

# 令和4年度 研究計画

気象研究所  
令和4年4月



I	研究課題構成の概要	3
II	気象業務に関する技術の研究開発に必要な経費による研究課題	4
1	経常研究課題	4
	「基盤技術研究」	4
	（M課題）地球システム・海洋モデリングに関する研究	5
	（P課題）大気の物理過程の解明とモデル化に関する研究	11
	（D課題）データ同化技術と観測データの高度利用に関する研究	17
	「課題解決型研究」	24
	（T課題）台風・顕著現象の機構解明と監視予測技術の開発に関する研究	25
	（C課題）気候・地球環境変動の要因解明と予測に関する研究	30
	「地震・津波・火山研究」	38
	（S課題）地震と津波の監視・予測に関する研究	39
	（N課題）南海トラフ地震の地震像とスロースリップの即時把握に関する研究	41
	（V課題）火山活動の監視・予測に関する研究	43
	「応用気象研究」	47
	（A課題）シームレスな気象予測の災害・交通・産業への応用に関する研究	48
2	地方共同研究	52
	2.1 二重偏波レーダーを用いた火山噴煙の解析的研究	53
	2.2 メソアンサンブルを利用した決定論的予測技術の改善	54
	2.3 台風に伴う強風現象に対する地域特性に関する研究	55
3	緊急研究課題	56
	（緊急研究）集中観測等による線状降水帯の機構解明研究	57
III	外部資金による研究課題	60
1	地球環境保全等試験研究費〔地球環境保全試験研究費（地球一括計上）〕	61
	日本域に沈着する光吸収性不純物に起因する雪氷面放射強制力の時空間変動監視と気候システムへの影響解明	61
2	放射能調査研究費	65
	人工放射性核種のバックグラウンド大気監視と数値解析に関する研究	65
3	官民研究開発投資拡大プログラム（PRISM）	67
	AIを用いた竜巻等突風・局地的大雨の自動予測・情報提供システムの開発	67

# I 研究課題構成の概要

気象研究所における令和4年度の研究計画は、気象業務に関する技術の研究開発に必要な経費による研究課題および外部資金による研究課題で、研究計画の概要は以下のとおりである。

気象業務に関する技術の研究開発に必要な経費による研究課題

	研究課題数			
	基盤技術研究	課題解決型研究	地震・津波・火山研究	応用気象研究
経常研究	3 課題	2 課題	3 課題	1 課題
地方共同研究	3 課題			
緊急研究課題	1 課題			
計	13 課題			

外部資金による研究課題

	研究課題数
地球環境保全等試験研究費	1 課題
放射能調査研究費	1 課題
官民研究開発投資拡大プログラム	1 課題
計	3 課題

## Ⅱ 気象業務に関する技術の研究開発に必要な経費による研究課題

### 1 経常研究課題

「基盤技術研究」

研究課題	<p>(M課題) 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  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  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  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  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</p>
研究期間	令和元年度から5年間（5年計画第4年度）
担当者	<p>○山中吾郎 全球大気海洋研究部長</p> <p>(副課題1)  [全球大気海洋研究部] ○石井正好、吉村裕正、出牛真、神代剛、吉田康平、平原翔二、新藤永樹、高谷祐平、足立恭将、大島長、中野英之、浦川昇吾、西村明希生（併任）、大江光穂（併任）  [気象予報研究部] 川合秀明、長澤亮二、庭野匡思  [気候・環境研究部] 保坂征宏、水田亮、田中泰宙、辻野博之、行本誠史  [気象観測研究部] 堀田大介  [応用気象研究部] 小畑淳</p> <p>(副課題2)  [全球大気海洋研究部] ○中野英之、豊田隆寛、坂本圭、浦川昇吾、川上雄真、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、足立恭将、山中吾郎、金濱貴史（併任）、山田広大（併任）、平原幹俊（併任）  [気候・環境研究部] 辻野博之</p> <p>(副課題3)  [全球大気海洋研究部] ○高野洋雄、藤井陽介、碓氷典久、広瀬成章、中野英之、豊田隆寛、坂本圭、浦川昇吾、川上雄真、吉村裕正、石川一郎、高谷祐平、山中吾郎、檜垣将和（併任）、櫻木智明（併任）、吉田拓馬（併任）、浅井博明（併任）、杉本裕之（併任）、田口幸輝（併任）、八木晃司（併任）  [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</p> <p>(副課題4)  [全球大気海洋研究部] ○吉村裕正、石川一郎、高谷祐平、新藤永樹、足立恭将、藤井陽介、豊田隆寛、中野英之、浦川昇吾、吉田康平、出牛真、平原翔二、小森拓也（併任）、久保勇太郎（併任）、杉本裕之（併任）、吉田拓馬（併任）、高倉寿成（併任）  [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</p> <p>(副課題5)  [全球大気海洋研究部] ○眞木貴史、関山剛、出牛真、大島長、梶野瑞王、足立光司、中村貴（併任）、鎌田茜（併任）、小木昭典（併任）、  [気象観測研究部] 酒井哲、吉田智、永井智広（併任）  [気候・環境研究部] 直江寛明</p>
目的	<p>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。</p> <p>(副課題1)  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。</p>

	<p>(副課題 2)  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。</p> <p>(副課題 3)  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。</p> <p>(副課題 4)  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。</p> <p>(副課題 5)  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。</p>
<p>目標</p>	<p>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。</p> <p>(副課題 1)  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。</p> <p>(副課題 2)  ・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。</p> <p>(副課題 3)  ・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。</p> <p>(副課題 4)  令和 3 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。</p> <p>(副課題 5)  ・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</p>

	<p>行う。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ エーロゾル、オゾン等大気微量気体をシームレスに取り扱う全球化学統合モデルを開発する。</li> <li>・ ライダー・衛星・地上（分光日射）観測により、エーロゾル等の分布を監視する。</li> <li>・ 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。</li> <li>・ 大気微量成分のデータ同化システムを開発・高度化して、エーロゾル・オゾンに関しては本庁での業務開始・高度化を支援する。</li> <li>・ エーロゾル・オゾンに関する再解析を高度化する。</li> <li>・ 温室効果ガス輸送モデルや逆解析を高度化する。</li> <li>・ 視程・排出量逆解析に関する技術開発を進める。</li> </ul>
<p>研究の概要</p>	<p>(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</p> <p>(1) 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  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ため、以下の開発・研究を行う。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 非静力学全球大気モデルを高解像度化し、渦解像海洋モデルと結合した高解像度地球システムモデルを開発する。</li> <li>・ 非静力学全球大気モデルに 10km 以下の解像度に適合する積雲対流パラメタリゼーションを導入する。</li> <li>・ 高解像度地球システムモデルを用いた気象予測実験を行い、台風の発生や強度の予測などに関するフィジビリティを調査する。</li> </ul> <p>(2) 地球システムモデルの気候再現性の高精度化</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 台風、梅雨など地域規模の現象の再現性向上を目指し、大気モデルの高解像度化に合わせて境界層、浅い対流及び積雲対流などの物理過程を高度化する。</li> <li>・ 雲フィードバック及びエーロゾル雲相互作用の不確実性低減を目指し、雲と放射に関する物理過程の高度化により、雲と放射の再現性を向上させる。</li> <li>・ 対流圏から中層大気までの循環場の再現性向上を目指し、重力波抵抗パラメタリゼーション等の高度化を行う。</li> <li>・ 気候変動再現実験を行い、過去から現在までの気候の再現性を評価する。</li> </ul> <p>(3) 気候と化学物質の相互作用の高度化</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 高度化したエーロゾル・化学輸送モデルを導入し、気候とエーロゾル・大気微量成分の相互作用について調査する。</li> <li>・ 陸域及び海洋の炭素循環過程に窒素循環の効果を導入し、二酸化炭素濃度の将来予測における不確実性を調査する。</li> </ul> <p>(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</p> <p>(1) 海洋モデルのプロセス改良</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 大気海洋境界過程や氷床 - 海氷 - 海洋過程などのプロセスを精緻化する。</li> <li>・ 海洋物質循環プロセスを精緻化する。</li> </ul> <p>(2) 次世代の海洋予測技術の開発</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 港湾の水温や1か月先の異常潮位を対象とした予測技術を開発する。</li> <li>・ 地球システムモデルや季節予報システムの海洋モデルを開発する。</li> <li>・ 高分解能大気海洋結合モデルを開発し、気象津波の予測可能性を調査する。</li> <li>・ 大気波浪結合モデルを開発する。波浪依存性を考慮した海面粗度およびフラックスを導入し、海面境界過程の精密化を図る。</li> </ul> <p>(3) 海洋変動機構の解明</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 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。</li> <li>・ 高解像度海洋モデルの国際比較実験を実施する。</li> </ul> <p>(4) 海洋モデルの開発基盤の整備</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 気象庁の現業で用いられるモデルとして、海洋モデルの高速化・堅牢化を進める。</li> <li>・ 大学等の連携によりモデル開発体制を強化する。</li> </ul> <p>(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</p> <p>(1) 昨年までに開発したシステムの現業化に向けた検証・改良</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 昨年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</li> </ul>



システムについて、現業化のための精度評価と改良を継続して行う。

(2) 新たな海洋データ同化手法の開発

- ・海況の再現性を改善するため、a) 4D-VAR 同化手法の改善、b) 衛星海面水温データを直接同化する手法、c) 海洋短波レーダーなどの流速データ、面的海面高度計データ、グライダーによる観測など、新たな海洋データ同化手法の開発を進める。
- ・現行の沿岸・近海、全球の海洋同化システムの統合に向け、短期（数日）から10日以降の現象をシームレスに表現できる新しい同化手法を開発する。
- ・上記で新たに開発した海洋データ同化手法を、日本近海モデルの初期作成手法に適用する。

(3) 大気海洋結合同化システムの改良

- ・季節予報・台風予測等の予測精度向上に向け、上記で新たに開発する海洋データ同化手法を導入して大気海洋結合同化システムを改良し、大気海洋結合予測に向けた初期値の作成を行う。
- ・上記で開発した結合同化システムにおける大気・海洋結合および海洋・大気観測データの台風や熱帯降水系、大気大循環等に対するインパクトを解析し、結合同化の解析値改善の効果について検証する。

(4) 海洋観測のインパクト評価と観測最適化に向けた研究

- ・データ同化システムの開発を通じて海洋観測データが海況の監視・予測に与える影響等を評価すると共に、黒潮流路の変動メカニズム等、海洋の諸現象の解明を進める。
- ・観測インパクト実験等の結果に基づき、重要地点に焦点を当てた機動観測の計画や観測システム設計の効率化と最適化に向け、海洋観測システムの重要度、効率性について評価を行う。

(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

(1) 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

平成26～30年度に実施した重点研究「季節予報の高度化と異常気象の要因解明に関する研究」において開発した大気・海洋結合モデルと海洋初期値作成手法を用いた新しい季節予測システムを構築する。再予報実験の解析を行って、このシステムの改良点である(ア)大気・海洋モデルの高解像度化、(イ)海洋初期値作成手法の高度化(4次元変分法の導入)、(ウ)海水初期値の改善、(エ)大気物理過程の改善について、予測精度への影響を評価する。

(2) 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

令和6年度以降に導入される次々期季節予測システムを含む将来の季節予測システムに向けて以下の開発・フィジビリティ研究を行う。

- (ア) さらなる高解像度化(特に海洋渦解像)のインパクト評価
- (イ) 大気海洋結合同化による初期値の予報への影響評価
- (ウ) 結合系のアンサンブル手法の開発
- (エ) 結合モデルの季節内予測への適用に関するフィジビリティ研究

(3) 海洋観測システムの季節予報への影響に関する研究

現業季節予測システムを用いて海洋観測システムの影響を調べる実験を行い、結果に基づいて観測システムの種類や海域の重要性を評価する。

(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

(1) 化学輸送モデルに関する研究

- ・全球エーロゾルモデルや全球化学輸送モデル等の改良を行いM1課題と協力して地球システムモデルの高度化を図る。
- ・全球エーロゾルモデルと全球化学輸送モデルを統合した全球大気化学統合モデルの開発を行う。
- ・P5課題と連携して領域化学輸送モデルの諸過程を高度化し、高解像度化を図る。大気モデルとして気象庁の現業領域非静力学モデル(asuca)対応を進める。
- ・D4課題と連携してライダーの観測を継続しつつエーロゾル等の大気微量成分とモデルとの比較検証を実施してモデルの改善点等を把握してモデル精度向上に繋げる。

	<ul style="list-style-type: none"> <li>・D3 課題と連携して国内の分光放射計の解析結果とエアロゾルモデルとの比較検証を実施してモデルの改善等を把握する。</li> <li>・D3 課題と連携して東・東南アジアにおける分光放射計の地上観測網である SKYNET 及びライダーの地上観測網である AD-Net のデータを解析し、エアロゾル組成の多点・長期変動を解析してモデルとの比較検証を行う。</li> </ul> <p>(2) データ同化・応用技術に関する研究</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・大気微量成分データ同化手法 (2D/3D-Var、LETKF) の開発を進める。鉛直分布観測データ (ライダー) の取り込みや複数衛星同時同化手法、大気と微量成分の同時同化等の開発を進める。</li> <li>・大気微量成分再解析 (エアロゾル、オゾン、温室効果ガス等) を高度化する。</li> <li>・D3 課題と連携して衛星観測データよりエアロゾルの組成毎に抽出された光学的厚さを用いてモデルの検証やデータ同化の入力として利用する。</li> <li>・C3 課題と連携し大気トレーサー観測データを用いてモデルや逆解析との比較検証を実施し、大気輸送過程・排出量見積の改善等を把握する。また、日本付近の炭素収支の変動に関する解析結果を共有し、アジア域等広域の濃度場・吸排出量に対する影響評価に利用する。</li> <li>・化学輸送モデル・データ同化や AI 技術を用いた応用研究 (深層学習を用いたダウンスケールリング、視程情報高度化、排出量逆推計、社会適用等) を行う。</li> </ul>
<p>研究の有効性</p>	<p>(気象業務への貢献)</p> <p>「地球システムモデル」の成果は、モデルを様々な業務にそのまま適用するのではなく、階層的な考え方にに基づき、モデルを構成する「コンポーネント」を各現業モデルに適した形で利用する方法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、大気微量成分の監視・予測の高度化に貢献する。</p> <p>(学術的貢献)</p> <p>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「地球システムモデル」として総合的に扱うことにより、各構成要素を精緻に解析・予測できる最先端の数値解析予測システムを構築する。大気微量成分の再解析データの高度化により、気象、気候、社会研究等に貢献する。</p> <p>(社会的貢献)</p> <p>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「地球システムモデル」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。</p> <p>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、「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。</p> <p>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。</p>
<p>令和 4 年度 実施計画</p>	<p>(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</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・開発した地球システムモデルによる気候再現・予測実験</li> <li>・大気モデルの新しい物理スキームの開発</li> <li>・高解像度化を実現する力学フレームの開発</li> <li>・各コンポーネント間の結合について精査</li> <li>・本庁版陸モデルをベースにした気候計算向けモデル開発</li> </ul> <p>(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</p> <p>(1) 海洋モデルのプロセス改良</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・新しい鉛直座標系を選択可能にするなどの物理プロセスの精緻化と改良を実施する。</li> </ul> <p>(2) 次世代の海洋予測技術の開発</p>

- ・気象庁での業務化を見据えて、日本近海海況監視予測システムの基盤となる海洋モデルの整備や、短期予報に資する全球高分解能大気海洋結合モデル、より現実的な大気海洋間の結合過程を表現する大気波浪結合モデルの開発を行う。
- (3) 海洋変動機構の解明
- ・観測データとの比較による海洋モデルの再現性検証や海洋モデルを用いたメカニズム解明を実施する。特に、日本海の中層の海洋構造、日本周辺の海面水位の長期変動、およびオホーツク海や北極海の海氷を対象とする。
- (4) 海洋モデルの開発基盤の整備
- ・現業での利用に資する海洋モデルの高速化・堅牢化を引き続き実施するとともに、GitHub等を活用して部外との連携を強化しつつ、MRI.COMv5を開発する。
- (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
- (1) 既存システムの検証と改良
- ・海水解析の更なる改良、全球同化システムの検証とパラメータ調整等
- (2) 新たな海洋データ同化手法の開発
- ・SST直接同化など新しいデータ同化手法の開発、アジョイントコードのバージョンアップ
- (3) 大気海洋結合同化システムの改良
- ・次期結合システムの高解像度化等の改良と、再解析によるインパクト評価
- (4) 海洋観測のインパクト評価と観測最適化に向けた研究
- ・システム開発を通じた黒潮大蛇行や急潮等現象のメカニズム解明と、観測インパクト評価
- (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
- (1) 次期季節予測システム (R3年度運用開始)の精度評価
- ・R3年度に運用開始した季節予測システムCPS3の精度評価とりまとめ
- (2) 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
- ・次々期季節予測システムCPS4の開発、結合系のアンサンブル手法の開発、結合モデルの季節内予測への適用に関するフィジビリティ研究
- (3) 海洋観測システムの季節予報への影響に関する研究
- ・予測実験／結果の解析・評価
- (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
- ・全球化学輸送モデルの検証及び改良を継続すると共に、M1課題と連携して地球システムモデルを構築する。
  - ・領域化学輸送モデルの検証及び改良(特に気象とのフィードバック過程など)を継続する。
  - ・大気化学・エーロゾル統合モデルの開発に着手する。
  - ・外部機関と協力してエーロゾル組成情報のデータ同化システムの開発に着手する。
  - ・JRA-3Q用オゾンの公開を行う(JRA-3Qプロダクトの一環)。
  - ・エーロゾルライダーや対流圏オゾンライダー等による観測を継続する。
  - ・ライダー観測データを用いたエーロゾル、オゾン等の化学輸送モデルの検証を実施する。

