上雄真, 深層生成モデルを用いた急潮の分類, 日本周辺海域における環境急変現象(急潮)のメカニズム解明および防災に関する研究集会, 2024 年 9 月, 福岡県春日市
- 30.豊田隆寛, 広瀬成章, 坂本圭, 中野英之, 浦川昇吾, 川上雄真, 青木邦弘, 山上晃央, 牛島悠介, 碓氷典久, 山中吾郎, 中山智治, 印貞治, 久慈智幸, 小藤久毅, 田中潔, 津軽暖流の季節モードの形成過程について, 「北太平洋の変動と極端現象」(大槌シンポジウム海洋パート), 2024 年 8 月, 岩手県大槌町
- 31.渡辺泰士, 完新世の気温復元に関するモデルとデータの齟齬, 東京大学大気海洋研究所共同利用研究集会 古気候研究におけるプロキシとモデルの融合, 2024 年 8 月, 柏
- 32.川上雄真, 北太平洋の変動と極端現象, 2024 年度大槌シンポジウム: 北太平洋の変動と極端現象, 2024 年 8 月, 大槌町
- 33.碓氷典久, 広瀬成章, 日本海貯熱量の経年から十年規模変動: 対馬暖流の役割と黒潮続流との関係, 研究集会「環オホーツク陸海結合システムの冠動脈: 対馬暖流系の物質循環」, 2024 年 7 月, 札幌市
- 34.広瀬成章, 碓氷典久, 坂本圭, 浅井博明, 西川史朗, 五十嵐弘道, 中野英之, 石川 洋一, 日本近海海洋長期再解析 (FORA-JPN60) における日本海海峡通過流量, 研究集会「環オホーツク陸

海結合システムの冠動脈：対馬暖流系の物質循環」, 2024 年 7 月, 札幌市

35. 大島長, 気象研究所地球システムモデルを用いた北極気候研究と今後の連携, ArCSII 第 5 回全体会合, 2024 年 6 月, 札幌
36. 広瀬成章, 碓氷典久, 坂本圭, 浅井博明, 西川史朗, 五十嵐弘道, 中野英之, 石川 洋一, 日本近海海洋長期再解析 (FORA-JPN60) の概要と初期検証結果, JpGU meeting 2024, 2024 年 5 月, 千葉県千葉市
37. 木戸晶一郎, 藤井陽介, 宮澤 泰正, 石川 一郎, 国連海洋科学 10 年 SynObs による観測インパクト実験の概要および早期の結果について, JpGU meeting 2024, 2024 年 5 月, 千葉県千葉市
38. 足立恭将, 須藤康平, 吉村裕正, 渡辺泰士, 植生区分の格子内非一様性の影響, 日本気象学会 2024 年度春季大会, 2024 年 5 月, オンライン
39. 平原翔二, 石川一郎, 藤井陽介, 中野英之, 辻野博之, 足立恭将, 直江寛明, 高解像度海洋モデルに対する対流圏および成層圏の冬季ジェット気流の応答, 日本気象学会 2024 年春季大会, 2024 年 5 月, オンライン
40. 川合秀明, 水田亮, 地球システムモデルの雲量の水平解像度依存, 日本気象学会 2024 年度春季大会, 2024 年 5 月, オンライン
41. 小林ちあき, 前田修平, 2023 年全球平均気温の推移と季節予測可能性, 日本気象学会 2024 年度春季大会, 2024 年 5 月, オンライン

イ. ポスター発表 : 32 件

(国際的な会議・学会等 : 24 件)

1. Fujii, Y., S. Kido, M. Balmaseda, W. Kessler, A. Subramanian, B. Dewitte, and other SynObs members, Evaluation of the tropical ocean observing system through SynObs international multi-system OSEs, Wyrcki Symposium, 2025 年 3 月, 米国, ホノルル
2. Ochi, K., Y. Adachi, J. Chiba, S. Hirahara, Y. Kubo, N. Ganeshi, and Y. Takaya, A Revised Snow Scheme and Its Performance in the Next Seasonal Prediction System at JMA (CPS4), 105th American Meteorological Society Annual Meeting, 2025 年 1 月, アメリカ, ニューオーリンズ
3. Sumitomo, M., T. Yoshida, and Y. Fujii, Development of a new 4DVAR Global Ocean Data Assimilation System (MOVE/MRI.COM-G4) and a new bias correction scheme in the Japan Meteorological Agency., 105th American Meteorological Society Annual Meeting, 2025 年 1 月, アメリカ, ニューオーリンズ
4. Takaya, Y., K. K. Komatsu, N. Ganeshi, T. Toyoda, and H. Hasumi, Influence of snow on surface air temperature in the Northern Hemisphere and its impact on subseasonal prediction, 105th American Meteorological Society Annual Meeting, 2025 年 1 月, アメリカ, ニューオーリンズ
5. Usui, N., N. Hirose, K. Sakamoto, H. Asai, S. Nishikawa, H. Igarashi, H. Nakano, and Y. Ishikawa, Four-dimensional Ocean ReAnalysis for the seas around Japan over 60 years (FORA-JPN60), OceanPredict'24, 2024 年 11 月, フランス, パリ
6. Hirose, H., N. Usui, H. Asai, Y. Kawakami, and I. Ishikawa, Response to wind forcing around the Japanese coast represented by operational coastal system in JMA, OceanPredict'24, 2024 年 11 月, フランス, パリ
7. Naoe, H., J. L. Garcia-Franco, C.-H. Park, M. Rodrigo, F. M. Palmeiro, F. Serva, M. Taguchi, J. Garcia-Serrano, J. Aanstey, K. Yoshida, Teleconnections of the quasi-biennial oscillation

- in multi-model QBOi-ENSO simulations, The 4th Asian Conference on Meteorology (ACM) 2024, 2024 年 11 月, Japan, Tsukuba
8. Naoe, H., and M. Deushi, Evaluation of the ozone in JRA-3Q reanalysis compared with satellite and ozone sonde data, 6th WCRP International Conference on Reanalysis, 2024 年 10 月, Japan, Tokyo
 9. Usui, N., N. Hirose, K. Sakamoto, H. Asai, S. Nishikawa, H. Igarashi, H. Nakano, and Y. Ishikawa, Four-dimensional variational Ocean ReAnalysis for the seas around Japan over 60 years (FORA-JPN60): (I) Overview of the reanalysis experiment, 6th WCRP International Conference on Reanalysis, 2024 年 10 月, 東京
 10. Hirose, N. N. Usui, K. Sakamoto, H. Asai, S. Nishikawa, H. Igarashi, H. Nakano, Y. Ishikawa, Four-dimensional variational Ocean ReAnalysis for the seas around Japan over 60 years (FORA-JPN60): (II) Assessment of the reanalysis, 6th WCRP International Conference on Reanalysis, 2024 年 10 月, 東京
 11. Fujii, Y., M. Balmaseda, E. Remy, H. Zuo, J. Zhu, and I. Ishikawa, Evaluation of ocean observation impact on earth system reanalyses through SynObs international multi-system OSE, 6th WCRP International Conference on Reanalysis, 2024 年 10 月, 東京
 12. Kawai, H., K. Yoshida, T. Koshiro, and S. Yukimoto, Importance of minor-looking treatments in cloud physics for GCM simulations, 気候変動における不確実性の起源に関するワークショップ, 2024 年 10 月, ワイオミング、及びオンライン
 13. Fujii, Y., I. Ishikawa, T. Yoshida, and M. Sumitomo, Four-Dimensional Variational Global Ocean Data Assimilation System for Coupled Predictions in Japan Meteorological Agency: Evaluation and Observing System Experiments, 10th International Symposium on Data Assimilation, 2024 年 10 月, 兵庫県神戸市
 14. Kawai, H., K. Yoshida, T. Koshiro, and S. Yukimoto, Importance of minor-looking treatments for ESM performances, 気象・気候予測におけるモデルの不確実性に関するワークショップ, 2024 年 9 月, オクスフォード
 15. Oshima, N., T. Aizawa, and S. Yukimoto, Contributions of anthropogenic aerosols and multidecadal internal variability to mid-20th century Arctic cooling, 2024 iCACGP-IGAC Science Conference, 2024 年 9 月, マレーシア, Kuala Lumpur
 16. Kawai, H., K. Yoshida, T. Koshiro, and S. Yukimoto, What determines earth system model performance? Physics or ...?, 第 9 回全球エネルギー水循環プロジェクト国際会議, 2024 年 7 月, 札幌
 17. Takaya, Y., K. K. Komatsu, N. G. Ganeshi, Underpinning Land-Atmosphere Interaction to Enhance Sub-Seasonal to Seasonal Prediction in Asia, GEWEX Open Science Conference, 2024 年 7 月, 札幌
 18. Kawai, H., and T. Koshiro, Do Low-level Clouds Strengthen Summertime Subtropical Highs?, CFMIP Meeting on Clouds, Precipitation, Circulation, and Climate Sensitivity, 2024 年 6 月, アメリカ, ボストン
 19. Hirose, N., S. Watanabe, S. Kido, S. Ohishi, N. Hirose, T. Sakamoto, and T. In, Intercomparison and ensemble project of coastal ocean prediction models in Japan, JpGU meeting 2024, 2024 年 5 月, 千葉県千葉市
 20. Waters, J., M. Martin, and Y. Fujii, Evaluating observation impact in the Met Office 1/12th degree global ocean forecasting system, 8th WMO Workshop on the Impact of Various

Observing Systems on NWP, 2024 年 5 月, Sweden, Norrköping

21. Ishikawa, I., Y. Fujii, Y. Takaya, S. Hirahara, Observing System Experiments (OSEs) with JMA's operational seasonal prediction system JMA/MRI-CPS3 for participating the SynObs Flagship OSEs, JpGU meeting 2024, 2024 年 5 月, 千葉県千葉市
22. 渡辺泰士, 出牛真, 行本誠史, 足立恭将, 保坂征宏, 辻野博之, Reconstruction of the land carbon cycle from 1948 to 2015 using the dynamical vegetation model MRI-LPJ, JpGU meeting 2024, 2024 年 5 月, 千葉県千葉市
23. Deushi, M., T. Takakura, H. Yoshimura, S. Hirahara, Effects of ozone on stratosphere-troposphere coupling in the Northern extratropics on subseasonal to seasonal scales, JpGU meeting 2024, 2024 年 5 月, 千葉県千葉市&オンライン
24. Y. Fujii, N. Usui, N. Hirose, and I. Ishikawa, Ocean Monitoring and Prediction System in Japan Meteorological Agency, 2004 Ocean Decade Conference Satellite Event "Connecting the world around Ocean prediction", 2024 年 4 月, スペイン, バルセロナ

(国内の会議・学会等 : 8 件)

1. 広瀬成章, 碓氷典久, 西川史朗, 五十嵐弘道, 坂本圭, 浅井博明, 中野英之, 石川 洋一, 日本近海長期海洋再解析 FORA-JPN60 の概要, 2024 年度水産海洋学会研究発表大会, 2024 年 11 月, 静岡
2. 渡辺泰士, 出牛真, 吉田康平, 地球軌道要素の変化に伴う日射量変化が南極域の成層圏オゾン分布に及ぼす影響, 第 29 回大気化学討論会, 2024 年 10 月, 神戸
3. 渡辺泰士, 出牛真, 吉田康平, 過去の温暖な間氷期の気候と成層圏オゾンの分布, 2024 年度日本地球化学会 第 71 回年会, 2024 年 9 月, 金沢
4. 碓氷典久, 広瀬成章, 坂本圭, 浅井博明, 西川史朗, 五十嵐弘道, 中野英之, 石川洋一, 日本近海海洋長期再解析 (FORA-JPN60), 第 28 回データ同化夏の学校, 2024 年 8 月, むつ市
5. 佐藤利典, 柴田早希, 村田耕一, 碓氷典久, 塩原肇, 山田知朗, 篠原雅尚, 海底圧力計データを用いた房総沖スロースリップのすべり分布の推定, JpGU meeting 2024, 2024 年 5 月, 千葉県千葉市
6. 碓氷典久, 広瀬成章, 坂本圭, 浅井博明, 西川史朗, 五十嵐弘道, 中野英之, 石川洋一, 日本近海海洋長期再解析 (FORA-JPN60) による過去 60 年の黒潮流路の再現, JpGU meeting 2024, 2024 年 5 月, 千葉県千葉市
7. 西村明希生, 石井正好, 平原翔二, 安井壯一郎, 歴史的な高解像度海面水温・地上気温同時客観解析 COBE3, 2024 年日本気象学会春季大会, 2024 年 5 月, 東京
8. 渡辺泰士, 出牛真, 行本誠史, 足立恭将, 保坂征宏, 辻野博之, 気象庁地球システムモデルで用いる陸域炭素循環モデル MRI-LPJ の開発と過去の陸域炭素循環の復元, 2024 日本気象学会春季大会, 2024 年 5 月, オンライン

(4) 投稿予定論文 : 4 件

査読論文 : 3 件

1. Yamagami, A., T. Toyoda, L. S. Urakawa, H. Nakano, E. Shindo, H. Yoshimura, Y. Kawakami, K. Sakamoto, T. Nakanowatari, H. W. Shu, and G. Yamanaka, 2024: Improvement in the prediction skill for a summertime Arctic cyclonic by better representation of atmosphere-ocean and midlatitude-Arctic interactions in multi-resolution coupled atmosphere-ocean model simulations. Monthly Weather Review.

2. Takaya, Y., H. Hino, C. A. S. Coelho, 2024: Information-based probabilistic verification scores and predictability measures: Seasonal prediction examples. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society.
3. Ganeshi, N. G., Y. Takaya, K. K. Komatsu, Y. Kosaka, and H. Hasumi, 2024: Prominent impacts of snow–hydrological processes on near-surface temperature variability over Western Siberia. Journal of Hydrology.

査読論文以外の著作物（翻訳、著書、解説等）：1 件

1. 浦川昇吾, 坂本圭, 広瀬成章, 碓氷典久, 辻野博之, 中野英之, 牛島悠介, 豊田隆寛, 川上雄真, 青木邦弘, 平原翔二, 2024: MOVE-JPN family を用いた日本近海モデリングとその将来展望. 海洋理工学会誌.

● 報道・記事

- ・ 令和 6 年 10 月「北極域での気温上昇によって氷晶形成にかかわるエアロゾルは増加する」(国立極地研究所ほか)

● その他（（3）「成果の他の研究への波及状況」関連）

- ・ 海洋モデル・海洋同化システムの改良は本庁現業システムに随時反映されている。
- ・ 長期再解析の品質向上にむけ、大気海洋結合同化開発の成果を本庁と共有している。
- ・ 海洋観測システム実験の結果は、気象庁観測船等による海洋観測の重要性を示す資料として本庁に提供された。
- ・ 植生の格子内非一様性効果は MRI-ESM3 に導入され、現業への適用も検討している。また、湖スキームの改良や、積雪、雲スキーム開発への助言により、CPS4 の開発に貢献した。
- ・ 気象研で開発した力学フレームが令和 6 年 3 月更新予定の現業全球モデルに導入される予定であり、これにより高速化・省資源化が達成された。
- ・ 開発したオゾン簡易スキームは次期現業季節予測システム（CPS4）に導入され成層圏の気温の予測精度の改善に寄与した。
- ・ 深層学習を用いた気象場ダウンスケーリング手法に関して得られた知見は、他研究部との共同研究等や、本庁の AI 特命チーム等の議論などに貢献した。
- ・ 地球システムモデル（MRI-ESM2）は、文科省「気候変動予測先端研究プログラム」（以下、先端プロ）での大アンサンブル予測実験などに活用されている。
- ・ 気象場との相互作用を考慮した領域化学輸送モデルの開発は P 課題における雲降水過程の精緻化等に波及している。

大気の物理過程の解明と物理過程モデルの開発に関する研究（P 課題）

- 研究年次：1 年目／5 年計画（令和 6 年度～令和 10 年度）
- 研究代表者：永戸久喜（気象予報研究部長）
- 課題構成及び研究担当者

本研究課題の構成及び研究担当者は以下のとおりである。

（副課題 1）高解像度数値モデルにおける線状降水帯等の激しい気象現象の再現性向上

副課題代表者：橋本明弘

[気象予報研究部] 林 修吾、水野吉規、渡邊俊一、大泉 伝、岸 達郎、築地原匠
[台風・災害気象研究部] 辻野智紀

（副課題 2）雪氷物理過程の高度化に資する観測的研究

副課題代表者：大河原 望

[気象予報研究部] 谷川朋範、庭野匡思
[気候・環境研究部] 豊田隆寛

（副課題 3）数値モデルの予測精度向上に向けた積雲対流・雲・放射スキームの精緻化

副課題代表者：中川雅之

[気象予報研究部] 川合秀明、長澤亮二
[全球大気海洋研究部] 吉村裕正
[台風・災害気象研究部] 和田章義

（副課題 4）実験観測に基づくエーロゾル・雲・降水微物理素過程モデリングの改良

副課題代表者：折笠成宏

[気象予報研究部] 田尻拓也、岩田 歩、橋本明弘
[全球大気海洋研究部] 足立光司、梶野瑞王

● 研究の動機・背景

近年の線状降水帯等による大雨など顕著な気象現象による気象災害の多発への防災対応、信頼性の高い地球温暖化予測による地球温暖化対策や適応策策定等の支援、気象データの産業での活用促進のため、社会ニーズに応じた気象・気候予測の高精度化が必要とされている。また、気象・気候情報の根幹となる数値予報モデルには大気の様々な物理過程が組み込まれており、その再現性が予測精度を大きく左右する。

● 研究の目的

（全体）

観測や実験により大気の各種物理過程を解明し、その物理過程モデルの高度化等を通じて、大雨等の顕著現象の予測、台風の予測、季節予報、地球温暖化予測に用いられる数値予報モデルの予測精度の向上に寄与する。

（副課題 1）高解像度数値モデルにおける線状降水帯等の激しい気象現象の再現性向上

解像度数百 m 以下の数値モデルによる、顕著現象の詳細な構造分析に基づく機構解明・再現性の向上、及び、雲・乱流過程の高度化を通じて、線状降水帯をはじめとする激しい気象現象の予測精度向上に貢献する。

(副課題2) 雪氷物理過程の高度化に資する観測的研究

観測に基づき雪氷物理過程の理解の深化とその物理モデルの高度化を図り、雪氷にかかわるモデルの精度の向上及び現業プロダクトの改善に貢献する。

(副課題3) 数値モデルの予測精度向上に向けた積雲対流・雲・放射スキームの精緻化

将来の気象庁全球モデル (GSM) の水平高解像度化への適合や、放射収支やモデルバイアスの改善のため、短期から週間予報、季節予報や地球温暖化予測に用いられる数値予報モデルの積雲対流、部分雲、放射スキームといった物理過程を精緻化し、予測精度向上に寄与する。

(副課題4) 実験観測に基づくエアロゾル・雲・降水微物理素過程モデリングの改良

室内実験や野外観測によるエアロゾル・雲特性から、エアロゾル・雲・降水の微物理素過程や相互作用を解明し、数値モデリングを精緻化することで降水や放射の予測精度向上に寄与する。

● 研究の目標

(全体)

顕著現象の再現性や予測精度の向上及び雲・降水過程や放射過程などの不確実性やモデルバイアスの低減に資するよう、各種の観測成果や実験施設、観測装置を十分に活用しつつ、素過程の解明から物理過程モデルの高度化までに取り組むことにより、現業数値予報モデルで使用されている各種物理過程の問題点や将来に向けた課題を明らかにし、有効な改善方法を提案する。

(副課題1) 高解像度数値モデルにおける線状降水帯等の激しい気象現象の再現性向上

解像度数百 m 以下の数値シミュレーション・実験・観測により、大雨、大雪、突風、線状降水帯、台風などの顕著現象から雲・乱流などの素過程にわたって、詳細な構造分析に基づく機構解明、及び、再現性向上を目指す。日本とその周辺の領域の様々な環境下で発生する激しい気象現象について、

- ① 観測データに基づくモデルの検証・改良：数値モデルによる積乱雲・降雪雲内の鉛直流や雲・降水粒子特性など詳細な内部構造を観測データと比較することで検証する。
- ② 解像度に応じた物理過程の検討：高解像度数値シミュレーションを活用した解像度に応じた物理過程の検討などに基づき、数値モデルの課題を抽出し、再現性向上のための方策を示す。
- ③ 境界層乱流の解析：大気境界層において線状降水帯の発生や維持に特に重要な以下の乱流現象を1. 数値計算、2. 風洞実験、3. 野外観測により明らかにする
 - (ア) 不安定成層における上昇流の発生、および地表面近傍に現れるその前兆現象
 - (イ) 潜熱（水蒸気）の供給に寄与する鉛直輸送と地表面近傍の水平輸送
 - (ウ) 顕熱、運動量の鉛直輸送と地表面近傍の水平輸送
- ④ 乱流輸送スキームの検討・構築と気象モデルへの実装・検証：得られた知見を統合し、境界層過程の改善策を取りまとめて、乱流輸送に関する新たなスキームを構築する。風洞実験や野外観測による検証を経て、気象モデル asuca に実装し数値実験による検証を行う。
- ⑤ 関連課題との連携による課題抽出・解決法の検討：関連課題との連携により課題を抽出するとともに解決法を検討する。

(副課題2) 雪氷物理過程の高度化に資する観測的研究

① 地上観測に基づく雪氷物理過程の解明

雪氷物理量観測の基盤技術を開発しつつ放射・気象・積雪の地上観測を国内（札幌・北見・長岡）において実施し、観測データに基づいた雪氷物理過程の解明を進める。また、観測データ

を活用して、雪氷圏を対象にした放射伝達モデルの開発を行う。

② 雪氷に関する衛星リモートセンシングアルゴリズムの開発及びデータ利活用

地上観測データから得られた知見や、雪氷圏を対象にした放射伝達モデルを活用して衛星リモートセンシングアルゴリズムを開発・改良し、雪氷圏変動の面的な実態把握を行う。また、次期衛星を含む静止衛星ひまわりによる積雪・海氷の質的な雪氷プロダクトの充実および現業利活用の検討を行う。

③ 雪氷物理過程モデルの高度化

観測データの検証データとしての利用や、観測から得られた積雪・海氷に関する物理過程の知見を活用することにより、これまで開発を行ってきた積雪変質モデルや海氷モデルの高度化を図る。特に世界的に見てもアルベド再現の不確実性に係る課題となっている積雪変質モデルにおける光吸収性不純物の積雪時空間変動への影響考慮、及び、海氷モデルにおける融解期のメルトポンドの影響考慮について改善を進める。さらに、積雪変質モデルの現業予測情報への高度利用を進め、海氷モデルの海洋モデルへの組み込みを行う。

(副課題3) 数値モデルの予測精度向上に向けた積雲対流・雲・放射スキームの精緻化

① 積雲対流スキームの精緻化

将来の GSM の水平高解像度化や気象庁メソモデル (MSM) による顕著現象などの予測精度向上に向け、対応する格子間隔に適合が必要となる積雲対流スキームなどの物理過程の問題点を抽出し、改善のための方策を示す。

② 雲・放射スキームの精緻化

長期の予測やデータ同化において重要となる放射収支やモデルバイアスの改善に向け、関連する雲・放射スキームといった物理過程の問題点を抽出し、改善のための方策を示す。

(副課題4) 実験観測に基づくエアロゾル・雲・降水微物理素過程モデリングの改良

① 雲核・氷晶核の特性解明と定式化

世界的にみて未解明かつ雲生成にインパクトが大きいエアロゾル粒子を対象とした室内実験や多様な地点での野外観測によるエアロゾル物理・化学分析データから、エアロゾルタイプ別の雲核 (CCN)・氷晶核 (INP) の特性を解明し、定式化を図る。

② 雲物理パラメタリゼーションの改良

実大気で見られるエアロゾル粒子の混合・変質過程に基づき、野外観測と室内実験との比較、ボックスモデル数値実験との比較検証から雲粒・氷晶発生過程に関する雲物理パラメタリゼーション改良を行い、雲生成過程の解明を進める。

③ 詳細微物理モデルの改良

室内実験や野外観測の結果を基に、詳細微物理モデルによる数値実験との比較検証を行い、CCN・INP 特性、エアロゾル粒子の混合・変質過程を含めた詳細微物理モデルの改良を図る。

④ エアロゾル・雲・降水モデリングの精緻化

詳細微物理モデルを導入した3次元改良モデルによる数値実験を大気汚染によるインパクトの高精度な評価等を観点に実施し、エアロゾル・雲・降水モデリングの精緻化を進める。

● 研究成果

(1) 今年度得られた成果の概要

(全体)

(本庁プロダクトへの貢献)

雪氷物理過程モデルの高度利用による気象庁積雪・降雪関連プロダクトの高度化や、融雪を考慮したキキクル開発への技術的なサポートを実施。海上霧ガイダンスの現業化（2024年6月）と精度向上に効果的な気象研究所考案の指標の導入及び更なる精度向上への協力を進めた。

（現業数値予報モデル・地球システムモデルへの貢献）

PDF型雲スキーム（GSMやCPSで活用）改良方法を考案し、既存の問題の軽減を確認した。MRI-ESM3とGSMの長波放射計算におけるエーロゾル直接効果の扱いに関する問題点の改良を行い、MRI-ESM3での改善を確認した。数値予報課でGSMにおける効果を確認している。

（線状降水帯や台風の予測精度向上への貢献）

線状降水帯再現性のより客観的な評価手法を開発し、LFMに適用して有用性を確認。LESによる理想化実験をもとに、線状降水帯等の積乱雲中の乱流輸送過程や対流の各構成要素の水平解像度依存性を評価し、水平解像度に応じた物理過程検討のために有用な知見を得た。改修された風洞実験等に基づき、不安定成層時に顕著となる地表面フラックス変動予測スキームを新規構築し、調整・検証等を実施して良好な結果を得た。領域化学輸送モデルを用いて大雨・台風事例でのエーロゾルの影響評価を実施し、台風強度等への効果を確認した。

（新たな観測・実験システムの整備）

積雪変質モデルの高度化のためのマルチスキャン積雪深センサーによる積雪深や高標高域での積雪水当量、海水モデルのアルベド改良のための海水面ラフネス等の新たな観測を開始した。未解明且つ重要な混合粒子の雲核特性の把握を、新たに整備した高温高湿な環境下の実験と詳細微物理スキーム搭載モデルとの比較等によって進め、定式化に向けた知見を得た。

（副課題1）高解像度数値モデルにおける線状降水帯等の激しい気象現象の再現性向上

- ① 線状降水帯の再現性を客観的に評価する object-base 手法を導入し、LFM 予測値に適用して有用性を確認するとともに、解像度の異なる数百 m～数 km 格子モデルの再現精度を、統一した指標で表し客観的に評価可能とした。冬季季節風下の魚沼丘陵の風上で降雪粒子のライミング寄与率が高く、風下で低い傾向が、数値実験から得られ、二重偏波レーダー観測と整合的であった。顕著現象の再現性に関して、2014年8月広島豪雨をもたらした線状降水帯の高解像度（水平解像度 125m）での再現性向上と発生要因としても考えられる山沿いでの上昇流等の再現性向上を確認した。また、2020年台風第10号に関する asuca の再現性を、初期場における台風渦の大きさを変えた感度実験により検証し、現実的な台風構造の再現には、高精度な初期値を与える必要性を示唆する結果を得た。
- ② LES を用いた理想化実験をもとに、線状降水帯等の積乱雲中の乱流輸送過程や対流を構成するサーマルの特徴及びエントレインメント率等の水平解像度依存性を評価し、水平解像度に応じた物理過程検討のために有用な知見を得た。
- ③ ④や機械学習等を用いた境界層過程のモデル開発に活用するため、高解像度の LES コードを作成し、様々な条件における不安定成層乱流の実験とデータの作成を進めた。風洞実験により中立、安定、不安定成層時の境界層の実験を実施し、運動量および温度の鉛直フラックスのデータ等を取得、解析を実施し、特に、不安定成層時の地表面フラックスの特性調査と、それに基づいた、高解像度モデルにおける現行の地表面フラックスの診断・予測スキームの問題点の抽出を行った。
- ④ ③の解析結果に基づき、高解像度モデルにおいては格子スケールの現象となる、不安定成層時に特に顕著に表れる比較的大きな空間スケールの渦運動に由来する地表面フラックスの予測手法を構築するとともに、風洞実験データによるパラメータ同定とアプリオリテストを実施し、良好な結果を得た。

- ⑤ 副課題 2 との連携によって、雪粒子特性と積雪表面の雪水比との関係性を調べ、気温が低く、降雪後の経過時間が短い条件下では、降雪粒子の密度の大小と雪水比との間に相関がある傾向が認められた。

(副課題 2) 雪氷物理過程の高度化に資する観測的研究

- ① 雪氷物理量観測の基盤技術を開発しつつ放射・気象・積雪の地上観測を国内（札幌・北見・長岡）において実施し、観測データに基づいたアルベドに影響する要素等の雪氷物理過程の解明を進めた。更に、積雪変質モデルの高度化のためマルチスキャン積雪深センサーによる積雪深や高標高域での積雪水当量、海氷モデルのアルベド改良のため海氷面ラフネスの観測を開始した。また、海氷面のラフネスの観測データを活用し、雪氷圏に特化した放射伝達モデルに導入する表面ラフネスのモデル化を進めた。
- ② 地上観測データから得られた知見や、雪氷圏に特化した放射伝達モデルを活用し、衛星光学センサーによる積雪粒子と光吸収性不純物の混合状態を変数とした積雪プロダクトおよびマイクロ波センサーによる新規海氷プロダクト開発を進めた。
- ③ 観測データの検証データとしての利用し、積雪変質モデルの検証を行うとともに、同モデルを組み込んだ当庁の解析積雪深・降雪量及び降雪短時間予報プロダクトの高度化や、複数官署で取り組んでいる融雪を考慮した流域・土壌・表面雨量指数開発への技術的なサポートを行った。また、観測から得られた積雪・海氷に関する物理過程の知見を活用することにより、海氷上メルトポンドを考慮した海氷モデルの開発を進めた。

(副課題 3) 数値モデルの予測精度向上に向けた積雲対流・雲・放射スキームの精緻化

- ① 積雲対流スキームのクロージャ部分等のグレイゾーン対応に向け先行研究の文献調査を行い、予測型のままで、現在の GSM では全球一定となっている雲底の高さを可変とする高度化に必要な手法等、参考となりそうな知見を整理した。積雲対流スキームのフィードバック部分をグレイゾーンに対応させるために Malardel and Bechtold (2019)、松林（私信）に基づく手法を導入した GSM について調査し、台風の構造が改善しさらに変更を追加することで進路予測が改善する事例があることがわかった。
- ② 現業全球モデル（GSM、気象庁季節予報システム（CPS））で使われている PDF 型の雲スキームを改良する方法を考案し、これまで問題となっていた、光学的に薄く雲量の多い状態を表現できないという問題を軽減できることを確認した。MRI-ESM3 において、雲過程の飽和調節の方法に関する精緻化を行い、不足していた中高緯度の下層雲などを適切に増加させるとともに、下層雲を維持するために浅い積雲対流を広い領域で抑え過ぎていた状況を改善した。雲フィードバック（温暖化時の雲の変化による放射収支の変化）の鉛直構造を詳細に解析する手法を開発し、深い対流、層積雲、浅い対流、中緯度海上などについて解析を行った。雲量やそれに対応する雲放射効果の鉛直構造の変化の特徴が異なる結果、領域ごとの雲フィードバックへの寄与に違いが生じていることがわかった。
- ③ GSM の放射計算で様々な雲オーバーラップの仮定と雲の水平非一様性の仮定を扱う手法である McICA の開発を進めた。サブカラムごと、波長ごとの二重ループを融合するとともに、乱数でサンプリングして計算を行うことで高速化を実現した。長波放射計算において雲の散乱の効果を扱うことに関して、主なスキームの文献調査を行い、導入の検討に参考になる知見を得た。MRI-ESM3 と GSM の長波放射計算におけるエーロゾル直接効果の扱いに関する 3 つの問題点について調査し、その修正案と MRI-ESM3 における修正のインパクトをまとめた。

(副課題4) 実験観測に基づくエアロゾル・雲・降水微物理素過程モデリングの改良

- ① 北極域での雲残渣中の粒子分析や地上連続観測から、INP とバイオエアロゾルとの関係などを明らかにした。森林火災から発生した光吸収有機エアロゾルの発生量等を見積もり、気候にもたらす影響に関する知見を得た。筑波山頂でのバイオエアロゾル等の地上観測に向けて複数の測定手法を検討し、現場での連続観測体制を構築した。
- ② 雲生成チェンバー実験における高温高湿な環境場、上昇速度の制御範囲の拡張など熱帯域での吸湿性粒子の外部混合が雲粒生成に及ぼす影響に関する実験を進めた。上昇速度の低下に伴うCCN 活性化比の減少、高温高湿な条件での $10\mu\text{m}$ 以上の雲粒数濃度の増加など定量的に評価し、詳細微物理スキーム（ビン法）に基づくボックスモデル数値実験との比較検証を進めた。
- ③ 複数の吸湿度を扱えるようにボックスモデル（詳細微物理スキーム（ビン法））を改良した。野外観測データを用いて領域化学輸送モデル（NHM-Chem）に実装された詳細微物理スキーム（バルク法）のエアロゾル素過程の評価と改良を行った。
- ④ 過去の台風事例において、各エアロゾル種による雲システムへの影響評価のほか、吸湿性エアロゾル付加による台風への影響可能性に関する調査を行った。台風の中心気圧の弱化、水平風速の軸対称性の崩れなどの傾向を確認した。

(2) 当初計画からの変更点（研究手法の変更点等）

全体、副課題共に特段の変更はなかった。（当初計画に沿って実施した。）

(3) 成果の他の研究への波及状況**(全体)**

気象庁積雪・降雪関連プロダクトの高度化や融雪を考慮したキキクル開発への技術的なサポート、海上霧ガイダンスの現業化への協力の他にも、各種物理過程関連の研究進捗等について、数値予報課を始めとする本庁関係課室に随時共有している。

所内研究課題については、各種物理過程開発による MRI-ESM や海洋モデル等の高度化で M 課題に、asuca の利用環境整備により関連研究課題に、それぞれ貢献している。

(副課題1) 高解像度数値モデルにおける線状降水帯等の激しい気象現象の再現性向上

- ・ 線状降水帯の再現性を客観的に評価する object-base 手法、台風 TY2010 に関する asuca を用いた感度実験、LES 理想実験による対流・乱流等の水平解像度依存性評価については数値予報課 asuca ミーティングで、地表面フラックス予測手法の構築については個別のミーティングで、数値予報課に説明と情報共有を行った。
- ・ 気象研究所での asuca 利用・実験環境を整備し、所内利用者に提供・共有した。

(副課題2) 雪氷物理過程の高度化に資する観測的研究

- ・ 本副課題において開発・改良を行っている積雪変質モデルを組み込んだ当庁の解析積雪深・降雪量及び降雪短時間予報プロダクトの高度化への技術支援を行った。また、複数官署で取り組んでいる融雪を考慮した流域・土壌・表面雨量指数開発への技術支援を行った。
- ・ M2 課題で進めている海洋モデルの物理プロセス改良のため、本副課題において開発・改良を行っている海水アルベドモデルとその活用による海水上メルトポンドを考慮した海水モデルの導入に向けて、当該課題担当者と連携した開発を進めた。

(副課題3) 数値モデルの予測精度向上に向けた積雲対流・雲・放射スキームの精緻化

- ・ Kawai et al. (2017)で提案した ECTEI (推定雲頂エントレインメント指数) を特徴量のひとつとして使用する霧発生ポテンシャルを用いた、海上霧ガイダンスが大気海洋部予報課で現業化された。現業化とその後の高度化に向けて、関係者で継続的に情報共有と議論を行っている。
- ・ PDF 型の雲スキームの改良方法案について、数値予報課に実験結果やソースコードを提供した。数値予報課では、GSM や CPS の雲スキーム改良の参考として実験が行われている。
- ・ 雲過程の飽和調節の方法の精緻化によって MRI-ESM3 を改善することで、M1 課題に貢献した。
- ・ MRI-ESM2 に見られた雲量の空間解像度依存性について調査して得られた知見や、雲フィードバックの鉛直構造を詳細に解析する手法や解析で得られた知見について、M1 課題を始めとする所内関係者に共有した。
- ・ 長波放射計算におけるエアロゾル直接効果の扱いの問題点について、MRI-ESM3 を修正して M1 課題に提供した。また調査結果と修正案を提供した数値予報課で、現業 GSM への導入に向けた確認を行っている。

(副課題 4) 実験観測に基づくエアロゾル・雲・降水微物理素過程モデリングの改良

- ・ 特になし

(4) 事前・中間評価の結果の研究への反映状況 (年次チェックアップ)

事前評価で頂いた、風洞実験・露場観測を高解像度モデルの再現性向上に繋げることを期待、予測精度向上のみならず物理過程そのものの解明にも重点をおくべき、雲・放射スキーム改善には積雲対流のみならず下層雲も対象とすべき、等のご意見について、研究計画に反映するとともに、常に意識しながら研究を進めている。

● 今後の研究の進め方

(全体)

引き続き、観測や室内・数値実験等による物理過程の解明と物理過程モデルの高度化を、進捗状況の本庁等との共有を緊密にしつつ進める。

(副課題 1) 高解像度数値モデルにおける線状降水帯等の激しい気象現象の再現性向上

線状降水帯等の再現性向上に向けた課題を整理するとともに、解像度に応じた物理過程の検討、風洞実験等に基づく線状降水帯に関わる乱流現象の解明と新たなスキームの検証・改良を着実に進める。

- ① 数 100m 以下～数 km 格子の数値実験を行うとともに、新たに開発した評価手法や各種観測データを用いて、モデル解像度に応じた再現性評価、及び、激しい気象現象の内部構造および雲・乱流過程の解明と再現性向上に向けた検討を進める。
- ② LES 実験から、数 100m 以下～数 km 格子の数値実験において、格子スケール、サブ格子スケールで出現すべき微視的過程の検討を進め、物理過程の改良に着手する。
- ③ 数値実験・風洞実験・野外観測をもとに、中立、安定時の乱流輸送の解析を行う。また、不安定時の対流現象の発生機構の分析と予測方法の検討を進める。
- ④ 境界層乱流解析をもとに乱流輸送スキームの改良を進め、実験・観測データによるアプリオリテストを引き続き行う。気象モデル asuca への実装と検証を行う。
- ⑤ 気象モデルの降水粒子特性が雪氷物理過程モデルにもたらす効果を調査し、高度化の方策を検討する。LES 実験の結果や解像度依存性に関する知見を副課題 3 と共有する。検証ツールや実験環境を関連課題と共有し、効率的な研究を推進する。

(副課題2) 雪氷物理過程の高度化に資する観測的研究

観測実施とそれに基づく雪氷物理過程解明および雪氷モデル高度化を着実に進めるとともに、雪氷モデルの大気・海洋モデルとの結合に向けた検討を行う。本庁の積雪に係る情報の改善への技術的なサポートも継続して実施する。

- ① 札幌・北見・長岡における放射・気象・積雪観測を継続し、雪氷物理過程の解明を進める。また、新たに開始したマルチスキャン積雪深センサーによる積雪深や高標高域での積雪水当量の観測データを活用した積雪変質モデルの高度化、海氷面のラフネスの観測データを活用した雪氷圏に特化した放射伝達モデルの高度化を進める。
- ② ①で得られた地上観測データからの雪氷物理過程に関する知見や、雪氷圏に特化した放射伝達モデルを活用し、衛星光学センサーによる積雪粒子と光吸収性不純物の混合状態を変数とした積雪プロダクトおよびマイクロ波センサーによる新規海氷プロダクト開発を進める。
- ③ ①で得られた知見、①②で得られた検証データを活用して光吸収性不純物の積雪時空間変動への影響等を考慮した積雪変質モデルの高度化、及び融解期のメルトポンドの影響を考慮した海氷モデルの高度化を進める。また、当庁の防災情報の精度向上に資するため、積雪変質モデルを組み込んだ本庁の解析積雪深・降雪量及び降雪短時間予報プロダクトの高度化や、複数官署で取り組んでいる融雪を考慮した流域・土壌・表面雨量指数開発への技術的なサポートを継続する。

(副課題3) 数値モデルの予測精度向上に向けた積雲対流・雲・放射スキームの精緻化

グレーゾーン向け積雲対流スキーム（クロージャ部分等）の概念モデル構築や、雲・放射スキームの課題把握・精緻化検討を着実に進める。海上霧ガイダンスの更なる精度向上への協力も継続する。

- ① モデル水平高解像度化に適合させるため、クロージャ部分等について文献調査を行い、概念モデルを構築する。超低解像度モデルや鉛直1次元モデルで実験を行う。
- ② 全球モデルにおいて、様々な種類の雲の再現性の向上のための雲過程の精緻化、及び見直しを行う。衛星データ等による検証を行い、CMIPやCFMIPなどのモデル間比較に参加する。海上霧ガイダンスの更なる精度向上への協力を継続する。放射スキームの問題点を抽出するため、鉛直1次元モデルを用いた観測データ・リファレンスとの比較や文献調査を行う。McICAを引き続き開発し、GSMの放射計算で雲の表現を高度化する。GSMの長波放射計算におけるエアロゾル直接効果の扱いの問題点修正への協力を継続する。

(副課題4) 実験観測に基づくエアロゾル・雲・降水微物理素過程モデリングの改良

野外観測・室内実験に基づく未解明・混合状態のエアロゾルの雲核・氷晶核特性の定式化を進める。大雨や台風等に対するエアロゾル影響について、引き続き様々な事例による評価・検証を実施する。

バイオエアロゾル等のCCN・INP特性の定式化を進め、ボックスモデル（詳細微物理スキーム（ビン法））改良による数値実験での再現性を高める。標準的な混合粒子を対象とした室内実験と数値実験との比較検証から、エアロゾルの混合過程が雲生成に与える影響を定量的に明らかにする。これらによって得られた最新の知見に基づき雲生成パラメタリゼーションを改良し、その成果を反映して改良された領域化学輸送モデルによる降水・放射予測精度向上に繋げるとともに、大雨や台風等に対するエアロゾルの影響を様々な事例で評価・検証する。

● 研究成果リスト

(1) 査読論文：13件

1. S. Hayashi, Y. Hirockawa, S. I. Watanabe, and A. Hashimoto, 2025: An Object-Based

- Approach for Quantitative Verification of Quasi-Stationary Band-Shaped Precipitation Systems, “Senjo-Kousuitai,” Forecasts. SOLA, 21A, 1-5. (in press)
2. Tsushima, A., N. Esashi, S. Matoba, Y. Iizuka, R. Uemura, K. Adachi, T. Kinase, M. Hirabayashi, K. Kawakami, R. B. Kayastha, and K. Fujita, 2025: Contrasting responses of ion concentration variations to atmospheric patterns in central Himalayan ice cores. *Journal of Geophysical Research Atmosphere*, 130.
 3. Adachi, K., C., Sun, R., Onchang, and N. Takegawa, 2025: Homogeneous Mixing of Sea Spray and Biomass Burning Tracer Elements Within Single Particles Observed Over Southeast Asia. *Journal of Geophysical Research Atmosphere*, 130.
 4. Kawai, H., T. Koshiro, and S. Yukimoto, 2024: Vertical Profile Analysis of Cloud Feedbacks. *Journal of Geophysical Research Atmosphere*, 129.
 5. Adachi, K., J.E. Dibb, J.M. Katich, J.P. Schwarz, H. Guo, P. Campuzano-Jost, J.L. Jimenez, J. Peischl, C.D. Holmes, and J. Crawford, 2024: Occurrence, abundance, and formation of atmospheric tarballs from a wide range of wildfires in the western US. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 24, 10985.
 6. Noda, A. T., N. Hirota, T. Koshiro, and H. Kawai, 2024: Robustness of the relationship between tropical high-cloud cover and large-scale circulations. *Climate Dynamics*.
 7. Moteki, N., and K. Adachi, 2024: Measuring the polarized complex forward-scattering amplitudes of single particles in unbounded fluid flow: CAS-v2 protocol. *Optics Express*, 32, 36500.
 8. Tobo, Y., K. Adachi, K. Kawai, H. Matsui, S. Ohata, N. Oshima, Y. Kondo, O. Hermansen, M. Uchida, J. Inoue, and M. Koike, 2024: Surface warming in Svalbard may have led to increases in highly active ice-nucleating particles. *Communications Earth & Environment*, 5, 516.
 9. Yoshida, A., Y. Tobo, K. Adachi, N. Moteki, Y. Kawai, K. Sasaoka, and M. Koike, 2024: Analysis of oceanic suspended particulate matter in the western North Pacific using the complex amplitude sensor. *Scientific Reports*, 14, 20055.
 10. Kuo W.-C., K. Yamashita, M. Murakami, T. Tajiri, and N. Orikasa, 2024: Numerical Simulation on Feasibility of Rain Enhancement by Hygroscopic Seeding over Kochi Area, Shikoku, Japan in Early Summer. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, 102, 429-443.
 11. Beeler, P., J. Kumar, J. Schwarz, K. Adachi, L. Fierce, A. E. Perring, J. Katich, and R. Chakrabarty, 2024: Light absorption enhancement of black carbon in a pyrocumulonimbus cloud. *Nature Communications*, 15, 6243.
 12. Yamashita, K., W.-C. Kuo, M. Murakami, T. Tajiri, A. Saito, N. Orikasa, and H. Ohtake, 2024: Physical Properties of Background Aerosols and Cloud Condensation Nuclei Measured in Kochi City in June 2010 and Its Implication for Planned and Inadvertent Cloud Modification. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, 102, 353-363.
 13. Pereira Freitas, G., B. Kopec, K. Adachi, R. Krejci, D. Heslin-Rees, K.E. Yttri, A. Hubbard, J.M. Welker, and P. Zieger, 2024: Contribution of fluorescent primary biological aerosol particles to low-level Arctic cloud residuals. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 24, 5479-5494.

