

研究プロフィールシート（中間評価）

研究課題名：地球システム・海洋モデリングに関する研究

（副課題1） 気象・気候予測のための地球システムモデリングに関する研究（M1）

（副課題2） マルチスケールに対応した海洋予測技術の開発に関する研究（M2）

（副課題3） 次世代海洋データ同化・大気海洋結合データ同化に関する研究（M3）

（副課題4） 全球数値予報モデル、季節予測システムに関する研究（M4）

（副課題5） 化学輸送モデル、大気微量成分同化に関する研究（M5）

研究期間：令和元年度～令和5年度（5年計画第3年度）

研究費総額：149,863千円（総額）

研究代表者： 山中吾郎 全球大気海洋研究部長（令和3年度）

行本誠史 全球大気海洋研究部長（令和2年度）

前田修平 全球大気海洋研究部長（令和元年度）

研究担当者：

（副課題1） 副課題代表者：石井正好 担当研究者：

[全球大気海洋研究部] 吉村裕正、出牛真、吉田康平、新藤永樹、高谷祐平、足立恭将（令和2～3年度）、大島長、中野英之（令和3年度）、浦川昇吾

[気象予報研究部] 川合秀明、長澤亮二、庭野匡思（令和3年度）

[気象観測研究部] 堀田大介（令和3年度）

[気候・環境研究部] 保坂征宏、水田亮、田中泰宙、辻野博之、行本誠史（令和3年度）

[応用気象研究部] 小畑淳

（副課題2） 副課題代表者：中野英之（令和3年度）、山中吾郎（令和元～2年度）

担当研究者：

[全球大気海洋研究部] 豊田隆寛、坂本圭、浦川昇吾、川上雄真（令和3年度）、高野洋雄、藤井陽介、碓氷典久、広瀬成章、吉村裕正、高谷祐平、新藤永樹

[気候・環境研究部] 辻野博之

（副課題3） 副課題代表者：高野洋雄 担当研究者：

[全球大気海洋研究部] 藤井陽介、碓氷典久、広瀬成章、山中吾郎、中野英之、豊田隆寛、坂本圭、浦川昇吾、石川一郎、高谷祐平

[気象観測研究部] 岡本幸三、石橋俊之

[気候・環境研究部] 遠山勝也

（副課題4） 副課題代表者：石川一郎 担当研究者：

[全球大気海洋研究部] 高谷祐平、新藤永樹、齊藤直彬（令和元～2年度）、足立恭将（令和2～3年度）、藤井陽介、豊田隆寛、山中吾郎、浦川昇吾、吉田康平

[気象予報研究部] 川合秀明

[気候・環境研究部] 保坂征宏、今田由紀子、小林ちあき、辻野博之

[応用気象研究部] 行本誠史（令和元年度）

（副課題5） 副課題代表者：眞木貴史 担当研究者：

[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

[気象観測研究部] 酒井哲、吉田智、近藤圭一

[台風・災害気象研究部] 永井智広
[気候・環境研究部] 直江寛明、田中泰宙
[応用気象研究部] 川端康弘

研究協力者：

金濱貴史（数値予報課数値予報モデル技術開発室；令和2～3年度）、平原幹俊（数値予報課地球システムモデル技術開発室）、延与和敬（環境・海洋気象課）、山田広大（環境・海洋気象課）、檜垣将和（数値予報課地球システムモデル技術開発室）、櫻木智明（数値予報課地球システムモデル技術開発室）、吉田拓馬（数値予報課地球システムモデル技術開発室；令和2～3年度）、浅井博明（数値予報課地球システムモデル技術開発室）、杉本裕之（気候情報課）、田口幸輝（海洋気象情報室、令和3年度）、八木晃司（海洋気象情報室；令和3年度）、桜井敏之（海洋気象情報室；令和元～2年度）、吉田久美（海洋気象情報室；令和元～2年度）、小林熙（海洋気象情報室；令和元～2年度）、伊藤享洋（海洋気象情報室、令和元年度）、平原翔二（数値予報課地球システムモデル技術開発室）、小森拓也（数値予報課地球システムモデル技術開発室）、久保勇太郎（数値予報課数値予報モデル基盤技術開発室）、上清直隆（数値予報課地球システムモデル技術開発室；令和元～2年度）、永井康之（数値予報課地球システムモデル技術開発室；令和元～2年度）、高倉寿成（数値予報課地球システムモデル技術開発室；令和3年度）、中村貴（数値予報課地球システムモデル技術開発室）、鎌田茜（数値予報課地球システムモデル技術開発室）、中川勝之（数値予報課地球システムモデル技術開発室）、小木昭典（環境・海洋気象課）、佐々木泰憲（環境・海洋気象課；令和元～2年度）、諸藤隆史（環境・海洋気象課；令和元～2年度）、千葉丈太郎（気候情報課；令和元年度）、石崎士郎（気候情報課；令和元年度）

1. 研究の背景・意義

(社会的背景・意義)

近年、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いる。また、**地球温暖化の進行を背景として大気や海洋の長期変化の予測の重要性が増大**している。さらに、温室効果ガスや汚染物質の排出増加にともない、**地球環境の監視・予測技術の重要性が増大**している。これらの相互作用を適切に取り扱いながら数値解析予測モデルの研究を進めることは、「気候変動適応」の法制化に対応する高精度の温暖化予測と気候変動が全球から地域までのそれぞれにもたらす影響の評価に大きく資する。

一方、気象庁では平成30年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**」、及びそれを受けた「**2030年に向けた数値予報技術開発重点計画**」が策定され、2030年を見据え、数日先の台風・集中豪雨の予測から数十年以上先の地球温暖化予測まで精度向上が求められている。

(学術的背景・意義)

これまでの数値解析予報モデルは地球温暖化予測や季節予報を目的としたモデ

ルを除き、大気、海洋、波浪、物質輸送など（以下、構成要素）のモデルが個別に開発されてきた。気象庁の現業で使用しているモデルも多くがそれぞれの業務目的に対応した構成要素を予測対象としており、他は境界値などの形で与えて各構成要素間の相互作用が適切に扱われていない。

このため、大気、海洋、波浪、陸面、雪氷、物質輸送等の**地球システムを構成する多様な要素地球システムの各構成要素とそれらの相互作用**を「地球システム」として総合的に扱う数値解析予測モデルによって精緻に解析・予測することが重要である。多様な目的に対応するための**階層的な「地球システムモデル」**（気象庁「2030年に向けた数値予報技術開発重点計画」より）の考え方に基づき、**現業と研究の双方に利用できる最先端の数値解析予測システムを構築する**。

ここで、階層的な「地球システムモデル」とは、**対象とする現象の予測に重要な各地球システム要素のモデルを組み込み、目的ごとに必要とされる複雑さと精密さで地球の諸現象をより正確に再現するためのモデルを意味する**。予測の精度を上げていくには、各要素モデル間で連携しながら開発を進めていく必要がある。本研究課題ではその考え方に基づいて研究を進める。

(気象業務での意義)

「地球システムモデル」の成果が気象庁の現業モデルで最大限利用できるように研究を進める。利用方法としては、ひとつの同じモデルを多業務に適用するのではなく、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、それを構成する「**コンポーネント**」をできるだけ共有できるようにして各現業モデルで利用する形で貢献することを想定する。これにより、地球温暖化を背景とする台風・集中豪雨などの**顕著現象、季節予報、海況監視予測、物質循環等の予測**に貢献する。また、「**気候変動適応法**」に対応するための**温暖化予測情報**に高い精度を持つ情報を提供する。

2. 研究の目的

(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「地球システムモデル」の考え方に基づいた研究を進める。これにより、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、その成果を様々な時間・空間スケールの現象の高精度の解析と予測に適用させられる「階層的」な「地球システムモデル」の考え方に基づいた統合的な研究課題とし、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) 気象・気候予測のための地球システムモデリングに関する研究

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、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) マルチスケールに対応した海洋予測技術の開発に関する研究

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、気候変動予測情報や日本周辺の海洋環境情報の高度化に貢献する。

(副課題 3) 次世代海洋データ同化・大気海洋結合データ同化に関する研究

海洋及び大気海洋結合に関連したデータ同化システムの改良を通じて、沿岸の詳細な海況情報の発表や大気海洋結合モデルを用いた週間・1か月アンサンブル予報や季節予報などで用いる初期値の改善に貢献する。

(副課題 4) 全球数値予報モデル、季節予測システムに関する研究

季節予測システムの改良を通じて、現業季節予報の精度向上に貢献する。その成果を利用しながら週間・1か月予報の改良を進める。

(副課題 5) 化学輸送モデル、大気微量成分同化に関する研究

エアロゾル、オゾン、温室効果ガス等（大気微量成分）の動態をシミュレートする化学輸送モデルを高度化する。また、これらの物質に関して多様なリモートセンシング観測データを用いて分布に関する監視と、化学輸送モデルを検証・改良すると共に、データ同化技術を開発・改良する。また、これらの各種プロダクトや手法を用いた応用研究（視程、排出量逆解析等）を実施する。

3. 研究の目標

(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間・空間スケールの現象について高精度の解析と予測を行う。

(副課題 1) 気象・気候予測のための地球システムモデリングに関する研究

高解像度化を可能にする新しい地球システムモデルを開発し、数日以上前からの台風の発生や強度の予測など、気象予測の新たな可能性を探る。また、積雲対流過程、境界層過程、雲物理過程など各種物理過程や物質循環過程を高度化し、全球規模の気候変動予測の高精度化を図るとともに、台風や梅雨など地域規模の現象の高精度な再現と変動予測を可能とする。

(副課題 2) マルチスケールに対応した海洋予測技術の開発に関する研究

- ・海洋モデルの高解像度化に対応して、物理プロセスを改良する。
- ・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。・開発した海洋モデルを用いて、気候変動に関わる海洋循環や海面水位等の変動プロセスを解明する。
- ・海洋モデルの開発効率を向上させるため、海洋モデル開発基盤の整備を行う。

(副課題 3) 次世代海洋データ同化・大気海洋結合データ同化に関する研究

- ・平成 30 年度までに開発した全球海洋データ同化システム及び日本近海海洋データ同化システムを現業化する。
- ・海況の再現性改善に向け、衛星海面水温の直接同化などを用いた新たな海洋データ同化手法を開発する。
- ・開発した海洋データ同化システムを適用して大気海洋結合同化システムを改良し、改善した大気海洋結合モデル初期値を作成すると共に、結合同化の解析インパクトを明らかにする。
- ・海洋観測の効率化や最適化に向け、海洋観測データのインパクト評価を行う。

(副課題 4) 全球数値予報モデル、季節予測システムに関する研究

平成 33 年度現業化を目標として次期季節予測システムの開発・改良を行う。さ

らに将来の季節予測システムに向けた開発と1か月より短い予報の大気海洋結合化を含むフィジビリティ研究を行う。

(副課題5) 化学輸送モデル、大気微量成分同化に関する研究

- ・気象研究所地球システムモデル (MRI-ESM2) におけるエアロゾル、オゾン等の化学輸送モデルを高度化する。
- ・領域化学輸送モデルを高解像度化すると共に、気象庁領域モデル (asuca) 対応を行う。
- ・エアロゾル、オゾン等大気微量気体をシームレスに取り扱うグローバル化学統合モデルを開発する。
- ・ライダー・衛星・地上 (分光日射) 観測により、エアロゾル等の分布を監視する。
- ・衛星に関しては衛星から組成別の光学的厚さ算出を目指す。
- ・大気微量成分のデータ同化システムを開発・高度化して、エアロゾル・オゾンに関しては本庁での業務開始・高度化を支援する。
- ・エアロゾル・オゾンに関する再解析を高度化する。
- ・温室効果ガス輸送モデルや逆解析を高度化する。
- ・視程・排出量逆解析に関する技術開発を進める。

中間評価時の到達目標

(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間・空間スケールの現象について高精度の解析と予測を行うための技術的基盤を確立する。

(副課題1) 気象・気候予測のための地球システムモデリングに関する研究

(a) 高解像度地球システムモデルによる気象予測のフィジビリティ研究

- ・非静力学全球大気モデルに標準解像度 ($1^{\circ} \times 0.5^{\circ}$) の海洋モデルを結合し、大気モデル高解像度化のインパクトを評価する。

(b) 地球システムモデルの気候再現性の高精度化

- ・高度化した境界層スキームと浅い対流スキームを導入し、その効果を評価する。
- ・高度化した雲物理スキームを導入し、その効果を評価する。

(c) 気候と化学物質の相互作用の高度化

- ・全球大気モデルにエアロゾルモデルと大気化学モデルを結合し、気候再現性を評価する。

(副課題2) マルチスケールに対応した海洋予測技術の開発に関する研究

(a) 海洋モデルのプロセス改良

- ・海面境界過程におけるサブグリッドスケールのパラメタリゼーションの改良を行う。
- ・観測データを基に海水モデルの最適なパラメータを決定する。

(b) 次世代の海洋予測技術の開発

- ・高分解能大気海洋結合モデルを構築する。

(c) 海洋変動機構の解明

- ・前中期計画で開発した多段階ネストモデルを用いて、気候変動に関わる海面水位等の変動プロセスを明らかにする。

(d) 海洋モデルの開発基盤の整備

- ・高精度時間積分スキームを導入し、海洋モデルの高速化を図る。

(副課題3) 次世代海洋データ同化・大気海洋結合データ同化に関する研究

(a) 既存海洋データ同化システムの精度評価等

- ・本庁と協力して、前研究で開発した海洋データ同化システムの精度評価や改良等を行い、運用を開始する。

(b) 新たな海洋同化手法の開発

- ・SST 直接同化や海流の同化手法を開発し、検証作業を行い、さらなる改良を進める。

(c) 大気海洋結合同化システムの改良

- ・現結合同化システムによる初期値を作成し、インパクト評価を行い、結果を踏まえてシステムの改良方針を明らかにする。

(d) 海洋観測のインパクト評価と最適化

- ・海洋観測の同化インパクト等について評価を行い、重要観測地点等の特定を進める。

(副課題4) 全球数値予報モデル、季節予測システムに関する研究

(a) 次期季節予測システムの運用開始(令和3年度予定)に向けた開発・精度評価

- ・次期季節予測システムの再予報実験とその評価を含む、運用開始の準備を完了する。

(b) 将来の季節予測システムに向けた開発・フィジビリティ研究

- ・高解像度化の影響を調べる実験を行い、その結果を解析する。
- ・現行の季節予測システムを用いて、結合系のアンサンブル手法の開発と、季節内予測への適用可能性の検証を行う。

(c) 海洋観測システムの季節予報への影響に関する研究

- ・観測システムの影響評価のための季節予報実験に着手する。

(副課題5) 化学輸送モデル、大気微量成分同化に関する研究

(a) 化学輸送モデルに関する研究

- ・M1 課題と連携して全球エアロゾル、オゾンモデル諸過程の改良を行う。
- ・大気化学統合モデルの開発を進める。
- ・領域化学輸送モデルの高解像度化を進めると共に、asuca 対応を行う。
- ・ライダー観測を継続し、モデルとの比較検証を行う。
- ・各種地上観測データ(分光日射、分光放射計等)を用いて検証を行いつつ全球・領域化学輸送モデル諸過程の改良を進める。

(b) データ同化・応用技術に関する研究

- ・ひまわり 8 号エーロゾル光学的厚さ（組成別解析結果の導入など）のデータ同化システム（2D-Var）の改良（観測データの品質評価も含む）を進めつつ、他の衛星観測データ（GCOM-C、GOSAT-2 等）の導入に着手する。
- ・アンサンブルカルマンフィルタ（LETKF）を用いた全球・領域エーロゾルデータ同化手法の開発（気象場の同時解析、鉛直分布同化等）を進める。
- ・全球オゾンデータ同化システムの開発および高度化を行う。
- ・オゾン（長期再解析 JRA-3Q 用）、エーロゾル（JRAero）に関して再解析プロダクトを高度化する。
- ・観測データとの比較検証を行いつつ、CO₂ 逆解析に衛星観測データを導入する。
- ・衛星観測データより組成別光学的厚さを算出する手法を開発する。
- ・AI を用いたエーロゾルガイダンスの開発及び排出量逆推計等を進める。

4. 研究成果

(1) これまで得られた成果の概要

(全体)

「3. 研究の目標」の項目順で記述する。詳細は副課題 1～5 を参照して頂きたい。

A) 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つつ、モデル構築を行った。

- ・「地球システムモデル課題」（副課題 1）では、**二重フーリエ級数**を採用した全球大気モデルを開発し、**高速化**を図るとともに、**非静力学モデル**への拡張を進めた。また、大気モデルに**新しい物理スキームの導入**等を行い、気候と化学物質の相互作用を含む、次期地球システムモデル（MRI-ESM3）の開発を進めた。
- ・「海洋モデル課題」（副課題 2）では、海洋モデルに**高精度の時間積分スキーム**を導入し**高速化**を図るとともに、観測データを基に**海氷モデル**の最適なパラメータを決定し、**海氷速度の再現性向上**を実現した。また、短期予報への適用を視野に入れた**高分解能大気海洋結合モデル**や**大気波浪結合モデル**の開発を進めた。
- ・「海洋データ同化課題」（副課題 3）では、**衛星海面水温データの直接同化**など新たな海洋同化手法の開発を進めるとともに、現業システムに見られる**海氷分布の系統誤差の改良**を行った。また、大気海洋結合モデルの初期値作成に資する**大気海洋結合同化システム**の再現性評価や**次期季節予報システム（CPS3）**をベースとした**高度化**を進めた。
- ・「季節予測システム課題」（副課題 4）では、CPS3 の性能評価を進め、熱帯の渦活動や ENSO, MJO の再現性など全体として**性能の向上**が見られた。また、海洋高解像度化のインパクト、大気海洋結合同化の結合プロセス再現性への影響、アンサンブル構成の予測精度への影響といった**将来の季節予測システムの改善**につながる研究を行った。
- ・「化学輸送モデル課題」（副課題 5）では、**全球エーロゾル、オゾンモデル諸過程の改良**を行い、**CMIP6 実験**や関連する MIP（AerChemMIP, DAMIP など）に貢献した。また、エーロゾルから**雲微物理過程・大気放射過程**を通じた気象へのフィードバ

ック過程を導入し、モデルの検証をおこなうとともに、**領域化学輸送モデルの高解像度化を進めた**。また、AIを用いた**視程ガイダンスのプロトタイプを開発**するとともに、**気象場のダウンスケーリング手法の開発**を行った。

B) 地球システムの様々な時間・空間スケールの現象について、高精度の解析と予測を行った。

- ・「地球システムモデル課題」(副課題1)では、高解像度非静力学全球大気スペクトルモデルに低解像度の海洋モデルを結合した実験を実施し、**現実的な台風示度や降水分布を再現できる可能性が高い**ことを示した。またCMIP6実験の解析から、現行地球システムモデル(MRI-ESM2)は気候値とともにENSO、成層圏突然昇温等の**自然変動の再現性が向上**していることを示した。
- ・「海洋モデル課題」(副課題2)では、20世紀を通じた**日本沿岸の海面水位の長期変動**を調査し、気候変動に関わる**外洋の変動と沿岸捕捉波の重要性**を明らかにした。また、高分解能大気海洋結合モデル(大気10km、海洋10km)を用いた**10日予報**を実施し、**大気単体モデルに比べて、熱帯域を中心に大気場の予測精度が改善**することを示した。
- ・「海洋データ同化課題」(副課題3)では、日本沿岸海況監視予測システムを用いて、日本沿岸の海況特性の取りまとめや急潮の予測可能性を評価し、1971年と2011年に日本南岸で発生した**異常潮位の発生メカニズム**を明らかにした。また、**海洋観測データの同化に対するインパクト**について評価した。
- ・「季節予測システム課題」(副課題4)では、現行季節予測システム(CPS2)を用い、**異常天候のメカニズム解明や予測可能性に関する研究**を実施した。
- ・「化学輸送モデル課題」(副課題5)では、国際的な枠組みの中でMRI-ESM2を用いて**エアロゾル等の放射影響**を評価するとともに、**COVID-19に伴う気候影響**を迅速に評価した。

(副課題1) 気象・気候予測のための地球システムモデリングに関する研究

- ・大気、海洋、陸面(含む生態系)、化学、物質循環のそれぞれのモデルコンポーネントから構成される地球システムモデル(ESM)の開発を当課題で統括して進めていくために、各コンポーネントの開発グループからの代表者からなる組織を構成し、ESM開発計画の立案を行うとともに、ESM開発に関連した文書の管理、モニタ図作成ツールの整備、モデル管理や入出力の標準化などを当組織で行うようにした。また、陸面開発グループを新規に立ち上げ、今後、所外の研究グループとも連携しながら、陸面モデルや物質循環モデルの開発を実施していくことを決めた。また、ESM開発は、ESMを応用する課題との情報交換や共同作業が大切であるとして、ESMユーザ・開発者会合を定期的に開催し、双方の情報の交換を進めた。
- ・上記したESM開発体制の下で、次期バージョンとなるMRI-ESM3の開発を進めた。ここでのハイライトは、気象庁の現業モデルの大気モデルの開発と同調できるように、10年数年ぶりに本庁大気モデルを、陸面モデルを含めて導入すること、海洋の最新モデルと結合して大気との間のフラックス交換の整合性を高めること、そして化学と他コンポーネント間の相互作用の改良である。現在は、大気と海洋を結合し