研究課題	<p>(P課題) 大気の物理過程の解明とモデル化に関する研究</p> <p>副課題1：高解像度非静力学モデルによる激しい気象現象の再現性向上</p> <p>副課題2：接地境界層における乱流輸送スキームの精緻化</p> <p>副課題3：雪氷圏の監視・変動要因解明とその基盤技術の開発</p> <p>副課題4：積雲対流スキームのグレーゾーン対応と雲・放射スキームの精緻化</p> <p>副課題5：エーロゾル・雲・降水微物理の素過程解明と微物理モデルの開発</p>
研究期間	令和元年度から5年間（5年計画第4年度）
担当者	<p>○高槻靖 気象予報研究部長</p> <p>(副課題1)</p> <p>[気象予報研究部] ○藤田匡、橋本明弘、林修吾、渡邊俊一</p> <p>[台風・災害気象研究部] 辻野智紀</p> <p>(副課題2)</p> <p>[気象予報研究部] ○毛利英明、水野吉規、守永武史</p> <p>(副課題3)</p> <p>[気象予報研究部] ○大河原望、谷川朋範、庭野匡思</p> <p>[全球大気海洋研究部] 豊田隆寛</p> <p>[気候・環境研究部] 保坂征宏</p> <p>(副課題4)</p> <p>[気象予報研究部] ○中川雅之、川合秀明、長澤亮二</p> <p>[全球大気海洋研究部] 吉村裕正、新藤永樹</p> <p>[台風・災害気象研究部] 和田章義</p> <p>(副課題5)</p> <p>[気象予報研究部] ○折笠成宏、田尻拓也、岩田歩、橋本明弘</p> <p>[全球大気海洋研究部] 足立光司、梶野瑞王</p> <p>[応用気象研究部] 川端康弘</p>
目的	<p>観測や実験と数値シミュレーションを組み合わせることで大気の種類物理過程を解明し、それを数値予報モデルに反映させることによって、集中豪雨、台風の予測、季節予報、地球温暖化予測に用いられる数値予報モデルの予測精度を向上させる。</p> <p>(副課題1)</p> <p>高解像度非静力学モデルにより局地的な激しい現象の再現性を向上させる。このモデルを広領域で実行して、フィリピン域や北西太平洋域での降水量や風の予測精度を向上させる。</p> <p>(副課題2)</p> <p>気象庁現業領域モデル (asuca) の接地境界層過程を精緻化して地上気象予測の精度を改善する。</p> <p>(副課題3)</p> <p>放射伝達理論等の物理過程に基づき、雪氷面の観測を行い、雪氷圏変動の実態把握を行う。その状態変化に係るモデル化を進め、予測精度向上に寄与する。</p> <p>(副課題4)</p> <p>数値予報モデルの積雲対流、部分雲、放射スキームを精緻化し、予測精度向上に寄与する。</p> <p>(副課題5)</p> <p>エーロゾルの物理化学特性を解明し、また、雲の生成から降水に至る物理過程を精緻化することにより、降水や放射の予測精度向上に寄与する。</p>
目標	<p>現業数値予報モデルで使用されている各種物理過程の問題点を明らかにし、有効な改善方法を提案する。あわせて、モデルの高解像度化と領域モデルの広域化について利用可能性を評価し、次世代の現業数値予報モデルの仕様に係る指針を得る。</p> <p>(副課題1)</p> <p>高解像度モデルの予測精度の解像度依存性について評価して問題点を抽出し改善</p>

	<p>の方策を示すとともに、高解像度モデルに適した力学フレームを検討する。広領域で実行可能な高解像度領域モデルを開発し、台風による局地的な降水や風の予測精度を評価して問題点の抽出と改善のための方策を示す。また、他副課題で得られた物理過程改良の成果を現業数値予報モデルを用いて総合的に確認し、予報精度向上にかかる改善の提案を目指す。</p> <p>(副課題 2)  接地境界層における運動量・熱などの乱流輸送の特性を①数値計算②風洞実験③野外観測から明らかにする。得られた知見を総合的に検討して気象庁領域モデル(asuca)に接地境界層過程として実装する乱流輸送スキームを精緻化し、副課題1と連携して、数値予報におけるインパクトを確認する。</p> <p>(副課題 3)  観測のための測器等を開発・整備しつつ、地上観測・試料分析を継続して高精度な長期監視を行うとともに、未だに十分な理解が進んでいない雪氷の物理過程の解明を行う。これを衛星リモートセンシングアルゴリズムの開発・改良に活かし、時空間的に連続的かつ広域にわたる、量的・質的な雪氷圏監視を行う。また、積雪モデルや海氷モデルの開発・改良を進め、これらを大気モデルに結合させることで大気と雪氷面の相互作用を精緻化し、雪氷面の状態変化に係る予測精度を向上させる。</p> <p>(副課題 4)  メソモデルによる顕著現象などの予測精度向上や、将来の全球モデルの水平高解像度化に向け、水平格子間隔約 10km からそれ以下のグレイゾーンに対応した積雲対流スキームを提案する。また、格子内の部分雲の表現を改善、および、雲が放射に及ぼす効果を改善するなど雲・放射全般の改善を図る。これらに関連する課題・副課題と連携し、研究成果を数値予報モデルに適用して、予測精度を向上させる。</p> <p>(副課題 5)  電子顕微鏡による大気エアロゾル粒子の個々のレベルでの分析により、存在状態や物理化学特性などを明らかにする。また、雲生成チェンバー等の装置を用いた実験、各種大気エアロゾルのモニタリング観測、新たに開発する詳細微物理モデルによる数値実験の結果を用いて、CCN 能、IN 能の定量的なモデル化を進める。さらに航空機観測データ等も用いて、雲・降水プロセス全般について検討を行い、3次元モデル用の新たな雲物理モデリングの提案を行なって、降水や放射予測精度向上に向けた改善点を明らかにする。</p>
<p>研究の概要</p>	<p>(副課題 1)  ①気象庁非静力学モデル (JMA-NHM) あるいは気象庁現業領域モデル(asuca) による予測精度のモデル解像度依存性を系統的な実験によって明らかにする。  ②副課題 2～5 の各種物理過程研究の成果を反映させた高解像度モデルを開発し、その性能を評価する。  ③②のモデルにより激しい気象現象 (局地的大雨や短時間強雨、大雪、雷雨、風のシア、突風など) の再現性の検証及び予測精度の評価を行う。  ④広領域の高解像度モデルを用いてフィリピン域における上陸台風とそれに伴う降雨の予測実験を行い、その精度を検証する。  ⑤広領域の高解像度モデルを用いて北西太平洋海域における台風・モンスーンに伴う降水や風分布の予測及びその精度を検証する。</p> <p>副課題 2～5 の各種物理過程研究や、「データ同化技術の高度化と観測データの高度利用に関する研究」と密接に関連して研究を行う。また、モデル開発により得られた成果を「台風・顕著現象の機構解明と監視予測技術の開発に関する研究」に共有することによって台風予報の改善にも貢献する。「地球温暖化と異常気象の解明と予測及び地球環境に関する研究」における地域気候モデル開発と情報交換する。</p> <p>(副課題 2)  ・接地境界層における運動量や熱などの乱流輸送の特性を明らかにするため①数値計算②風洞実験③野外観測を以下のように行う：</p>

- ①LES や Direct Numerical Simulation (DNS) を用いて安定度等の条件を変えて境界層乱流の数値計算を行い、データを蓄積して詳細な解析を行う(第1～第3年度)。
  - ②気象研風洞において安定度や表面粗度等の条件を広範囲で変えて境界層乱流の実験を行い、データを蓄積して解析する(第1～第5年度)。
  - ③気象研露場において蒸発散測定装置や超音波風速温度計等を用いて地中も含む総合観測を毎年連続で行い、データを蓄積して解析する(第1～第5年度)。
  - ・データの解析は接地境界層の普遍則・粗度など境界条件の影響・既存の輸送量評価法の精度等に注目して行うものとする。とくに②風洞実験と③野外観測については、研究期間を通して系統的にデータを蓄積しつつ、各年度に着眼点を定めて解析を進める。なお必要に応じて計算・実験・観測技術の開発を行う。
  - ・得られた知見を統合して asuca に実装可能な乱流輸送スキーム改善について検討する。とくに数値計算については①asuca に改善した乱流輸送スキームを実装して検証を行う(第4～第5年度)。
- 検討に際しては数値予報課と協議を行い、必要に応じて②風洞実験や③野外観測で取得したデータを検討用に提供する。
- ①数値計算は課題「シームレスな気象予報・予測の災害・交通・産業への応用に関する研究」の副課題「地域気候モデルによる予測結果の信頼性向上に関する研究」と連携する。
  - ②風洞実験については各年度に所内全体に利用予定を照会する。
  - ③野外観測で得られた観測データは副課題3および課題「データ同化技術の高度化と観測データの高度利用に関する研究」の副課題「地上リモートセンシング技術及びそれらをコアとした水蒸気等の観測技術に関する研究」にも提供する。

(副課題3)

- ①雪氷物理量を測定するための技術開発、連続観測  
札幌・北見・長岡における放射・気象・積雪観測を継続し、変動の実態把握、分析のための解析を進める。そうした現地観測と同期させながら、必要な観測装置・分析装置を開発・導入・改良し、主に積雪・海水を対象として、それぞれの物理過程の解明を進める。
- ②リモートセンシングによる雪氷物理量の監視、アルゴリズム開発・改良  
①で得られた知見を活かしてリモートセンシングアルゴリズムを改良し、多バンドで時空間分解能の優れたひまわり、長期観測中の MODIS を搭載する Tera/Aqua や SGLI を搭載する GCOM-C (いずれも極軌道衛星)、マイクロ波衛星等の多様な衛星のデータを利用して、主に極域、日本周辺における雪氷物理量の空間変動を20年以上にわたる、量的ならびに質的な監視を行う。
- ③雪氷物理過程モデルの高度化と活用  
①で得られた知見、①②で得られた検証データを活かして積雪不純物(光吸収性エアロゾル)を考慮した雪氷放射過程、積雪変質過程等を含む、積雪変質アルベドモデル SMAP や海水モデルの改良を行う。簡易版の開発も進める。これらを各種大気モデル・気候モデルに組み込み、変動メカニズム解明を行うとともに、予測精度を評価し、向上させる。この開発では、副課題1を含む大気モデル開発に関係する研究課題、エアロゾルに関係する研究課題と連携しながら進める。

(副課題4)

- 数値予報モデルの積雲対流、部分雲、放射などの物理過程を改良・高度化する。各種観測データによる検証、他のモデルとの比較、湿潤 LES との比較により評価を行いつつ開発を進める。データ同化、地球システムモデルに関する研究課題と連携し、データ同化技術や長期積分に基づく検証結果を参照する一方、本副課題による物理過程の高度化の成果を提供し観測データの有効利用や予測精度向上に寄与する。
- ・グレーゾーンに対応した積雲対流スキームの開発：理想実験や鉛直1次元モデルによる実験から現業と同様のシステムによる実験まで段階を踏みつつ、観測値や湿潤 LES の結果を参照値として開発を進める。
  - ・地球システムモデル向けに開発された層積雲スキームの、短期予報における評価：

	<p>本スキーム単独の評価とともに、必要に応じて浅い対流や境界層スキームの改良と組み合わせることを検討する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>放射スキーム：雲が放射に及ぼす効果において大きなインパクトを持つ雲の水平非一様性の効果やより精緻な雲オーバーラップ等を放射計算で扱えるようにする。理想実験から現業と同様のシステムによる実験まで段階を踏みつつ、観測データ・再解析データによる検証と参照利用を行いながら開発を進める。</li> </ul> <p>(副課題5)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>雲生成チャンバー、IN 計、CCN 計等を用いた実験により、大気中の主なエアロゾルについて、内部混合の影響も含め、CCN 活性、IN 活性を定量化する。</li> <li>エアロゾルの物理化学特性の雲生成や降水、雲の放射特性への影響を表現する微物理モデルを開発し、チャンバー実験などを再現、パラメタリゼーションの開発を行う。</li> <li>航空機観測データや微物理モデルを活用して、雲・降水プロセス全般について3次元モデルに搭載可能な、詳細雲モデルを開発する。</li> <li>電子顕微鏡等を用いた分析により、エアロゾルの存在状態、物理化学特性の解明を行う。サンプルは外部研究機関と協力した野外観測キャンペーン等に参加することで広く採取する。得られたエアロゾル素過程の理解は、エアロゾルモデルを用いて定式化する。</li> <li>つくば及び福岡などにおいてモニタリング観測を実施し、エアロゾルやCCN, IN の変動を解明するとともに、実験的手法と組み合わせて実大気で有効な IN を特定する。</li> </ul>
<p>研究の有効性</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>領域モデルの改良によって防災気象情報の高度化、気象災害の軽減に貢献する。</li> <li>全球モデル・地球システムモデルの改良によって気候予測の不確実性低減、温暖化予測向上に資する。</li> <li>数値予報モデルの改善の波及効果として以下が期待できる。 <ul style="list-style-type: none"> <li>①第一推定値のバイアスの軽減を通じて、データ同化システムにおける観測データの有効利用と解析精度向上</li> <li>②線状降水帯を始めとする顕著現象の発生・維持機構の解明</li> <li>③大気中の物理プロセスの理解の深化</li> <li>④雲や風の予測精度向上による再生可能エネルギー分野への貢献（特に、電力の需給バランスによる安定的な電力供給）</li> <li>⑤精度よい気象データを提供することによる気象ビジネス分野への貢献</li> </ul> </li> <li>副課題別の波及効果は以下のとおり。 <ul style="list-style-type: none"> <li>副課題1：高解像度モデルは、領域気候や汚染物質・噴煙の拡散予測、高潮等の沿岸海況予測などの業務や研究への技術的基盤となる。</li> <li>副課題2：地上気象観測業務に対して、測器の開発や観測環境の検討さらに推計気象分布の拡充等に、本副課題から得られる技術や知見の活用が見込まれる。</li> <li>副課題3：気象庁の積雪防災情報の精度向上に貢献。より高精度な海水準変動予測への寄与。</li> <li>副課題5：視程予測の改善の可能性。</li> </ul> </li> </ul>
<p>令和4年度実施計画</p>	<p>(副課題1)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>① 水平分解能 2km~125m の NHM、asuca による梅雨期・夏季および冬季の再現実験により、異なる解像度間、モデル間の予測特性の比較、観測データによる統計検証を行い、モデルの改良点を検討する。モデル計算の最適化や、汎用性を高めるツールの整備も継続する。</li> <li>② 激しい気象現象のモデルによる再現性向上に向け、観測データとの比較、観測データによる現象機構解析、LES 実験を用いた分析を行う。雲物理過程の検証、改良、発雷と積乱雲構造の関係の分析、線状降水帯の理想化実験、対流雲の時間発展の分析、顕著現象、局地現象の再現実験などからモデルの問題点の抽出や改良に取り組む。</li> <li>③ 広領域高解像度モデルによるフィリピン上陸台風に関する研究成果を基に、熱帯や亜熱帯域での物理過程の改良を検討する。熱帯での顕著な台風事例について、水平解像度 1km 以下の asuca を用いた再現実験を実施し、台風中心付近の積乱雲群（壁</li> </ul>

雲)、同心多重壁雲構造、最大風速および急発達再現性の、衛星観測等による検証、各物理スキームの感度実験により分析する。

(副課題 2)

- ① 前年度までに①数値計算②風洞実験③野外観測から得られた結果に基づいて乱流輸送スキームを構築し気象モデル asuca に実装する。
- ② 気象研風洞において安定・不安定・中立な境界層の実験を行なってデータを蓄積しつつ、床表面の粗度状態との関連に着目して解析を行う。
- ③ 気象研露場において接地境界層の通年観測を行なってデータを蓄積しつつ、乱流輸送と土壌水分量等との関係について解析を行う。

(副課題 3)

- ① 雪氷物理量を測定するための技術開発、連続観測  
札幌・北見・長岡における放射・気象・積雪観測を継続し、変動の実態把握、分析のための解析を進める。そうした現地観測と同期させながら、必要な観測装置・分析装置を開発・導入・改良し、主に積雪・海氷を対象として、それぞれの物理過程の解明を進める。また、積雪変質モデル改良のため、新たに積雪深に対する地形の影響が大きな北海道・北空知地区の2地点に積雪深計等を設置し、積雪深等の観測を開始する。
- ② リモートセンシングによる雪氷物理量の監視、アルゴリズム開発・改良  
①で得られた知見を活かしてリモートセンシングアルゴリズムを改良し、多バンドで時空間分解能の優れたひまわり、長期観測中の MODIS を搭載する Tera/Aqua や SGLI を搭載する GCOM-C (いずれも極軌道衛星)、マイクロ波衛星等の多様な衛星のデータを利用して、主に極域、日本周辺における雪氷物理量の空間変動を 20 年以上にわたる、量的ならびに質的な監視を行う。
- ③ 雪氷物理過程モデルの高度化と活用  
①で得られた知見、①②で得られた検証データを活かして積雪不純物(光吸収性エアロゾル)を考慮した雪氷放射過程、積雪変質過程等を含む、積雪変質モデル SMAP や海氷モデルの改良を行う。簡易版の開発も進める。これらを各種大気モデル・気候モデルに組み込み、変動メカニズム解明を行うとともに、予測精度を評価し、向上させる。この開発では、副課題 1 を含む大気モデル開発に関係する研究課題、エアロゾルに関係する研究課題と連携しながら進める。