(2) 査読論文以外の著作物（翻訳、著書、解説等）：5 件

1. 足立 光司, 2024: Transmission Electron Microscopy for Studying Atmospheric Soot Particles. *Microanalysis of Atmospheric Particles*, 163-175.
2. R. Nagasawa, 2024: The impact of the cloud overlap and cloud horizontal inhomogeneity assumptions on radiation calculation in JMA global NWP model. *WGNE Research Activities in Earth System Modelling*.
3. Nakagawa, M., H. Yoshimura, K. Matsubayashi, 2024: Testing a Cumulus Parameterization Scheme for the Convective Gray Zone in JMA's Global Model. *WGNE Research Activities in Earth System Modelling*, 54.
4. von Storch, H., F. Feser, R. Blender, S. J. Camargo, L. Cavicchia, A. Di Luca, G. Fu, L. F. Gozzo, E. Koks, M. Messmer, N. Mori, M. D.K. Priestley, T. Roy, D. M. Schultz, S. Watanabe, and R. Weisse, 2024: Storms as Forming and Threatening Factors for Coasts. *Oxford Research Encyclopedia of Climate Science*. (in press)
5. 酢谷真巳, 畑中謙一郎, 長屋幸一, 庭野匡思, 2024: 解析積雪深・解析降雪量及び降雪短時間予報について. *測候時報*, 91, 1-25.

(3) 学会等発表 : 64 件

ア. 口頭発表 : 36 件

(国際的な会議・学会等 : 7 件)

1. Kawai, H., K. Yoshida, T. Koshiro, and S. Yukimoto, What determines climate model performance? Physics or ...?, *Climate Hotpots in Action (CHiA) webinar*, 2025 年 1 月, 台湾, オンライン
2. Yokoyama, N., and Y. Mizuno, Vertical fluxes of streamwise momentum and heat in homogeneous shear turbulence under stable stratification, *1st European Fluid Dynamics Conference*, 2024 年 9 月, Germany, Aachen
3. Adachi, K., Individual aerosol particles from wildfires: transmission electron microscopy analysis revealing tarball, ash, and potassium-salt particles, *2024 iCACGP-IGAC Science Conference*, 2024 年 9 月, マレーシア, Kuala Lumpur
4. Murakami, M., R. Yoshida, H. Fudeyasu, Y. Kitano, N. Orikasa, T. Tajiri, A. Iwata, and W.-C. Kuo, Development of typhoon modification methods based on MRI cloud chamber and numerical simulation experiments, *19th International Conference on Clouds and Precipitation (ICCP 2024)*, 2024 年 7 月, 大韓民国, 西帰浦市
5. Murakami, M., T. Tajiri, and N. Orikasa, MRI cloud simulation chamber - Recent scientific results and possible future directions -, *Workshop on Scientific Directions for Cloud Chamber Research*, 2024 年 7 月, 韓国, 西帰浦市
6. N. Ohkawara and T. Tanikawa, Development of a new ground based spectral radiometer system for albedo and flux (GSAF), *18th BSRN Scientific Review and Workshop*, 2024 年 7 月, 東京
7. Adachi, K., Physical States of Aerosol Particles Revealed by Transmission Electron Microscopy, *AOGS2024 21st annual meeting*, 2024 年 6 月, Korea, Pyeongchang

(国内の会議・学会等 : 29 件)

1. 橋本明弘, ロールワリン領域の局地気象再現実験, 世界の氷河氷床変動の理解に向けた研究集会 ~現地観測-衛星観測-モデル計算の連携~, 2025 年 1 月, 札幌

2. 橋本明弘, ロールワリン領域を対象とした 局地気象シミュレーション, ヒマラヤ降水研究会, 2024 年 12 月, 名古屋
3. 佐藤 陽祐, 橋本明弘, 鎌田萌花, 加藤真奈, 稲津將, 丹治和博, 川添祥, 雲微物理プロセスの将来変化から読み解く、北海道における将来の降雪粒子特性, 北海道気候変動影響研究シンポジウム, 2024 年 12 月, 札幌市
4. 谷川朋範, 積雪の光学特性とその応用, 一般社団法人日本太陽エネルギー学会 太陽光発電部会第 39 回セミナー「積雪 PV」, 2024 年 12 月, オンライン
5. 毛利英明, 大気境界層乱流の応用研究:現状と展望, 同志社大学エネルギー変換研究センター技術セミナー, 2024 年 12 月, 京田辺市
6. 白川龍生, 的場澄人, 橋本明弘, 山崎紋人, Furano bonchi powder project, 「ふわサラ度」を用いた北海道富良野における降雪の特徴分析, 寒地技術シンポジウム, 2024 年 11 月, 札幌市
7. 折笠成宏, 村上正隆, 斎藤篤思, 田尻拓也, 山下克也, 大竹秀明, 財前祐二, 篠田太郎, 岩田歩, 松木篤, 戸田雅之, 航空機観測データから得られたエアロゾル・雲の微物理特性, 2024 年日本気象学会秋季大会, 2024 年 11 月, 茨城県つくば市
8. 高見和弥, 鈴木賢士, 橋本明弘, 勝山祐太, 丘陵地形を越える雪雲の変化に関する研究, 日本気象学会 2024 年度秋季大会, 2024 年 11 月, つくば市
9. 足立恭将, 出牛真, 浦川昇吾, 吉村裕正, 行本誠史, 吉田康平, 川合秀明, 気象研究所地球システムモデルにおける地表面熱収支問題, 日本気象学会 2024 年度秋季大会, 2024 年 11 月, つくば市
10. 川畑拓矢, 佐谷茜, 西曉史, 清野直子, 林修吾, 伊藤純至, 幾田泰醇, 瀬古弘, Jules Finot, RDP Paris 2024 に向けた超高解像度シミュレーション及び 高解像度アンサンブル実験, 2024 年日本気象学会秋季大会, 2024 年 11 月, 茨城県つくば市
11. 田尻拓也, 折笠成宏, 岩田歩, 郭威鎮, 村上正隆, 吉田龍二, 高露点大気条件下における雲生成チェンバー実験 (その 2), 2024 年日本気象学会秋季大会, 2024 年 11 月, 茨城県つくば市
12. 村上正隆, 吉田龍二, 筆保弘徳, 北野湧斗, 折笠成宏, 田尻拓也, 岩田歩, 郭威鎮, 雲シーディング手法を用いた非軸対称対流の活性化による台風制御 (弱化) に関する数値実験, 2024 年日本気象学会秋季大会, 2024 年 11 月, 茨城県つくば市
13. 川合秀明, 出牛真, 吉村裕正, 神代剛, 行本誠史, 長澤亮二, 新藤永樹, 吉田康平, 足立恭将, 大島長, 水田亮, 浦川昇吾, 平原翔二, 庭野匡思, 渡辺泰士, 保坂征宏, 石井正好, 地球システムモデルにおける大気モデルの入れ替え, 日本気象学会 2024 年秋季大会, 2024 年 11 月, つくば市
14. 毛利英明, 大気境界層乱流の基礎研究:現状と展望, 同志社大学エネルギー変換研究センター 技術セミナー, 2024 年 11 月, 京田辺市
15. 足立 光司, 森林火災から生じるエアロゾル粒子の電子顕微鏡解析, 第 29 回大気化学討論会, 2024 年 10 月, 兵庫県神戸市
16. 川合秀明, 地球温暖化をどうやって予測するか?, 出前授業 (東京都立戸山高等学校 SSH 地学クラス), 2024 年 10 月, 新宿
17. 橋本明弘, 数値実験から得られた山岳地域の降雪粒子特性の分布, 非静力学モデルに関するワークショップ, 2024 年 9 月, 京都市
18. 松木篤, 大野耕平, 戸田雅之, 福岡剛士, 岩田歩, 岩本洋子, 濱崎恒二, 折笠成宏, 村上正隆, 個別粒子レベルの混合状態が物性に与える影響: 海洋性エアロゾルの事例から, 2024 年度 日本地球化学会 第 71 回年会, 2024 年 9 月, 金沢
19. 谷川朋範, 増田一彦, 石元裕史, 青木輝夫, 裸氷面の狭帯域・広帯域アルベドに対する表面ラフネスの影響, 雪氷研究大会 (2024・長岡), 2024 年 9 月, 長岡市

20. 青木輝夫, 八久保晶弘, 西村基志, 谷川朋範, 積雪粒径測定装置 HISSGraS の測定精度・限界・改善法, 雪氷研究大会 (2024・長岡), 2024 年 9 月, 長岡市
21. 西村基志, 青木輝夫, 庭野匡思, 大山元夢, 島田利元, 鈴木拓海, 梶川友貴, 的場澄人, 谷川朋範, 山口悟, 山崎哲秀, グリーンランド北西部 SIGMA-B サイトにおける 10 年間の表面熱収支と表面質量収支の変動, 雪氷研究大会 (2024・長岡), 2024 年 9 月, 長岡市
22. 田尻拓也, 折笠成宏, 岩田歩, 郭威鎮, 村上正隆, 吉田龍二, 高温・高湿な雲生成環境下における外部混合実験, 第 41 回エアロゾル科学・技術研究討論会, 2024 年 8 月, 東京都八王子市
23. 毛利英明, 1/f 雑音と乱流の流体力学, 「非平衡な乱流」研究会, 2024 年 7 月, 京都
24. 横山直人, 水野吉規, 温度成層下の一様剪断乱流における鉛直フラックスと秩序構造, 京都大学数理解析研究所 RIMS 共同研究 (公開型)「非平衡な乱流」, 2024 年 7 月, 京都市
25. 川合秀明, 気象研究所の研究官が教える! 「雲のはなし」, 千代田区立図書館で学ぼう! 夏のわくわく課外授業 2024, 2024 年 7 月, 千代田区
26. 橋本明弘, 降雪粒子特性の空間分布に対する山岳地形効果に関する数値実験, JpGU meeting 2024, 2024 年 5 月, 千葉県千葉市&オンライン
27. 渡邊俊一, 川瀬宏明, 廣川康隆, 今田由紀子, 野坂真, 線状降水帯発生に対する地球温暖化の影響, JpGU meeting 2024, 2024 年 5 月, 千葉県千葉市&オンライン
28. 川合秀明, 水田亮, 地球システムモデルの雲量の水平解像度依存, 日本気象学会 2024 年度春季大会, 2024 年 5 月, オンライン
29. 中川雅之, 吉村裕正, 気象庁全球モデルにおけるグレーゾーンに対応した積雲対流スキームの開発 (4), 日本気象学会 2024 年度春季大会, 2024 年 5 月, オンライン

イ. ポスター発表 : 28 件

(国際的な会議・学会等 : 9 件)

1. Hashimoto, A., Numerical simulations of mountain topography effects on characteristics of snow particles, Asian Conference on Meteorology 2024, 2024 年 11 月, Japan, Tsukuba
2. Iwamoto, Y., Y. Okamoto, A. Iwata, K. Ono, A. Matsuki, Y. Obayashi, K. Hamasaki, Influence of Organic Matter from Algae on Cloud Condensation Nucleus Characteristics of Sea Spray Aerosol, 13th Asian Aerosol Conference, 2024 年 11 月, Malaysia, Sarawak
3. Kawai, H., K. Yoshida, T. Koshiro, and S. Yukimoto, Importance of minor-looking treatments in cloud physics for GCM simulations, 気候変動における不確実性の起源に関するワークショップ, 2024 年 10 月, ワイオミング、及びオンライン
4. Kawai, H., K. Yoshida, T. Koshiro, and S. Yukimoto, Importance of minor-looking treatments for ESM performances, 気象・気候予測におけるモデルの不確実性に関するワークショップ, 2024 年 9 月, オクスフォード
5. Tajiri, T., N. Orikasa, A. Iwata, W.-C. Kuo, M. Murakami, and R. Yoshida, , Cloud chamber experiments measuring cloud condensation nuclei activation properties under tropics conditions, 19th International Conference on Clouds and Precipitation (ICCP 2024), 2024 年 7 月, 大韓民国, 西帰浦市
6. Orikasa, N., M. Murakami, A. Iwata, A. Matsuki, M. Toda, and HIWC Science Team, CCN and INP abilities of aerosol particles measured during HIWC-2022 and CPEX-CV flight campaigns, 19th International Conference on Clouds and Precipitation (ICCP 2024), 2024 年 7 月, 大韓民国, 西帰浦市
7. Kawai, H., K. Yoshida, T. Koshiro, and S. Yukimoto, What determines earth system model

performance? Physics or ...?, 第9回全球エネルギー水循環プロジェクト国際会議, 2024年7月, 札幌

8. Hashimoto, A., H. Fujinami, and K. Fujita, Numerical simulations of diurnal variation of precipitation in Rolling region, Nepal, 第9回全球エネルギー水循環プロジェクト国際会議, 2024年7月, 札幌
9. Kawai, H., and T. Koshiro, Do Low-level Clouds Strengthen Summertime Subtropical Highs?, CFMIP Meeting on Clouds, Precipitation, Circulation, and Climate Sensitivity, 2024年6月, アメリカ, ボストン

(国内の会議・学会等：19件)

1. Kuo, W-C., M. Murakami, T. Tajiri, and N. Orikasa, Numerical simulation of cloud modification by hygroscopic seeding under pristine maritime conditions, 2024年日本気象学会秋季大会, 2024年11月, 茨城県つくば市
2. 岩田歩, 大野耕平, 松本彩乃, 戸田雅之, 梶野瑞王, 岩本洋子, 大林由美子, 濱崎恒二, 松木篤, 西部北太平洋上の氷晶核粒子濃度とその予測における不確実性, 日本気象学会 2024年度秋季大会, 2024年11月, 茨城県つくば市
3. 橋本明弘, 中井専人, 山下克也, 本吉弘岐, 2022年12月長岡・柏崎大雪事例の降雪粒子特性に関する数値実験, 日本気象学会 2024年度秋季大会, 2024年11月, つくば市
4. 山下克也, 宇治靖, 鶴見優作, 三隅良平, 岩田歩, 野尻幸宏, 島伸一郎, 梶野瑞王, 筑波山山頂でのエアロゾル・雲・降水の粒径分布観測, 日本気象学会 2024年度秋季大会, 2024年11月, 茨城県つくば市
5. 橋本明弘, 高木朗充, 新堀敏基, 衛星観測と前方流跡線解析による二酸化硫黄放出率推定 その2, 日本火山学会 2024年度秋季大会, 2024年10月, 北海道札幌市
6. 岩田歩, 折笠成宏, 梶野瑞王, 村上正隆, 戸田雅之, 松本彩乃, 大野耕平, 岩本洋子, 濱崎恒二, 大林由美子, 松木篤, フィルター上液滴凍結法を用いた氷晶核粒子濃度調査 ―西部・東部北大西洋および西部北太平洋上空における研究―, 第29回大気化学討論会, 2024年10月, 兵庫県神戸市
7. 橋本明弘, 北海道の降雪粒子特性に関する数値実験, 第10回メソ気象セミナー, 2024年9月, 松江市
8. 坂井亜規子, 小林綺乃, 小野誠仁, 青木輝夫, 大畑祥, 上田紗也子, 的場澄人, 竹内望, Khalzan Prevdagva, 長田和雄, 谷川朋範, 黒崎豊, 小川隼輝, ポターニン氷河消耗域におけるアルベド 2023, 雪氷研究大会 (2024・長岡), 2024年9月, 長岡市
9. 杉浦幸之助, 堀雅裕, 青木輝夫, 北爪正希, 岩沢啓太, 谷川朋範, 融雪期における弥陀ヶ原高原での表面積雪粒径の広域分布, 雪氷研究大会 (2024・長岡), 2024年9月, 長岡市
10. 白川龍生, 的場澄人, 橋本明弘, Furano bonchi powder project, 「ふわサラ度」を用いた北海道富良野の雪環境の評価, 雪氷研究大会 (2024・長岡), 2024年9月, 長岡市
11. 橋本明弘, 藤波初木, 佐々木織江, 坂井亜規子, 藤田耕史, ヒマラヤ山岳域の局地気象日変化の再現実験 その3, 雪氷研究大会 (2024・長岡), 2024年9月, 長岡市
12. 橋本明弘, 白川龍生, 的場澄人, 雪水比と降雪過程との関係性に関する数値実験, 雪氷研究大会 (2024・長岡), 2024年9月, 長岡市
13. 岩田歩, 折笠成宏, 村上正隆, 戸田雅之, 松木篤, 大西洋上空における個別粒子組成と氷晶核粒子との関係, 第65回大気環境学会年会, 2024年9月, 神奈川県横浜市
14. 岩田歩, 大野耕平, 松本彩乃, 戸田雅, 岩本洋子, 大林由美子, 濱崎恒二, 松木篤, 西部北太平洋

上の氷晶核粒子濃度と海洋起源有機物の氷晶形成に与える影響, 第 41 回 エアロゾル科学・技術研究討論会, 2024 年 8 月, 東京都八王子市

15. 渡邊俊一, サーマルに着目した対流の格子間隔依存性, 2024 年日本気象学会秋季大会, 2024 年 7 月, 茨城県つくば市
16. 折笠成宏, 村上正隆, 岩田歩, 米国 HIWC サイエンスチーム, 2022 年高濃度氷晶雲キャンペーンでのエアロゾル・雲の航空機観測: エアロゾルの雲核・氷晶核特性, JpGU meeting 2024, 2024 年 5 月, 千葉県千葉市
17. 三隅良平, 橋本明弘, JMA-NHM2 モーメント雲微物理スキームへの観測に基づく雲粒粒径分布の導入実験, 日本気象学会 2024 年度春季大会, 2024 年 5 月, オンライン
18. 田尻拓也, 折笠成宏, 岩田歩, 郭威鎮, 村上正隆, 吉田龍二, 高露点大気条件下における雲生成チェンバー実験, 2024 年日本気象学会春季大会, 2024 年 5 月, 東京
19. 折笠成宏, 村上正隆, 岩田歩, 米国 HIWC サイエンスチーム, 高濃度氷晶雲プロジェクトでのエアロゾル・雲の航空機観測 (その 4), 2024 年日本気象学会春季大会, 2024 年 5 月, 東京

(4) 投稿予定論文: 7 件

1. Tanikawa, T., K. Masuda, H. Ishimoto, and K. Stamnes, 2025: Modeling of ice surface albedo: A quantitative study of the impact of surface roughness. *Journal of Quantitative Spectroscopy & Radiative Transfer*.
2. Zhou, Y., W. Li, N. Chen, T. Toyota, Y. Fan, T. Tanikawa, and K. Stamnes, 2025: Spatiotemporal variations of sea ice albedo: a study of the dynamics of sea ice albedo in the Sea of Okhotsk. *Remote Sensing*.
3. Misumi, R., and A. Hashimoto, 2024: Impacts of Observation-Based Cloud Droplet Size Distributions on the Simulation of Warm Stratiform Precipitation Using a Double-Moment Microphysics Scheme. *Atmospheric and Oceanic Science Letters*.
4. Stamnes, K., T. Kindervatter, W. Li, N. Chen, Y. Huang, Y. Hu, S. Stamnes, X. Lu, B. Hamre, T. Tanikawa, J. Lee, C. Weimer, X. Zeng, C. Gatebe, J. Stamnes, 2024: Two-stream approximation in radiative transfer: Average Optical Path Length Estimation. *Journal of the Atmospheric Sciences*.
5. Kindervatter, T., W. Li, N. Chen, Y. Huang, Y. Hu, S. Stamnes, X. Lu, B. Harume, J. J. Stamnes, T. Tanikawa, J. Lee, C. Weimer, X. Zeng, C. K. Gatebe, and K. Stamnes, 2025: Average optical path length estimation in a slab of arbitrary finite thickness. *Frontiers in Remote Sensing*.
6. Chen, N., W. Li, Y. Fan, Y. Zhou, T. Aoki, T. Tanikawa, M. Niwano, M. Hori, R. Shimada, S. Matoba, and K. Stamnes, 2025: Snow parameter retrieval (SPR) algorithm for the GCOM-C/SGLI sensor: Validation over the Greenland Ice Sheet. *Frontiers in Environmental Science*.
7. 山下克也, 橋本明弘, 岡本創, 鈴木賢士, 篠田太郎, 高見和弥, 梅原章仁, 2025: 2024 年度秋季大会専門分科会 「観測による雲・降水の微物理過程解明」 報告. 天気, 71.

● 報道・記事

- ・ 共同報道発表「北極域での気温上昇によって氷晶形成にかかわるエアロゾルは増加する」(令和 6 年 10 月 1 日)

● その他 ((3)「成果の他の研究への波及状況」関連))

2.2. 研究年次報告

2.2.1. 経常研究

- ・ 特になし。

データ同化技術と観測解析技術の高度化に関する研究（D 課題）

- 研究年次：1 年目／5 年計画（令和 6 年度～令和 10 年度）
- 研究代表者：岡本幸三（気象観測研究部長）
- 課題構成及び研究担当者

本研究課題の構成及び研究担当者は以下のとおりである。

（副課題 1）衛星データの同化及びリモートセンシング技術の高度化

副課題代表者：山崎明宏

[気象観測研究部]

石橋俊之、石田春磨、工藤 玲、岡部いづみ、田上雅浩、太田芳文、
近藤圭一、岡本幸三、林 昌宏(併任)、亀川訓男(併任)

[気象予報研究部]

中川雅之、大河原望

[火山研究部]

石元裕史

（副課題 2）次世代メソスケールデータ同化およびアンサンブルシステムの高度化

副課題代表者：川畑拓矢

[気象観測研究部]

堀田大介、太田芳文、幾田泰醇、近藤圭一、星野俊介、寺崎康児、
瀬戸里枝、佐谷 茜、井上卓也、山下翔大、田上雅浩、吉田 智、
瀬古 弘、横田 祥(併任)、川田英幸(併任)

[研究連携戦略官]

藤田 匡

[気象予報研究部]

大泉 伝

[全球・大気海洋研究部]

安井良輔

[台風・災害気象研究部]

小野耕介

（副課題 3）顕著現象の実況監視とメカニズム解明・予測のための地上リモートセンシング技術の開発

副課題代表者：酒井哲

[気象観測研究部]

吉田 智、西橋政秀、及川栄治、瀬古 弘、小島 淳（併任）、
吉本浩一（併任）、山本健太郎（併任）

[気象予報研究部]

田尻拓也

[台風・災害気象研究部]

荒木健太郎

● 研究の動機・背景

豪雨など自然災害の激甚化を踏まえ、「2030 年の科学技術を見据えた気象業務のあり方」（交通政策審議会気象分科会）として、台風・集中豪雨などの観測・予測精度向上のための技術開発が、重点的な取り組み事項として提言されている。

● 研究の目的

（全体）

全球からメソスケールまでのデータ同化技術と、衛星・地上リモートセンシング及び直接観測データを利用した監視・予測技術を開発し、台風、集中豪雨等の監視・予測精度を向上させる。

（副課題 1）衛星データの同化及びリモートセンシング技術の高度化

全球データ同化手法や衛星同化の改善による「主に全球大気数値予報システムを用いた解析・予測の高精度化改善」、衛星を用いた火山灰物質推定や火山灰雲の物理量推定による「火山灰情報の提供」、エーロゾル監視技術の高度化による「気候及び地球環境変動における社会課題の 1 つである黒色炭素や硫酸塩等の人為起源気候汚染物質による地球環境変動の把握」を目的とする。

(副課題2) 次世代メソスケールデータ同化およびアンサンブルシステムの高度化

メソスケールの激しい大気現象の予測可能性向上に向けたデータ同化やアンサンブル予報の改良や開発による「顕著現象の予測精度の向上」を目的とする。

(副課題3) 顕著現象の実況監視とメカニズム解明・予測のための地上リモートセンシング技術の開発

次世代水蒸気ライダーの開発等による「大気下層の水蒸気観測技術の確立」、観測データを用いた「線状降水帯など災害をもたらす予測の難しい気象現象の理解と予測精度向上」、「火山噴火や森林火災等エロゾル監視のための地上リモートセンシング技術の開発」を目的とする。

● 研究の目標**(全体)**

- ・ EarthCARE 衛星のエロゾルプロダクトの検証と高度化を進める。また、全天カメラによる雲の三次元分布観測手法の開発、スカイラジオメータによる昼夜間のエロゾルの観測技術の開発を進める。衛星サウンダの情報圧縮や火山灰推定技術を開発・改良する。
- ・ 非線形性・非ガウス性に対応したデータ同化システムを簡便なモデルを用いて開発・検証する。asuca-Var をベースとした LETKF システムの開発および豪雨に対する確率予測情報の創出を図る。
- ・ 地上マイクロ波放射計観測データなどの高度な同化手法や予測に有望なデータ選択手法の開発、航空機動態情報などの新しい観測の特性調査を行う。
- ・ 次世代型水蒸気ライダー (DIAL) を開発し、検証を行うとともに、豪雨発生域の風上での実証実験を開始する。地上マイクロ波放射計やライダーを用いた赤外サウンダの水蒸気鉛直分布の検証を行う。成層圏エロゾルの観測、地球システムモデルの検証を行う
- ・ 中期計画全体を通じた研究目標は、上記中間目標をさらに発展させ、より高度なデータ同化技術や AI 等の予測・データ処理技術、地上・衛星観測処理手法を開発・改良し、多くの事例・期間で検証を行う。また新しい観測の特性調査を更に進め、同化や他の観測の検証に利用する。

(副課題1) 衛星データの同化及びリモートセンシング技術の高度化**① 衛星データ同化の改良**

全天候域での衛星輝度温度同化など、衛星同化手法の高度化や、新規衛星データの導入・同化改良を行う。ひまわり後継衛星等の将来の衛星観測を想定し、OSSE) 等を実施して、新規観測データの同化観測やインパクト評価を行う。

② 全球データ同化システムの改良

アンサンブルを用いた全球データ同化手法の開発・改良や、誤差統計処理の高度化や結合同化などによる観測情報の拡充、観測インパクト評価の高度化、海洋結合同化の高度化を行う。高度化したデータ同化を用いた総合的な評価を行う。

③ 衛星・地上観測による大気中物質のリモートセンシング技術に関する研究

EarthCARE 衛星のエロゾルプロダクトの検証と高度化を図り、次期静止気象衛星等でのエロゾルプロダクト開発のための基盤技術を開発する。全天カメラとスカイラジオメータによる雲の地上放射観測システムを開発する。太陽光・月光観測スカイラジオメータによるエロゾルの変動 監視技術を確立する。衛星搭載多波長センサやサウンダにおける観測データ情報圧縮・抽出アルゴリズムを開発する。赤外サウンダデータを用いた火山灰情報の高度化とひまわり等イメージャの赤外チャンネルを使った火山灰推定 (OVAA) の精度向上を図る。

(副課題2) 次世代メソスケールデータ同化およびアンサンブルシステムの高度化

- ④ 非線形性・非ガウス性が卓越している顕著現象の予測可能性を向上すべく、データ同化システ

ムの高度化を図る。

- ⑤ 高頻度・高密度な観測データを同化する手法を開発するとともに、新規観測データの同化手法を開発する。
- ⑥ 豪雨予測を精度良く行うアンサンブルシステムの開発およびアンサンブル情報の高度利用法を開発する。

(副課題3) 顕著現象の実況監視とメカニズム解明・予測のための地上リモートセンシング技術の開発

- ⑤ 大気下層をターゲットとした、高精度かつ小型・低コストで多点展開できる地上リモートセンシング観測技術を開発する。
- ⑥ 豪雨発生域の風上（地上、洋上）等で実証実験を行い、観測データ質の評価、現象解析、データ同化による予測インパクト調査、実況把握への利用を行う。
- ⑦ 予測に有望なデータの選択法の調査と開発、評価を行う。
- ⑧ 新しい観測データの特性調査、同化手法の開発を行う。
- ⑨ 地上マイクロ波放射計・ライダーを用いた衛星水蒸気プロダクトの検証を行う
- ⑩ 全球規模で気候変動に影響を及ぼす成層圏エロゾルの観測と放射効果の評価、地球システムモデル、火砕物移流拡散モデルの検証を行う。

● 研究成果

(1) 今年度得られた成果の概要

(全体)

- ・ 全球を対象としたデータ同化や衛星データの同化に関わる研究として、全天候域での衛星輝度温度同化手法の改良や、サウンダの多チャンネル情報を有効に活用するための調査、ひまわりC02 バンドの晴天輝度温度同化開発を進め、適切な品質管理や観測誤差の導入の重要性を確認した。アンサンブルを用いた全球データ同化システムの開発を進め、背景誤差の影響を調査した。観測誤差の精緻化や、大気と海面水温の結合同化により全球大気解析の精度が改善することを示した。
- ・ メソスケールの同化研究においては、次世代データ同化システムとしてアンサンブルカルマンフィルタ等の開発を進め、さらに非線形性を考慮するデータ同化手法の開発や、AI を活用したデータ同化手法の開発を行った。赤外サウンダやマイクロ波放射計による観測データの同化手法を開発している。
- ・ EarthCARE 衛星搭載ライダーを使った雲・エロゾルのプロダクトを開発し、地上観測による検証を行った。太陽光・月光観測スカイラジオメータによる観測データを蓄積し、月光観測データの解析を進めた。特殊火山灰事例について、赤外サウンダによるスペクトル情報からその原因を究明し解析手法の改良を行った。
- ・ 既存 AI 気象モデルの精度検証を実施し、全球同化システムやアンサンブルへの利用可能性について調査した。さらに深層学習を用いたダウンスケーリング手法の開発を行った。
- ・ 次世代型水蒸気ライダー (DIAL) の調整を進め、R7 年度以降の暖候期に実施する観測地点の選定と基礎工事を実施した。地上マイクロ波放射計データの同化実験、ドローンデータ補正方法の開発、航空機動態情報の調査を行い、幾つかの事例で予測改善を確認した。センサ最適化手法等を用いて最適な可降水量観測位置を選択し、予測への影響を実証した。つくば、ニュージーランド・ローダーでのエロゾルライダー観測を実施し、火山灰移流拡散モデル検証用解析データの取得を行った。ライダーデータと気象研地球システムモデル (MRI-ESM2) との比較を行った結果、MRI-ESM2 が成層圏エロゾルの光学的厚さを過小評価している結果が得られた。

(副課題1) 衛星データの同化及びリモートセンシング技術の高度化

- ・ 全天候域での衛星赤外輝度温度同化手法を改良し、サウンダや全球静止衛星への拡張を行い、更なる解析精度改善に向けた課題を抽出した。ひまわり CO2 バンドによって観測された晴天輝度温度 (CO2-CSR) をメソ解析にて利用できよう、品質管理手法の開発とそれを用いたインパクト実験を実施し、CO2-CSR は他観測の第一推定誤差を低減させること、特に夏の強い降水に対して予報スコアを改善することが分かった。赤外サウンダデータの主成分分析からの再構築輝度利用時の予測精度影響を調査し、適切な観測誤差の導入により精度悪化を低減できることを示した。
- ・ 4次元及び3次元の背景誤差を用いたアンサンブル同化システムにおいて、非局所観測 (衛星輝度温度観測) のインパクトの違いを明らかにした。観測誤差の流れ依存性の精緻化や大気と海面水温の結合同化により、全球大気解析の精度が改善することを示した。データ駆動気象モデルを独立な解析値で評価し、信頼できる定量的な精度評価結果を得た。
- ・ EarthCARE 衛星搭載ライダーを使った雲・エアロゾルのプロダクトを開発し、地上観測による検証を行った。太陽光・月光観測スカイラジオメータによる観測データを蓄積し、月光観測データの解析を進めた。特殊火山灰事例について、赤外サウンダによるスペクトル情報からその原因を究明し解析手法の改良を行った。

(副課題2) 次世代メソスケールデータ同化およびアンサンブルシステムの高度化

- ・ 次世代データ同化システムとしてアンサンブルカルマンフィルタ等の開発を進め、さらに非線形性を考慮するデータ同化手法として LETKF-LPF ハイブリッドシステムの開発や、AI を活用したデータ同化手法の開発を行った。赤外サウンダやマイクロ波放射計による観測データの同化手法を開発している。アンサンブルへの利用を目指して既存 AI 気象モデル精度検証を実施したほか、深層学習を用いたダウンスケーリング開発を行った。

(副課題3) 顕著現象の実況監視とメカニズム解明・予測のための地上リモートセンシング技術の開発

- ・ 次世代型水蒸気 DIAL の調整を進め、R7 年度以降の暖候期に実施する観測地点の選定と基礎工事を実施した。地上マイクロ波放射計データの同化実験、ドローンデータ補正方法の開発、航空機動態情報の調査を行い、幾つかの事例で予測改善を確認した。センサ最適化手法等を用いての最適な可降水量観測位置を選択し、予測への影響を実証した。
- ・ つくば、ニュージーランド・ローダーでのエアロゾルライダー観測を実施し、火山灰移流拡散モデル検証用解析データを取得した。ライダーデータと MRI-ESM2 シミュレーション結果を比較した結果、MRI-ESM2 が成層圏エアロゾルの光学的厚さを過小評価している結果が得られた。

(2) 当初計画からの変更点 (研究手法の変更点等)

全体、副課題共に特段の変更はなかった。(当初計画に沿って実施した。)

(3) 成果の他の研究への波及状況**(全体)**

観測データの高度な同化手法や、アンサンブルを用いた次世代のデータ同化システムを調査・開発し、成果を数値予報課に提供している。これらの開発は、衛星搭載のサウンダの超多チャンネル情報、全天候域での赤外センサ、衛星合成開口レーダ (SAR) の海上風、地上マイクロ波放射計の輝度温度観測などの多様な観測や、非線形性が強く利用が困難な観測を有効に活用し、解析・予測精度の向上に

資する。また水蒸気ライダー、ドップラーライダー、ラジオゾンデ等を用いて、線状降水帯に大きな影響を与える暖湿気流の鉛直構造の調査も進めている。

(副課題1) 衛星データの同化及びリモートセンシング技術の高度化

- 赤外サウンダの再構築輝度温度同化や全天候域での赤外輝度温度同化など、現業利用に先立つ重要な調査・開発を行い、知見やコードを数値予報課に共有している。ひまわり 8/9 号に対応する新規衛星プロダクトの開発を行い、気象衛星課などと知見を共有している。

(副課題2) 次世代メソスケールデータ同化およびアンサンブルシステムの高度化

- これまで気象庁では局地解析がハイブリッド化され、現在メソ解析のハイブリッド化の検討が進められている。本副課題においては非ガウス性を考慮したハイブリッドシステムの開発や、アジョイントを用いないデータ同化システムの開発を行い、次世代あるいは次々世代の現業データ同化・アンサンブルシステムの高度化へ貢献するとともに、観測データ利用手法の高度化によって現システムへの貢献を図る。さらに高度なアンサンブルシステムによってメソおよび局地アンサンブルの高度化に資する開発を行う。

(副課題3) 顕著現象の実況監視とメカニズム解明・予測のための地上リモートセンシング技術の開発

- 水蒸気ライダー、ドップラーライダー、ラジオゾンデ等による観測データを用いて、2022 年 7 月 14 日に九州南部で発生した大きな影響を与えた暖湿気流の鉛直構造を明らかにした。地上設置型マイクロ波放射計の鉛直プロファイル観測データ同化のインパクトを調べた成果を数値予報課や技術開発室に提供した。

(4) 事前・中間評価の結果の研究への反映状況

EarthCARE 衛星や SAR 海上風、小型衛星搭載マイクロ波サウンダ、静止衛星等搭載サウンダ、高頻度な衛星大気追跡風 (AMV)、地上マイクロ波放射計など、多様な新しい衛星観測データの同化技術の開発に取り組んでいる。また豪雨の監視・予測改善・メカニズム解明のため、降雨レーダーや水蒸気ライダー、雷センサ、ドローン、地上・船舶全球測位衛星システム (GNSS)、航空機動態情報などの現場観測や解析、同化研究を、気象研内の他課題及び大学・研究期間と進めている。

● 今後の研究の進め方

(全体)

全球同化では、全天候域での衛星輝度温度同化手法の改良、全球アンサンブル同化システムの誤差確率密度関数の精緻化、結合同化による高精度化に取り組む。メソスケール同化においても、アンサンブル同化システムの開発や観測データの高度・新規利用に取り組む。さらに機械学習をデータ同化へ応用する開発を行い、豪雨や台風への予測改善を調査する。また EarthCARE や次期静止気象衛星を用いた雲・エーロゾルプロダクトの開発に取り組む。

地上リモートセンシング研究については、暖候期に長崎市野母崎において次世代型水蒸気ライダーによる連続観測を行い、線状降水帯の発生、強化、維持機構の解明を進める。引き続き豪雨の監視・予測改善・メカニズム解明に最適な観測位置やデータ特性等の知見を得るための手法の開発を行う。

(副課題1) 衛星データの同化及びリモートセンシング技術の高度化

全球アンサンブル同化システムの誤差確率密度関数の精緻化や、結合同化による高精度化、全天候域での衛星輝度温度同化手法の改良に取り組む。EarthCARE や次期静止気象衛星を用いた雲・エーロゾ

ルプロダクトの開発に取り組む。

(副課題2) 次世代メソスケールデータ同化およびアンサンブルシステムの高度化

引き続きメソスケールのアンサンブル同化システムの開発に取り組む。機械学習をデータ同化へ応用する開発を行い、豪雨や台風への予測改善を調査する。

(副課題3) 顕著現象の実況監視とメカニズム解明・予測のための地上リモートセンシング技術の開発

暖候期に長崎市野母崎において次世代型水蒸気ライダーによる連続観測を行い、線状降水帯の発生、強化、維持機構の解明を進める。引き続き豪雨の監視・予測改善・メカニズム解明に最適な観測位置やデータ特性等の知見を得るための手法の開発を行う。

● 研究成果リスト

(1) 査読論文：20件

1. Hamada, A., C. Yokoyama, H. Tsuji, Y. Ikuta, S. Shige, M. Yamaji, T. Kubota, and Y. N. Takayabu, 2025: Spectral Latent Heating Retrieval for the Midlatitudes Using GPM DPR. Part II: Development and Consistency Check of the Retrieval Algorithm. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 64, 45-61.
2. Yokoyama, C., A. Hamada, Y. Ikuta, S. Shige, M. Yamaji, H. Tsuji, T. Kubota, and Y. N. Takayabu, 2025: Spectral Latent Heating Retrieval for the Midlatitudes Using GPM DPR. Part I: Construction of Lookup Tables. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 64, 21-43.
3. Inoue, J., H. Seko, K. Sato, and T. Sakai, 2024: Operational Capability of Drone-Based Meteorological Profiling in an Urban Area. *Journal of Geophysical Research Atmosphere*, 130.
4. Akira Yamauchi, Kentaroh Suzuki, Eiji Oikawa, Miho Sekiguchi, Takashi M. Nagao, and Haruma Ishida, 2024: Description and validation of the Japanese algorithm for radiative flux and heating rate products with all four EarthCARE instruments: pre-launch test with A-Train. *Atmospheric Measurement Techniques*, 17, 6751-6767.
5. Asher, E., A. Baron, P. Yu, M. Todt, P. Smale, B. Liley, R. Querel, T. Sakai, I. Morino, Y. Jin, T. Nagai, O. Uchino, E. Hall, P. Cullis, B. Johnson, T. D. Thornberry, 2024: Balloon Baseline Stratospheric Aerosol Profiles (B2SAP)? Perturbations in the Southern Hemisphere, 2019?2022. *Journal of Geophysical Research Atmosphere*, 129, e2024JD041581.
6. Ishibashi, T., 2024: Atmosphere and sea surface temperature coupled data assimilation with enhanced use of SST-sensitive microwave radiances. *Monthly Weather Review*, 152, 2505-2526.
7. Okamoto, K., T. Ishibashi, I. Okabe, and H. Shimizu, 2024: Extension of all-sky radiance assimilation to hyperspectral infrared sounders. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 150(765), 5472-5497.
8. Ishibashi, T., 2024: Accurate Global Atmospheric State Analysis using Objective Error Statistics Including Observation Error Dependence on Water Substance Field. *Earth and Space Science*, 11, e2023EA003029.
9. Ishibashi, T., 2024: Global atmospheric state analysis using objective Gaussian probability density functions. *Scientific Reports*, 14, 22275.
10. Campanelli, M., Estelles, V., Kumar, G., Nakajima, T., Momoi, M., Grobner, J., Kazadzis, S.,

- Kouremeti, N., Karanikolas, A., Barreto, A., Nevas, S., Schwind, K., Schneider, P., Harju, I., Karha, P., Diemoz, H., Kudo, R., Uchiyama, A., Yamazaki, A., Iannar, 2024: Evaluation of on-site calibration procedures for SKYNET Prede POM sun?sky photometers. *Atmospheric Measurement Techniques*, 17, 5029-5050.
11. Inoue, T., T. T. Sekiyama, and A. Kudo, 2024: Development of a Temperature Prediction Method Combining Deep Neural Networks and a Kalman Filter. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, 102, 415-427.
 12. Begue, N., A. Baron, G. Krysztofiak, G. Berthet, C. Kloss, F. Jegou, S. Khaykin, M. Ranaivombola, T. Millet, T. Portafaix, V. Duflo, P. Keckhut, H. Veremes, G. Payen, M. K. Sha, P.-F. Coheur, C. Clerbaux, M. Sicard, T. Sakai, R. Querel, B. Liley, D. Smale, I. Morino, O. Uchino, T. Nagai, P. Smale, J. Robinson, and H. Bencherif, 2024. Evidence of a dual African and Australian biomass burning influence on the vertical distribution of aerosol and carbon monoxide over the southwest Indian Ocean basin in early 2020. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 24, 8031-8048.
 13. Hirayama, T., Y. Miyamoto, K. Okamoto, and I. Okabe, 2024: Verification of wind prediction in the upper troposphere in the north Pacific via flight observation. *SOLA*, 20, 138-144.
 14. Ikuta, Y., and U. Shimada, 2024: Impact of Assimilation of the Tropical Cyclone Strong Winds Observed by Synthetic Aperture Radar on Analyses and Forecasts. *Monthly Weather Review*, 152, 1007-1025.
 15. Inoue, J., H. Seko, K. Sato, and T. Sakai, 2025: Operational capability of drone-based meteorological profiling in an urban area. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 130, e2024JD041927.
 16. Yoshida, S., T. Sakai, T. Nagai, Y. Ikuta, T. Kato, K. Shiraishi, R. Kato, and H. Seko, 2024: Water vapor lidar observation and data assimilation for a moist low-level jet triggering a mesoscale convective system. *Monthly Weather Review*, 152, 1119-1137.
 17. Kato, R., S. Shimizu, K. Shimose, K. Hirano, K. Shiraishi, S. Yoshida, T. Sakai, T. Nagai, 2024: Improvement of two-hour-ahead QPF using blending technique with spatial maximum filter for tolerating forecast displacement errors and water vapor lidar assimilation, *Journal of the Meteorological Society of Japan, Ser. II*, 102, 445-464.
 18. Uchino, O., T. Sakai, I. Morino, T. Nagai, H. Okumura, Y. Jin, A. Ugajin, T. Nishizawa, A. Shimizu, T. Matsunaga, and K. Arai, 2024: Decadal (2011-2020) stratospheric aerosol variability observed by lidar over Saga, Japan. *Journal of Laser Radar Society of Japan*, 5, 4-12.
 19. Khaykin, S., G. Taha, T. Leblanc, T. Sakai, I. Morino, B. Liley, and S. Godin-Beekmann, 2024: Stratospheric aerosols [in "State of the Climate in 2023"]. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 105 (8), S96-S98.
 20. 高島久洋, 原圭一郎, 西田千春, 白石浩一, 林 政彦, 伊禮聡, 兼保直樹, 高良太, 小林拓, 丸本幸治, 奥田知明, 長田和雄, 乙部直人, 高 昭憲, 内尾英一, 上田佳代, 山崎明宏, 吉野彩子, 2024: 福岡における越境/局地大気汚染・健康影響に関する研究. *エアロゾル研究*, 39, 129-144.

(2) 査読論文以外の著作物(翻訳、著書、解説等): 1 件

1. 瀬古 弘, 2024: 豪雨の予測精度向上を目指して大気を測る(<特集>社会経済活動を支える気象予測技術), 2024: *日本機械学会誌*, 127(1271), 4-9.

(3) 学会等発表：84 件

ア. 口頭発表：61 件

(国際的な会議・学会等：19 件)

1. Takuya Kawabata, Akane Saya, Akifumi Nishi, Naoko Seino, Shugo Hayashi, Junshi Ito, Yasutaka Ikuta, Hiromu Seko, A thunderstorm simulation with an urban canopy model -7th May 2022 case -, General Assembly of the Paris Olympics 2024 RDP, 2024 年 11 月, France, Paris
2. S. Yoshida, T. Sakai, T. Nagai, H. Seko, T. Kato, K. Shiraishi, and S. Shimizu, Observation of slant structure of a moist low-level jet using water vapor Raman lidars, Doppler lidars, and radiosondes during the rainy season in Japan, The 4th Asian Conference on Meteorology(ACM)2024, 2024 年 11 月, Japan, Tsukuba
3. Hoshino, S., Predictability verification of quasi-stationary linear mesoscale convective systems considering the double penalty problem using the method for object-based evaluation (MODE), The 4th Asian Conference on Meteorology (ACM) 2024 jointly organized with The 3rd Workshop on the A3 Foresight Program, 2024 年 11 月, つくば市
4. Inoue, T., T. Kawabata, T. T. Sekiyama, and S. Ito, Development of a Precipitation Downscaling Method with Deep Learning for Numerical Weather Prediction Outputs, Asian Conference on Meteorology 2024, 2024 年 11 月, Japan, Tsukuba
5. Ikuta, Y., Assimilation of cloud profiling radar using machine-learning-generated background errors and local ensemble tangent linear models, 10th International Symposium on Data Assimilation (ISDA), 2024 年 10 月, 兵庫県神戸市
6. Kondo, K., T. Miyoshi, and T. Kawabata, A hybrid particle filter/ensemble Kalman filter implementation with an intermediate AGCM, 10th International Symposium on Data Assimilation (ISDA), 2024 年 10 月, 兵庫県神戸市
7. Okamoto, K., M. Hayashi, M. Nakagawa, G. Kikuchi, T. Kubota, Preparation for EarthCARE/CPR assimilation, EUMETSAT Meteorological Satellite Conference 2024, 2024 年 10 月, ドイツ, ビュルツブルグ
8. Ikuta, Y., Assimilation of spaceborne radar using background error covariance generated by conditional generative adversarial network , EUMETSAT Meteorological Satellite Conference 2024, 2024 年 9 月, ドイツ, ビュルツブルグ
9. Kumar, G., M. Campanelli, M. Garcia, V. Estelles, A. Uchiyama, T. Matsunaga, A. Yamazaki, A. Iannarelli, S. Casadio, G. Mevi, and N. Ferrante, First time AOD measurements obtained during night-time using lunar POM radiometer at Tor Vergata site (Italy), EMS Annual Meeting 2024, 2024 年 9 月, Spain, Barcelona
10. Ikuta, Y., Assimilation method for clouds and precipitation forecast using background error covariance generated by conditional generative adversarial network, 11th workshop of the International Precipitation Working Group, 2024 年 7 月, 東京
11. Okamoto, K., M. Hayashi, M. Nakagawa, G. Kikuchi, T. Kubota, Preparation for space-based cloud radar assimilation, 11th workshop of the International Precipitation Working Group, 2024 年 7 月, 東京
12. TANOUE, M., H. Yashiro, K. Yoshimura, Development of a Global Cloud-System-Resolving Model ?Equipped With Stable Water Isotopes (NICAM-WISO), GEWEX Open Science

Conference, 2024 年 7 月, 札幌

- 13.岡部 いづみ, 岡本 幸三, Impact of Aeolus wind data assimilation on a heavy rain forecast, AOGS2024 21st annual meeting, 2024 年 6 月, Korea, Pyeongchang
- 14.Yoshifumi Ota, Kozo Okamoto, Hiroyuki Shimizu, and Hidehiko Murata, Progress of All-sky Data Assimilation at JMA, 2024 International Workshop on Radiative Transfer Models for Satellite Data Assimilation, 2024 年 6 月, China, Beijing
- 15.Takuya KAWABATA, Forecasting Severe Local Storms with advanced DA and Ensemble - Beyond Weather Forecast , Stratosphere-Troposphere Interactions and Prediction of Monsoon weather EXtremes (STIPMEX), 2024 年 6 月, India, Pune
- 16.Izumi Okabe, Kozo Okamoto, Toshiyuki Ishibashi, Comparison of the impact of all-sky and clear-sky infrared radiance assimilation for the global geostationary satellites in the JMA' s global NWP system, JpGU meeting 2024, 2024 年 5 月, 千葉県千葉市
- 17.Masahiro Tanoue, Hisashi Yashiro, Kei Yoshimura, Development of an isotope data assimilation system using a non-hydrostatic icosahedral model and the local ensemble transform Kalman filter, 8th WMO Workshop on the Impact of Various Observing Systems on NWP, 2024 年 5 月, Sweden, Norrköping
- 18.Okamoto. K., T. Ishibashi, I. Okabe, , All-sky infrared radiance assimilation in the operational global system, 8th WMO Workshop on the Impact of Various Observing Systems on NWP, 2024 年 5 月, Sweden, Norrköping
- 19.Sakai, T., S. Yoshida, T. Nagai, T. Kawabata, K. Yano, E. Haraguchi, M. Imaki, M. Katsumata, and S. Yokoi, Ship-based coherent DIAL measurement of water vapor and wind vertical distributions in the lower troposphere -Initial result-, American Meteorological Society 105th annual meeting, 2025 年 1 月, United States of America, New Orleans.