た状態での大気モデル更新作業段階にあり、今後、化学コンポーネントとの結合や陸面の気候モデル化を進めていく。

(a) 高解像度地球システムモデルによる気象予測のフィジビリティ研究

- 空間解像度 10km 以下の全球大気モデルを実現するために、スペクトルモデルの計算効率を高める二重フーリエ級数によるスペクトル表現の開発、非静力学モデルへの拡張、そして格子モデルとスペクトルモデルを併用するハイブリッドモデルの開発を進めてきている。二重フーリエ級数と非静力学化の作業は完了しており、現在成果のとりまとめを行っている。二重フーリエ級数を採用した高解像度非静力学全球大気スペクトルモデル(解像度 3.9km)に低解像度の海洋モデルを結合した台風再現実験からは、現実的な台風示度や降水分布を再現できる可能性が高いことを確認している。

(b) 地球システムモデルの気候再現性の高精度化

- 中期計画の当初の 1、2 年目に、第 6 期国際結合モデル相互比較プロジェクト(CMIP6) 対応のために、MRI-ESM2 による計算の実施を行い、予定していた全ての計算(コア実験と 12 のサテライト実験)を完了して、CMIP6 の国際データ交換システム(ESGF)へ実験データを提出した。その傍らで、MRI-ESM2 に関連する記述論文を 4 編作成して、物理プロセスを改良したことによる大気と海洋のモデル気候値が改善されたことと、雲に関連した物理スキームや化学との相互作用過程についての丹念な検証・改良作業により劇的に雲や放射のバイアスが改善されたことを示した。また、国際共同研究の元で行われた CMIP6 成果とりまとめ論文の作成に関与し、つごう 30 編超の論文が公開された。これに加えて、地球システムモデルの気候再現性を高めるために、大気モデルに新しい物理スキームの導入と既存のスキームの改良を行ってきた。境界層スキームと浅い対流スキームには、MRI-ESM2 の独自開発となる Eddy-Diffusivity Mass-Flux (EDMF) を導入し、対流圏下層の温度や湿度のバイアスの低減を図る。初期実験の結果、EDMF の導入効果は大きいことがわかり、バイアス低減が期待される。また、EDMF 導入に伴う積雲スキームの改良や、気候モデルの温暖化強制外力に対する感度に敏感と考えられている雲物理スキームの改良、大気海洋間のフラックス交換の整合性を高めるための改良などに取り組んでいる。

(c) 気候と化学物質の相互作用の高度化

- モデル内で化学反応を陽に取り扱うことの需要は高まってきている。ここでは、長期的気候予測への影響に焦点を当てて化学モデルやエアロゾル輸送モデルの開発を行っている。CMIP6 で両者のモデルを同時に組み入れた最先端レベルの実験を行ったことや自らのモデルの結果を諸国の関係機関に認知させる努力が奏功し、多くの国際共同研究に参加し、モデルの検証を進めることができた。結果として、現在までに 48 編の関連論文が公開されている。成果の一部として、MRI-ESM2 で再現された対流圏オゾン量は CMIP6 参加モデル中では平均的水準にあり衛星観測などとの対応も良い、また、中国における日射量観測や東アジアの PM2.5 観測された季節変化との対応が良いことが分かった。本中期計画内に完成を目指す MRI-ESM3.1 では、大気モデルの格子と整合させた既存のエアロゾルモデルと化学モデルを結合することとして、作業を進めている。これと並行して、大気モデルとの相互作用を精緻に計

算するスキームを開発するために文献調査などを行い、化学モデルの更新準備を進めている。

(副課題 2) マルチスケールに対応した海洋予測技術の開発に関する研究

(a) 海洋モデルのプロセス改良

- ・海面境界過程におけるサブグリッドスケールのパラメタリゼーションの改良として、気象庁の全球大気モデル(GSAM)で使われている ECMWF 基準のバルク法に基づく海面フラックスを気象研究所共用海洋モデル(MRI.COM)に導入し、GSAM との結合の際のショックの低減を図った。
- ・観測データを基に海氷モデルの最適なパラメータを決定し、MRI.COM に導入した。

(b) 次世代の海洋予測技術の開発

- ・海洋の初期化や上記の海面フラックスを変更することで、結合時の初期ショックを抑えた高分解能大気海洋結合モデルを構築した。また、このモデルを用いて短期(～10日先)の予報実験を実施するとともに、予報結果における大気モデルや海洋モデルの水平解像度依存性などについて本庁数値予報課と協力して調査を進めている。
- ・大気波浪結合モデルのプロトタイプ(大気モデル:TL319L100、波浪モデル:MRI-III、解像度 0.5°)を開発し、動作確認・改良を進めるとともに、予備的な調査として結合インパクトを調べた。

(c) 海洋変動機構の解明

- ・前中期計画で開発した多段階ネストモデルを用いて、気候変動に関わる海面水位等の変動プロセスを明らかにするため、20世紀を通じた気候変動に関わる日本周辺の海面水位を調査し、外洋の風の場の変動と沿岸捕捉波の重要性を明らかにした。
- ・海洋モデルの国際比較実験(OMIP)の解析を通じて海洋モデルのバイアス等の特性を把握した。
- ・東経137度の水塊形成過程など海洋の変動メカニズムの解明を進めた。
- ・エネルギーフラックスの定式化(Aiki et al., 2017)に基づいたエネルギー収支診断ツールを用いて、1997-1998年と2005-2006年の大きなエルニーニョ発達のエネルギー循環を解明した。
- ・日本近海海洋データ同化システムの結果と現場観測を組み合わせて駿河湾の上層の循環に対する黒潮水分岐流の貫入の影響を調査した。
- ・日本周辺の海況(海水温、海面水位、海氷、海洋循環)の将来予測結果を解析した。その成果は、令和2年12月2日に「日本の気候変動2020」として公表された。

(d) 海洋モデルの開発基盤の整備

- ・海洋モデルの高速化を図るため、高精度時間積分スキームである、3次のleapfrog+Adams-Moulton(LFAM3)スキームをMRI.COMに導入した。その結果、約3割の高速化を達成するとともに、水や熱の保存性や、時間積分精度を向上させた。
- ・GitHubを用いて部外利用者の要望等を海洋モデル開発に反映させた。湾モデルの構築を容易にする「湾モデル構築パッケージ」を作成した。

(副課題3) 次世代海洋データ同化・大気海洋結合データ同化に関する研究

(a) 既存海洋データ同化システムの精度評価等

- ・開発した日本沿岸海況監視予測システムの現業化に向けた検証をすすめ、システムの特性を取りまとめて技術報告で発表した。現業システムの仕様の詳細を確定するために、設定ファイルの整備や追加実験による支援を行いつつ、令和2年に同システムは正規運用を開始した。精度評価の中で明らかになった、海氷分布の系統誤差についてその要因を解析し、改善策の検討や改良等を進めた。同改良の一部は今年度現業モデルに反映予定である。また、精度評価に関連して、黒潮の大蛇行、急潮および異常潮位のメカニズムや予測可能性等について調査を行っている。
- ・次期季節予報システム用四次元変分法全球海洋データ同化システム (MOVE-G3) について性能評価を継続的に進め、海氷再現性の向上等のための改良や現業化に向けた支援を行った。また、本システムで導入した各種改良に関するインパクトの調査を実施し、特に四次元変分法については、従来 of 三次元変分法とくらべ、海面水温の解析値と観測値の間のバイアスや RMSE を低減していることを確認した。また、海氷同化により、海氷周辺の広い範囲で水温場の改善が見られることも確認した。また、次々期季節予報システムに向けて、解像度 1/4 度の四次元変分法による全球海洋データ同化システムの開発を開始した。

(b) 新たな海洋同化手法

- ・衛星海面水温 (SST) データの直接同化、海洋レーダの流速同化に向けた予備調査を行った。同調査結果等を踏まえて、SST 直接同化を優先することとし、基礎的な調査から進めた。漂流ブイデータを用いて、現行の北太平洋 4 次元変分法海洋データ同化システムによる SST 場の精度検証を行い、気象庁全球日別 SST 解析 (MGDSST) よりも高精度に解析されていることを確認した。また、SST を独立変数とした新たな解析スキームの開発に着手した。
- ・M2 課題で開発された新しい時間積分スキーム (LFAM3) を用いた海洋モデルについて、対応したアジョイントコードの開発に着手した。開発したコードは今後の海況監視予測用、及び、季節予報用の四次元変分法をベースとした海洋データ同化システムの開発に利用する予定である。

(c) 大気海洋結合同化システムの改良

- ・大気海洋結合同化システムの高度化に向けて、開発したシステム (MRI-CDA1) のインパクト評価を行い、結果を取りまとめた。大気海洋結合予測に向け、アンサンブル初期値の作成手法を開発した。また、上記の評価を踏まえ、大気海洋結合同化システムに、四次元変分法全球海洋データ同化システム (MOVE-G3) を含む次期季節予報システム (CPS3) を組み込む作業を行っている。さらに、CPS3 をベースとした新たな大気海洋結合同化システム (MRI-CDA2) の開発を実施した。

(d) 海洋観測のインパクト評価と最適化

- ・海洋観測データの予測に対するインパクトについて、国内外の研究成果や課題をとりまとめた。新たに打ち上げが予定されている面的海面高度衛星の観測システムシミュレーション実験を実施し、改善のインパクトを確認した。

(副課題 4) 全球数値予報モデル、季節予測システムに関する研究

(a) 次期季節予測システムの運用開始(令和 3 年度予定)に向けた開発・精度評価

- ・前研究課題から引き続き、次期季節予測システム JMA/MRI-CPS3(以後 CPS3)の開発を進め、大規模な再予報実験を実施し、その結果を用いて性能評価を行った。現行システム(CPS2)と比較して、全体的な予測精度の向上が確認されたため、令和 3 年度中の現業化に向けて作業を進めている。
- ・主な仕様の変更は大気・海洋の高解像度化(大気 TL319L100, 海洋水平 0.25 度鉛直 60 層)、全球大気モデル GSM2003 の採用と季節予測に適合させるための改善、海洋モデル MRI.COMv4.6 の採用、大気初期値の改善(JRA-3Q)、海洋初期値の改善(渦なしモデルによる 4DVAR の解析結果を渦許容モデルに IAU で反映する新たな手法を開発)、アンサンブル手法の改良(4DVAR における海洋解析誤差の情報を利用した摂動の作成)である。
- ・これらの変更により、熱帯の渦活動や ENSO、MJO の再現性などに、性能の向上が見られ、基本的な予測指標の検証において、全体として次期システムでは現行システムに比べて改善が確認された。
- ・いくつかの感度実験を行なって、仕様変更のどの部分がどのように改善に寄与しているのかを調査している。

(b) 将来の季節予測システムに向けた開発・フィジビリティ研究

- ・ネスティングにより熱帯海洋を高解像度化した地球システムモデルを用いて簡易同化実験・季節予測実験を実施し、ネスティングしないモデルと比較した。熱帯の高解像度化によって熱帯不安定波動(TIW)が解像されるようになった結果、ENSO の非対称性の再現が改善し、double-ITCZ バイアスが軽減するなど、大気循環場の再現性も向上した。
- ・CPS3 よりもさらに高解像度化(大気 TL479L128, 海洋水平 0.1 度鉛直 60 層)した大気海洋結合モデルを作成し、M2 課題で行った海洋モデルの高速化を反映して、次々期以降の季節予測システムの仕様検討に役立てられるようにした。
- ・前課題で実施した結合同化システム(MRI-CDA1)の短期再解析実験を用いて、大気海洋結合プロセスの再現性を評価した(Kobayashi et al. 2021)。結合同化では大気単体同化に比べて、季節内スケールの SST-降水量のラグ相関がより現実的に再現されており、これは降水のタイミングではなく、SST の時間変動が結合同化システムでは整合的に修正されるためであることが分かった。また、TIW およびそれに対する大気の応答の再現性についても、結合同化の方がより現実的であることを確認した(Fujii et al., 2021)
- ・M3 課題での新しい結合同化システム(MRI-CDA2)の開発において、CPS3 に対応する純粋結合版(大気物理過程を調整していない)の大気海洋結合モデルの実行環境を整備するなどの協力を行った。
- ・現行季節予測システム(CPS2)の大規模アンサンブル再予報実験で夏季アジアモンスーンおよびそれに関連する熱帯低気圧の活動を 1 年前から予測できること、またこうしたリードタイムの長い予測の精度を適切に評価するためにはアンサンブルサイズをある程度大きくする必要があることを示した(Takaya et al., 2021)

- 季節内予測におけるラグアンサンブルの有効性を調べる研究を ECMWF の研究者と共同で行った (Vitart and Takaya, 2021)。ECMWF の季節内予測モデルを用いて同一の初期日から全てのメンバを走らせる (バースト) のと、1 日ずつずらした何日かの初期日からメンバを分散して走らせる (ラグアンサンブル) のとを比較して、予測精度への影響を調べた。ラグアンサンブルは熱帯で特に有効で、2 日の初期値ウィンドウの場合は 1 週目からバーストを上回り、リードタイムが長いほど最適な初期値ウィンドウは長くなる。モンテカルロ手法による理想化したシミュレーションでもラグアンサンブルの利点を評価した。この結果も ECMWF モデルと整合的であり、ラグアンサンブルの利点を調べるのに、計算資源を要さない代用法となりうることが示された。今後の季節予測システムのアンサンブル構成の検討に資する研究成果である。
- 高山域の陸面温度のインパクトを調べる「季節内から季節予測に対する陸面温度と積雪の初期化のインパクトプロジェクト (LS4P)」に高谷主任研究官が参加している。チベット高原の遠隔影響に焦点を当てたこのプロジェクトの初期フェーズで、気象庁の CPS2 を含むマルチモデルアンサンブルと観測の解析から、チベット高原は、長江域の降水のみならず、広い地域の夏季降水に影響があることなどが分かった (Xue et al. 2021)。今後のモデル開発における陸面の初期化の重要性を示唆する結果である。
- オゾン (化学) の取り扱いを変えた (オゾンを経気場と相互作用させて予測する、気候値または気候値 + 実況偏差を与える) 全球モデルでアンサンブルハインドキャスト実験を行ない、成層圏突然昇温後に生じた大規模なオゾン分布の偏差が、季節内 ~ 季節スケールで対流圏中高緯度の循環に影響を及ぼすことが分かり、成層圏オゾンが季節予測可能性のソースとなり得ることが示唆された。将来の季節予測システムへの成層圏オゾン過程導入の有効性を調べるため、地球システムモデルを用いた線形オゾンパラメタリゼーションの開発計画を検討し、本庁に情報共有を行なった。
- 現行季節予測システム (CPS2) を用いた異常天候のメカニズム解明や予測可能性に関する以下の現象を対象とする研究を行った (C 課題と連携)。これらは季節予測システムの予測性能を示すものでもあり、今後のモデル開発や業務利用の検討に資するものである。
 - 2018 年夏の北西太平洋の台風活発 (Takaya et al. 2019)
 - 2018 年夏の北半球高温 (Kobayashi and Ishikawa 2019)
 - 2010 年夏の顕著な高温に及ぼす北大西洋熱帯域の影響 (Takaya et al. 2021)
 - 2020 年梅雨期の多雨に及ぼすインド洋の変動の影響 (Takaya et al. 2020)
- (c) 海洋観測システムの季節予報への影響に関する研究
- 海洋観測の季節予報へのインパクトを評価する実験を現行季節予測システム (CPS2) を用いて実施し、結果をマルチモデル比較のために共同研究者に提供した。ECMWF の予測システムによる同様の実験と併せて解析を行っており、海洋観測データが MJO の予測の改善などに対して正のインパクトを持つことなどがわかった (Subramanian et al. 2020)。
- CPS3 に導入した海洋密接度の同化が予測に及ぼすインパクトを、比較実験を行なっ

て調査している。

(副課題 5) 化学輸送モデル、大気微量成分同化に関する研究

(a) 化学輸送モデルに関する研究

- ・副課題 1 と連携して全球エアロゾル、オゾンモデル諸過程の改良を行い、CMIP6 実験や関連する MIP (AerChemMIP, DAMIP など) 等に貢献するとともに、エアロゾルやオゾン等の気候影響を評価した。これらの成果は、IPCC AR6 WG1 SPM に記載された。
- ・次期地球システムモデルに導入するため大気化学統合モデルの開発を進めた。
- ・領域化学輸送モデルの高解像度化を進めると共に、asuca 対応を行い、本庁の大気汚染気象業務において業務化された。
- ・ライダー観測を継続し、地球システムモデルとの比較検証を行った。
- ・各種地上観測データ等を用いて検証を行いつつ全球・領域化学輸送モデル諸過程の改良を進めた。
- ・地球システムモデルを用いて北極気候の影響評価を行うとともに、北極評議会/北極圏監視評価プログラム作業部会 (AMAP) /短寿命気候強制力因子 (SLCFs) の評価報告書の共同執筆に貢献した。
- ・地球システムモデルを用いて、COVID-19 に伴う気候影響を国際的な枠組みで迅速に評価した。この成果は、IPCC AR6 WG1 SPM に記載された。
- ・エアロゾルから雲微物理過程・大気放射過程を通じた気象へのフィードバック過程を実装し、大気汚染が深刻なインド北西部においてモデルの検証を行った。

(b) データ同化・応用技術に関する研究

- ・ひまわり 8 号エアロゾル光学的厚さのデータ同化システム (2D-Var) の改良 (観測データの品質評価も含む) を進め、本庁の黄砂情報提供業務にて業務化された。また、GCOM-C から得られる光学的厚さのデータ同化手法を開発し、当所において試験運用中である。
- ・アンサンブルカルマンフィルタ (LETKF) を用いた全球・領域エアロゾルデータ同化手法の開発 (気象場の同時解析、鉛直分布同化等) を進めた。
- ・全球オゾンデータ同化システム (2D-Var) の開発を進めた。
- ・オゾンに関しては長期再解析 JRA-3Q 用オゾン解析システムを本庁と共同で開発すると共に衛星観測データの品質管理を行い、本庁にてオゾン解析値を作成した。エアロゾル (JRAero) に関して再解析プロダクトの期間延長を行った。
- ・観測データとの比較検証を行いつつ、CO₂ 逆解析に衛星観測データを導入するシステムを構築し、本庁に移植支援を行った。
- ・衛星観測データより組成別光学的厚さを算出する手法の開発に取り組んでいる。
- ・AI を用いた視程ガイダンスのプロトタイプを開発する共に、気象場のダウンスケーリング手法の開発を行った。また、BC 逆推計手法の開発を実施中である。

(2) 当初計画からの変更点 (研究手法の変更点等)

(副課題 1) 気象・気候予測のための地球システムモデリングに関する研究

今回のモデル開発では、大気モデルを入れ替えることに多くの手間や困難が見込ま

れるために、開発計画を再検討し、大気モデルの更新を主として行い、この変更に必要な他のコンポーネントの変更を行うのみとして、本中期計画内に MRI-ESM2 相当のパフォーマンスを持つ MRI-ESM3 (MRI-ESM3.1) を完成することを目標とした。

(副課題 2) マルチスケールに対応した海洋予測技術の開発に関する研究

変更なし。

(副課題 3) 次世代海洋データ同化・大気海洋結合データ同化に関する研究

変更なし。

(副課題 4) 全球数値予報モデル、季節予測システムに関する研究

変更なし。

(副課題 5) 化学輸送モデル、大気微量成分同化に関する研究

変更なし。

(3) 成果の他の研究への波及状況

(副課題 1) 気象・気候予測のための地球システムモデリングに関する研究

MRI-ESM2 ではモデル気候値の改善が著しいことから、十年規模気候予測システムや文科省「統合的気候モデル高度化研究プログラム」の「統合的気候変動予測」課題で開発する温暖化予測システムの基盤モデルとして MRI-ESM2 が採用された。また、定期開催の地球システムモデル利用者・開発者会合では、MRI-ESM の応用や活用促進の検討を行ってきている。

(副課題 2) マルチスケールに対応した海洋予測技術の開発に関する研究

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、のべ 20 件の貸与実績がある。また、文科省「統合的気候モデル高度化研究プログラム」や科研費などの外部資金における研究、海洋研究開発機構や北大等との共同研究においても広く使われている。また、全球海洋モデル (GONDOLA_100) の結果は、海洋モデルの国際比較研究 (OMIP) で活用されている。

(副課題 3) 次世代海洋データ同化・大気海洋結合データ同化に関する研究

日本沿岸海況予測システムで作成したデータは、水産関係の研究機関や大学における研究で利用されており、これまでに 20 件の提供実績がある。

前中期計画より継続して開発中の 4 次元変分法全球海洋データ同化システムおよび本研究計画で開発したアンサンブル初期値の作成手法は、次期季節予報システム (CPS3) の予測性能向上することが確認され、今年度 (R4 年 2 月) に業務運用する準備を進めている。

海洋解析・予測システムや海洋観測値に関する評価に関しては、国際研究プロジェクト OceanPredict の観測システム評価タスクチームの活動、及び、今年から始まった国連海洋科学 10 年の枠組みにおける、研究プロジェクト” Synergistic Observation Network for Relevant and Impactful Ocean Predictions” (SynObs) の一環としても進められる。