(副課題 4)

- ① 積雲対流スキームの開発  
3次元モデルでの単発実験と事例調査、従来の積雲対流スキームとの比較による性能評価と開発を引き続き行う。またサイクル実験による評価に着手する。引き続き観測や湿潤 LES による参照値の収集・作成を進める。
- ② 層積雲スキームの開発  
CTE 層積雲スキームと新しく開発した浅い積雲対流スキームを導入したモデルで単発実験と事例調査を引き続き行う。またサイクル実験による性能評価を進める。
- ③ 全球モデルにおける雲微物理過程の改良  
全球モデルの雲微物理過程の見直しを引き続き行う。  
衛星データ等の観測データによる検証を行い、CMIP6 や CFMIP などの枠組みで行われるモデル間比較に参加する。
- ④ 全球モデルにおけるエアロゾル雲相互作用の高度化  
地球システムモデルのエアロゾル雲相互作用の部分の見直しを引き続き行う。  
各種観測データによる検証を行い、CFMIP などの枠組みで行われるモデル間比較に参加する。
- ⑤ 放射スキームの改良  
3次元大気モデルによる長期積分・サイクル実験を行い、従来の放射スキームとの比較による評価を行う。評価結果を参考にした開発も引き続き行う。  
必要に応じて観測データ・再解析データによる検証・参照利用を行う。

(副課題 5)



- |   |
|---|
| <ol style="list-style-type: none"><li>① 雲生成チェンバー等を用いて、代表的な内部混合粒子について CCN 特性測定実験を引き続き行い、ボックスモデルによる再現実験と比較する。</li><li>② 氷晶核、雲核、エアロゾルの地上モニタリングを継続実施すると共に、イベントや季節変化等としてこれまで得られた解析結果を基に、実大気で有効な氷晶核・雲核に焦点を当てた分析を実施する。</li><li>③ 過去に得られた室内実験や観測データを基に、詳細微物理モデルの検証・改良を継続する。</li><li>④ 予報するエアロゾル情報等から CCN・IN 活性を算出する 3次元モデルの雲スキームの開発・改良を継続する。</li><li>⑤ 外部研究機関等と協力した野外観測・サンプリングを実施して、電子顕微鏡等を用いた分析によりエアロゾルの存在状態、物理化学特性を引き続き調査する。</li><li>⑥ バーチャルインパクトや電子顕微鏡、冷却ステージ付き光学顕微鏡等を用いて有効な IN を引き続き調査する。</li></ol> |
|---|

研究課題	(D課題) データ同化技術と観測データの高度利用に関する研究 副課題1: 衛星データ同化技術及び全球同化システムの改良 副課題2: メソスケール高解像度同化システム及びアンサンブル摂動作成法の改良 副課題3: 衛星・地上放射観測および放射計算・解析技術の開発 副課題4: 地上リモートセンシング技術及びそれらをコアとした水蒸気等の観測技術に関する研究
研究期間	令和元年度から5年間(5年計画第4年度)
担当者	○瀬古弘 気象観測研究部長 (副課題1) [気象観測研究部] ○岡本幸三、石橋俊之、石田春磨、岡部いづみ、近藤圭一(併任) [気象予報研究部] 中川雅之 [台風・災害気象研究部] 林昌宏 (副課題2) [気象観測研究部] ○川畑拓矢、澤田謙、堀田大介、幾田泰醇、太田芳文、大泉伝、酒井哲、吉田智、小司禎教、岡本幸三、近藤圭一(併任)、原田正輝(併任)、横田祥(併任)、川田英幸(併任)、大塚道子(併任) [気象予報研究部] 藤田匡 [台風・災害気象研究部] 小野耕介、荒木健太郎 (副課題3) [気象観測研究部] ○石元裕史、山崎明宏、工藤玲、太田芳文、竹田智宏(併任)、松本誠(併任)、鈴木健司(併任)、中山和正(併任)、河野宜幸(併任) [気象予報研究部] 大河原望、谷川朋範、長澤亮二 [台風・災害気象研究部] 林昌宏 (副課題4) [気象観測研究部] ○酒井哲、吉田智、小司禎教、小嶋惇(併任)、永井智広(併任)
目的	衛星・地上からのリモートセンシングや直接観測に関する研究と観測データの同化や監視・予測に関する技術的な研究を一体的に進めることにより、ひまわり等の衛星データの解析技術の向上、エアロゾル、雲、水蒸気や降水などの観測・解析技術の確立と、数値予報や実況解析精度の改善による、台風、集中豪雨・豪雪や竜巻などの顕著現象による被害軽減のための防災気象情報の高精度化に資する。
目標	目的を達成するため、以下を行う。 ・シビア現象の予測精度の向上のためのデータ同化技術の改良やアンサンブル予報技術の開発と利用法の開発(副課題1, 2) ・静止気象衛星ひまわり8, 9号等の衛星データを有効かつ効率的に同化する技術の改良と大気放射収支及びエアロゾル・雲の監視技術の改良(副課題1, 3) ・大気中の水蒸気などの観測技術の開発・改良とその有効性の評価(副課題4)  (副課題1) 衛星データ同化技術及び全球同化システムの改良 (a) 全天候域での衛星輝度温度同化など、衛星同化手法の新しい開発や、新規衛星データの導入を行う。ひまわり後継衛星等の将来の衛星観測を評価し、観測システムを検討するため、観測システムシミュレーション実験(OSSE)を実施する。 (b) アンサンブルを用いた全球データ同化手法の開発・改良や、観測情報の拡充、モデル誤差の影響の軽減によって、より多くの観測情報をより効果的に同化する。  (副課題2) メソスケール高解像度同化システム及びアンサンブル摂動作成法の改良 (a) シビア現象に適用できる高解像度非線形同化システムの開発 非線形性・非ガウス性が卓越しているシビア現象を念頭に高解像度同化システムを開発する。 (b) 領域モデルを対象にした高頻度・高密度な観測ビッグデータの同化法の開発 高頻度・高密度な観測データを同化する手法を開発し、さらに観測誤差相関への対処法を開発する。 (c) 領域モデルを対象にしたアンサンブル予報の摂動作成法の改良 シビア現象を対象にしたアンサンブル予報の摂動作成法の改良と検証を行う。

	<p>(副課題 3) 衛星・地上放射観測および放射計算・解析技術の開発</p> <p>(a) ひまわり等衛星データを利用した大気・地表面リトリーバル手法の開発 最適雲推定 (OCA) アルゴリズムや機械学習を用いた高度な雲物理情報の抽出技術を開発する。またエーロゾル効果の改良などによる高精度の日射量推定を実現する。ひまわり等衛星観測を用いた晴天域不安定指数の推定を行い、その有効性を評価する。</p> <p>(b) ひまわりを用いた火山灰物理量推定アルゴリズムの開発 赤外サウンダ観測を利用した火山灰物質情報の推定技術により、NOAA/NESDIS から導入したひまわり火山灰アルゴリズム (VOLCAT) を改良し、火山灰物理量の推定精度を向上させる。また OCA アルゴリズムを利用した、ひまわり 8/9 号による最適火山灰推定アルゴリズム (OVAA) の新規開発を実施する。</p> <p>(c) 大気・地表面放射モデルの改良 エーロゾル粒子モデルを開発・改良し、ひまわりや衛星複合センサ解析手法の開発を行う。またひまわり後継機やひまわり 8/9 号を含む複合的な衛星データ解析に対応した高精度な大気放射計算手法の開発を行う。</p> <p>(d) 大気放射収支の変動及びエーロゾル・雲の監視技術の高度化 日射・大気放射エネルギー及びスペクトル観測技術の開発、及び、エーロゾル・雲等の推定技術の開発を行い、大気放射場の変動とその要因の監視技術を確立する。また、大気放射場の変動やその要因について解析を行う。</p> <p>(副課題 4) 地上リモートセンシング技術及びそれらをコアとした水蒸気等の観測技術に関する研究</p> <p>(a) GNSS、水蒸気ライダーを含む複数の観測機器を統合し、水蒸気の時・空間構造を高精度でとらえる手法を開発する。船舶 GNSS による海上での水蒸気観測手法の実用化に取り組む。水蒸気ライダーの観測・開発及び現業化に向けた最適な観測ネットワークの検討を行う。</p> <p>(b) 水蒸気ライダーや GNSS の観測・データ解析技術の開発・改良を行い、既存の観測網に加え地上デジタル波、レーダー電波の位相等新たなリモセン機器と統合処理し、水蒸気の時・空間構造を高精度でとらえる手法の開発を実施することで、豪雨をもたらす気象現象の機構解明・予測に資する。</p> <p>(c) 地上リモセン技術等を用いた水蒸気等の鉛直構造解析を行い、局地的大雨や集中豪雨の発生予測等に資する。</p>
研究の概要	<p>(副課題 1) 衛星データ同化技術及び全球同化システムの改良</p> <p>(a) 衛星データ同化の改良</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・衛星データ同化手法の改良：雲・降水域を含む全天候域の輝度温度の同化を行う。また陸や海氷の影響を受けた輝度温度データの同化、ハイパースペクトルサウンダデータをより有効に利用する手法の開発、観測誤差設定やバイアス補正等の衛星処理の改良を行う。</li> <li>・新規衛星データや従来は利用できなかった衛星データの評価・導入：Aeolus、CYGNSS、TROPICS、FY4 等の新規衛星の精度検証・利用可能性調査を行う。また、雲・降水レーダーやライダー、可視・近赤外域反射率等、従来は利用が困難であったデータの評価・同化開発を行う。</li> <li>・将来衛星の評価：ひまわり後継衛星等の、将来衛星・測器の利用によってもたらされる数値予報精度への影響を評価するため、OSSE を行う。これにより、最適な観測システムの提案や、先行的な同化処理開発を行う。</li> <li>・衛星シミュレータの開発・検証、観測・モデルの検証：放射伝達モデル等の衛星シミュレータ（観測演算子）を開発あるいは既存のものを導入し、検証する。観測・シミュレーション結果を比較することにより、観測・モデル開発者と連携しながら観測・シミュレータ・モデルの検証を行う。さらにこの結果から、データ同化前処理の開発を行う。</li> </ul> <p>(b) 全球データ同化システムの改良</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・同化手法の改良：アンサンブルを用いた同化手法において 4 次元（時空間）の背景誤差共分散の高精度化、観測情報の大幅な拡充を可能とする構成の構築、計算量の</li> </ul>

抑制と高分解能化を実施する。

- ・観測情報の拡充：観測誤差相関を考慮した高密度な観測の同化や、水物質の情報を持った観測の同化、境界付近等の新規観測の導入、観測情報の最適な圧縮を行う。
- ・数値予報システムの診断：既存観測及び将来の観測データについて、解析や予報場へのインパクトを評価するとともに、評価手法や評価指標を高精度化・多様化する。
- ・モデル誤差の軽減：同化システムを用いて、予報モデルのパラメータの推定や、モデルバイアスの補正、感度解析によるモデル誤差の解析等を行い、モデル誤差を軽減する。

(a)、(b)とも、非線形・ビッグデータ同化処理や放射伝達計算、モデルの再現性が重要となるので、副課題2、副課題3、P、M課題と連携する。さらに開発・改良成果の評価において、台風の解析精度や発生・進路予報の改善を重視しており、T1課題と知見や同化システムの共有を行う。

(副課題2) メソスケール高解像度同化システム及びアンサンブル摂動作成法の改良

(a) シビア現象に適用する高解像度非線形同化システムの開発

- ・現業システムに近いシステムや LETKF の改良とともに、非線形性・非ガウス性が卓越するシビア現象にも適用できる粒子フィルターなどの開発を行う。
- ・ asuca-Var の高度化としてハイブリッド化などを行う

(b) 領域モデルを対象にした高頻度・高密度な観測ビッグデータの同化法の開発

- ・ひまわりや偏波レーダー、フェーズドアレイレーダー、水蒸気ライダー、マイクロ波放射計、SAR、気象レーダーによる水蒸気分布推定等の高頻度・高密度な観測ビッグデータについての特性を調べ、その同化によるインパクトおよび観測誤差相関や非ガウス性を考慮した同化法等を検討する。
- ・ハイパースペクトルサウンダー等の同化手法の開発を行う。
- ・観測データの品質管理や同化法に関して AI の開発を行う。

(c) 領域モデルを対象にしたアンサンブル予報の摂動作成法の改良

- ・メソスケール現象のアンサンブル予報において、アンサンブル予報の初期摂動の作成法を改良する。
- ・全外しの少ないアンサンブル摂動作成手法のレファレンスとして大アンサンブル実験を実施し、その精度検証を行う。

(副課題3) 衛星・地上放射観測および放射計算・解析技術の開発

(a) ひまわり等衛星データを利用した大気・地表面リトリーバル手法の開発

- ・最適雲推定 (OCA) アルゴリズムについて、水と氷の混合相や過冷却水滴などを扱う高度な雲物理情報の抽出技術を開発する。
- ・ひまわり観測データを用いた 1DVar 計算の手法を用いて晴天域不安定指数の推定を行い、その有効性を評価する。

(b) ひまわりを用いた火山灰物理量推定アルゴリズムの開発

- ・火山灰散乱を含む高速赤外サウンダ計算手法の開発を行い、赤外サウンダ観測を利用した火山灰物質情報の推定と、その物質特性に応じたひまわり VOLCAT のルックアップテーブルを開発する。改良 VOLCAT による推定物理量 (光学的厚さ、火山灰高度、有効半径) を評価し、火山 2 研が開発している火山灰モデルにそのデータを提供する。
- ・OCA アルゴリズムを利用した、ひまわり 8 号・9 号による最適火山灰推定アルゴリズム (OVAA) の新規開発では VOLCAT と同様、赤外サウンダから推定した火山灰物質情報を用いて OVAA による火山灰推定を実施する。その結果と VOLCAT 解析結果や衛星ライダー観測結果とを用いて比較検証を行う。

(c) 大気・地表面放射モデルの改良

- ・内部混合エーロゾルモデルなど、エーロゾル散乱モデルの開発を実施し、ひまわり観測や地上放射観測、衛星ライダー/イメージャ観測を用いた組成別エーロゾル推定アルゴリズムの改良を行う (地球一括)。
- ・X線マイクロCTによる雪粒子形状抽出や、融解・変質過程の数値計算などを行い、ぬれ雪の粒子散乱モデルを開発する (気象予報研究部 4 研と共同、地球一括)。またひまわりをはじめとする各種衛星観測を用いた湿雪情報の導出アルゴリズム開発を行う。ぬれ雪モデルは二重偏波レーダーによる液水・雪水量推定 (台風・気象災害

	<p>研究部 3 研) に利用する。</p> <p>(d) 大気放射収支の変動及びエアロゾル・雲の監視技術の高度化</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・地上放射計観測網（福岡、宮古島、つくば、南鳥島）において地上エアロゾル光学特性連続観測およびエアロゾル散乱・吸収係数の観測を実施し、黄砂粒子や黒色炭素の発生、大陸からの輸送を考慮したエアロゾル光学特性の空間・時間分布を解析する。</li> <li>・分光日射観測システムの開発を進め、地上放射の重点観測点（福岡、つくばと南鳥島）において連続観測を行い、スカイラジオメータ等の放射計及びエアロゾル直接観測機器などの従来の観測システムと融合させることにより、エアロゾルや雲等の地上放射への影響を評価可能とする技術の開発を行う。</li> <li>・計量分野とのトレーサビリティを考慮した放射計校正技術の開発を行う。</li> <li>・分光放射計や全天カメラの地上観測から、雲の微物理・光学特性を解析する手法を開発する。</li> </ul> <p>（副課題 4）地上リモートセンシング技術及びそれらをコアとした水蒸気等の観測技術に関する研究</p> <p>(a) 水蒸気ライダー</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・これまでに開発した水蒸気ライダーを用いた観測を行うとともに、副課題 2 にデータを提供し、予測への効果を評価する。ライダーの観測精度向上のための改良と観測データ品質手法の開発・改良を行う。</li> </ul> <p>(b) 船舶 GNSS</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・主に東シナ海を航行する船舶に GNSS 機器を設置し観測を行う。令和 4 年度まで観測を継続し、精度の改善や波浪・海面高度など新たな物理量の解析に取り組む。副課題 2 にデータを提供し、予測への効果を評価する。</li> </ul> <p>(c) 水蒸気の時・空間構造解析</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・地上リモセン技術等を用いた水蒸気等の鉛直構造解析に資する研究の調査を行う。データ同化手法などを用い、観測データを統合した水蒸気の 3 次元構造解析手法を構築する。得られた結果を用いた豪雨時の大気状態の解析を行い、機構解明を行う。</li> </ul>
研究の有効性	<p>（気象業務への貢献）</p> <p>（副課題 1）衛星データ同化技術及び全球同化システムの改良</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・全球データ同化システム及び衛星データ同化の開発・改良は、現業数値予報の精度向上に資する。また新規衛星・観測に対する OSSE は、観測システムの設計や早期の現業的データ利用に資する。</li> <li>・MRI-NAPEX を用いて研究を実行することにより、現実大気の解析に耐える研究成果を創出し、現業システムの直接的な改善に資する。MRI-NAPEX は本課題で管理するが、モデル課題や現象解析課題と共有し所内共通基盤として、効率的な研究を進める。</li> </ul> <p>（副課題 2）メソスケール高解像度同化システム及びアンサンブル摂動作成法の改良</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・気象研究所に移植したメソ NAPEX などの現業同化システムを用いた研究で得られた知見は、現業データ同化システムの開発に貢献する。</li> <li>・アンサンブル予報の摂動作成法で得られた知見も、現業アンサンブル予報の開発に直結する。</li> </ul> <p>（副課題 3）衛星・地上放射観測および放射計算・解析技術の開発</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・NOAA/NESDIS から導入した火山灰アルゴリズム (VOLCAT) の改良や、新規に独自開発する火山灰シミュレータは本庁におけるひまわりでの火山灰検出精度の向上に貢献し、観測データと火山灰物理量との関係をより明確にする。また推定された火山灰情報はデータ同化を通じた降灰予測への利用が期待できる。</li> <li>・ひまわりによる最適雲解析アルゴリズム (OCA) の改良により、OCA を用いた雲プロダクト精度や日射量プロダクト精度が向上する。</li> <li>・ひまわりや異なる衛星センサを複合的に用いた組成別エアロゾル解析は環境気象管理官からのエアロゾル組成別空間情報の要望に対応した研究課題である。</li> <li>・本庁要望である放射計算に基づくひまわり 10/11 号に向けたサウンド・イメージャについての事前調査・検討に本課題で開発する放射伝達計算が利用できる</li> </ul>