(国内の会議・学会等 : 43 件)

- 1.高柳裕次, 森本健志, 秋田学, 吉田智, 河崎善一郎, Wu Ting, Wang Daohong, VHF 帯広帯域干渉計で観測された夏季に発生したリコイルリーダの解析, 日本大気電気学会第 103 回研究発表会, 2025 年 1 月, 静岡
- 2.瀬古 弘, 線状降水帯の機構解明のための洋上ドローンと新しい水蒸気観測の取り組み, 令和 6 年度 気象研究所 研究成果発表会, 2024 年 12 月, 東京都港区
- 3.瀬戸 里枝, 受動的衛星マイクロ波観測による液相雲水雲/雨水量同時推定の合成実験, 水工学講演会, 2024 年 12 月, 富山市
- 4.中山 真吾, 瀬戸 里枝, 鼎 信次郎, 大泉 伝, 太田 琢磨, 川畑 拓矢, 佐々木 織江, Le DUC, 令和 2 年 7 月豪雨の九州地方を対象とした 200 メンバーアンサンブル土砂災害危険度予測, 水工学講演会, 2024 年 12 月, 富山市
- 5.酒井 哲, 吉田 智, 川畑拓矢, 永井智広, 矢野謙也, 原口英介, 今城勝治, 勝俣昌己, 横井寛, 船舶搭載型水蒸気・風同時観測ライダーの海上実証実験, 日本気象学会 2024 年秋季大会, 2024 年 11 月, つくば
- 6.吉田智, 梅原章仁, 林修吾, 山内洋, 櫻井南海子, 清水慎吾, 気象庁雷監視システムの精度検証, 2024 年日本気象学会秋季大会, 2024 年 11 月, 茨城県つくば市
- 7.石元裕史, 新堀 敏基, 石井 憲介, 林 昌宏, SPLIT 輝度温度差が正になる火山灰雲, 日本気象学会 2024 年秋季大会, 2024 年 11 月, つくば市
- 8.山口宗彦, 幾田泰醇, 伊藤耕介, 佐藤正樹, Pangu-Weather と気象庁 GSM 初期値 を用いた台風

- 予測, 日本気象学会 2024 年秋季大会, 2024 年 11 月, つくば
- 9.星野俊介, 位置ずれ等を考慮した線状降水帯予測の検証, 日本気象学会 2024 年度秋季大会, 2024 年 11 月, つくば市
- 10.岡本幸三, 石橋俊之, 岡部いづみ, ハイパースペクトル赤外サウンダの全天候輝度温度同化その 2: チャネル追加の効果, 日本気象学会 2024 年秋季大会, 2024 年 11 月, つくば市
- 11.及川 栄治, 酒井 哲, 西橋 政秀, 永井 智広, 吉田 智, 阿保 真, DIAL による水蒸気観測のノイズ除去アルゴリズム開発, 日本気象学会 2024 年度秋季大会, 2024 年 11 月, つくば市
- 12.太田芳文, 静止気象衛星 FY-4B 搭載の赤外サウンダ GIIRS のデータ品質評価, 日本気象学会 2024 年秋季大会, 2024 年 11 月, つくば
- 13.田上雅浩, 岡部いづみ, 近藤圭一, 幾田泰醇, 太田芳文, 川畑拓矢, 岡本幸三, 秋元銀河, 安藤 慧, 草野直人, 村田英彦, メソ解析への Himawari CO2 バンド CSR データの利用検討, 日本気象学会 2024 年秋季大会, 2024 年 11 月, つくば
- 14.幾田泰醇, ベイズ理論に基づく観測位置最適化と同化へのインパクト, 日本気象学会 2024 年秋季大会, 2024 年 11 月, つくば
- 15.山下翔大, 幾田泰醇, 川畑拓矢, 井藤智史, 超多数アンサンブル気象予測のための AI 気象モデルの基礎調査, 日本気象学会 2024 年秋季大会, 2024 年 11 月, つくば
- 16.岡部いづみ, 岡本 幸三, 石橋 俊之, 静止衛星の全天候赤外輝度温度同化ー全球領域でのインパクト評価 2ー, 日本気象学会 2024 年秋季大会, 2024 年 11 月, つくば
- 17.井上卓也, 川畑拓矢, 関山剛, 井藤智史, 深層学習による気象モデルの降水ダウンスケーリングの調査, 日本気象学会 2024 年秋季大会, 2024 年 11 月, つくば
- 18.川畑拓矢, 佐谷茜, 西暁史, 清野直子, 林修吾, 伊藤純至, 幾田泰醇, 瀬古弘, Jules Finot, RDP Paris 2024 に向けた超高解像度シミュレーション及び 高解像度アンサンブル実験, 2024 年日本気象学会秋季大会, 2024 年 11 月, 茨城県つくば市
- 19.近藤圭一, 三好建正, 川畑拓矢, LETKF と LPF のハイブリッドによる非ガウス同化手法, 2024 年日本気象学会秋季大会, 2024 年 11 月, 茨城県つくば市
- 20.酒井 哲, 吉田 智, 川畑拓矢, 永井智広, 矢野謙也, 原口英介, 今城勝治, 勝俣昌己, 船舶搭載型水蒸気・風同時観測ライダーの海上実証実験, 日本気象学会 2024 年秋季大会, 2024 年 11 月, つくば市
- 21.石橋俊之, 高解像度アンサンブルによる全球大気状態推定 (2), 日本気象学会 2024 年秋季大会, 2024 年 11 月, つくば市
- 22.石橋俊之, 藤井陽介, 石川一郎, 小林ちあき, 高解像度全球大気海洋結合同化による大気海洋結合系の状態推定, 日本気象学会 2024 年秋季大会, 2024 年 11 月, つくば市
- 23.石元裕史, 新堀敏基, 石井憲介, 林昌宏, 衛星から観測した火山灰雲の輝度温度スペクトルによる火山灰物質の推定, 日本火山学会 2024 年度秋季大会, 2024 年 10 月, 北海道札幌市
- 24.瀬古 弘, 線状のメソ降水系の予測精度向上に向けて, 第 10 回メソ気象セミナー, 2024 年 9 月, 島根県松江市
- 25.川畑 拓矢, 線状降水帯をアンサンブルから理解する, メソ気象セミナー, 2024 年 9 月, 松江
- 26.瀬古 弘, 線状のメソ降水系の形態と維持機構, 第 10 回メソ気象セミナー, 2024 年 9 月, 島根県松江市
- 27.幾田泰醇, ベイズ理論に基づくセンサ位置最適化とデータ同化との関係, 第 26 回非静力学モデルに関するワークショップ, 2024 年 9 月, 京都市
- 28.吉田智, 酒井哲, 永井智広, 瀬古弘, 加藤輝之, 白石浩一, 清水慎吾, ライダーとゾンデを用いた線状降水帯風上側の観測, 第 42 回レーザセンシングシンポジウム, 2024 年 9 月, 大阪市

- 29.瀬戸 里枝, 衛星マイクロ波観測を用いた陸域の雲観測とその同化による河川流域スケール降水予測, 水文・水資源学会 2024 年度研究発表会, 2024 年 9 月, 豊洲
- 30.田尻拓也, 気象学の観点からの水蒸気変動把握の重要性 ?雲物理と放射計観測?, 「対流圏水蒸気のサイエンス」分野横断研究ワークショップ, 2024 年 6 月, 岩手県奥州市
- 31.西橋政秀, 及川栄治, 永井智広, 酒井哲, 吉田智, 阿保真, 線状降水帯の予測精度向上を目的とした次世代型水蒸気ライダーの開発と試験観測, 日本地球惑星科学連合 2024 年大会, 2024 年 5 月, 千葉県千葉市&オンライン
- 32.牛山朋来, モハメッドラスミー, 久保田啓二郎, 森範行, 小池俊雄, 瀬戸里枝, 陸域 AMSR2 マイクロ波放射計データ同化による線状降水帯の予測精度の改善, 日本気象学会 2024 年春季大会, 2024 年 5 月, オンライン
- 33.牛山朋来, モハメッドラスミー, 久保田啓二郎, 森範行, 小池俊雄, 瀬戸里枝, 陸域 AMSR2 マイクロ波放射計データ同化による線状降水帯の予測精度の改善, 日本気象学会 2024 年春季大会, 2024 年 5 月, オンライン
- 34.幾田泰醇, 堀之内武, 塚田大河, 伊藤耕介, 辻野智紀, 嶋田宇大, 沢田雅洋, 大気追跡風同化がもたらす台風構造変化の事前調査, 2024 年日本気象学会春季大会, 2024 年 5 月, 東京
- 35.瀬古弘, 酒井哲, 吉田智, 幾田泰醇, 川畑拓矢, 中村哲也, 線状降水帯予測精度向上のための気象観測用ドローン洋上観測, 日本気象学会 2024 年春季大会, 2024 年 5 月, オンライン
- 36.太田芳文, 静止気象衛星 FY-4B 搭載の 赤外サウンダ GIIRS のデータ特性評価, 日本気象学会 2024 年度春季大会, 2024 年 5 月, オンライン
- 37.工藤玲, 鶴岡睦, 全天カメラのステレオ撮影による雲量・雲底高度の観測, 日本気象学会 2024 年度春季大会, 2024 年 5 月, オンライン
- 38.岡本幸三, 石橋俊之, 岡部いづみ, ハイパースペクトル赤外サウンダの全天候輝度温度同化, 日本気象学会 2024 年度春季大会, 2024 年 5 月, オンライン
- 39.澤田謙, 非ガウス型誤差分布の導入に向けた調査, 2024 年日本気象学会春季大会, 2024 年 5 月, 東京
- 40.岡部いづみ, 岡本幸三, Aeolus 衛星の視線風速データ同化による線状降水帯事例へのインパクト評価, 2024 年日本気象学会春季大会, 2024 年 5 月, 東京
- 41.石橋俊之, 高解像度アンサンブルによる全球大気状態推定, 日本気象学会 2024 年春季大会, 2024 年 5 月, オンライン
- 42.吉田智, 酒井哲, 永井智広, 瀬古弘, 白石浩一, 清水慎吾, 線状降水帯の下層インフローの水蒸気及び風の観測, 日本気象学会 2024 年度春季大会, 2024 年 5 月, オンライン
- 43.瀬古弘, 酒井哲, 吉田智, 幾田泰醇, 川畑拓矢, 中村哲也, 豪雨の予測精度向上のためのドローン観測, 第 26 回航空機セミナー, 2024 年 4 月, オンライン

イ. ポスター発表 : 24 件

(国際的な会議・学会等 : 7 件)

- 1.Rie SETO, Cloud water path estimation and rainfall prediction over land by land and atmosphere coupled estimation method using satellite-based microwave measurements, AGU24 Annual Meeting, 2024 年 12 月, アメリカ, ワシントン D.C.
- 2.Terasaki, K., Y. Ikuta, and T. Kawabata, Development of LETKF system based on the JMA operational ASUCA-Var, 10th International Symposium on Data Assimilation (ISDA), 2024 年 11 月, 兵庫県神戸市
- 3.Takuya Kawabata, Yasutaka, Ikuta, Koji Terasaki, Akane Saya, Daisuke Hotta, Keiichi Kondo,

- Meso-scale Ensemble Data Assimilation Systems based on ASUCA-Var Developed at MRI, The 10th International Symposium on Data Assimilation, 2024 年 10 月, 神戸
- 4.Saya, A., Y. Ikuta and T. Kawabata, Impact of flow-dependent background error covariances on Meso-scale simulations of a band-shaped heavy rainfall event in Japan, The 10th International Symposium on Data Assimilation (ISDA Kobe), 2024 年 10 月, Japan, Kobe
 - 5.瀬戸 里枝, Feasibility of liquid water path estimation over land using satellite-based Ka-band passive microwave observation, GEWEX Open Science Conference, 2024 年 7 月, 札幌
 - 6.Ikuta, Y., M. Satoh, W. Roh, S. Matsugishi, N. Kuba, T. Seiki, A. Umehara, H. Eito, Effect of particle shape of hydrometeors on vertical motion of the atmosphere, JpGU meeting 2024, 2024 年 5 月, 千葉県千葉市
 - 7.Rie SETO, Toshio KOIKE, Feasibility study for estimation of liquid-only water path over land using satellite-based Ka-band passive microwave measurements, JpGU meeting 2024, 2024 年 5 月, 千葉市

(国内の会議・学会等 : 17 件)

- 1.瀬戸里枝, 衛星マイクロ波観測輝度温度を用いた陸域雲水量の液相・固相より分け推定の可能性の検討, 2024 年日本気象学会秋季大会, 2024 年 11 月, 茨城県つくば市
- 2.工藤玲、大河原望、大島長、入江仁士、西澤智明、日暮明子、藤谷雄二、神慶隆、長谷川就一、Sang-Woo Kim、Pradeep Khatri、竹村俊彦、弓本桂也、佐々木駿、地上・衛星観測による日本のエアロゾルの長期変動解析, 日本気象学会 2024 年秋季大会, 2024 年 11 月, つくば
- 3.西橋政秀, 及川栄治, 永井智広, 酒井哲, 吉田智, 阿保真, 線状降水帯予測のための差分吸収式水蒸気ライダーの開発・調整と試験観測, 日本気象学会 2024 年度秋季大会, 2024 年 11 月, つくば市
- 4.山崎明宏, 内山明博, 太陽光・月光観測スカイラジオメータによる連続観測, 2024 年日本気象学会秋季大会, 2024 年 11 月, 茨城県つくば市
- 5.石田春磨, 赤外ハイパーサウンダーにおける限定したチャンネルからの近似再構築輝度の導出とデータ同化への適用, 日本気象学会 2024 年秋季大会, 2024 年 11 月, つくば市
- 6.瀬古弘, 酒井哲, 幾田泰醇, 石元裕史, 荒木健太郎, 田尻拓也, 吉本浩一, 山本健太郎, 古賀禎, 瀬之口敦, 吉原貴之, 藤田実季子, 地上マイクロ波放射計観測網の水蒸気等の鉛直分布と航空機動態情報(WAM), ソフトバンク GNSS 可降水量をもちいたメソ NAPEX の同化実験(その 1), 2024 年日本気象学会秋季大会, 2024 年 11 月, 茨城県つくば市
- 7.酒井 哲, 吉田 智, 瀬古 弘, 西橋政秀, 及川栄治, 永井智広, 矢野謙也, 原口英介, 今城勝治, 白石浩一, 清水慎吾, 前坂剛, 猪上淳, 佐藤和敏, つくばにおける DIAL、ラマンライダー、ドローン、ラジオゾンデによる水蒸気と風の比較観測, 第 42 回レーザセンシングシンポジウム, 2024 年 9 月, 大阪市
- 8.西橋政秀, 及川栄治, 永井智広, 酒井哲, 吉田智, 阿保真, 線状降水帯予測のための水蒸気 DIAL の開発・調整とつくばでの試験観測, 第 42 回レーザセンシングシンポジウム, 2024 年 9 月, 大阪市
- 9.及川栄治, 酒井哲, 西橋政秀, 永井智広, 阿保真, 吉田智, 水蒸気 DIAL の波長制御・ノイズ除去のアルゴリズム開発, 第 42 回レーザセンシングシンポジウム, 2024 年 9 月, 大阪市
- 10.田上雅浩・八代尚・芳村圭・川畑 拓矢, 雲水同位体比を考慮した水同位体データ同化システムの拡張とインパクト評価, 水文・水資源学会 2024 年度研究発表会, 2024 年 9 月, 東京
- 11.田上雅浩・八代尚・芳村圭・川畑 拓矢, 雲水同位体比を考慮した水同位体データ同化システム

- の拡張とインパクト評価, 水文・水資源学会 2024 年度研究発表会, 2024 年 9 月, 東京
12. 瀬古弘, 線状降水帯等の大雨をもたらす線状のメソ降水系の形態と維持機構, 第 10 回メソ気象セミナー, 2024 年 9 月, 松江市
 13. 川畑 拓矢, Storm scale におけるデータ同化, データ同化夏の学校, 2024 年 8 月, むつ
 14. Saya, A., Y. Ikuta and T. Kawabata, Hybrid Data Assimilation for Simulating a Band-Shaped Heavy Precipitation Event in Japan, The 9th Global Energy and Water Exchanges (GEWEX) Open Science Conference, 2024 年 7 月, 札幌
 15. Saya, A., Y. Ikuta and T. Kawabata, Preliminary result on implementing flow-dependent background error covariances in JMA Meso-scale analysis, JPGU meeting 2024, 2024 年 5 月, 幕張
 16. 西橋政秀, 及川栄治, 永井智広, 酒井哲, 吉田智, 阿保真, 線状降水帯の予測精度向上を目的とした次世代型水蒸気ライダーの開発とつくばでの試験観測, 日本気象学会 2024 年度春季大会, 2024 年 5 月, オンライン
 17. 瀬古弘, 酒井哲, 吉田智, 福井真, 小司禎教, 藤田匡, 船舶搭載 GNSS の最適な観測位置などの知見を得るための観測システムシミュレーション実験, 日本気象学会 2024 年春季大会, 2024 年 5 月, オンライン

(4) 投稿予定論文 : 2 件

1. Yoshida, S., T. Sakai, T. Nagai, H. Seko, T. Kato, K. Shiraishi, and S. Shimizu, 2024: A slanted moisture structure with weak updraft leading to localized heavy rainfalls: Insights from observations. Scientific Reports, in revision.
2. Sakai, T., O. Uchino, T. Nagai, B. Liley, R. Querel, I. Morino, Y. Jin, T. Fujimoto, E. Oikawa, N. Oshima, 2024: Stratospheric aerosol backscatter and depolarization ratio observed with ground-based lidar at Tsukuba, Japan, and Lauder, New Zealand. Journal of Geophysical Research Atmosphere, in revision.

● 報道・記事

- ・ 川畑拓矢: 日経クロステック (9 月) 「AI 気象モデルが急速に高精度化、世界の天気予報が PC1 台かつ 1 分で」

● その他 ((3) 「成果の他の研究への波及状況」 関連)

- ・ 気象研データ同化システム (MRI-NAPEX) は、全球・メソのデータ同化システムの改良や将来システムの検討、衛星・地上観測データの新規導入や処理改良に関する知見やコードを提供することにより、現業数値予報システムの改良に貢献している。また気象研内においても、大気海洋結合同化に関する研究や全球モデル検証などにも利用されている。
- ・ 地上設置型マイクロ波放射計の鉛直プロファイル観測データ同化のインパクトを調べた成果を数値予報課や技術開発室に提供している。
- ・ 大アンサンブル実験から得られた局地アンサンブルの開発に資する知見を数値予報課と共有した。
- ・ 全天カメラを用いた雲量・雲底高度観測研究は、観測整備計画課の依頼を受け、航空気象の自動観測技術として羽田・新島・神津島で検証・改良を行っている。

台風・線状降水帯等の顕著現象の機構解明と監視予測技術の高度化に関する研究(T 課題)

- 研究年次：1 年目／5 年計画（令和 6 年度～令和 10 年度）
- 研究代表者：加藤輝之（台風・災害気象研究部長）
- 課題構成及び研究担当者

本研究課題の構成及び研究担当者は以下のとおりである。

（副課題 1）台風の遷移過程に関する解析・予測技術の研究

副課題代表者：和田章義

[台風・災害気象研究部] 柳瀬 亘、嶋田宇大、川端康弘、辻野智紀、
沢田雅洋（併任）、瀬崎歩美（併任）、文野彩花（併任）、
伊藤享洋（併任）
[気象観測研究部] 岡本幸三

（副課題 2）線状降水帯等の顕著現象の機構解明と数値予報を用いた予測技術の研究

副課題代表者：益子 渉

[台風・災害気象研究部] 廣川康隆、小野耕介、荒木健太郎、栃本英伍、末木健太、
熊谷小緒里（併任）、一川孝平（併任）、若原裕貴（併任）、
小野茉莉花（併任）、津口裕茂（併任）、北畠尚子（併任）、
清野直子（併任）
[気象予報研究部] 橋本明弘、林 修吾

（副課題 3）顕著現象のリアルタイム検出・予測技術とその利用に向けた研究開発

副課題代表者：楠 研一

[台風・災害気象研究部] 足立 透、北村智文

（副課題 4）顕著現象を捉える基盤的な観測・解析技術の研究

副課題代表者：山内 洋

[台風・災害気象研究部] 梅原章仁、鵜沼 昂、益子 渉、荒木健太郎、足立 透、
南雲信宏（併任）、酒井貴紘（併任）、足立アホロ（併任）
[気象予報研究部] 林 修吾
[気象観測研究部] 吉田 智、瀬古 弘
[火山研究部] 石元裕史

● 研究の動機・背景

線状降水帯に代表される災害をもたらす大雨など顕著現象が頻発・激甚化しており、社会システムが高度化される一方、気象災害に対する脆弱性は増大している。そのため、顕著現象の監視予測情報の高度化が求められている。

● 研究の目的

（全体）

台風および線状降水帯、集中豪雨・大雪・竜巻等突風等の顕著現象がもたらす気象災害を防止・軽減するため、最先端の観測・解析手法や高精度の数値予報システムを用い、これらの現象の機構解明と高度な監視予測技術の開発を行う。

（副課題 1）台風の遷移過程に関する解析・予測技術の研究

熱帯低圧部、熱帯低気圧（台風）、亜熱帯低気圧、温帯低気圧間の遷移過程について、対流と渦の相

相互作用や軸対称—非軸対称間の構造変化など、学術的には多くの未解明な課題が残っている。こうした遷移過程に関わる力学・熱力学過程を解明し、進路等台風予測との関連を明らかにする。特に台風に関して、これまで点としての情報であった台風内部域の情報を面的分布として解析・予測する技術を確立する。

(副課題2) 線状降水帯等の顕著現象の機構解明と数値予報を用いた予測技術の研究

線状降水帯等による集中豪雨や大雪、竜巻等の災害をもたらす顕著現象について、事例解析・統計解析による実態把握と機構解明を推進し、それに基づく数値予報を用いた予測技術に関する研究を通して顕著現象の半日前から数日先までの予測精度向上に貢献する。

(副課題3) 顕著現象のリアルタイム検出・予測技術とその利用に向けた研究開発

主に突発的・局地的に発生し災害をもたらす顕著現象について、社会の多様なニーズに応じた防災・支援情報を発信するための取り組みをすることにより、国民の安心・安全への貢献を目指す。

(副課題4) 顕著現象を捉える基盤的な観測・解析技術の研究

集中豪雨・大雪・発雷・降雹等の顕著現象について、地上リモートセンシング技術を用いた観測・解析に基づく機構解明を行い、これら顕著現象の直前予測精度の向上に貢献する。

● 研究の目標

(全体)

台風および線状降水帯等による集中豪雨・大雪・竜巻等突風等の顕著現象がもたらす気象災害を防止・軽減するため、最先端の観測・解析手法や高精度の数値予報システムを用い、これらの現象の機構解明と高度な監視予測技術の開発を行う。

(副課題1) 台風の遷移過程に関する解析・予測技術の研究

国内外数値予測センターなどで作成されたマルチアンサンブルデータ等、多種の解析データ、観測データ、非静力学気象モデルによる計算結果を組み合わせ、台風等の遷移過程の特徴、力学・熱力学過程及び進路との関連を明らかにするとともに、遷移過程が予測可能性へ与える影響を評価する。台風内部域の面的分布解析・予測技術を確立し、社会に影響を及ぼす台風の速報解析等に活用する。

(副課題2) 線状降水帯等の顕著現象の機構解明と数値予報を用いた予測技術の研究

線状降水帯等による集中豪雨や大雪、竜巻等突風の顕著現象について、地上マイクロ波放射計等の新たな観測結果や数値シミュレーションを用いた事例解析や統計解析から、災害をもたらす顕著現象の実態把握・機構解明を進める。さらに、最先端のアンサンブル予報結果や高解像度モデルによる数値予報結果を活用し、予報現業での顕著現象に対する予測技術向上に資する知見・手法を得る。

(副課題3) 顕著現象のリアルタイム検出・予測技術とその利用に向けた研究開発

主に突発的・局地的に発生し災害をもたらす顕著現象を対象に、深層学習を用いてそれらのパターンの検出や直前予測をする技術を開発する。さらに開発した技術を顕著現象のリアルタイム情報を必要とする事業者や交通等へ適用するための研究を産学官連携のもとで行う。

(副課題4) 顕著現象を捉える基盤的な観測・解析技術の研究

地上リモートセンシングにより、雲内微物理量（雨粒の粒径、降水粒子種別）の3次元分布を把握

する技術を確立し、顕著現象（大雨、大雪、降雹、発雷等）の機構解明を通じてそれらの直前予測指標を開発する。またこれら3次元分布を高頻度取得するためのレーダー観測技術を開発する。

● 研究成果

（1）今年度得られた成果の概要

（全体）

- ・ SAR海上風の品質や特性を明らかにし、一手法としてCバンドSAR海上風とマイクロ波画像を用いた台風最大風速半径推定手法を開発した。猛烈な台風の長期変化について、異なるデータベースで比較検証したが、猛烈な台風が増加に関する一貫した結果は得られなかった（論文発表）。
- ・ 昨年9月の能登半島における線状降水帯事例の解析や、今年度に発生した線状降水帯の発生環境場の特異性などについて調査した。また、線状降水帯研究の知見の集約を進め、分類表の作成を行った。
- ・ 深層学習モデルの開発のための顕著現象のデータセット構築を進め、リアルタイム情報の事業者向け利用方法を検討した。
- ・ 関東地方の強雨時の雨滴粒径分布の時・空間変化を統計的に調査し、スーパーセル事例において電荷分離を担う降水粒子の特性を示した。また、晴天大気を用いた風鉛直プロファイル観測手法の開発に着手した。

（副課題1）台風の遷移過程に関する解析・予測技術の研究

南シナ海における北東モンスーンと台風の関係について、大気海洋再解析データ等を用いて事例解析を実施した。北東モンスーン域では水蒸気フラックスが高まり、この空気塊が台風中心へ流入し再発達することが、複数の事例でみられた。

数値予報センターによるマルチアンサンブルデータの収集を開始し、台風の遷移過程研究に利用できる環境を整備した。このマルチアンサンブルデータを用いて、2023年の台風の進路予測に関する予測誤差を調査し、ECMWFの進路予測が最も誤差が小さかったことがわかった。気象庁ドボラック再解析データと複数のベストトラックデータを用いて、猛烈な台風の長期傾向に関する解析を実施した結果、猛烈な台風の数増加について、データセット間で一貫した結果は見られなかった。

衛星合成開口レーダー(SAR)で観測された最大風速(RMW)を真値として、89GHz帯のマイクロ波衛星画像から一次線形回帰でRMWを推定する2つの手法と、SARで観測された風速分布データを真値として、マイクロ波衛星画像及びERA5の風速分布から台風の面的風分布を推定する手法の開発に着手し、後者について2023年台風第2号の事例において良好な結果を得た。

データ同化システム(SCALE-LETKF)を用いたOSSEから、2018年台風第24号成熟期における台風中心付近の大気追跡風同化により、誤差2.5m/sで台風域の風分布が解析可能であることを示した。航空機観測ドロップゾンデデータのGTS配信を気象研究所の各課ルーチンとして整備し、名古屋大学が観測した2024年台風第19号のドロップゾンデデータをGTS配信した。2023年台風第7号に伴う山陰地方での大雨の要因、2024年台風第10号の振り返り等即時解析結果を社会に発信した。

（副課題2）線状降水帯等の顕著現象の機構解明と数値予報を用いた予測技術の研究

（a）線状降水帯等の顕著現象の実態把握と機構解明に関する研究

近年の顕著な大雨事例（R6年9月能登半島、7月山形県、R4年8月山形県・新潟県、R3年九州南部）について数値シミュレーション結果や観測データを用いて解析を行った。令和6年9月の能登半島の事例では平年に比べ5度前後高くなっていた日本海の海面水温を平年値に置き換える感度実験を実施し、高い海面水温の影響により線状降水帯に伴う雨量が増大したことが示された。R4年

8 月山形県・新潟県では後方流跡線解析を行った結果、多くの空気塊は、東シナ海或いは黄海から朝鮮半島を超えて流入していることが明らかになった。R3 年九州南部の事例では、降水システムの発達・維持機構について学術論文としてとりまとめを行った。また線状降水帯研究の知見の集約を進め、分類表の作成を行った。

冬季北陸の降雪について地上マイクロ波放射計による鉛直積算雲水量 (LWP) と地上降水特性の統計解析を行い、地上降雪の約 10 分前から LWP が増大し、降水種が霰の場合には前 1 時間降水量が大きいほど LWP も大きいことがわかった。

(b) 数値予報を活用した顕著現象の予測技術に関する研究

2024 年出水期に生じた線状降水帯の発生環境場は 2021～2023 年と比べて、下層暖湿気流入は小さい一方、中層寒気は低い場合が多い特徴を有することがわかった。線状降水帯発生時における線状降水帯発生 6 条件に対する局地モデル (LFM) の予測精度評価を行った結果、LFM による予測は鉛直シアが弱く、下層が過度に不安定であるため、予測雨量が過剰であるとともに降水域の停滞が十分表現できない可能性が示唆された。

(副課題 3) 顕著現象のリアルタイム検出・予測技術とその利用に向けた研究開発

(a) 顕著現象に伴うデータセット構築

竜巻を対象とした顕著現象データセット構築のため、気象レーダーデータベースからデータを収集した。収集データに対し、竜巻発生の有無をメタ情報として付与し、適切な前処理を実施することで、レーダーデータにおける竜巻特有のパターン抽出を可能にするデータセットを構築した。これは、別途実施される検出アルゴリズム開発の学習データとして活用されることを想定している。また、竜巻以外の顕著現象として、フェーズドアレイレーダーによるダウンバーストの観測データの収集及び解析を実施した。夏季 10 件、冬季 3 件のデータ収集及び解析を通して、夏季の事例については、降水コアの落下やノッチ構造の形成、中層の収束などの先行プロセスの監視が、後続する地面付近の突風の直前予測に有用であることが示唆された。その一方で冬季の事例については、夏季の事例と比べてレーダーシグナルが弱いことから現象理解の難易度が高く、内部物理プロセスの把握のためにより精密な事例解析を積み上げる必要があることが示唆された。

(b) 深層学習モデルに基づく顕著現象の検出・予測技術の評価

既に開発済みの、Transformer、EfficientNet 等を用いた竜巻検出・予測モデルの性能について、Precision, Recall, F1-score, AP 等を用いた評価結果に基づいて、それぞれの特性を考察した。この評価結果は、モデル開発者へフィードバックされる。さらに深層学習モデルによるメソサイクロン探知実験を東海～関東域の 13 事例で実施し、定量評価指標開発とモデル最適化のため、上空メソサイクロンと竜巻発生の時空間関係を分析中である。また、現業の探知処理・品質管理処理の改善に向けて、探知結果を竜巻発生確度ナウキャストにおけるメソサイクロン検出結果との比較を実施した。

(c) 顕著現象のリアルタイム検出・予測情報利用に関する要件定義

竜巻に関する情報ニーズの把握結果に基づき、必要な情報の種類、精度、リードタイム、提供形式等を整理し、実用化に向けた要件を定義した。これは、将来的な社会実装に向けた重要な指針となる。リアルタイムでの情報提供を実現するために必要な、気象データの即時処理、深層学習モデルの高速化、情報配信システム構築等の技術的課題を抽出し、今後の開発項目を明確にした。

(副課題 4) 顕著現象を捉える基盤的な観測・解析技術の研究

(a) 雲内微物理量の 3 次元分布把握技術の開発

熊谷及び柏において通年のディストロメーター観測を実施するとともに、他機関との連携により

東京スカイツリーにおける通年のディストロメーター観測、冬季の長岡における地上の降水粒子撮像装置による固形降水観測を実施し、二重偏波レーダーによる粒径分布推定・降水粒子判別手法の高度化に資する検証用データを取得した。

(b) 顕著現象の直前予測指標の開発

2023 年 7 月 10 日に九州北部の線状降水帯事例において、福岡レーダーの二重偏波データを用いた雨滴粒径分布の鉛直構造の調査を実施し、高度 1.5 km より上層で雨滴同士の衝突併合、高度 1.5 km より下層では衝突分裂の傾向があることを明らかにした (Unuma, 2024)。次に熊谷地方気象台における 10 年間のディストロメーター観測データを用いて、関東地方の雨滴粒径分布の特徴を統計的に調査した。まず二重偏波レーダーによる強雨の定量推定に重要な、偏波間位相差変化率 KDP と降水強度 R との関係式において、暖候期と寒候期で係数が異なることを統計的に示した。そして科学研究費補助金「大雨時に平衡状態に達する雨滴粒径分布の三次元構造と発生環境場の解明」において、上記観測データを用いて、雨滴粒径分布が似通った形で観測された際に地上で強雨がもたらされる場合には、数濃度の増加と粒径の増大による両方の寄与またはどちらかの寄与があることを定量的に明らかにした (Unuma et al. 2025)。さらに、雨滴粒径分布の対流雲内での時間的な変化を把握するため、二重偏波データを用いて対流雲の粒径分布の特徴を自動で検出・追跡する手法を開発した。開発した手法を、科学研究費補助金「大雨時に平衡状態に達する雨滴粒径分布の三次元構造と発生環境場の解明」において、2021 年から 3 年間の東京レーダーによる対流雲の検出・追跡に適用し、対流雲の中でも地上で雨滴粒径分布が似通った形で観測されたものに着目して解析した。その結果、高度 2 km より上層で雨滴同士の衝突併合、高度 2 km 以下で衝突分裂の傾向があることを統計的に示した。

二重偏波レーダーにより推定した降水粒子分布と 3 次元雷標定装置により推定した電荷分布との比較する手法を開発し、科学研究費補助金「先端気象レーダー網を用いた降水粒子判別と三次元速度場解析による降雹過程の実態解明」において、2018 年 8 月 27 日の関東のスーパーセル事例に適用した。その結果、下層の正電荷領域には表面に液水を纏う降水粒子があることを示した (Umehara et al. submitted)。

2024 年 8 月 28 日から 29 日にかけて台風第 10 号に伴い宮崎県で多数発生した竜巻の親雲を、鹿児島空港の空港気象ドップラーレーダーのデータを用いて解析し、それらがスーパーセルであることを確認した。

(c) 高い時間分解能・鉛直分解能等を実現する新たな観測手法の開発

気象研究所 C 帯固体素子二重偏波レーダーに、高頻度・高鉛直解像度観測のためのスパイラルスキャン機能を追加するとともに、得られる二重偏波データを出現頻度に基づきスケーリングすることで精度劣化を抑えた、3 次元データ補間手法を開発した。また、同レーダーにおいて、送信パルスの繰返数を 10 倍にすることで微弱な晴天大気から風の鉛直プロファイルを取得する観測手法を試み、2024 年 4 月 25 日の事例において、観測高度の変化があるもののウィンドプロファイルと同様のデータを取得できることを確認した。

(2) 当初計画からの変更点（研究手法の変更点等）

副課題 2 では、線状降水帯 TF や線状降水帯予測精度向上 WG 委員会に対応して、庁外研究者の協力を得ながら線状降水帯研究の知見の集約を進め、分類表の作成を追加実施した。

(3) 成果の他の研究への波及状況

(全体)

- ・ マイクロ波衛星データを用いた最大風速半径の推定手法の開発や台風の面的風分布を推定・予

測する手法の開発は、世界気象機関（WMO）の活動に貢献している。

- ・ 今年度発生した線状降水帯の特徴などの調査結果や線状降水帯の発生形態の分類表を線状降水帯 TF や線状降水帯予測精度向上 WG 委員会へ、昨年 7 月の山形県の大雨事例については異常気象分析検討会へ資料を提供し、報道発表にも利用された。またメソアンサンブルを用いた研究については、地方共同研究の進展につながっている。
- ・ BRIDGE における「局地的・突発的な荒天対策のためのスタートアップとの連携：AI を用いたリアルタイム防災フィールド構築」および J R 東日本との共同研究において、深層学習を活用した竜巻等突風の実用化に向けた研究に貢献している。
- ・ 2024 年台風第 10 号に伴う竜巻親雲のドップラー解析結果は、宮崎地方気象台・福岡管区気象台がとりまとめた竜巻被害の現地災害調査報告に利用された。

（副課題 1）台風の遷移過程に関する解析・予測技術の研究

- ・ マイクロ波衛星データを用いた最大風速半径(RMW)の推定手法の開発や台風の面的風分布を推定・予測する手法の開発は、世界気象機関（WMO）第 10 回熱帯低気圧に関する国際ワークショップ（IWTC-10, 2022 年）での勧告「4. 高品質の風構造データセットを開発し、現業に関連する枠組みの中で、熱帯低気圧の構造に影響を与えるプロセスの理解を深める。」に貢献するものである。
- ・ 二重偏波ドップラーレーダー観測データを用いた研究は、台風中心付近の風の面的分布推定技術の開発及び高度化に貢献することが期待される。

（副課題 2）線状降水帯等の顕著現象の機構解明と数値予報を用いた予測技術の研究

- ・ 今年度発生した線状降水帯の特徴や発生環境場の特異性についての調査結果や線状降水帯の発生形態の分類表について、線状降水帯 TF や線状降水帯予測精度向上 WG 委員会へ資料提供を行い、昨年 7 月の山形県の大雨事例については異常気象分析検討会へ解析結果の提供を行い、これらは報道発表にも利用された。またメソアンサンブルを用いた研究については、地方共同研究（札幌、仙台、大阪、福岡管区）の進展につながっている。

（副課題 3）顕著現象のリアルタイム検出・予測技術とその利用に向けた研究開発

- ・ BRIDGE（研究開発と Society 5.0 との橋渡しプログラム）における「局地的・突発的な荒天対策のためのスタートアップとの連携：AI を用いたリアルタイム防災フィールド構築」および J R 東日本との共同研究において、深層学習を活用した竜巻等突風の実用化に向けた研究に貢献している。また、副課題 3(a)で得られたフェーズドアレイレーダーを用いたデータ収集の成果については、科学研究費補助金・基盤研究（C）「高速 3 次元スキャンレーダーで挑むダウンバーストの機構解明と防災技術の高度化」の立案につながった。

（副課題 4）顕著現象を捉える基盤的な観測・解析技術の研究

- ・ 2024 年台風第 10 号に伴う竜巻親雲のドップラー解析結果は、宮崎地方気象台・福岡管区気象台がとりまとめた竜巻被害の現地災害調査報告に利用された。

（4）事前・中間評価の結果の研究への反映状況

横浜国大台風科学技術研究センター（TRC）と協力関係にあり、名古屋大学の台風航空機観測プロジェクトに参画して連携している。また、2023 年の台風第 7 号、2024 年の台風第 10 号の即時解析結果を社会に発信した。

今年度に発生した顕著な線状降水帯事例を中心に解析を行い、分類表という形で知見の集約も実施している。また、線状降水帯の発生環境場については、統計期間が十分でなかったことから長期再解析を用いた調査を開始している。

降水粒子撮像ゾンデやディストロメーターによる観測では、山口大学などと共同研究の体制を構築している。また東京工芸大学 風工学研究拠点の課題の代表として、所内・本庁・学界と連携して突風被害の現地調査の改善に努めている。

● 今後の研究の進め方

(全体)

- ・ 令和7年度以降、線状降水帯・台風に関する集中観測課題が立ち上がるため、特に即時解析に関しては集中観測による成果との連携を意識して進める。(副課題1)
- ・ 令和7年度以降、線状降水帯・台風に関する集中観測課題が立ち上がるため、特に海面水温が線状降水帯の発生環境場に与える影響については大学等研究機関と密に連携を取りながら、本研究を加速化していく必要がある。(副課題2)
- ・ 多様な顕著現象データと充実したメタ情報からなるデータセットを構築し、高精度な検出・予測モデル開発を支援し、それを活用して時系列パターンの認識能力に優れた汎用的な深層学習モデルの評価手法を確立する。また、リアルタイムデータ連携や情報配信システム構築に関する要件定義を行い、利用者ニーズに基づいた顕著現象のリアルタイム検出・予測情報提供プロダクトの実用化に貢献する。(副課題3)
- ・ 令和7年度以降、線状降水帯・台風に関する集中観測課題が立ち上がるため、特に大雨の機構解明に関して同課題との連携が必要である。(副課題4)

(副課題1) 台風の遷移過程に関する解析・予測技術の研究

令和7年度以降、線状降水帯・台風に関する集中観測課題が立ち上がるため、特に即時解析に関しては集中観測による成果との連携を意識する必要がある。

(副課題2) 線状降水帯等の顕著現象の機構解明と数値予報を用いた予測技術の研究

令和7年度以降、新たに「線状降水帯・台風に関する集中観測」の課題が立ち上がるため、特に海面水温が線状降水帯の発生環境場に与える影響については大学等研究機関と密に連携を取りながら、本研究を加速化していく必要がある。

(副課題3) 顕著現象のリアルタイム検出・予測技術とその利用に向けた研究開発

気象レーダーデータを中心とし、多様な顕著現象データと充実したメタ情報からなるデータセットを構築することで、高精度な検出・予測モデル開発を支援する。構築したデータセットを活用し、時系列パターンの認識能力に優れた汎用的な深層学習モデルの評価手法を確立することで、顕著現象の検出・予測精度向上に貢献する。さらに、社会実装を視野に入れ、リアルタイムデータ連携や情報配信システム構築に関する要件定義を行うことで、利用者ニーズに基づいた顕著現象のリアルタイム検出・予測情報提供プロダクトの実用化に貢献する。

(副課題4) 顕著現象を捉える基盤的な観測・解析技術の研究

令和7年度以降、線状降水帯・台風に関する集中観測課題が立ち上がるため、特に大雨の機構解明に関して同課題との連携が必要である。

● 研究成果リスト

(1) 査読論文：19 件

1. Unuma, T., H. Yamauchi, T. Kato, A. Umehara, A. Hashimoto, A. Adachi, and N. Nagumo, 2025: Characteristics of Raindrop Size Distribution Using 10-year Disdrometer Data in Eastern Japan. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, 103, (in press)
2. Ito, K., Y. Miyamoto, C-C. Wu, A. Didlake, J. Hlywiak, Y-H. Huang, T-K. Lai, L. Pattie, N. Qin, U. Shimada, D. Tao, Y. Yamada, J. Zhang, S. Kanada, and D. Herndon, 2025: Recent research and operational tools for improved understanding and diagnosis of tropical cyclone inner core structure. *J. Meteor. Soc. Japan*, 103, (in press)
3. Sezaki, F., M. Hirai, A. Bunno, Y. Kawabata, U. Shimada, and A. Wada, 2025: Intercomparison of long-term trends in “Violent Typhoons” among multiple tropical cyclone datasets. *SOLA*. (in press)
4. Ono, K., and M. Inatsu, 2025: Nonlinear perturbation growth at mesoscale related to upscaling processes from a mesoscale convective system. *J. Meteor. Soc. Japan*, 103, 127-146.
5. Kawabata, Y., M. Yamaguchi, H. Fudeyasu, and R. Yoshida, 2024: Assessing global ensemble systems’ forecasts of tropical cyclone genesis in differing environmental flow regimes in the western North Pacific. *Tropical Cyclone Research and Review*, 13, 344-355.
6. Sueki, K., 2024: Massive Parameter Sweep Experiment on Convective Cloud Environment: Changes in Rainfall Characteristics in Moisture?Instability?Shear Space. *SOLA*, 20B, 1-9.
7. Tochimoto, E. and Y. Hirokawa, 2024: Environmental Characteristics of an Extreme Rainfall Event in Yamagata-Niigata Prefectures, Japan, on 3-4 August 2022. *SOLA*, 20A, 19-26.
8. Wang, S., Y. Wada, S. Hayashi, T. Ushio, and V. Chandrasekar, 2024: Observation of Electrical Alignment Signatures in an Isolated Thunderstorm by Dual-Polarized Phased Array Weather Radar and the Relationship With Intracloud Lightning Flash Rate. *Journal of Geophysical Research Atmosphere*, 129, e2023JD040681.
9. Shimada, U., 2024: Tropical Cyclone Intensity Forecasting with Three Multiple Linear Regression Models and Random Forest Classification. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, 102, 491-512.
10. Shimada, U., M. Hayashi, and A. Mouche, 2024: A comparison between SAR wind speeds and western North Pacific tropical cyclone best track estimates. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, 102, 575-593.
11. Mashiko, W., 2024: Structure and maintenance of a quasi-linear mesoscale convective system that caused torrential rain in southern Kyushu, Japan on 11 July 2021. *Monthly Weather Review*, 152, 1903-1921.
12. Tochimoto, E. and H. Niino, 2024: A composite study of extratropical cyclones accompanied by split fronts in the Northwestern Pacific. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*.
13. Minowa, M., K. Araki, and Y. Takashima, 2024: Development of a Compact Microwave Radiometer for Water Vapor Estimation with Machine Learning Method. *SOLA*, 20, 339-346.
14. Aizawa, M., K. Ito, and U. Shimada, 2024: Revisiting Koba’s Relationship to Improve Minimum Sea-Level Pressure Estimates of Western North Pacific Tropical Cyclones. *Journal*

- of the Meteorological Society of Japan, 102, 377-390.
15. 瀬古弘, 山内洋, 佐藤英一, 梅原章仁, 酒井哲, 鈴木修, 南雲信宏, 足立アホロ, 2024: 東京国際空港の空港気象ドップラーレーダーによるレーダー屈折指数の時間変化量推定. 天気(論文・短報), 71, 281-295.
 16. Tsujino, S., A. Wada, and T. Kato, 2024: Heavy rainfall on the north side of western Japan induced by Typhoon Lan (2023): Roles of high sea surface temperature over the Sea of Japan and a terrain-induced mesoscale low. SOLA, 20, 108-115.
 17. Tsukada, T., T. Horinouchi, and S. Tsujino, 2024: Wind Distribution in the Eye of Tropical Cyclone Revealed by a Novel Atmospheric Motion Vector Derivation. Journal of Geophysical Research Atmosphere, 129, e2023JD040585.
 18. Kusunoki, K., N. Ishitsu, T. Adachi, O. Suzuki, K. Arai, H. Suzuki, C. Fujiwara, T. Shinomiya, K. Ashikawa, T. Suda, and I. Ogawa, 2024: Deep learning-based tornado vortex detection through the BRIDGE program: advancing technology and multidisciplinary applications. Intelligence, Informatics and Infrastructure, 5(2), 22-39, doi:10.11532/jsceiiai.5.2_22
 19. Unuma, T., 2024: Three-dimensional structure of an equilibrium drop size distribution within a convective system in Japan. SOLA, 20, 47-54.