(副課題 4) 全球数値予報モデル、季節予測システムに関する研究

新しい季節予測システム (CPS3) が今年度中に現業化される予定で、季節予報の

精度向上につながることを期待される。CPS3 は各コンポーネント(大気モデル、海洋・海氷モデル、海洋・海氷同化など)の開発者と協力して開発を進めてきており、CPS3 の開発成果がこれらコンポーネントの改善としてフィードバックされている。

(副課題5) 化学輸送モデル、大気微量成分同化に関する研究

本課題で改良した地球システムモデルを推進費研究(黄砂、BC)や科研費(BC、CO₂、黄砂、オゾン)、地球一括(光吸収性エアロゾル)、ArCS II等に活用している。

本課題で改良した領域化学輸送モデルを推進費(酸化能)、科研費、放調費等で活用している。

本課題で開発したエアロゾルデータ同化システムを JAXA 公募研究に活用している。

本課題で開発した衛星 CO₂ 逆解析システムを GOSAT 研究公募課題に活用している。

本課題で開発した深層学習手法を科研費研究(AI ダウンスケーリング)に活用している。

(4) 事前評価の結果の研究への反映状況

事前評価時にいただいた「地球システムモデルの開発としてみた場合には、海氷及び陸面水文過程、エアロゾル・雲・降水・微物理のモデル開発が弱いという印象を受ける」というご意見を反映し、以下の対応を行った。海氷過程については、海氷パラメータの再設定を行ったほか、海氷内の塩分濃度を可変にするなど、海氷モデルの再現性向上に向けた取り組みを進めた。また、初期値となる海氷解析手法についても、現行の問題点の特定や改良に注力している。海氷過程については季節予測においても重要な要素であることから、海洋・海氷モデル、海洋・海氷同化、地球システムモデルの開発成果を活かしつつ、海氷過程の再現性はもちろんのこと、現業予測システムでは特に重要な計算安定性を考慮しながら、他の開発者と協力して開発を進めた。陸面水文過程については、陸面モデル開発チームを新設した。陸面水文過程に関するスキーム開発のために、所外の関係機関との連携をとりつつ、本格的な氷床モデルの導入なども含めた陸面モデル開発に取り組んでいる。また、気候モデルで重要な 雲・降水・微物理過程 のスキーム開発を進めるために、物理と化学モデルの連携を強めている。

「化学輸送モデルとエアロゾルモデルのためのデータ作りや領域スケールの事例解析は P 課題と D 課題との連携が重要」との指摘に対して、これらの課題から M5 課題に研究担当者に入っていただくなど連携を強化している。

「本研究において、P 課題との重複を恐れず、異なる視点でモデルの評価を行っていくことを望みたい」との指摘に対して、M 課題は全球～領域スケールで、P 課題はより細かいスケールでモデルの評価を行いつつ知見等の交換を進めている。

「化学輸送モデル、大気微量成分同化に関する研究(M5)と気候・地球環境度変動の要因解明と予測に関する研究(C 課題)は、有機的に知見やデータを交換して研究を進めるべき」というご意見については、複数の研究者が両方の課題に参画するなど、知見やデータの交換を進めている。

5. 今後の研究の進め方

(全体)

課題全体として概ね計画通り順調に進捗していることから、今後も計画通り研究を推進する。

(副課題1) 気象・気候予測のための地球システムモデリングに関する研究

- 各コンポーネント開発グループはMRI-ESM3.1の完成に向けて優先的に取り組み、最終年度には、成果の取りまとめとしてモデル記述論文または技術報告の作成を行う。並行して、各コンポーネントの新しい力学フレームや物理スキームの開発を進める。

(副課題2) マルチスケールに対応した海洋予測技術の開発に関する研究

- 大気海洋結合モデル実験における大気場への海洋結合の影響評価の解析を進めるとともに、短期予報へ適用の可能性をさらに調べていく。
- 温暖化予測の精度を高めるために、長期間積分する場合に海洋内部のバイアスが小さいとされる、新しい鉛直座標の導入も視野に入れたモデル開発を続ける。
- 特に海氷部分においてプログラムの抜本的見直しをはかり、安定で堅牢な海氷モデルの作成をおこなう。さらに現状では一定値である海氷中の塩分濃度を可変にすることで、よりよい再現性を目指す。
- 海面水位変動への解析は、感度実験などを引き続き行う。

(副課題3) 次世代海洋データ同化・大気海洋結合データ同化に関する研究

- 基本的な計画は変えないが、台風解析・予測等気象予測の精度向上に、詳細な海面水温情報が求められており、今後は特に海面水温の再現性の向上に力を入れていく。
- 既存システムの評価等は基本的に終了し、次世代システムに向け、SST直接同化手法、海氷同化手法の改良等の開発を進める。
- 次期季節予報システムに向けた結合同化システムの高度化を進める。
- 同化システム開発に加え、顕著な現象のメカニズム調査・解明、観測インパクト評価等を行う

(副課題4) 全球数値予報モデル、季節予測システムに関する研究

- 次期季節予測システムCPS3の開発は概ね完了し、現業化の準備を進めているところであり、今後は追加の感度実験を通じて、モデルの高解像度化や初期値作成の改良がどのように予測精度に影響したかなどを調べて、開発の過程で得られた知見も含め、取りまとめる。
- 次々期季節予測システム(CPS4)の開発に着手する。業務的な制約や要請を考慮して仕様の検討を行い、開発を進める。
- 将来の季節予測システムの開発に資する研究を実施する。さらなるモデル高解像度化のインパクト、結合同化による結合プロセスの再現性向上の効果、アンサンブル手法の改善、線形オゾンパラメタリゼーションの導入など。

(副課題5) 化学輸送モデル、大気微量成分同化に関する研究

- 引き続き、所内関係部門、所外研究機関等との連携を強化しつつ研究を発展させていく。大気微量成分(エアロゾル、オゾン、二酸化炭素)の数値予報への導入も積極的に取り組んでいく。

6. 自己点検

(1) 到達目標に対する進捗度

(副課題1) 気象・気候予測のための地球システムモデリングに関する研究

地球システムモデルの開発を、モデル利用者との連携を強めて進めていく体制の下で実施してきており、モデルを台風の発生や強度予測への応用できる研究環境ができつつある。大気と海洋のモデルは、共に 10km 以下の高解像度化を実現できる状況にあり、高解像度の地球システムモデルを活用した気象・気候予測の試みが可能となった。また、積雲対流過程、境界層過程、雲物理過程など各種物理過程や物質循環過程を高度化していくための開発体制が整備され、全球規模の気候変動予測の高精度化や、台風や梅雨など地域規模の現象の高精度な再現と変動予測の実現に向けた開発を進めている。以上のことから、**計画どおりの進捗が得られている**と考える。

(副課題2) マルチスケールに対応した海洋予測技術の開発に関する研究

時間積分スキームの変更も含めた海洋モデルの大幅な高度化、及びそれを利用した大気海洋結合実験や解析等が進んでいる。**概ね計画通り進捗している**。

(副課題3) 次世代海洋データ同化・大気海洋結合データ同化に関する研究

本庁システムの現業化に関連した対応等、緊急を要する調査や改良が求められたため、若干当初の計画と異なるところもあったが、令和2年に日本沿岸海況予測システムを現業化、令和3年度に次期季節予報システム(CPS3)の現業化を予定し、衛星のSST直接同化等の開発を進めており、**概ね計画通りに開発が進められている**と考える。

(副課題4) 全球数値予報モデル、季節予測システムに関する研究

次期季節予測システムの開発は概ね完了し、計画通り令和3年度中に現業化できる見込みである。**全体として進捗は順調**である。

(副課題5) 化学輸送モデル、大気微量成分同化に関する研究

当初の目的を達成することができた。テーマによっては**想定以上の成果を挙げる**ことができた(AIを用いたダウンスケーリング等)。

(2) 到達目標の設定の妥当性

「(1) 到達目標に対する進捗度」で示したように、ほとんどの副課題の項目で中間評価時の目標にほぼ到達しており、**研究計画時に設定した到達目標は妥当**と考えている。

(3) 研究の効率性(実施体制、研究手法等)について

気象研究所が所有する研究施設や観測測器(大型計算機、電子顕微鏡等)を活用して研究を行うことにより、**効率的に研究開発を進める**ことができています。また、副課題1と5の間での「気候と化学物質の相互作用の高度化」、副課題2と3の間での「次期海況監視予測システムの共同開発」、副課題3と4の間での「大気海洋結合同化システムに関する知見の共有」、副課題1と2と4の間での「高分解能大気海洋結合モ

デルの共同開発や知見の共有」など、副課題間の連携が適切に行われている。他の課題との連携については、P 課題、C 課題、D 課題と知見の共有や研究分担者としての参画を進めてきたほか、新規システムの開発等では情報基盤部数値予報課など本庁関係部署とも適時の情報交換を行い、連携を強化してきた。また、文科省の「統合的気候モデル高度化研究プログラム」や環境研究総合推進費、科研費など外部資金の活用や他機関との協力により遂行している。以上から、研究効率性（実施体制、研究手法等）は妥当と考えている。

（４）成果の施策への活用・学術的意義

本研究で開発された地球システムモデルをはじめとする各モデルは、集中豪雨・台風等の災害をもたらす顕著な現象の今後の激甚化の可能性予測、地球温暖化の進行を背景として大気や海洋の長期変化の予測、温室効果ガスや汚染物質の排出増加にともなう地球環境の監視・予測ができることから、「気候変動適応」の法制化に対応する高精度の温暖化予測と気候変動が全球から地域までのそれぞれにもたらす影響の評価に大きく資する。海洋モデルや海洋データ同化システムの研究を進めることは、海洋を巡る総合的な安全保障上の情勢を踏まえ、日本周辺海域の監視・予測能力の向上に資するとともに、「第三期海洋基本計画」が推進する海洋状況把握（MDA）の強化に大きく資する。また、本課題で得られた日本周辺の海況の将来予測に関する知見は、国土交通省の「気候変動を踏まえた海岸保全のあり方検討委員会」において、気候変動に伴う海面上昇量を検討する際に活用された。大気微量成分に関する監視・予測情報の高度化は、運輸、産業、エネルギー、社会、疫学等の場面においてスマート社会の実現に貢献することができる。

また、大気、海洋、波浪、陸面、雪氷、大気微量成分等の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精緻に扱うモデル開発を進めることは、それ自体が最先端の研究テーマでもあり学術的な意義も大きい。本課題の学術的意義は、査読付き論文（共著含む）165 本、査読なし論文や解説 15 本、口頭発表 166 件、ポスター発表 58 件という成果発表の数にも表れている。

（５）総合評価

本研究課題が掲げる目標が達成されれば、気候変動適応に資する高精度の温暖化予測情報や地球環境の監視・予測の高度化など、社会が必要とする情報の作成に 대응することができる。季節予報、海況予報、黄砂情報など気象庁が発表する予測情報が改善されることにより、国民の社会経済活動における生産性向上へ貢献する。また、階層的な「地球システムモデル」の開発を通じて、次世代の現業数値予報モデルの仕様に係る指針を得ることができる。いずれの研究も日本における気象学や海洋学の進展に貢献するものである。したがって、本研究に継続して取り組む意義は高い。加えて、多数の論文発表等に見られる通り、学術的にも価値の高い成果が数多く得られており、その点においても本研究課題を着実に進める必要がある。

7. 参考資料

7.1 研究成果リスト

(1) 査読論文：165 件

1. Abalos, M., Calvo, N., Benito-Barca, S., Garny, H., Hardiman, S. C., Lin, P., Andrews, M. B., Butchart, N., Garcia, R., Orbe, C., Saint-Martin, D., Watanabe, S., and Yoshida, K., 2021: The Brewer-Dobson circulation in CMIP6. *Atmospheric Chemistry and Physics*. (in press)
2. Kajino, M., M. Deushi, T. T. Sekiyama, N. Oshima, K. Yumimoto, T. Y. Tanaka, J. Ching, A. Hashimoto, T. Yamamoto, M. Ikegami, A. Kamada, M. Miyashita, Y. Inomata, S. Shima, P. Khatri, A. Shimizu, H. Irie, K. Adachi, Y. Zaizen, Y. Igarashi, H. Ueda, T. Mak, 2021: Comparison of three aerosol representations of NHM-Chem (v1.0) for the simulations of air quality and climate-relevant variables. *Geoscientific Model Development*, 14, 2235–2264.
3. Kusano, K., K. Yoshida, et al., 2021: PSTEP: project for solar-terrestrial environment prediction. *Earth, Planets and Space*, 73:159.
4. Yoshida, K. and R. Mizuta, 2021: Do sudden stratospheric warmings boost convective activity in the tropics?. *Geophysical Research Letters*, 48. (in press)
5. Vitart, F. and Y. Takaya, 2021: Lagged Ensembles in sub-seasonal predictions. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*. (in press)
6. Kawai, H., T. Koshiro, and S. Yukimoto, 2021: Relationship between shortwave radiation bias over the Southern Ocean and the double-intertropical convergence zone problem in MRI-ESM2. *Atmospheric Science Letters*. (in press)
7. Itahashi, S., B. Ge, K. Sato, Z. Wang, J. Kurokawa, T. Jiani, J. S. Fu, X. Wang, K. Yamaji, T. Nagashima, J. Li, M. Kajino, G. R. Carmichael, and Z. Wang, 2021: Insights into seasonal variation of wet deposition over Southeast Asia via precipitation adjustment from the findings of MICS-Asia III. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 21, 8709–8734.
8. Toyoda, T., N. Kimura, L. S. Urakawa, H. Tsujino, H. Nakano, K. Sakamoto, G. Yamanaka, K. K. Komatsu, Y. Matsumura, and Y. Kawaguchi, 2021: Improved representation of Arctic sea-ice velocity field in ocean-sea ice models based on satellite observations. *Climate Dynamics*.
9. Xue, Y. et al., 2021: Impact of Initialized Land Surface Temperature and Snowpack on Subseasonal to Seasonal Prediction Project, Phase I (LS4P-I): Organization and Experimental design. *Geoscientific Model Development*. (in press)

10. Parrish, D. D., Derwent, R. G., Turnock, S. T., O' Connor, F. M., Staehelin, J., Bauer, S. E., Deushi, M., Oshima, N., Tsigaridis, K., Wu, T., and Zhang, J., 2021: Investigations on the Anthropogenic Reversal of the Natural Ozone Gradient between Northern and Southern Mid-latitudes. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 21, 9669–9679.
11. Usui, N., K. Ogawa, K. Sakamoto, H. Tsujino, G. Yamanaka, T. Kuragano, and M. Kamachi, 2021: Unusually high sea level at the south coast of Japan in September 2011 induced by the Kuroshio. *Journal of Oceanography*, 77, 447–461.
12. Yamanaka, G., H. Nakano, K. Sakamoto, T. Toyoda, S. Urakawa, S. Nishikawa, T. Wakamatsu, H. Tsujino, and Y. Ishikawa, 2021: Projected climate change in the western North Pacific at the end of the 21st century from ensemble simulations with a high-resolution regional ocean model. *Journal of Oceanography*, 77, 539–560.
13. Misra, P., M. Takigawa, P. Khatri, S. K. Dhaka, A. P. Dimri, K. Yamaji, M. Kajino, W. Takeuchi, R. Imasu, P. K. Patra, and S. Hayashida, 2021: Nitrogen oxides concentration and emission change detection during COVID-19 restrictions in North India. *Scientific Reports*, 11, 9800.
14. Mori, T., Y. Kondo, S. Ohata, K. Goto-Azuma, K. Fukuda, Y. Ogawa-Tsukagawa, N. Moteki, A. Yoshida, M. Koike, P. R. Sinha, N. Oshima, H. Matsui, Y. Tobo, M. Yabuki and W. Aas, 2021: Seasonal variation of wet deposition of black carbon at Ny-Ålesund, Svalbard. *Journal of Geophysical Research Atmosphere*, 126, e2020JD034110.
15. Anstey, J.A., H. Naoe, K. Yoshida, S. Yukimoto, et al., 2021: Teleconnections of the quasi-biennial oscillation in a multi-model ensemble of QBO-resolving models. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*. (in press)
16. Hattori, S., Y. Iizuka, B. Alexander, S. Ishino, K. Fujita, S. Zhai, T. Sherwen, N. Oshima, R. Uemura, A. Yamada, N. Suzuki, S. Matoba, A. Tsuruta, J. Savarino, N. Yoshida, 2021: Isotopic Evidence for Acidity-driven Enhancement of Sulfate Formation after SO₂ emission control. *Science Advances*, 7(19), eabd4610.
17. Toyoda, T., H. Nakano, H. Aiki, T. Ogata, Y. Fukutomi, Y. Kanno, L. S. Urakawa, K. Sakamoto, G. Yamanaka, and M. Nagura, 2021: Energy flow diagnosis of ENSO from an ocean reanalysis. *Journal of Climate*, 34, 4023–4042.
18. Kim, C.-H., F. Meng, M. Kajino, J. Lim, W. Tan, J.-J. Lee, Y. Kiriya, J.-H. Woo, K. Sato, T. Kitada, J. Kim, K. B. Lee, S. A. Roh, H.-Y. Jo, and Y.-J. Jo, 2021: Comparative numerical study of PM_{2.5} in exit-and-entrance areas associated with transboundary transport over China, Japan, and Korea.

- Atmosphere, 12, 469.
19. Kawamiya, M., Ishii, M., Mori, N., I. Takayabu, and Watanabe, M., 2021: Preface for "Projection and impact assessment of global change". Progress in Earth and Planetary Science, 8. (in press)
 20. Takaya, Y., Y. Kosaka, M. Watanabe, S. Maeda, 2021: Skilful predictions of the Asian summer monsoon one year ahead. Nature Communications, 12.
 21. Jones, C. D., J. E. Hickman, S. T. Rumbold, J. Walton, R. D. Lamboll, R. B. Skeie, S. Fiedler, P. M. Forster, J. Rogelj, M. Abe, M. Botzet, K. Calvin, C. Cassou, J. N. S. Cole, P. Davini, M. Deushi, M. Dix, J. C. Fyfe, N. P. Gillett, T. Ilyina, et al., 2021: The Climate Response to Emissions Reductions due to COVID - 19: Initial Results from CovidMIP. Geophysical Research Letters, 48.
 22. Maeda, S., K. Takemura, C. Kobayashi, 2021: Planetary wave modulations associated with the Eurasian teleconnection pattern. Journal of the Meteorological Society of Japan, 99. (in press)
 23. Kajino, M., H. Hagino, Y. Fujitani, T. Morikawa, T. Fukui, K. Onishi, T. Okuda, and Y. Igarashi, 2021: Simulation of the transition metal-based cumulative oxidative potential in East Asia and its emission sources in Japan. Scientific Reports, 11, 6550.
 24. Amino, T., Y. Iizuka, S. Matoba, R. Shimda, N. Oshima, T. Suzuki, T. Ando, T. Aoki, and K. Fujita, 2021: Increasing dust emission from ice free terrain in southeastern Greenland since 2000. Polar Science, 27.
 25. Koike, M., K. Goto-Azuma, Y. Kondo, H. Matsui, T. Mori, N. Moteki, S. Ohata, H. Okamoto, N. Oshima, K. Sato, T. Takano, Y. Tobo, J. Ukita, and A. Yoshida, 2021: Studies on Arctic aerosols and clouds during the ArCS project. Polar Science.
 26. Aizawa, T., M. Ishii, N. Oshima, S. Yukimoto, and H. Hasumi, 2021: Arctic warming and associated sea ice reduction in the early 20th century induced by natural forcings in MRI-ESM2.0 climate simulations and multi-model analyses. Geophysical Research Letters, 48.
 27. Tebaldi, C., and Coauthors, 2021: Climate model projections from the Scenario Model Intercomparison Project (ScenarioMIP) of CMIP6. Earth System Dynamics, 12, 253-293.
 28. DeLang et al., 2021: Mapping yearly fine resolution global surface ozone through the Bayesian Maximum Entropy data fusion of observations and model output for 1990-2017. Environmental Science & Technology.
 29. Derwent et al., 2021: Intercomparison of the representations of the atmospheric chemistry of pre-industrial methane and ozone in earth system and other global chemistry-transport models. Atmospheric Environment, 248, 118248.