- ・気象衛星ひまわりのエーロゾルプロダクトの改良等により、環境気象業務において気候及び地球環境変動監視のための基本データである組成別エーロゾル分布の提供が可能となる。

(副課題4) 地上リモートセンシング技術及びそれらをコアとした水蒸気等の観測技術に関する研究

- ・水蒸気ライダーによって得られる水蒸気鉛直分布情報は、線状降水帯など豪雨の機構解明や予測改善に貢献する。
- ・国土地理院のGNSS観測網を活用することにより、大気中の全水蒸気量を連続的に観測できるという他の測器には無い優れた特徴を有している。海上での水蒸気観測手法が確立できれば気象研究、業務に基本的かつ貴重な情報を提供できる。さらに視線情報を活用することにより、対流スケールの水蒸気変動の理解に役立つ。

(学術的貢献、社会的貢献など)

(副課題1) 衛星データ同化技術及び全球同化システムの改良

- ・全球データ同化・衛星同化の改善は、全球数値予報システムを用いる気象庁の様々な大気・海洋・環境予測・解析精度の高度化に資する。

(副課題2) メソスケール高解像度同化システム及びアンサンブル摂動作成法の改良

- ・データ同化やアンサンブル予報の改良や開発は、顕著現象の予測精度を向上させ、防災気象情報を高精度にする。

(副課題3) 衛星・地上放射観測および放射計算・解析技術の開発

- ・最適雲推定(OCA)はひまわりデータを用いた解析ツールとして気象研究への幅広い応用が期待される。
- ・衛星による火山灰物質推定や火山灰雲の物理量推定は、これまでになかった新しい火山灰情報の提供に資する。
- ・粒子形状・散乱モデル開発の成果はデータの提供により広く一般の大気・地表面の放射伝達計算に適用できる。
- ・エーロゾル監視技術の高度化は、気候及び地球環境変動における社会課題の1つである黒色炭素や硫酸塩等の人為起源気候汚染物質による地球環境変動の把握に資する。

(副課題4) 地上リモートセンシング技術及びそれらをコアとした水蒸気等の観測技術に関する研究

- ・水蒸気ライダーやGNSS水蒸気観測によってもたらされる水蒸気情報の強化は、線状降水帯など災害をもたらす予測の難しい気象現象の理解、予測改善に貢献する。

(特記事項)

(副課題1) 衛星データ同化技術及び全球同化システムの改良

- ・宇宙航空研究開発機構と衛星データ利用促進分科会や、共同研究、研究公募を通して、緊密に連携しながら高度な衛星データ同化手法を開発している。また東京都立大学との共同研究を通して、風ライダーなどの将来衛星のOSSEを実施するなど、将来の衛星観測システム評価・設計に有用な研究を精力的に進めている。
- ・MRI-NAPEXは本課題で管理するが、モデル課題や現象解析課題の研究者にも必要に応じて利用してもらうことで、所内共通基盤として、効率的な研究を進める。

(副課題2) メソスケール高解像度同化システム及びアンサンブル摂動作成法の改良

- ・観測ビッグデータを用いた同化法に関して、情報通信研究機構などの観測データが高頻度・高密度になる測器を開発している研究機関との共同研究により観測データの特徴や限界等の情報を得ると共に、「富岳」プロジェクト等に参加して、観測ビッグデータのデータ同化手法に関する情報を積極的に収集し、より大きな計算機資源を利用できるように研究を推進する。
- ・観測データの特性調査では副課題3や副課題4、気象研究所に移植したメソNAPEXなどの現業同化システムを用いた同化実験では数値予報課、衛星データの同化法に

	<p>については副課題1の協力を得て研究の効率化を図る。そのほか、理化学研究所 計算科学研究センターの同化グループなどの気象研究所以外のメソデータ同化コミュニティと情報交換等を行うことにより、より効率的に研究を進める。</p> <p>(副課題4) 地上リモートセンシング技術及びそれらをコアとした水蒸気等の観測技術に関する研究</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>平成30年に開始したSIP課題において、九州での水蒸気ライダー観測を実施する(2020-2022年度)。</li> <li>科研費「最先端の地上大気観測とデータ同化で、線状降水帯の予測精度はどこまで向上するのか？」において、水蒸気ライダーに加え、気温ライダーやプロファイラを加えた先進的なデータ同化実験を実施する(2019年度-2022年度)。</li> <li>平成30年度に九州西方を航行する船舶等8隻にGNSS受信機を設置し、東シナ海の水蒸気観測を実施した(2018-2020年度)。科研費「船舶搭載GNSSによる東シナ海水蒸気、波浪、海面高度の観測」において、水蒸気に加え、波浪や海面高度など新たな物理量の抽出に関する研究を実施する(2020-2022年度)</li> <li>国土地理院が運用する世界的にも最高密度の地上GNSS観測網データを活用する。</li> </ul>
令和4年度実施計画	<p>(副課題1) 衛星データ同化技術及び全球同化システムの改良</p> <p>(a) 衛星データ同化の高度化</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>「ひまわり」の全天候域輝度温度の全球データ同化の改良や他衛星への適用、晴天放射輝度温度データの利用バンド拡大のための改良を行う。ハイパースペクトル赤外サウンダの利用の高度化のため、利用波長の拡大を図る。マイクロ波センサ輝度温度の全球同化について、陸域・海水射出率推定の改良及び品質管理の高度化を行い、検証する。</li> <li>Aeolus衛星同化処理の改良や同化インパクト評価、ひまわり後継衛星や将来の衛星搭載風ライダー等のOSSEを行う。</li> <li>全球モデルと衛星シミュレータを用いて、衛星搭載レーダーやマイクロ波輝度温度の再現性や、レーダーの同化可能性を調査する。</li> </ul> <p>(b) 全球データ同化の高度化</p> <p>アンサンブルを用いた同化システムについて、4次元(時空間)の背景誤差統計量の高精度化等によって解析精度の向上を図る。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>観測誤差相関を考慮した観測データの高密度同化や、水物質や境界付近の情報を持った観測の同化の高度化により、観測情報を拡充する。</li> <li>アンサンブル同化及び観測誤差拡充を統合した総合評価を行う。</li> <li>既存及び将来観測データの解析や予報場へのインパクトを評価する。</li> <li>モデル誤差を感度解析等によって検出し、解析への影響を軽減する。</li> </ul> <p>(副課題2) メソスケール高解像度同化システム及びアンサンブル摂動作成法の改良</p> <p>(a) シビア現象に適用する高解像度非線形同化システムの開発</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>気象研究所に移植したメソNAPEXやLETKFの改良を継続する。</li> <li>非線形や非ガウス分布なシビア現象にも適用できる粒子フィルターやアンサンブル4次元変分法などの同化システムの同化実験を実施し、実験結果の評価を開始する。</li> </ul> <p>(b) 領域モデルを対象にしたひまわりデータ等の高頻度・高密度な観測ビッグデータの同化法の開発</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>引き続きひまわりデータや偏波レーダー、フェーズドアレイレーダー、水蒸気ライダー、マイクロ波放射計、SAR、気象レーダーによる水蒸気分布推定等の高頻度・高密度な観測ビッグデータについての特性を調べ、誤差相関や非ガウス性を考慮した同化法などの検討を取りまとめる。</li> <li>ハイパースペクトル赤外サウンダデータについて同化手法の検討を行い、その結果をとりまとめる。</li> </ul> <p>(c) 領域モデルを対象にしたアンサンブル予報の摂動作成法の改良</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>メソスケール現象のアンサンブル予報において、改良された摂動作成法を用いたアンサンブル予測実験を開始する。大アンサンブル実験によって得られるアンサンブルスプレッドなどを参照として、より高度な摂動作成法を開発していく。</li> </ul>

(副課題3) 衛星・地上放射観測および放射計算・解析技術の開発

(a) ひまわり等衛星データを利用した大気・地表面リトリーバル手法の開発

- ・ひまわり等衛星データを利用したOCAによる雲物理情報の抽出アルゴリズム開発、エアロゾル効果の導入による日射量推定アルゴリズムの改良を継続して行う。
- ・水蒸気リトリーバルアルゴリズムをOCAに組み込み、各種衛星データを用いた晴天不安定指数の導出を行う。

(b) ひまわりを用いた火山灰物理量推定アルゴリズムの開発

- ・赤外サウンダとひまわり/GCOM-Cを複合的に用いた火山灰解析を複数の事例に対して実施し、VOLCATとの比較などからその効果を検証する。

(c) 大気・地表面放射モデルの改良

- ・降雪・積雪粒子、積雪の変質過程による積雪粒径や粒子形状変化のモデル化と、粒子散乱特性テーブルの作成を行う。

(d) 大気放射収支の変動及びエアロゾル・雲の監視技術の高度化

- ・地上エアロゾル光学特性等の連続解析及び解析を行う。
- ・分光日射観測システムの開発、及び同システムを用いた連続観測を行う。
- ・放射計校正技術の開発を行う。
- ・次期気象衛星ひまわりを見据え、静止気象衛星の分光放射観測を利用したエアロゾル光学特性の推定について、シミュレーション実験などにより、解析手法を検討する。
- ・2台の全天カメラを用いた雲の3次元分布の解析手法を開発する。

(副課題4) 地上リモートセンシング技術及びそれらをコアとした水蒸気等の観測技術に関する研究

(a) 船舶搭載GNSSによる水蒸気観測に関連し、下記の研究を行う。

- (1) 商用船へのGNSS水蒸気観測装置の実装を、気象庁と協力して実現する。
- (2) 引き続き、九州西方を航行する船舶に搭載したGNSSから可降水量を解析し、精度評価を行うとともに、副課題2に同化用データとして提供する。
- (3) 船体の揺動が水蒸気解析に与える影響の評価を行うとともに、海面高度や波浪等、新たな情報の抽出を検討する。
- (4) 船舶GNSS機器の小型化に向けた検討を行う。

(b) 水蒸気ライダーを用いた観測に関連し、下記の研究を行う

- (1) 水蒸気ライダーによる観測（長崎及び関東）を行う。
- (2) 観測データを副課題2に同化用データとして提供する。
- (3) 観測データの予測への効果の評価結果に基づいた最適な観測方法の検討及び装置の改良を行う。
- (4) 次世代型の水蒸気ライダー技術であるDIALについて、観測高度上限の高度化、船舶搭載技術の開発を進める。

(c) 水蒸気ライダー等複数の観測データの同化実験を実施し、水蒸気の時・空間構造を高精度で解析し、豪雨の機構解析を進める。

(d) 観測や解析された3次元大気情報の評価、顕著気象現象の機構解明のため、高層ゾンデ観測を実施する。



「課題解決型研究」

研究課題	<p>(T課題) 台風・顕著現象の機構解明と監視予測技術の開発に関する研究  副課題1：台風の発生、発達から温帯低気圧化に至る解析・予測技術の研究  副課題2：顕著現象の実態解明と数値予報を用いた予測技術の研究  副課題3：顕著現象の自動探知・直前予測技術のための研究開発  副課題4：先端的气象レーダーの観測技術の研究</p>
研究期間	令和元年度から5年間（5年計画第4年度）
担当者	<p>○加藤輝之 台風・災害気象研究部長  （副課題1）  [台風・災害気象研究部]○和田章義、柳瀬亘、嶋田宇大、林昌宏、辻野智紀、小山亮  （併任）、沢田雅洋（併任）、伊藤享洋（併任）、瀬崎歩美（併任）、岡部裕己（併任）  [気象観測研究部] 岡本幸三  （副課題2）  [台風・災害気象研究部]○益子渉、廣川康隆、小野耕介、荒木健太郎、鈴木修、田巻  優子（併任）、津口裕茂（併任）、北畠尚子（併任）、清野直子（併任）  [気象予報研究部] 橋本明弘、林修吾  （副課題3）  [台風・災害気象研究部]○楠研一、足立透、鈴木修  （副課題4）  [台風・災害気象研究部]○山内洋、梅原章仁、鶴沼昂、足立透、益子渉、荒木健太郎、  鈴木修、足立アホロ（併任）、南雲信宏（併任）  [気象予報研究部] 林修吾  [気象観測研究部] 瀬古弘、石元裕史、吉田智  [火山研究部] 佐藤英一</p>
目的	<p>台風および集中豪雨・大雪・竜巻等突風等の顕著現象をもたらす気象災害を防止・  軽減するため、最先端の観測・解析手法や高精度の数値予報システムを用い、これら  の現象の機構解明と高度な監視予測技術の開発を行う。</p> <p>（副課題1）  台風の発生、急発達、成熟期及び温帯低気圧化へと至る構造変化を包括的に理解  し、その予測可能性を評価する。国内外の研究者との連携の元、最先端の台風解析・  予報技術を導入・検証する。これにより台風予報精度の改善につながる技術基盤を  確立する。</p> <p>（副課題2）  集中豪雨・大雪・竜巻等、災害をもたらす顕著現象について、事例解析・統計解  析による実態把握と機構解明を推進し、それに基づく診断的予測技術の開発を通し  て顕著現象の監視・予測精度向上に貢献する。</p> <p>（副課題3）  竜巻等突風・局地的大雨など甚大な災害に直結する顕著現象の自動探知・予測技  術の開発により、国民の安心・安全への貢献を目指す。</p> <p>（副課題4）  最先端の気象レーダーの観測技術に関する研究を行い、降水観測の精度向上と新  たな物理量の推定手法の開発を行うことにより、台風や顕著現象の機構解明と監視  予測技術の改善に資する。</p>
目標	<p>（副課題1）  最先端技術による様々な観測結果の解析や数値予報システムによる事例解析を組  み合わせる技術を開発し、これを基盤として台風の発生、急発達、成熟期及び温帯  低気圧化へと至る構造変化機構を解明する。また数値予報システムによる台風進  路・強度及び構造変化等の予測可能性研究を通じて、予報誤差の要因に関する知見  を得ることにより、予報精度向上及び数値予報システムの改善に貢献する。</p> <p>（副課題2）  集中豪雨や大雪、竜巻等、顕著現象の事例解析と統計解析から、災害をもたらす</p>

	<p>顕著現象の実態把握・機構解明を進める。さらに、最先端の数値予報システムを活用し、予報現場での顕著現象に対する診断的予測技術向上に資する知見・手法を得る。</p> <p>(副課題3)</p> <p>高速3次元観測が可能な研究用フェーズドアレイレーダーを含む気象レーダー観測で得られるビッグデータを、人工知能技術等でリアルタイムに処理し、災害をもたらすおそれがある竜巻等突風・局地的大雨の範囲や強さを自動検出する技術確立する。さらに利用者向けにカスタマイズされた情報を提供するためのシステムを開発する。</p> <p>(副課題4)</p> <p>二重偏波レーダーによる観測技術の研究開発を行い、二重偏波パラメータなどから降水強度や粒径分布など降水に関する微物理量を抽出するための手法を開発する。開発した手法を用いて粒子判別等を行い、顕著現象の機構解明を行う。また、水蒸気や液水量など従来のレーダーでは行われてこなかった新たな気象物理量を推定する手法の開発を行う。さらに、フェーズドアレイレーダーによる観測データの品質管理および高頻度立体解析に関する技術開発を行い、顕著現象の理解と監視・予測技術の活用に関連して機能評価を行う。</p>
<p>研究の概要</p>	<p>(副課題1)</p> <p>(a) 発生から温帯低気圧化に至る台風構造変化プロセスに関する研究 最先端技術を含む衛星や気象レーダー等による観測や気象予報システム等により得られた大気海洋解析・再解析データに加えて、データ同化システムや数値予報モデルによる数値実験を通じ、台風の発生、急発達、成熟期、上陸及び温帯低気圧化へと至る構造変化プロセス及び統計的特徴を明らかにする。</p> <p>(b) 診断的台風予測技術開発と予測可能性研究 台風発生、急発達の予測を可能とする技術を開発する。機械学習手法を用いた新しい台風強度予測技術を開発する。観測データ、数値予測システムやアンサンブルシステムによる予測等を用いて、発生から温帯低気圧に至るまでの台風の予測可能性を調査する。特に台風の予測誤差が際立った事例や社会に重大な影響を与えた事例について、予測誤差が生じたメカニズムを解明するとともに予測可能性を調査する。</p> <p>(c) 新しい台風解析・予測技術の導入による台風研究の推進 気象研究所及び国内外の研究により得られた台風解析・予測技術を一元的に集約し、その精度を検証し、技術改良及び汎用化を図る。最先端技術を含む衛星や気象レーダー等による観測、気象予報システムにより得られた解析・再解析データを集約し、台風解析・予測技術を組み合わせ、効率的に事例解析を実施することができる技術を開発する。特に社会に影響のある台風については、科学的な情報を社会へ適宜発信する。</p> <p>(副課題2)</p> <p>(a) 顕著現象の実態把握と機構解明のための事例解析的研究</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・過去に発生した顕著現象に対して、非静力学数値予報モデルでの再現実験や客観解析データ、地上・高層・レーダーやシチズンサイエンスなどの各種観測データを駆使することにより事例解析を行い、これらの現象の実態把握や機構解明に取り組む。</li> <li>・特に顕著な現象が発生した時は、速やかに各種観測データの解析・非静力学数値予報モデルの実行結果からその発生要因等を調査する。</li> </ul> <p>(b) 数値予報を活用した顕著現象の診断的予測技術に関する研究</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・大雨をもたらした降水系や発生環境場についての統計解析に基づき、「線状降水帯発生条件」の検証と改良を行い、大雨の予測精度向上を目指す。</li> <li>・高解像度モデル（水平解像度 1km 程度）やアンサンブル予報等の数値予報モデルの結果を用い、竜巻等突風や降雪現象に伴う雪氷災害の予測手法の開発を行う。</li> </ul>