(2) 査読論文以外の著作物(翻訳、著書、解説等): 31 件

1. Kusunoki, K., N. Ishitsu, T. Adachi, O. Suzuki, K.-I. Arai, H. Suzuki, Chusei Fujiwara, Takuo Shinomiya, Kengo Ashikawa, Takeru Suda, and Ichitaro Ogawa, 2024: Deep learning-based tornado vortex detection through the BRIDGE program: advancing technology and multidisciplinary applications. AI・データサイエンス論文集. (in press)
2. Hachiya, H. Yoshida, U. Shimada, and N. Ueda, 2024: Multi-class AUC maximization for imbalanced ordinal multi-stage tropical cyclone intensity change forecast. Machine Learning with Applications, 17, 100569.
3. Ichikawa, R., Y. Ohta, K. Araki, T. Tajiri, M. Fujita, H. Ujihara, T. Yamada, T. Jike, H. Imai, M. Minowa, and T. Takashima, 2024: Novel Real-time Observation of High-resolution Water Vapor Behavior for Detection of Precursors of Cumulonimbus Clouds and Investigation of Their Evolution: - Preliminary Results -. EGU General Assembly 2024.
4. Kane, T., B. Rohrdantz, T. Mammen, D. Rinderknecht, B. McGuire, M. Dixon, H. Yamauchi, E. Saltikoff, V. Stojanovic, D. Michelson, and W. Kong, 2024: Weather Radar Calibration, Monitoring and Maintenance. Guide to Operational Weather Radar Best Practices Volume V: Weather Radar Calibration, Monitoring and Maintenance, 5, WMO, 83pp, ISBN: . (in press)
5. Yamauchi, H., A. Umehara, D. Michelson, S. Boodoo, M. Curtis, H. Grams, M. Istok, J. Snyder, T. Sandmael, B. Smith, B. Urban, E. Saltikoff, A. von Lerber, M. Hagen, and T. Einfalt, 2024: Weather Radar Data Processing. Guide to Operational Weather Radar Best Practices Volume VI: Weather Radar Data Processing, 6, WMO, 166pp, ISBN: . (in press)
6. 荒木健太郎, 2025: にじ. にじ, 金の星社, 32pp, ISBN: 4323028253. (in press)
7. 荒木健太郎, 2025: すごすぎる天気 of 図鑑 防災の超図鑑. すごすぎる天気 of 図鑑 防災の超図鑑, KADOKAWA, 176pp, ISBN: 4046073454. (in press)
8. 荒木健太郎, 2025: ふしぎなくも. ふしぎなくも, 金の星社, 32pp, ISBN: 4323028245. (in press)

9. 山下克也, 橋本明弘, 岡本創, 鈴木賢士, 篠田太郎, 高見和弥, 梅原章仁, 2025: 2024 年度秋季大会専門分科会 「観測による雲・降水の微物理過程解明」 報告. 天気, 71. (submitted)
10. 和田章義, 2025: 2019 年における台風の気候学的特徴. 令和元年房総半島台風と東日本台風 (気象研究ノート), 249, 1-11.
11. 和田章義, 2025: 2019 年の海洋環境場と台風の関係. 令和元年房総半島台風と東日本台風 (気象研究ノート), 249, 12-23.
12. 柳瀬亘, 荒木健太郎, 和田章義, 嶋田宇大, 林昌宏, 堀之内武, 2024: 台風北側への降水集中のメカニズム. 令和元年房総半島台風と東日本台風 (気象研究ノート), 249, 133-146.
13. 和田章義, 林昌宏, 柳瀬亘, 2025: アンサンブルシミュレーションによる発達過程の再現性. 令和元年房総半島台風と東日本台風 (気象研究ノート), 249, 200-214.
14. 荒木健太郎, 2024: かんてんぼうき. かんてんぼうき, 金の星社, 32pp, ISBN: 4323028237.
15. 益子渉, 2024: 令和元年房総半島台風 暴風・突風の特徴. 令和元年房総半島台風と東日本台風 (気象研究ノート), 249, 40-48.
16. 嶋田宇大, 2024: 上陸前後における構造変化. 令和元年房総半島台風と東日本台風 (気象研究ノート), 249, 72-82.
17. 足立透, 2024: 千葉県市原市に発生した竜巻. 令和元年房総半島台風と東日本台風 (気象研究ノート), 249, 107-121.
18. 相澤正隆, 伊藤耕介, 嶋田宇大, 2024: 北西太平洋における台風の中心気圧推定の改善に向けた木場の関係式の再検討. 京都大学防災研究所年報, 第 67 号, 134-149.
19. 梅原章仁, 2024: 気象レーダーを主力とした観測的メソ気象研究の現状と今後. 月刊海洋, 56, 724-734.
20. 荒木健太郎, 2024: そらのいろ. そらのいろ, 金の星社, 32pp, ISBN: 4323028229.
21. 鶴沼昂, 2024: 大雨をもたらすメソ降水系の現状と今後. 月刊海洋, 56, 700-704.
22. 鶴沼昂, 2024: 序文 メソ気象研究の将来展望 一若手研究者の視点から一. 月刊海洋, 56, 689-691.
23. 吉田智, 2024: 雷放電の物理 一絶縁破壊から電荷分離、メソ気象まで一. 雷放電の物理 一絶縁破壊から電荷分離、メソ気象まで一, 朝倉書店, 192pp, ISBN: 978-4254169447.
24. 山下克也, 高橋和, 後藤悠介, 山崎耕平, 金悠友, 辻泰成, 荒木健太郎, 佐藤陽祐, 當房豊, 2024: 2023 年度「エアロゾル・雲・降水に関する研究集会」 報告. 天気, 70, 447-453.
25. 荒木健太郎, 2024: くものなまえ. くものなまえ, 金の星社, 32pp, ISBN: 4323028210.
26. 荒木健太郎, 2024: 魔法のような空の風景 2025. 魔法のような空の風景 2025, インプレス, 28pp, ISBN: 4295019399.
27. 足立透, 2024: フェーズドアレイレーダーを用いた豪雨・突風の観測研究. てんきすと, 149, 2-3.
28. 荒木健太郎, 2024: てんきのしくみ図鑑. てんきのしくみ図鑑, Gakken, 36pp, ISBN: 4052058577.
29. 廣川康隆, 2024: 大雨の形態と線状降水帯の発生機構・出現頻度. 農業農村工学会誌, 92, 508-509.
30. 荒木健太郎, 太田絢子, 片山美紀, 津田紗矢佳, 佐々木恭子, 2024: 天気予報が楽しくなる空のしくみ. 天気予報が楽しくなる空のしくみ, 朝日新聞出版, 128pp, ISBN: 4023322199.
31. 荒木健太郎, 2024: 空のひみつがぜんぶわかる! 最高にすごすぎる天気図鑑. 空のひみつがぜんぶわかる! 最高にすごすぎる天気図鑑, KADOKAWA, 176pp, ISBN: 4046066318.

(3) 学会等発表 : 97 件

ア. 口頭発表 : 72 件

(国際的な会議・学会等 : 18 件)

1. Yamauchi, H., Activities of ET-OWR, Radar Workshop, 2025 年 2 月, 東京都港区
2. Shimada, U., O. Isoguchi, T. Tadono, M. Ohki, S. Sobue, M. Hayashi, Y. Ikuta, N. Kohno, W. Yanase, S. Tsujino, M. Yamaguchi, Ocean Surface Wind Retrieval from ALOS-2/PALSAR-2 and Application Studies Using Synthetic Aperture Radar (SAR) Winds, ESCAP/WMO Typhoon Committee 19th Integrated Workshop, 2024 年 11 月, 中国, 上海
3. Yanase, W., E. Tochimoto, N. Kitabatake, and P. Finocchio, Idealized numerical experiments on tropical cyclones undergoing extratropical transition, Asian Conference on Meteorology 2024, 2024 年 11 月, Japan, Tsukuba
4. Yamauchi, H., T. Unuma, A. Umehara, and A. Adachi, Observation of vertical wind profiles in clear air using a C-band solid-state radar, International Symposium on the 40th Anniversary of the MU Radar, 2024 年 11 月, Japan, Uji 治市
5. Shimada, U., O. Isoguchi, T. Tadono, M. Ohki, S. Sobue, M. Hayashi, Y. Ikuta, N. Kohno, W. Yanase, S. Tsujino, M. Yamaguchi, Ocean Surface Wind Retrieval from ALOS-2/PALSAR-2 under Tropical Cyclone Conditions, 3rd International SAR Workshop, 2024 年 11 月, Japan, Ureshino
6. Yanase, W., E. Tochimoto, N. Kitabatake, and P. Finocchio, An idealized numerical experiment on a tropical cyclone undergoing extratropical transition, 20th Cyclone Workshop, 2024 年 10 月, カナダ, サンソヴェール
7. Tochimoto E. and T. Spengler, Influence of Confluent and Diffluent Lower-tropospheric Flow on Extratropical Cyclone Intensification in the Northwestern Pacific, 20th Cyclone Workshop, 2024 年 10 月, カナダ, サンソヴェール
8. Sueki, K., Numerical Experiments on a Localized Heavy Rainfall Caused by a Quasi-stationary Convective Line in Kochi, Japan in 2022, The 16th International Conference on Mesoscale Convective System, 2024 年 10 月, 韓国, 慶州
9. Kawabata, Y., Research using the Dvorak reanalysis, The 7th Annual Meeting of TC Working Group on Meteorology, 2024 年 10 月, 東京都
10. Kawabata, Y., Probability ellipse for tropical cyclone track forecasts with multiple ensembles, 台風科学技術研究センターワークショップ, 2024 年 8 月, 横浜市
11. Unuma, T., H. Yamauchi, A. Umehara, T. Kato, A. Adachi, N. Nagumo, A. Hashimoto, Diagnosis of Convective Intensification Based on Equilibrium Raindrop Size Distributions in Japan, 19th International Conference on Clouds and Precipitation (ICCP 2024), 2024 年 7 月, 大韓民国, 済州
12. Adachi, T., A. Umehara, Damaging Wind Event Observed by MRI Phased Array Weather Radar in the Summer of 2023, JpGU meeting 2024, 2024 年 5 月, 千葉県千葉市&オンライン
13. Yamaguchi, M., Y. Ikuta, K. Ito, and M. Satoh, Feasibility of utilizing data-driven models for typhoon forecasting at operations, Kick-start Workshop for Promoting Technical Exchange of AI applications in Tropical Cyclone Analysis and Forecasting in Typhoon Committee, 2024 年 5 月, China, 香港
14. Yanase, W., E. Tochimoto, N. Kitabatake, P. Finocchio, Structural changes in tropical cyclones during extratropical transition in idealized experiments, 36th Conference on Hurricanes and

- Tropical Meteorology, 2024 年 5 月, アメリカ, ロングビーチ
15. Shimada, U., O. Isoguchi, T. Tadono, M. Ohki, S. Sobue, M. Hayashi, Y. Ikuta, N. Kohno, W. Yanase, S. Tsujino, and M. Yamaguchi, Ocean Surface Wind Retrieval from ALOS-2/PALSAR-2 and Application Studies Using SAR Winds, 36th Conference on Hurricanes and Tropical Meteorology, 2024 年 5 月, アメリカ, ロングビーチ
 16. Tsujino, S., T. Horinouchi, and U. Shimada, A New Method to Retrieve Circulations in Tropical Cyclones from Single-Doppler Radar Observations Based on the Helmholtz Decomposition, 36th Conference on Hurricanes and Tropical Meteorology, 2024 年 5 月, アメリカ, ロングビーチ
 17. Tsujino, S., K. Tsuboki, H. Yamada, N. Nagahama, and S. Hirano, Vortex Structure in Rapid Intensification of Numerically Simulated Typhoon Nanmadol (2022), JpGU meeting 2024, 2024 年 5 月, 千葉市&オンライン
 18. TAraki, K., H. Ishimoto, H. Seko, Y. Ikuta, T. Tajiri, T. Kawabata, K. Yoshimoto, K. Yamamoto, K. Sako, K. Suzuki, and K. Nakayama, Progress in weather monitoring and forecasting technology using the JMA ground-based microwave radiometer observation network, JpGU meeting 2024, 2024 年 5 月, 千葉市

(国内の会議・学会等 : 54 件)

1. 山内洋, 令和 6 年台風第 10 号に伴い多数発生した竜巻の親雲, 東京工芸大学・風工学共同研究拠点・研究集会「日本版改良藤田スケールにおける DI、DOD と被害風速の評価」, 2025 年 2 月, 日本
2. 荒木健太郎, 雪結晶で読み解く雲の心, 2024 年度積雪観測&雪結晶撮影講習会, 2025 年 1 月, 長岡市
3. 梅原章仁, 吉田智, 林修吾, 清水慎吾, 櫻井南海子, 山内洋, 出世ゆかり, 猪上華子, 南雲信宏, 二重偏波レーダー及び雷放電経路三次元観測システムにより捉えた下層正電荷の三次元微物理構造, 日本大気電気学会第 103 回研究発表会, 2025 年 1 月, 静岡市
4. 栃本英伍, 廣川康隆, 2022 年 8 月 3 日に新潟県・山形県で発生した線状降水帯の環境場の特徴と数値シミュレーションによる初期解析, 日本海側で生じる豪雨・豪雪に関する研究会, 2025 年 1 月, 新潟市
5. 加藤輝之, 平成 23 年 7 月新潟・福島豪雨の発生要因-1998 年・2004 年の過去の豪雨との比較-, 日本海側で生じる豪雨・豪雪に関する研究会, 2025 年 1 月, 新潟市
6. 末木健太, 令和 6 年 9 月 21 日に能登半島で発生した線状降水帯の数値実験, 日本海側で生じる豪雨・豪雪に関する研究会, 2025 年 1 月, 新潟市
7. 廣川康隆, 日本海側で生じる線状降水帯の統計的特徴, 日本海側で生じる豪雨・豪雪に関する研究会, 2025 年 1 月, 新潟市
8. 和田章義, 令和 6 年 台風第 10 号 ～遅い移動速度と広域にわたる大雨～, 令和 6 年度 気象研究所 研究成果発表会, 2024 年 12 月, 東京都港区
9. 楠研一, 進化する突風対策:AI が描く鉄道安全と防災技術の新時代, 令和 6 年度 気象研究所 研究成果発表会, 2024 年 12 月, 東京都港区
10. 末木健太, 令和 6 年 9 月に能登半島に記録的な大雨をもたらした線状降水帯の発生要因, 令和 6 年度 気象研究所 研究成果発表会, 2024 年 12 月, 東京都港区
11. 川端康弘, 台風解析・予測データの不確定性を考慮した発生および進路に関する研究, 横浜国立大学台風科学技術研究センターセミナー, 2024 年 12 月, オンライン

12. 足立透, フェーズドアレイ気象レーダーを用いた災害気象の機構解明と監視予測技術への応用, フェーズドアレイ気象レーダー研究会, 2024 年 11 月, 大阪市
13. 山内洋, 鶴沼昂, 梅原章仁, 足立アホロ, C 帯固体素子レーダーによる晴天大気の風鉛直プロファイル観測, 日本気象学会 2024 年秋季大会, 2024 年 11 月, つくば市
14. 足立透, 新野宏, スマートフォンカメラとフェーズドアレイレーダーを用いた 2023 年冬季関東平野における尾流雲の解析, 日本気象学会 2024 年秋季大会, 2024 年 11 月, つくば市
15. 栃本英伍, 梅雨前線帯低気圧の構造と発達過程に関する研究の現状と課題, 2024 年日本気象学会秋季大会, 2024 年 11 月, つくば市
16. Kusunoki, K., N. Ishitsu, T. Adachi, O. Suzuki, K.-I. Arai, H. Suzuki, C. Fujiwara, T. Shinomiya, K. Ashikawa, T. Suda, and I. Ogawa, 深層学習に基づく竜巻渦検出 -BRIDGE プログラムを通じた技術の進展と多分野への応用, 第 5 回 AI・データサイエンスシンポジウム, 2024 年 11 月, 東京都
17. 梅原章仁, 吉田智, 林修吾, 清水慎吾, 櫻井南海子, 山内洋, 出世ゆかり, 猪上華子, 南雲信宏, 二重偏波レーダー及び雷放電経路 3 次元観測システムにより捉えた積乱雲内部の下層正電荷に対応する降水粒子特性, 日本気象学会 2024 年秋季大会, 2024 年 11 月, つくば市
18. 中野博文, 小槻峻司, 佐藤陽祐, 荒木健太郎, 橋本明弘, 岡崎淳史, 深層学習を用いたスマートフォン撮影雪結晶の自動分類, 2024 年日本気象学会秋季大会, 2024 年 11 月, つくば市
19. 荒木健太郎, 山下克也, 本吉弘岐, 中井専人, 山口悟, 地上降雪特性と LWP の統計解析, 2024 年日本気象学会秋季大会, 2024 年 11 月, つくば市
20. 益子渉, 永戸久喜, 加藤輝之, 廣川康隆, 栃本英伍, 藤田匡, 新野宏, 竹見哲也, 佐藤正樹, 線状降水帯の発生形態の体系的な分類, 日本気象学会 2024 年秋季大会, 2024 年 11 月, つくば市
21. 加藤輝之, 荒木健太郎, 中村啓彦, 立花義裕, 宮崎真, 黒潮海域での顕熱・潜熱フラックス観測: 品質管理手法と気象庁メソモデル予報値との比較, 2024 年日本気象学会秋季大会, 2024 年 11 月, つくば市
22. 柳瀬亘, 栃本英伍, 北畠尚子, Peter M. Finocchio, 台風の温帯低気圧化における温暖前線の強化, 2024 年日本気象学会秋季大会, 2024 年 11 月, つくば市
23. 坂口哲朗, 高島祐弥, 箕輪昌裕, 荒木健太郎, 機械学習を用いたマイクロ波放射計の輝度温度推定と評価, 2024 年日本気象学会秋季大会, 2024 年 11 月, つくば市
24. 楠研一, 新井健一郎, 鈴木修, 可搬型ドップラーレーダー天頂観測で捉えた積乱雲雲頂付近の雹の落下 - 2023 年 7 月 12 日の事例解析, 日本気象学会 2024 年秋季大会, 2024 年 11 月, つくば市
25. 石津尚喜, 楠研一, 足立透, 鈴木修, 藤原忠誠, 新井健一郎, 関東の DRAW データを用いた CNN 渦探知アルゴリズムの開発, 2024 年日本気象学会秋季大会, 2024 年 11 月, つくば市
26. 新井健一郎, 楠研一, 石津尚喜, 藤原忠誠, 東北地方日本海沿岸海上での渦列形成時の環境場の解析, 日本気象学会 2024 年秋季大会, 2024 年 11 月, つくば市
27. 辻野智紀, 堀之内武, 静止気象衛星の高頻度雲追跡風同化による台風強度の客観解析を目指して -2018 年台風 Trami の観測システムシミュレーション実験-, 2024 年日本気象学会秋季大会, 2024 年 11 月, 茨城県つくば市
28. 嶋田宇大, 台風海上風推定における SAR 観測への期待, 衛星地球観測コンソーシアム (CONSEO) 光学・SAR 観測ワーキンググループ, 2024 年 10 月, オンライン
29. 益子渉, 線状降水帯の発生形態の体系的な分類, 第 10 回線状降水帯の機構解明に関する研究会, 2024 年 10 月, オンライン
30. 小野耕介, 線状降水帯発生時の環境場に対する局地モデルの予測精度, 非静力学モデルに関する

るワークショップ, 2024 年 9 月, 京都市

31. 辻野智紀, 和田章義, 加藤輝之, 2023 年台風第 7 号に伴う山陰地方の大雨の数値実験と要因分析, 第 26 回非静力学モデルに関するワークショップ, 2024 年 9 月, 京都市
32. 荒木健太郎, 山下克也, 本吉弘岐, 中井専人, 山口悟, 地上降雪特性と雲水量の関係, 雪氷研究大会 (2024・長岡), 2024 年 9 月, 長岡市
33. 辻野智紀, 西井章, 塚田大河, 金田幸恵, 順圧不安定は内側壁雲弱化的な普遍的なメカニズムであるか? -台風 Haishen (2020) と Hinnamnor (2022) のドップラーレーダー解析-, 第 3 回都市極端気象シンポジウム (第 20 回台風研究会), 2024 年 9 月, 宇治市
34. 鶴沼昂, 大雨をもたらす対流雲内の雨滴粒径分布の空間的な特徴, 第 3 回都市極端気象シンポジウム (第 20 回台風研究会), 2024 年 9 月, 宇治市
35. 加藤輝之, 梅雨期九州で集中豪雨が明け方から朝に頻発する要因について, 第 3 回都市極端気象シンポジウム (第 20 回台風研究会), 2024 年 9 月, 宇治市
36. 柳瀬亘, 台風の温帯低気圧化における前線形成前の降水集中, 低気圧と暴風雨雪に係るワークショップ 2024, 2024 年 9 月, 東京都港区
37. 川端康弘, 柳瀬亘, 和田章義, 2023 年秋季における台風活動のふりかえり, 台風診断ミーティング 2024, 2024 年 9 月, 横浜市
38. 辻野智紀, 堀之内武, 気象衛星ひまわり雲追跡風同化による台風客観解析を目指して, 第 28 回データ同化夏の学校, 2024 年 8 月, むつ市
39. 末木健太, 令和 4 年 7 月に高知で発生した線状降水帯の数値実験: 地形・海陸分布の感度実験, 第 4 回線状降水帯のメカニズム・環境場形成・階層構造に関する研究会, 2024 年 7 月, 神戸市
40. 益子渉, 線状降水帯の発生形態の体系的な分類, 第 4 回線状降水帯のメカニズム・環境場形成・階層構造に関する研究会, 2024 年 7 月, 神戸市
41. 荒木健太郎, 水蒸気の雲・降水影響と観測・予測研究の課題, 「対流圏水蒸気のサイエンス」分野横断研究ワークショップ, 2024 年 6 月, 岩手県奥州市
42. 川端康弘, 嶋田宇大, 山口宗彦, 気象庁ドボラック再解析データを用いた強い台風の過去 30 年間の変動, 日本地球惑星科学連合 2024 年大会, 2024 年 5 月, 千葉県千葉市&オンライン
43. 栃本英伍, 廣川康隆, 新野宏, 線状降水帯を起こす梅雨前線帯の低気圧とその環境場の特徴, JPGU meeting 2024, 2024 年 5 月, 千葉市
44. 嶋田宇大, 台風サイズ別の急発達条件, 日本気象学会 2024 年春季大会, 2024 年 5 月, オンライン
45. 鶴沼昂, 2023 年 7 月 10 日に九州北部で大雨をもたらした降水系内部の三次元雲微物理構造, 日本気象学会 2024 年度春季大会, 2024 年 5 月, オンライン
46. 楠研一, 足立透, 鈴木修, 新井健一郎, 石津尚喜, BRIDGE プロジェクト・突風防災の未来を拓く AI 技術, 日本気象学会 2024 年春季大会, 2024 年 5 月, オンライン
47. 栃本英伍, 末木健太, 廣川康隆, 益子渉, 新野宏, 線状降水帯発生環境場におけるエントレイメントを考慮した CAPE の有効性についての統計的検証, 2024 日本気象学会春季大会, 2024 年 5 月, オンライン
48. 益子渉, 2023 年 9 月 8 日に房総半島から福島県沿岸にかけて発生した大雨事例の解析, 日本気象学会 2024 年春季大会, 2024 年 5 月, オンライン
49. 加藤輝之, 九州領域での集中豪雨事例の出現頻度における日変化の要因, 日本気象学会 2024 年度春季大会, 2024 年 5 月, オンライン
50. 末木健太, 四国で発生した線状降水帯に対する地形・海陸分布の影響, 日本気象学会 2024 年度春季大会, 2024 年 5 月, オンライン

51. 廣川康隆, 川畑拓矢, 令和2年7月豪雨の高解像度・大アンサンブルシミュレーション解析, 2024年5月, オンライン
52. 中川卓弥, 加藤輝之, 梅雨期に九州地方で発生する線状降水帯と東シナ海との関係(続報), 日本気象学会2024年春季大会, 2024年5月, オンライン
53. 鵜沼昂, 大雨をもたらすメソ降水系の現状と今後, 第57回メソ気象研究会, 2024年5月, 千葉県柏市・オンライン
54. 辻野智紀, 台風に伴うメソスケール現象の現状理解と課題・主に台風強度・構造の観点から, 第57回メソ気象研究会, 2024年5月, 千葉県柏市・オンライン

イ. ポスター発表: 25件

(国際的な会議・学会等: 10件)

1. Sakaguchi, T., M. Minowa, Y. Takashima, and K. Araki, Brightness Temperature Estimation from Ground-Based Microwave Radiometer Observation by Machine Learning, 105th American Meteorological Society Annual Meeting, 2025年1月, アメリカ, ニューオーリンズ
2. Minowa, M., T. Sakaguchi, Y. Takashima, K. Araki, and A. Kuwano-Yoshida, Development of a Compact Microwave Radiometer for Water Vapor Estimation with Machine Learning Method, 105th American Meteorological Society Annual Meeting, 2025年1月, アメリカ, ニューオーリンズ
3. Adachi, T., and A. Umehara, Fine-Scale Observation of Wet Downbursts Using Phased Array Weather Radar in Kanto, Japan, During the Summer of 2023-2024, AGU24 Annual Meeting, 2024年12月, アメリカ, ワシントン D.C.
4. Tsujino, S., A. Nishii, T. Tsukada, S. Kanada, Is redistribution of vorticity due to barotropic instability a common mechanism of inner eyewall weakening in observed eyewall replacement cycles?, The 2nd International Workshop on Typhoon Science and Technology Research Center, 2024年11月, Japan, Yokohama
5. Shimada, U., Estimation of the Radius of Maximum Wind Using Passive Microwave Satellite Data, The Second International Workshop on Typhoon Science and Technology Research Center, 2024年11月, Japan, Yokohama
6. Sueki, K., Numerical Experiments on a Localized Heavy Rainfall Caused by a Quasi-stationary Convective Line in Kochi, Japan in 2022: Sensitivity Experiments on Topography and Surface Roughness of Shikoku Island, The 4th Asian Conference on Meteorology (ACM) 2024, 2024年11月, Japan, Tsukuba
7. Ono, K, Feasibility study on improving deterministic forecasts for severe weather by the JMA's regional EPS, The 4th Asian Conference on Meteorology (ACM) 2024, 2024年11月, Japan, Tsukuba
8. Kusunoki, K., N. Ishitsu, T. Adachi, O. Suzuki, K.-I. Arai, H. Suzuki, C. Fujiwara, T. Shinomiya, K. Ashikawa, T. Suda, and I. Ogawa, Real-Time Tornado Vortex Detection System Using Deep Learning - Towards Mitigation of Localized and Sudden Meteorological Disasters, 第12回欧州レーダー気象・水文会議 (ERAD2024), 2024年9月, イタリア共和国, ローマ市
9. Ichikawa, R., Ohta, Y., Araki, K., Tajiri, T., Fujita, M., Ujihara, H., Yamada, T., Jike, T., Imai, H., Minowa, M., and Takashima, Y., Novel Real-time Observation of High-resolution Water Vapor Behavior for Detection of Precursors of Cumulonimbus Clouds and Investigation of

Their Evolution: - Preliminary Results -, EGU General Assembly 2024, 2024 年 4 月, Austria, Vienna

10. Shimada, U., Tropical Cyclone Intensity Forecasting with Three Multiple Linear Regression Models and Random Forest Classification, 36th Conference on Hurricanes and Tropical Meteorology, 2024 年 5 月, アメリカ, ロングビーチ

(国内の会議・学会等：15 件)

1. 市川隆一, 太田雄策, 荒木健太郎, 田尻拓也, 藤田実季子, 氏原秀樹, 寺家孝明, 今井裕, 箕輪昌裕, 高島祐弥, 革新的超高解像度リアルタイム水蒸気観測が解き明かす積乱雲発生の前兆と発達過程 その 2 - 2024 年度実施内容 -, VLBI 懇談会シンポジウム 2024, 2024 年 12 月, 高山市
2. 和田章義, 川端康弘, 吉村裕正, マルチアンサンブルデータを用いた 2023 年台風第 2 号の予測評価, 日本気象学会秋季大会, 2024 年 11 月, つくば市
3. 小野耕介, 大気下層の相当温位に対するアンサンブル次元の特性, 日本気象学会 2024 年秋季大会, 2024 年 11 月, つくば市
4. 田村亮祐, 江口菜穂, 荒木健太郎, 300GHz 帯放射計の晴天大気における観測精度の評価, 2024 年日本気象学会秋季大会, 2024 年 11 月, つくば市
5. 嶋田宇大, 三つの重線形回帰モデルとランダムフォレスト分類を用いた台風強度予測 (完成版), 日本気象学会 2024 年秋季大会, 2024 年 11 月, つくば市
6. 和田章義, 熱帯低気圧に関わる全球海洋貯熱量データセットの構築, 日本気象学会秋季大会, 2024 年 11 月, つくば市
7. 北村智文, 画像生成によるレーダー遮蔽域のデータ補完—初期実験—, 2024 年日本気象学会秋季大会, 2024 年 11 月, つくば市
8. 末木健太, Warm Bubble 実験の大規模なパラメータスイープに基づく対流性降水の環境場依存性の解析, 日本気象学会 2024 年度秋季大会, 2024 年 11 月, つくば市
9. 小野耕介, 大気下層の相当温位に対するアンサンブル次元の特性, 日本気象学会 2024 年度秋季大会, 2024 年 11 月, つくば市
10. 川端康弘, 2023 年のアンサンブル台風進路予測の特性調査, 日本気象学会秋季大会, 2024 年 11 月, つくば市
11. 鶴沼昂, 山内洋, 梅原章仁, 発達した対流雲内の雨滴粒径分布の鉛直構造, 日本気象学会 2024 年秋季大会, 2024 年 11 月, つくば市
12. 末木健太, 令和 4 年 7 月に高知で発生した線状降水帯の数値実験：地形・地表面粗度に関する感度実験, 第 10 回メソ気象セミナー, 2024 年 9 月, 松江市
13. 鶴沼昂, 対流雲内の雨滴粒径分布の時空間的な把握, 第 10 回メソ気象セミナー, 2024 年 9 月, 松江市
14. 辻野智紀, 和田章義, 加藤輝之, 2023 年台風第 7 号(Lan) に伴う山陰地方の豪雨 -日本海の高い海面水温とメソ低気圧の役割-, 日本気象学会 2024 年度春季大会, 2024 年 5 月, オンライン
15. 和田章義, 南シナ海における台風の再発達：海洋環境場と数値シミュレーション, 日本気象学会 2024 年春季大会, 2024 年 5 月, オンライン

(4) 投稿予定論文：なし

- 報道・記事
- ・報道発表

1. 気象庁（気象研究所と共同作成）「線状降水帯予測精度向上に向けた技術開発・研究の取組について」2024年12月25日
2. 気象庁（気象研究所と共同作成）「令和6年7月以降の顕著な高温と7月下旬の北日本の大雨の特徴と要因について」2024年9月2日
3. 気象庁（気象研究所と共同作成）「線状降水帯予測精度向上に向けた技術開発・研究の取組について」2024年6月13日
4. 気象研究所「梅雨期九州の集中豪雨、明け方から朝に頻発、顕著な増加傾向」2024年6月12日

・記事

1. 加藤輝之, 大糸タイムズ「小谷 7.11 水害から 30 年」2025 年 1 月 1 日
2. 足立透, ABC テレビ「Q-1~U-1 8 が未来を変える★研究発表 SHOW~: 日本の気象研究の最先端技術」2024 年 9 月 29 日
3. 加藤輝之, 産経新聞明解説「線状降水帯、夏の大雨深刻化 集中豪雨は最近 45 年間で 3 倍以上排水力高める対策必要」2024 年 9 月 28 日
4. 荒木健太郎, Fm yokohama (FUTURESCAPE)「気象災害をもたらす雲の仕組みについて」2024 年 9 月 28 日
5. 加藤輝之, 読売新聞「線状降水帯と土砂災害の関係」2024 年 8 月 30 日
6. 加藤輝之, 読売新聞「20240820_線状降水帯夜間に多く」2024 年 8 月 20 日
7. 加藤輝之, 調査情報デジタル「「線状降水帯」が広く知られるきっかけ〜「広島土砂災害」から 10 年〜」2024 年 8 月 10 日
8. 加藤輝之, RKK 熊本放送「九州の豪雨は“明け方〜朝”に多い」線状降水帯の名付け親が解説『九州特有の大雨傾向とメカニズム』2024 年 7 月 11 日
9. 加藤輝之, 西日本新聞「九州、朝に豪雨増加」2024 年 6 月 18 日
10. 加藤輝之, NHK 視点・論点「“線状降水帯”の謎を追う」2024 年 6 月 3 日
11. 加藤輝之, 日テレ NEWS「線状降水帯…気温 2℃上昇で 1.3 倍に 気象研究所が試算 九州でなぜ? “明け方”被害多く【武居信介の防災学】」2024 年 6 月 1 日
12. 荒木健太郎, テレビ朝日 (サンデーLIVE!!)「陸海空+宇宙から! 線状降水帯予測の最前線を独自取材…なぜ予測精度の向上が可能に?」2024 年 6 月 2 日
13. 荒木健太郎, 茨城県教育委員会 (教育いばらき)「雲研究者・荒木健太郎さんスペシャルインタビュー」2024 年 5 月 27 日
14. 辻野智紀, 読売新聞「山陰の昨夏の大雨、平年より 4 度高い日本海の水温が原因か…台風から流れ込んだ空気に大量の水蒸気」2024 年 5 月 22 日
15. 辻野智紀, 時事通信「北陸のフェーンで鳥取大雨 昨年 8 月、沖合で水蒸気増加—気象研」2024 年 5 月 18 日
16. 鶴沼昂, 時事通信「高度 1.5 キロから大小の雨粒に 昨年 7 月、九州北部の大雨—気象研」2024 年 5 月 18 日
17. 荒木健太郎, FNN プライムオンライン「最新機器で“線状降水帯”予測精度アップ! 災害に立ち向かう「気象庁気象研究所」とは?」2024 年 4 月 24 日

● その他 ((3)「成果の他の研究への波及状況」関連)

・講演、アウトリーチ等

1. 荒木健太郎, 防災・減災のための雲科学研究, 第 38 回広島工業大学シンポジウム, 2025 年 3 月
2. 加藤輝之, 集中豪雨をもたらす線状降水帯〜基礎研究が生み出した防災用語〜, 国土交通省リレー講演会 (広島市豪雨災害伝承館), 2025 年 1 月

3. 荒木健太郎, 雪結晶で読み解く雲の心, 2024 年度積雪観測&雪結晶撮影講習会, 2025 年 1 月
4. 楠 研一, 進化する突風対策: AI が描く鉄道安全と防災技術の新時代, 令和 6 年度 気象研究所研究成果発表会, 2024 年 12 月
5. 末木健太, 令和 6 年 9 月に能登半島に記録的な大雨をもたらした線状降水帯の発生要因, 令和 6 年度 気象研究所研究成果発表会, 2024 年 12 月
6. 和田章義, 令和 6 年 台風第 10 号〜遅い移動速度と広域にわたる大雨〜, 令和 6 年度 気象研究所研究成果発表会, 2024 年 12 月
7. 荒木健太郎, 防災・減災のための雲科学研究, 並木中等教育学校「科学出前講座」特別講演, 2024 年 12 月
8. 廣川康隆, 集中豪雨と線状降水帯, 令和 6 年度防災・気候講演会, 2024 年 11 月
9. 荒木健太郎, 雲を愛する技術, 東海大学情報技術論 (第 5 回), 2024 年 10 月
10. 荒木健太郎, 雲と共に生きる, 日本パーソナリティ心理学会第 33 回大会特別講演, 2024 年 10 月
11. 荒木健太郎, 防災・減災のための雲科学コミュニケーション, Open Academia Lectures #1, 2024 年 9 月
12. 荒木健太郎, 雲との上手な付き合い方, STARRY NIGHT JAM vol.121, 2024 年 7 月
13. 荒木健太郎, 人生を豊かにする雲科学, 東京都立大学特別講義, 2024 年 7 月
14. 加藤輝之, 気候変動の影響による自然災害の頻発化・激甚化, 避難指示等に関する実務研修 (栃木県), 2024 年 6 月
15. 加藤輝之, 線状降水帯の発生メカニズムと予測可能性, 線状降水帯勉強会 (気象庁記者クラブ), 2024 年 6 月
16. 廣川康隆, 2009 年以降に日本で生じた線状降水帯の特徴, 線状降水帯勉強会 (気象庁記者クラブ), 2024 年 6 月
17. 荒木健太郎, 気象災害から身を守るための雲の科学, エコフォーラム 2024, 2024 年 6 月
18. 足立透, フェーズドアレイレーダーを用いた豪雨・突風の観測研究, 日本気象予報士会・気象記念講演会, 2024 年 6 月, オンライン
19. 辻野智紀, 気象レーダーのドップラー速度観測から台風循環を復元する新手法とその適用, 第 12 回 TRC セミナー, 2024 年 6 月, オンライン
20. 加藤輝之, 線状降水帯の発生メカニズムと予測可能性, 九州災害情報研究会, 2024 年 5 月
21. 加藤輝之, 線状降水帯の発生メカニズムと予測可能性, JPGU2024 パブリックセッション, 2024 年 5 月

・受賞等

1. 楠 研一, 石津 尚喜, 足立 透, 鈴木 修, 新井 健一郎ほか AI・データサイエンス論文賞, 2024 年 12 月
2. 辻野智紀, アメリカ地球物理学連合 (AGU) 優秀査読者賞 (AGU's Outstanding Reviewers of 2023), 2024 年 10 月
3. 加藤輝之, 廣川康隆, 令和 6 年度科学技術分野の文部科学大臣表彰 (科学技術賞開発部門) 団体, 2024 年 4 月

気候システム及び炭素・生物地球化学循環の解明・評価・予測に関する研究(C 課題)

- 研究年次：1 年目／5 年計画（令和 6 年度～令和 10 年度）
- 研究代表者：須田一人（気候・環境研究部長）
- 課題構成及び研究担当者

本研究課題の構成及び研究担当者は以下のとおりである。

（副課題 1）異常気象・気候変動やその予測可能性の解明・評価

副課題代表者：直江寛明

[気候・環境研究部]	原田やよい、小林ちあき、関澤偲温、保坂征宏、遠藤洋和、古林慎哉（併任）、高坂裕貴（併任）、佐藤大卓（併任）、前田修平（併任）、竹村和人（併任）
[全球大気海洋研究部]	吉村裕正、石川一郎、出牛 真、吉田康平、高谷祐平、足立恭将、平原翔二、安井良輔
[応用気象研究部]	仲江川敏之、川瀬宏明

（副課題 2）地球温暖化に伴う気候変動・極端現象変化のメカニズム解明と将来予測

副課題代表者：保坂征宏

[気候・環境研究部]	水田 亮、遠藤洋和、行本誠史、直江寛明、小林ちあき、原田やよい、村上茂教（併任）、小畑 淳（併任）
[全球大気海洋研究部]	石井正好、出牛 真、吉田康平、平原翔二、吉村裕正、石川一郎、高谷祐平、足立恭将、大島 長、中野英之、浦川昇吾
[気象予報研究部]	中川雅之、川合秀明、長澤亮二
[応用気象研究部]	辻野博之、仲江川敏之、村崎万代、川瀬宏明、山口宗彦

（副課題 3）大気中の物質循環及び炭素収支の理解・評価

副課題代表者：澤 庸介

[気候・環境研究部]	石島健太郎、石井雅男、藤田遼、福田裕大（併任）、松岡優輝（併任）、坪井一寛（併任）
[全球大気海洋研究部]	眞木貴史

（副課題 4）海洋の炭素・生物地球化学循環の実態評価・変化予測

副課題代表者：豊田隆寛

[気候・環境研究部]	遠山勝也、小杉如央、石井雅男、笹野大輔（併任）、飯田洋介（併任）、小野恒（併任）
[全球大気海洋研究部]	中野英之、浦川昇吾
[応用気象研究部]	辻野博之

● 研究の動機・背景

災害の激甚化に対応した防災意識の向上や防災・社会インフラ整備の計画的な推進のため、気象庁が提供する情報に関する次のニーズを背景とする。

- ・気候リスク低減・生産性向上に資する数か月先までの予測精度向上
- ・地球温暖化対策を支援する数十年～100 年後の情報の高度化

研究の実施により、次のような意義を有する。

- ・基盤となる科学的知見の充実、国際活動への参画・貢献
- ・気象庁の基盤技術向上に寄与、情報発信・国際業務を支援・補完
- ・過去から将来にわたる様々な時間スケール及び大気と海洋をまたぐシームレスな情報提供に貢献し、次世代技術を志向した研究を推進

● 研究の目的

(全体)

大気と海洋を含む気候システムや、その応答過程で重要な炭素循環及びそれに関連する生物地球化学循環について、観測及び数値モデルによるデータ・プロダクトを複合的に活用することで、諸現象の要因を解明し、過去から将来にわたる解析・予測に係る信頼性を向上するとともに、観測及び数値モデルの進展にフィードバックする。そのことで、気候システム及び炭素・生物地球化学循環の現状及び過去から将来にわたる変化を評価・考察し、社会経済の発展及び政策決定のための理解促進・活用に資する。

(副課題1) 異常気象・気候変動やその予測可能性の解明・評価

気候系や異常気象について、現象の監視、要因分析及びメカニズム解明、長期再解析の品質評価、及び季節～十年規模の予測可能性の解明に貢献する。

(副課題2) 地球温暖化に伴う気候変動・極端現象変化のメカニズム解明と将来予測

地球温暖化に伴う気候変動について、気候モデルデータや予測システムを用いてメカニズム解明と将来予測を行い、信頼できる予測情報の活用に貢献する。

(副課題3) 大気中の物質循環及び炭素収支の理解・評価

大気中の温室効果ガスの時空間変動について、多角的観測による実態把握及び要因解析とともに、解析結果に基づき地球規模の炭素収支・物質循環の理解に貢献する。

(副課題4) 海洋の炭素・生物地球化学循環の実態評価・変化予測

海洋の炭素循環及びそれに関連する生物地球化学環境について、観測・モデルの活用により、季節変動の実態把握及び循環の長期変動の総合的分析に貢献する。

● 研究の目標

(全体)

災害の激甚化に対応した防災意識の向上や防災・社会インフラ整備の計画的な推進など、地球温暖化対策の政策判断や適応支援に必要な、気象庁による情報提供に関するニーズに対応し、科学的基盤となる知見の充実や国際活動に参画・貢献するとともに、気象庁の基盤技術向上に寄与し、情報発信・国際協力に係る業務を支援・補完する。

特に、過去から将来にわたる様々な時間スケール及び大気と海洋を跨ぐシームレスな情報提供に貢献し、次世代技術を志向した研究を推進する。

(副課題1) 異常気象・気候変動やその予測可能性の解明・評価

気候系の監視、異常気象のメカニズム解明、地球温暖化と異常気象との因果関係の即時的な評価、季節スケールの予測可能性評価を行う。異常気象の解析や季節予測システム予測精度評価に必要な基盤データである長期再解析の品質評価を行い、次期気象庁長期再解析の実施に向け、高度化や改善策を検討する。

(副課題2) 地球温暖化に伴う気候変動・極端現象変化のメカニズム解明と将来予測

主に CMIP5/6 のマルチモデルアンサンブルに加え、MRI-ESM2 や MRI-ESM3 のプロトタイプ等のさま

さまざまなデータを用いて、気候変動メカニズム解明、要因分析を進める。全球高解像度予測システムについて、過去の再現性を評価し、将来予測データの初期解析を行う。地球温暖化にかかわる検討・予測・評価に関する知見等をまとめた情報を作成する。特に「日本の気候変動 2025」に貢献する。

(副課題 3) 大気中の物質循環及び炭素収支の理解・評価

地上観測所での温室効果ガス観測の実施に加え、航空機観測や携行型分析計の評価等を行い、多様なプラットフォームでの観測展開に向けた試験を行う。また、気象庁の温室効果ガス観測システムの精度維持のため技術的支援を行うとともに、長期的な変動要因解析等のため観測データの連続性などの評価を行う。炭素収支・物質循環の解析のため、開発中の MRI-ESM3 にて、温室効果ガスを扱えるよう機能追加を行う。