30. Keeble et al., 2021: Evaluating stratospheric ozone and water vapor changes in CMIP6 models from 1850–2100. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 21, 5015–5061.
31. Garfinkel et al., 2021: Influence of ENSO on entry stratospheric water vapor in coupled chemistry–ocean CCM1 and CMIP6 models. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 21, 3725–3740.
32. Griffiths, P. T., L. T. Murray, G. Zeng, Y. M. Shin, N. L. Abraham, A. T. Archibald, M. Deushi, L. K. Emmons, I. Galbally, B. Hassler, L. W. Horowitz, J. Keeble, J. Liu, O. Moeini, V. Naik, F. M. O’ Connor, N. Oshima et al., 2021: Tropospheric ozone in CMIP6 Simulations. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 21, 4187–4218.
33. Takaya, Y., N. Saito, I. Ishikawa, S. Maeda, 2021: Two Tropical Routes for the Remote Influence of the Northern Tropical Atlantic on the Indo–western Pacific Summer Climate. *Journal of Climate*, 34, 1619–1634.
34. Allen, R. J., L. W. Horowitz, V. Naik, N. Oshima, F. M. O’ Connor, S. Turnock, S. Shim, P. Le Sager, T. van Noije, K. Tsigaridis, S. E. Bauer, L. T. Sentman, J. G. John, C. Broderick, M. Deushi, G. A. Folberth, S. Fujimori, and W. J. Collins, 2021: Significant climate benefits from near-term climate forcer mitigation in spite of aerosol reductions. *Environmental Research Letters*, 16, 034010.
35. Fujiwara, M., T. Sakai, T. Nagai, K. Shiraishi, Y. Inai, S. Khaykin, H. Xi, T. Shibata, M. Shiotani, and L. L. Pan, 2021: Lower-stratospheric aerosol measurements in eastward shedding vortices over Japan from the Asian summer monsoon anticyclone during the summer of 2018. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 21, 3073–3090.
36. Iizumi, T., Y. Takaya, W. Kim, T. Nakaegawa, S. Maeda, 2021: Global within-season yield anomaly prediction for major crops derived using seasonal forecasts of large-scale climate indices and regional temperature and precipitation. *Weather and Forecasting*, 36, 285–299.
37. Yoshida, M., K. Yumimoto, T. M. Nagao, T. Y. Tanaka, M. Kikuchi, and H. Murakami, 2021: Satellite retrieval of aerosol combined with assimilated forecast. *Atmospheric Chemistry and Physics*.
38. Keen, A., E. Blockley, D. Bailey, J. B. Debernard, M. Bushuk, S. Delhaye, D. Docquier, D. Feltham, F. Massonnet, S. O’ Farrell, L. Ponsoni, J. Rodriguez, D. Schroeder, N. Swart, T. Toyoda, H. Tsujino, M. Vancoppenolle, and K. Wyser, 2021: An inter-comparison of the mass budget of the Arctic sea-ice in CMIP6 models. *The Cryosphere*, 15, 951–982.
39. Kajino, M., K. Adachi, Y. Igarashi, Y. Satou, M. Sawada, T. T. Sekiyama, Y. Zaizen, A. Saya, H. Tsuruta, and Y. Moriguchi, 2021: Deposition and dispersion of radio-caesium released due to the Fukushima nuclear accident:

2. Sensitivity to aerosol microphysical properties of Cs-bearing microparticles (CsMP). *Journal of Geophysical Research Atmosphere*, 126, e2020jd033460.
40. Nishikawa, S., T. Wakamatsu, H. Ishizaki, K. Sakamoto, Y. Tanaka, H. Tsujino, G. Yamanaka, M. Kamachi and Y. Ishikawa, 2021: Development of high-resolution future ocean regional projection datasets for coastal applications in Japan. *Progress in Earth and Planetary Science*, 8, 7.
41. Fujii, Y., T. Ishibashi, T. Yasuda, Y. Takaya, C. Kobayashi, and I. Ishikawa, 2021: Improvements in tropical precipitation and sea surface air temperature fields in a coupled atmosphere-ocean data assimilation system. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 147, 1317–1343.
42. Gillett, N. P., M. Kirchmeier-Young, A. Ribes, H. Shiogama, G. Hegerl, R. Knutti, G. Gastineau, J. G. John, L. Li, L. Nazarenko, N. Rosenbloom, Ø. Seland, T. Wu, S. Yukimoto, and T. Ziehn, 2021: Constraining human contributions to observed warming since the pre-industrial period. *Nature Climate Change*.
43. Nakano, H., Y. Matsumura, H. Tsujino, S. Urakawa, K. Sakamoto, T. Toyoda, G. Yamanaka, 2021: Effects of eddies on the subduction and movement of water masses reaching the 137° E section using Lagrangian particles in an eddy-resolving OGCM. *Journal of Oceanography*, 77, 283–305.
44. Thornhill, G. D., W. J. Collins, R. J. Kramer, D. Olivie, R. B. Skeie, F. M. O'Connor, N. L. Abraham, R. Checa-Garcia, S. E. Bauer, M. Deushi, L. K. Emmons, P. M. Forster, L. W. Horowitz, B. Johnson, J. Keeble, J.-F. Lamarque, M. Michou, et al., 2021: Effective radiative forcing from emissions of reactive gases and aerosols - a multi-model comparison. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 21, 853–874.
45. Kobayashi, C., Y. Fujii, I. Ishikawa, 2021: Intraseasonal SST-Precipitation Relationship in a coupled reanalysis experiment using the MRI coupled atmosphere-ocean data assimilation system. *Climate Dynamics*.
46. Kinase, T., K. Adachi, T. T. Sekiyama, M. Kajino, Y. Zaizen, and Y. Igarashi, 2020: Temporal variations of ⁹⁰Sr and ¹³⁷Cs in atmospheric depositions after the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident with long-term observations. *Scientific Reports*, 10, 21627.
47. Moseid, K. O., M. Schulz, T. Storelvmo, I. R. Julsrud, D. Olivie, P. Nabat, M. Wild, J. N. S. Cole, T. Takemura, N. Oshima, S. E. Bauer, and G. Gastineau, 2020: Bias in CMIP6 models as compared to observed regional dimming and brightening. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 20, 16023–16040.
48. Kubota, T., H. Kuroda, M. Watanabe, A. Takahashi, R. Nakazato, M. Tarui, S. Matsumoto, K. Nakagawa, Y. Numata, T. Ouchi, H. Hosoi, M. Nakagawa, R.

- Shinohara, M. Kajino, K. Fukushima, Y. Igarashi, N. Imamura, G. Katata, 2020: Role of advection in atmospheric ammonia: A case study at a Japanese lake basin influenced by agricultural ammonia sources. *Atmospheric Environment*, 243, 117856.
49. Kosugi, N., N. Hirose, T. Toyoda, and M. Ishii, 2020: Rapid freshening of Japan Sea Intermediate Water in the 2010s. *Journal of Oceanography*, 76.
 50. Archibald et al., 2020: Tropospheric Ozone Assessment Report: A critical review of changes in the tropospheric ozone burden and budget from 1850 to 2100. *Elementa: Science of the Anthropocene*, 8, 1.
 51. Kawai, H., and S. Shige, 2020: Marine low clouds and their parameterization in climate models. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, 98, 1097–1127.
 52. Takaya, Y., I. Ishikawa, C. Kobayashi, H. Endo, and T. Ose, 2020: Enhanced Meiyu-Baiu Rainfall in Early Summer 2020: Aftermath of the 2019 Super IOD Event. *Geophysical Research Letters*.
 53. Qin, X., M. Yamaguchi, N. Usui, and N. Hirose, 2020: Environmental conditions determining the timing of the lifetime maximum intensity of tropical cyclones over the western North Pacific and their frequency of occurrence. *Advances in Atmospheric Sciences*. (submitted)
 54. Turnock, S. T., R. J. Allen, M. Andrews, S. E. Bauer, M. Deushi, L. Emmons, P. Good, L. Horowitz, J. G. John, M. Michou, P. Nabat, V. Naik, D. Neubauer, F. M. O’Connor, D. Olivié, N. Oshima, M. Schulz, A. Sellar, S. Shim, T. Takemura, S. Tilmes, et al., 2020: Historical and future changes in air pollutants from CMIP6 models. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 20, 14547–14579.
 55. Zhao, Y. H. et al., 2020: On the role of trend and variability of hydroxyl radical (OH) in the global methane budget. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 20, 13011–13022.
 56. Niwa, Y., and Y. Fujii, 2020: A conjugate BFGS method for accurate estimation of a posterior error covariance matrix in a linear inverse problem. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 146, 3118–3143.
 57. Stockdale, T. N., H. Naoe, K. Yoshida, S. Yukimoto et al., 2020: Prediction of the quasi - biennial oscillation with a multi - model ensemble of QBO - resolving models. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 1–22.
 58. Couldrey, MP, J. M. Gregory, S. M. Griffies, H. Haak, A. Hu, M. Ishii, J. Jungclaus, O. A. Saenko, A. Shao, T. Suzuki, A. Todd, L. Zanna, 2020: What causes the spread of model projections of ocean dynamic level change in response to greenhouse gas forcing? . *Climate Dynamics*.

59. Adachi, K., Oshima, N., Gong, Z., de Sá, S., Bateman, A. P., Martin, S. T., de Brito, J. F., Artaxo, P., Cirino, G. G., Sedlacek III, A. J., and Buseck, P. R., 2020: Mixing states of Amazon basin aerosol particles transported over long distances using transmission electron microscopy. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 20, 11923–11939.
60. Ito, R., T. Ose, H. Endo, R. Mizuta, K. Yoshida, A. Kitoh, T. Nakaegawa, 2020: Seasonal characteristics of future climate change over Japan and the associated atmospheric circulation anomalies in global model experiments. *Hydrological Research Letters*, 14, 130–135.
61. Ishii, M., and N. Mori, 2020: d4PDF: large-ensemble and high-resolution climate simulations for global warming risk assessment. *Progress in Earth and Planetary Science*, 7.
62. Morgenstern et al., 2020: Reappraisal of the climate impacts of ozone-depleting substances. *Geophysical Research Letters*, 47, e2020GL088295.
63. Urakawa, L. S., H. Tsujino, H. Nakano, K. Sakamoto, G. Yamanaka, and T. Toyoda, 2020: The sensitivity of a depth-coordinate model to diapycnal mixing induced by practical implementations of the isopycnal tracer diffusion scheme. *Ocean Modelling*, 154, 101693.
64. Ge, B., S. Itahashi, K. Sato, D. Xu, J. Wang, F. Fan, Q. Tan, J. S. Fu, X. Wang, K. Yamaji, T. Nagashima, J. Li, M. Kajino, H. Liao, M. Zhang, Z. Wang, M. Li, J.-H. Woo, J. Kurokawa, Y. Pan, Q. Wu, X. Liu, and Z. Wang, 2020: Model Inter-Comparison Study for Asia (MICS-Asia) phase III: Multi-model comparison of reactive nitrogen deposition over China. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 20, 10587–10610.
65. Dragović, S., M. Yamauchi, M. Aoyama, M. Kajino, J. Petrović, M. Čujić, R. Dragović, M. Đorđević, J. Bór, 2020: Synthesis of studies on significant atmospheric electrical effects of major nuclear accidents in Chernobyl and Fukushima. *Science of Total Environment*, 733, 139271.
66. Kita, K., Y. Igarashi, T. Kinase, N. Hayashi, M. Ishizuka, K. Adachi, M. Koitabashi, T. T. Sekiyama and Y. Onda, 2020: Rain-induced bioecological resuspension of radiocaesium in a polluted forest in Japan. *Scientific Reports*, 10, 15330.
67. Kajino, M., H. Hagino, Y. Fujitani, T. Morikawa, T. Fukui, K. Onishi, T. Okuda, T. Kajikawa, and Y. Igarashi, 2020: Modeling transition metals in East Asia and Japan and its emission sources. *GeoHealth*, 4, e2020GH000259. (in press)
68. Takemura, K., H. Mukougawa, S. Maeda, 2020: Large-scale atmospheric circulation related to frequent Rossby wave breaking near Japan in boreal summer. *Journal of Climate*, 33, 6371–6744.
69. Dhaka, S. K., Chetna, V. Kumar, V. Panwar, A. P. Dimri, N. Singh, P. K.

- Patra, Y. Matsumi, M. Takigawa, T. Nakayama, K. Yamaji, M. Kajino, P. Misra, and S. Hayashida, 2020: PM_{2.5} diminution and haze events over Delhi during the COVID-19 lockdown period: an interplay between the baseline pollution and meteorology. *Scientific Reports*, 10, 13442.
70. Allen, R. J., S. Turnock, P. Nabat, P. Neubauer, U. Lohmann, D. Olivié, N. Oshima, et al., 2020: Climate and air quality impacts due to mitigation of non-methane near-term climate forcers. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 20, 9641–9663.
 71. Mori, T., Y. Kondo, S. Ohata, Y. Zhao, P. R. Sinha, N. Oshima, H. Matsui, N. Moteki, and M. Koike, 2020: Seasonal variation of wet deposition of black carbon in Arctic Alaska. *Journal of Geophysical Research Atmosphere*, 125, e2019JD032240.
 72. Oshima, N., S. Yukimoto, M. Deushi, T. Koshiro, H. Kawai, T. Y. Tanaka, and K. Yoshida, 2020: Global and Arctic effective radiative forcing of anthropogenic gases and aerosols in MRI-ESM2.0. *Progress in Earth and Planetary Science*, 7, 38.
 73. Tsujino, H., L. S. Urakawa, S. M. Griffies, G. Danabasoglu, 他 38 名, 2020: Evaluation of global ocean-sea-ice model simulations based on the experimental protocols of the Ocean Model Intercomparison Project phase 2 (OMIP-2). *Geoscientific Model Development*, 13, 3643–3708.
 74. Smith, C. J. et al., 2020: Effective radiative forcing and adjustments in CMIP6 models. *Atmospheric Chemistry and Physics*.
 75. Skeie et al., 2020: Historical total ozone radiative forcing derived from CMIP6 simulations. *npj Climate and Atmospheric Science*, 3, 32.
 76. Takagi, M., T. Ohara, D. Goto, Y. Morino, J. Uchida, T. T. Sekiyama, S. F. Nakayama, M. Ebihara, Y. Oura, T. Nakajima, H. Tsuruta, and Y. Moriguchi, 2020: Reassessment of early 131I inhalation doses by the Fukushima nuclear accident based on atmospheric 137Cs and 131I/137Cs observation data and multi-ensemble of atmospheric transport and deposition models. *Journal of Environmental Radioactivity*, 218, 106233.
 77. Zanis, P., Akritidis, D., Georgoulas, A. K., Allen, R. J., Bauer, S. E., Boucher, O., Cole, J., Johnson, B., Deushi, M., Michou, M., Mulcahy, J., Nabat, P., Olivié, D., Oshima, N., Sima, A., Schulz, M., Takemura, T., and Tsigaridis, K., 2020: Fast responses on pre-industrial climate from present-day aerosols in a CMIP6 multi-model study. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 20, 8381–8404.
 78. Ching, J., and M. Kajino, 2020: Rethinking Air Quality and Climate Change after COVID-19. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2020, 17(14), 5167.
 79. Amos, M. et al., 2020: Projecting ozone hole recovery using an ensemble

- of chemistry–climate models weighted by model performance and independence. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 20, 9961–9977.
80. Tan, J., J. S. Fu, G. R. Carmichael, S. Itahashi, Z. Tao, K. Huang, X. Dong, K. Yamaji, T. Nagashima, X. Wang, Y. Liu, H.-J. Lee, C.-Y. Lin, B. Ge, M. Kajino, J. Zhu, M. Zhang, L. Hong, and Z. Wang, 2020: Why do models perform differently on particulate matter over East Asia? A multi-model intercomparison study for MICS-Asia III. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 20(12), 7393–7410.
 81. Yoshida, A., N. Moteki, S. Ohata, T. Mori, M. Koike, Y. Kondo, M. Matsui, N. Oshima, A. Takami, and K. Kita, 2020: Abundances and microphysical properties of light - absorbing iron oxide and black carbon aerosols over East Asia and the Arctic. *Journal of Geophysical Research Atmosphere*, 125, e2019JD032301.
 82. Ishibashi, T., 2020: Improvement of accuracy of global numerical weather prediction using refined error covariance matrices. *Monthly Weather Review*, 148, 2623–2643.
 83. Toyoda, T., T. Aoki, M. Niwano, T. Tanikawa, L. S. Urakawa, H. Tsujino, H. Nakano, K. Sakamoto, N. Hirose, and G. Yamanaka, 2020: Impact of observation-based snow albedo parameterization on global ocean simulation results. *Polar Science*, 24, 100521.
 84. Holt, L.A., H. Naoe, K. Yoshida, S. Yukimoto et al., 2020: An evaluation of tropical waves and wave forcing of the QBO in the QBOi models. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 1–27.
 85. Sugi, M., Y. Yamada, K. Yoshida, R. Mizuta, M. Nakano, C. Kodama, M. Satoh, 2020: Future changes in the global frequency of tropical cyclone seeds. *SOLA*, 16, 70–74.
 86. Takigawa, M., P. K. Patra, Y. Matsumi, S. K. Dhaka, T. Nakayama, K. Yamaji, M. Kajino, and S. Hayashida, 2020: Can Delhi’s pollution be affected by crop fires in the Punjab region?. *SOLA*, 16, 86–91.
 87. Sekiyama, T. and M. Kajino, 2020: Reproducibility of surface wind and tracer transport simulations over complex terrain using 5-, 3-, and 1-km grid models. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 59(5), 937–952.
 88. Takegawa, N., T. Seto, N. Moteki, M. Koike, N. Oshima, K. Adachi, K. Kita, A. Takami, and Y. Kondo, 2020: Enhanced new particle formation above the marine boundary layer over the Yellow Sea: Potential impacts on cloud condensation nuclei. *Journal of Geophysical Research Atmosphere*.
 89. Minami, A. and Y. Takaya, 2020: Enhanced Northern Hemisphere correlation skill of subseasonal predictions in the strong negative phase of the Arctic Oscillation. *Journal of Geophysical Research Atmosphere*.
 90. Notz, D., J. Dorr, D. A. Bailey, E. Blockley, M. Bushuk, J. B. Debernard,

- E. Dekker, P. DeRepentigny, D. Docquier, N. S. Fuckar, J. C. Fyfe, A. Jahn, M. Holland, E. Hunke, D. Iovino, N. Khosravi, F. Massonnet, G. Madec, S. O'Farrell, A. Petty, et al., 2020: Arctic Sea Ice in CMIP6. *Geophysical Research Letters*, 47, e2019GL086749.
91. Katata G., K. Matsuda, A. Sorimachi, M. Kajino, K. Takagi, 2020: Effects of aerosol dynamics and gas-particle conversion on dry deposition of inorganic reactive nitrogen in a temperate forest. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 20, 4933–4949.
 92. Naoe, H., T. Matsumoto, K. Ueno, T. Maki, M. Deushi, and A. Takeuchi, 2020: Bias correction of multi-sensor total column ozone satellite data for 1978–2017. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, 98, 353–377.
 93. Goto, D., Y. Morino, T. Ohara, T. T. Sekiyama, J. Uchida, and T. Nakajima, 2020: Application of linear minimum variance estimation to the multi-model ensemble of atmospheric radioactive Cs-137 with observations. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 20, 3589–3607.
 94. Itahashi, S., B. Ge, K. Sato, J. S. Fu, X. Wang, K. Yamaji, T. Nagashima, J. Li, M. Kajino, H. Liao, M. Zhang, Z. Wang, M. Li, J. Kurokawa, G. R. Carmichael, and Z. Wang, 2020: MICS-Asia III: Overview of model inter-comparison and evaluation for acid deposition over Asia. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 20(5), 2667–2693.
 95. Orbe, C., Plummer, D. A., Waugh, D. W., Yang, H., Jöckel, P., Kinnison, D. E., Josse, B., Marecal, V., Deushi, M., Abraham, N. L., Archibald, A. T., Chipperfield, M. P., Dhomse, S., Feng, W., and Bekki, S., 2020: Description and Evaluation of the specified-dynamics experiment in the Chemistry-Climate Model Initiative. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 20, 3809–3840.
 96. Merryfield, W. et al., 2020: Current and emerging developments in subseasonal to decadal prediction. *Bulletin of the American Meteorological Society*.
 97. Kusunoki, S., T. Ose, and M. Hosaka, 2020: Emergence of unprecedented climate change in projected future precipitation. *Scientific Reports*, 10.
 98. Huang, Y., J. F. Kok, K. Kandler, H. Lindqvist, T. Nousiainen, T. Sakai, A. Adebisi, and O. Jokinen, 2020: Climate Models and Remote Sensing Retrievals Neglect Substantial Desert Dust Asphericity. *Geophysical Research Letters*, 47, e2019GL08659.
 99. Noguchi, S., Y. Kuroda, H. Mukougawa, R. Mizuta, and C. Kobayashi, 2020: Impact of satellite observations on forecasting sudden stratospheric warmings. *Geophysical Research Letters*, 47, e2019GL086233.
 100. Imamura, N., G. Katata, M. Kajino, M. Kobayashi, Y. Itoh, A. Akama, 2020: Fogwater deposition of radiocesium in the forested mountains of East Japan

- during the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident: A key process in regional radioactive contamination. *Atmospheric Environment*, 224.
101. Stewart, K. D., W. M. Kim, S. Urakawa, A. McC. Hogg, S. Yeager, H. Tsujino, H. Nakano, A. E. Kiss, and G. Danabasoglu, 2020: JRA55-do-based repeat year forcing datasets for driving ocean-sea-ice models. *Ocean Modelling*, 147, 101557.
 102. Bushell, A. C., H. Naoe, K. Yoshida, S. Yukimoto, et al., 2020: Evaluation of the Quasi - Biennial Oscillation in global climate models for the SPARC QBO - initiative. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 1-31.
 103. Nakagawa, Y., Y. Onoue, S. Kawahara, F. Araki, K. Koyamada, D. Matsuoka, Y. Ishikawa, M. Fujita, S. Sugimoto, Y. Okada, S. Kawazoe, Sh. Watanabe, M. Ishii, R. Mizuta, A. Murata, and Hiroaki Kawase, 2020: Developments of a system for efficient content-based retrieval to analyze large volume climate data. *Progress in Earth and Planetary Science*.
 104. Hatsuzuka D, Sato T, Yoshida K, Ishii M, and Mizuta R, 2020: Regional projection of tropical-cyclone-induced extreme precipitation around Japan based on large ensemble simulations. *SOLA*, 16, 23-29.
 105. Watanabe, Sh., M. Fujita, S. Kawazoe, S. Sugimoto, Y. Okada, R. Mizuta, M. Ishii, 2020: Frequency change of clear-air turbulence over the North Pacific under 2 K global warming - ensemble projections using a 60-km atmospheric general circulation model. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, 97, 757-771.
 106. Itahashi, S., K. Yumimoto, J. Kurokawa, Y. Morino, T. Nagashima, K. Miyazaki, T. Maki and T. Ohara, 2020: Inverse estimation of NO_x emissions over China and India 2005-2016: contrasting recent trends and future perspectives. *Environmental Research Letters*, 14, 124020.
 107. Nicely, J. M., Duncan, B. N., Hanisco, T. F., Wolfe, G. M., Salawitch, R. J., Deushi, M., Haslerud, A. S., Jöckel, P., Josse, B., Kinnison, D. E., Klekociuk, A., Manyin, M. E., Marécal, V., Morgenstern, O., Murray, L. T., Myhre, G., Oman, L. D., Pitari, G, 2020: A machine learning examination of hydroxyl radical differences among model simulations for CCMI-1. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 20, 1341-1361.
 108. Kawakami, Y., Y. Kitamura, T. Nakano, and S. Sugimoto, 2020: Long - Term Thermohaline Variations in the North Pacific Subtropical Gyre from a Repeat Hydrographic Section Along 165° E. *Journal of Geophysical Research Oceans*, 125, e2019JC015382.
 109. Kong, L., X. Tang, J. Zhu, Z. Wang, J. S. Fu, X. Wang, S. Itahashi, K. Yamaji, T. Nagashima, H.-J. Lee, C.-H. Kim, C.-Y. Lin, L. Chen, M. Zhang, Z. Tao, J. Li, M. Kajino, H. Liao, K. Sudo, Y. Wang, Y. Pan, G. Tang, M. Li, Q.