	<p>(副課題 3)</p> <p>(a) 竜巻等突風および局地的大雨のレーダーデータ解析      竜巻等突風、局地的大雨および台風環境下等の顕著現象についてフェーズドアレイレーダー、可搬型ドップラーレーダー、その他の各種気象レーダーによる観測から得られたデータを解析し、自動探知・予測技術に資する顕著現象の発生・発達メカニズムの解明を行う。</p> <p>(b) 顕著現象の自動探知・追跡技術の開発      ビッグデータ高速処理技術、3次元図化技術等の観測基盤ツールを整備の上、当該副課題のコア技術となる竜巻渦・降水コア・対流システム等の即時自動解析、危険域早期検出・追跡技術を開発する。さらに深層学習の適用による高速化・高精度化を行う。</p> <p>(c) 探知・予測に関する気象情報生成技術の開発      様々なニーズを持つ事業者（高速交通等）の位置情報やMAPデータを連携させ、検出情報に先読み情報（直前予測）を含めた配信情報の自動生成システムを開発する。</p> <p>(副課題 4)</p> <p>(a) 偏波情報を用いた降水強度高精度推定に関する研究      二重偏波レーダーの観測データを用い、激しい降雨であっても経験式を用いずに電波の減衰を補正し、雨の粒径分布と降水強度を理論的に高精度に推定する手法の開発とその検証を行う。合わせて観測を最適化する基礎技術についても研究を行う。</p> <p>(b) 偏波情報を用いた粒子判別に関する研究      二重偏波情報を用いた、雨・雪・融解層・雹・あられ・凍雨・雨氷・竜巻飛散物・晴天エコー・シークラッタの自動判別アルゴリズムの開発を行う。またこれらの技術を用いて顕著現象の機構解明を行う。</p> <p>(c) 偏波情報を用いた水蒸気、液水、雪水量推定に関する研究      二重偏波情報から液水・雪水量を推定する研究及び水蒸気量を推定する研究を行う。</p> <p>(d) フェーズドアレイレーダーを用いた観測技術に関する研究      フェーズドアレイレーダーによる観測データの品質管理・3次元解析などの基盤技術の開発を進める。さらに、業務利用の観点から多角的な機能評価を行い、Cバンド二重偏波フェーズドアレイレーダーを含めた将来型レーダーの開発に必要な学術的・技術的な研究を行う。</p>
<p>研究の有効性</p>	<p>(気象業務への貢献)</p> <p>(副課題 1)      台風の解析・予測技術の研究は、第4期国土交通省技術基本計画における技術開発事項の1つであり、台風予測精度向上のために必要である。さらに気象庁の地域特別気象中枢(RSMC)としての北西太平洋域における台風等の解析、予報改善に寄与する。</p> <p>(副課題 2)      数値予報を用いた顕著現象予測技術の研究は、顕著現象の形成要因や環境条件からその発生可能性を予測する”診断的予測”技術の開発を通じて、気象庁が提供する半日前からの防災気象情報の改善に資する。</p> <p>(副課題 3)      顕著現象の自動探知・直前予測技術の研究開発、数分で起こる顕著現象の様相を気象レーダーにより正確かつ迅速に把握し、観測データに基づく新たな予測手法を構築することは、特に突風や竜巻の予測・観測能力の強化に貢献する。</p> <p>(副課題 4)      気象庁で平成31年度から現業利用を予定している二重偏波レーダー、国土交通省交通政策審議会気象分科会の提言（2015年7月）において開発が望まれているフェーズドアレイレーダーの利用技術の基礎となり、台風・顕著現象の理解と監視・予測技術に貢献する。また開発した技術は、気象庁で開発・現業運用されているナウキャスト</p>

	<p>技術に将来応用できる可能性がある。</p> <p>(学術的貢献、社会的貢献など) (副課題 1) 国内外の研究者と予報官が気象研究所を介して台風に関する議論を適宜実施することは、研究成果の現業化を推進する上で有益である。 日本に來襲する台風は、同心円状(軸対称)構造から温帯低気圧(非軸対称構造)に変質する過程を経るものが多い。台風の急発達だけでなく、こうした性質を持つ台風の構造変化や予測可能性評価は学術的意義のある研究課題だけでなく、台風予報の精度向上を実現する有効な手段である。 大学や海外の研究機関等と日ごろから台風に関する情報を適宜共有することは、連携を深めることに有益な活動である。これにより世界気象機関(WMO)、台風委員会(ESCAP)等で行われる台風に関する国際的活動に貢献する。これにより地域特別気象中枢(RSMC)としての国際的信用を高める。</p> <p>(副課題 2) 顕著現象の実態把握と診断的予測技術の開発は、半日前からの気象予測精度の向上とともに、防災、風工学など様々な分野に貢献する。</p> <p>(副課題 3) 予報・警報等の防災情報の高精度化のための現象の観測・解析技術において、波及効果の極めて高い技術的ブレークスルーとなる。 (a) 実況・予測プロダクトの大幅な高速化・高精度化 (b) 台風等の高度な盛衰予測や局地的大雨・竜巻等の超短時間予測の実現 (c) 多様な観測及びモデルとのシナジー効果 &lt;例：線状降水帯の早期抽出等&gt;</p> <p>(副課題 4) 二重偏波レーダーによる降水強度の高精度推定や粒子判別は学術的に最先端の課題であると同時に、現業的にも H31 年度から二重偏波化される本庁のレーダー観測に直接貢献することができる。実際、気象庁観測部から推進を強く要請されている。また雨滴の粒径分布や液水量は観測・解析だけでなくデータ同化など数値モデルにも利用できる可能性がある。一方、雪水量の推定は大きな計算コストを必要とするため現業利用はすぐには難しいがこれから発展が見込まれる学術的分野である。またフェーズドアレイレーダーを含め、最先端の気象レーダーを用いた研究開発を通して、レーダー気象学の研究分野における国際的リーダーシップの発揮につながるほか、気象庁現業における次世代および次々世代のレーダー観測技術への応用に資する。</p> <p>(特記事項) (副課題 4) 研究を予定している(a)、(b)は今後現業レーダーが二重偏波化するにあたり観測部から推進するように要請を受けている。 なお、これらのレーダーの観測や技術開発にはパルスの長さや形など電波の質の変更を伴う操作をする必要があるが、担当者はこれを行う資格を有している。</p>
令和 4 年度 実施計画	<p>(副課題 1) 台風の発生、発達から温帯低気圧化に至る解析・予測技術の研究 (a) 発生から温帯低気圧化に至る台風構造変化プロセスに関する研究 ひまわり 8 号高頻度大気追跡風や気象レーダーデータ、数値予報モデル等を用いた構造変化プロセス及び台風内部の変動過程に関する解析研究、並びに台風活動及び温帯低気圧化の気候学的特徴の抽出に関する研究を引き続き実施する。 (b) 診断的台風予測技術開発と予測可能性研究 台風予測精度向上に向け、機械学習を用いた台風予測システムの改良を実施する。数値予報システム等を用いた台風予測可能性研究を引き続き実施する。 (c) 新しい台風解析・予測技術の導入による台風研究の推進 2022 年度の台風について、特に社会に深刻な影響をもたらした事例を中心に、各種</p>

観測・数値シミュレーションデータを解析サーバー等を用いて即時に解析し、その特徴を調査する。

(副課題 2) 顕著現象の実態解明と数値予報を用いた予測技術の研究

近年発生した大雨(線状降水帯による事例を含む)や突風、降雪事例について、特に顕著なものを中心に、各種観測データや客観解析データ及び数値シミュレーション結果を解析し、環境場の特徴や、現象の構造、発生機構の解明を行う。特に顕著な現象が発生した時は、速やかに各種観測データの解析・非静力学数値予報モデルの実行結果からその発生要因等を調査する。

過去 30 年程度を対象として、令和 3 年度に開発した空間変換・積算手法を用いた解析雨量やアンサンブル予報の結果を用いて、より典型的な線状降水帯を客観的に抽出し、その発生の特徴や環境場に関する調査を引き続き進める。これらの調査で得られた結果をもとに、線状降水帯発生の診断的予測の指標である線状降水帯 6 条件の改善の可能性を検討する。メソアンサンブル予報に対してクラスター解析及び確率マッチングを適用して、顕著現象に対する複数の予測シナリオを作成し、最も実況に近いシナリオを選択することで、顕著現象の決定論的予測精度の向上が可能か検討する。

高解像度アンサンブル予報の結果を用いて、首都圏の降雪の発生環境場についてメソスケールの現象に着目して解析を行うことで、降雪現象の大気・雲・降水過程の調査を引き続き進める。これらの結果をもとに、首都圏の大雪時の山岳域での雪氷災害(雪崩など)の診断的予測の可能性についても検討する。

昨年度までに行った全国のアメダス 1 分値データを用いた突風の統計調査の結果を利用し、特に顕著な事例に対して水平解像度 1km 程度の高解像度モデルを用いた新たな突風予測手法の調査を引き続き行う。

(副課題 3) 顕著現象の自動探知・直前予測技術のための研究開発

引き続き国内外の竜巻関連データを収集するとともに、データ基盤の継続的な利活用、特に竜巻発生確度ナウキャスト等、竜巻等突風の起こりやすさの予測の改善への波及について検討を行う。様々な竜巻やレーダーに対応可能な汎用性のある竜巻探知のための深層学習モデルについてこれまでの開発・試作成果を取りまとめ、さらに多様な現象のナウキャストへの深層学習技術の応用を検討する。

(副課題 4) 先端的気象レーダーの観測技術の研究

レーダーシミュレーターにより作成した、偏波パラメータのデータベースに基づき二重偏波レーダーの観測データから雨滴粒径分布のパラメータを推定する手法の改良と高度化を行う。また二重偏波レーダーの実データから推定された粒径分布や降水強度、液水量などを地上観測と比較し検証を行う。

(b) 偏波情報を用いた粒子判別に関する研究

二重偏波パラメータを用いた降水粒子判別アルゴリズム(試作版)の評価・改良を行う。開発した手法に多角的に評価するための比較用データの収集を行う。また、判別結果を用いて、積乱雲内の降水粒子、電荷分布、上昇気流の関係を調査する。

(c) 偏波情報を用いた水蒸気、液水、雪水量推定に関する研究

これまで開発した品質管理手法に基づきレーダー位相データから大気の水蒸気を推定する手法の改良および検証を行う。また、C-band など気象用二重偏波レーダーに用いられている波長に対する雪粒子モデルの散乱特性を計算するためのシミュレーターの改良を行うとともに、雪水量を推定するアルゴリズムの開発に着手する。

(d) フェーズドアレイレーダーを用いた観測技術に関する研究

フェーズドアレイレーダーを用いた反射強度および気流場の立体解析技術の機能の評価を行う。

研究課題	<p>(C課題) 気候・地球環境変動の要因解明と予測に関する研究  副課題1：異常気象のメカニズム解明と季節予測可能性の評価  副課題2：地球温暖化予測の不確定性低減  副課題3：大気中温室効果ガスの変動要因・炭素収支の解明  副課題4：海洋の生物地球化学循環と酸性化実態の解明</p>
研究期間	令和元年度から5年間（5年計画第4年度）
担当者	<p>○気候・環境研究部長 須田一人  (副課題1)  [気候・環境研究部] ○直江寛明、小林ちあき、原田やよい、今田由紀子、高薮出、保坂征宏、遠藤洋和、古林慎哉(併任)、高坂裕貴(併任)、竹村和人(併任)、南敦(併任)、前田修平(併任)  [全球大気海洋研究部] 吉田康平、平原翔二、吉村裕正、石川一郎、高谷祐平、新藤永樹、足立恭将、  [応用気象研究部] 仲江川敏之、川瀬宏明  (副課題2)  [気候・環境研究部] ○保坂征宏、水田 亮、遠藤洋和、行本誠史、辻野博之、直江寛明、小林ちあき、原田やよい、今田由紀子、村上茂教(併任)  [全球大気海洋研究部] 石井正好、出牛真、神代剛、吉田康平、平原翔二、吉村裕正、石川一郎、高谷祐平、新藤永樹、足立恭将、大島長、中野英之、坂本圭、浦川昇吾  [気象予報研究部] 中川雅之、川合秀明、長澤亮二  [応用気象研究部] 仲江川敏之、村崎万代、川瀬宏明、小畑淳  (副課題3)  [気候・環境研究部] ○坪井一寛、石島健太郎、石井雅男、藤田遼、高辻慎也(併任)、雪田一弥(併任)  [全球大気海洋研究部] 眞木貴史  (副課題4)  [気候・環境研究部] ○辻野博之、遠山勝也、小杉如央、小野恒、石井雅男、笹野大輔(併任)、飯田洋介(併任)、佐藤克成(併任)  [全球大気海洋研究部] 中野英之、豊田隆寛、坂本圭、浦川昇吾、川上雄真</p>
目的	<p>(全体)  ・本研究課題では、大気と海洋の物理及び生物地球化学の長期観測と多様かつ高解像度のプロセス観測及びそれらのデータ解析や、精緻化された大気・海洋・生物地球化学過程を含むシステムの数値モデルの利用と解析を推進し、それらの研究の連携を強化する。これによって気候システムとその変化をより深く理解し、その諸現象の予測の不確実性の低減に資することで、社会に貢献する。</p> <p>(副課題1) 異常気象のメカニズム解明と季節予測可能性の評価  ・季節予測システム等を用いたアジア地域固有の気候現象と異常気象の季節予測可能性の研究、観測・長期再解析及びモデル実験等を用いた異常気象の実態解明と温暖化の影響の研究、そして気候研究に必要なデータ整備に関する研究を通して、季節予測の向上とその予測を用いた減災に資する情報を提供する。</p> <p>(副課題2) 地球温暖化予測の不確定性低減  ・地球システムモデルを実用し、地球温暖化予測や十年規模の気候変動予測のための研究基盤システムを開発する。高解像度の地球システムモデルを活用した実験を行うことで、気候メカニズムを理解し、全球及び地域スケールの気候の再現・予測の不確実性を評価・低減する。また、海洋の温暖化予測情報を充実させる。</p> <p>(副課題3) 大気中温室効果ガスの変動要因・炭素収支の解明  ・大気中の温室効果ガスの新しい観測・測定手法を開発し、多種類の大気化学トレーサー観測を実施して、西太平洋域における時空間変動を把握する。それらの観測情報に基づいて、温室効果ガスの変動要因を解析し、炭素収支を評価する。これらの活動を通じて、温室効果ガス排出削減の政策決定に科学的根拠を与える気象庁の現業温室効果ガス観測、WMO/GAWによる国際的な観測・解析、パリ協定</p>