(副課題 4) 海洋の炭素・生物地球化学循環の実態評価・変化予測

船舶や自動観測機器等による海洋生物地球化学パラメータの表層観測データを取得・収集し、日本近海域をはじめとした表層生物地球化学環境の季節変動の実態を把握する。また、観測船による長期定線観測データや海洋モデルによる過去再現・将来予測実験データを活用し、海洋生物地球化学場の長期変動を評価する。これらについての国際共同研究プロジェクトへ参加し、炭素循環の実態解明に貢献するとともに、相互比較を通じて海洋モデルの生物地球化学過程改善への指針を得る。

● 研究成果

(1) 今年度得られた成果の概要

(全体)

第 3 次長期再解析 (JRA-3Q) 及び本庁大気温室効果ガス新観測システムの品質の評価・確認や、廉価型 CO₂ 分析計及び水中グライダーによる観測、新しい pCO₂ 取得法実証など、気象庁の基盤技術や向上及び次世代技術に向けた成果が得られた。また、季節予測のシグナルとなる変動成分の評価、近未来予測を含む不確実性の検討、「日本の気候変動 2025」など、気象庁のシームレスな情報提供に貢献した。

その他、気候システムのメカニズム解明、温室効果ガス研究観測、海洋生物地球化学モデル改善など、基盤となる科学的知見の充実や国際貢献にも繋げた。

(副課題 1) 異常気象・気候変動やその予測可能性の解明・評価

気象庁第 3 次長期再解析について下部成層圏の子午面循環強度の違いはデータ同化システムで用いる大気モデルの非断熱加熱に強く影響されることを示した。また、再解析データの赤道準二年周期の解析から高密度な衛星観測がある 2010 年半ば以降はどの再解析も一致するが、観測で拘束できなくなるにつれ信頼度が低くなることがわかった。夏期アジアジェットに沿う主要変動でエルニーニョ・南方振動と有意に関連する成分は年々変動の再現性が比較的高く、夏季日本の季節予測に重要なシグナルとなり得る可能性が示唆された。

(副課題 2) 地球温暖化に伴う気候変動・極端現象変化のメカニズム解明と将来予測

CMIP マルチモデルデータ等の解析を行い、気候システムの解明を進めた。北極域における平均降水量にみられる近年の強い増加傾向は、外部強制要因分析から温室効果ガスの増加・エアロゾルの横ばいによること、エネルギー収支の観点から大気放射冷却増と低緯度側からの顕熱輸送の減によることを示した。また、アジア・ユーラシア域で予測される昇温パターンでは、ユーラシア大陸の大きな昇温・周辺海域の小さな昇温で特徴づけられる成分があるが、その成分の大小で東アジアの夏季降水

量変化の空間分布やモンスーン季節進行が大きく異なることを示した。

高解像度モデルでの大規模アンサンブル計算の初期データから、大気海洋結合効果による台風強度の緯度分布等の改善を確認したほか、近未来予測を含む不確実性についての検討等を進めた。

「日本の気候変動 2025」に貢献した。

（副課題 3）大気中の物質循環及び炭素収支の理解・評価

南鳥島、綾里、父島において、ラドン等温室効果ガス関連ガスの観測を継続した。また、札幌及び仙台管区气象台において、廉価型分析計による観測を実施し、平日と休日の濃度変動の違い等を明らかにした。気象庁の更新された分析装置の精度確認のため、新校正装置を用いた標準ガスの比較、新旧装置のデータの検討、携行型分析装置を用いた試験を実施した。また、南鳥島への自衛隊機を利用した試料採取による温室効果ガス観測を実施し、経由地の硫黄島での温室効果ガスの鉛直分布データを初めて取得し、経度方向に濃度差があることを示した。MRI-ESM3 導入の準備段階として、現行の温室効果ガス化学輸送モデルを NAPS11 へ移植し動作試験を行った。

（副課題 4）海洋の炭素・生物地球化学循環の実態評価・変化予測

日本沿岸及び黒潮付近の外洋域で pH センサーと塩分センサーを用いた間接的 pCO₂ 取得法の実証実験を行った。また、亜熱帯域で水中グライダーによる長期観測実験を行い、中規模渦と海洋表層～中層の生物地球化学パラメータとの関係を観測した。海洋生物地球化学モデルの改良として、従来の低次生態系 NPZD モデルに鉄循環を導入し、鉄制限の表現に熱帯と北太平洋亜寒帯域での生物生産・海面 CO₂ フラックスの季節変動を改善した。

（2）当初計画からの変更点（研究手法の変更点等）

副課題 3 では、気象庁の温室効果ガス観測体制の変更に伴い、与那国島での観測を終了し、南鳥島への自衛隊機を利用した温室効果ガス観測を研究観測として開始した。

（3）成果の他の研究への波及状況

（全体）

本庁の検討会等（「長期再解析推進懇談会」、「異常気象分析検討会」、「品質評価科学活動懇談会」など）へのインプットを通じて気象庁の業務の基礎資料となるほか、観測や解析に関する基盤的な知見・データや気象庁が発表するプロダクト（「日本の気候変動 2025」など）として、国内外の研究・計画（文部科学省先端プログラム、世界気象機関全球大気監視計画、結合モデル相互比較プロジェクト、CO₂ フラックス国際比較など）に広く利用されている。同時に、他省庁予算及び共同研究等からを通じて得られた観測・モデル等の成果プロダクトは、経常研究における解析・評価等にも活用している。

（副課題 1）異常気象・気候変動やその予測可能性の解明・評価

異常気象の研究で蓄積される知見は異常気象分析検討会の基礎資料となる。長期再解析の品質評価により再解析データの信頼性を付与することで、異常気象解析や気候研究基盤データとして世界的に広く利用されることが期待される。

（副課題 2）地球温暖化に伴う気候変動・極端現象変化のメカニズム解明と将来予測

気象庁が文部科学省とともに作成する「日本の気候変動 2025」に貢献した。また、特に国内の適応策に資する「気候予測データセット 2027」（仮）へ向けて大規模アンサンブル計算等をおこなう文部科学省先端プログラムとは密接に連携しながら進めている。

(副課題3) 大気中の物質循環及び炭素収支の理解・評価

本研究の測定技術や品質管理手法は、気象庁における現業観測、気象庁が運営する世界気象機関全球大気監視校正センター（WMO/GAW-WCC）活動を支える技術的基盤となっている。

(副課題4) 海洋の炭素・生物地球化学循環の実態評価・変化予測

国際的なCO₂フラックス比較研究や「日本の気候変動2025」の海洋酸性化部分など、温暖化や自然変動に伴う海洋酸性化や炭素収支の定量的な評価・議論に貢献している。M課題が進める海洋モデル開発の生物地球化学や関係する現象を通じた検証や適用事例を通じてフィードバックを行っている。

(4) 事前・中間評価の結果の研究への反映状況**(全体)**

長期再解析プロダクトの評価向上に向け信頼限界などを踏まえた比較解析や品質評価に丁寧に取り組んでいる。中・高解像度モデルの活用について各種不確実性も考慮して実験を設定するなど具体的な計画をもって進めている、研究観測の実施においては、研究資金・人員が限られていることを踏まえ、共同研究を活用し他機関の観測プラットフォーム及び観測試料を有効利用している。確立した観測技術を現業にも活用するため研究成果とりまとめを含めた情報発信を進めている。

(副課題1) 異常気象・気候変動やその予測可能性の解明・評価

評価委員から、品質評価や他研究機関の最新の再解析データを比較し理由等を明らかにして公表することはJRA-3Qの評価を高める上で重要との指摘に対し、信頼限界などを踏まえた比較解析を実施、品質評価の研究に丁寧に取り組んだ。

(副課題2) 地球温暖化に伴う気候変動・極端現象変化のメカニズム解明と将来予測

「中・高解像度モデルの活用について具体的な計画が必要である。」とのご指摘には、先端プログラムとも連携をとるなかで、各種不確実性も考慮した形での実験設定をはかっている。

(副課題3) 大気中の物質循環及び炭素収支の理解・評価

南鳥島、綾里での観測においては、国立環境研究所及び産業技術総合研究所の研究者とも連携し、観測プラットフォーム及び観測試料を有効利用している。

(副課題4) 海洋の炭素・生物地球化学循環の実態評価・変化予測

評価委員より限られる研究資金・人員を踏まえた他機関との積極的な連携の推進を要請するコメントがあり、外部資金・共同研究をベースに連携を進めている。また、確立した観測技術の活用・発信について、研究成果のとりまとめや現業に貢献できるような情報発信を進めていく。

● 今後の研究の進め方**(全体)**

異常気象の要因分析・メカニズムに関する研究を推進するとともに、長期再解析の品質評価を通じて将来的な改善について提案する。各種モデルデータを活用して気候メカニズムを解明し、CMIP7に向けた準備を行うとともに、高解像度予測システムによる将来予測結果の初期解析や予測情報の作成を進める。

大気・海洋の炭素循環について、航空機観測・携行型分析計も含めた多角的観測を進めるとともに、

モデルも含めたアプローチによる各種スケールの海洋物理場や、温室効果ガス及び生物活動に影響された地球化学パラメータの時空間変動の実態把握や変動要因を理解する。

(副課題 1) 異常気象・気候変動やその予測可能性の解明・評価

異常気象の要因分析やメカニズムに関する研究（地球温暖化や十年規模変動との関係、大気大循環の遠隔影響など）を推進する。長期再解析では水蒸気等の品質評価を進め、大気海洋結合データ同化システムの利用など海面境界条件の高度化について検討するとともに将来的な改善について提案する。

(副課題 2) 地球温暖化に伴う気候変動・極端現象変化のメカニズム解明と将来予測

引き続き、各種モデルデータを活用した気候メカニズムの解明を進める。また、M 課題とも連携しつつ、CMIP7 への準備にとりかかる。高解像度予測システムによる多アンサンブル将来予測実験結果の初期解析を続け、予測情報の作成に努める。

(副課題 3) 大気中の物質循環及び炭素収支の理解・評価

航空機観測、携行型分析計等による多角的観測、大気化学輸送モデルの推進により、大気中の温室効果ガスの時空間変動の実態把握及び変動要因解析を行う。

(副課題 4) 海洋の炭素・生物地球化学循環の実態評価・変化予測

全球から沿岸や渦のスケールまでの物理場や生物活動に影響された地球化学パラメータ変動の理解に向けて、観測・モデルからのアプローチを持続的に行う。

● 研究成果リスト

(1) 査読論文：34 件

1. Toyoda, T., L. S. Urakawa, K. Sakamoto, Y. Kawakami, K. Aoki, H. Nakano, Y. Takaya, K. Toyama, N. Kosugi, Y. Kitamura, and M. Ishii, 2025: Sensitivity of the Arctic sea ice representation to the ice thickness category resolution in an OGCM. *Journal of Oceanography*. (in press)
2. Naoe, H., C. Kobayashi, S. Kobayashi, Y. Kosaka, and K. Shibata, , 2025: Representation of Quasi-Biennial Oscillation in JRA-3Q. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, 103. (in press)
3. Toyoda, T., N. Hirose, K. Sakamoto, H. Nakano, L. S. Urakawa, Y. Kawakami, K. Aoki, A. Yamagami, Y. Ushijima, N. Usui, G. Yamanaka, T. Nakayama, T. In, T. Kuji, H. Kofuji, and K. Tanaka, 2025: Bottom topography effect on the seasonal mode generation of the Tsugaru Warm Current. *Journal of Climate*. (in press)
4. Ryo Fujita, Heather Graven, Giulia Zazzeri, Benjamin Hmiel, Vasilii V. Petrenko, Andrew M. Smith, Sylvia E. Michel, Shinji Morimoto, 2025: Global fossil methane emissions constrained by multi-isotopic atmospheric methane histories. *Journal of Geophysical Research Atmosphere*. (in press)
5. Hirahara, S., M. Deushi, K. Yoshida, M. Ishii, T. Sakazaki and H. Naoe, 2025: Surface-Pressure Semi-diurnal Tides and the Stratospheric Quasi-Biennial Oscillation: Synchronization and Disruption. *Journal of Geophysical Research Atmosphere*, 130, e2024JD042710.

6. Sekizawa, S., S. Okajima, A. Miyamoto, T. Miyasaka, H. Kawai, M. Koike, and H. Nakamura, 2025: Summer low clouds off southeast of Hokkaido simulated in the Japan Meteorological Agency Meso-Scale Model under different synoptic conditions. SOLA, 21, 24-33.
7. Hiroshi Tanimoto, Toshinobu Machida, Tomoko Shirai, Yosuke Niwa, Tsuneo Matsunaga, Tazu Saeki, Hisashi Yashiro, Nobuko Saigusa, Yu Someya, Taku Umezawa, Yugo Kanaya, Prabir Patra, Atsushi Sato, Yosuke Sawa, Kazuto Suda, Masayuki Kondo, Akihiko Ito, Osamu, 2024: Future collaboration between the USA and Japan for possible development of a Japan GHG Center. Bulletin of the American Meteorological Society.
8. Nishikawa, S., T. Sugiyama, M. Kurogi, H. Tsujino, H. Nakano, and Y. Ishikawa, 2024: Development of a high-resolution ocean ensemble future projection dataset for the North Pacific incorporating simple biogeochemical processes. Progress in Earth and Planetary Science, 11, 67.
9. Nishikawa, S., T. Sugiyama, M. Kurogi, H. Tsujino, H. Nakano, and Y. Ishikawa, 2024: Development of a high-resolution ocean ensemble future projection dataset for the North Pacific incorporating simple biogeochemical processes. Progress in Earth and Planetary Science, 11, 67.
10. Ryohei Yamaguchi, Shinya Kouketsu, Naohiro Kosugi & Masao Ishii, 2024: Global upper ocean dissolved oxygen budget for constraining the biological carbon pump. Communications Earth & Environment, 5.
11. Kawai, H., T. Koshiro, and S. Yukimoto, 2024: Vertical Profile Analysis of Cloud Feedbacks. Journal of Geophysical Research Atmosphere, 129.
12. Murakami, H., W. F. Cooke, R. Mizuta, H. Endo, K. Yoshida, S. Wang, and P. Hsu, 2024: Robust future projections of global spatial distribution of major tropical cyclones and sea level pressure gradients. Communications Earth & Environment.
13. Noda, A. T., N. Hirota, T. Koshiro, and H. Kawai, 2024: Robustness of the relationship between tropical high-cloud cover and large-scale circulations. Climate Dynamics.
14. Tobo, Y., K. Adachi, K. Kawai, H. Matsui, S. Ohata, N. Oshima, Y. Kondo, O. Hermansen, M. Uchida, J. Inoue, and M. Koike, 2024: Surface warming in Svalbard may have led to increases in highly active ice-nucleating particles. Communications Earth & Environment, 5, 516.
15. Tohjima, Y., T. Shirai, M. Ishizawa, H. Mukai, T. Machida, M. Sasakawa, Y. Terao, K. Tsuboi, S. Takao, and S. Nakaoka, 2024: Observed APO Seasonal Cycle in the Pacific: Estimation of Autumn O₂ Oceanic Emissions. Global Biogeochemical Cycles, 38.
16. Rodgers, K., O. Aumont, K. Toyama, L. Resplandy, M. Ishii, T. Nakano, D. Sasano, D. Bianchi, and R. Yamaguchi, 2024: Low-latitude mesopelagic nutrient recycling controls productivity and export. Nature, 632, 802-807.
17. Yuhji Kuroda, Hiroaki Naoe, and Hitoshi Mukougawa, 2024: On the seasonal structure of the Arctic stratospheric oscillation. SOLA, 20, 239-246.
18. Lott, F., R. Rani, C. McLandress, A. Podglajen, A. Bushell, M. Bramberger, H. Naoe, K. Yoshida et al., 2024: Comparison between non-orographic gravity-wave parameterizations used in QBOi models and StratoLe 2 constant-level balloons. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society.
19. Kalisoras, A., Georgoulas, A. K., Akritidis, D., Allen, R. J., Naik, V., Kuo, C., Szopa, S., Nabat, P., Olivie, D., van Noije, T., Le Sager, P., Neubauer, D., Oshima, N., Mulcahy, J., Horowitz, L.

- W., and Zanis, P., 2024: Decomposing the effective radiative forcing of anthropogenic aerosols based on CMIP6 Earth system models. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 24, 7837-7872.
20. Arpit Malik, Shankar G. Aggarwal, Yutaka Kondo, Baban Kumar, Prashant Patel, Puna Ram Sinha, Naga Oshima, Sho Ohata, Tatsuhiro Mori, Makoto Koike, Khem Singh, Daya Soni, Akinori Takami, 2024: Source contribution of black carbon aerosol during 2020?2022 at an urban site in Indo-Gangetic Plain. *Science of Total Environment*, 934, 173039.
21. Ren, F., Lin, J., Xu, C., Adeniran, J. A., Wang, J., Martin, R. V., van Donkelaar, A., Hammer, M. S., Horowitz, L. W., Turnock, S. T., Oshima, N., Zhang, J., Bauer, S., Tsigaridis, K., Seland, O., Nabat, P., Neubauer, D., Strand, G., van Noije, T., et al., 2024: Evaluation of CMIP6 model simulations of PM_{2.5} and its components over China. *Geoscientific Model Development*, 17, 4821-4836.
22. Kobayashi, C., and T. Iwasaki, 2024: The Brewer-Dobson circulation in the JRA-3Q reanalysis and the impact of changes in model physical processes. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*. (in press)
23. Zhang, Y., Y. Takaya, et al., 2024: Near-global summer circulation response to the spring surface temperature anomaly in Tibetan Plateau ?? the GEWEX/LS4P first phase experiment. *Climate Dynamics*, 62, 2907-2924.
24. Naveen Chandra, Prabir K. Patra, Ryo Fujita, Lena Hoeglund-Isaksson, Taku Umezawa, Daisuke Goto, Shinji Morimoto, Bruce H. Vaughn & Thomas Roeckmann, 2024: Methane emissions decreased in fossil fuel exploitation and sustainably increased in microbial source sectors during 1990-2020. *Communications Earth & Environment*, 5, 147.
25. Kyohei YAMADA, Yosuke NIWA, Yukio TERAOKA, Yasunori TOHJIMA, Kazuhiro TSUBOI, Kentaro ISHIIJIMA, Shohei MURAYAMA, 2025: Estimation of CO₂ Fluxes from Tokyo Using a Global Model and Tower Observation. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, 103, 67.
26. Wu, B., H. Aiki, T. Toyoda, T. Ogata, and M. Nagura, 2025: Energy circulation associated with interannual waves in the tropical-subtropical Pacific. *Climate Dynamics*, 63, 84.
27. Tohjima, Y., T. Shirai, M. Ishizawa, H. Mukai, T. Machida, M. Sasakawa, Y. Terao, K. Tsuboi, S. Takao, and S. Nakaoka, 2024: Observed APO Seasonal Cycle in the Pacific: Estimation of Autumn O₂ Oceanic Emissions. *Global Biogeochemical Cycles*, 38.
28. Hirahara, S., I. Ishikawa, Y. Fujii, H. Nakano, H. Tsujino, Y. Adachi and H. Naoe, 2024: Tropospheric and stratospheric boreal winter jet response to eddying ocean in a seasonal forecast system. *Journal of Geophysical Research Atmosphere*.
29. Yukimoto, S., N. Oshima, H. Kawai, M. Deushi, and T. Aizawa, 2024: Factors Contributing to Historical and Future Trends in Arctic Precipitation. *Geophysical Research Letters*, 51.
30. Ose T., H. Endo, and T. Nakaegawa, 2024: Emergence of future sea-level pressure patterns in recent summertime East Asia. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, 102, 265-283.
31. Obata, A., H. Tsujino, 2024: Earth system model's capability of predicting drought-induced crop failure. *Environmental Earth Sciences*, 83, 417.
32. Lauvset, S. K., Lange, N., Tanhua, T., Bittig, H. C., Olsen, A., Kozyr, A., Alvarez, M., Azetsu-Scott, K., Brown, P. J., Carter, B. R., Cotrim da Cunha, L., Hoppema, M., Humphreys, M. P., Ishii, M., Jeansson, E., Murata, A., Muller, J. D., Perez, F. , 2024: The annual update

GLODAPv2.2023: the global interior ocean biogeochemical data product. *Earth System Science Data*, 16, 2407-2072.

33. Ishii, M., H. Kamahori, H. Kubota, M. Zaiki, R. Mizuta, H. Kawase, M. Nosaka, H. Yoshimura, N. Oshima, E. Shindo, H. Koyama, M. Mori, S. Hirahara, Y. Imada, K. Yoshida, T. Nozawa, T. Takemi, T. Maki, and A. Nishimura, 2024: Global Historical Reanalysis with a 60-km AGCM and Surface Pressure Observations: OCADA. *Journal of Meteorological Society of Japan*, 102, 209-240.
34. Carl Malings, Kofi Amegah, Sara Basart, Sebastian Diez, Colleen Marciel F. Rosales, Naomi Zimmerman, Jan-Michael Archer, Africa Barreto, Jianzhao Bi, Russ Biggs, Nuria Castell, Priyanka de Souza, Tim Dye, Ryo Fujita, et al, 2024: Integrating Low-cost Sensor Systems and Networks to Enhance Air Quality Applications. WMO Report No. 293.

(2) 査読論文以外の著作物（翻訳、著書、解説等）：3 件

1. 鬼頭昭雄, 2024: 気象学と気候科学における国際協力. *日本の科学者*, 59, 245-250.
2. 豊田隆寛, 広瀬成章, 坂本圭, 中野英之, 浦川昇吾, 川上雄真, 青木邦弘, 山上晃央, 牛島悠介, 碓氷典久, 山中吾郎, 中山智治, 印貞治, 久慈智幸, 小藤久毅, 田中潔, 2025: 津軽暖流の季節モードの形成過程について. *月刊海洋*. (in press)
3. 鬼頭昭雄, 2025: 地球温暖化がもたらすもの. *生活協同組合研究*, 588, 33-40.

(3) 学会等発表：90 件

ア. 口頭発表：63 件

(国際的な会議・学会等：16 件)

1. Honda, M., Y. Tachibana, T. Toyoda, and H. Ueda, Influence of the Okhotsk Sea on weather and climate in Japan, The 39th International Symposium on the Okhotsk Sea & Polar Oceans 2025, 2025 年 2 月, 紋別市
2. Veyssiere, G., D. Nomura, T. Tanikawa, T. Toyota, T. Toyoda, H. Enomoto, and J. Wilkinson, Understanding the impact of predicted changes in sea ice on the under-ice lightscape within the Sea of Okhotsk, The 39th International Symposium on the Okhotsk Sea & Polar Oceans 2025, 2025 年 2 月, 紋別市
3. Toyoda, T., K. Tsukagawa, Y. Kimura, H. Abe, M. Honda, Y. Yamada, M. Amano, Y. Tachibana, Y. Sawa, K. Morimoto, H. Ueda, K. Iwamoto, K. Itoh, F. Shido, H. Tada, H. Kaneko, K. Toyama, N. Kosugi, Y. Ushijima, and M. Ishii, Sea ice records over more than a century at an observatory facing the Okhotsk coast of Hokkaido, Japan, The 39th International Symposium on the Okhotsk Sea & Polar Oceans 2025, 2025 年 2 月, 紋別市
4. Yamagami, A., T. Toyoda, and J. Inoue, Verification of temperature forecasts by observations during an Arctic cruise of the R/V Mirai in November 2018 and analysis of positive error cases around the marginal ice zone, The 39th International Symposium on the Okhotsk Sea & Polar Oceans 2025, 2025 年 2 月, 紋別市
5. Toyoda, T., L. S. Urakawa, K. Sakamoto, Y. Kawakami, K. Aoki, H. Nakano, Y. Takaya, K. Toyama, N. Kosugi, Y. Kitamura, and M. Ishii, Sensitivity of the Arctic sea ice representation to the ice thickness category resolution in an OGCM, The 39th International Symposium on the Okhotsk Sea & Polar Oceans 2025, 2025 年 2 月, 紋別市
6. Rodgers, K.B., O. Aumont, K. Toyama, L. Resplandy, M. Ishii, T. Nakano, D. Sasano, D.

- Bianchi, and R. Yamaguchi, Equatorial Pacific mesopelagic nutrient recycling controls on productivity and export, AGU24 Annual Meeting, 2024 年 12 月, アメリカ, ワシントン D.C.
7. Takaya, Y., K. Komatsu, N. G. Ganeshi, T. Toyoda, and H. Hasumi, A sub-monthly timescale causality between snow cover and surface air temperature in the Northern Hemisphere inferred by Liang-Kleeman information flow analysis, Asian Conference on Meteorology 2024, 2024 年 11 月, Japan, Tsukuba
 8. Harada, Y., S. Kobayashi, Y. Kosaka, J. Chiba, and T. Y. Tanaka, Evaluation of the precipitation quality in the JRA-3Q reanalysis, 6th WCRP International Conference on Reanalysis, 2024 年 10 月, Japan, Tokyo
 9. Naga Oshima, Makoto Deushi, Seiji Yukimoto, Takashi Maki, and MRI-ESM team, Impact of aerosols on climate using MRI-ESM2 and development of a new MRI-ESM3, 世界気象機関(WMO)砂塵嵐警戒評価システム(SDS-WAS)第 10 回アジア地区運営グループ(RSG)会合及び国際砂塵・エアロゾルワークショップ, 2024 年 9 月, India, New Delhi
 10. Ryo Fujita, Shinji Morimoto, Toshinobu Machida, Kazuhiro Tsuboi, Yousuke Sawa, Hidekazu Matsueda, Kentaro Ishijima, Taku Umezawa, Yosuke Niwa, Motoki Sasakawa, Daisuke Goto, Yoichi Inai, Shuji Aoki, Takakiyo Nakazawa, Carbon and hydrogen isotope ratios of methane in the upper troposphere/lowermost stratosphere observed by commercial airliners, 22nd WMO/IAEA Meeting on Carbon Dioxide, Other Greenhouse Gases, and Related Tracers Measurement Techniques (GGMT-2024), 2024 年 8 月, Brazil, Sao Jose dos Campos
 11. Ryo Fujita, Toshinobu Machida, Kentaro Ishijima, Yosuke Niwa, Taku Umezawa, Hidekazu Matsueda, Kazuhiro Tsuboi, Motoki Sasakawa, Yousuke Sawa, Tomohiro Oda, Monitoring megacity CO₂ emissions using long-term atmospheric observations from commercial airliners, The 11th International Carbon Dioxide Conference, 2024 年 8 月, Brazil, Manaus
 12. Mizuta, R., Y. Ushijima, K. Yoshida, H. Endo, and H. Tsujino, High-Resolution Large Ensemble Simulation with an Ocean-Assimilated Climate Model, GEWEX Open Science Conference, 2024 年 7 月, 札幌
 13. Takaya, Y., K. Komatsu, N. Ganeshi, T. Toyoda, H. Hasumi, Influence of snow cover over Eurasia on surface air temperature variability and its impact on subseasonal prediction, GEWEX Open Science Conference, 2024 年 7 月, 札幌
 14. Yoshida, K., Imada, Y., Mizuta, R., and Ushijima, Y., Large ensembles unveil quantitative impact of ENSO and QBO on Northern Hemisphere stratosphere-troposphere coupling, 22nd Conference on Middle Atmosphere, 2024 年 6 月, 米国, バージニア
 15. Yosuke Niwa, Yasunori Tohjima, Yukio Terao, Tazu Saeki, Akihiko Ito, Taku Umezawa, Kyohei Yamada, Motoki Sasakawa, Toshinobu Machida, Shin-Ichiro Nakaoka, Hideki Nara, Hiroshi Tanimoto, Hitoshi Mukai, Yukio Yoshida, Shinji Morimoto, Kazuyuki Saito, Kazuhi, Multi-observational estimation of regional and sectoral emission contributions to the persistent high growth rate of atmospheric CH₄ for 2020-2022, AGU24, 2024 年 12 月, ワシントン
 16. MACHIDA, Toshinobu, NIWA, Yosuke, TSUBOI, Kazuhiro, UMEZAWA, Taku, ISHIJIMA, Kentaro, FUJITA, Ryo, MATSUEDA, Hidekazu, SASAKAWA, Motoki, GOTO, Daisuke, MURAYAMA, Shohei, MORIMOTO, Shinji, The next stage of observation project for atmospheric greenhouse gases by commercial aircraft -CONTRAIL-, 11th International Carbon Dioxide Conference (ICDC11), 2024 年 8 月, Manaus

(国内の会議・学会等：47 件)

1. 大島長, 相澤拓郎, 行本誠史, 地球システムモデルにより探る人為起源物質の北極気候・環境への影響, 日本気象学会 2024 年度秋季大会極域・寒冷域研究連絡会, 2024 年 11 月, 茨城県つくば市
2. Rodgers, K.B., O. Aumont, K. Toyama, L. Resplandy, M. Ishii, T. Nakano, D. Sasano, D. Bianchi, Y. Yamaguchi, Low-latitude mesopelagic nutrient recycling controls on productivity and export, JpGU meeting 2024, 2024 年 5 月, 千葉県千葉市&オンライン
3. Sekizawa, S., H. Nakamura, and Y. Kosaka, Australian monsoon modulates the eastward propagation, amplitude and teleconnection of the MJO, JpGU meeting 2024, 2024 年 5 月, 千葉県千葉市
4. 石井雅男, 太平洋の CO₂ 吸収とその変動, JpGU 大気水圏科学セクション プレジデンシャルセミナー, 2025 年 1 月, オンライン
5. 大島長, 気象研究所地球システムモデルを用いた北極気候研究と今後の研究計画, ArCS II 雪氷課題 2024 年度成果報告会, 2024 年 12 月, 札幌
6. 稲飯洋一、藤田遼、山口小雪, 札幌管区気象台で観測された CO₂ 濃度の日変動に関する考察, 令和 6 年度日本気象学会北海道支部第 2 回研究発表会, 2024 年 12 月, 札幌
7. 保坂征宏, クイズゲームで学ぶ地球温暖化, 地球温暖化たまり場 3, 2024 年 11 月, 茨城県つくば市
8. 原田やよい, 木下武也, 佐藤薫, 廣岡俊彦, 2024 年 1 月上旬に発生した成層圏小規模突然昇温における惑星規模波束伝播の特徴と対流圏への影響について, 第 20 回「異常気象と長期変動」(異常気象研究会 2024)・第 12 回観測システム・予測可能性研究連絡会, 2024 年 11 月, 京都府宇治市
9. 保坂征宏, 地球温暖化の現状と将来, SSH サイエンスカフェ, 2024 年 11 月, 茨城県つくば市
10. 足立恭将, 出牛真, 浦川昇吾, 吉村裕正, 行本誠史, 吉田康平, 川合秀明, 気象研究所地球システムモデルにおける地表面熱収支問題, 日本気象学会 2024 年度秋季大会, 2024 年 11 月, つくば市
11. 出牛真, 浦川昇吾, 新藤永樹, 吉村裕正, 行本誠史, 渡辺泰士, 足立恭将, 庭野匡思, 中野英之, 豊田隆寛, 吉田康平, 長澤亮二, 神代剛, 川合秀明, 大島長, 安井良輔, 辻野博之, 水田亮, 平原翔二, 保坂征宏, 石井正好, 全球から地域スケールの気候変動の再現と予測のための新 MRI-ESM の開発 (第二報), 日本気象学会 2024 年秋季大会, 2024 年 11 月, つくば市
12. 直江寛明, 出牛真, 古林慎哉, 高坂裕貴, 柴田清孝, JRA-3Q におけるオゾン QBO の表現, 2024 年日本気象学会秋季大会, 2024 年 11 月, 茨城県つくば市
13. 高谷祐平, 小松謙介, Naresh Govind Ganeshi, 豊田隆寛, 羽角博康, Liang-Kleeman information flow 解析による積雪影響の解析, 2024 年日本気象学会秋季大会, 2024 年 11 月, 茨城県つくば市
14. 原田やよい, 木下武也, 佐藤薫, 廣岡俊彦, 2024 年 1 月上旬に発生した成層圏小規模突然昇温における惑星規模波束伝播の特徴について, 日本気象学会 2024 年秋季大会, 2024 年 11 月, つくば
15. 水田亮, 牛島悠介, 遠藤洋和, 吉田康平, 川合秀明, 行本誠史, 吉村裕正, 辻野博之, 海洋を同化した全球 60km モデルによる 21 世紀末までの大規模アンサンブル実験, 日本気象学会 2024 年度秋季大会, 2024 年 11 月, つくば市
16. 浦川昇吾, MOVE-JPN システムによる日本沿岸海洋生態系に対する河川由来栄養塩の影響評価,

2024 年度水圏生態系モデリングシンポジウム, 2024 年 11 月, 柏市

17. 川合秀明, 出牛真, 吉村裕正, 神代剛, 行本誠史, 長澤亮二, 新藤永樹, 吉田康平, 足立恭将, 大島長, 水田亮, 浦川昇吾, 平原翔二, 庭野匡思, 渡辺泰士, 保坂征宏, 石井正好, 地球システムモデルにおける大気モデルの入れ替え, 日本気象学会 2024 年秋季大会, 2024 年 11 月, つくば市
18. 関澤偲温, d4PDF における夏季豪州モンスーンの経年変動の将来変化, 日本気象学会 2024 年度秋季大会, 2024 年 11 月, つくば市
19. 藤田遼, 大気中の温室効果ガスを測る・観る, 気象研究所 研究紹介コース, 2024 年 11 月, つくば
20. 藤田遼, 飛行機から診る北極上空の温室効果ガス, サイエンスアゴラ 2024, 2024 年 10 月, 東京
21. 保坂征宏, 地球温暖化の現状と将来, 地球温暖化たまり場 2, 2024 年 10 月, 茨城県つくば市
22. 保坂征宏, 地球温暖化の現状と将来, 地球温暖化たまり場 1「地球温暖化について語ろう!」, 2024 年 9 月, 茨城県つくば市
23. 豊田隆寛, 広瀬成章, 坂本圭, 中野英之, 浦川昇吾, 川上雄真, 青木邦弘, 山上晃央, 牛島悠介, 碓氷典久, 山中吾郎, 中山智治, 印貞治, 久慈智幸, 小藤久毅, 田中潔, 津軽暖流の季節モードの形成過程について, 日本海洋学会 2024 年度秋季大会, 2024 年 9 月, 東京
24. 豊田隆寛, 広瀬成章, 坂本圭, 中野英之, 浦川昇吾, 川上雄真, 青木邦弘, 山上晃央, 牛島悠介, 碓氷典久, 山中吾郎, 中山智治, 印貞治, 久慈智幸, 小藤久毅, 田中潔, 津軽暖流の季節モードの形成過程について, 「北太平洋の変動と極端現象」(大槌シンポジウム海洋パート), 2024 年 8 月, 岩手県大槌町
25. 大島長, 気象研究所地球システムモデルを用いた北極気候研究と今後の連携, ArCSII 第 5 回全体会合, 2024 年 6 月, 札幌
26. 岡英太郎, 細田滋毅, 佐藤佳奈子, 小杉如央, 小野恒, 石井 雅男, 西川はつみ, 遠山勝也, 小橋史明, 川合義美, 須賀利雄, 新学術 Hotspot2 による黒潮再循環域での生物地球化学フロート観測, JpGU meeting 2024, 2024 年 5 月, 千葉県千葉市&オンライン
27. 原田やよい, 古林慎哉, 高坂裕貴, 千葉丈太郎, 田中泰宙, JRA-3Q における降水量の品質評価(第 2 報), 2024 年日本気象学会春季大会, 2024 年 5 月, 東京
28. 直江寛明, 古林慎哉, 高坂裕貴, 小林ちあき, 出牛真, 柴田清孝, 東西風 QBO とオゾン QBO の JRA-3Q での表現, 気象学会 2024 年度春季大会, 2024 年 5 月, 柏市
29. 足立恭将, 須藤康平, 吉村裕正, 渡辺泰士, 植生区分の格子内非一様性の影響, 日本気象学会 2024 年度春季大会, 2024 年 5 月, オンライン
30. 川合秀明, 水田亮, 地球システムモデルの雲量の水平解像度依存, 日本気象学会 2024 年度春季大会, 2024 年 5 月, オンライン
31. 竹村和人, 佐藤大卓, 伊藤明, 榎田貴郁, 前田修平, 中三川浩, 中村尚, 2023 年夏の日本の記録的高温の要因に関する解析, 2024 年日本気象学会春季大会, 2024 年 5 月, 東京
32. 小林ちあき, 前田修平, 2023 年全球平均気温の推移と季節予測可能性, 日本気象学会 2024 年度春季大会, 2024 年 5 月, オンライン
33. 石井雅男, 海洋の広域炭酸系観測による炭素循環の研究, 第 44 回石橋雅義先生記念講演会, 2024 年 4 月, 京都
34. 保坂征宏, 地球温暖化と異常気象, 船橋市ゼロカーボンシティ推進地域協議会研修会, 2024 年 4 月, 千葉県船橋市
35. 尾瀬智昭, 遠藤洋和, 仲江川敏之, 夏季東アジアの海面気圧長期変化と年々変動から見た日本の多雨年, 日本気象学会 2024 年秋季大会, 2024 年 11 月, つくば
36. 行本誠史, 大島長, 川合秀明, 出牛真, 相澤拓郎, BC エーロゾルと硫酸塩エーロゾルの北極域の

気候変動への影響, 日本気象学会 2024 年秋季大会, 2024 年 11 月, つくば市

37. 石戸谷 重之、坪井 一寛、近藤 裕昭、石島 健太郎、青木 伸行、松枝 秀和、齊藤 和幸, Evaluation of CO₂ emissions from a cement plant using atmospheric delta(O₂/N₂) and CO₂ measurements and its implication for future detection of CO₂ capture signals, JpGU Meeting 2024, 2024 年 5 月, 千葉市
38. 足立恭将, 須藤康平, 吉村裕正, 渡辺泰士, 植生区分の格子内非一様性の影響, 日本気象学会 2024 年度春季大会, 2024 年 5 月, オンライン 10. 石島健太郎, 町田敏暢, 丹羽洋介, 梅澤拓, 笹川基樹, 坪井一寛, 澤庸介, 藤田遼, 松枝秀和, 眞木貴史, 中岡慎一郎, 伊藤昭彦, 小田知宏, マルチ解像度・インベントリのモデル計算による 2020 年米国西部森林火災由来の CO₂ 変動の再現について, 第 29 回大気化学討論会, 2024 年 10 月, 神戸市
39. 石戸谷重之, 遠嶋康徳, 坪井一寛, 後藤大輔, 丹羽洋介, 石島健太郎, 青木伸行, 寺尾有希夫, 奈良英樹, 菅原敏, 森本真司, 村山昌平, 大気ポテンシャル酸素とアルゴン濃度の広域観測, 第 29 回大気化学討論会, 2024 年 10 月, 神戸市
40. 染谷有, 吉田幸生, 石島健太郎, GOSAT-2 SWIR スペクトルによる N₂O カラム量リトリーバルの試み, 第 29 回大気化学討論会, 2024 年 10 月, 神戸市
41. 石島健太郎, 町田敏暢, 丹羽洋介, 梅澤拓, 笹川基樹, 坪井一寛, 澤庸介, 藤田遼, 松枝秀和, 眞木貴史, 中岡慎一郎, 伊藤昭彦, 小田知宏, マルチ解像度・インベントリのモデル計算による 2020 年米国西部森林火災由来の CO₂ 変動の再現について, 第 29 回大気化学討論会, 2024 年 10 月, 神戸市
42. 小野恒, 延与和敬, 飯田洋介, 笹野大輔, 遠山勝也, 石井雅男, 岡英太郎, 亜熱帯モード水形成の 10 年規模変動が黒潮再循環域表層の生物地球化学的変動に与える影響, 日本海洋学会 2024 年度秋季大会, 2024 年 9 月, 東京
43. 辻野博之, 小杉如央, 遠山勝也, 豊田隆寛, 北村佳照, 石井雅男, 浦川昇吾, 中野英之, 気象研究所海洋モデルの生物地球化学過程の改良, 日本海洋学会 2024 年度秋季大会, 2024 年 9 月, 東京
44. 飯田洋介, 辻野博之, Peter Landschutzer, SOCOMv2: 海面 CO₂ 観測に基づく海洋 CO₂ 吸収量推定の相互比較, 日本海洋学会 2024 年度秋季大会, 2024 年 9 月, 東京
45. 石井雅男, 小杉如央, 遠山勝也, 小野恒, 笹野大輔, 佐藤佳奈子, 細田滋毅, 岡英太郎, 黒潮再循環域の亜表層における生物地球化学変数の季節変化, 日本海洋学会 2024 年度秋季大会, 2024 年 9 月, 東京
46. 山口凌平, 瀬瀬慎也, 小杉如央, 石井雅男, 表層溶存酸素収支からみる全球海洋炭素循環像, 日本海洋学会 2024 年度秋季大会, 2024 年 9 月, 東京
47. 石井雅男, 熱帯太平洋における大気・海洋間 CO₂ 交換: 観測と数値モデルによる評価, 日本海洋学会 2024 年度秋季大会, 2024 年 9 月, 東京

イ. ポスター発表: 27 件

(国際的な会議・学会等: 14 件)

1. Takaya, Y., K. K. Komatsu, N. Ganeshi, T. Toyoda, and H. Hasumi, Influence of snow on surface air temperature in the Northern Hemisphere and its impact on subseasonal prediction, 105th American Meteorological Society Annual Meeting, 2025 年 1 月, アメリカ, ニューオーリンズ
2. Naoe, H., J. L. Garcia-Franco, C.-H. Park, M. Rodrigo, F. M. Palmeiro, F. Serva, M. Taguchi, J. Garcia-Serrano, J. Aanstey, K. Yoshida, Teleconnections of the quasi-biennial oscillation in multi-model QBOi-ENSO simulations, The 4th Asian Conference on Meteorology (ACM)

- 2024, 2024 年 11 月, Japan, Tsukuba
3. Sekizawa, S., H. Nakamura, and Y. Kosaka, Australian monsoon modulates the eastward propagation, amplitude and teleconnection of the MJO, Asian Conference on Meteorology 2024, 2024 年 11 月, Japan, Tsukuba
 4. Harada, Y., T. Kinoshita, K.Sato, and T. Hirooka, Analysis of Extremely Strong Easterly Wind Events around the Stratopause in the Northern Hemisphere Winter, 6th WCRP International Conference on Reanalysis, 2024 年 10 月, Japan, Tokyo
 5. Naoe, H., and M. Deushi, Evaluation of the ozone in JRA-3Q reanalysis compared with satellite and ozone sonde data, 6th WCRP International Conference on Reanalysis, 2024 年 10 月, Japan, Tokyo
 6. Naoe, H., S. Kobayashi, Y. Kosaka, C. Kobayashi, M. Deushi, and K. Shibata,, Representation of quasi-biennial oscillation in zonal wind and ozone in JRA-3Q, 6th WCRP International Conference on Reanalysis, 2024 年 10 月, Japan, Tokyo
 7. Oshima, N., T. Aizawa, and S. Yukimoto, Contributions of anthropogenic aerosols and multidecadal internal variability to mid-20th century Arctic cooling, 2024 iCACGP-IGAC Science Conference, 2024 年 9 月, マレーシア, Kuala Lumpur
 8. Chandra, N., Patra, P. K., Fujita, R., Hoglund-Isaksson, L., Umezawa, T., Goto, D., Morimoto, S., B. H. Vaughn, and Rockmann, Refining methane emission trends using CH₄ isotopes modelling for 1990-2020, The 11th International Carbon Dioxide Conference, 2024 年 8 月, Brazil, Manaus
 9. Takaya, Y., K. K. Komatsu, N. G. Ganeshi, Underpinning Land-Atmosphere Interaction to Enhance Sub-Seasonal to Seasonal Prediction in Asia, GEWEX Open Science Conference, 2024 年 7 月, 札幌
 10. Kawai, H., and T. Koshiro, Do Low-level Clouds Strengthen Summertime Subtropical Highs?, CFMIP Meeting on Clouds, Precipitation, Circulation, and Climate Sensitivity, 2024 年 6 月, アメリカ, ボストン
 11. Ose, T., H. Hendo, and T. Nakaegawa, Emergence of Future Sea-Level Pressure Patterns in Recent Summertime East Asia, The 4th Asian Conference on Meteorology (ACM) 2024 jointly organized with The 3rd Workshop on the A3 Foresight Program, 2024 年 11 月, つくば
 12. Maki, T., T. T. Sekiyama, K. Kondo, K. Ishijima, K. Tsuboi and T. Nakamura, Impact of independent satellite bias correction method on CO₂ flux inversion, 11th International Carbon Dioxide Conference (ICDC11), 2024 年 8 月, Brazil, Manaus
 13. Kyohei YAMADA, Yosuke NIWA, Yukio TERAOKA, Yasunori TOHJIMA, Kazuhiro TSUBOI, Kentaro ISHIJIMA, and Shohei MURAYAMA, A net CO₂ flux from Tokyo evaluated by a model simulation and a tower observation, AOGS2024 21st annual meeting, 2024 年 6 月, Korea, Pyeongchang
 14. Kentaro Ishijima, Kazuhiro Tsuboi, Ryo Fujita, Shinya Takatsuji, Yuta Fukuda, Masashi Yoshida, Nobuyasu Ushio, Subaru Fujiwara, Kentaro Yamada, Takanori Ishihara, Yuki Matsuoka, Pilot observation of atmospheric nitrous oxide using a compact mid-infrared laser in comparison with ongoing long-term GC observation at JMA Ryori station, iCACGP-IGAC 2024, 2024 年 9 月, Kuala Lumpur

(国内の会議・学会等 : 13 件)

1. Naoe, H., S. Kobayashi, Y. Kosaka, C. Kobayashi, M. Deushi, K. Shibata, Representation of JRA-3Q quasi-biennial oscillation (QBO) in the zonal wind and ozone, 日本地球惑星科学連合 2024 年大会, 2024 年 5 月, 千葉県千葉市
2. Masao Ishii, Naohiro Kosugi, Katsuya Toyama, Yosuke Iida, Shin-ichiro Nakaoka, Yosuke Niwa, Value chain of ocean CO₂ measurements for societal outcomes, JpGU meeting 2024, 2024 年 5 月, 千葉県千葉市
3. Toyama, K., N. Kosugi, M. Ishii, H. Tsujino, and H. Ono, Underwater glider observation of Kuroshio and its extension region, JpGU meeting 2024, 2024 年 5 月, 千葉県千葉市&オンライン
4. 竹村和人, 渡部洋己, 前田修平, 2023 年 3 月の日本付近での顕著な高温に対する成層圏の影響とその予測, 2024 年日本気象学会秋季大会, 2024 年 11 月, 茨城県つくば市
5. 小林ちあき, 再解析の BD 循環強度と熱帯対流圏界層付近の比湿の位相伝搬, 日本気象学会 2024 年秋季大会, 2024 年 11 月, つくば市
6. 稲飯洋一, 藤田遼, 山口小雪, 春季夏季の札幌で観測された CO₂ 日変動の特徴, 第 29 回大気化学討論会, 2024 年 10 月, 兵庫県神戸市
7. 藤田遼, 北極域上空における大気中メタン濃度とその同位体比および関連気体成分の変動, ArCSII 第 5 回全体会合, 2024 年 6 月, 札幌
8. 原田やよい, 木下武也, 佐藤薫, 廣岡俊彦, 2024 年 1 月上旬に発生した成層圏小規模突然昇温における惑星規模波束伝播の特徴と対流圏への影響について, JpGU meeting 2024, 2024 年 5 月, 千葉市
9. 小杉 如央, 岡 英太郎, 佐藤 佳奈子, BGC フロートによる北西太平洋域の酸素 (O₂) 高頻度観測と大気海洋間 O₂ フラックス, JpGU meeting 2024, 2024 年 5 月, 千葉県千葉市
10. 竹村和人, 前田修平, 直江寛明, JMA/MRI-CPS3 における夏季アジアジェットの季節予測精度評価, 2024 年日本気象学会春季大会, 2024 年 5 月, 東京
11. 関澤偲温, 夏季オーストラリアモンスーン経年変動の将来変化の SST 昇温パターン依存性, 日本気象学会 2024 年度春季大会, 2024 年 5 月, オンライン 2. Deushi, M., T. Takakura, H. Yoshimura, S. Hirahara, Effects of ozone on stratosphere-troposphere coupling in the Northern extratropics on subseasonal to seasonal scales, JpGU meeting 2024, 2024 年 5 月, 千葉県千葉市&オンライン
12. Miki Takahashi, Shinji Morimoto, Ryo Fujita, Shamil Maksyutov, Taku Umezawa, Daisuke Goto, Tsuboi Kazuhiro, Motoki Sasakawa, Toshinobu Machida, Temporal variations of the mole fraction and isotope ratios of atmospheric methane over Japan and in the polar regions, JpGU meeting 2024, 2024 年 5 月, 千葉市
13. 藤田 遼, 坪井 一寛, 石島 健太郎, 稲飯 洋一, 石戸谷 重之, 前田 高尚, 亀崎 和輝, 村山 昌平, 森本 真司, 高辻 慎也, 福田 裕大, 吉田 雅司, 潮 延泰, 藤原 昂, 山田 健太郎, 石原 昂典, 松岡 優輝, CO₂ 濃度多点観測網の構築に向けたローコストセンサによる簡易観測手法の検討, JpGU meeting 2024, 2024 年 5 月, 千葉市

(4) 投稿予定論文 : 8 件

1. Yosuke Niwa, Yasunori Tohjima, Yukio Terao, Tazu Saeki, Akihiko Ito, Taku Umezawa, Kyohei Yamada, Motoki Sasakawa, Toshinobu Machida, Shin-ichiro Nakaoka, Hideki Nara, Hiroshi Tanimoto, Hitoshi Mukai, Yukio Yoshida, Shinji Morimoto, Shinya Takatsuji et al, 2024: Multi-observational estimation of regional and sectoral emission contributions to the

persistent high growth rate of atmospheric CH₄ for 2020-2022. *Atmospheric Chemistry and Physics*.