- Wu, B. Ge, G. R. Carmichael, 2020: Evaluation and uncertainty investigation of the NO₂, CO and NH₃ modeling over China under the framework of MICS-Asia III. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 20, 181-202.
110. Richter, J.H., H. Naoe, K. Yoshida, S. Yukimoto, et al., 2020: Response of the Quasi - Biennial Oscillation to a warming climate in global climate models. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 1-29.
111. Smith, A. K., H. Naoe, K. Yoshida, et al., 2020: The equatorial stratospheric semiannual oscillation and time - mean winds in QBOi models. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 1-17.
112. Rahaman, H., U. Srinivasu, P. Swapana, J. V. Durgadoo, S. M. Griffies, M. Ravichandran, H. Tsujino, et al., 2020: An assessment of the Indian Ocean mean state and seasonal cycle in a suite of interannual CORE-II simulation. *Ocean Modelling*, 145, 101503.
113. Kuai, L., Bowman, K. W., Miyazaki, K., Deushi, M., Revell, L., Rozanov, E., Paulot, F., Strode, S., Conley, A., Lamarque, J.-F., Jöckel, P., Plummer, D. A., Oman, L. D., Worden, H., Kulawik, S., Paynter, D., Stenke, A., and Kunze, M., 2020: Attribution of Chemistry-Climate Model Initiative (CCMI) ozone radiative flux bias from satellites. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 20, 1341-1361.
114. Kajino, M., S. Hayashida, T. T. Sekiyama, M. Deushi, K. Ito, and X. Liu., 2019: Detectability assessment of a satellite sensor for lower tropospheric ozone responses to its precursors emission changes in East Asian summer, *Scientific Reports*, 9, 19629.
115. Jackson, L. C., C. Dubois, G. Forget, K. Haines, M. Harrison, D. Iovino, A. Kohl, D. Mignac, S. Masina, K. A. Peterson, C. G. Piecuch, C. Roberts, J. Robson, A. Storto, T. Toyoda, M. Valdivieso, C. Wilson, Y. Wang, and H. Zuo, 2019: The mean state and variability of the North Atlantic circulation: a perspective from ocean reanalyses. *Journal of Geophysical Research Oceans*, 124, 9141-9170.
116. Bagtasa, G., M. G. Cayetano, C-S. Yuan, O. Uchino, T. Sakai, T. Izumi, I. Morino, T. Nagai, R. C. Macatangay, V. A. Velazco, 2019: Long-range transport of aerosols from East and Southeast Asia to northern Philippines and its direct radiative forcing effect. *Atmospheric Environment*, 218, 1352-2310.
117. Hirose, N., N. Usui, K. Sakamoto, H. Tsujino, G. Yamanaka, H. Nakano, S. Urakawa, T. Toyoda, Y. Fujii, and N. Kohno, 2019: Development of a new operational system for monitoring and forecasting coastal and open ocean states around Japan. *Ocean Dynamics*, 69, 1333-1357.
118. Zhao, Y. et al., 2019: Inter-model comparison of global hydroxyl radical (OH) distributions and their impact on atmospheric methane over the

- 2000-2016 period. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 19, 13701-13723.
119. Qian Y, Murakami H, Nakano M, Hsu P.-C, Delworth T. L, Kapnick S. B, Ramaswamy V, Mochizuki T, Morioka Y, Doi T, Kataoka T, Nasuno T, Yoshida K, 2019: On the Mechanisms of the Active 2018 Tropical Cyclone Season in the North Pacific. *Geophysical Research Letters*, 46, 12293-12302.
120. Yukimoto, S., H. Kawai, T. Koshiro, N. Oshima, K. Yoshida, S. Urakawa, H. Tsujino, M. Deushi, T. Tanaka, M. Hosaka, S. Yabu, H. Yoshimura, E. Shindo, R. Mizuta, A. Obata, Y. Adachi, M. Ishii, 2019: The Meteorological Research Institute Earth System Model version 2.0, MRI-ESM2.0: Description and basic evaluation of the physical component. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, 97.
121. Li, J., T. Nagashima, L. Kong, B. Ge, K. Yamaji, J. S. Fu, X. Wang, Q. Fan, S. Itahashi, H.-J. Lee, C.-H. Kim, C.-Y. Lin, M. Zhang, Z. Tao, M. Kajino, H. Liao, M. Li, J.-H. Woo, J.-I. Kurokawa, Q. Wu, H. Akimoto, G. R. Carmichael, Z. Wang, 2019: Model evaluation and inter-comparison of surface-level ozone and relevant species in East Asia in the context of MICS-Asia phase III Part I: overview. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 19, 12993-13015.
122. Chen, L., Y. Gao, M. Zhang, J. S. Fu, J. Zhu, H. Liao, J. Li, K. Huang, B. Ge, X. Wang, Y. F. Lam, C. Y. Lin, S. Itahashi, T. Nagashima, M. Kajino, K. Yamaji, Z. Wang, J.-I. Kurokawa, 2019: MICS-Asia III: Multi-model comparison and evaluation of aerosol over East Asia. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 19, 11911-11937.
123. Adachi, K., A. J. Sedlacek, L. Kleinman, S. R. Springston, J. Wang, D. Chand, J.M. Hubbe, J. E. Shilling, T. B. Onasch, T. Kinase, K. Sakata, Y. Takahashi, P. R. Buseck, 2019: Spherical tarball particles form through rapid chemical and physical changes of organic matter in biomass-burning smoke. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United State of America*, 116.
124. Toyoda, T., K. Iwamoto, L. S. Urakawa, H. Tsujino, H. Nakano, K. Sakamoto, G. Yamanaka, Y. Komuro, S. Nishino, and J. Ukita, 2019: Incorporation of satellite-derived thin-ice data into a global OGCM simulation. *Climate Dynamics*, 53, 7113-7130.
125. Chrysanthou, A., A. C. Maycock, M. P. Chipperfield, S. Dhomse, H. Garny, D. Kinnison, H. Akiyoshi, M. Deushi, R. R. Garcia, P. Jöckel, O. Kirner, G. Pitari, D. A. Plummer, L. Revell, E. Rozanov, A. Stenke, T. Y. Tanaka, D. Visioni, and Y. Yamashita, 2019: The effect of atmospheric nudging on the stratospheric residual circulation in chemistry-climate models. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 19, 11559-11586.
126. Klotzbach, P. J., E. Blake, J. Camp, L.-P. Caron, J. Chan, N. Kang, Y.

- Kuleshov, S.-M. Lee, H. Murakami, M. Saunders, Y. Takaya, F. Vitart, R. Zhan, 2019: Seasonal Tropical Cyclone Forecasting. *Tropical Cyclone Research and Review*, 8(3), 134-149.
127. Johnson, G. C., J. M. Lyman, T. Boyer, L. Chen, C. M. Domingues, J. Gilson, M. Ishii, R. Killick, D. Monselesan, and S. E. Wijffels, 2019: Ocean heat content [in “State of the Climate in 2018”]. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 100, 74.
128. Kondo, K., and T. Miyoshi, 2019: Non-Gaussian statistics in global atmospheric dynamics: a study with a 10240-member ensemble Kalman filter using an intermediate atmospheric general circulation model. *Nonlinear Processes in Geophysics*, 26, 211-225.
129. Sakamoto, K., H. Tsujino, H. Nakano, S. Urakawa, T. Toyoda, N. Hirose, N. Usui and G. Yamanaka, 2019: Development of a 2km-resolution ocean model covering the coastal seas around Japan for operational application. *Ocean Dynamics*.
130. Takaya, Y., 2019: Positive Phase of Pacific Meridional Mode Enhanced Western North Pacific Tropical Cyclone Activity in Summer 2018. *SOLA*, 15A, 55-59.
131. Lamy, K., Deushi, M., Tanaka, T. Y., Yoshida, K., et al., 2019: Clear-sky ultraviolet radiation modelling using output from the Chemistry Climate Model Initiative. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 19, 10087-10110.
132. Obata, A., and Y. Adachi, 2019: Earth system model response to large midlatitude and high-latitude volcanic eruptions. *Journal of Geophysical Research Biogeosciences*, Volume 124, Issue 7, 1865-1886.
133. Strommen, K., I. Mavilia, S. Corti, M. Matsueda, P. Davini, J. von Hardenberg, P.-L. Vidale, and R. Mizuta, 2019: The sensitivity of Euro-Atlantic regimes to model horizontal resolution. *Geophysical Research Letters*, 46, 7810-7818.
134. Takemura, K., S. Wakamatsu, H. Togawa, A. Shimpo, C. Kobayashi, S. Maeda, and H. Nakamura, 2019: Extreme moisture flux convergence over western Japan during the Heavy Rain Event of July 2018. *SOLA*, 15A-009.
135. Kawai, H., S. Yukimoto, T. Koshiro, N. Oshima, T. Tanaka, H. Yoshimura, and R. Nagasawa, 2019: Significant Improvement of Cloud Representation in Global Climate Model MRI-ESM2. *Geoscientific Model Development*, 12, 2875-2897.
136. Naoe, H. and K. Yoshida, 2019: Influence of quasi-biennial oscillation on the boreal winter extratropical stratosphere in QBOi experiments. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 145, 2755-2771.
137. Kobayashi, C., and I. Ishikawa, 2019: Prolonged northern-mid-latitude tropospheric warming in 2018 well predicted by the JMA operational seasonal

- prediction system. SOLA, 15A, 31-36.
138. Sekizawa S., T. Miyasaka, H. Nakamura, A. Shimpo, K. Takemura, S. Maeda, 2019: Anomalous Moisture Transport and Oceanic Evaporation during a Torrential Rainfall Event over Western Japan in Early July 2018. SOLA, 15A-005.
 139. Bonino, G., S. Masina, D. Iovino, A. Storto, H. Tsujino, 2019: Eastern Boundary Upwelling Systems response to different atmospheric forcing in a global eddy-permitting ocean model. *Journal of Marine Systems*, 197, 103178.
 140. Toyoda, T., N. Hirose, L. S. Urakawa, H. Tsujino, H. Nakano, N. Usui, Y. Fujii, K. Sakamoto, and G. Yamanaka, 2019: Effects of inclusion of adjoint sea ice rheology on backward sensitivity evolution examined using an adjoint ocean-sea ice model. *Monthly Weather Review*, 147, 2145-2162.
 141. Shimpo A., and co-authors, 2019: Primary Factors behind the Heavy Rain Event of July 2018 and the Subsequent Heat Wave in Japan. SOLA, 15A-003.
 142. 庭野匡思, 青木輝夫, 橋本明弘, 大島 長, 梶野瑞王, 大沼友貴彦, 藤田耕史, 山口 悟, 島田利元, 竹内 望, 津滝 俊, 本山秀明, 石井正好, 杉山 慎, 平沢尚彦, 阿部彩子, 2021: 氷床表面質量収支の実態とそのモデリングの試み: 2020年夏最新版. *雪氷*, 83, 27-50.
 143. 高橋麗, 梶野瑞王, 津口裕茂, 林修吾, 橋本明弘, 2021: 雲凝結核が降水に与える影響—平成 27 年 9 月関東・東北豪雨を対象として—. *エアロゾル研究*, 36, 55-64.
 144. 伊藤耕介, 藤井陽介, 2020: 逆問題としての 4 次元データ同化. *ながれ*, 39, 167-179.
 145. 猪股弥生, 梶野瑞王, 植田洋匡, , 2020: 2001-2015 年における大気中有害大気汚染物質濃度のトレンド解析, . *大気環境学会誌*, 55(2), 78-91.
 146. Mori, T., K. Goto-Azuma, Y. Kondo, Y. Ogawa-Tsukagawa, K. Miura, M. Hirabayashi, N. Oshima, M. Koike, K. Kupiainen, N. Moteki, S. Ohata. P. R. Sinha, K. Sugiura, T. Aoki, M. Schneebeli, K. Steffen, A. Sato, A. Tsushima, V. Makarov, S. Omiya, A. Sugimoto, 2019: Black carbon and inorganic aerosols in Arctic snowpack. *Journal of Geophysical Research Atmosphere*, 124, 13325-13356.
 148. 泉敏治, 内野修, 酒井哲, 永井智広, 森野勇, 2019: つくばと佐賀に設置したミーライダーデータから算出した混合層高度の日変動・季節変動およびラジオゾンデ・客観解析データとの比較. *天気 (論文・短報)* , 66, 345-357.
 149. Ching, J., M. Kajino, and H. Matsui, 2021: Resolving aerosol mixing state increases accuracy of black carbon respiratory deposition estimates. *One Earth*, 3, 763-776.
 150. Kajino, M., N. Tanji, and M. Kuramochi, 2021: Better prediction of surface ozone by a superensemble method using emission sensitivity runs in Japan.

- Atmospheric Environment: X, 12, 100120.
151. Masuda, Y., Y. Yamanaka, S. Smith, T. Hirata, H. Nakano, A. Oka, and H. Sumata, 2021: Photoacclimation by phytoplankton determines the distribution of global subsurface chlorophyll maxima in the ocean. *COMMUNICATIONS EARTH & ENVIRONMENT*, 2, 128.
 152. Lu, B. and Y. Takaya, 2021: Record meiyu-baiu of 2020: reflections for prediction. *Science Bulletin*. (in press)
 153. Fudeyasu, H., K. Yoshida, and R. Yoshida, 2020: Future Changes in Western North Pacific Tropical Cyclone Genesis Environment in High-Resolution Large-Ensemble Simulations. *Oceans*, 1, 355-368.
 154. Kosaka, Y., Y. Takaya, Y. Kamae, 2020: The Indo-western Pacific Ocean capacitor effect. *Tropical and Extratropical Air-Sea Interactions Modes of Climate Variations*, 141-162.
 155. Kajino, M., H. Hagino, Y. Fujitani, T. Morikawa, T. Fukui, K. Onishi, T. Okuda, T. Kajikawa, and Y. Igarashi., 2020: Modeling transition metals in East Asia and Japan and its emission sources. *GeoHealth*, 4(9).
 156. Sato, Y., T. T. Sekiyama, S. Fang, M. Kajino, A. Quérel, D. Quélo, H. Kondo, H. Terada, M. Kadowaki, M. Takigawa, Y. Morino, J. Uchida, D. Goto, and H. Yamazawa, 2020: A Model intercomparison of atmospheric ¹³⁷Cs concentrations from the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident, Phase III: Simulation with an identical source term and meteorological field at 1 km resolution. *Atmospheric Environment: X*, 7, 100086.
 157. Séférian, R., S. Berthet, A. Yool, J. Palmiéri, L. Bopp, A. Tagliabue, L. Kwiatkowski, H. Nakano, H. Tsujino, 他 19 名, 2020: Tracking improvement in simulated marine biogeochemistry between CMIP5 and CMIP6. *Current Climate Change Reports*, 6, 95-119.
 158. Mugo, R., S.-I. Saitoh, H. Igarashi, T. Toyoda, S. Masuda, T. Awaji, and Y. Ishikawa, 2020: Identification of skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) pelagic hotspots applying a satellite remote sensing-driven analysis of ecological niche factors: A short-term run. *PLOS ONE*, 15, e0237742.
 159. Sekiyama, T. T., 2020: Statistical Downscaling of Temperature Distributions from the Synoptic Scale to the Mesoscale Using Deep Convolutional Neural Networks. *arXiv*.
 160. Kondo, M., P. K. Patra, S. Sitch, P. Friedlingstein, B. Poulter, F. Chevallier, P. Ciais, J. G. Canadell, A. Bastos, R. Lauerwald, L. Calle, K. Ichii, P. Anthoni, A. Arneth, V. Haverd, A. K. Jain, E. Kato, M. Kautz, R. M. Law, S. Lienert, T. Maki et al. , 2019: State of the science in reconciling top - down and bottom - up approaches for terrestrial CO2 budget. *Global change biology*.
 161. Meyssignac, B., T. Boyer, Z. Zhao, M. Z. Hakuba, F. W. Landerer, D. Stammer,

- A. Köhl, S. Kato, T. L'Ecuyer, M. Ablain, J. P. Abraham, A. Blazquez, A. Cazenave, J. A. Church, R. Cowley, L. Cheng, 2019: Measuring Global Ocean Heat Content to estimate the Earth Energy Imbalance. *Front. Mar. Sci.*, 20.
162. Subramanian, A. et al., 2019: Ocean observations to improve our understanding, modeling, and forecasting of subseasonal-to-seasonal variability. *Frontier in Marine Science*, 6:427.
163. Penny, S.G, Y. Fujii, et al., 2019: Observational Needs for Improving Ocean and Coupled Reanalysis, S2S Prediction, and Decadal Prediction. *Frontiers in Marine Science*, 6, 391.
164. Fujii, Y., N. Usui, et al., 2019: Observing System Evaluation Based on Ocean Data Assimilation and Prediction Systems: On-Going Challenges and a Future Vision for Designing and Supporting Ocean Observational Networks. *Frontiers in Marine Science*, 6, 417.
165. Usui, N., 2019: Progress of studies on Kuroshio path variations south of Japan in the past decade. "Kuroshio Current: Physical, Biogeochemical and Ecosystem Dynamics", Takeyoshi Nagai, Hiroaki Saito, Koji Suzuki, Motomitsu Takahashi (eds.), AGU Geophysical Monograph Series. AGU-Wiley, 147-161.

(2) 査読論文以外の著作物(翻訳、著書、解説等): 15件

1. Chiba, J., and H. Kawai, 2021: Improved SST-shortwave radiation feedback using an updated stratocumulus parameterization. *CAS/JSC WGNE Research Activities in Earth System Modelling/WMO*, 51, 403-404.
2. Koshiro, T., H. Kawai, and S. Yukimoto, 2020: Impact of cloud microphysics parameter on 20th century warming simulated in MRI-CGCM3. *CAS/JSC WGNE Research Activities in Earth System Modelling*, 50, 713-714.
3. Kawai, H., and T. Koshiro, 2020: Does Radiative Cooling of Stratocumulus Strengthen Summertime Subtropical Highs?. *CAS/JSC WGNE Research Activities in Earth System Modelling/WMO*, 50, 711-712.
4. Kawai, H., T. Koshiro, and S. Yukimoto, 2020: Relationship between shortwave radiation bias over the Southern Ocean and the ITCZ in MRI-ESM2. *CAS/JSC WGNE Research Activities in Earth System Modelling/WMO*, 50, 709-710.
5. Koshiro, T., H. Kawai, and S. Yukimoto, 2020: Impact of cloud microphysics parameter on 20th century warming simulated in MRI-CGCM3. *CAS/JSC WGNE Research Activities in Earth System Modelling*, 50, 713-714.
6. Kawai, H., and T. Koshiro, 2020: Does Radiative Cooling of Stratocumulus Strengthen Summertime Subtropical Highs?. *CAS/JSC WGNE Research Activities in Earth System Modelling/WMO*, 50, 711-712.
7. Kawai, H., T. Koshiro, and S. Yukimoto, 2020: Relationship between shortwave radiation bias over the Southern Ocean and the ITCZ in MRI-ESM2. *CAS/JSC WGNE Research Activities in Earth System Modelling/WMO*, 50, 709-710.