	<p>のグローバルストックテイク等に貢献する。</p> <p>(副課題4) 海洋の生物地球化学循環と酸性化実態の解明</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>海洋の炭素循環や海洋酸性化について、新しい観測手法の開発や、従来の手法の改良を行う。それらによる観測データと数値モデルのデータを合わせて解析し、海洋炭素循環の変化や海洋酸性化の実態を評価するとともに、その原因を解明する。これによって、「持続可能な開発目標」や温室効果ガス排出削減の政策決定に科学的根拠を与える気象庁の現業海洋二酸化炭素観測や全球海洋観測システムの発展に貢献する。また、数値モデリングとの比較等を通じて、海洋酸性化の将来予測の向上にも貢献する。</li> </ul>
目標	<p>(全体)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>異常気象の実態解明、季節予測の可能性、地球温暖化、大気と海洋の炭素循環に関する長期かつ高解像度の観測及びモデル実験データベースを作成する。</li> <li>それらの解析や数値モデリングにより、炭素循環や気候変動の実態とメカニズムの理解を深めるとともに、過去気候再現と将来気候予測の不確実性を評価・低減する。</li> </ul> <p>(副課題1) 異常気象のメカニズム解明と季節予測可能性の評価</p> <p>① アジアモンスーンと台風の予測可能性評価</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>季節予測システムを用いた実験により、海洋・陸面と相互作用したアジアモンスーンの季節～数年の予測可能性を評価し、そのメカニズムを解明する。</li> <li>季節予測システムの再予報実験における台風の発生数等の予測精度を評価し、予測可能性の要因を解明する。</li> </ul> <p>② 極端気象の実態と予測可能性の研究</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>長期再解析などのデータ解析と季節予測システムを用いたモデル実験を通して、極端気象の実態と発生メカニズムを明らかにする。</li> <li>大気モデルの大規模アンサンブル実験 (d4PDF) を用いて、熱波、旱魃、豪雨といった極端事象の発生確率の季節 (内) 予測可能性を評価し、季節予測システムを用いて大気・海洋結合がそれらの予測可能性にどのような影響を及ぼすかを調べる。</li> </ul> <p>③ 異常気象の実態解明と要因に与える大規模場の影響評価</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>長期再解析データ、地上観測データ、モデル実験等を利用して、今後発生する異常気象の発生メカニズムの迅速かつ確かな情報提供に資するために、過去の異常気象の実態と発生メカニズム、温暖化寄与評価について大規模場の観点から研究を行う。</li> </ul> <p>④ 気候データに関する研究</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>異常気象の実態と発生メカニズムの解析、予測初期値、予測精度評価に必要な、気候研究の基盤となる長期再解析データなどを整備し、品質評価を行う。また、次世代の長期再解析の品質向上に資する同化インパクト実験や結合同化実験の評価を行う。</li> </ul> <p>(副課題2) 地球温暖化予測の不確実性低減</p> <p>① タイムスライス温暖化予測システム</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>地球システムモデルを用いた高解像度モデルによる温暖化予測システムを開発し、アンサンブル実験を行い、地域スケールの温暖化予測の不確実性を評価・低減する。また、これをもとに海洋の将来予測プロダクトの検討を行う。</li> </ul> <p>② 十年規模気候変動予測</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>地球システムモデルに組み込む初期値化スキームを開発し、十年規模予測実験を行い、全球及び地域スケールの十年規模の気候予測可能性や変動メカニズムについて考察する。また、これにより、モデル開発、初期値スキームの開発、予測情報の不確実性の低減に結びつける。</li> </ul> <p>③ 気候再現実験</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>気候モデルにより、歴史的観測データを整備・活用した長期気候変動再現システムを開発する。再現実験出力により長期気候変動の理解を進め、観測データに基</li> </ul>



	<p>づく百年スケールの気候変動研究領域を開拓する。</p> <p>④ <b>CMIP 実験の実施と気候変動メカニズム解明</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>世界気候研究計画 (WCRP) の第 6 期気候モデル相互比較プロジェクト (CMIP6) の各種温暖化実験を行い、国際比較のために実験出力をプロジェクトへ提出する。また、マルチモデル (CMIP6、CMIP5) 等の各種データセット・実験を解析した結果をモデル開発にフィードバックするとともに、気候変動メカニズムの理解に役立てる。</li> </ul> <p>(副課題 3) 大気中温室効果ガスの変動要因・炭素収支の解明</p> <p>① 化学トレーサーの時空間変動に関する観測研究</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>気象庁の定常大気観測所 (綾里、与那国島、南鳥島) や父島気象観測所の観測施設を利用して、ラドン、酸素や、二酸化炭素の炭素・酸素安定同位体比等の複数の大気化学トレーサーの連続観測を実施する。これらのデータと、定常大気観測所で収集されている温室効果ガス濃度のデータを統合して、多種類の微量気体を含む高時間分解能の観測データベースを作成する。</li> <li>温室効果ガス測定の標準ガス等の国内相互比較実験に参加し、観測基準や測定精度を評価する。また、実大気を用いた標準ガス調製システムを開発する。</li> <li>次世代のレーザー分光型分析計等を利用した観測・校正システムを開発する。</li> <li>代替フロンを含むハロカーボン類の連続測定技術を確立する。</li> </ul> <p>② 化学トレーサー観測による炭素収支に関する解析研究</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>観測データベースを用いて、ラドン (<math>^{222}\text{Rn}</math>) を指標とした清浄大気データの選別手法を確立し、温室効果ガスの広域代表性の高い変動を再解析する。</li> <li>酸素や二酸化炭素同位体比を用いた解析を実施し、他の手法とも比較検証を行って温室効果ガス濃度の変動要因・炭素収支を定量的に評価する。</li> </ul> <p>(副課題 4) 海洋の生物地球化学循環と酸性化実態の解明</p> <p>① 高解像度観測や高精度分析による海洋炭素循環と酸性化実態の解明</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>水中グライダーによる観測方法と取得されたデータの品質管理技術を確立し、観測結果から時空間的に高解像度の海洋観測データセットを作成する。</li> <li>海水の pH 測定における不確かさ低減の手法や、アルカリ度の航走観測技術の確立により、海洋酸性化観測技術を改善する。</li> </ul> <p>② データ解析による海洋物質循環の変動機構解明</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>水中グライダーによる観測データから、中規模渦の物理・化学構造や、亜表層の酸素濃度の季節内変動など、海洋観測船では取得が難しい事象について知見を深める。</li> <li>気象庁観測船などによる北太平洋の長期観測データを解析することにより、この海域の表層及び中層における二酸化炭素など、生物地球化学パラメーターの変動実態を定量的に評価し、その変動要因を解明する。</li> <li>海洋モデルや地球システムモデルの結果を観測結果と比較することにより、これらのモデルの性能を評価する。また、モデルの結果から、観測された海洋への二酸化炭素蓄積や酸性化の進行の実態について理解を深める。</li> </ul>
研究の概要	<p>(副課題 1) 異常気象のメカニズム解明と季節予測可能性の評価</p> <p>① アジアモンスーンと台風の予測可能性評価</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>気象庁の現業季節予測システム (JMA/MRI-CPS2) を用いた再予報実験により、海洋・陸面と相互作用したアジアモンスーンの活動度の季節～数年の予測可能性を評価し、そのメカニズムを解明する。</li> <li>上記季節予測システムを用いた再予報実験により、台風の発生数等の予測精度を評価し、予測可能性に影響を及ぼす要因を解明する。</li> </ul> <p>② 極端気象の実態と予測可能性の研究</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>長期再解析 (JRA-3Q) などのデータ解析と上記季節予測システムを用いた再予報実験を通して、極端気象の実態と発生メカニズムを明らかにする。</li> <li>大気モデルの大規模アンサンブル実験 (d4PDF) を用いて、熱波、旱魃、豪雨といった極端事象の発生確率の季節 (内) 予測可能性を評価するとともに、上記季節予測システムを用いて大気・海洋結合がそれらの予測可能性にどのような影響</li> </ul>

を及ぼすかを調べる。

③ 異常気象の実態解明と要因に与える大規模場の影響評価

- ・長期再解析データ、地上観測データ、モデル実験等を利用して、今後発生する異常気象の発生メカニズムの迅速かつ的確な情報提供に資するために、過去の異常気象の実態と発生メカニズムの研究を行う。社会的に影響の大きい異常気象が発生した場合には、速やかに実態と要因解明を行う。この研究を通して、上記季節予測システムによる異常気象の予測精度について、影響を及ぼす要因を明らかにする。
- ・上記大規模アンサンブル実験を用いて、現在気候条件下で発生した異常気象に対する温暖化の影響を定量化する。(この結果を、A3 課題の領域大規模アンサンブル実験と合わせてシームレスな解析を行い、全球モデルのみでは分析困難な異常気象の要因を明らかにする。)

④ 気候データに関する研究

- ・上記①～③の異常気象等の要因解明や予測精度の評価に必要な基盤データを整備するため、数値予報課再解析班と共同で長期再解析 JRA-3Q データを作成する。計算過程でリアルタイム品質管理を実施することで、最新技術による再解析データと品質情報とを共に提供する。このデータセットは、M4 はじめ M 課題でのモデル研究において、検証・評価や初期値として利用される。
- ・上記長期再解析における未使用データの同化インパクト実験を行い、次世代の長期再解析での品質向上のための利用可能性を評価する。

(副課題 2) 地球温暖化予測の不確定性低減

① タイムスライス温暖化予測システム

- ・地球システムモデルを用いた当該温暖化予測システムの開発について、最初の 2 年間で、地球システムモデルに外部条件を変えたアンサンブル生成スキームとデータ同化による初期値化スキームを組み入れた実験システム開発を行い、過去と将来についての予備実験を行う。3 年目に既存システムとの比較、課題整理、システム改修をしたのち、4 年目に外部プログラムと連携した長期のタイムスライス実験を実施し、将来、今世紀半ば及び今世紀末までの気候変化について考察する。
- ・海洋の将来予測プロダクトの検討について、上記システム開発の段階から当該プロダクトの生成も可能となる構成を検討し、4 年目以降に、日本沿岸の海面水位等の当該プロダクトの検討を進める。

② 十年規模気候変動予測

- ・上記①のタイムスライス実験で開発した初期値化スキームを活用して、20 世紀半ば以降の過去気候についてのハインドキャスト実験を実施する。あわせて、初期値化手法を①とは変えた試みも行い、2 年目までに十年規模気候変動予測システムを完成させる。3 年目以降、同システムを用いたハインドキャスト実験を行い、十年規模気候変動の予測可能性やメカニズムについて考察する。

③ 気候再現実験

- ・150 年程度の長期気候変動を再現するシステムの開発のため、上記①や②とは異なる初期化スキームを地球システムモデルに組み入れることにより、地上観測データを同化する気候再解析の可能性を検討する。2 年目までにシステム開発を行い、以後は長期積分を実行しつつ、その結果を基に過去の百年スケールの気候変動に関するメカニズムを考察する。

④ CMIP 実験の実施と気候変動メカニズム解明

- ・CMIP6 の下で各種温暖化実験を行い、2 年目までに成果を取りまとめてプロジェクトへ提出する。以後、それ以外のものを含めたマルチモデル実験データの解析を進め、地球温暖化メカニズムについて考察するとともに、たとえば雲の気候系への影響をはじめとする全球熱バランスや、日本・アジア域の気候、特に黒潮流路に影響を与える日本付近の風の分布等、モデル開発に結びつけるための調査を行う。

(副課題 3) 大気中温室効果ガスの変動要因・炭素収支の解明

① 化学トレーサーの時空間変動に関する観測研究

- ・気象庁の 3 つの大気観測所(南鳥島、綾里、与那国島)と父島に設置している、

ラドン ( $^{222}\text{Rn}$ )、酸素 ( $\text{O}_2/\text{N}_2$ )、二酸化炭素 ( $\text{CO}_2$ ) の炭素・酸素安定同位体比 ( $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{18}\text{O}$ ) 及び水素 ( $\text{H}_2$ ) 等の複数の化学トレーサーを高精度で連続測定する装置を利用して、連続観測を行いデータを取得する。

- これらの化学トレーサー観測データと、気象庁が大気観測所で測定している温室効果ガス ( $\text{CO}_2$ 、メタン ( $\text{CH}_4$ ) 等) の観測データを統合して、多種類の微量気体を含む高時間分解能観測データベースを構築する。
  - 上記観測データのスケール統一とその国際標準化のため、気象庁との標準ガス比較を定期的実施するとともに、国内外の観測実施機関との標準ガス相互比較実験に参加し、上記観測の精度を評価する。
  - 気象庁の観測・校正システムの更新計画に対応するため、次世代のレーザー分光型大気観測・校正システムや実大気を用いた標準ガス調製システムの開発と、代替フロンを含むハロカーボン類の連続測定技術の高度化を図る。
- ② 化学トレーサー観測による炭素収支に関する解析研究
- 上記①で作成した  $^{222}\text{Rn}$  の観測データベースを利用して、大陸の発生源の影響を強く受けた大気データを特定し、それを取り除くことで広域の清浄大気を代表するバックグランドデータを選別する手法を確立する。
  - この手法を適用して、上記①で作成した観測データベースからバックグランド大気を選別し、 $\text{CO}_2$  や  $\text{CH}_4$  等の温室効果ガスの季節変動や長期的な増減傾向をより正確に解析する。
  - 上記で解析される広域を代表した  $\text{CO}_2$  濃度の長期増加速度と上記①で取得する  $\text{O}_2$  濃度の減少速度の関係性等に基づいて炭素収支解析を実施し、海洋や陸域生態系の吸収・発生量を定量的に評価する。
  - この結果と、M5 課題におけるインバージョン法や C4 課題の海洋診断解析による陸域や海洋の炭素フラックス解析結果を相互に比較解析し、炭素収支の不確かさを評価する。
  - 観測とモデル解析に基づく全球メタン収支の推定、及び気象庁の二酸化炭素輸送モデル (GSAM-TM) を用いた  $\text{CO}_2$  逆解析システムを実験装置として用いて炭素収支の推定を行う。

#### (副課題 4) 海洋の生物地球化学循環と酸性化実態の解明

① 高解像度観測や高精度分析による海洋炭素循環と酸性化実態の解明

- 気象庁観測船の協力を得て、水中グライダーによる水温・塩分・溶存酸素・クロロフィル濃度の時空間高解像度観測を行う。
- 伊豆・下田の筑波大学臨海実験センターの協力を得て、同地にて水中グライダーの性能試験を実施し、水中グライダーの安定運用法を確立する。
- 気象庁観測船など船舶観測によるデータを基準にして、水中グライダーに搭載したセンサーによる観測データの誤差やドリフトの評価と、その補正方法を確立し、水中グライダー観測に基づく海洋物質循環の解析や海洋データ同化結果との比較に資するデータセットを作成する。
- 気象庁観測船で実施している分光光度法による pH 測定について、使用する指示薬に応じた補正を行うことで精度をいっそう向上させ、海洋酸性化の実態をより高精度で把握することを可能にする。
- 気象庁観測船などで全アルカリ度の航走観測試験を行い、観測精度等の性能を評価するとともに、測定の問題点・改善点を明らかにすることで、観測技術を改善する。

② データ解析による海洋物質循環の変動機構解明

- 気象庁観測船による高精度の長期海洋観測データ (東経 137 度、東経 165 度、東シナ海、沖縄東方など) を解析し、亜熱帯域の海洋表層や海洋内部における  $\text{CO}_2$  の季節変化・年々変化・長期変化等を明らかにする。また、それらの要因について数値モデル結果等を活用して考察する。
- 気象研究所の地球システムモデルによる海洋炭素循環の予測結果を、気候モデル相互比較プロジェクト (CMIP) に参加する他のモデルによる結果とともに解析し、観測データにより得られた知見と比較してそれら予測結果の信頼性を評価する。また、海洋への  $\text{CO}_2$  蓄積や酸性化の進行の実態について、海洋モデルによる再現実験結果と観測結果を比較解析することで海域的特性等について理解を深める。

<p>研究の有効性</p>	<p>(全体)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・「日本の気候変動 2020」や気候変動監視レポートなど、気象庁による情報発信の内容の改善に貢献する。また、WMO、IPCC、WCRPなどの国際的な報告書やプロジェクトの推進に貢献する。</li> <li>・地球システムモデルや気候予測モデルなどの検証や解析を通して、それらの数値モデルの向上に貢献する。</li> <li>・地球温暖化に関する最先端の科学的知見の提供及び啓発活動によって、温暖化対策に対する一般市民の意識向上に役立てるとともに、気候変動の緩和・適応に向けた国内外の政策の立案や実施に貢献する。</li> </ul> <p>(副課題1) 異常気象のメカニズム解明と季節予測可能性の評価</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・季節予測可能性の研究は、気候情報課の季節予報業務と密接に結びついており、気象庁が発表する季節予報や、予測可能性の要因の理解を通じて発表予報の精度や解説の的確性の向上に貢献する。また、アジアモンスーンと台風の予測可能性研究は、季節予測システムの解析等を通じて、要因のさらなる理解を深め、新たな情報発信に通じる知見が得られることが期待される。</li> <li>・異常気象の研究については、気候情報課の異常気象情報センターの監視・解析班の業務と密接に結びついている。蓄積される知見は、異常気象分析検討会の基礎資料となる。</li> <li>・イベント・アトリビューション(温暖化寄与評価)研究は、将来の異常気象の発生頻度と強度、発生要因を理解する上で重要な情報を提供する。また、地球温暖化の影響を数値化することで、国民が地球温暖化の影響を実感するきっかけとなり、国が打ち出す緩和策に対する理解の促進に資する。</li> <li>・気候研究の基盤となる長期再解析データの整備については、次期長期再解析JRA-3Qの作成を数値予報課再解析班と共同で実施する。このデータは、気候情報課で行っている季節予報の初期値として使用されるほか、解析業務の基盤情報となる。長期再解析データは、気象コミュニティーにおける気候研究基盤データとして、世界的に広く利用されることが期待される。また、再生可能エネルギーの潜在量の推定など、気象分野外での利活用も期待される。</li> </ul> <p>(副課題2) 地球温暖化予測の不確定性低減</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・大気海洋相互作用を表現する温暖化予測システムによる数値実験・データ解析を通じて100～150年程度の過去再現、今世紀半ばまで及び今世紀末までの将来予測情報を提供することにより、将来気候への適応や気候緩和を進める研究や政策に貢献する。特に、複雑な海洋構造を持つ海洋に接した日本域・東アジア域の気候について、海洋を含む詳細かつ高精度の気候情報の提供による社会貢献が可能となる。</li> <li>・地球システムモデルによる十年規模変動予測の利活用を通じて季節予測システム等の本庁現業システムの改良のための知見や判断材料を提供する。加えて、大規模火山噴火による十年規模の影響も調査し、気象庁への貢献をはかる。</li> <li>・CMIP6実験のデータやCMIPマルチモデル等の解析による、気候変動メカニズムの要因解明を通じて、地球温暖化予測の不確定性低減に向けた国内外の研究開発活動に貢献する。</li> </ul> <p>(副課題3) 大気中温室効果ガスの変動要因・炭素収支の解明</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・本研究で開発した測定技術や品質管理と解析等の手法は、気象庁における現業観測の効率化や高精度化及び温室効果ガス監視情報の充実に貢献する。</li> <li>・観測技術の高度化と科学的知見の集積は世界気象機関/全球大気監視(WMO/GAW)計画に貢献する。データの標準化及び解析手法の開発は、温室効果ガス世界資料センター(WDCGG)が担う広域の温室効果ガス分布監視情報の向上につながる。温室効果ガス測定の基準となる標準ガススケールの維持・管理は気象庁が運営する世界気象機関全球大気監視校正センター(WMO/GAW-WCC)活動を支える技術的基盤となる。また、国内の地球観測連携拠点の活動に貢献する。</li> <li>・アジア地域における温室効果ガスの発生・吸収源に関する観測に基づいた有効な知見を提供し、地球システムモデルの検証・改良に資することで地球温暖化予測</li> </ul>
---------------	---