2. Shoji KUSUNOKI, Ryo MIZUTA and Masahiro HOSAKA, 2024: Emergence of anthropogenic precipitation changes in a future warmer climate. *Nature Climate Change*.
3. Takaya, Y., H. Hino, C. A. S. Coelho, 2024: Information-based probabilistic verification scores and predictability measures: Seasonal prediction examples. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*.
4. Ganeshi, N. G., Y. Takaya, K. K. Komatsu, Y. Kosaka, and H. Hasumi, 2024: Prominent impacts of snow?hydrological processes on near-surface temperature variability over Western Siberia. *Journal of Hydrology*.
5. Kusunoki, S., T. Nakaegawa, and R. Mizuta, 2024: Evaluation of precipitation simulated by the atmospheric global model MRI-AGCM3.2. *Journal of the Meteorological Society of Japan*.
6. Toyoda, T., K. Tsukagawa, Y. Kimura, H. Abe, M. Honda, Y. Yamada, M. Amano, Y. Tachibana, Y. Sawa, K. Morimoto, H. Ueda, K. Iwamoto, K. Itoh, F. Shido, H. Tada, H. Kaneko, K. Toyama, N. Kosugi, Y. Ushijima, and M. Ishii, 2025: Sea ice records over more than a century at an observatory facing the Okhotsk coast of Hokkaido, Japan. *Scientific Data*.
7. Kosugi, N., E. Oka, and K. Sato, 2025: Air-sea oxygen fluxes in mid-latitude western North Pacific quantified by the array of biogeochemical Argo floats. *Journal of Oceanography*.
8. Ono, H., K. Toyama, K. Enyo, Y. Iida, D. Sasano, E. Oka, and M. Ishii, 2025: Impact of Subtropical Mode Water Formation Variability on Surface Layer CO₂ Chemistry in the Western North Pacific. *Journal of Geophysical Research Oceans*.

● 報道・記事

1. 遠藤洋和, 「梅雨が変わっている?」, 日本経済新聞, 2024 年 6 月 4 日朝刊.
2. 遠藤洋和, 梅雨の長期変化, 羽鳥慎一モーニングショー, テレビ朝日, 2024 年 6 月 5 日.
3. 遠藤洋和, 梅雨の長期変化, よんチャン TV, 毎日放送, 2024 年 6 月 7 日.
4. 遠藤洋和, 梅雨の長期変化, サタデーステーション, テレビ朝日, 2024 年 6 月 8 日.
5. 遠藤洋和, 梅雨の長期変化, ゴゴスマ, TBS, 2024 年 6 月 12 日.

● その他 ((3)「成果の他の研究への波及状況」関連)

- ・ 特になし

地殻活動・地震動・津波の監視・予測に関する研究（S 課題）

- 研究年次：1 年目／5 年計画（令和 6 年度～令和 10 年度）
- 研究代表者：中村雅基（地震津波研究部長）
- 課題構成及び研究担当者

本研究課題の構成及び研究担当者は以下のとおりである。

（副課題 1）地震観測・データ処理技術に関する研究

副課題代表者：山本剛靖

〔地震津波研究部〕 田中昌之、中田健嗣、小木曾仁、吉田康宏、下條賢梧

（副課題 2）地殻活動監視・評価に関する研究

副課題代表者：露木貴裕

〔地震津波研究部〕 弘瀬冬樹、小木曾仁、吉田康宏、下條賢梧

（副課題 3）地震動即時予測に関する研究

副課題代表者：西宮隆仁

〔地震津波研究部〕 小寺祐貴、干場充之、小木曾仁、下條賢梧

（副課題 4）津波の予測手法に関する研究

副課題代表者：林 豊

〔地震津波研究部〕 対馬弘晃、南 雅晃、中田健嗣、小木曾仁

● 研究の動機・背景

（気象業務への貢献や社会貢献）

国土交通省交通政策審議会気象分科会は「2030 年の科学技術を見据えた気象業務のあり方」（平成 30 年 8 月公表）において、地震、津波現象を的確に把握・評価し、実況や経過、見通し等について、わかり易くきめ細かに提供する等の取組を進めるべきとした。具体的には、地震活動や地殻変動を統合的に解析し現象の推移を的確に評価することで今後の地震活動の見通しについてより具体的に情報の提供を行うこと、緊急地震速報において面的な揺れの広がりやの予測を提供するとともに震度だけでなく長周期地震動階級も合わせて予測技術の高度化を図ること、津波警報第一報のさらなる予測精度の向上を目指して津波データベースを改良すること、津波の実況や予想に基づき津波の第 1 波・最大波から減衰までの津波の時間的推移や警報・注意報の解除の見通しを提供することなどを目標として提言した。

地震調査研究推進本部は「地震調査研究の推進について―地震に関する観測、測量、調査及び研究の推進についての総合的かつ基本的な施策（第 3 期）―」（令和元年 5 月 31 日公表）において、10 年間に取り組むべき地震調査研究の基本目標として「地震動即時予測及び地震動予測の高度化」、「津波予測技術（津波即時予測技術及び地震発生前に提供する津波予測の技術）の高度化」、「海溝型地震の発生予測手法の高度化」を掲げている。

中央防災会議は令和元年 5 月に「南海トラフ地震防災対策推進基本計画」の一部を改正した。これに基づき、気象庁では有識者からなる「南海トラフ沿いの地震に関する評価検討会」を開催し、大規模地震の発生可能性が平時よりも相対的に高まったと判断される場合、その評価結果に基づき「南海トラフ地震臨時情報（巨大地震警戒や巨大地震注意）」を発表し、一定期間警戒や注意を呼び掛け、その後も引き続き、地震活動や地殻変動の状況について「南海トラフ地震関連解説情報」を適宜発表することとしている。また、令和 4 年 9 月に「日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震防災対策推進基本計

画」の一部を改正した。これに基づき、気象庁は、当該巨大地震の想定震源域及びその周辺で大きな地震が発生した場合に、大規模地震の発生可能性が平時よりも相対的に高まっているとして、北海道・三陸沖後発地震注意情報を発表し、後発の巨大地震に備えた注意を促すこととしている。

文部科学省の科学技術・学術審議会測地学分科会が策定を進め令和5年8月にパブリックコメントを実施した「災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画（第3次）」の推進について（建議）では、地震時の強震動・長周期地震動・津波などの災害誘因の即時予測手法の高度化が重点研究とされるなどしている。

国際的には、「国連海洋科学の10年津波プログラム実施計画(2021-2030)」が採択され、全ての津波に対して迅速な検知・把握・予測を可能にするための開発などへの集中的取り組みが、各国政府や科学者に求められる共通課題となった。

（上記のために本研究が必要な学術的背景）

二十数年前から、全国の陸域に高密度の地震観測網やGNSS観測網が展開された。また、十数年前から、熊野灘・紀伊水道沖（DONET）、房総沖から釧路沖にかけての海域（S-net）に、稠密な海底地震津波観測網が展開され、現在、高知県沖から日向灘にかけての海域に海底地震津波観測網（N-net）の新たな構築が進められている。これらの観測網を利用して、通常地震に加えスロー地震が観測され、それらの検知能力が向上してきた。その中で、固着域浅部で発生するスロー地震が報告されているが、例えば南海トラフ想定震源域全体におけるこれらの活動状況の把握や常時監視には至っていない。南海トラフ沿いや日本海溝・千島海溝沿いにおいて、大規模地震の発生可能性が平時よりも相対的に高まったと判断するには、発生した大きな地震や、南海トラフ沿いのケースではゆっくりすべりの像を、迅速・的確に評価する技術を高度化する必要がある。

震源を求めることなく地震による揺れの分布（波動場）の状況のリアルタイムモニタリングから次の揺れ（波動場）を予測する技術の研究は、気象研究所が世界に先駆けて進めているものであり、引き続き取り組んでいく意義が大きい。

海域の観測成果の充実に伴い、データ同化等による津波監視・予測の手法が国内外で盛んに研究されるようになった。今後も海底地震・津波観測網の構築が進められることから、この分野の研究成果を即時津波予測に活かすことは意義のある取り組みである。

津波は様々な要因で発生するため、現在の気象庁においても全ての津波を適切に即時予測できる体制の完成には至っていない。近年は、海域での観測網が充実し、相次ぐ国内外の津波事例で観測データも得られるようになった。これらは、多様な津波による災害の軽減に向けて、即時予測可能な対象を拡充するための研究にも活用することが期待されている。

● 研究の目的

（全体）

地震や津波の発生に伴う災害を防止・軽減するため、地震発生過程・地震活動・地殻変動・地震動・津波の諸現象への理解を深め、地殻活動・地震動・津波の監視・予測技術の開発・改良を行う。

（副課題1）地震観測・データ処理技術に関する研究

新たな技術の導入等により地震観測及び地震データ処理の自動化・迅速化等を通じた効率化・高精度化を図る。

（副課題2）地殻活動監視・評価に関する研究

プレート境界固着状況変化の把握精度向上、地殻活動評価手法の開発を行う。

(副課題3) 地震動即時予測に関する研究

地震動即時予測技術の精度向上、迅速化、堅牢化及びそれらに資する地震動リアルタイムモニタリング手法の高度化を図る。

(副課題4) 津波の予測手法に関する研究

津波災害をより軽減するため、津波事前・即時予測手法を改良する。

● 研究の目標**(全体)**

地震の観測と発生した地震の地震像を即時把握するデータ処理技術を改良する。南海トラフ沿いをはじめとするプレート境界における固着状況変化の把握精度を向上し、地震発生シナリオを構築する。地殻内変形場と地震活動の関係性を明らかにする。地震動即時予測の精度、迅速性、及び堅牢性の向上、広帯域の揺れの予測への対応、津波即時予測の効果的な改良を行う。

(副課題1) 地震観測・データ処理技術に関する研究

光ファイバー振動計(DAS)の地震観測への利活用可能性を検証し、その特性を生かす解析手法を開発する。観測データから地震を識別する技術、発生した地震の震源要素や規模の決定精度向上、破壊領域の即時把握など地震データ処理技術を改良する。

(副課題2) 地殻活動監視・評価に関する研究

南海トラフ沿いのプレート境界で発生するすべり分布の時間経過を把握する手法開発により、固着状況変化の把握精度を向上させる。地殻内のひずみ速度、非弾性変形場と地震活動との関係性を明らかにする。地震発生の数値モデルを改善するとともに、プレート境界地震発生シナリオを構築する。

(副課題3) 地震動即時予測に関する研究

地震動即時予測について、震源位置やマグニチュードによらずに行う震度予測手法の改善を進め、精度向上、迅速性・堅牢性を向上させる。そのため、新たな観測データを含めた揺れの分布(波動場)のリアルタイムモニタリング手法の検討を進め、さらに、震度だけでなく、より長周期の揺れを含めた広帯域の揺れの予測に対応する。中間評価時には、リアルタイムモニタリング、揺れから揺れを予測する手法、予測対象の広帯域化、それぞれについて、その時点のリアルタイムの観測データから行えること、将来的にリアルタイムで観測データが入手可能となれば出来ることなどを整理する。

(副課題4) 津波の予測手法に関する研究

津波波源からの距離に応じて、波源近傍、波源からやや離れた地域、波源から遠い地域のそれぞれの予測対象について、津波即時予測の手法を効果的に改良する。

● 研究成果**(1) 今年度得られた成果の概要****(全体)**

副課題1では、DAS観測を行い、地震計としての活用可能性の検証のための調査を進めた。また、深層学習を用いた初動極性分類の試行・四国から紀伊半島沖の超低周波地震の検出の試行、近地地震波形を用いた震源過程解析の迅速化のための調査を行い、地震データ処理の効率化・高精度化を進め

た。

副課題2では、地震活動と潮汐の関係や誘発地震の機械学習による検知などの調査から地殻内の応力状態あるいはプレート境界での固着状況を把握することができる可能性を示した。また、南海トラフ沿いのスロースリップの客観検知手法の余効変動除去手法について、2024年8月8日の日向灘の地震に対して検証を行った。

副課題3では、P波をPLUM法に取り入れてPLUM法の迅速性を向上させる手法について、P波検出処理を経ずにS波震度を常時予測する手法として開発した。緊急地震速報での震度の予測に利用されているリアルタイム震度について、加速度型地震計ではなく速度型地震計の波形から得られるフィルタを開発した。

副課題4では、津波波源の推定の不確実性が津波予測に及ぼす影響、沖合観測データを逐次的に活用して波源分布や波動場を推定する手法の課題、津波数値計算手法の非線形性の表現の向上について、それぞれ検討を進めた。また、令和6年1月1日の能登半島の地震による津波の事例解析として、現地調査による津波の高さの測定結果のまとめ、津波波源域の推定、ライブカメラ映像からの津波データの抽出を行った。

(副課題1) 地震観測・データ処理技術に関する研究

DASによる三陸沖ケーブル(6月まで)、及び東南海ケーブル(9月から)を利用した長距離区間観測を行った。浅海域における波浪による振動現象が長周期帯で20 km付近まで見られること、60 km以遠で信号強度の低下によりS/N比が徐々に悪化すること、短周期帯で全区間にわたり通常地震を観測できることを確認した。

深層学習を用いた地震波形の初動極性分類の試行を行った。評価指標はいずれも9割程度の良好な結果を示した。地震波形から位相分類、到達時刻、震央距離、震源の深さ・Mの推定を行う深層学習モデルを構築した。四国から紀伊半島沖について理論テンプレート波形を作成し、この海域におけるテンプレートマッチング法による超低周波地震の検出の試行を開始した。

近地地震波形を用いた震源過程解析の迅速化のため、現行解析では手動で設定している複数のパラメータについて、速報解析値から自動的に設定できるよう現行解析に基づいた経験式を求めた。

(副課題2) 地殻活動監視・評価に関する研究

2023年1月1日から2024年能登半島地震(M7.6)発生時までの地震データについて地震活動と潮汐との関係を調査した結果、2023年5月5日の地震(M6.5)前、2024年1月1日の地震(M7.6)前の地震活動に潮汐相関は認められなかった。解析した主な地震活動域である北部クラスタの浅部の断層強度は、2022年以前と同様に潮汐応力が断層に影響を及ぼせるほどは低下していなかったと考えられる。

豊後水道の深部低周波微動と潮汐との関係を調査し、特に浅部側の領域の深部微動は、潮汐せん断応力や $\Delta CFF(0.1)$ が大きいほど発生しやすいことが分かった。また、潮汐感度は長期的ゆっくりすべり発生期の方が大きいことが分かった。これは断層弱화를反映しているものと考えられる。

M7以上の地震前後の地震計速度連続波形にPhaseNet(Naoi et al., 2024)を適用し、局所的な地震を1点検知して、大地震直後の地震波通過に伴う一時的な応力変化によって発生する動的誘発地震の検知を行った。これにより、有意な地震の活性化が繰り返し見られる観測点を抽出することができた。

2016年熊本地震の表面波到達前後の波形をPhaseNetにより検出し、有意な地震活動の活性化が見られる観測点を、目視での結果(Enescu et al., 2016)と比較した結果、先行研究で動的誘発地震が目視で観測された観測点の分布と、自動検知を行った観測点で β 値が高まった観測点の分布がよく似

ていることが分かった。

GNSS によるプレート境界のゆっくりすべりの客観検知について、大地震発生後にも監視を継続するための余効変動除去手法（小林 2023）を検証するため、2024 年 8 月 8 日の日向灘の地震（M7.1）について余効変動の除去を行い、地震後に別の非定常変位が検知されていないか確認した。地震発生から 1 か月程度の時点では、余効変動が GNSS 日値を用いた非定常変位の検知に与える影響は小さいことがわかった。また、同様の手法を GNSS の迅速解に適用していくことも検討し、地震発生直後の解析を行う上での問題点についても検証を行った。

地震発生シミュレーションにおいて、速度・状態依存摩擦構成則の発展則にカットオフ時間を導入した平面モデル及び 3 次元モデルについて、観測結果と整合的な短期的 SSE を発生させるためのパラメータを検討した。

（副課題 3）地震動即時予測に関する研究

S 波より早く到達する P 波を利用する仕組みを PLUM 法に組み込んで PLUM 法の迅速性を向上させる研究について、従来は P 波検知をした後で P 波相当の上下動リアルタイム震度から S 波相当の震度の予測を行っていたが、P 波検出処理を経ずに S 波相当の震度を常時予測する手法を開発した。P 波検出処理のスキップは実用化を図るうえで有利であり、手法の精緻化や予測精度の検証を進めた。

緊急地震速報に用いられているリアルタイム震度は、加速度型地震計の波形をフィルタ処理してから得るところ、速度型地震計による波形からリアルタイム震度が得られるフィルタを開発した。（国研）防災科学研究所の Hi-net は速度型地震計であり現在 IPF 法で活用されているが、フィルタ開発により PLUM 法でも活用できる可能性が出てきた。また、同一観測点に加速度型と速度型の両方の地震計がある場合に、これらフィルタを適用し比較することにより機器の故障の有無等観測点の健全性を速やかに評価できる可能性がある。

観測点の品質管理の自動化を目的として、事前にデータベースを用意しなくとも地震や特徴的ノイズなどを自動で分類・抽出する教師なし機械学習の手法開発を進めた。それを応用することで、複数観測点の結果を組合わせて連続波形からテクトニック微動等を自動的に識別する試みにつながった。

地震動エネルギー分布の伝播シミュレーションに基づいた地震動即時予測の応用として、観測値から算出した地震動エンベロープを同化しつつ時間を逆転させた伝播を行うことにより、平成 28 年熊本地震を例に、震央周辺の面的な地震動分布を一定程度再現できることを論文に著した。

地盤増幅特性及び波動場の計算モデルに組み込むことで揺れの予測精度向上が期待できる減衰・散乱・速度構造などの地下構造の詳細な推定を継続的に行った。

単独観測点の地震波形から地震波動の伝播方向等の観測情報を得るための波形形状を入力とした深層学習による波動伝播方向推定手法の開発を進めた。

長周期地震動について、既存の観測点配置における観測波形を用いるとしても周期ごとに波形と振幅変化の両方を用いたセンブリンス解析により伝播が追える可能性があり、事例を増やしながら検証を進めた。

緊急地震速報に使用する観測点の観測状況の適否を自動的に判定するプログラム(MASC)について、論文を視野に原稿を準備している。

（副課題 4）津波の予測手法に関する研究

2016 年の福島県沖の地震は、津波データベースが想定とは断層タイプ・走向等が異なり、感度調査からこのうち走向の違いが宮城県での津波の高さを過小評価した主な原因だと判定できる。このため、想定地震断層を追加して津波伝播計算し、その結果を津波データベースに追加収録を行ったが、その技術的背景を整理した。

2016 年の福島県沖の地震津波について、沖合水圧計観測網の観測データを用いて、津波波源の推定をし、それを用いた沿岸の観測点における津波と比較した。その結果、「津波伝播過程における非線形効果は、沿岸津波波形の第一波部分では無視できる」という従来の仮定が大きく破綻する場合があることを明らかにした

2022 年のフンガ火山噴火について、日本の気圧計と沖合水圧計観測網の観測データに Wave gradiometry を適用し、海洋波伝播の特性を調査した。海面変動の振幅項が通常の津波とは異なる伝播過程をしていること、気圧変動と海面変動の間で共鳴現象が発生している可能性を明らかにした。

2024 年 1 月 1 日の能登半島地震について、日本海沿岸で観測された津波の到達時刻から逆算した津波波源域の推定結果から、能登半島を含む波源域は長さ約 100 km にわたって能登半島の東北東方向の沖合まで及ぶこと、富山検潮所の早い津波到達時刻を説明するためには富山湾内にも波源が存在した可能性を考える必要があることがわかった。

2024 年 1 月 1 日の能登半島地震について、富山湾沿岸に注目して実施した津波現地調査結果の概要を整理した。気象庁機動調査班が実施した現地調査成果と同じ方法で整理し、結果をあわせて公表した。

2024 年 1 月 1 日の能登半島地震について、富山湾沿岸にある放送局所有のライブカメラの映像を解析し、検潮所以外の海岸での水位時系列データの抽出に成功した。ライブカメラがリアルタイム津波観測のための機器として活用できうことを示した。

日本海で発生する津波を重点的に、過去のアナログ津波観測記録を数値化してデジタル津波波形を作成する方法、津波数値計算用の地形モデルを作成する方法、津波波源を推定する解析ツールの開発方法、津波伝播計算を高速化するためのプログラムの改良方法をそれぞれ検討した。

日本周辺で発生する可能性がある火山性津波の波源候補を抽出する方法を検討した。

(2) 当初計画からの変更点（研究手法の変更点等）

全体、副課題共に特段の変更はなかった。（当初計画に沿って実施した。）

(3) 成果の他の研究への波及状況

(全体)

地球規模課題対応国際科学技術協力プログラムの「インドネシア緊急地震速報・避難システムの開発」プロジェクトを契機として、インドネシア気象気候地球物理庁（BMKG）の若手職員（30 名）への研修講義の一つを担当した。

2024 年 1 月 1 日の能登半島地震に関する研究成果は、地震調査研究推進本部地震調査委員会の令和 6 年能登半島地震の評価に活用された。また、津波波源域の解析結果と、ライブカメラ映像から抽出した津波データから得られる津波到達時刻の情報をもとに、海上保安庁において富山県高岡市伏木沖の海底地形調査が実施され、高岡市伏木沖の海底で海底谷の斜面崩壊が確認された。

(副課題 1) 地震観測・データ処理技術に関する研究

特になし

(副課題 2) 地殻活動監視・評価に関する研究

特になし

(副課題 3) 地震動即時予測に関する研究

当副課題では PLUM 法の開発等地震動即時予測の研究を行っていることから、地球規模課題対応国

際科学技術協力プログラムの「インドネシア緊急地震速報・避難システムの開発」プロジェクトに協力している。令和6年度は当該プロジェクトが契機となってインドネシア気象気候地球物理庁(BMKG)の若手職員(30名)への研修が開催され、当副課題担当者がその講義の1つを担当した。

(副課題4) 津波の予測手法に関する研究

2024年1月1日の能登半島地震に関する研究成果は、以下のとおり他機関での調査研究などに活用された。

- ・ 津波波源域の解析結果は、地震調査研究推進本部地震調査委員会の令和6年能登半島地震の評価(令和6年1月15日公表)に活用された。
- ・ 津波の現地調査結果は、気象庁の他の官署が実施した調査の結果とともに、地震調査委員会の令和6年能登半島地震の評価(令和6年2月9日公表)に活用された。
- ・ 津波波源域の解析結果と、ライブカメラ映像からの抽出した津波データから得られる津波到達時刻の情報をもとに、海上保安庁において富山県高岡市伏木沖の海底地形調査が実施され、高岡市伏木沖の海底で海底谷の斜面崩壊が確認された(令和6年12月2日 海上保安庁広報)。

(4) 事前・中間評価の結果の研究への反映状況

(全体)

事前評価での指摘を踏まえ、地殻活動評価については評価する指標を新たに考案することを念頭に研究を進めることとした。また、即時地震動予測の研究について、具体的な情報発表の項目を意識しながら研究を進め、可能な範囲で改良による効果を定量的に評価しながら研究を進めることとした。

(副課題1) 地震観測・データ処理技術に関する研究

特になし。

(副課題2) 地殻活動監視・評価に関する研究

事前評価において、地殻活動の評価指標は何であるかを明確にする、あるいは、評価指標を考案する必要があるとの指摘があったので、地殻活動を評価する指標を、新たに考案することを念頭に、研究を進めていくこととした。

(副課題3) 地震動即時予測に関する研究

事前評価時に「即時地震動予測の研究を進めるにあたり、改善を行う予測指標(震度、強震領域など)を明確にする必要がある。また、過去のデータ等を利用することにより、改良による効果のある程度定量的に示すことができるのではないか。」との指摘があり、これを踏まえ、具体的な情報発表の項目を意識しながら、研究を進め、また、可能な範囲で、改良による効果を定量的に評価しながら研究を進めていくこととしている。

(副課題4) 津波の予測手法に関する研究

特になし。

● 今後の研究の進め方

(全体)

引き続き、当初の計画に基づき研究を進める。

(副課題 1) 地震観測・データ処理技術に関する研究

東南海ケーブルを利用した DAS 観測を継続し、地震計としての活用可能性の検証に向け、観測される地震波形の位相・振幅の長期安定性を評価する。

機械学習等を活用して観測データから地震を識別・検出する技術の改良を進める。近地地震波形を用いた震源過程解析の迅速化手法の開発を継続する。

(副課題 2) 地殻活動監視・評価に関する研究

引き続き、南海トラフ沿いのプレート境界の固着状況変化の把握精度を向上させるための手法開発を進める。また、地殻活動を評価する指標を開発することを念頭に、地殻内のひずみ速度、非弾性変形場と地震活動との関係性の研究を進める。さらに、地震発生の数値モデルを改善するとともに、プレート境界地震発生シナリオを構築する。

(副課題 3) 地震動即時予測に関する研究

引き続き、揺れの特徴の利用や機械学習を加味する等の地震動即時予測手法を検討していく。その中で長周期地震動の予測手法の開発により意識をもって取り組む。

(副課題 4) 津波の予測手法に関する研究

引き続き、津波即時予測の精度に関わる課題である波源推定の不確実性の影響、沖合観測データの活用手法、津波の非線形性の数値計算手法の研究を進める。また、本年度の方法の検討を踏まえて、過去のアナログ津波観測記録を数値化してデジタル津波波形の作成、津波数値計算用の地形モデルの作成、津波波源を推定する解析ツールの開発、津波伝播計算を高速化するためのプログラムの改良、日本周辺で発生する可能性がある火山性津波の波源候補の抽出、それぞれについて新たに取り組む。

● 研究成果リスト**(1) 査読論文：6 件**

1. Ogiso, M., and H. Tsushima, 2025: Propagation characteristics of tsunamis in an atmosphere-ocean coupled system revealed by wave gradiometry: The 2022 Hunga Tonga?Hunga Ha'apai eruption case. Seismological Research Letters. (in press)
2. Yutaka HAYASHI, Masashi KIYOMOTO, Go TANGE, Keishi NOGUCHI, Satoshi HARADA and Yuji NISHIMAE, 2024: Modification of the Precomputed Tsunami Database for Real-time Tsunami Forecasting by JMA: Response to the 2016 off Fukushima Earthquake by the Unexpected Mechanism. Journal of JSCE, 12(2), 24-17054.
3. Naoi, M., Tamaribuchi, K., Shimojo, K., Katoh, S., and S. Ohyanagi, 2024: Neural phase picker trained on the Japan meteorological agency unified earthquake catalog. Earth, Planets and Space, 76, 150.
4. 小木曾仁, 2024: 地震動エネルギーの逆伝播を用いた面的震度分布の事後推定. 日本地震工学会論文集, 24, 108-118.
5. 青木元, 南雅晃, 対馬弘晃, 中田健嗣, 桑山辰夫, 山田安之, 笹部忠司, 大嶋健嗣, 2024: カメラ映像を用いた令和 6 年能登半島地震の輪島港における津波波形の推定. 地震, 77, 23-29.
6. 南雅晃, 対馬弘晃, 林豊, 2024: ライブカメラ映像から抽出した 2024 年能登半島地震の津波時系列データ. 土木学会論文集 B2 (海岸工学), 80.

(2) 査読論文以外の著作物 (翻訳、著書、解説等)：4 件

1. 気象研究所, 2024: 全国 GNSS 観測点のプレート沈み込み方向の位置変化. 地震予知連絡会会報, 112, 19-23.
2. 気象研究所, 2024: 南海トラフ沿いの長期的スロースリップの客観検知. 地震予知連絡会会報, 112, 354-356.
3. 気象研究所, 2024: 内陸部の地震空白域における地殻変動連続観測. 地震予知連絡会会報, 112, 374-377.
4. 田中昌之, 2024: 中規模繰り返し相似地震の発生状況と発生確率 (2024). 地震予知連絡会会報, 112, 504-509.

(3) 学会等発表 : 38 件

ア. 口頭発表 : 19 件

(国際的な会議・学会等 : 3 件)

1. Kodera, Y., P-wave-based earthquake early warning without P-wave detection: Investigation of a P-wave-based PLUM algorithm, 14th United States-Japan Natural Resources (UJNR) Panel for Earthquake Research, 2024 年 9 月, 小田原市
2. Shimojo, K., Detection of dynamically-triggered earthquakes using CNN for seismic phase discrimination, 14th United States-Japan Natural Resources (UJNR) Panel for Earthquake Research, 2024 年 9 月, 小田原市
3. Yutaka Hayashi, Masashi Kiyomoto, Go Tange, Keishi Noguchi, Satoshi Harada, and Yuji Nishimae, Modification of the Precomputed Tsunami Database for JMA's Real-time Tsunami Forecast in Response to the 2016 off Fukushima Earthquake, 14th United States-Japan Natural Resources (UJNR) Panel for Earthquake Research, 2024 年 9 月, 小田原市

(国内の会議・学会等 : 16 件)

1. 小寺祐貴, よりロバストな P 波 PLUM 法の検討: 上下動リアルタイム震度の常時モニタリング, 東京大学地震研究所共同利用研究集会「次世代のリアルタイム監視予測システムの探求: 固体地球科学における即時解析・即時予測・情報利活用」, 2025 年 1 月, 東京都文京区
2. 干場 充之, 速度計波形から計測震度をリアルタイム演算するフィルタの設計について, 次世代のリアルタイム監視予測システムの探求: 固体地球科学における即時解析・即時予測・情報利活用, 2025 年 1 月, 東京
3. 中村雅基, 深層学習モデルによる震源直上に観測網がない場合の震源深さ推定, 次世代のリアルタイム監視予測システムの探求: 固体地球科学における即時解析・即時予測・情報利活用, 2025 年 1 月, 東京
4. 小木曾仁, 多数の地震波アレイ解析を組み合わせたリアルタイム震動源モニタリングシステムの試作, 東京大学地震研究所共同利用研究集会「次世代のリアルタイム監視予測システムの探求: 固体地球科学における即時解析・即時予測・情報利活用」, 2025 年 1 月, 東京都文京区
5. 対馬弘晃, 久保田達矢, 齊藤竜彦, 海底水圧波形の逆解析に基づく津波即時予測手法の改良, 東京大学地震研究所共同利用研究集会「次世代のリアルタイム監視予測システムの探求: 固体地球科学における即時解析・即時予測・情報利活用」, 2025 年 1 月, 東京都文京区
6. 対馬弘晃, 久保田達矢, 齊藤竜彦, 震源域の海底水圧記録の津波・海底永久変位・長周期地震波を活用したリアルタイム津波波源推定手法の構築, 東京大学地震研究所共同利用研究集会「大気・海洋・固体地球の波形解剖学: 新たな海陸高密度観測に基づく高分解能イメージングと震源過程解析」, 2024 年 12 月, 東京都文京区

7. 対馬弘晃,久保田達矢,齊藤竜彦, 震源域の海底水圧記録の津波・海底永久変位・長周期地震波を活用したリアルタイム津波波源推定手法の開発, 第 14 回巨大津波災害に関する合同研究集会, 2024 年 12 月, 神奈川県横浜市
8. Yutaka HAYASHI, Masashi KIYOMOTO, Go TANGE, Keishi NOGUCHI, Satoshi HARADA, Yuji NISHIMAE, Modification of the pre-computed tsunami database for real-time tsunami forecasting by the JMA: Response to the 2016 off-Fukushima earthquake by the unexpected mechanism, 第 71 回海岸工学講演会, 2024 年 11 月, 秋田市
9. 南雅晃, 対馬弘晃, 林豊, ライブカメラ映像から抽出した 2024 年能登半島地震の津波時系列データ, 第 71 回海岸工学講演会, 2024 年 11 月, 秋田市
10. 馬場俊孝, 佐竹健治, Cummins Phil, Allgeyer Sebastien, 齊藤竜彦, 対馬弘晃, 今井健太郎, 山下啓, 近貞直孝, 南雅晃, 水谷歩, 加藤季広, 高性能・多機能津波計算コード JAGURS の開発, 日本地震学会 2024 年度秋季大会, 2024 年 10 月, 新潟県新潟市
11. 南雅晃, 林豊, 対馬弘晃, ライブカメラ映像から抽出した 2024 年能登半島地震の高岡市雨晴海岸における津波時系列データ, 日本地球惑星科学連合 2024 年大会, 2024 年 5 月, 千葉県千葉市&オンライン
12. 対馬弘晃,久保田達矢,齊藤竜彦, 震源域の海底水圧記録の津波・海底永久変位・長周期地震波を活用したリアルタイム津波波源推定, 日本地震学会 2024 年度秋季大会, 2024 年 10 月, 新潟県新潟市
13. 小寺祐貴, 地震動伝播に基づく実践的な地震動即時手法の開発とその実装, 日本地震学会 2024 年度秋季大会, 2024 年 10 月, 新潟県新潟市
14. 西宮隆仁, 複数の断層モデルを設定して行った令和 6 年能登半島地震の近地震源過程解析, 震源インバージョンワークショップ ～多様なデータと解析手法で明らかにする「ほんとうの」震源像～, 2024 年 7 月, 東京都文京区
15. 対馬弘晃,南雅晃,林豊, 沿岸津波観測記録から推定した 2024 年 1 月 1 日の能登半島の地震における津波の波源域, 日本地球惑星科学連合 2024 年大会, 2024 年 5 月, 千葉県千葉市
16. Panayotopoulos, Y., H. Baba, and T. Nishimiya, Evidence of a shear zone inside the Philippine Sea plate slab in Suruga Bay, provided by long term OBS observations., 日本地球惑星科学連合 2024 年大会, 2024 年 5 月, 千葉県千葉市&オンライン

イ. ポスター発表 : 19 件

(国際的な会議・学会等 : 1 件)

1. Koderu, Y., A machine learning-based classification for tectonic tremors, International Joint Workshop on Slow-to-Fast Earthquakes 2024, 2024 年 9 月, 大分県別府市

(国内の会議・学会等 : 18 件)

1. 干場 充之, 速度計波形から震度をリアルタイム演算するフィルターの設計について, 日本地震学会 2024 年度秋季大会, 2024 年 10 月, 新潟県新潟市
2. 勝間田明男, 西宮隆仁, 震源計算のための三次元速度構造, 日本地震学会 2024 年度秋季大会, 2024 年 10 月, 新潟県新潟市
3. 勝間田明男, 宮岡一樹, 露木貴裕, 板場 智史, 田中 昌之, 伊藤 武男, 高森 昭光, 新谷 昌人, 短期的スロースリップにおけるひずみ変化と微動活動の相関, 日本地震学会 2024 年度秋季大会, 2024 年 10 月, 新潟県新潟市
4. 小寺祐貴, 上下動リアルタイム震度の常時モニタリング: 波動伝播に基づく地震動即時予測の迅

速化に向けて、日本地震学会 2024 年度秋季大会, 2024 年 10 月, 新潟県新潟市

5. 下條賢梧, 位相検知用 CNN モデルを用いた動的誘発地震の検知, 日本地震学会 2024 年度秋季大会, 2024 年 10 月, 新潟県新潟市
6. 田中昌之, 吉田康宏, 東南海沖ケーブルでの DAS 観測で見られる特徴, 日本地震学会 2024 年度秋季大会, 2024 年 10 月, 新潟県新潟市
7. 南雅晃, 青木元, 対馬弘晃, 林豊, 中田健嗣, 桑山辰夫, 山田安之, 笹部忠司, 大嶋健嗣, ライブカメラ映像から抽出した 2024 年能登半島地震の津波時系列データ ～輪島港と富山湾沿岸, 日本地震学会 2024 年度秋季大会, 2024 年 10 月, 新潟県新潟市
8. 対馬弘晃, 林豊, 山本剛靖, 沖合津波波形で拘束した津波波源を用いた沿岸津波波形逆解析の評価, 日本地震学会 2024 年度秋季大会, 2024 年 10 月, 新潟県新潟市
9. 露木貴裕, 小林昭夫, 大地震発生後に地殻変動監視を継続するための余効変動除去手法について の検証: 2024 年 8 月 8 日日向灘の地震発生後の事例, 日本地震学会 2024 年度秋季大会, 2024 年 10 月, 新潟県新潟市
10. 小木曾仁, 地震波振幅を用いた相対震源決定法による地震活動の早期把握, 日本地震学会 2024 年度秋季大会, 2024 年 10 月, 新潟県新潟市
11. 弘瀬冬樹, 溜渕功史, 小林昭夫, 石川県能登地方の群発地震と潮汐との関係: 2023 年～2024 年 1 月 1 日 M7.6, JpGU meeting 2024, 2024 年 5 月, 千葉県千葉市&オンライン
12. 林豊, 南雅晃, 対馬弘晃, 中田健嗣, 富山湾沿岸で測定した 2024 年能登半島地震による津波, 日本地球惑星科学連合 2024 年大会, 2024 年 5 月, 千葉県千葉市
13. 勝間田明男, 西宮隆仁, 速度構造の震源決定位置への影響についてー令和 6 年能登半島地震への適用ー, 日本地球惑星科学連合 2024 年大会, 2024 年 5 月, 千葉県千葉市&オンライン
14. 勝間田明男, 宮岡一樹, 露木貴裕, 板場 智史, 田中 昌之, 伊藤 武男, 高森 昭光, 新谷 昌人, Temporal slip slip increases during short-term SSE, 日本地球惑星科学連合 2024 年大会, 2024 年 5 月, 千葉県千葉市
15. 小寺祐貴, P 波検出処理をせずに P 波を地震動即時予測に活用する: P 波 PLUM 法の検討, JpGU meeting 2024, 2024 年 5 月, 千葉県千葉市&オンライン
16. 田中昌之, 分布型音響センシング (DAS) を用いた東南海沖ケーブルでの振動観測 (2), 日本地球惑星科学連合 2024 年大会, 2024 年 5 月, 千葉県千葉市&オンライン
17. 西宮隆仁, 様々な断層面モデルを仮定した令和 6 年能登半島地震の震源過程解析, 日本地球惑星科学連合 2024 年大会, 2024 年 5 月, 千葉県千葉市&オンライン
18. 小木曾仁, 対馬弘晃, Feasibility study of wave gradiometry for real-time monitoring of tsunamis, 日本地球惑星科学連合 2024 年大会, 2024 年 5 月, 千葉県千葉市&オンライン

(4) 投稿予定論文: 2 件

1. Tsushima, H., Y. Hayashi, and T. Yamamoto, 2025: In-Depth Evaluation of Inversion of Coastal Tsunami Waveforms Utilizing Tsunami Source Constrained by Offshore Tsunami Waveforms from a Wide, Dense Observation Network: Application to the 2016 Mw 6.9 Off-Fukushima Earthquake, Japan. Earth and Space Science. (under review)
2. 南雅晃・林 豊・対馬弘晃・中田健嗣, 2025: 2024 年能登半島地震に伴う津波の現地調査報告. 気象研究所技術報告, 投稿準備中.