8. Kessler, W.S., S. E. Wijffels, S. Cravatte, N. Smith, Y. Fujii, Y. Takaya, et al., 2019: Second Report of TPOS 2020. Second Report of TPOS 2020, G00S-234, 265.
9. 広瀬成章, 大石俊, 黒田寛, 山中吾郎, 2021: 総論: 日本周辺を中心とした現業海洋システムの最先端. 月刊海洋, 53, 401-407.
10. 植田宏昭, 前田修平, 谷本陽一, 立花義裕, 2020: 2019年秋季「気候形成・変動機構研究連絡会」の報告. 天気, 67, 51-53.
11. 大島長, 2021: コロナ禍による人為起源物質の排出量の減少が気候に及ぼす影響. ArCS II ニュースレター, 2, p03.
12. 山中吾郎, 広瀬成章, 坂本圭, 碓氷典久, 高野洋雄, 2021: JPN システムによる海洋情報の利活用. 月刊海洋, 53, 428-433.
13. 碓氷典久, 広瀬成章, 2020: 高解像度海洋モデル・データ同化システムを用いた黒潮流路変動研究. 月刊海洋, 52, 339-345.
14. 広瀬成章, 坂本圭, 碓氷典久, 山中吾郎, 高野洋雄, 2020: 日本沿岸海況監視予測システム 10年再解析値 (JPN Atlas 2020). 気象研究所技術報告, 83.
15. 豊田隆寛, 木村詞明, 浦川昇吾, 辻野博之, 中野英之, 坂本圭, 山中吾郎, 2020: 海洋・海氷シミュレーションにおける海氷速度データの利用. 月刊海洋, 52, 42-47.

(3) 学会等発表

ア. 口頭発表

・国際的な会議・学会等 : 64 件

1. Takaya, Y., I. Ishikawa, C. Kobayashi, H. Endo, and T. Ose, Enhanced Meiyu - Baiu Rainfall in Early Summer 2020: Aftermath of the 2019 Super IOD Event, 2021 ASP summer workshop, 2021年8月, 米国, ボールダー
2. 相木秀則, 福富慶樹, 菅野湧貴, 尾形友道, 豊田隆寛, 中野英之, Recirculation of atmospheric wave energy associated with idealized MJO events, Japan Geoscience Union Meeting 2021, 2021年6月, (オンライン)
3. Kohno, N., and Y. Fujii, Wave assimilation system of JMA and its improvement plan, JpGU Meeting 2021: Virtual, 2021年6月, オンライン
4. Fujii, Y., C. Kobayashi, I. Ishikawa, Takaya, T. Ishibashi, and T. Yoshida, Development of a coupled atmosphere-ocean data assimilation system in the Japan Meteorological Agency: evaluation and future plan, JpGU Meeting 2021: Virtual, 2021年6月, オンライン
5. Saitoh, S., Y. Miyakoshi, F. Takahashi, T. Hirata, M. Kaeriyama, I. D. Alabia, T. Hosokawa, T. Miyoshi and K. Sakamoto, Optimization of salmon release operation under changing climate in the Okhotsk coast, Ecosystem Studies of Subarctic and Arctic Seas (ESSAS) Annual Science Meeting 2021, 2021年6月, オンライン
6. Sakai, T., T. Nagai, S. Yoshida, Y. Shoji, O. Uchino, I. Morino, A. Ugajin, B. Liley, R. Querel, K. Sergey, Operations Discussion: open for topics:

- Calibration altitude, NDACC Lidar Working Group 2021 Annual Meeting, 2021年6月, 米国, virtual
7. Sakai, T., T. Nagai, S. Yoshida, Y. Shoji, O. Uchino, I. Morino, A. Ugajin, B. Liley, R. Querel, Lauder aerosols, NDACC Lidar Working Group 2021 Annual Meeting, 2021年6月, 米国, virtual
 8. Yoshimura, H., Improved double Fourier series on a sphere and its application to semi-implicit semi-Lagrangian models, The Workshop on Partial Differential Equations on the Sphere, 2021年5月, (オンライン)
 9. Kawai, H., S. Yukimoto, T. Koshiro, N. Oshima, T. Tanaka, H. Yoshimura, and R. Nagasawa, Realities of Developing and Improving Parameterizations Related to Clouds in GCMs, モデルにおける雲の改良と較正に関するワークショップ, 2021年4月, オンライン
 10. Takaya, Y., N. Saito, I. Ishikawa, S. Maeda, Y. Kosaka, M. Watanabe, Rethinking the ENSO - monsoon relationship in light of trans-basin interactions, 2020 AGU Fall Meeting, 2020年12月, アメリカ, サンフランシスコ
 11. Fujii, Y., C. Kobayashi, I. Ishikawa, Y. Takaya, and T. Ishibashi, Evaluation of the lead-lag relationship between SST and precipitation in a coupled reanalysis using TAO-TRITON data, 2020 AGU Fall Meeting, 2020年12月, アメリカ, サンフランシスコ
 12. Kawai, H., S. Yukimoto, T. Koshiro, N. Oshima, T. Tanaka, H. Yoshimura, and R. Nagasawa, Significant Improvement of Cloud Representation in MRI-ESM2, AGU Fall Meeting 2020, 2020年12月, 米国, virtual
 13. 眞木貴史, 田中泰宙, 関山剛, 大島長, 小木昭典, 弓本桂也, 鎌田茜, 大竹潤, 齋藤篤思, 上清直隆, Recent DSS related activities at the Japan Meteorological Agency and Meteorological Research Institute, 日中韓黄砂共同研究第一作業部会会合, 2020年10月, (オンライン)
 14. Tanaka, K., K. Kutsuwada, T. Miyama, T. Toyoda, B. Casareto, and M. Omori, Toward understanding interaction between coastal circulations and Kuroshio current, CSK-2 Science Plan, 2020年8月, N/A
 15. Oshima, N., S. Yukimoto, M. Deushi, T. Koshiro, H. Kawai, T. Y. Tanaka, and K. Yoshida, Effective Radiative Forcing Estimates of Anthropogenic Aerosols in MRI-ESM2, JpGU-AGU Joint Meeting 2020: Virtual, 2020年7月, オンライン
 16. Tanaka, T. Y., J. Flemming, A. Baklanov, G. Carmichael, J. H. Crawford, V.-H. Peuch, G. Brasseur, R. Sokji, S. Khan, S. Nickovic, X. Zhang, C. Gan, K. Pienaar, N. L. Roebbel, R. Pav, Towards a globally harmonized air quality forecasting: GAFIS, a new WMO-GAW initiative, JpGU-AGU Joint Meeting 2020: Virtual, 2020年7月, オンライン
 17. Fujii, Y., C. Kobayashi, I. Ishikawa, and Y. Takaya, Enhanced correlations

between SST and precipitation in the weather time scale represented by a coupled atmosphere-ocean data assimilation system, 日本地球惑星科学連合 2020 年大会, 2020 年 7 月, オンライン

18. Jackson, L. C., C. Dubois, G. Forget, K. Haines, M. Harrison, D. Iovino, A. Kohl, D. Mignac, S. Masina, K. A. Peterson, C. G. Piecuch, C. Roberts, J. Robson, A. Storto, T. Toyoda, M. Valdivieso, C. Wilson, Y. Wang, and H. Zuo, The mean state and variability of the North Atlantic circulation: a perspective from ocean reanalyses, EGU General Assembly 2020, 2020 年 5 月, オーストリア, ウイーン
19. Toyoda, T., N. Kimura, L. S. Urakawa, H. Tsujino, H. Nakano, K. Sakamoto, and G. Yamanaka, Optimization of dynamic parameters of sea ice models based on satellite-derived sea ice velocity field, Sixth International Symposium on Arctic Research, 2020 年 3 月, 東京都千代田区
20. Yoshida, K., Do sudden stratospheric warmings boost convective activity in the tropics?, WCRP/SPARC SATIO-TCS joint workshop on Stratosphere-Troposphere Dynamical Coupling in the Tropics, 2020 年 2 月, 京都府京都市
21. Kawasaki, T., H. Hasumi, Y. Matsumura, H. Tatebe, Y. Komuro, and S. Urakawa, Simulation of the deep and intermediate Pacific meridional overturning circulation, Ocean Sciences Meeting 2020, 2020 年 2 月, アメリカ, サンディエゴ
22. Usui, N., N. Hirose, K. Sakamoto, N. Kohno, and G. Yamanaka, Ocean circulation and Sea ice variability in the southern part of the Okhotsk Sea in a high-resolution ocean-ice assimilation model, 第 35 回北方圏国際シンポジウム「オホーツク海と流氷」2020, 2020 年 2 月, 紋別市
23. Toyoda, T., N. Kimura, L. S. Urakawa, H. Tsujino, H. Nakano, K. Sakamoto, and G. Yamanaka, Optimization of dynamic parameters of sea ice models based on satellite-derived sea ice velocity field, The 35th International Symposium on Okhotsk Sea & Polar Oceans, 2020 年 2 月, 紋別市
24. Yoshida, K., Solar influence on climate with MRI-ESM2.0 and its behavior in CMIP6 simulations, PSTEP-4 & ISEE-2 International Symposium, 2020 年 1 月, 愛知県名古屋市
25. Usui, N., N. Hirose, K. Sakamoto, N. Kohno, and G. Yamanaka, Japanese Coastal Ocean Monitoring and Forecasting System: system configuration and reanalysis experiment, OceanPredict 4th Data Assimilation Task Team Meeting, 2020 年 1 月, フランス, トゥールーズ
26. Nakagawa, Y., Y. Onoue, S. Kawahara, F. Araki, K. Koyamada, D. Matsuoka, Y. Ishikawa, M. Fujita, S. Sugimoto, Y. Okada, S. Kawazoe, S. Watanabe, M. Ishii, R. Mizuta, A. Murata, H. Kawase, A Content-Based Database System for Large Volume Climate Data, AGU Fall Meeting, 2019 年 12 月, 米国, サンフランシスコ

コ

27. Takaya, Y., The Indian Ocean-origin seasonal rainfall predictability in the South and Southeastern Asian summer monsoons, American Geophysical Union 2019 Fall meeting, 2019年12月, アメリカ, サンフランシスコ
28. Kosaka, Y., Y. Takaya, M. Watanabe, S. Maeda, Seasonal prediction of Asian summer climate enabled by the Pacific-Indian Ocean coupling, American Geophysical Union 2019 Fall meeting, 2019年12月, アメリカ, サンフランシスコ
29. Fujii, Y., Tropical Pacific Observing System 2020 (TPOS2020) Project and Relevant Ocean Observing System Evaluation Activities, WMO scoping workshop on future activities to assess impact of Various observing systems on earth system prediction, 2019年12月, スイス, ジュネーブ
30. Kotsuki, S., T. Miyoshi, K. Kondo, and R. Potthast, Local Particle Filter Implemented with Minor Modifications to the LETKF Code, American Geophysical Union 2019 Fall meeting, 2019年12月, アメリカ, サンフランシスコ
31. Funaki, M., S. Meke, S. Waibuta, L. Bale, and N. Kohno, Storm surge forecast at Fiji Meteorological Service, 2nd International Workshop on Waves, Storm Surges, and Coastal Hazards, 2019年11月, オーストラリア, メルボルン
32. Maki, T., T. Y. Tanaka, T. T. Sekiyama, A. Ogi, J. Ohtake, A. Saito, S. Yabu, K. Yumimoto, A. Shimizu and N. Sugimoto, Current project and activities in Japan, 7th SDS-WAS Asian node RSG meeting, 2019年11月, 中国, 杭州市
33. Maki, T., T. T. Sekiyama, T. Y. Tanaka, A. Ogi, K. Yumimoto, A. Saito and S. Yabu, Recent DSS related activities at the Japan Meteorological Agency and Meteorological Research Institute, The 12th meeting of Working Group I for Joint Research on DSS, 2019年9月, 韓国, 釜山
34. Takaya, Y., Collaborative Studies with Other Research Projects: Subseasonal to decadal predictions, International Workshop on Decadal Challenges in Asian Monsoon Process Studies, 2019年9月, 名古屋
35. Takaya, T., F. Vitart, A. Robertson, Sub-seasonal to Seasonal Prediction Project: Science Plan of Phase 2, EMS Annual Meeting 2019, 2019年9月, デンマーク, コペンハーゲン
36. Takaya, Y., Y. Kubo, S. Hirahara, and S. Maeda, New sources of the seasonal tropical cyclone predictability in the western North Pacific, EMS Annual Meeting 2019, 2019年9月, デンマーク, コペンハーゲン
37. Takaya, Y., Current status and challenges in seasonal predictions of the Asian summer monsoon, AsiaPEX Kick-off Conference, 2019年8月, 札幌
38. Keen, A., E. Blockley, D. Docquier, and T. Toyoda, Intercomparison of the mass budget of Arctic sea-ice and snow in CMIP6 models: a SIMIP activity, International Symposium on Sea Ice at the Interface, 2019年8月, カナダ, Winnipeg

39. Yoshida, K. and R. Mizuta, Influence of Sudden Stratospheric Warmings on the Tropical Troposphere with High Resolution Large Ensemble Simulations, 27th General Assembly of the International Union of Geodesy and Geophysics (IUGG2019), 2019年7月, カナダ, モントリオール
40. Maki, T., Implications for bias in flux inversions, The 15th Meeting of the Atmospheric Composition Virtual Constellation, 2019年6月, 東京都中野区
41. Maki, T., T. T. Sekiyama, K. Kondo and T. Nakamura, Constructing a carbon flux estimation system with bias corrected satellite data, 15th International Workshop on Greenhouse Gas Measurements from Space, 2019年6月, 北海道札幌市
42. Kobayashi, C., and I. Ishikawa, Northern mid-latitude warming prolonged for more than 6 months in 2018 well-predicted by the JMA's operational seasonal prediction system, JpGU meeting 2019, 2019年5月, 千葉県千葉市
43. Fujii, Y., C. Kobayashi, T. Ishibashi, and Y. Takaya, Development of weakly coupled atmosphere-ocean data assimilation system and the evaluation of the coupled reanalysis in JMA/MRI, OceanPredict'19, 2019年5月, カナダ, ハリファックス
44. Usui, N., N. Hirose, Y. Fujii, T. Toyoda, N. Kohno, T. Kuragano, and M. Kamachi, Development of regional high-resolution assimilation systems based on four-dimensional variational method at JMA/MRI, OceanPredict'19, 2019年5月, カナダ, ハリファックス
45. Takaya, Y., and M. Yamaguchi, Drought monitoring and prediction using sub-seasonal predictions, Workshop on predictability, dynamics and applications research using the TIGGE and S2S ensembles, 2019年4月, イギリス, レディング
46. Deushi, M., Subseasonal Hindcast Experiments with Different Treatment on Ozone Chemistry and Radiation Processes after Major Sudden Stratospheric Warming Events, AGU Fall Meeting, 2019年12月, アメリカ, サンフランシスコ
47. Oshima, N., Evaluation of Radiative Forcing using MRI Earth System Model, AMAP short-lived climate forcers (SLCF) expert group meeting, 2019年11月, アメリカ, アナーバー
48. Oshima, N., Development of the MRI-ESM2 and evaluation of black carbon in the Arctic, Summer Session 2019 Tsukuba on Air Quality Modeling in Asia, 2019年8月, 茨城県つくば市
49. Oshima, N., K. Kaiho, K. Adachi, Y. Adachi, T. Mizukami, M. Fujibayashi, and R. Saito, Global Climate Change Driven by Soot Ejection Following the Asteroid Impact as the Cause of the Extinction of the Dinosaurs, 27th General Assembly of the International Union of Geodesy and Geophysics (IUGG2019), 2019年7月, カナダ, モントリオール

50. Deushi, M., Possible impacts of stratospheric ozone on circulation changes in the tropical troposphere following a stratospheric sudden warming event, JpGU meeting 2019, 2019年5月, 千葉県千葉市
51. Usui, N., and N. Hirose, Interdecadal changes of surface-to-subsurface temperature in the East China Sea, International workshop for mid-latitude air-sea interaction: advancing predictive understanding of regional climate variability and change across timescales, 2021年6月, オンライン, オンライン
52. Kawai, H., and T. Koshiro, Do Low-level Clouds Strengthen Summertime Subtropical Highs?, International workshop for mid-latitude air-sea interaction, 2021年6月, オンライン
53. Fujii, Y., C. Kobayashi, I. Ishikawa, Y. Takaya, T. Ishibashi, and T. Yoshida, Evaluation of the coupled atmosphere-ocean reanalysis and future development of the coupled data assimilation system in JMA, Joint ECMWF/OceanPredict workshop on Advances in Ocean Data Assimilation, 2021年5月, オンライン, オンライン
54. 今田由紀子, Potential Predictability of Extremes Estimated by Large Ensemble Simulations, AGU Fall Meeting 2020, 2020年12月, 米国, virtual
55. Takaya, Y., Y. Kosaka, M. Watanabe, S. Maeda, N. Saito, I. Ishikawa, Rethinking the ENSO-monsoon relationship in light of trans-basin interactions, JpGU-AGU Joint Meeting 2020: Virtual, 2020年7月, オンライン
56. 碓氷典久, 広瀬成章, 坂本圭, 藤井陽介, 高野洋雄, 山中吾郎, Development of a high-resolution ocean data assimilation system and evaluation of ocean observing systems, JpGU-AGU Joint Meeting 2020: Virtual, 2020年7月, オンライン
57. Imada, Y., H. Tatebe, M. Ishii, Y. Chikamoto, M. Mori, M. Arai, S. Kanae, M. Watanabe, and M. Kimoto, Predictability of two flavors of El Nino and statistical downscaling by SVD analysis using the MIROC5 seasonal prediction system, JpGU-AGU Joint Meeting 2020: Virtual, 2020年7月, オンライン
58. Sakai, T., T. Nagai, S. Yoshida, Y. Shoji, O. Uchino, Lidar Research at MRI, Steering committee meeting of the Network for the Detection of Atmospheric Composition Change (NDACC), 2019年10月, 茨城県つくば市
59. Fujii, Y., Toward better coordination between observational and forecasting communities through OS-Eval activities, OceanObs'19, 2019年9月, アメリカ, ホノルル
60. Yoshida, K. and R. Mizuta, Sudden Stratospheric Warming Influence on the Tropical Troposphere with High Resolution Large Ensemble Simulations, Asia Oceania Geosciences Society 16th Annual Meeting (AOGS2019), 2019年7月, シンガポール, シンガポール

61. Fujii, Y., N. Usui, N. Hirose, Y. Takatsuki, T. Kuragano, and T. Sakurai, Use of satellite Sea Surface Height (SSH) and Sea Surface Temperature (SST) data in operational 4DVAR Ocean Data Assimilation Systems in JMA, 1st International Operational Satellite Oceanography Symposium, 2019年6月, アメリカ, カレッジパーク
62. Fujii, Y., C. Kobayashi, T. Ishibashi, and Y. Takaya, Development of weakly coupled atmosphere-ocean data assimilation system and the evaluation of the coupled reanalysis in JMA/MRI, JpGU meeting 2019, 2019年5月, 千葉県千葉市
63. Fujii, Y., Y. Xue, F. gasparin, and O. Alves, 10-Year Effort Evaluating the Tropical Pacific Observing Systems using Ocean Data Assimilation and Prediction Systems, OceanPredict'19, 2019年5月, カナダ, ハリファックス
64. Oshima, N., Development of the MRI Earth System Model (MRI-ESM2) and Evaluations of Radiative Effects of Black Carbon, The Workshop on Air Quality and Climate Research Across Scales, 2019年7月, 東京都
 - ・国内の会議・学会等: 102件
1. 豊田隆寛, 坂本圭, 碓氷典久, 広瀬成章, 田中潔, 勝間田高明, 高橋大介, 仁木将人, 轡田邦夫, 美山透, 中野英之, 浦川昇吾, 小松謙介, 川上雄真, 山中吾郎, 黒潮変動に影響される駿河湾の循環構造, 海洋力学における海岸/海底地形の役割と影響 (大槌シンポジウム海洋パート), 2021年7月, 岩手県大槌町
2. 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 (放射強制力、20世紀前半の北極温暖化、COVID-19による気候影響評価), ArCS II 第2回全体会合, 2021年6月, (オンライン)
3. 中野英之, 浦川昇吾, 坂本圭, 豊田隆寛, 山中吾郎, 渦解像モデルで再現された20世紀の日本沿岸の海面水位の長期変動, JpGU Meeting 2021: Virtual, 2021年6月, オンライン
4. 碓氷典久, 広瀬成章, 藤井陽介, 高野洋雄, なぜ2017年黒潮大蛇行は長期化しているのか?, JpGU Meeting 2021: Virtual, 2021年6月, オンライン
5. 川合秀明, 神代剛, 行本誠史, MRI-ESM2における南大洋の短波放射バイアスとダブルITCZ問題の関係, 日本気象学会2021年度春季大会, 2021年5月, オンライン
6. 石橋俊之, 観測誤差共分散行列の流れ依存性, 日本気象学会2021年度春季大会, 2021年5月, つくば市
7. 田中泰宙, 弓本桂也, 吉田真由美, 村上浩, 永尾隆, GCOM-C SGLI エーロゾルデータ同化・予測の実証実験, 日本気象学会2021年度春季大会, 2021年5月, つくば市
8. 高谷祐平, 石川一郎, 小林ちあき, 遠藤洋和, 尾瀬智昭, 2020年の活発な梅雨・メイユに対するインド洋の影響, 日本気象学会2021年度春季大会, 2021年5月, オンライン
9. 高谷祐平, 高野洋雄, 気象庁における波浪結合の開発