	<p>の不確実性低減に貢献する。これらの科学的知見は、IPCC 報告書等に反映させ、温室効果ガス排出削減に向けた国際的な地球環境政策に貢献する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>地球温暖化の原因となる温室効果ガスに関する最先端の科学的知見による啓発活動によって、温暖化対策に対する一般市民の意識向上に役立てる。</li> <li>日本域の温室効果ガス濃度の変動の把握と変動過程の理解は、地球温暖化の将来予測及び排出量削減対策の効果検証の高度化に寄与する。</li> </ul> <p>(副課題 4) 海洋の生物地球化学循環と酸性化実態の解明</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>海洋内の物理構造や生物地球化学的分布について、従来の海洋観測では得ることができなかった高い時間・空間解像度でデータを取得できるようになることで、混合による変質や中規模渦による輸送の過程等、現象に対する理解が深まるとともに、高解像度の海洋モデルの検証も可能になる。</li> <li>水中グライダー観測技術の開発や海洋炭酸系の測定技術の向上により海洋気象観測技術の改善に貢献する。</li> <li>全球海洋観測システムが支援する国際的な海洋 CO<sub>2</sub> 分布のデータベース (SOCAT、GLODAP) の構築に貢献する。</li> </ul>
令和 4 年度 実施計画	<p>(副課題 1) 異常気象のメカニズム解明と季節予測可能性の評価</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>① アジアモンスーンと台風の予測可能性評価 <ul style="list-style-type: none"> <li>現行季節予測システム (CPS2) のハインドキャストの解析によりアジアモンスーンと台風年々変動の再現性と予測可能性を調査する。さらに、他機関のモデルと次期季節予測システム (CPS3) の再予報データの評価を通じて、モデルの改善に資する。</li> </ul> </li> <li>② 異常気象の実態解明と要因に与える大規模場の影響評価 <ul style="list-style-type: none"> <li>地球温暖化や十年規模変動と個別の異常気象の因果関係の評価を行う。また、イベント・アトリビューション手法を応用し、地球温暖化が気温や水蒸気に与える熱力学的な効果だけでなく、循環場に与える力学的効果まで評価できる発展的な手法を開発する。</li> <li>気候系の監視、大気循環場の変動と異常気象発生時の要因分析やそれらのメカニズム解明を行う。</li> </ul> </li> <li>③ 気候データに関する研究 <ul style="list-style-type: none"> <li>長期再解析データの品質評価を行い、長期再解析総合報告論文を執筆する。</li> </ul> </li> </ol> <p>(副課題 2) 地球温暖化予測の不確実性低減</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>① タイムスライス温暖化予測システム <ul style="list-style-type: none"> <li>地球システムモデルを用いた高解像度モデルによる温暖化予測システムの開発・改良を継続する。それを用いた数値実験結果を④に統合して解析する。</li> </ul> </li> <li>② 十年規模気候変動予測 <ul style="list-style-type: none"> <li>数値実験結果を解析し、気候変動メカニズム及び十年規模変動予測に関する予測可能性の考察を進める。また、改良された初期値化システムによる数値実験に着手する。</li> <li>十年規模変動に影響するような大規模火山噴火の数値実験を実施し、その気候影響を調べる。</li> </ul> </li> <li>③ 気候再現実験 <ul style="list-style-type: none"> <li>歴史的観測データ (地上気圧、地上気温等) を整備・活用し、地球システムモデルにデータ同化する形で、過去百年間以上の長期再現計算を実施する。その解析に着手し、百年スケールの長期気候変動の理解を進める。</li> </ul> </li> <li>④ CMIP 実験の実施と気候変動メカニズム解明 <ul style="list-style-type: none"> <li>CMIP6 の感度実験を、特に要因分析を行う DAMIP にかかわるものを中心に行う。これらの結果に加え、CMIP マルチモデル実験、タイムスライス温暖化予測システムによる実験等の多様なデータを解析して、日本付近・東アジアの気温・降水量や、全球の大気大循環・熱バランスを中心に解析することにより気候変動メカニズムの解明を進め、地球温暖化予測の不確実性の低減を図る。</li> </ul> </li> </ol> <p>(副課題 3) 大気中温室効果ガスの変動要因・炭素収支の解明</p>

- ① 化学トレーサーの時空間変動に関する観測研究
- ・南鳥島、綾里、与那国島、父島において、ラドン、水素、酸素等の複数の大気化学トレーサー観測を継続する。
  - ・ハロカーボン観測について、南鳥島に設置された気象庁の連続観測装置による観測をフラスコ分析と比較し、検証する。
  - ・気象庁との標準ガス比較を年 2 回実施すると同時に、気象庁の温室効果ガス標準プログラムにおける国内の標準ガス相互比較実験に参加する。
  - ・気象庁の次期更新計画を見据え、多成分レーザー分光型分析計の試験を継続実施する。これと同時に、平成 31 年度整備のガス充填装置を用いて、実大気ベースの標準ガスの複数成分を定期的に測定し、既存の標準ガスと比較を行い実用化に向けた試験を継続する。
  - ・レーザー分光型分析計を採用した一酸化二窒素分析計による観測の実用化試験を継続し、大気観測所における実観測の準備を行う。
  - ・次世代のローコストセンサーによる温室効果ガスの多点観測ネットワークの可能性を検討する。
- ② 化学トレーサー観測による炭素収支に関する解析研究
- ・①で得られたラドン等各種観測データを利用し大陸の発生源の影響を強く受けたデータを取り除き選別した時系列データベースによる解析を継続し、実観測データを用いた輸送モデルの検証を進める。
  - ・①で得られた酸素等の各種観測データを利用して、温室効果ガス濃度に対応する変動の関係性を解析し、日本付近の炭素収支の評価を検討する。
  - ・M 課題と連携し、全球輸送モデルを用いた逆解析システムによる炭素収支評価を行う。また同システムによる解析値と観測データベースを基に、地球システムモデルによる温室効果ガスの再現性を評価する。
- (副課題 4) 海洋の生物地球化学循環と酸性化実態の解明
- ① 高解像度観測、高精度分析による、海洋炭素循環、酸性化実態の理解の促進
- ・日本東方の海域において、令和 4 年 11 月から 12 月に水中グライダー観測を実施し、自己推進装置を活用して黒潮続流を横切り、黒潮続流を挟んだ水温・塩分や生物地球化学パラメーターの水平・鉛直構造の詳細な変化を把握するとともに、今後実施予定の水中グライダーを活用した機動的海洋観測へ向けた道筋をつける。
  - ・前項の観測や筑波大学下田臨海実験センターにおける試験をもとに、水中グライダーの運行性能や観測性能などを確認し、効率的な観測法やデータ処理方法の開発を進める。
  - ・海洋気象観測船によるアルカリ度の航走観測を継続的に実施し、蓄積したデータと既存の観測データを比較して、北西太平洋及び日本周辺域のアルカリ度広域分布を検証する。
- ② データ解析による海洋物質循環の変動機構解明
- ・全炭酸濃度や全アルカリ度等の観測データを収集して、北太平洋及び全球の表層における二酸化炭素等、生物地球化学パラメーターの季節変動・経年変動の実態を明らかにする。
  - ・観測データと海洋モデル、及び地球システムモデルによる予測データとを組み合わせ、北太平洋域及び全球における海洋炭酸系の長期変化及びその不確実性の評価を行う。

「地震・津波・火山研究」

研究課題	(S課題) 地震と津波の監視・予測に関する研究 副課題1：地殻活動監視に関する研究 副課題2：地震動即時予測に関する研究 副課題3：津波予測に関する研究
研究期間	令和元年度から5年間(5年計画第4年度)
担当者	○中村雅基 地震津波研究部長 (副課題1) [地震津波研究部] ○山本剛靖、小林昭夫、田中昌之、露木貴裕、弘瀬冬樹、木村久夫、溜淵功史、野田朱美 (副課題2) [地震津波研究部] ○下山利浩、小木曾仁、小寺祐貴 [研究総務官] 干場充之 (副課題3) [地震津波研究部] ○林豊、対馬弘晃、南雅晃
目的	地震の発生に伴う災害を防止・軽減するため、地震活動・地震動・津波の諸現象への理解を深め、地震と津波の監視・予測技術の開発・改良を行う。  (副課題1) 地震活動の状況把握と推移予測を的確に行うため、地震・地殻変動データの解析に基づいて地殻活動の状況を適切に指標化することによって、地殻活動状態の変化を監視し異常度を評価する手法を開発する。  (副課題2) 地震動即時予測の有効性を広げるため、地震動即時予測技術の精度向上、迅速化、及び堅牢化を図るとともに、長周期地震動までを含めた様々な周期での地震動即時予測を行えるよう改良する。  (副課題3) 長時間継続する津波の事前予測や推移予測を行うため、津波伝播計算手法を改良することによって、日本の沿岸域における津波全過程予測精度を改善する。
目標	統合的な地殻活動指標を考案し、地殻活動の異常度を表す手段としての可能性を評価する。地震動即時予測の精度、迅速性、及び堅牢性の向上、様々な周期の揺れの予測への拡張、日本の沿岸域における津波全過程予測の精度向上を図る。  (副課題1) 地震活動の特徴を表す様々な指標と地殻変動の解析結果の地域特性・時間変化の特徴を調査し、さらにそれらの様々な指標を組み合わせた統合的指標を考案する。統合的指標について、顕著地震の発生との関連性の調査や物理的背景の検討などにより、地殻活動の現在の異常度を表現する手段としての可能性を評価する。  (副課題2) 地震動即時予測について観測震度に対して予測震度が概ね震度差1以内に収まる精度を目指す。また、震源位置やマグニチュードが決まっていない段階においても震度予測ができる迅速性・堅牢性の向上も目指す。さらに、長周期(おおそ周期10秒程度まで)の様々な揺れの予測にも対応できるように拡張・強化する。  (副課題3) 津波伝播計算における沿岸域での境界条件等を最適化する。それにより、津波伝播計算による日本の沿岸域における第1波到達から後続波、減衰に至るまでの津波全過程予測の精度向上を図る。
研究の概要	(副課題1) 均質なデータの蓄積が進んでいる日本全国・長期間の地震・地殻変動データを活用し、これまでに知られているb値やp値などの各種地震活動パラメータ、及び地震波速度やひずみ速度など場の状態を表すパラメータのそれぞれの時間変化について長期間にわたる発現頻度調査等を行うことによって平常時の状態からの異常の程



	<p>度を示す指標化を行う。それら個々の指標、及びそれらを重ね合わせた統合指標について、将来的な地震活動の見通し情報への活用を念頭に、異常発生頻度等時間・空間的な変化、指標相互の関係や比較的規模の大きな地震、いわゆる顕著地震の発生との関連性について解析を進める。さらに、相互の現象の統合的理解のため、地殻活動指標変化の物理的背景について検討を加える。</p> <p>(副課題2)  これまで構築してきた揺れから揺れを予測する技術をさらに発展させ、データ同化手法を用いて波動場を正確に推定し、そこから未来の波動場を予測する手法を目指す。これにより、(震度だけではなく)長周期地震動を含めた波形での予測が可能となる。また、海域や陸上の観測網の環境の変化に対応するとともに、波動の同定(P波かS波か)の手法、伝播経路特性や地盤増幅特性の改良を行うことで、緊急地震速報や長周期地震動予測情報の精度向上・迅速化・堅牢化に向けた技術開発を行う。さらには、これらの予測手法は、現場への応用を考慮し、実時間よりも早く計算が行えるようにする。</p> <p>(副課題3)  沖合津波観測データを用いることにより、沿岸津波観測データからよりも正確に津波波源を推定する。推定された津波波源から得られる津波伝播計算結果と観測データとの比較により、沿岸域の地形データや摩擦パラメータ等、津波伝播計算における境界条件を評価し、その最適化を行う。それにより、沿岸域に捕捉され長時間継続する津波の後続波の伝播や減衰過程の予測精度向上を図る。また、これらの成果を活用するなどして、データ同化を含む沖合津波観測データを用いた津波の面的把握技術と津波即時予測技術の改良を進めるとともに、新たな津波監視技術の活用可能性に関する調査を行う。</p>
<p>研究の有効性</p>	<p>本研究が目標とする成果は、緊急地震速報の予測精度向上、迅速化、及び長周期地震動予測への対応、津波の時間的推移や津波警報・注意報の解除の見通しに関する情報発表、並びに地震活動の推移の的確な評価と見通しについてのより具体的な情報の提供に結びつく。</p> <p>地震津波に関する警報・情報の精度向上、迅速化、及び内容の充実は、情報の利便性を高め、情報の受け手がよりの確に防災・減災行動を取れるようになることが期待される。</p> <p>地震動即時予測に関する研究においてこれまで取り組んできた手法は、USGSにより米国でも応用への研究が進められている。</p>
<p>令和4年度実施計画</p>	<p>(副課題1)  地震活動に関する各種パラメータの発現頻度等に基づく指標を重ね合わせ、統合的な指標として地殻活動を評価する手法を構築する。統合指標について、その変動状態の確認、顕著な地震との関連性などについて調査する。更に、活動指標の変動の物理的な背景について考察を進める。</p> <p>(副課題2)  長周期地震動を含めた地震動の即時予測について、データ同化手法や波動伝播シミュレーションの効率的な計算手法を検討し、地震動波形の予測モデルの構築を進める。</p> <p>(副課題3)  津波後続波の観測事例を再現する津波波源の推定、及び長時間津波伝播計算による後続波と減衰過程を再現に基づき、沿岸域地形データ等の計算条件設定を改良してその再現精度の向上を図る。それらの結果に基づき、津波事前・即時予測手法、及び津波継続時間予測手法の改良を進める。</p>

研究課題	(N課題) 南海トラフ地震の地震像とスロースリップの即時把握に関する研究
研究期間	令和3年度から5年間(5年計画第2年度)
担当者	○中村雅基 地震津波研究部長 [地震津波研究部] ○小林昭夫、田中昌之、露木貴裕、西宮隆仁、弘瀬冬樹、木村久夫、溜淵功史、野田朱美
目的	内閣府のガイドラインに示された南海トラフでの「半割れケース」「一部割れケース」「ゆっくりすべり(スロースリップ)ケース」の3通りのケースに対応し、気象庁が行う解析に貢献し、地震像を即時把握することで南海トラフ地震臨時情報の確実な早期発表と、情報発表につながるスロースリップの監視強化に寄与することを目的とする。
目標	発生した地震の規模、破壊領域など地震像を即時把握する手法を改善するとともに、把握精度を向上させる。また、多様なスロースリップの監視技術開発、把握精度向上を図る。さらに、地震観測活用のための光ファイバー振動計の検証、現在観測されているより小規模な現象を再現できるように地震発生の数値モデルの改善を行う。
研究の概要	<p>(1) 光ファイバー振動計(DAS)の検証 海域で発生した地震の地震像(規模や破壊領域)をより正確に把握するためには、海域においてより稠密な地震観測が必要となる。先進技術である光ファイバー振動計(DAS)を用いた長期間の観測を行い、振幅情報の再現性、位相や振幅の長期安定性などの評価を含め、地震計としての活用に関する検証を行う。</p> <p>(2) 即時震源過程解析手法の開発 これまでに遠地地震波形を用いた即時震源過程解析手法を開発し、地震発生後1時間程度で破壊領域が得られるようになったが、より迅速かつ破壊領域を詳細に得るためには、観測点近傍で観測される近地地震波形を用いる必要がある。本研究では、近地地震波形を用いた即時震源過程解析手法を開発し、地震発生後15分程度でより高解像度な破壊領域が得られるようにする。</p> <p>(3) 自動震源決定精度の改善 現在の自動震源決定手法による自動震源の、一元化震源への採用率は7割程度に留まっている。また、稠密な海底地震観測網の展開により、海底で多数観測されるP波、S波以外の様々な波などのノイズ除去が課題となっている。P波、S波、ノイズの位相識別や、複数イベントや遠地地震の識別などに機械学習を利用し、地震波形の識別能力を向上させることで自動震源の震源精度を向上させる。 駿河湾では海底地震計による観測を行い、詳細な地震活動からプレート形状など地下構造を把握する。</p> <p>(4) プレート境界スロースリップ推定手法の改良・開発 海底地震計網のデータなどを用いて、南海トラフ沿いの浅部低周波微動や浅部超低周波地震の検出、震源決定等、海域のスロースリップの監視手法を開発する。 ひずみ計、GNSSなど地殻変動データを用いた短期的、長期的スロースリップ検出手法、変動源推定手法を高度化する。</p> <p>(5) 大地震発生後のスロースリップ監視手法開発 大地震発生後の余効変動に隠れて新たなスロースリップが発生していないかを監視するため、地殻変動データについて、地震時の急激な変化と余効変動を除去した監視手法を開発する。</p> <p>(6) 地震発生シミュレーション技術の改良 地震発生モデルで再現可能な現象の規模を、現在のM6クラス(長期的スロースリップ相当)からM5クラス(短期的スロースリップ相当)にするため、メッシュ細分化、計算速度高速化を行い、シミュレーション手法を高度化する。また、地震発生モデルに最新の知見を反映してモデルを改良するとともに、単独のスロースリップ発生後、および大地震発生後の隣接固着領域への影響について、用いるパラメータの不確実性を考慮し、発生する事象の可能性を検討する。</p>
研究の有効性	本研究が目標とする成果は、気象庁が発表する「南海トラフ地震臨時情報」の発表迅速化と発表につながるスロースリップの監視強化に結びつく。数値シミュレーションは、現在発生している現象の発生条件などを解釈し、大地震との関連を評価することに結び付く。また、地震像即時把握手法、自動震源決定手法、スロースリップ即時把握手法は、南海トラフ沿いだけでなく全国において適用可能である。