● 報道・記事

なし

● その他（（３）「成果の他の研究への波及状況」関連）

- ・ 地震調査研究推進本部地震調査委員会 令和６年能登半島地震の評価(令和６年１月１５日公表)
https://www.static.jishin.go.jp/resource/monthly/2024/20240101_noto_2.pdf
- ・ 地震調査研究推進本部地震調査委員会 令和６年能登半島地震の評価（令和６年２月９日公表）
https://www.static.jishin.go.jp/resource/monthly/2024/20240101_noto_3.pdf
- ・ 海上保安庁 令和６年１２月２日報道発表
https://www.kaiho.mlit.go.jp/info/kouhou/r6/k241202_1/k241202_1.pdf

火山活動の監視・評価及び予測技術に関する研究（Ⅴ 課題）

- 研究年次：1年目／5年計画（令和6年度～令和10年度）
- 研究代表者：中村浩二（火山研究部長）
- 課題構成及び研究担当者

本研究課題の構成及び研究担当者は以下のとおりである。

（副課題1）地球物理学的手法による火山活動の監視及び評価技術

副課題代表者：鬼澤真也

[火山研究部]

森 健彦、奥山 哲、岡田 純、川口 亮平、高木朗充、入山 宙、
成田冴理、木村久夫（併任）、小久保一哉（併任）、
佐藤明日花（併任）、木村一洋（併任）、加藤幸司（併任）

（副課題2）地球化学的手法による火山活動の監視及び評価技術

副課題代表者：坂井孝行

[火山研究部]

谷口無我、関 香織、森 健彦、高木朗充、瀧沢倫明（併任）、
手操佳子（併任）、栗原佑典（併任）、松本 亨（併任）

[気象予報研究部]

橋本明弘

（副課題3）衛星解析等による火山噴出物の濃度・確率予測技術

副課題代表者：新堀敏基

[火山研究部]

石井憲介、石元裕史、入山 宙、佐藤英一（併任）、
林 洋介（併任）、古川大誠（併任）

[気象予報研究部]

橋本明弘

● 研究の動機・背景

日本には111の活火山があり、気象庁はこれらの火山の活動を監視し、噴火警報や降灰予報等の情報発表を行い、火山災害を防止・軽減する責務を負っている。

交通政策審議会気象分科会提言「2030年の科学技術を見据えた気象業務のあり方」においては、気象庁の火山活動評価体制の強化のため火山活動の評価技術の向上に取り組むこととされている。さらに、令和6年度に火山調査研究推進本部が設置され、火山に関する国の総合的な評価体制が強化された。

また、将来、国土の多くが火山灰で覆われるような大規模噴火が発生した場合に備え、国の広域降灰対策の検討が進められており、大規模噴火発生後の火山現象を的確に監視し、大規模降灰を予測するための技術開発が必要である。国際民間航空機関（ICAO）からは、定量的な火山灰情報の導入と確率情報の提供が2025年に勧告化される見込みである。

● 研究の目的

（全体）

火山活動の監視及び評価技術、噴火現象の即時的解析・予測技術を高度化する。これにより、気象庁火山業務における噴火警報、噴火警戒レベルの判定基準、降灰予報、航空路火山灰情報等の改善に資する。

（副課題1）地球物理学的手法による火山活動の監視及び評価技術

多項目データの整理・解析を通じ、監視業務や噴火警戒レベルの判定基準等の活動評価・予測技術の高度化に資するとともに、監視データによる迅速な異常検知と活動状況把握、これらに基づく的確

な噴火警報発表への寄与を目指す。

(副課題2) 地球化学的手法による火山活動の監視及び評価技術

熱水系卓越型火山における水蒸気噴火発生機構の理解を深めることで火山活動評価技術の向上を進めるとともに、マグマ噴火卓越型火山における火山活動監視技術の向上を進め、火山活動の監視および評価技術の高度化を目指す。

(副課題3) 衛星解析等による火山噴出物の濃度・確率予測技術

噴火現象の即時的な解析技術及び予測技術の開発・改良を行うことにより、大規模噴火にも対処可能な降灰予報及び航空路火山灰情報（VAA）の内容高度化に対応する。

● 研究の目標

(全体)

地球物理学的手法及び地球化学的手法を用いた研究により、火山活動の監視及び評価技術を高度化する。また、大規模噴火にも適用できる噴火現象の即時的解析・予測技術の開発・改良を行う。

(副課題1) 地球物理学的手法による火山活動の監視及び評価技術

・多項目データの整理・解析に基づく監視・評価技術の高度化

気象庁及び各研究機関によって蓄積された多項目データをより実用的な観点でデータベースとして整理し、監視・評価業務での利活用を図る。さらに、監視業務や噴火警戒レベルの判定基準等の高度化へ向け、データベースに集約された多項目の大規模データを基に、火山活動状態の確率的表現を目指した新たな視点による評価手法の開発を進める。

・監視データ解析処理技術の開発

迅速な異常検知と活動状況把握、及びこれらに基づく的確な噴火警報発表を実現するために、地殻変動、震動をはじめとする監視・観測データの自動処理システムを開発する。また、観測データのノイズ除去手法の開発など、異常検知力向上のための手法改良を進め、これらに反映してゆく。

(副課題2) 地球化学的手法による火山活動の監視及び評価技術

・熱水系卓越型火山の活動評価技術の高度化

繰り返し水蒸気噴火を起こす火山を主な対象として火山ガスや熱水、火山灰等を採取・分析する事で水蒸気噴火の発生機構や発生場を考察するとともに、非噴火期においても活動消長の評価に有益な化学的指標の探索及び観測手法の改良・開発を進める。

・マグマ噴火卓越型火山のマグマ活動監視技術の高度化

マグマ活動の高い火山に対する監視技術の高度化を目指し、火山ガス中に含まれる二酸化硫黄の放出率を高い時間分解能で把握できる地上および衛星による観測・解析技術の開発と改良を行う。また、地球物理学の観測データとの統合的な解釈に取り組むことで、マグマ活動推移の可視化を進める。

(副課題3) 衛星解析等による火山噴出物の濃度・確率予測技術

・気象衛星・レーダー等による噴火現象の解析

気象衛星・レーダー等の観測データを用いて、噴火規模の即時的推定や火山灰雲に含まれる火山灰量等、火山灰プロダクトの定量的解析技術を開発・改良する。

・火山灰濃度予測及び確率予測のモデル開発

火山灰プロダクト、大気場のアンサンブル予報及び移流拡散モデルを用いて、浮遊火山灰の濃度予測及び確率予測技術を開発・改良する。さらに新しい噴煙モデルを用いて、風の影響や傘型噴煙を考慮した浮遊火山灰及び降灰予測技術を開発・改良する。

● 研究成果

(1) 今年度得られた成果の概要

(副課題1) 地球物理学的手法による火山活動の監視及び評価技術

多項目の観測・解析データを整理しデータベースを構築するための設計及び環境整備を行った。データベース構築の基礎として VOIS のデータベースファイルを準備しデータベースへ登録した。また、近年、活動に変化のあった一部の火山について、追加データを収集しデータベースへ登録した。これにより、次年度から進める過去事例検索・閲覧システム及び確率的評価手法の開発準備が完了した。

GNSS キネマティック解析システムにおいて、マルチ GNSS 化及び ultra-rapid 精密暦導入の効果について調査した。その結果、マルチ GNSS 化により、従来の GPS システムのみでは標準偏差が 1 cm を超えるデータが 8% 以上あったものが、マルチ GNSS 化により 2~3% 程度まで減少し、精度が大きく向上することが判明したため、解析システムに導入した。震動データ自動処理手法の開発として、PF 法(*)等の開発環境を構築した。伊豆大島での群発地震時のデータに PF 法の試行を行い、地震が多発する時間帯では、イベントの検知率が下がることなどの課題を抽出した。アトサヌプリ火山及び霧島硫黄山において干渉 SAR 時系列解析を実施し、GNSS 観測と調和的な地殻変動時系列を得た。

伊豆大島の GNSS 連続観測データの特徴を説明する圧力源モデルを、地形を考慮した地殻変動計算手法を適用して求めた。フォワード計算により三原山やカルデラ内の地殻変動データの特徴をシル状圧力源で説明できることがわかった。また、1986 年割れ目噴火に伴う岩脈貫入の時間発展と傾斜データの対応を検証した。先行研究の貫入モデルに基づく時間発展（上昇・水平方向伸展）で特徴的な傾斜変化が説明可能であると示し、割れ目噴火の監視視点構築に貢献する知見を得た。

(*) 地震波の P 相、S 相の検出とそれらを用いた震源決定までの一連の処理を自動で実施するための手法。地震分野ではすでに気象庁の一元化処理や緊急地震速報に導入されており、火山分野への適用に向けて研究開発を実施。

(副課題2) 地球化学的手法による火山活動の監視及び評価技術

・熱水系卓越型火山の活動評価技術の高度化

複数の熱水系火山で火山ガスや熱水の採取・分析を実施した。箱根山では火山ガスの He/CH₄ 比などを指標とし、2024 年 7 月から 8 月にかけて浅部熱水系におけるマグマ成分の割合が増加したことを捉えた。草津白根山では湯釜火口の湖水の Mg/Cl 比などを分析し、過去の噴火の前後で観察された様な同比の急増は起きていないことを認めた。霧島山(硫黄山)では熱水の化学組成(Cl/SO₄ 比)を指標とし、4 月下旬頃から浅部熱水系内のマグマ由来成分の割合が増加したことを捉えた。火山性地震の増加や地殻変動などが起きている岩手山では、今後の活動推移を検討するために 9 月に現地観測を実施して火山ガスを採取し、化学組成や水素酸素安定同位体比などを分析した。水素酸素安定同位体比の分析結果からは、1998 年の活動活発時に比べて天水起源の成分が優勢であることを明らかにした。

また、火口や噴気孔から採取した火山ガス中の CO₂ の分析法を改良し、当該分析の迅速化を進めた。

・マグマ噴火卓越型火山のマグマ活動監視技術の高度化

二酸化硫黄放出率のテレメータ観測試験へ向け、火口近傍での観測における問題点を整理し、装置の更新を行った。また、試験観測データを用いて、準定常ガス拡散モデルで解析された二酸化硫黄放出率値の精度評価を進め、風速による信頼度指標が有用であることを明らかにした。

二酸化硫黄放出率観測において、基準カラム濃度の吸収スペクトル作成に二酸化硫黄標準ガスセルが用いられている。このガスセルは約 20 年前に作成されて以降、カラム濃度の絶対値の検定がなされていないため、今後の二酸化硫黄放出率の測定精度を担保するため、二酸化硫黄標準ガスセルの濃度検定技術の再構築を行った。

極軌道衛星が取得した二酸化硫黄分布データを用い、わが国の火山地域の二酸化硫黄放出分布の定常的な場を明らかにし、気象モデルから得られる 3 次元風速場を利用した前方流跡線解析と組み合わせ、二酸化硫黄放出率を推定する方法を試み、後方流跡線解析による方法で推定された時間変化と整合的な結果を得た。

(副課題 3) 衛星解析等による火山噴出物の濃度・確率予測技術

気象衛星ひまわり 8 号以降に航空路火山灰情報で大規模噴火が通報された 30 事例について、噴火前後の赤外輝度温度スペクトルを解析した。噴煙が対流圏界面付近に達するとオゾンバンドのスペクトル特性が相対的に反転することを確認した。また、噴煙が過冷却状態になく噴煙上昇に伴う輝度温度低下率が小さいときは、2022 年のトンガ海底火山噴火のような、気圧波による全球規模の潮位変化は発生していないことを確認した。

ひまわり 8 号の観測でこれまで水・氷雲と区別できずに火山灰判定で見逃されてきた、バンド 13 とバンド 14 の輝度温度差が正になる火山灰雲の領域について原因を調査した。その特性を火山灰雲の衛星解析 (OVAA) に組み込むことで、水・氷雲とは区別される火山灰領域として判定し解析できるようになった。

2024 年に桜島で発生した噴火のうち、雲のため噴煙高度が確定しなかった全 7 事例について、二重偏波気象レーダー (種子島) による解析を行った。噴煙エコーを検出できたのは 8 月 6 日 21 時 37 分爆発的噴火の 1 事例のみで、監視カメラでは火口上 800m で雲に入った噴煙の高さは、種子島レーダーでは 2800m と推測された。他の 6 事例については、噴火の規模が小さくレーダーサイトからの距離が遠かったことにより検出が困難だったものと推定される。

2DVD による落下中の降灰粒子の観測を継続した。落下中の降灰粒子の落下速度や粒径分布を解析することにより、凝集粒子の粒径の傾向について得られた知見について、取りまとめを進めている。

気象庁全球アンサンブル予報値を移流拡散モデル (JMA-ATM) に入力する浮遊火山灰の確率予測の開発に着手した。スプレッドを考慮するとアンサンブル予測の方が見逃しは少なくなるが、メンバー数が増えるほど過大バイアスが大きくなること、確率予測の精度はメンバー数を半分に減らしても大きく変わらないが、さらに 1/3 にすると低下することを確認した。

JMA-ATM の計算において、各計算粒子の位置する格子番号探索のアルゴリズムを見直すことにより、高速化を行った。

噴煙モデル (NIKS-1D) に、密度中立高度における周囲の風と噴煙内部の圧力の競合を考慮することで傘型噴煙の判別を行う仕組みを導入した。日本を含む中緯度帯では、噴煙形状は季節依存が顕著で、夏季は傘型噴煙になりやすいことを明らかにした。

NIKS-1D の出力形式を見直し、特定の粒径のトレーサーのみを JMA-ATM に渡す仕組みを実装することで高速化に寄与した。

(2) 当初計画からの変更点 (研究手法の変更点等)

(副課題 2) 地球化学的手法による火山活動の監視及び評価技術

御嶽山では噴気域が縮小したことなどから火山ガス採取を取りやめ、2024 年から活発化が認められる岩手山で火山ガス観測を実施した。また、気象庁の二酸化硫黄放出率観測における測定精度を担保するため、基準カラム濃度となる吸収スペクトル作成に用いる、二酸化硫黄標準ガスセルの濃度検定

に関する測定技術の再構築を行った。

(副課題3) 衛星解析等による火山噴出物の濃度・確率予測技術

降灰観測については、広域降灰対策に資するため、二次元ビデオディストロメーター（2DVD）によるものから、監視カメラによる降灰状況の把握技術を新規に開発する計画に変更した。

(3) 成果の他の研究への波及状況

(全体)

副課題1の地形を考慮した地殻変動計算プログラム、副課題2で採取した火山ガス試料、副課題3の富士山宝永噴火を想定した噴煙モデルによる降灰ハザード予測は、それぞれ文部科学省次世代火山研究推進事業の研究プロジェクトに活用されている。また、副課題3のひまわりの画像解析で改良した火山灰領域の判定条件は、近いセンサ特性を持つ GOES 衛星など他の赤外多波長イメージャでの火山灰解析にも利用可能である。

(副課題1) 地球物理学的手法による火山活動の監視及び評価技術

地形を考慮した地殻変動計算プログラムは文部科学省次世代火山研究推進事業の「シミュレーションによる噴火ハザード予測手法の開発」に活用されている。

(副課題2) 地球化学的手法による火山活動の監視及び評価技術

採取した火山ガス試料は文部科学省次世代火山研究推進事業の「地球化学的観測技術の開発」でも活用されている。

(副課題3) 衛星解析等による火山噴出物の濃度・確率予測技術

ひまわりの画像解析で改良した火山灰領域の判定条件は、近いセンサ特性を持つ GOES 衛星など他の赤外多波長イメージャでの火山灰解析にも利用できる。

富士山宝永噴火を想定した噴煙モデルによる降灰ハザード予測については、文部科学省次世代火山研究推進事業の「シミュレーションによる噴火ハザード予測手法の開発」に活用している。

(4) 事前・中間評価の結果の研究への反映状況

(全体)

副課題1で開発するデータベースのデータ公開に関する意見については、火山業務での活用を第一にデータベース開発を進める一方で、学術研究のための公開の方策も検討しながら開発を進めることとした。

副課題2の化学的手法の実用化促進に関する意見については、火山活動のモニタリング指標となる二酸化硫黄放出率については、連続観測技術や衛星データによる解析技術の開発を進め、観測頻度と測定値の精度向上を目指している。加えて、フェリーなどの移動媒体を利用した計測技術の開発など、高い時間分解能でマグマ活動を把握する技術開発も進めている。

副課題3に関する他分野研究者との連携促進に関する意見に対して、気象観測研究部から衛星観測の専門家を迎えたほか、気象予報研究部から気象予報モデルの専門家も参加するなど、所内の各分野の専門家と連携協力して、火山灰の拡散・降灰の予測技術の改善を推進している。

(副課題1) 地球物理学的手法による火山活動の監視及び評価技術

データベースのデータ公開に関する意見については、データベース化の目標の最優先事項は火山業

務での活用であり、第一にそこを目指して開発を進める。ただし、気象庁で蓄積されたデータやそれらを取りまとめたデータベースは、学術研究にも貢献できることは指摘の通りと考えている。このため、公開のための方策も検討しながら研究計画を遂行する。

(副課題2) 地球化学的手法による火山活動の監視及び評価技術

二酸化硫黄放出率を高時間分解能で取得するため、地上での連続観測技術、極軌道衛星のデータを利用した定量技術の開発を進め、測定値の高精度化を目指している。加えて、フェリーなどの移動媒体を利用した計測技術の開発、補佐的データとなる硫黄化学種の火山ガス観測の利用検討など、より高い時間分解能でマグマ活動を把握する技術開発が進んでいる。

(副課題3) 衛星解析等による火山噴出物の濃度・確率予測技術

気象観測研究部から衛星観測の専門家を迎えたほか、気象予報研究部から気象予報モデルの専門家も参加するなど、所内の各分野の専門家と連携協力して、火山灰の拡散・降灰の予測技術の改善を推進している。

● 今後の研究の進め方

(全体)

副課題1については、データベースの構築を継続するとともに、過去事例検索・閲覧システムの開発を進める。また、データベースの大規模データを基に、数理統計学的な解析による確率的評価手法の開発に着手する。地殻変動データ、震動データの自動・迅速処理手法の開発のため、GNSS キネマティック解析システムや、地殻変動源推定手法、PF 法等の開発に取り組む。また、これらの研究に資するために、伊豆大島にて地殻変動等の観測を実施する。

副課題2では、研究期間中に活発化が疑われる火山が発生した場合は積極的・優先的に火山ガス観測を実施するなど、効率的に成果を得られるように火山活動等の状況に応じて臨機応変に観測計画を検討・見直ししながら進める。また、二酸化硫黄放出率の観測技術の開発では、テレメータ化を進めると共に、自動観測技術の開発等を進める。

副課題3の大規模噴火にも対処可能な降灰予報に関する技術開発については今年度、内閣府と気象庁で開かれている二つの広域降灰対策の検討会の結果も踏まえて進める。

(副課題1) 地球物理学的手法による火山活動の監視及び評価技術

・多項目データの整理・解析に基づく監視・評価技術の高度化

近年、活動に変化のあった一部の火山を対象として、多項目の観測・解析データを整理し、データベースの構築を継続するとともに、過去事例検索・閲覧システムの開発を進める。また、データベースの大規模データを基に、数理統計学的な解析による確率的評価手法の開発に着手する。

・監視データ解析処理技術の開発

地殻変動データ、振動データの自動・迅速処理手法の開発のため、GNSS キネマティック解析システムや、地殻変動源推定手法、PF 法等の開発に取り組む。干渉 SAR 解析について精度向上のための技術開発を実施するとともに、時系列解析について調査する。また、自動・迅速処理手法の開発や監視・評価の高度化に資するために、伊豆大島にて地殻変動等の観測を実施する。

(副課題2) 地球化学的手法による火山活動の監視及び評価技術

・熱水系卓越型火山の活動評価技術の高度化

研究期間中に活発化が疑われる火山が発生した場合は積極的・優先的に火山ガス観測を実施するな

ど、効率的に成果を得られるように火山活動等の状況に応じて臨機応変に観測計画を検討・見直ししながら進める。

・ マグマ噴火卓越型火山のマグマ活動監視技術の高度化

当初計画通り進めると共に、さらにマグマ活動監視が詳細になるよう、テレメータ化観測を応用した自動観測技術の開発及び硫黄化学種の火山ガス観測を含めた、計測技術及び解析手法の検討を進める。

(副課題3) 衛星解析等による火山噴出物の濃度・確率予測技術

大規模噴火にも対処可能な降灰予報に関する技術開発については今年度、内閣府と気象庁で開かれている二つの広域降灰対策の検討会の結果も踏まえて進める。

● 研究成果リスト

(1) 査読論文：3件

1. Yaguchi, M., and T. Ohba, 2024: Development of a new device for CO₂ microdiffusion analysis of fluid samples from volcanic areas without using a fixative. *Earth, Planets and Space*, 76, 144.
2. K. Ishii and Y. Iriyama, 2024: Do Seasonality and Latitude Dictate the Formation of Strong or Weak Volcanic Eruption Plumes?. *Geophysical Research Letters*, 51, 20.
3. Numanami, N, T. Ohba, and M. Yaguchi, 2024: Principal component analysis for the elemental composition of sedimentary sands in the Hayakawa River of Hakone Caldera, Japan. *Geochemical Journal*, 58, 155-168.

(2) 査読論文以外の著作物（翻訳、著書、解説等）：3件

1. 沼波望, 大場武, 谷口無我, 2025: 箱根火山の河川水と温泉水の統計的手法による 火山活動評価. 東海大学理学部紀要, 60. (in press)
2. 安部祐希, 板寺一洋, 高木朗充, 長岡優, 難波あゆみ, 二宮良太, 外山浩太郎, 栗原亮, 2024: 箱根火山大涌谷における二酸化硫黄放出率 ~2024 年 6 月までの推移~. 神奈川県温泉地学研究所報告, 56. (submitted)
3. 高木朗充, 2024: 衛星から見積もられた日本の火山周辺の二酸化硫黄分布. 月刊地球, 46, 483-490.

(3) 学会等発表：33件

ア. 口頭発表：20件

(国際的な会議・学会等：0件)

(国内の会議・学会等：20件)

1. 谷口無我, 火山性流体の化学分析に基づく火山活動評価-霧島山(硫黄山)の熱水観測の例-, 次世代火山研究・人材育成総合プロジェクト, 課題間連携研究集会「火山学はどのように噴火様式・推移の予測を行うか: 霧島火山を例にして」, 2025年3月, 鹿児島市
2. 高木朗充, 為栗健, 井口正人, 森俊哉, 宗包浩志, 下司信夫, 橋本武志, 碓井勇二, 相澤幸治, 火山活動評価研究の現状と今後の展望, 令和6年度 京都大学防災研究所 研究発表講演会, 2025年2月, 宇治市
3. 谷口無我, 火山性流体の化学観測による微弱な火山活動異常・水蒸気噴火の前兆把握と分析法改良

- による化学観測効率化, 災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画(第3次) 火山部会・高リスク小規模火山噴火総合的研究グループ合同成果報告会, 2025年2月, 東京
4. 高木朗充, 噴気ガス成分比から見た吾妻山の火山活動, 災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画(第3次)「熱水系が発達した火山における火山活動活発化事象のモデル化と活動度評価」研究集会(令和6年度), 2025年1月, 札幌市
 5. 石井憲介, 新堀敏基, 入山宙, 富士山宝永噴火を想定した降灰シミュレーション, 次世代火山研究・人材育成総合プロジェクト合同研究集会, 2024年12月, 東京
 6. 高木朗充, 火山活動評価研究のレビュー, 令和6年度京都大学防災研究所共同利用一般研究集会 2024WS-06「火山活動評価研究の現状と今後の展望」, 2024年11月, 鹿児島県鹿児島市
 7. 石元裕史, 新堀 敏基, 石井 憲介, 林 昌宏, SPLIT 輝度温度差が正になる火山灰雲, 日本気象学会 2024年秋季大会, 2024年11月, つくば市
 8. 古屋正人, 青木陽介, 小澤拓, 田中明子, 福島洋, 安藤忍, 高田陽一郎, 奥山哲, 木下陽平, PIXEL (PALSAR Interferometry Consortium to Study our Evolving Land surface) による国内の SAR 利用研究の拡大, 日本測地学会第142回講演会, 2024年10月, 呉市
 9. 小澤拓, 宮城洋介, 奥山哲, 姫松裕志, 火山観測用可搬型レーダー干渉計(SCOPE)による地殻変動検出: 観測事例と今後の課題, 日本測地学会第142回講演会, 2024年10月, 呉市
 10. 関香織, 丸岡照幸, 篠原宏志, 谷口無我, 大場武, 田町勇氣, えびの高原硫黄山の火山ガス・温泉水の硫黄同位体比, 日本火山学会 2024年度秋季大会, 2024年10月, 北海道札幌市
 11. 岡田純, 丹原裕, 田中裕隆, 近内雪乃, 山村卓也, 宮川祐司, 大石雅之, 山本希, 出町知嗣, 三浦哲, 26年ぶりに再開した岩手山の2024年マグマ活動, 日本火山学会 2024年度秋季大会, 2024年10月, 北海道札幌市
 12. 大園真子, 高橋浩晃, 奥山哲, 太田雄策, 大野圭太郎, 超稠密 GNSS 観測網による屈斜路カルデラ周辺の非定常地殻変動, 日本火山学会 2024年度秋季大会, 2024年10月, 北海道札幌市
 13. 小澤拓, 宮城洋介, 奥山哲, 姫松裕志, 火山観測用可搬型レーダー干渉計(SCOPE)による 地殻変動検出事例, 日本火山学会 2024年度秋季大会, 2024年10月, 北海道札幌市
 14. 石元裕史, 新堀敏基, 石井憲介, 林昌宏, 衛星から観測した火山灰雲の輝度温度スペクトルによる火山灰物質の推定, 日本火山学会 2024年度秋季大会, 2024年10月, 北海道札幌市
 15. 高木朗充, 阿部優大, 作野魁, 菅野舜, 谷口無我, 岡田純, マルチガス観測解析技術による吾妻山の火山活動, 日本火山学会 2024年度秋季大会, 2024年10月, 北海道札幌市
 16. 大場武, 谷口無我, 沼波望, 豊島誠也, 寺田暁彦, 草津白根山における火山ガス組成と地震頻度の相関, 日本火山学会 2024年度秋季大会, 2024年10月, 北海道札幌市
 17. 藤原季路, 寺田暁彦, 谷口無我, 草津白根山における浅部熱水系の時間変化 一数値モデルによる湯釜火口湖の解析と示唆一, 日本火山学会 2024年度秋季大会, 2024年10月, 北海道札幌市
 18. Sumino, H., M. Nagai, and M. Yaguchi, Helium and carbon isotope ratios of fumarolic gases from Iwojima volcano, Izu-Ogasawara arc, Japan revisited: Significant contribution of subducted volatiles?, JpGU meeting 2024, 2024年5月, 千葉県千葉市
 19. 鬼澤真也, 伊豆大島の火山活動評価に向けた概念モデルの構築, 日本地球惑星科学連合 2024年大会, 2024年5月, 千葉県千葉市&オンライン
 20. 川口亮平, 鬼澤真也, 成田冴理, 安藤忍, 火山の地形を考慮した地殻変動計算手法による伊豆大島の地殻変動源解析, 日本地球惑星科学連合 2024年大会, 2024年5月, 千葉県千葉市&オンライン

イ. ポスター発表: 16件

(国際的な会議・学会等: 1件)

1. Ishimoto, H. M. Hayashi, K. Ishii, Volcanic Ash Monitoring and Analysis System using Multiple Satellite Observation Data, International Radiation Symposium 2024, 2024 年 6 月, 中国, 杭州市

(国内の会議・学会等 : 15 件)

1. 谷口無我, 火山性流体の化学観測による微弱な火山活動異常・水蒸気噴火の前兆把握と分析法改良による化学観測効率化, 災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画 (第 3 次) 令和 6 年度成果報告シンポジウム, 2025 年 3 月, 東京
2. 新堀敏基, 石元裕史, 大規模火山噴火時の衛星輝度温度変化量, 日本気象学会 2024 年秋季大会, 2024 年 11 月, つくば市
3. 奥山哲, 安藤忍, 新堀敏基, 鬼澤真也, 気象庁数値気象モデルを用いた GNSS 対流圏遅延補正の精度評価, 日本測地学会第 142 回講演会, 2024 年 10 月, 呉市
4. 橋本明弘, 高木朗充, 新堀敏基, 衛星観測と前方流跡線解析による二酸化硫黄放出率推定 その 2, 日本火山学会 2024 年度秋季大会, 2024 年 10 月, 北海道札幌市
5. 石井憲介, 新堀敏基, 入山宙, 藤田英輔, 富士山宝永噴火を想定した降灰シミュレーション, 火山学会, 2024 年 10 月, 札幌
6. 奥山哲, 安藤忍, 新堀敏基, 鬼澤真也, 気象庁数値気象モデルを用いた GNSS 対流圏遅延補正の精度評価, 日本火山学会 2024 年度秋季大会, 2024 年 10 月, 北海道札幌市
7. 鬼澤真也, 長山泰淳, 青山 裕, 北海道駒ヶ岳の 3 次元速度構造に対する震源分布と地震活動, 日本火山学会 2024 年度秋季大会, 2024 年 10 月, 北海道札幌市
8. 森健彦, 入山宙, 関香織, 河波俊和, 岩本征大, 井上秀穂, 西正儀, 阿蘇火山における二酸化硫黄放出率の準連続観測 ～その 3～, 日本火山学会 2024 年度秋季大会, 2024 年 10 月, 北海道札幌市
9. 成田冴理, 鬼澤真也, 川口亮平, 1986 年伊豆大島山腹割れ目噴火前後の傾斜変動の再解析, 日本火山学会 2024 年度秋季大会, 2024 年 10 月, 北海道札幌市
10. 橋本武志, 青山 裕, 田中良, 大倉敬宏, 森俊哉, 高木朗充, 雌阿寒岳の火山活発化指数 (VUI) の試作, 日本火山学会 2024 年度秋季大会, 2024 年 10 月, 北海道札幌市
11. 谷口無我, 大場武, 火山ガス CO₂ の微量拡散分析器具の改良, 日本火山学会 2024 年度秋季大会, 2024 年 10 月, 北海道札幌市
12. 福島菜奈絵, 角野浩史, 大場武, 谷口無我, 松島健, 安田裕紀, 小長谷智哉, 外山浩太郎, 霧島火山群におけるヘリウム同位体比の時空間分布, 日本火山学会 2024 年度秋季大会, 2024 年 10 月, 北海道札幌市
13. 奥山哲, ALOS-2/PALSAR-2 から得られたアトサヌプリ周辺の地殻変動, 日本地球惑星科学連合 2024 年大会, 2024 年 5 月, 千葉県千葉市&オンライン
14. 安藤忍, 鬼澤真也, 成田冴理, 伊豆大島における UAV を用いた熱赤外観測 3, JpGU meeting 2024, 2024 年 5 月, 千葉県千葉市&オンライン
15. 新堀敏基, 石井憲介, 古川大誠, 林洋介, アンサンブル予報値を入力した移流拡散モデルによる火山灰輸送の確率予測, 日本地球惑星科学連合 2024 年大会, 2024 年 5 月, 千葉県千葉市&オンライン

(4) 投稿予定論文 : 3 件

1. Ishii, K., Y. Iriyama, T. Shimbori, and E. Fujita, 2025: A database of simulated tephra-fallout distributions for a 1707 Hoei-class eruption of Mt. Fuji (in preparation)
2. Ishimoto, H., M. Hayashi, and T. Shimbori, 2025: Volcanic ash clouds of felsic ash particles,

showing positive brightness temperature difference in Himawari/AHI infrared split-window observations (in preparation)

3. 関香織，森健彦，岩本征大，西正儀，井上秀穂：SO₂/H₂S 比観測の簡易化の検討（仮題），験震時報への投稿を準備中

- 報道・記事

- ・ IBC 岩手放送（2024 年 12 月 22 日）「岩手山についての講演会」
- ・ 岩手日報（2024 年 12 月 23 日）「岩手山火山防災へ連携体制を再構築_INS 検討会、岩手大で講演会」

- その他（（3）「成果の他の研究への波及状況」関連）

- ・ 特になし

気象・気候予測の社会経済活動への高度利用に関する研究（A 課題）

- 研究年次：1 年目／5 年計画（令和 6 年度～令和 10 年度）
- 研究代表者：村田昭彦（応用気象研究部長）
- 課題構成及び研究担当者

本研究課題の構成及び研究担当者は以下のとおりである。

（副課題 1）雲解像地域気候モデルによる顕著現象の再現・予測に関する研究

副課題代表者：辻野博之

[応用気象研究部]	野坂真也、福井 真、仲江川敏之、村崎万代、川瀬宏明、 南 敦（併任）、瀬崎歩美（併任）、文野彩花（併任）
[気象予報研究部]	渡邊俊一、長澤亮二

（副課題 2）防災・交通安全に直結する気象情報高度化に関する研究

副課題代表者：高野洋雄

[応用気象研究部]	山口宗彦、太田琢磨、胤森知玄（併任）、芦田裕子（併任）、 高橋正臣（併任）
[台風・災害気象研究部]	川端康弘

（副課題 3）社会経済活動の安全・安心を向上させる気象・気候情報の利活用

副課題代表者：仲江川敏之

[応用気象研究部]	村崎万代、川瀬宏明、野坂真也、福井 真、太田琢磨、 高橋 馨（併任）、野津原昭二（併任）、加藤成子（併任）
[台風・災害気象研究部]	加藤輝之
[全球大気海洋研究部]	高谷祐平

● 研究の動機・背景

近年の大雨や猛暑等の顕著現象の激甚化・頻発化を踏まえ、より効果的な防災対応につながる気象情報を提供する必要がある。また、顕著現象を含め気候の変化による影響・リスクを評価し、気候変動への適応により一層取り組むことも求められている。さらに、気象・気候情報について、精度向上等の改善とともに、防災や気候リスク軽減といった社会経済活動での利活用促進が必要である。

● 研究の目的

（全体）

豊かで安全な生活をもたらすような社会を実現するため、気象・気候予測の高度利用を図り、特に防災対応や温暖化適応に貢献する。

（副課題 1）雲解像地域気候モデルによる顕著現象の再現・予測に関する研究

より詳細な日本域の気候の将来変化を予測する雲解像地域気候モデルの開発・改良を AI の活用も適宜検討しつつ進め、市町村スケールの気候変動予測情報・影響評価の創出に貢献する。また、同モデルによるシミュレーション結果をもとに、メソスケールの顕著現象の地球温暖化に伴う変化のメカニズムを解明する。

（副課題 2）防災・交通安全に直結する気象情報高度化に関する研究

大雨や高潮・波浪による河川洪水や沿岸浸水の予測・リスク評価に関する手法の開発・改良を通じ

て、より効果的な防災対応に貢献する。また、様々な災害につながる台風の予測情報の改善に向けて、誤差要因等を調査して予測の不確実性を踏まえつつ、より信頼できる進路・強度予測ガイダンスや、中長期予測プロダクトの検討を進める。

(副課題3) 社会経済活動の安全・安心を向上させる気象・気候情報の利活用

気象・気候情報の利活用の推進・拡大に資する簡便な気候指標を整備し、その変化・変動の要因を解明する。また、大学・研究機関と協力・連携した、気象・気候リスク管理に資する気象・気候情報の利活用に関する取組を通じて、気象・気候リスクの軽減を図り、社会経済活動の安全・安心や生産性の向上に貢献する。

● 研究の目標

(全体)

気象・気候予測の高度利用として、インパクトベース予測 (IBF: Impact based Forecast) を指向した取組を中心に実施する。その中には、情報の利活用に関し社会経済も含め各分野の専門家と協働・協創を行うことも含まれる。

(副課題1) 雲解像地域気候モデルによる顕著現象の再現・予測に関する研究

格子間隔 1km の地域気候モデルにシミュレーションを行い、高解像度観測データ及び客観解析手法を活用して性能評価する。顕著現象の温暖化による変化メカニズムを解明する。

(副課題2) 防災・交通安全に直結する気象情報高度化に関する研究

各種予測データを活用し、台風に関する進路・強度予測や発生可能性等に関するガイダンスイメージを作成する。次世代洪水予測モデルを開発し、同モデルを用いた洪水リスク情報を改良する。沿岸総合水位の実用的な推算手法を開発し、効果的な沿岸浸水リスクに関する予測情報イメージを作成する。

(副課題3) 社会経済活動の安全・安心を向上させる気象・気候情報の利活用

気候指標データセットを用いて、過去の指標変化とその気象学的な要因解明を行う。また、社会経済分野における気候指標の利用可能性を評価する。これらの研究活動を通じて得られた知見を、WMO を始めとした国際的枠組みを通して、世界の気象・気候リスク低減に貢献する。

● 研究成果

(1) 今年度得られた成果の概要

(全体)

雲解像地域気候モデルによる顕著現象の再現・予測に関する研究では、asuca ベースの地域気候モデルに導入した都市モデルで雪を扱えるようにし、格子内の都市割合や都市モデル内部変数を調整した。その結果、気温の再現性が向上したことが確認された。また、asuca ベースの地域気候モデルによるシミュレーション結果と客観解析手法で得られたデータを比較することで、地域気候モデルの性能を評価した。その結果、地域気候モデルのバイアスを評価する際の利用可能性が確認された。さらに、高解像度実験 (格子間隔 1km 程度) のための環境構築を行った。

防災・交通安全に直結する気象情報高度化に関する研究では、現業運用されている台風強度予測ガイダンス TIFS に海洋モデルの予報値を組みこんだ疑似海洋結合 TIFS を開発した結果、海洋の冷却が影響する台風において強度予測精度が大幅に改善することが示された。台風予測における AI 気象モ

デルの利用可能性について調査した結果、数値予報モデルと比較して AI 気象モデルの台風進路予測精度が良いことが示された。また、次世代洪水予測モデル開発の一環として、河川流下モデルの開発を進めるとともに、支川氾濫リスク評価手法を開発した。さらに、天文潮位や波浪の影響を簡便活動的に考慮できる高潮モデルを開発した。

社会経済活動の安全・安心を向上させる気象・気候情報の利活用の研究では、産総研との共同研究において、日射量予測の大外し事例について調べた。MEPS のデータを用いて調べた結果、初期値が更新されるにつれ予測誤差が減少することがわかった。全球モデル予報のデータを用いて調べた結果から、相対湿度の予報誤差または総観場誤差が予報誤差の大きな要因であることが示された。また、再解析データを用いて、標準化降水指数 (SPI) の空間相関・長期トレンドの解析及び日本各地の極端降水指標のトレンド再現性評価を実施した。その結果、JRA-3Q の SPI 再現性が非常に高く、特に北陸地方で湿潤化傾向を示すことが確認された。また、AMeDAS との比較により、西日本、特に太平洋側地域のトレンドを良好に再現していることを確認した。

(副課題 1) 雲解像地域気候モデルによる顕著現象の再現・予測に関する研究

asuca ベースの地域気候モデルに導入した都市モデルで雪を扱えるようにした上、格子内の都市割合や都市モデル内部変数を調整した結果、気温の再現性が向上した。客観解析手法を用いて日本域の気象場を再現した高解像度長期再解析を観測データで検証の上、モデルの性能を評価し、asuca ベースの高解像度地域気候モデルに特有なバイアス評価への再解析の利用可能性を確認した。

夏季の降水について、温暖化に伴う変化メカニズムの解明を念頭に置いた高解像度実験（格子間隔 1km 程度）の環境の構築を行った。大雨をもたらすような降水系を扱える雲解像モデル設定で asuca ベースの地域気候モデルを NAPS11 内で実行可能にした。

(副課題 2) 防災・交通安全に直結する気象情報高度化に関する研究

気象庁で現業運用されている台風強度予測ガイダンス TIFS に海洋モデルの予報値を組みこんだ疑似海洋結合 TIFS を開発した。海洋の冷却が影響する台風において強度予測精度が大幅に改善することが示された。

台風予測における AI 気象モデルの利用可能性について調査した。台風の進路予測の精度が、数値予報モデルと比較して AI 気象モデルの方が良いことが示された。

海外の数値予報センターも含む全球アンサンブル予測を用いて、北西太平洋域の熱帯低気圧の発生予測スキルを検証した。

次世代洪水予測モデルとして水位データ同化の導入や局所慣性方程式に基づく河川流下モデルの開発を進めている。また、バックウォーターによる支川氾濫のリスクを評価する手法を新たに開発した。

高潮予測モデルに天文潮位や波浪の影響を簡便活動的に考慮できる高潮モデルを開発し、インパクト評価を行った。波浪の予測を直接モデルへ導入できるように簡便な予測手法の検討を進めている。

(副課題 3) 社会経済活動の安全・安心を向上させる気象・気候情報の利活用

産総研との太陽光発電に関する共同研究では、MEPS による広範囲の日射量予測の大外し事例や、MEPS では、前日初期値では大外し事例も初期値が更新されるに連れ、予測は改善されることが示された。また、全球モデル予報の日射量大外し事例を調査では、相対湿度の予報誤差または総観場誤差が予報誤差の大きな要因であることが示された。

再解析データ (JRA-3Q) を用いた標準化降水指数 (SPI) の空間相関および長期トレンドの解析を実施した。国内約 800 地点の観測データ (AMeDAS) と再解析データを比較し、JRA-3Q の SPI 再現性が非

常に高く、特に北陸地方で湿潤化傾向を示すことが確認された。また、再解析データ（JRA-55, JRA-3Q, ERA5）を用いて、日本各地の極端降水指標のトレンド再現性を評価した。AMeDAS との比較により、西日本、特に太平洋側地域のトレンドを良好に再現していることを確認した。これにより、再解析データを用いた極端気象評価の信頼性向上に寄与し、将来の降水リスク評価に貢献する重要な知見を得た。

（２）当初計画からの変更点（研究手法の変更点等）

全体、副課題共に特段の変更はなかった。（当初計画に沿って実施した。）

（３）成果の他の研究への波及状況

（副課題１）雲解像地域気候モデルによる顕著現象の再現・予測に関する研究

asuca ベースの地域気候モデルによる次世代気候予測データセットに向けて、地球シミュレータへの移植を進めている。高解像度長期再解析の気候シミュレーションの評価への利用を進めている。

（副課題２）防災・交通安全に直結する気象情報高度化に関する研究

台風委員会に AI 予測の活用に関する研究プロジェクトが立ち上がり、これに参画する。また、疑似海洋結合した TIFS の現業導入化に向けた対応を進めている。洪水予測システムや沿岸総合水位については、今後、別の経常研究等での予測評価にも利用する計画である

（副課題３）社会経済活動の安全・安心を向上させる気象・気候情報の利活用

気候指標の研究については、山口県の気候変動適応センターが実装の検討を開始している。

（４）事前・中間評価の結果の研究への反映状況

（副課題１）雲解像地域気候モデルによる顕著現象の再現・予測に関する研究

地域気候モデルの評価に対する、客観的手法導入の検討に着手している。

（副課題２）防災・交通安全に直結する気象情報高度化に関する研究

事前評価では、機械学習（AI）を導入する可能性も検討するように指摘をいただいております、AI を利用した台風の予測可能性に関する研究にも着手した。

（副課題３）社会経済活動の安全・安心を向上させる気象・気候情報の利活用

特になし

● 今後の研究の進め方

（全体）

雲解像地域気候モデルによる顕著現象の再現・予測に関する研究では、asuca ベースの地域気候モデルの NAPS11 への移植を進め、都市モデル導入した格子間隔 1km 程度のシミュレーションの準備を整えるとともに、モデル評価用の客観解析データを整備し、評価に機械学習の利用可能性を検討する。また、本庁の近未来予測情報作成計画に伴い検討チームに参加し議論する。

防災・交通安全に直結する気象情報高度化に関する研究では、数値モデルや AI 気象モデルの予測を用いて、週間スケールの台風発生の可能性や、進路・強度変化に関する予測ガイダンスの改良を進める。また、実況補正を組みこんだ高解像度洪水予測モデルのプロトタイプを開発し、その性能評価を行う。さらに、波浪を効果的に取り込んだ総合水位の予測手法を検討・試作し、その性能を評価す

る。

社会経済活動の安全・安心を向上させる気象・気候情報の利活用の研究においては、観測に基づく気候指標の気象学的変化要因について成果をまとめ、地域気候モデルによる長期積分実験を開始する。また、再生可能エネルギーと農業分野の研究機関と連携し、アンサンブル予測情報を活用した気象・気候リスク管理に関する先端的研究を推進する。

(副課題1) 雲解像地域気候モデルによる顕著現象の再現・予測に関する研究

asuca ベースの地域気候モデルの NAPS11 への移植を進め、都市モデル導入した格子間隔 1km 程度のシミュレーションの準備を整える。モデル評価用の客観解析データを整備するとともに、評価に機械学習の利用可能性を検討する。

(副課題2) 防災・交通安全に直結する気象情報高度化に関する研究

現状の計画を進め、それぞれの中間評価時の目標を達成できるように研究を進める。

(副課題3) 社会経済活動の安全・安心を向上させる気象・気候情報の利活用

計画通り、インパクトベース予測については、共同研究の枠組みで実施し、気象ハザードの気候指標のデータ整備と利活用については、研究担当者で進めていく。

● 研究成果リスト

(1) 査読論文：11 件

1. Bernier, N.B., M. Hemer, N. Mori, C. M. Appendini, O. Breivik, R. de Camargo, M. Casas-Prat, Trang Minh Duong, I. D. Haigh, T. Howard, V. Hernaman, O. Huizy, J. L. Irish, E. Kirezci, N. Kohno, J.-W. Lee, K. L. McInnes, E. M.I. Meyer, M. Marcos, R. Marsooli, A. Martin Oliva, M. Menendez, S. Moghimi, S. Muis, J. A. Polton, W. J. Pringle, R. Ranasinghe, T. Saillour, G. Smith, M. G. Tadesse, V. Swail, S. Tomoya, E. Voukouvalas, T. Wahl, P. Wang, R. Weisse, J. J. Westerink, I. Young, Y. J. Zhang, 2024: Storm surges and extreme sea levels: Review, establishment of model intercomparison and coordination of surge climate projection efforts (SurgeMIP)., *Weather and Climate Extremes*, 45, 100689. doi:10.1016/j.wace.2024.100689.
2. Fukui, S., E. Shirakawa, D. Soga, R. Ohara, K. Usui, K. Takiguchi, K. Ono, T. Hirose, S. Matsushima, J. Ito, T. Yamazaki, K. Saito, H. Seko, and T. Iwasaki, 2024: Long-term regional reanalysis for Japan with assimilating conventional observations (RRJ-Conv). *Journal of the Meteorological Society of Japan*, 102, 677-696.
3. Ishii, M., H. Kamahori, H. Kubota, M. Zaiki, R. Mizuta, H. Kawase, M. Nosaka, H. Yoshimura, N. Oshima, E. Shindo, H. Koyama, M. Mori, S. Hirahara, Y. Imada, K. Yoshida, T. Nozawa, and T. Takemi, 2024: Global historical reanalysis with a 60-km AGCM and surface pressure observations: OCADA. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, 102, 209-240.
4. Kawabata, Y., M. Yamaguchi, H. Fudeyasu, and R. Yoshida, 2024: Assessing global ensemble systems' forecasts of tropical cyclone genesis in differing environmental flow regimes in the western North Pacific. *Tropical Cyclone Research and Review*, 13, 344-355, doi:10.1016/j.tcerr.2024.11.007.
5. Kawase, H., S. I. Watanabe, and Y. Imada, 2024: Heavy snowfall has already been enhanced by anthropogenic global warming in Japan. *SOLA*.

6. Kawase, H., T. Ito, Y. Sakamoto, and Y. Takane, 2024: Impacts of local topography on snowfall distribution in the Kanto Plain: A case study. SOLA. (in press)
7. Murata, A., S. Fukui, M. Nosaka, T. Ushiyama, and R. A. Acierto, 2024: Toward a generalized understanding of the role of convective available potential energy (CAPE) removal and entrainment rate in convective parameterizations on the diurnal cycle of tropical precipitation. *Weather and Forecasting*, 40, 37-53.
8. 中山 真吾、瀬戸 里枝、鼎 信次郎、大泉 伝、太田 琢磨、川畑 拓矢、佐々木 織江、Le DUC, 2025: 令和 2 年 7 月豪雨の九州地方を対象とした 200 メンバーアンサンブル土砂災害危険度予測. 土木学会論文集特集号 (水工学) . (in press)
9. Sadyrov, S., E. Isaev, K. Tanaka, A. Murata, and R. C. Sidle, 2025: High-resolution assessment of climate change impacts on the surface energy and water balance in the glaciated Naryn River basin, Central Asia, *J. Environmental Management*, 374, 124021, doi:10.1016/j.jenvman.2024.124021.
10. Watanabe, S. I., H. Kawase, Y. Imada, and Y. Hirockawa, 2024: The impact of anthropogenic global warming and oceanic forcing on "senjo-kousuitai" during the rainy season of 2023. SOLA. (in press)
11. Yamaguchi, M., N. Usui, and N. Hirose, 2024: Typhoon Intensity Forecasts using TIFS with Pseudo Ocean Coupling. SOLA, 20, 86-91. (in press) Singh A., N. Kohno, H. Fudeyasu, 2024: Case study of high waves in the South Pacific generated by Tropical Cyclone Harold in 2020. *Tropical Cyclone Research and Review*, 13, 147-160, doi:10.1016/j.tcr.2024.08.003.

(2) 査読論文以外の著作物 (翻訳、著書、解説等) : 5 件

1. 村田昭彦, 2024: 地域気候モデルによる日本を対象とした将来の降水量の予測方法, 季刊「消防防災の科学」, 157 (2024 夏号), 5-8.
2. 村崎万代, 2024: 気候変動は極端な気象にどう影響を与えるのか? ?日本の都市とインフラが直面するリスク, 建築防災 12 月号
3. 仲江川敏之, 2025: 気候予測データセット 2022 について, *Journal of Japan Solar Energy Society (太陽エネルギー)* 1, (in press)
4. 太田琢磨, 2024: キキクルの高度化に向けた取り組み. *地質と調査*, 163, 57-60.
5. 米山邦夫, 山口宗彦, 高薮縁, 2024: 世界気象機関・世界天気研究計画の次期 (2024?2027) 実施計画について. *天気*, 71, 401-407.