- (続報その1), 海洋波および大気海洋相互作用に関するワークショップ, 2021年3月, オンライン
10. 藤井陽介, 国際共同研究プロジェクト OceanPredict について, 日本海洋学会 2020 年度秋季大会, 2021 年 2 月, オンライン
 11. 広瀬成章, 碓氷典久, 坂本圭, 高野洋雄, 山中吾郎, 気象庁領域海況予測システム(日本沿岸海況監視予測システム)の開発と利用, 研究集会「宇宙環境の理解に向けての統計数理的アプローチ」, 2020 年 12 月, オンライン
 12. 豊田隆寛, 中野英之, 相木秀則, 尾形友道, 福富慶樹, 菅野湧貴, 浦川昇吾, 坂本圭, 山中吾郎, 名倉元樹, ENSO のエネルギーフローの海洋再解析からの診断, 黒潮/親潮続流域の力学過程とその学際的応用, 2020 年 12 月, 岩手県大槌町
 13. 伊藤耕介, 山田広幸, 栗原晴子, 宮田龍太, 平野創一朗, 坂本圭, 豊田隆寛, 大気海洋生態系結合モデルにより再現された 2018 年台風第 24 号通過に対する海洋応答, 日本海洋学会 2020 年度九州沖縄地区合同シンポジウム, 2020 年 12 月, 沖縄県中頭郡西原町
 14. 碓氷典久, 広瀬成章, 東シナ海海面水温と黒潮変動の関係, 2020 年度九州沖縄地区合同シンポジウム「南西諸島近海における大気・海洋・生態系」, 2020 年 12 月, 沖縄県中頭郡西原町
 15. 豊田隆寛, 中野英之, 相木秀則, 尾形友道, 福富慶樹, 菅野湧貴, 浦川昇吾, 坂本圭, 山中吾郎, 名倉元樹, 海洋再解析を用いた ENSO のエネルギーフロー診断, 日本海洋学会 2020 年度秋季大会, 2020 年 11 月, (オンライン)
 16. 中野英之, 松村義正, 辻野博之, 坂本圭, 浦川昇吾, 豊田隆寛, 山中吾郎, 粒子追跡法と渦解像モデルを用いた、東経 137 度に到達する水塊に対する中規模渦の働き, 日本海洋学会 2020 年度秋季大会, 2020 年 11 月, オンライン
 17. 牛島悠介, 辻野博之, 坂本圭, 気象研究所地球システムモデル MRI-ESM2.0 における日本沿岸の海面水位変動とその変動要因, 日本海洋学会 2020 年度秋季大会, 2020 年 11 月, オンライン
 18. 辻野博之, 小室芳樹, 浦川昇吾, 海洋モデル相互比較プロジェクトと日本からの貢献, 日本海洋学会 2020 年度秋季大会, 2020 年 11 月, オンライン
 19. 尾形友道, 相木秀則, 豊田隆寛, 結合モデルの ENSO に伴う海洋波動のエネルギー経路同定, 日本海洋学会 2020 年度秋季大会, 2020 年 11 月, (オンライン)
 20. 唐木達郎, 坂本圭, 木村伸吾, 笠井亮秀, 気象庁海洋大循環モデルを用いたニホンウナギの仔魚輸送実験, 日本海洋学会 2020 年度秋季大会, 2020 年 11 月, オンライン
 21. 坂本圭, 中野英之, 浦川昇吾, 豊田隆寛, 山中吾郎, 辻野博之, 解像度 2km 日本沿岸モデルを用いた沿岸滞留時間の推定(2), 日本海洋学会 2020 年度秋季大会, 2020 年 11 月, オンライン
 22. 広瀬成章, 碓氷典久, 坂本圭, 高野洋雄, 山中吾郎, 2km 高解像度現業海況システムを用いた 1971 年 9 月異常潮位の再現実験とその要因, 日本海洋学会 2020 年度秋季大会, 2020 年 11 月, オンライン
 23. 山中吾郎, 広瀬成章, 坂本圭, 碓氷典久, 高野洋雄, JPN システムによる海洋情

- 報の利活用, 日本海洋学会 2020 年度秋季大会, 2020 年 11 月, オンライン
24. 眞木貴史, 田中泰宙, 関山剛, 大島長, 梶野瑞王, 気象研究所地球システムモデルを用いた黄砂発生量予測, 大気化学討論会, 2020 年 11 月, (オンライン)
 25. 大島長, 行本誠史, 出牛 真, 神代 剛, 川合秀明, 田中泰宙, 吉田康平, 気象研究所地球システムモデルを用いた人為起源気体とエアロゾルによる有効放射強制力の推定, 第 25 回大気化学討論会, 2020 年 11 月, 名古屋市
 26. 川合秀明, 神代剛, 亜熱帯下層雲の放射冷却は夏季の亜熱帯高気圧を強化するか?, 日本気象学会 2020 年度秋季大会, 2020 年 10 月, オンライン
 27. 眞木貴史, 近藤圭一, 中村貴, 衛星観測データバイアス補正による炭素収支解析への影響, 日本気象学会 2020 年度秋季大会, 2020 年 10 月, オンライン
 28. 千葉丈太郎, 川合秀明, 層積雲スキーム改良による SST-SW フィードバックの改善, 日本気象学会 2020 年度秋季大会, 2020 年 10 月, オンライン
 29. 酒井哲, 内野修, 永井智広, 吉田智, 小司禎教, 大島長, 眞木貴史, 森野勇, Richard Querel, Ben Liley, ニュージーランド・ローダー上空高度 24-31 km で観測された非球形粒子と低濃度オゾン, 日本気象学会 2020 年度秋季大会, 2020 年 10 月, オンライン
 30. 川合秀明, 神代剛, 遠藤洋和, 荒川理, 全球の海霧の分布とその温暖化時の変化, 日本気象学会 2020 年度秋季大会, 2020 年 10 月, オンライン
 31. 高谷祐平, 齊藤直彬, 石川一郎, ENSO-アジアモンスーン関係の再考, 日本気象学会 2020 年度秋季大会, 2020 年 10 月, オンライン
 32. 酒井 哲, 内野修, 永井智広, 吉田智, 小司禎教, 大島長, 眞木貴史, 森野勇, Richard Querel, Ben Liley, ニュージーランド・ローダー上空高度 24-31 km で観測されたオーストラリア森林火災起源と考えられる非球形粒子と低濃度オゾン, 第 38 回レーザーセンシングシンポジウム, 2020 年 9 月, 日本
 33. 藤井陽介, 広瀬成章, 豊田隆寛, 高槻靖, 石川一郎, 足立恭将, 杉本裕之, 小森拓也, 気象予測での海洋データ同化システムの利用に向けて, 第 24 回データ同化夏の学校, 2020 年 8 月, オンライン, オンライン
 34. 石橋俊之, 数値天気予報のための全球大気解析の高精度化に関する研究, 神戸大学惑星科学研究センターセミナー, 2020 年 8 月, リモート
 35. 小杉 如央, 広瀬 成章, 豊田 隆寛, 石井 雅男, 栄養塩をトレーサーとした日本海中層水に含まれる淡水起源の推定, JpGU-AGU Joint Meeting 2020: Virtual, 2020 年 7 月, オンライン
 36. 関山剛, 弓本桂也, 眞木貴史, 田中泰宙, 竹村俊彦, 多波長光学イメージャを用いた大気エアロゾルの監視, 同化予測および再解析プロダクトの作成, 日本地球惑星科学連合 2020 年大会, 2020 年 7 月, オンライン
 37. 千葉丈太郎, 川合秀明, 層積雲スキーム改良による SST-SW フィードバックの改善, 日本気象学会 2020 年度春季大会, 2020 年 5 月, 神奈川県川崎市
 38. 石橋俊之, 雷光観測の全球同化 (序), 日本気象学会 2020 年度春季大会, 2020 年 5 月, 川崎市
 39. 川合秀明, エアロゾルの雲への影響についての認識は適切か?, エアロゾル・

- 雲・降水の相互作用に関する研究集会，2020年2月，東京都立川市
40. 藤井陽介，準ニュートン法の海洋データ同化・予測システムでの利用について，準ニュートン法の海洋データ同化・予測システムでの利用について，名古屋大統数研共同ワークショップ「宇宙地球環境の理解に向けての統計数理的アプローチ」，2019年12月，愛知県名古屋市
 41. 坂本圭，中野英之，浦川昇吾，豊田隆寛，辻野博之，山中吾郎，日本沿岸海況監視予測システムを利用した湾スケール・モデルの機動的開発，日本海及び日本周辺海域の海況モニタリングと波浪計測に関する研究集会，2019年12月，福岡県春日市
 42. 広瀬成章，碓氷典久，坂本圭，山中吾郎，高野洋雄，海洋短波レーダ等を用いた日向灘周辺における2km高解像度現業海況システムの検証，海洋レーダを用いた海況監視システムの開発と応用，2019年12月，福岡県春日市
 43. 竹村和人，向川均，前田修平，夏季日本付近におけるロスビー波の碎波頻度と関連する大気循環，日本気象学会研究連絡会「長期予報と大気大循環」，2019年12月，東京
 44. 小林ちあき，石川一郎，季節予測システムで予測された2018年北半球中緯度高温偏差，研究会「長期予報と大気大循環」，2019年12月，東京都千代田区
 45. 豊田隆寛，海氷モデルにおける力学パラメータの状態変数への依存性の検討，第2回次世代海洋海氷結合モデル・ワークショップ2019，2019年11月，新潟市
 46. 吉田康平，成層圏突然昇温は熱帯の対流を促進するか？，異常気象研究会2019・第7回観測システム・予測可能性研究連絡会「異常気象の発現メカニズムと大規模大気海洋変動の複合過程」，2019年11月，京都府宇治市
 47. 小林ちあき，石川一郎，2018年の北半球中緯度高温偏差，異常気象研究会2019・第7回観測システム・予測可能性研究連絡会「異常気象の発現メカニズムと大規模大気海洋変動の複合過程」，2019年11月，京都府宇治市
 48. 大島長，SE-Dome コアによるエアロゾルデータベースのモデル研究への適用・応用とMRI-ESM2による放射強制力の推定，グリーンランド南東ドームアイスコアに関する研究集会，2019年11月，北海道札幌市
 49. 出牛真，北半球冬季における成層圏オゾン変動が季節内スケールの対流圏循環に及ぼす影響，異常気象研究会2019・第7回観測システム・予測可能性研究連絡会「異常気象の発現メカニズムと大規模大気海洋変動の複合過程」，2019年11月，京都府宇治市
 50. 今田由紀子，辻野博之，山中吾郎，浦川昇吾，熱帯不安定波が大気大循環に与える影響，日本気象学会2019年度秋季大会，2019年10月，福岡県福岡市
 51. 眞木貴史，田中泰宙，大島長，弓本桂也，板橋秀一，黒川純一，大原利眞，逆推計を用いた東アジアにおけるBC排出量推定，日本気象学会秋季大会，2019年10月，福岡県福岡市
 52. 中川友進，尾上洋介，川原慎太郎，荒木文明，小山田耕二，松岡大祐，石川洋一，藤田実季子，杉本志織，岡田靖子，川添祥，渡辺真吾，石井正好，水田亮，村田昭彦，川瀬宏明，大規模アンサンブル気候データの効率的な解析に向けたコンテ

- ンツベース検索システム, 日本気象学会 2019 年度秋季大会, 2019 年 10 月, 福岡市
53. 直江寛明, 吉田康平, QB0i 実験における Holton-Tan メカニズムの温暖化応答, 日本気象学会 2019 年度秋季大会, 2019 年 10 月, 福岡市
 54. 新藤永樹, 気象研究所地球システムモデルへの JPL Eddy-Diffusivity / Mass-Flux and Shallow Convection Scheme の導入, 日本気象学会 2019 年度秋季大会, 2019 年 10 月, 福岡県福岡市
 55. 神代 剛, 川合秀明, 行本誠史, 新しい統合的推定指標で理解される亜熱帯海洋下層雲フィードバック, 日本気象学会 2019 年度秋季大会, 2019 年 10 月, 福岡県福岡市
 56. 行本誠史, 相澤拓郎, 神代剛, 20 世紀における半球規模の気温トレンド変化の要因, 日本気象学会 2019 年度秋季大会, 2019 年 10 月, 福岡
 57. 石橋俊之, 4 次元の背景誤差共分散行列を使った 4D-Var によるアンサンブル生成と決定論的解析 (4), 日本気象学会 2019 年度秋季大会, 2019 年 10 月, 福岡県福岡市
 58. 近藤圭一, 三好建正, 背景誤差の非ガウス分布を考慮したアンサンブル同化手法, 日本気象学会 2019 年度秋季大会, 2019 年 10 月, 福岡県福岡市
 59. 小林ちあき, 石川一郎, 藤井陽介, 結合同化システムの短期再解析実験における降水量と SST、海面フラックスとの関係, 日本気象学会 2019 年度秋季大会, 2019 年 10 月, 福岡県福岡市
 60. 川合秀明, 行本誠史, 神代剛, 大島長, 田中泰宙, 吉村裕正, 長澤亮二, MRI-ESM2 の雲表現の改良における様々な苦勞, 日本気象学会 2019 年度秋季大会, 2019 年 10 月, 福岡県福岡市
 61. 豊田隆寛, 中野英之, 海洋再解析における ENSO に関わるエネルギーフラックスの診断, 「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」研究会, 2019 年 10 月, 大分県
 62. 広瀬成章, 碓氷典久, 坂本圭, 山中吾郎, 高野洋雄, 2km 高解像度現業海況システムを用いた紀伊水道における急潮の統計評価, 日本海洋学会 2019 年度秋季大会, 2019 年 9 月, 富山県富山市
 63. 豊田隆寛, 木村詞明, 浦川昇吾, 辻野博之, 中野英之, 坂本圭, 山中吾郎, 海氷速度データを利用した北極海モデリングの改善, 日本海洋学会 2019 年度秋季大会, 2019 年 9 月, 富山市
 64. 中野英之, 辻野博之, 坂本圭, 浦川昇吾, 豊田隆寛, 山中吾郎, 気象研究所共用海洋モデル(MRI.COM) の時間積分スキーム更新, 日本海洋学会 2019 年度秋季大会, 2019 年 9 月, 富山県富山市
 65. 山中吾郎, 中野英之, 豊田隆寛, 坂本圭, 浦川昇吾, 辻野博之, 西川史朗, 若松剛, 石川洋一, SI-CAT 海洋プロダクトに基づく日本周辺海況の将来予測, 日本海洋学会 2019 年度秋季大会, 2019 年 9 月, 富山県富山市
 66. 大島長, MRI-ESM2 でのエアロゾルコンポーネント, 第一回気候モデル開発コンソーシアム, 2019 年 9 月, 東京

67. 小林ちあき, 2018年夏季の北半球中緯度高温偏差, 第8回波と平均流の相互作用に関する研究会, 2019年9月, 新潟県新潟市
68. 石橋俊之, 全球解析に関する最近の研究から, 第3回 理研・気象庁 データ同化に関する情報交換会, 2019年8月, 東京都
69. 広瀬成章, 碓氷典久, 坂本圭, 山中吾郎, 高野洋雄, 2km 解像度沿岸海況システムで再現された急潮及び暖水波及, 日本海及び日本周辺海域における環境急変現象(急潮)のモニタリング、モデリング及びメカニズム解明に関する研究集会, 2019年8月, 福岡県春日市
70. 坂本圭, MRI.COM 開発における部外との連携強化について(2), 東京大学大気海洋研究所国際沿岸海洋研究センター研究集会「陸域・沿岸海域・外洋域をつなぐ数値モデリングシステムの構築に向けて」, 2019年7月, 岩手県上閉伊郡大槌町
71. 坂本圭, 気象庁現業運用に向けた日本沿岸海況監視予測システムの開発, 東京大学大気海洋研究所国際沿岸海洋研究センター研究集会(大槌シンポジウム海洋パート)「北太平洋を中心としたマルチスケール海洋変動と分野横断研究」, 2019年7月, 岩手県上閉伊郡大槌町
72. 豊田隆寛, 木村詞明, 浦川昇吾, 辻野博之, 中野英之, 坂本圭, 山中吾郎, 海洋・海氷シミュレーションにおける海氷速度データの利用, 太平洋を中心としたマルチスケール海洋変動と分野横断的研究(大槌シンポジウム・海洋パート), 2019年7月, 岩手県大槌町
73. 広瀬成章, 碓氷典久, 坂本圭, 山中吾郎, 高野洋雄, 日本近海 2km 解像度海況データ同化システムを用いた 10 年再解析, 研究集会「縁辺海と外洋とを繋ぐ対馬暖流系の物理・化学・生物過程」, 2019年7月, 北海道札幌市
74. 近藤圭一, 不完全な背景誤差共分散がアンサンブルデータ同化に与える影響, 統数研・気象研勉強会, 2019年6月, 港区
75. 豊田隆寛, 海洋モデルにおける海氷速度データの利用, 次世代大気-海洋-海氷結合モデリング研究会, 2019年6月, 新潟市
76. 藤井陽介, 海洋データ同化システムを用いた全球海洋観測システムのインパクト評価, JpGU meeting 2019, 2019年5月, 千葉県千葉市
77. 碓氷典久, 広瀬成章, 坂本圭, 藤井陽介, 高野洋雄, 2017年黒潮大蛇行の長期予測, JpGU meeting 2019, 2019年5月, 千葉県千葉市
78. 坂本圭, 中野英之, 浦川昇吾, 豊田隆寛, 辻野博之, 山中吾郎, 日本沿岸海況監視予測システムを利用した湾スケール・モデルの機動的開発, JpGU meeting 2019, 2019年5月, 千葉県千葉市
79. 中川友進, 川原慎太郎, 荒木文明, 松岡大祐, 石川洋一, 藤田実季子, 杉本志織, 岡田靖子, 川添祥, 渡辺真吾, 石井正好, 水田亮, 村田昭彦, 川瀬宏明, 大規模アンサンブル気候データの効率的な解析に向けたコンテンツベース検索システム, 日本地球惑星科学連合 2019年大会, 2019年5月, 千葉市
80. 山中吾郎, 中野英之, 坂本圭, 豊田隆寛, 浦川昇吾, 辻野博之, 西川史朗, 若松剛, 石川洋一, 日本周辺の SI-CAT 海洋プロダクトの検証, JpGU meeting 2019, 2019年5月, 千葉県千葉市

81. 高谷祐平, 2018 年夏季の活発な台風活動に対する太平洋南北モードの影響, 日本気象学会 2019 年度春季大会, 2019 年 5 月, 東京
82. 小畑淳, 辻野博之, 行本誠史, 早魃、飢饉を地球システムモデルで探る, 日本気象学会 2019 年度春季大会, 2019 年 5 月, 東京都渋谷区
83. 川合秀明, 神代剛, 吉村裕正, 遠藤洋和, 中川雅之, 積雲対流スキームの役割の実情, 日本気象学会 2019 年度春季大会, 2019 年 5 月, 東京都
84. 小林ちあき, 石川一郎, 結合モデルで予測された半年以上継続する 2018 年北半球中緯度高温偏差, 日本気象学会 2019 年度春季大会, 2019 年 5 月, 東京都
85. 豊田隆寛, 人工衛星観測データ同化, 研究会: 気候研究における新手法の活用, 2019 年 5 月, 長崎市 .
86. 小林ちあき, 前田修平, 2019 年南半球成層圏突然昇温後の対流圏における負の南極振動の持続と季節予測可能性, 日本地球惑星科学連合 2021 年大会, 2021 年 6 月, オンライン, オンライン
87. 坂本圭, 浦川昇吾, 広瀬成章, 中野英之, 豊田隆寛, 碓氷典久, 山中吾郎, 日本沿岸海況監視予測システムにおける河川流出の高度化に向けて, JpGU Meeting 2021: Virtual, 2021 年 6 月, オンライン
88. 川合秀明, 気候モデルにおける南大洋の雲, 国立極地研究所気水圏コロキウム, 2021 年 5 月, オンライン
89. 伊藤耕介, 藤井陽介, 4 次元データ同化による解析インクリメントの構造はどう決まるのか?, 第 11 回データ同化ワークショップ, 2021 年 2 月, オンライン
90. 川合秀明, 総説: 海上の下層雲の概要、気候モデルにおけるそのパラメタリゼーション, エアロゾル・雲・降水の相互作用に関する研究集会, 2021 年 2 月, オンライン
91. 川合秀明, 何が地球の将来の温度を決めるのか?, 地球環境講演会, 2021 年 1 月, オンライン
92. 川合秀明, 地球温暖化によって将来の気候はどう変わるのか?, 船橋市・オンライン市民公開講座, 2020 年 12 月, オンライン
93. 21. 浅井博明, 檜垣将和, 平原幹俊, 桜井敏之, 小林熙, 碓氷典久, 坂本圭, 広瀬成章, 気象庁現業海洋データ同化・予測システムの更新, 日本海洋学会 2020 年度秋季大会, 2020 年 11 月, オンライン
94. 碓氷典久, 高解像度海洋データ同化システムの開発とそれを用いた観測システム評価, 2019 年度 名古屋大学宇宙地球環境研究所研究集会, 2020 年 2 月, 名古屋
95. 前田修平, 気候形成・変動に関する素朴な疑問～気候系監視・季節予報の現場の視点から～, 第 1 回気候形成・変動機構研究連絡会, 2019 年 10 月, 福岡
96. 碓氷典久, 水産利用に資する高解像度海洋再解析データの作成, 日本海洋学会 2019 年度秋季大会ナイトセッション「海洋・水産分野への利用に向けたデータ同化と衛星観測」, 2019 年 9 月, 富山県富山市
97. 碓氷典久, 高解像度海洋モデル・データ同化システムを用いた黒潮研究, 日本海洋学会 2019 年度秋季大会シンポジウム「今後の黒潮と周辺海域の国際共同観測を考える」, 2019 年 9 月, 富山県富山市