(3) 学会等発表 : 41 件

ア. 口頭発表 : 25 件

(国際的な会議・学会等 : 11 件)

1. Kawabata, Y., Research using the Dvorak reanalysis, The 7th Annual Meeting of TC Working Group on Meteorology, 2024 年 10 月, 東京都
2. Kawabata, Y., Probability ellipse for tropical cyclone track forecasts with multiple ensembles, 台風科学技術研究センターワークショップ, 2024 年 8 月, 横浜市
3. Kawase, S., S. I. Watanabe, and Y. Imada, Evaluation of historical global warming on Japan's heavy snowfall in 2021/22 using high-resolution large ensemble experiments, Asian Conference on Meteorology 2024, 2024 年 11 月, Japan, Tsukuba
4. Kohno, N., Tropical Cyclone and Storm Surge Forecasting method, Training workshop on

- Ocean Observations for weather Forecast and Climate Prediction, 2024 年 8 月, インドネシア, Bogor
5. Murata, A., Experience sharing on successful climate projection initiatives from Japan, International Workshop on Developing Climate Change Scenarios for Viet Nam, 2024 年 11 月, ベトナム, ハノイ
 6. Murata, A., M. Nosaka, H. Sasaki, and H. Kawase, Effects of convective inhibition on future changes in summertime dry spells over Japan projected by convection-permitting regional climate model simulations, AOGS2024 21st annual meeting, 2024 年 6 月, Korea, Pyeongchang
 7. Nakaegawa, T., Future Climate Projections and Contributions from Japanese Researchers, 9th International Engineering, Sciences, and Technology Conference, 2024 年 10 月, Panama, Panama City, plenary keynote speech (invited)
 8. Nakaegawa, T., Recent extreme events are affected by global warming or natural variability? 9th International Engineering, Sciences, and Technology Conference, 2024 年 10 月, Panama, Panama City, Opening keynote speech (invited)
 9. Yamguchi, M., Feasibility of utilizing data-driven models for typhoon forecasting at operations, Kick-start Workshop for Promoting Technical Exchange of AI applications in Tropical Cyclone Analysis and Forecasting in Typhoon Committee, 2024 年 5 月, China, 香港
 10. Yamaguchi, M., Typhoon Intensity Forecasts using TIFS with Pseudo Ocean Coupling, JpGU meeting 2024, 2024 年 5 月, 千葉市
 11. Yamaguchi, M., Typhoon track predictions using Pangu-Weather and JMA/GSM initial conditions, IWTRC 2024, 2024 年 11 月, 横浜市

(国内の会議・学会等 : 14 件)

1. 福井真, 白川栄一, 小原涼太, 岩崎俊樹, 日本域領域再解析(RRJ-Conv)における気温の年々変動と長期トレンド, 日本気象学会 2024 年度春季大会, 2024 年 5 月, オンライン
2. 川端康弘, 台風解析・予測データの不確定性を考慮した発生および進路に関する研究, 横浜国立大学台風科学技術研究センターセミナー, 2024 年 12 月, オンライン
3. 川端康弘, 嶋田宇大, 山口宗彦, 気象庁ドボラック再解析データを用いた強い台風の過去 30 年間の変動, 日本地球惑星科学連合 2024 年大会, 2024 年 5 月, 千葉県千葉市&オンライン
4. 村田昭彦, 渡邊俊一, 川瀬宏明, 野坂真也, 福井真, 統計分布の裾の状態を見た台風降水量の将来変化, 日本気象学会 2024 年度秋季大会, 2024 年 11 月, つくば市
5. 仲江川敏之, 気候変動データセット 2022 について, 第 38 回太陽光発電部会セミナー 気象・環境セミナー「気候予測・再解析データ」, 2024 年 11 月, つくば
6. 太田琢磨, 胤森知玄, 千々松聡, 小林健一郎, 大泉伝, 川畑拓矢, 粒子フィルタとガウス過程回帰を用いた洪水予測手法の開発, 水文・水資源学会 2024 年度研究発表会, 2024 年 9 月, 東京
7. 太田琢磨, 胤森知玄, 千々松聡, 小林健一郎, 大泉伝, 川畑拓矢, 粒子フィルタを用いた流域雨量指数と新たな予測手法の開発, 災害リスクに関する研究会, 2024 年 11 月, つくば
8. 大津山堅介, 太田琢磨, 堀田純司, 和田大志, 牧原康隆, 隈健一, 中村尚, 気象庁リアルタイム危険度マップ「キキクル」と気象再解析技術を活用した熊本県におけるエビデンスに基づく豪雨対応訓練, 日本災害情報学会第 29 回学会大会, 2024 年 11 月, 新潟市
9. 島村優作, 伊藤純至, 福井真, 廣川康隆, 日本域長期領域再解析(RRJ-Conv)における線状降水帯の特徴, 日本気象学会 2024 年秋季大会, 2024 年 11 月, つくば

10. 米井潤風, 伊藤純至, 福井真, 栃本英伍, 日本域領域長期再解析 RRJ-Conv から抽出した梅雨前線低気圧の統計解析, 日本気象学会 2024 年秋季大会, 2024 年 11 月, つくば
11. 渡邊俊一, 川瀬宏明, 廣川康隆, 今田由紀子, 野坂真也, 線状降水帯発生に対する地球温暖化の影響, JpGU meeting 2024, 2024 年 5 月, 千葉県千葉市&オンライン
12. 山口宗彦, Pangu-Weather と気象庁 GSM 初期値 を用いた台風予測, 日本気象学会 2024 年秋季大会, 2024 年 11 月, つくば
13. 山口宗彦, Pangu-Weather と気象庁 GSM 初期値 を用いた台風予測, 気象研究所成果発表, 2024 年 12 月, 東京
14. 山口宗彦, 台風予測と観測の最新動向: AI 技術、航空機観測、温暖化影響, 日本気象学会関西支部 2024 年度 第 2 回例会, 2024 年 12 月, 高知

イ. ポスター発表: 16 件

(国際的な会議・学会等: 10 件)

1. Fukui, S., E. Shirakawa, R. Ohara, N. Okanishi, U. Yonei, Y. Ano, K. Osamura, Y. Sakurai, Y. Shimamura, J. Ito, T. Yamazaki, and T. Iwasaki, Overview of the long-term regional reanalysis for Japan with assimilating conventional observations (RRJ-Conv), 6th WCRP International Conference on Reanalysis, 2024 年 10 月, 東京
2. Kawase, H., S. Fukui, M. Nosaka, S. I. Watanabe, and A. Yamazaki, Historical regional climate changes in Japan in winter by 5-km dynamical downscalings from the reanalysis data, 6th WCRP International Conference on Reanalysis, 2024 年 10 月, Japan, Tokyo
3. Murazaki, K., and T. Nakaegawa, Reproducibility of extreme precipitation index trends in reanalysis data (JRA-55, JRA-3Q, ERA5) over Japan, 6th WCRP International Conference on Reanalysis, 2024 年 10 月, 東京
4. Nakaegawa, T., and R. Mizuta, How will annual maximum daily precipitation in Tropics under a changing climate change using an AGCM with high horizontal resolution?, The 4th Asian Conference on Meteorology(ACM)2024, 2024 年 11 月, Japan, Tsukuba
5. Nosaka, M., R. Mizuta, H. Kawase, A. Murata, and H. Tsujino, Experimental climate change prediction datasets for Japan by combining global and regional climate models, AGU24 Annual Meeting, 2024 年 12 月, アメリカ, ワシントン D.C.
6. Nosaka, M., and Compilation team of "Climate Change in Japan 2020" and "Climate Change in Japan 2025", Overview of "Climate Change in Japan 2020" and Plans for "Climate Change in Japan 2025", AGU24 Annual Meeting, 2024 年 12 月, アメリカ, ワシントン D.C.
7. Ose, T., H. Hendo, and T. Nakaegawa, Emergence of Future Sea-Level Pressure Patterns in Recent Summertime East Asia, The 4th Asian Conference on Meteorology(ACM)2024 jointly organized with The 3rd Workshop on the A3 Foresight Program, 2024 年 11 月, つくば
8. Otsuyama, K., T. Ota, J. Hotta, Y. Makihara, K. Kuma, and H. Nakamura, Evidence-based Flood Response Desktop Drill in Kumamoto Prefecture with "Kiki-kuru: JMA's Real-time Risk Maps", 6th WCRP International Conference on Reanalysis, 2024 年 11 月, Japan, Tokyo
9. Safari, A., and T. Nakaegawa, Analysis of extreme precipitation using the integrated POT-BM approach, The 4th Asian Conference on Meteorology(ACM)2024, 2024 年 11 月, Japan, Tsukuba
10. Safari, A., and T. Nakaegawa, Assessment of Extreme Wind Speeds in Okinawa Prefecture Using Several Reanalysis Datasets, 6th WCRP International Conference on Reanalysis, 2024

年 10 月, Japan, Tokyo

(国内の会議・学会等：6 件)

1. 川端康弘, 2023 年のアンサンブル台風進路予測の特性調査, 日本気象学会秋季大会, 2024 年 11 月, 茨城県つくば市
2. 川瀬宏明, 野坂真也, 渡邊俊一, 村田昭彦, 仲江川敏之, 全国 5km メッシュアンサンブル気候予測データを用いた日本の極端降雪の将来変化予測, 2024 年日本気象学会秋季大会, 2024 年 11 月, つくば
3. 川瀬宏明, 伊藤享洋, 坂本有葵子, 高根雄也, 筑波山周辺の地形が関東平野の降雪分布に与える影響—2024 年 2 月 5 日の南岸低気圧の事例—, 2024 年日本気象学会秋季大会, 2024 年 11 月, つくば
4. 川瀬宏明, 伊藤享洋, 坂本有葵子, 高根雄也, 関東平野の降雪分布に与える筑波山周辺の地形の影響—2024 年 2 月 5 日の南岸低気圧の事例解析—, 雪氷研究大会 (2024・長岡), 2024 年 9 月, 長岡市
5. 野坂真也, 川瀬宏明, 村田昭彦, 地域気候モデルにおける都市スキーム適用範囲の検討, 日本気象学会 2024 年秋季大会, 2024 年 11 月, つくば市
6. 村崎万代, 仲江川敏之, 再解析データ JRA-3Q における干ばつ指数 SPI の空間相関とトレンド, 日本気象学会 2024 年秋季大会, 2024 年 11 月, つくば市

(4) 投稿予定論文：2 件

1. Nosaka, M., A. Murata, and H. Sasaki, 2024: Future Changes in Diurnal Cycle of Precipitation Due to Global Warming in Jakarta. Theoretical and Applied Climatology.
2. Yamaguchi, M., Y. Ikuta, K. Ito, and M. Satoh, 2024: Tropical cyclone track and intensity predictions in the western North Pacific basin using Pangu-Weather and JMA initial conditions. JMSJ.

● 報道・記事

- ・ 報道発表：令和 6 年 9 月下旬の石川県能登の大雨に地球温暖化が寄与—イベント・アトリビューションによる結果— 2024 年 12 月 9 日
- ・ 報道発表：日本域を対象として過去の詳細な気象・機構を再現～温暖化シグナル検出への活用に期待～ 2024 年 11 月 20 日
- ・ 記事：川瀬宏明, 「北日本ほど平年より暑く 緯度別で見る最高気温の変化」, 日本経済新聞, 2024 年 7 月 14 日
- ・ 記事：川瀬宏明, 「北陸スペシャル」北陸で増える大雪 どう備える?, NHK, 2024 年 12 月 13 日
- ・ 記事：川瀬宏明, 【ドカ雪の原因は温暖化か】今期最強の寒波の影響は？私たちができる備え, MBS テレビ「よんちゃん TV」(毎日放送), 2025 年 1 月 9 日
- ・ 記事：川瀬宏明, 温暖化が招く集中豪雪 積雪最多地点 4 倍に 増える被害と対策費, 日本経済新聞 朝刊(一面), 2025 年 1 月 19 日
- ・ 記事：川瀬宏明, 辻野博之, 9 月の能登大雨災害、温暖化の影響で雨量 15%増えていた… 気象研究所など分析, 読売新聞オンライン, 2024 年 12 月 9 日
- ・ 記事：川瀬宏明, 辻野博之, 9 月の能登豪雨、地球温暖化の影響で雨量 15%増 観測史上 1 位も, 朝日新聞 DIGITAL, 2024 年 12 月 9 日
- ・ 記事：川瀬宏明, 辻野博之, 能登半島豪雨 地球温暖化の影響で雨量 15%程度増加か 気象研究

所などの研究チームが分析，TBS NEWS DIG，2024 年 12 月 9 日

- ・ 記事：川瀬宏明，辻野博之，能登豪雨 温暖化で雨量 15%程度増，朝日新聞朝刊，2024 年 12 月 10 日
- ・ 記事：川瀬宏明，辻野博之，9 月の能登豪雨、温暖化が影響 降雨量 15%増、気象庁試算，KYODO，2024 年 12 月 9 日
- ・ 記事：川瀬宏明，辻野博之，9 月の能登豪雨、温暖化が影響 降雨量 15%増、気象庁試算，日本海新聞，2024 年 12 月 9 日
- ・ 記事：川瀬宏明，辻野博之，9 月の能登豪雨、温暖化が影響 降雨量 15%増、気象庁試算，北國新聞 DIGITAL，2024 年 12 月 9 日
- ・ 記事：川瀬宏明，辻野博之，9 月の能登豪雨、温暖化が影響 降雨量 15%増、気象庁試算，東京新聞，2024 年 12 月 9 日
- ・ 記事：川瀬宏明，辻野博之，9 月の能登豪雨、温暖化が影響 降雨量 15%増、気象庁試算，北海道新聞デジタル，2024 年 12 月 9 日
- ・ 記事：川瀬宏明，辻野博之，9 月の能登豪雨、温暖化が影響 降雨量 15%増、気象庁試算，新潟日報デジタルプラス，2024 年 12 月 9 日
- ・ 記事：川瀬宏明，辻野博之，9 月の能登豪雨、温暖化が影響 降雨量 15%増、気象庁試算，信濃毎日新聞デジタル，2024 年 12 月 9 日
- ・ 記事：川瀬宏明，辻野博之，9 月の能登豪雨、温暖化が影響 降雨量 15%増、気象庁試算，山陰中央新報デジタル，2024 年 12 月 9 日
- ・ 記事：山口宗彦，台風と温暖化について，朝日新聞，2024 年 9 月 4 日
- ・ テレビ：山口宗彦，地球温暖化による台風の変化に関する研究について，福井テレビ，2024 年 9 月 4 日

● その他（（３）「成果の他の研究への波及状況」関連）

- ・ 特になし

メソ・局地アンサンブルを利用した顕著現象に対する最適予測シナリオの構築

- 研究年次：1年目／2年計画（令和6年度～令和7年度）
- 担代表者：小野耕介（台風・災害気象研究部 主任研究官）
- 課題構成及び研究担当者

本研究課題の参加気象台及び研究担当者は以下のとおりである。

（札幌管区気象台）	市川真吾、齋藤直幸、朝比奈聡司、関原孝俊、小泉創大、北川澄人、 廣瀬 聡、伊東慎司、金盛友香、倉橋 永、宇田川怜
（新千歳航空測候所）	野村達郎、内海 岳
（仙台管区気象台）	山口純平、高橋香衣、小笠原敦
（大阪管区気象台）	古矢真一、茂木厚志、飯田早苗、山西孝宜、鍋谷堯司、高澤郁也
（福岡管区気象台）	小川浩司、石田瑛美、鈴木雄斗、佐藤令於奈
（下関地方気象台）	喜多川太一、清末英裕、大谷修一、小山芳太
（長崎地方気象台）	武次良孝
（熊本地方気象台）	渡部俊輝
（鹿児島地方気象台）	小林英樹、東島成良、簗添良輔

● 研究の動機・背景

（社会的背景・意義）

わが国は四方を海に囲まれるため海上からの湿潤な空気の影響を受けやすく、夏季は台風・線状降水帯等による豪雨災害が、冬季は季節風による雪害が毎年のように発生する。このような災害をもたらす気象現象を長いリードタイムを持って精度良く予測することは人命・財産の観点から非常に重要であり、社会的ニーズは高い。しかし、大気はカオス力学系でありその予測精度は初期値に敏感である。特に災害をもたらす激しい気象現象の決定論的な予測は、短時間のうちにその予測可能性が失われる。加えて、わが国を広く囲む海上は陸上と比して観測データが少なく、予報初期値の精度に大きな制限をもたらす。このため、決定論的予測の信頼度・不確実性を予測するアンサンブル予報技術を現業予報作業において適切に利活用することは、防災・減災にとって非常に重要である。

（学術的背景・意義）

近年のアンサンブル予報技術の研究は、数値予報モデルの精緻化及び大型計算機の性能向上により、短時間豪雨を対象とした対流を許容する高解像度な数値予報モデルをベースとしたものが主流となっている。また、アンサンブル予報から現業予報作業に親和性の高い決定論的プロダクトの抽出についての研究が進展しつつある。研究代表者を中心に行った地方共同研究「メソアンサンブルを利用した決定論的予測技術の改善（令和4～5年度）」では、総観規模擾乱に支配される局地的大雪・大雨に対してメソアンサンブル予報（MEPS）から複数の気象シナリオを抽出し、現業メソモデル（MSM）の予測精度を上回る予報シナリオの作成及びその事前選択が可能であることが明らかとなった。一方、よりスケールの小さいメソスケールの流れが支配的となる顕著現象については、前述の共同研究では検討事項が残っている。また、甚大な災害をもたらしかつ予測が困難な線状降水帯の予測については十分な検討が行われていない。

（気象業務での意義）

気象庁では現業メソモデル（MSM）の不確実性を予測するために、メソアンサンブル予報システム（MEPS）の運用を2019年度から開始し、MSMの予測に対する信頼度情報等を提供している。地方官署

では注警報作業の支援等を目的として MEPS の確率論的な利用方法が広まりつつ一方、決定論的な利用については進んでいない。また、気象庁では 2025 年度末に局地モデル (LFM) に基づく局地アンサンブル予報システム (LEPS) の運用開始を予定している。LEPS からのプロダクトの有効性・利用可能性を検討することは現業予報作業において重要な課題である。

このような背景の下、MEPS・LEPS 予測からクラスター解析を利用して複数の気象予測シナリオを作成することは、MSM・LFM の予測が実況と大きく異なる場合に MSM・LFM 以外の予測シナリオを予報官が想起できるという点で有益であり、決定論的予測をベースとする現業予報作業とも親和性が高いと考えられる。また、MSM・LFM より精度の高い予測シナリオを事前に選択できるならば、現業の予測精度改善に直接貢献することができる。したがって、MEPS・LEPS から複数の気象予測シナリオを作成することは現業予測の改善に大きなポテンシャルを持つと考える。

● 研究の目的

現在、経常研究課題「台風・顕著現象の機構解明と監視予測技術の開発に関する研究」の副課題 2「顕著現象の実態解明と数値予報を用いた予測技術の研究」では、MEPS に基づく複数の降水予測シナリオの研究・開発を行っている。この研究では、大雨事例において MSM の降水予測精度が悪い際に MEPS がより実況に近い降水シナリオを提供できることを確認している。

そこで、この研究成果を地方官署が注目する豪雨や暴風等の顕著事例に対して適用することで、現業の決定論的予測精度の向上の可能性を探る。また新たに同手法を LEPS による予測結果にも適用することで、線状降水帯等の顕著現象の決定論的予測精度を評価・議論する。

● 研究の目標

本共同研究では、先の地方共同研究「メソアンサンブルを利用した決定論的予測技術の改善（令和 4～5 年度）」において、MEPS による複数気象シナリオにおける課題となった以下の点を引き続き調査する。

- ・ 総観規模擾乱に支配される局地的現象について、MEPS による複数気象シナリオが有効であることがわかった一方、メソスケールの現象が支配的な局地的現象については、MEPS 複数気象シナリオの作成に複数の気象要素を用いる必要性が明らかになった。類似事例を引き続き解析することでさらなる知見を蓄積する。
- ・ 最適シナリオの事前選択成功の可否は、予報初期の誤差がどの程度線形的に時間発展するかが鍵となる。本共同研究では予測誤差の線形性についても調査を実施する。
- ・ 複数気象シナリオそれぞれの実現確率を定量化する手法を開発した。本手法の有用性を様々な事例に適用し、その有用性に対する知見を蓄積する。
- ・ よりスケールの小さい線状降水帯等の顕著事例に対して LEPS からの複数気象シナリオが LFM の予測より良い予測が提供可能かという観点に着目して事例解析を実施する。併せて、LEPS が提供する複数シナリオを実況で利用可能な情報と照らし合わせて、予報作業時に LFM より良いシナリオが事前に選択可能なのか、といった視点からも事例を検討し、知見を蓄積する。

以上の作業を通じて、共同研究参加者のアンサンブル予報及び複数気象シナリオについての理解を深め、技術力向上に資することを目指す。

● 研究成果

（１）今年度得られた成果の概要

はじめに本共同研究で利用する手法と用語を簡潔に説明する。現業予報作業では時間的制約のため、MEPS から作成される 21 メンバーの予報を解析することは不可能である。そこで本研究では、注目す

る領域に対してある気象要素（例：950hPa の相当温位）の MEPS21 メンバーの予測を用いて主成分分析を行い、第 1,2 主成分が張る平面を作成する。この平面に 21 メンバーを射影する。次にクラスター解析を実施して 21 メンバーを 4 つのクラスターに分割する。最後にそれぞれのクラスターに含まれるメンバーの平均値をそのクラスターを代表するシナリオとして、4 つのシナリオを作成する（Ono 2023, WAF）。この 4 つの予測を作成することを「MEPS 複数シナリオの構築」などと表現する。本手法の明快な解説は佐藤ほか（2024）を参照されたい。

次に、4 つのシナリオから最も実況に近い 1 つの最適なシナリオを選択するために、Selective ensemble（Qi et al. 2015, QJRMS）を用いる。本手法では、初期時刻以降に逐次入電する観測値または解析値を基に、4 シナリオそれぞれの誤差を計算する。そして、最も誤差の小さいシナリオが将来の一定期間に渡って誤差が小さい傾向が持続することを仮定し、「最適シナリオ」として選択する。誤差の評価には平方根平均二乗誤差（RMSE）が一般的に用いられるが（Qi et al. 2015；野村ほか 2023）、山口ほか（2023）では、統計学に基づいて 4 つのシナリオの実現確率を定量化する手法を開発した（台風進路予測に特化したベイズ推定、汎用的な手法である粒子フィルタ；山口ほか 2023）。

（総観規模擾乱に起因する顕著現象の継続的な調査）

昨年度までの共同研究では、北海道日本海側に局地的大雪をもたらす北海道西岸帯状雲の予測において、MEPS を用いた複数シナリオから、MSM より優れた決定論的予測を作成できることが明らかとなり、これにより大雪警報をより早く発表できることが示唆された。そこで、本年度は最適シナリオの事前選択の可能性について、岩見沢及び新千歳空港で発生した大雪事例を検討した（市川ほか 2024、小泉ほか 2024）。その結果、両事例ともに初期時刻後に入電するメソ解析を利用し、粒子フィルタ及び RMSE を基に 4 シナリオを評価した。これにより、大雪発生の数時間前に MSM とは異なる誤差が最も小さいシナリオを最適シナリオとして選択可能であり、実際よりも早い段階で警報を発表できることがわかった。今年度までの成果は、北海道西岸帯状雲による大雪の予測精度改善に加えて、Selective ensemble の応用可能性を示す点で学術的新規性があるため、日本気象学会誌 SOLA に論文を投稿する準備を進めている（Ichikawa et al. 2025）。

また、この手法は北海道に限らず、冬型時の収束雲に起因する大雪全般にも応用可能であると考えられる。高橋ほか（2024）では、2024 年 1 月の宮城県北部山沿いの大雪警報が実況対応となった事例に対して、市川ほか（2023）に倣い、MEPS 複数シナリオの作成を試みた。その結果、大雪発生の半日程度前から MSM より実況に近い予測を作成することが可能であることがわかった。この結果は、冬型時に収束線が顕著な大雪をもたらす場合、日本海側のみならず太平洋側の大雪予測に対しても MEPS による複数シナリオ構築が有効であることを示している。

倉橋ほか（2024）では、MEPS による温帯低気圧の進路・強度予報に対する統計的特性を調査するため、先行研究を参考にして低気圧を客観的に追跡するツールを開発した。本ツールは、大気下層の渦度及び風速を利用して低気圧の中心位置を抽出することが可能である。初期結果として、約 380 事例を用いて MEPS による温帯低気圧の位置・強度の予測に関する統計的検証を行ったところ、MEPS による温帯低気圧の中心気圧予測には負バイアスが存在することがわかった。温帯低気圧に特化した MSM 及び MEPS の検証はこれまで行われておらず、今後本ツールを活用することで、MSM 及び MEPS の開発に資する有用な知見が得られることが期待される。

（メソスケールの流れに起因する大雨事例の調査）

北川ほか（2024）では、昨年度に引き続き、北海道における夏季の不安定降水事例について検討を行った。今年度は、2023 年 9 月に石狩地方で発生した線状の不安定降水を対象に、MEPS を用いて複数シナリオの構築を行った。結果として、MSM より実況に近い予測シナリオが半日程度前から構築可

能であることが示された。また、2018 年から 2023 年の 7～9 月における解析雨量およびメソ解析を基に、類似した環境場での不安定降水事例の抽出し、現象に共通する環境場の特徴（下層暖湿気及び鉛直シアなど）についての統計的な調査を進めている。今後は夏季不安定降水の多数の事例に関する特徴をまとめるとともに、MEPS 複数シナリオの適用可能性の調査を進める予定である。

近畿地方における梅雨前線に伴う大雨事例について、古矢ほか（2024）および山西ほか（2024）では、それぞれ 925hPa の水蒸気フラックスおよび相当温位を用いて、大雨に対する複数のシナリオ構築を試みた。両研究とも、降水位置のずれに対応した 4 つのシナリオを作成することができたが、古矢ほか（2024）ではクラスターを構成するメンバーの時間的変動が大きく、シナリオに一貫性が欠けることが明らかとなった。一方、山西ほか（2024）では MSM よりも実況に近い降水シナリオを作成したが、降水量の予測は実況と比較して過小であった。

線状降水帯の予測に関して、大分県（鈴木ほか 2024）、長崎県（石田ほか 2024）、山口県（喜多川ほか 2024）、鹿児島県（簗添ほか 2024）の事例では、梅雨または秋雨前線の南側で大雨が発生した事例を中心に、MEPS を用いて複数シナリオの作成を試みた。複数シナリオの作成においては、下層水蒸気場の不確実性に着目し、950hPa の相当温位（石田ほか 2024；簗添ほか 2024）および水蒸気フラックス（鈴木ほか 2024；喜多川ほか 2024）を用いた。線状降水帯の発生要因となる下層水蒸気は、いずれの事例も東シナ海などが観測の少ない海上を経由するため、予測の不確実性が高く、いずれの事例でも MSM による決定論的予測が困難であった。一方、いずれの事例でも、MEPS による複数シナリオ作成により、MSM よりも実況に近い位置に降水を予測するシナリオを構築できたが、降水強度の予測はどの事例でも過小であった。

（複数シナリオの実現確率に関わる調査）

台風の進路予測に関して、山口ほか（2023）では、令和元年東日本台風の進路予報及び大雨予測に対して、海面更正気圧に基づく MEPS 最適シナリオが MSM より良い予測を提供し、事前選択が可能であることを示した。今年度は、2019 年から 2023 年までの台風 28 事例について、台風進路の複数シナリオ構築およびベイズ推定に基づく最適シナリオ事前選択の可能性を統計的に調査した。その結果、全体の 6 割以上の事例において、MSM より良い進路予測シナリオを作成でき、初期時刻から 9 時間後に最適シナリオが最も高い実現確率を示すことがわかった。さらに、これらの中の数事例では、降水予測の精度も MSM に対して改善することが明らかとなった。現在は、粒子フィルタを用いた最適シナリオの事前選択に関する調査を進めるとともに、気象集誌への投稿に向けた準備を進めている（Yamaguchi and Ono 2025）。

また、山口ほか（2023）による粒子フィルタは、北海道西岸帯状雲の事例においても有効であることが示された（市川ほか 2024）。一方、粒子フィルタに使用する解析値をメソ解析から、より速報性のある 30 分毎時大気解析に変更すると、実況と異なる大雪シナリオが最適シナリオとして選択されることがわかった。そこで齋藤・小野（2024）は、メソ解析および 30 分毎時大気解析の両方で異なる場が解析されることを定量的に示した。また、このような解析場の違いは、データ同化手法の設計や、利用される観測データのの違いに起因するものであることが明らかになった。以上の結果から、解析値を利用する際には、それを観測が反映された正しい場として鵜呑みにせず、その設計及び利用された観測データ等を考慮し、注意深く利用する必要があることが示された。

（現業利用を見据えた開発・検討）

本共同研究の現業利用に向けては、Web ツールによる簡易な実行が必須である。仙台管区気象台の山口技官は、MEPS からの複数シナリオの作成およびメソ解析に基づく粒子フィルタを用いた複数シナリオの実現確率を計算・表示する Web ツールを開発した。本ツールにより、個人の端末から Web を介

して簡易に MEPS 複数シナリオの作成およびその実現確率の表示が可能となった。また、札幌管区気象台の齋藤技官は、本ツールを拡張し、参照値に 30 分毎時大気解析を利用できるようにした。

大阪管区気象台の茂木技官および鍋谷技術主任は、TAG モニター を拡張し、上記ツールから出力される 4 つのシナリオ（クラスター平均）を平面図形式で簡易に描画できるようにした。以上の成果により、札幌管区気象台では今冬季に北海道西岸帯状雲の発生が事前に予測される際に、MEPS 複数シナリオのモニタリングを行い、その利用可能性についての議論が進められている。また、これらのツールについては今後も継続的な開発が必要であるため、数値予報開発センターシステムサポートチームの協力を得て、redmine「地方官署での技術力向上・スパコン利用情報共有」のリポジトリにコードを登録した。また、同 redmine 上のチケットを利用した開発にも着手した。

新千歳航空測候所では、内海技官および野村予報官により、メソ解析を利用した「Selective ensemble による降雪予想」ツールが開発され、リアルタイムで MEPS の各メンバーの予測とメソ解析に基づく誤差をモニタリングし、今季の降雪予測に関して MEPS の議論を行っている。

下関地方気象台では、気象技術支援検討会において、顕著現象が予測される際に MEPS による複数シナリオを用いて気象現象の推移およびシナリオ変更の可能性について、自治体などへの気象解説に取り入れる方法を検討した。

（関連する研究）

MEPS による複数シナリオの作成において、主成分分析から第 1 および第 2 主成分のみが利用され、第 3 主成分以降の情報は使用されていない。そこで研究代表者は、MEPS による 950hPa の相当温位の予測を対象に、第 1 および第 2 主成分がどの程度誤差ベクトルを捕捉できるかについて統計的な調査を行った。その結果、個々の対流に起因する空間スケールの小さい誤差を除き、メソスケールの誤差は第 1 及び第 2 主成分で概ね捕捉できることがわかった（Ono 2025）。この結果は、MEPS 複数シナリオ作成手法で第 1 および第 2 成分のみを利用する根拠を提供するものである。

（2）当初計画からの変更点（研究手法の変更点等）

なし

（3）成果の他の研究への波及状況

共同研究参加者間の成果を共有する第 2 回の共同研究内全体打合せにおいて、気象研究所からは川畑室長、瀬古研究官、中部航空地方気象台の成田次長、数値予報開発センターメソ同化 EPS チーム、大気海洋部予報課および気象技術開発室の方々に参加いただき、本研究への助言をいただくとともに、得られた知見を共有した。

また、参加者は各地の気象台で談話会等を通じて情報共有を進め、札幌管区気象台では北海道地方気象防災支援技術検討会、仙台管区気象台では防災科学技術研究所との技術交流会において、本共同研究の成果を発表した（小泉 2024；高橋 2024）。

（4）事前・中間評価の結果の研究への反映状況

事前評価では、下記 3 点についてコメントを受けた。今年度の研究を進めるに当たり、コメントを反映した進め方は以下のとおりである。

1. 本庁関係部署（予報課・数値予報課等）とも連携し、研究・開発成果がより広く業務に還元されるように努めながら研究を進めて頂きたい。
- ・先述の（3）にある通り、今年度の成果の共有は本庁および所内に広く共有した。また、Web ツールの開発管理については、数値予報開発センターシステムサポートチームの協力を得て、地

方官署向けの redmine を利用し、継続的な開発体制を整えた。

2. 現業への適用に向けた課題点の洗い出しにも期待する。
 - ・総観規模・メソスケール等の気象現象に対して、MEPS による本手法が有効ある一方、線状降水帯などのスケールの小さい現象に対する降水強度予測には不十分であり、LEPS の利用が必要であることがわかった。これにより、本手法で可能なこと、不可能なことを明確にしながら解析を進めた。
 - ・現業利用に向けて、MEPS 複数シナリオ作成の簡易ツールの開発は大きな課題であったが、仙台管区気象台山口技官、大阪管区気象台茂木技官の尽力により、Web ツールが開発された。このツールにより、共同研究に参加していない職員でも簡易に MEPS 複数シナリオの作成とモニタリングが可能となった。
3. 地方官署の職員の方と密に連携して本研究を実施していただきたい。
 - ・Teams の導入により、オンライン打合せが容易に行える環境が整った。しかし、意識的にオンライン打合せの実施することは意思疎通において重要であることは、昨年度までの共同研究で報告した通りである。今年度はより打合せの機会を増やすため、2024 年の 5 月末から 10 月末までの毎週水曜日 13:30~15:00 の間、研究代表者が Teams 上の会議に参加し、この間に研究参加者が気軽に相談できる「定期相談会」を設けた。この定期相談会により、事前に打合せ時間を調整する手間が省け、議論の促進に役立ったと考えられる。

● 今後の研究の進め方

これまでの成果から、総観規模擾乱に伴う現象の予測において、MEPS による複数シナリオが決定論予測の精度向上に寄与することがわかった。特に、北海道西岸带状雲による大雪や台風進路予測については、学術論文としてまとめる予定である。また、北海道夏季の不安定降水についても、これまでの 2 年間の取組により、MEPS による複数シナリオの有効を示してきたが、参加者の積極的な取り組みにより、現在多数事例を対象にした統計解析を進めており、来年度に向けてより一般的な知見としてまとめる予定である。

今年度から、大阪管区気象台および福岡管区気象台が参加したことにより、西日本で発生する線状降水帯を含む大雨についての調査も開始した。本年扱った 6 事例において、いずれも MEPS による複数シナリオの構築が有用であることが確認されたが、MEPS の空間分解能の制限により、いずれの事例でも実況に近い降水強度の予測が困難であることも明らかとなった。来年度は、これらの事例に対して LEPS による予測結果の利用も行う予定である。

複数シナリオ作成においては、主成分分析を行う領域や要素に任意性がある。この点について、北海道の大雪事例では下層（925hPa）気温に着目することが有効であることが確認されている一方、大雨の場合は事例に大きく依存することが分かっている。来年度は、客観的に適切な要素や領域を設定する手法を調査する予定である。

最後に、本地方共同研究は今年度、4 管区まで広がり、本手法の有用性が着実に広がりつつある。さらに、研究参加者の精力的な開発により、Web および可視化ツールの整備が進み、庁内職員が MEPS 複数シナリオを容易に実行できる環境が整った。今後は、現業利用に向けて、本共同研究の成果を庁内外に示すとともに、より多くの予報担当職員に本手法を実際に利用し、その有効性を実感できるよう、研究活動を進めていきたい。

● 研究成果リスト

- (1) 査読論文：なし

(2) 査読論文以外の著作物（翻訳、著書、解説等）：14 件

1. 市川真吾, 関原孝俊, 齋藤直幸, 朝比奈聡司, 小野耕介, 2024 : MEPS による大雪サブシナリオ構築及び最適シナリオ選択の試み—2023 年 12 月の岩見沢における記録的大雪事例—, 令和 6 年度札幌管区気象研究会・日本気象学会北海道支部研究発表会予稿集
2. 齋藤直幸, 小野耕介, 2024 : メソ解析及び三十分大気解析間に生じる差とその要因, 令和 6 年度道央地区気象研究会誌
3. 小泉創大, 野村達郎, 内海岳, 小野耕介, 2024 : MEPS による大雪サブシナリオ構築及び最適シナリオ選択の試み—2024 年 1 月の新千歳空港における大雪事例—, 令和 6 年度道央地区気象研究会誌
4. 北川澄人, 廣瀬聡, 金盛友香, 伊東慎司, 小野耕介, 2024 : 2023 年 9 月 5 日の石狩地方大雨事例における MEPS による早期注意情報 [中] 発表の可能性, 令和 6 年度札幌管区気象研究会・日本気象学会北海道支部研究発表会予稿集
5. 倉橋永, 宇田川怜, 小野耕介, 2024 : メソアンサンブル低気圧進路の統計的な特徴, 令和 6 年度道央地区気象研究会誌
6. 山口純平, 高橋香衣, 小笠原敦, 小野耕介, 2024 : MEPS クラスタリングとベイズ推定に基づく最適シナリオ選択のための台風統計調査, 令和 6 年度日本気象学会東北支部気象研究会・仙台管区気象台東北地方調査研究会合同発表会予稿集
7. 高橋香衣, 山口純平, 小笠原敦, 小野耕介, 2024 : 2024 年 1 月 24 日宮城県大雪事例における MEPS によるサブシナリオ構築, 令和 6 年度宮城地区調査研究会誌
8. 古矢真一, 茂木厚志, 飯田早苗, 小野耕介, 2024 : メソアンサンブルを利用したサブシナリオ構築—2023 年 6 月 2 日紀伊半島大雨事例—, 令和 6 年度大阪府県気象研究会誌
9. 山西孝宜, 鍋谷堯司, 高澤郁也, 小野耕介, 2024 : メソアンサンブルを利用したサブシナリオ構築—2021 年 7 月 3 日京阪神大雨事例—, 令和 6 年度日本気象学会関西支部第 3 回例会及び令和 6 年度近畿地区気象研究会予稿集
10. 佐藤令於奈, 小川浩司, 鈴木雄斗, 小野耕介, 2024 : メソアンサンブルを用いた複数クラスター作成手法と迅速なシナリオ変更への適用可能性, 令和 6 年度福岡管区気象研究会誌
11. 鈴木雄斗, 佐藤令於奈, 小川浩司, 小野耕介, 2024 : 2022 年 7 月 18～19 日の大分県を中心とした線状降水帯事例の検証 ～MEPS を用いたサブシナリオ構築の可能性～, 令和 6 年度福岡管区気象研究会誌
12. 石田瑛美, 渡部俊輝, 武次良孝, 小野耕介, 2024 : 2023 年 9 月 14 日長崎県南部での線状降水帯事例～メソアンサンブルを用いた顕著現象の捕捉可能性について～, 令和 6 年度福岡管区気象研究会誌
13. 喜多川太一, 清末英裕, 大谷修一, 小山芳太, 小野耕介, 2024 : MEPS クラスタリングを用いたシナリオ構築～2023 年 6 月 30 日から 7 月 1 日の山口県大雨事例～, 令和 6 年度福岡管区気象研究会誌
14. 簗添良輔, 東島成良, 小林英樹, 小野耕介, 2024 : 2021 年 7 月 10 日の鹿児島県薩摩地方で発生した線状降水帯事例の検証～MEPS を用いたサブシナリオ構築の可能性～, 令和 6 年度福岡管区気象研究会誌

(3) 学会等発表 : 25 件

ア. 口頭発表 : 24 件

(国際的な会議・学会等 : なし)

(国内の会議・学会等：24 件)

1. 市川真吾, 関原孝俊, 齋藤直幸, 朝比奈聡司, 小野耕介, 2024 : MEPS による大雪サブシナリオ構築及び最適シナリオ選択の試み—2023 年 12 月の岩見沢における記録的大雪事例—, 令和 6 年度道央地区気象研究会
2. 齋藤直幸, 小野耕介, 2024 : メソ解析及び三十分大気解析間に生じる差とその要因, 令和 6 年度道央地区気象研究会
3. 小泉創大, 野村達郎, 内海岳, 小野耕介, 2024 : MEPS による大雪サブシナリオ構築及び最適シナリオ選択の試み—2024 年 1 月の新千歳空港における大雪事例—, 令和 6 年度道央地区気象研究会
4. 北川澄人, 廣瀬聡, 金盛友香, 伊東慎司, 小野耕介, 2024 : 2023 年 9 月 5 日の石狩地方大雨事例における MEPS による早期注意情報 [中] 付加の可能性, 令和 6 年度道央地区気象研究会
5. 倉橋永, 宇田川怜, 小野耕介, 2024 : メソアンサンブル低気圧進路の統計的な特徴, 令和 6 年度道央地区気象研究会
6. 市川真吾, 関原孝俊, 齋藤直幸, 朝比奈聡司, 小野耕介, 2024 : MEPS による大雪サブシナリオ構築及び最適シナリオ選択の試み—2023 年 12 月の岩見沢における記録的大雪事例—, 令和 6 年度札幌管区気象研究会・日本気象学会北海道支部研究発表会
7. 北川澄人, 廣瀬聡, 金盛友香, 伊東慎司, 小野耕介, 2024 : 2023 年 9 月 5 日の石狩地方大雨事例における MEPS による早期注意情報 [中] 発表の可能性, 令和 6 年度札幌管区気象研究会・日本気象学会北海道支部研究発表会
8. 山口純平, 高橋 衣, 小笠原敦, 小野耕介, 2024 : MEPS クラスタリングとベイズ推定に基づく最適シナリオ選択のための台風統計調査, 令和 6 年度宮城地区調査研究会
9. 高橋香衣, 山口純平, 小笠原敦, 小野耕介, 2024 : 2024 年 1 月 24 日宮城県大雪事例における MEPS によるサブシナリオ構築, 令和 6 年度宮城地区調査研究会
10. 山口純平, 高橋香衣, 小笠原敦, 小野耕介, 2024 : MEPS クラスタリングとベイズ推定に基づく最適シナリオ選択のための台風統計調査, 令和 6 年度日本気象学会東北支部気象研究会・仙台管区気象台東北地方調査研究会合同発表会
11. 古矢真一, 茂木厚志, 飯田早苗, 小野耕介, 2024 : メソアンサンブルを利用したサブシナリオ構築—2023 年 6 月 2 日紀伊半島大雨事例—, 令和 6 年度大阪府県気象研究会
12. 山西孝宜, 鍋谷堯司, 高澤郁也, 小野耕介, 2024 : メソアンサンブルを利用したサブシナリオ構築—2021 年 7 月 3 日京阪神大雨事例—, 令和 6 年度大阪府県気象研究会
13. 山西孝宜, 鍋谷堯司, 高澤郁也, 小野耕介, 2024 : メソアンサンブルを利用したサブシナリオ構築—2021 年 7 月 3 日京阪神大雨事例—, 令和 6 年度日本気象学会関西支部第 3 回例会及び令和 6 年度近畿地区気象研究会
14. 佐藤令於奈, 小川浩司, 鈴木雄斗, 小野耕介, 2024 : メソアンサンブルを用いた複数クラスター作成手法と迅速なシナリオ変更への適用可能性, 令和 6 年度福岡県気象研究会
15. 鈴木雄斗, 佐藤令於奈, 小川浩司, 小野耕介, 2024 : 2022 年 7 月 18～19 日の大分県を中心とした線状降水帯事例の検証 ～MEPS を用いたサブシナリオ構築の可能性～, 令和 6 年度福岡県気象研究会
16. 石田瑛美, 渡部俊輝, 武次良孝, 小野耕介, 2024 : 2023 年 9 月 14 日長崎県南部での線状降水帯事例～メソアンサンブルを用いた顕著現象の捕捉可能性について～, 令和 6 年度福岡県気象研究会
17. 喜多川太一, 清末英裕, 大谷修一, 小山芳太, 小野耕介, 2024 : MEPS クラスタリングを用いたシナリオ構築～2023 年 6 月 30 日から 7 月 1 日の山口県大雨事例～, 令和 6 年度山口県気象研

研究会

18. 簗添良輔, 東島成良, 小林英樹, 小野耕介, 2024 : 2021 年 7 月 10 日の鹿児島県薩摩地方で発生した線状降水帯事例の検証～MEPS を用いたサブシナリオ構築の可能性～, 令和 6 年度鹿児島県気象研究会
19. 佐藤令於奈, 小川浩司, 鈴木雄斗, 小野耕介, 2024 : メソアンサンブルを用いた複数クラスター作成手法と迅速なシナリオ変更への適用可能性, 令和 6 年度福岡管区気象研究会
20. 鈴木雄斗, 佐藤令於奈, 小川浩司, 小野耕介, 2024 : 2022 年 7 月 18～19 日の大分県を中心とした線状降水帯事例の検証 ～MEPS を用いたサブシナリオ構築の可能性～, 令和 6 年度福岡管区気象研究会
21. 喜多川太一, 清末英裕, 大谷修一, 小山芳太, 小野耕介, 2024 : MEPS クラスタリングを用いたシナリオ構築～2023 年 6 月 30 日から 7 月 1 日の山口県大雨事例～, 令和 6 年度福岡管区気象研究会
22. 簗添良輔, 東島成良, 小林英樹, 小野耕介, 2024 : 2021 年 7 月 10 日の鹿児島県薩摩地方で発生した線状降水帯事例の検証～MEPS を用いたサブシナリオ構築の可能性～, 令和 6 年度福岡管区気象研究会
23. 小泉創大, 2024 : 早期注意情報に関する検討(4)大雪, 令和 6 年度北海道地方気象防災支援技術検討会
24. 高橋香衣, 2024 : 2024 年 1 月 24 日宮城県大雪事例における MEPS によるサブシナリオ構築, 仙台管区気象台・防災科学研究所新庄雪氷環境実験室技術交流会

イ. ポスター発表 : 1 件

(国際的な会議・学会等 : 1 件)

1. Kosuke Ono, 2024 : Feasibility study on improving deterministic forecasts for severe weather by the JMA' s regional EPS, The 4th Asian Conference on Meteorology 2024

(国内の会議・学会等 : なし)

(4) 投稿予定論文 : 3 件

1. Ichikawa, S., N. Saito, S. Asahina, G. Utsumi, T. Nomura, and K. Ono 2025: Improvements of deterministic forecasts for heavy snowfall by band shaped clouds in Hokkaido using the regional operational ensemble. SOLA, in prep.
2. Yamaguchi, J., and K. Ono. 2025: Optimum scenario selection using ensemble clustering and Bayesian estimation for typhoon forecast. J. Meteor. Soc. Japan. in prep.
3. Ono, K. 2025: Predictability of the Mesoscale Moist Flow Assessed from Ensemble Dimension. Wea. Forecasting, in prep.

● 報道・記事

なし

● その他 ((3)「成果の他の研究への波及状況」関連)

なし