98. 大島長、田中泰宙、神代剛、出牛真、相澤拓郎、保坂征宏、川合秀明、行本誠史、飯塚芳徳、東久美子、青木輝夫、気象研究所地球システムモデルによる過去再現実験での北極域のエアロゾルと気候変動、日本地球惑星科学連合 2019 年大会、2019 年 5 月、千葉県千葉市
 99. 前田修平、ENSOに伴う気候システム変動の諸相、日本地球惑星科学連合 2019 年大会、2019 年 5 月、千葉県千葉市
 100. 中野英之、辻野博之、坂本圭、浦川昇吾、豊田隆寛、山中吾郎、松村義正、OGCM と粒子追跡法を用いた 137E 測線に到達する水塊における中規模渦に捕捉された輸送の影響、日本地球惑星科学連合 2019 年大会、2019 年 5 月、千葉県千葉市
 101. 関山剛、大気エアロゾルの確率予測、データ同化、そして深層学習、第 38 回エアロゾル科学・技術研究討論会、2021 年 8 月、オンライン
 102. 関山剛、深層畳み込みニューラルネットワークを用いた気象場の総観スケールからメソスケールへの統計的ダウンスケーリング、日本地球惑星科学連合 2021 年大会、2021 年 6 月、オンライン
イ. ポスター発表
・国際的な会議・学会等 : 46 件
1. Fujii, Y., C. Kobayashi, I. Ishikawa, and Y. Takaya, Evaluation of a coupled atmosphere-ocean reanalysis using tropical Pacific mooring data, US CLIVAR Tropical Pacific Observing Needs Workshop, 2021 年 5 月, オンライン, オンライン
 2. Kosaka, Y., Y. Takaya, M. Watanabe, S. Maeda, The Pacific-Indian Ocean coupling and seasonal prediction of the Asian summer climate, WCRP-CLIVAR Workshop on Climate Interactions among the Tropical Basins, 2021 年 2 月, オンライン
 3. Takaya, Y., N. Saito, I. Ishikawa, S. Maeda, Two Tropical Routes for the Remote Influence of the Northern Tropical Atlantic on the Indo-western Pacific Summer Climate, WCRP-CLIVAR Workshop on Climate Interactions among the Tropical Basins, 2021 年 2 月, オンライン
 4. Kobayashi, C., and I. Ishikawa, Prolonged Northern-Mid-Latitude Tropospheric Warming in 2018 Well Predicted by the JMA Operational Seasonal Prediction System, AGU Fall Meeting 2020, 2020 年 12 月, 米国, virtual
 5. Subramanian, A., Y. Fujii, Y. Takaya, et al., Impact of ocean observation systems on ocean analyses and subseasonal forecasts in the Indo-Pacific region, 2020 AGU Fall Meeting, 2020 年 12 月, アメリカ, サンフランシスコ
 6. Toyoda, T., N. Kimura, L. S. Urakawa, H. Tsujino, H. Nakano, K. Sakamoto, and G. Yamanaka, Optimization of dynamic parameters of sea ice models based on satellite-derived sea ice velocity data, JpGU-AGU Joint Meeting 2020, 2020 年 7 月, 千葉市
 7. Ganeshi, N., M. Mujumdar, R. Krishnan, M. Goswami, Y. Takaya and T. Terao,

- Understanding the impact of soil moisture variations on temperature extremes over the Indian region, JpGU-AGU Joint Meeting 2020: Virtual, 2020年7月, オンライン
8. Taichu Y Tanaka, Keiya Yumimoto, Mayumi Yoshida, Hiroshi Murakami, Takashi M. Nagao, Megumi Okata, Aerosol data assimilation experiment using GCOM-C SGLI aerosol product, JpGU-AGU Joint Meeting 2020: Virtual, 2020年7月, オンライン
 9. 吉田康平, Do sudden stratospheric warmings boost convective activity in the tropics?, JpGU-AGU Joint Meeting 2020: Virtual, 2020年7月, オンライン
 10. Ishibashi, T., Observation impact study in global numerical weather prediction, JpGU-AGU Joint Meeting 2020: Virtual, 2020年7月, オンライン
 11. Ishibashi, T., Data assimilation of lightning observation data for global numerical weather prediction, JpGU-AGU Joint Meeting 2020: Virtual, 2020年7月, オンライン
 12. Tsujino, H., A. Obata, S. Yukimoto, M. Hosaka, T. Tanaka, K. Toyama, T. Koshiro, S. Urakawa, H. Nakano, Evaluation of carbon cycles in a suite of CMIP6-C4MIP experiments by Meteorological Research Institute Earth System Model version 2.0 (MRI-ESM2.0), JpGU-AGU Joint Meeting 2020: Virtual, 2020年7月, 千葉県千葉市
 13. Kawai, H., and T. Koshiro, Stability Index for Marine Low Cloud Cover over the Mid-latitudes, JpGU-AGU Joint Meeting 2020: Virtual, 2020年7月, オンライン
 14. Urakawa, S., H. Tsujino, H. Nakano, T. Toyoda, K. Sakamoto, and G. Yamanaka, Water mass transformation by surface buoyancy flux in the Southern Ocean and its possible impact on AMOC in CMIP6 experiments of JMA/MRI, Ocean Sciences Meeting 2020, 2020年2月, アメリカ, サンディエゴ
 15. Yamanaka, G., H. Nakano, T. Toyoda, K. Sakamoto, S. Urakawa, H. Tsujino, S. Nishikawa, T. Wakamatsu and Y. Ishikawa, Assessing future climate changes in the northwestern North Pacific around Japan using a high-resolution regional ocean model, Ocean Science Meeting 2020, 2020年2月, 米国, サンディエゴ
 16. Wagawa, T., Y. Igeta, K. Sakamoto and M. Kuga, Offshore spreading of river discharge in the Japan Sea: glider surveys and numerical experiments, Ocean Science Meeting 2020, 2020年2月, 米国, サンディエゴ
 17. Sakamoto, K., H. Tsujino, H. Nakano, S. L. Urakawa, T. Toyoda and G. Yamanaka, Estimate of the shelf residence time using a 2-km resolution Japanese coastal model, Ocean Science Meeting 2020, 2020年2月, 米国, サンディエゴ
 18. Takano, Y., J. Tjiputra, J. Schwinger, M. Gröger, J. Hieronymus, T. Koenig, S. Berthet, R. Séférian, L. Bopp, A. Yool, J. Palmieri, M. Watanabe, S. Urakawa, H. Nakano, H. Tsujino, M. C. Long, J. P. Krasting, J. P. Dunne, and

- T. Ilyina, Ocean Modeling Perspectives of Multi-Decadal Ocean Deoxygenation and Heat Content Evolutions, Ocean Sciences Meeting 2020, 2020年2月, アメリカ, サンディエゴ
19. Sakamoto, T. T., S. Urakawa, S. Itoh, H. Hasumi, and K. Tanaka, Modeling productivity in lower trophic levels in Otsuchi Bay, northeast of Japan, using a nested OGCM with a biogeochemical component, Ocean Sciences Meeting 2020, 2020年2月, アメリカ, サンディエゴ
 20. Ishizaki, S, H. Sugimoto, T. Yoshida, Y. Fujii, I. Ishikawa, S. Hirahara, Y. Adachi, Y. Kubo, J. Chiba, and T. Komori, Development of the next-generation operational global ocean data assimilation system in JMA, Ocean Science Meeting 2020, 2020年2月, 米国, サンディエゴ
 21. Miyoshi, T., S. Kotsuki, K. Kondo, and R. Potthast, Local Particle Filter Implemented with Minor Modifications to the LETKF Code, AMS 100th Annual Meeting, 2020年1月, アメリカ, ボストン
 22. Kondo, K., T. Miyoshi, Non-Gaussian statistics in global atmospheric dynamics with a 10240-member ensemble Kalman filter experiment using an intermediate AGCM, American Geophysical Union 2019 Fall meeting, 2019年12月, アメリカ, サンフランシスコ
 23. Kawai, H., T. Koshiro, H. Endo, and O. Arakawa, Mechanisms of Changes in Marine Fog in CMIP5 Multi-Model Simulations, AGU Fall Meeting, 2019年12月, アメリカ, サンフランシスコ
 24. Maki, T., T. Nakamura, K. Kondo, S. Yabu, Constructing a carbon flux estimation system with originally bias corrected satellite data, AGU Fall Meeting, 2019年12月, アメリカ, サンフランシスコ
 25. Yoshida, K., Do sudden stratospheric warmings boost convective activity in the tropics?, Workshop: Stratospheric predictability and impact on the troposphere, 2019年11月, イギリス, レディング
 26. Kohno, N., and Y. Takaya, Development of an atmosphere-wave coupled model, 2nd International Workshop on Waves, Storm Surges, and Coastal Hazards, 2019年11月, オーストラリア, メルボルン
 27. Naoe, H. and K. Yoshida, Holton-Tan mechanism in the effect of the QBO on the polar vortex in MRI-ESM 2.0 QBOi experiments, 大気力学変動モデル相互比較プロジェクト (DynVarMIP), 2019年10月, スペイン, マドリード
 28. Maki, T., K. Kondo, S. Yabu and T. Nakamura, Constructing a global carbon flux estimation system with bias corrected satellite data, The Integrated Global Greenhouse Gas Information System (IG3IS) -Transcom Workshop, 2019年10月, フランス, パリ
 29. Nakagawa, Y., Y. Onoue, S. Kawahara, F. Araki, K. Koyamada, D. Matsuoka, Y. Ishikawa, M. Fujita, S. Sugimoto, Y. Okada, S. Kawazoe, S. Watanabe, M. Ishii, R. Mizuta, A. Murata, H. Kawase, A content-based retrieval system for

- conventional and machine learning methods to analyze large volume climate data, The 9th International Workshop on Climate Informatics, 2019年10月, フランス, パリ
30. Koshiro, T., H. Kawai, and S. Yukimoto, Can low cloud feedback be explained based on low cloud indices?, CFMIP Meeting on Clouds, Precipitation, Circulation, and Climate Sensitivity, 2019年10月, ギリシャ, ミコノス
 31. Fujii, Y. and N. Usui et al., Observing System Evaluation Based on Ocean Data Assimilation and Prediction Systems: On-going Challenges and a Future Vision for Designing and Supporting Ocean Observational Networks, OceanObs' 19, 2019年9月, アメリカ, ホノルル
 32. Usui, N., N. Hirose, Y. Fujii, T. Toyoda, and Y. Takatsuki, FORA-WNP30 high-resolution ocean reanalysis for the western North Pacific, OceanObs' 19, 2019年9月, アメリカ, ホノルル
 33. Yamanaka, G., K. Sakamoto, N. Usui, N. Hirose, S. Urakawa, H. Nakano, T. Toyoda, Y. Fujii, H. Tsujino, and N. Kohno, Development of the Japanese Coastal Ocean Monitoring and Forecasting System and future plans for the next decade, OceanObs' 19, 2019年9月, アメリカ, ホノルル
 34. Mizuta, R., Changes in very extreme precipitation due to global warming in a large ensemble by 60-km AGCM, The Large Ensembles Workshop, 2019年7月, アメリカ, ボルダー
 35. Maki, T., T. Y. Tanaka, N. Oshima, T. T. Sekiyama, K. Kondo, J. Kurokawa, K. Yumimoto, and T. Ohara, Analysis of BC emissions in East Asia using inverse model, 日本地球惑星科学連合2019年大会, 2019年5月, 千葉県千葉市
 36. 豊田隆寛, 青木輝夫, 庭野匡思, 谷川朋範, 浦川昇吾, 辻野博之, 中野英之, 坂本圭, 広瀬成章, 山中吾郎, Impact of observation-based snow albedo with starting temperature of -2°C for surface melting effect on a global ocean simulation, 日本地球惑星科学連合2019年大会, 2019年5月, 千葉市
 37. Ishibasi, T., T. Iriguchi, Y. Fujii, T. Yasuda, Y. Takaya, N. Saito, T. Onog, Numerical Weather Prediction Experiments using a Coupled Atmosphere-Ocean Data Assimilation System in JMA/MRI (3), JpGU meeting 2019, 2019年5月, 千葉県千葉市
 38. 坂本天, 浦川昇吾, 伊藤幸彦, 羽角博康, 田中潔, Modeling productivity in lower trophic levels in Otsuchi Bay, northeast of Japan, using a nested OGCM with a biogeochemical component, JpGU meeting 2019, 2019年5月, 千葉県千葉市
 39. 浦川昇吾, 中野英之, 辻野博之, 坂本圭, 豊田隆寛, 山中吾郎, Influence of enhanced deep circulation due to geothermal heat on biogeochemical cycle in the Pacific Ocean, JpGU meeting 2019, 2019年5月, 千葉県千葉市
 40. Hirose N., N. Usui, K. Sakamoto, H. Tsujino, G. Yamanaka, H. Nakano, S. Urakawa, T. Toyoda, Y. Fujii and N. Kohno, Development of a new operational

- ocean system for monitoring and forecasting coastal and open ocean states around Japan, OceanPredict' 19, 2019年5月, カナダ, ハリファックス
41. Mine, K., M. Hirabara, M. Higaki, H. Asai, H. Kobayashi, T. Sakurai, N. Usui, N. Hirose, and Y. Fujii, Operational ocean data assimilation/prediction system for the western North Pacific at JMA, OceanPredict' 19, 2019年5月, ハリファックス
 42. Wakamatsu, T., N. Usui, Y. Fujii, Y. Tanaka, and Y. Ishikawa, Post validation of the Four-dimensional Ocean Reanalysis of the Western North Pacific over 30 years (FORA-WNP30), OceanPredict' 19, 2019年5月, カナダ, ハリファックス
 43. Ishizaki, S, H. Sugimoto, Y. Fujii, I. Ishikawa, S. Hirahara, Y. Adachi, Y. Kubo, and T. Komori, Developing the next-generation operational global ocean data assimilation system at JMA, OceanPredict' 19, 2019年5月, カナダ, ハリファックス
 44. Fujii, Y., N. Usui, et al., Contribution of the GODAE OceanView Observing System Evaluation Task Team to OceanObs' 19, OceanPredict' 19, 2019年5月, カナダ, ハリファックス
 45. Fujii, Y., A. Storto, and S. R. Jayne, Activity of CLIVAR-GSOP and its contribution to the GODAE OceanView community, OceanPredict' 19, 2019年5月, カナダ, ハリファックス
 46. Nakagawa, Y., Y. Onoue, S. Kawahara, F. Araki, K. Koyamada, D. Matsuoka, Y. Ishikawa, M. Fujita, S. Sugimoto, Y. Okada, S. Kawazoe, S. Watanabe, M. Ishii, R. Mizuta, A. Murata, H. Kawase, A content-based database system for large volume climate data, VizAfrica Botswana 2019, 2019年11月, ボツワナ, ハボローネ

・国内の会議・学会等 : 12 件

1. 清水 健太, 佐藤 利典, 村田 耕一, 碓氷 典久, 塩原 肇, 山田 知朗, 篠原 雅尚, マルチチャンネル特異スペクトル解析を用いた海底圧力計データからの海洋変動成分の除去, JpGU Meeting 2021: Virtual, 2021年6月, オンライン
2. 和川拓, 井桁庸介, 坂本圭, 春季における佐渡島沖合域の上層低塩水の形成過程, 日本海洋学会 2020 年度秋季大会, 2020年11月, オンライン
3. 田中泰宙, 辻野博之, 足立恭将, 小畑淳, 中野英之, 保坂征宏, 神代剛, 行本誠史, 地球システムモデルによるCMIP6 実験での大気CO₂分布再現性の評価, 日本気象学会 2020 年度秋季大会, 2020年10月, オンライン
4. 石橋俊之, 雷光観測の全球同化 (序), 日本気象学会 2020 年度秋季大会, 2020年10月, オンライン
5. 田中泰宙, 弓本桂也, 吉田真由美, 村上浩, 永尾隆, エーロゾルデータ同化に向けた GCOM-C SGLI エーロゾルプロダクトの検証, 日本気象学会 2019 年度秋季大会, 2019年10月, 福岡市
6. 坂本天, 浦川昇吾, 伊藤幸彦, 羽角博康, 田中潔, ネスティング手法を用いた大

- 槌湾における低次生産過程モデリング, 日本海洋学会 2019 年度秋季大会, 2019 年 9 月, 富山県富山市
7. 伊藤耕介, 坂本圭, 豊田隆寛, 大気-海洋-生態系結合モデルを用いた台風停滞に伴う生態系応答の再現, 日本海洋学会 2019 年度秋季大会, 2019 年 9 月, 富山県富山市
 8. 浦川昇吾, 辻野博之, 中野英之, 豊田隆寛, 坂本圭, 山中吾郎, 気象研究所地球システムモデル及び海洋モデルにおける南大洋海面過程と大西洋子午面循環の関係, 日本海洋学会 2019 年度秋季大会, 2019 年 9 月, 富山県富山市
 9. 坂本圭, 山中吾郎, 中野英之, 浦川昇吾, 豊田隆寛, 辻野博之, 気象研究所共用海洋モデル「MRI.COM」開発における部外との連携強化, 日本海洋学会 2019 年度秋季大会, 2019 年 9 月, 富山県富山市
 10. 広瀬成章, 碓氷典久, 坂本圭, 山中吾郎, 高野洋雄, 2-km 解像度データ同化モデルで再現された 2017 年黒潮大蛇行とその沿岸域への影響, 日本地球惑星科学連合 2019 年大会, 2019 年 5 月, 千葉県千葉市
 11. 中野俊也, 延与和敬, 笹野大輔, 浦川昇吾, 辻野博之, 中野英之, 石井雅男, 北太平洋メラネシア海盆の底層水におけるフロン類の最初の検出, JpGU meeting 2019, 2019 年 5 月, 千葉県千葉市
 12. 近藤圭一, モデルが不完全な場合における背景誤差相関について, 日本気象学会 2019 年度春季大会, 2019 年 5 月, 東京都渋谷区

(4) 投稿予定論文

1. Yoshimura, H., 2021: Improved double Fourier series on a sphere and its application to a semi-implicit semi-Lagrangian shallow water model. Geoscientific Model Development. (投稿中)
2. Qin, X., M. Yamaguchi, N. Usui, and N. Hirose, 2020: Environmental conditions determining the timing of the lifetime maximum intensity of tropical cyclones western North Pacific and their frequency of occurrence. Advances in Atmospheric Sciences. (投稿中)

7.2 報道・記事

- ・令和元年 12 月「CO₂ の放出と吸収のより正確な推定に成功」(千葉大学他)
- ・令和 2 年 1 月「黄砂に関する情報を拡充します」(気象庁他)
- ・令和 2 年 10 月「きめ細かな海流・海水温の情報提供を開始～潮位情報の改善～」(気象庁)
- ・令和 3 年 2 月「令和 2 年の活発な梅雨に熱帯インド洋が与えた影響を解明」(気象研)
- ・令和 3 年 4 月「1 年先の夏季アジアモンスーンの予測に成功」(気象研)
- ・令和 3 年 4 月「我が国における金属由来の粒子酸化能の大気中濃度について、初めて予測に成功し、発生源別の寄与率を評価しました」(気象研)
- ・令和 3 年 5 月「SO₂ 排出削減にもかかわらず硫酸エアロゾル減少が鈍化する原因を特定」(東京工業大学他)

- ・令和3年5月「コロナ禍によるCO₂等排出量の減少が地球温暖化に与える影響は限定的」（海洋研究開発機構他）
- ・令和3年6月「温室効果ガス収支をマルチスケールで監視するための環境研究総合推進費プロジェクトの開始について」（国立環境研究所他）

7.3 その他（6.（4）「成果の他の研究への波及状況」関連）

- ・前中期計画で開発し、本課題で現業化支援を行った日本沿岸海況監視予測システムが、令和2年10月に気象庁海洋気象業務にて運用開始された。
- ・本課題で解析を行った日本周辺の海況（海水温、海面水位、海氷、海洋循環）の将来予測結果は、令和2年12月に「日本の気候変動2020」として公表された。
- ・本課題で開発した海氷同化・予測手法を導入した日本沿岸海況監視予測システムによる海氷予測情報が令和3年12月から配信される予定である。
- ・本課題で本庁と共同開発した季節予測システムが、令和4年2月に本庁で運用を開始する予定である。
- ・本課題で開発した領域化学輸送モデルの高解像度版（asuca対応）が令和2年に気象庁大気汚染気象業務にて運用開始された。
- ・本課題で開発したエアロゾルデータ同化システムが令和2年に黄砂情報提供業務において運用開始された。
- ・本課題で本庁と共同で開発したオゾンデータ同化システムを用いて、本庁がJRA-3Q用オゾン解析値の作成を行った。
- ・本課題で開発した二酸化炭素衛星逆解析システムが令和3年度末に本庁の二酸化炭素分布情報にて運用を開始する予定である。