	<p>光ケーブルを用いた DAS の地震観測への有効性が確認されると、従来よりも低コストの稠密な地震観測が可能となり、海域だけではなく火山周辺など多方面での活用が見込まれる。</p>
令和4年度実施計画	<ul style="list-style-type: none"> <li>・光ファイバーを用いた振動計（DAS）の試験観測を行う。振幅情報の再現性を調査する。</li> <li>・これまでに開発を進めてきた遠地地震波形による即時震源過程解析手法を元に、近地地震波形を用いた即時震源過程解析処理の開発を進める。</li> <li>・東海大学と共同で海域の地震観測を行う。</li> <li>・AI 技術を用いた地震波検出処理の適用可能性検証を行い、地震波形データの識別処理の開発を行う。</li> <li>・海底地震観測網を活用した浅部低周波微動の検出手法の改良を行う。</li> <li>・大地震発生後の余効変動の逐次推定・除去処理を開発する。</li> <li>・地震発生シミュレーションについてメッシュ細分化、計算速度高速化を行う。</li> </ul>

研究課題	(V課題) 火山活動の監視・予測に関する研究 副課題1：地殻変動観測等に基づく火山活動評価 副課題2：化学的手法等による火山活動監視 副課題3：火山噴出物の監視技術とデータ同化に基づく輸送予測
研究期間	令和元年度から5年間（5年計画第4年度）
担当者	○吉田康宏 火山研究部長 (副課題1) [火山研究部] ○鬼澤真也、安藤 忍、森 健彦、奥山 哲、岡田 純、川口亮平、島村哲也、入山 宙、菅井 明 (併任)、小久保一哉 (併任)、山田晋也 (併任) [地震津波研究部] 小林昭夫 (副課題2) [火山研究部] ○高木朗充、谷口無我、堀口桂香、森 健彦、飯野英樹 (併任)、手操佳子 (併任)、百合本 岳 (併任)、工藤直樹 (併任)、松本 享 (併任) [気象予報研究部] 橋本明弘 (副課題3) [火山研究部] ○新堀敏基、佐藤英一、石井憲介、入山 宙、林 洋介 (併任)、西條 祥 (併任) [気象予報研究部] 橋本明弘
目的	火山活動への理解を深め、火山現象の評価・予測の精度を高めることにより、気象庁火山業務における噴火警報、噴火警戒レベル、降灰予報、航空路火山灰情報などの改善に貢献する。  (副課題1) 地殻変動観測等に基づく火山活動評価 火山内部の状態把握をよりの確に行えるよう地殻変動データなどの解析手法の開発・改善を進め、噴火に至るプロセス等の解明を行うことにより、火山活動評価手法の改善を図る。  (副課題2) 化学的手法等による火山活動監視 化学的手法等による観測・分析によって火山ガス活動の理解を深め、火山噴火の前兆を早期に把握する監視手法を開発し、火山活動予測への活用を図る。  (副課題3) 火山噴出物の監視技術とデータ同化に基づく輸送予測 噴火現象の即時的な観測技術および予測技術の開発・改良を行うことにより、大規模噴火にも対処可能な「降灰予報」および「航空路火山灰情報」とその精度向上を図る。
目標	地殻変動や火山ガスなどの観測データの解析をとおして、火山活動の理解を深めるとともに、火山内部の状態をよりの確に把握することで、火山活動予測、火山活動評価の改善を図る。また、噴火に伴う浮遊火山灰や降灰等、噴火現象の即時的な把握技術および予測技術の開発を行う。  (副課題1) 地殻変動観測等に基づく火山活動評価 [テーマ1] 伊豆大島で地殻変動源解析によりマグマ蓄積量を迅速に把握し、多項目観測を統合したプロダクトと精密に補正した重力観測データを用いて、マグマ上昇の検出・モニタリングを行う。地表面熱・水収支、およびマグマ・揮発性成分収支のモデルを構築し、火山活動評価への活用を図る。他の活動的火山でも活動評価に資する地殻変動等の解析を行う。 [テーマ2] 衛星 SAR 解析における大気遅延補正を気象モデルを用いて高精度化し、GNSS 解析にも気象モデルを導入して、火山における地殻変動検知能力を向上させる。また、火山活動の理解を深めるために、地殻変動から地下の変動源の時空間変化を推定する手法、及び地下のマグマ挙動に伴う地殻変動のシミュレーション手法を開発し、それらの事例解析の比較により解析手法と物理モデルを改良する。 [テーマ3] 火山内部の状態監視や活動の異常検出を目指して、伊豆大島の震動観測データに地震波干渉法を適用し、地下の速度構造の時間変化を検出する手法を開発する。また検出された変化の要因、火山活動との関連を評価する。

	<p>(副課題 2) 化学的手法等による火山活動監視</p> <p>[テーマ 1] 直接採取した火山ガスや熱水の化学組成および安定同位体比、および火山灰に付着した火山ガス由来成分等の分析を通じて火山ガス活動の理解を深め、個々の火山における火山ガス活動の機構の解明を目指す。</p> <p>[テーマ 2] 火山ガスの放出率や組成比をモニタリング・評価する技術を開発する。テーマ 1 による火山ガス活動への理解をふまえ、副課題 1 の地殻変動などの物理観測データも組み合わせた多項目解析を行うことで、火山活動評価への活用を図る。</p> <p>(副課題 3) 火山噴出物の監視技術とデータ同化に基づく輸送予測</p> <p>[テーマ 1] 気象レーダー等の観測データを用いて、噴火現象の検知や噴煙に含まれる火山灰等の定量的推定手法を開発する。</p> <p>[テーマ 2] 浮遊火山灰や降灰等を統一的に予測するための新しい移流拡散モデルを開発・改良する。さらに火山灰データ同化システム（プロトタイプ）と結合させることにより、気象レーダー等による観測値と移流拡散モデルの予測値に基づく火山灰データ同化・予測システムを構築する。</p>
研究の概要	<p>(副課題 1)</p> <p>[テーマ 1]</p> <p>伊豆大島における各種地殻変動データの取得・収集を継続し、地下のマグマの蓄積量（噴火ポテンシャル）を把握するための解析手法を迅速化する。マグマ上昇検出とモニタリングを目的とした、多項目観測、重力繰返し観測を実施する。そのために重力データ補正技術の向上を図る。</p> <p>噴火が近づく時期の地下浅部における熱的活動を詳細に把握するために、山頂付近の空中からの熱赤外線返し観測、地表での熱収支観測を実施し、熱および水収支のモデルを構築して地表面からの熱・水の総放出量を定量化する。</p> <p>他の活動的火山においても火山活動の活発化がみられるような場合に地殻変動等の解析を行う。</p> <p>[テーマ 2]</p> <p>衛星 SAR の干渉解析について、気象モデルを用いた対流圏遅延補正プログラムを開発する。補正精度の評価にあたり各種気象モデルによる補正結果を比較検証する。GNSS 観測データの解析に、気象モデルによる大気遅延補正を導入するためのプログラムを開発し、パラメータ・プログラムを調整してその有効性を検証する。</p> <p>地下のマグマの挙動を説明する物理モデルに基づいた地殻変動のシミュレーションプログラム、および観測データの解析による地殻変動源の時空間変化推定プログラムを開発し、両者を事例に適用し比較することにより、解析手法や地下のマグマの物理モデルなどを改良する。</p> <p>[テーマ 3]</p> <p>伊豆大島の震動観測データに、地震学の分野で知見が深まっている地震計記録の背景雑音（ambient noise）を用いた解析手法を適用し、火山周辺における地震波速度の時間変化を検出する手法を開発する。また、その要因を評価する中で、実際の火山活動に伴う地震波速度変化の検出を目指す。</p> <p>(副課題 2)</p> <p>[テーマ 1]</p> <p>吾妻山、箱根山、草津白根山、および霧島山等の活動的火山において採取した火山ガスや熱水の化学組成および水素・酸素安定同位体比、あるいは火山灰から抽出した水溶性の化学成分を、重量分析や容量分析などの手分析のほか、ガスクロマトグラフやイオンクロマトグラフ、分光分析といった機器分析を組み合わせて分析し、火山ガス活動やその起源に関する理解を深め、個々の火山における火山ガス活動の機構の解明を目指す。</p> <p>[テーマ 2]</p> <p>火山ガスをセンサー等で測定し火山ガス活動をモニタリングするための研究を行う。具体的には、気象庁が 4 火山に設置した、多成分火山ガス連続観測装</p>

	<p>置によるガス成分比のモニタリング技術の向上、気象モデルを用いた二酸化硫黄放出率のモニタリング技術の改善、二酸化炭素等の土壌ガスの連続観測あるいは機動観測による噴火ポテンシャル評価等を、吾妻山、草津白根山、伊豆大島、桜島等で行う。また、それらのデータと、地震や地殻変動等の既存の物理観測データを組み合わせた統合解析手法を検討する。</p> <p>(副課題3) [テーマ1] 活動的な火山である桜島を主対象として、二重偏波レーダーや高速スキャンレーダーなどの先進的な気象レーダーによる噴煙のエコー強度やマルチパラメータを解析することにより、噴火検知技術の開発や噴出する火山灰・礫の量や挙動を定量的に推定するための技術開発を行う。また気象衛星で観測される火山灰から、噴火検知や噴火規模の即時的な推定の研究を行うとともに、噴火発生直後の監視カメラによる爆発映像等を利用し、気象レーダー等による解析結果の検証、火砕流や火山岩塊等の防災上重要な火山現象の解析を行う。</p> <p>[テーマ2] 領域移流拡散モデルと全球移流拡散モデルを統一した新しい移流拡散モデルを、堅牢性、速報性、柔軟性および開発管理の観点から設計して開発する。そして供給源および新しい移流拡散モデルとこれまでに開発した火山灰データ同化システム(プロトタイプ)を組み合わせて、火山噴出物に対する観測データの解析から予測までを一貫して実行できる火山灰データ同化・予測システムの構築を行う。</p>
<p>研究の有効性</p>	<p>(副課題1) ・ マグマの蓄積・挙動に関する研究成果は、気象庁が発表する噴火警戒レベルの判断基準の高精度化に資する。また、気象庁における火山活動評価、噴火警報、噴火警戒レベルの運用を向上させることで火山防災に貢献できる。 ・ 伊豆大島等における地殻変動観測結果は、逐次、気象庁や火山噴火予知連絡会における当該火山の活動評価に利用される。</p> <p>(副課題2) ・ 火山ガスの放出活動と地殻変動は密接に関係すると考えられており、副課題1と連携することにより、火山活動のモデル化の研究がより効率的に推進できる。 ・ 活動的な火山における火山ガス等の地球化学的な理解が進むとともに、地球化学的な視点に立った火山活動監視の有効性を示すことが可能になる。 ・ 気象庁が設置した火山ガス観測装置のデータを研究に活用することで、研究成果を気象庁は活動評価に活用することができる。 ・ 気象庁火山業務への地球化学的手法の本格的な導入が進むことが期待され、噴火警報等の防災情報のよりの確な提供が可能となる。</p> <p>(副課題3) ・ 気象レーダー等を活用することで火山活動監視技術の向上を図ることができる。 ・ 気象レーダー等による全天候に対応した噴火現象、噴煙状態の把握技術を開発すること、新しい移流拡散モデルの開発および火山灰データ同化システムと結合することで、降灰予報や航空路火山灰情報の精度が向上する。 ・ 様々なケースにおける移流拡散モデルを用いた火山噴出物予測は、噴火ハザード予測の研究に活用することができる(次世代火山研究・人材育成総合プロジェクト関連)</p> <p>(特記事項) 従来の重点研究 B7「火山ガス観測による火山活動監視・予測に関する研究」(H28-32)は、本研究に統合して副課題2「化学的手法等による火山活動監視」として継続する。他の副課題との連携でより効率的な研究が期待できる。</p>
<p>令和4年度実施計画</p>	<p>(副課題1) [テーマ1] 火山活動活発化や噴火へ至るプロセスの解明 ① 伊豆大島等におけるマグマ蓄積・上昇過程の解明</p>

- ・ 伊豆大島の地殻変動、重力観測を継続し、地殻変動（源）解析の迅速化・自動化、重力データの補正技術の開発を進める。
- ・ 空中熱赤外観測及び地表面の熱収支連続観測を継続し、得られた地表面温度データの補正法及び放熱量の定量化のための技術開発に取り組む。
- ・ 地下概念モデルの構築とそれを反映した活動評価方法の検討を進める。
- ・ 他の活動的火山についても地殻変動等の解析を行う。

[テーマ2] 火山活動の解析・評価のための手法開発

- ① SAR の対流圏遅延補正高精度化
  - ・ 気象モデルを用いた対流圏遅延補正プログラムの開発を引き続き行い、補正の精度評価を進める。
- ② GNSS 解析手法の高度化
  - ・ 気象モデルを用いた対流圏遅延補正プログラムの遅延量計算アルゴリズムにレイトレーシングを導入し、更なる精度向上を図る。
- ③ マグマの状態・活動を地殻変動などから推定するための手法開発
  - ・ 地殻変動データから山体地形を考慮して変動源の変化を推定する手法の開発を引き続き取り組むとともに、観測データとの比較を進める。

[テーマ3] 監視観測データの活用的高度化

- ① 地震波形の観測点間の相互相関解析による地震波速度変化のモニタリング
  - ・ 地震波干渉法による地震波速度の検出に取り組むとともに、時間変化の要因の評価やノイズ除去等の検討を進める。

(副課題2)

[テーマ1] 化学分析に基づく火山活動の理解に関する研究

吾妻山・箱根山・草津白根山・九重山・霧島山等の活動的火山の火山ガスや熱水等を採取し、火山ガス成分及び安定同位体比の分析を進め、個々の火山における火山ガス活動やその起源についての理解を深める。

[テーマ2] 火山ガス活動のモニタリングに関する研究

二酸化硫黄放出率連続観測手法の開発研究のため、前年度の試験機で得た問題点の改良を行い、連続観測装置に特化したモデルへと装置及びシステムを整備して薩摩硫黄島で試験観測を開始する。また、気象モデルを用いた火山ガス拡散モデルから二酸化硫黄放出率への換算手法の検討を進める。

吾妻山・草津白根山・御嶽山・九重山に設置されている連続観測マルチガスの観測精度向上のため、比較観測を行い効率的な較正手法の開発を進める。また、吾妻山・伊豆大島等における土壌ガス観測データによる二酸化炭素成分の活動と、地球物理データを含む他の観測データによる統合的な活動解釈について考察する。さらに、二酸化硫黄放出率連続観測を開始する薩摩硫黄島において、火山ガスの噴出状態把握のためマルチガス観測、ガス採取等を行う。

(副課題3)

[テーマ1] 気象レーダー・衛星等による噴火現象の観測

二重偏波気象レーダー等による噴煙の観測結果から、噴煙に含まれる火山灰等の分布を定量的に推定する手法の開発を継続する。

[テーマ2]

- ① 新しい移流拡散モデルの開発・改良
  - ・ 新たに開発した移流拡散モデルへ導入する凝集、再飛散過程等の物理過程を検証して改良する。
- ② 火山灰データ同化・予測システムの構築
  - ・ 火山灰データ同化システムと新しい移流拡散モデルを結合したシステム（火山灰データ同化・予測システム）について、定量的な濃度予測のための火山灰プロダクトの利用に関する評価を行う。

「応用気象研究」



研究課題	(A課題) シームレスな気象予測の災害・交通・産業への応用に関する研究 副課題1：地域気候モデルによる予測結果の信頼性向上に関する研究 副課題2：防災・交通分野への気象情報の活用 副課題3：産業活動に資する気候リスク管理
研究期間	令和元年度から5年間（5年計画第4年度）
担当者	○応用気象研究部長 徳廣貴之 (副課題1) [応用気象研究部] ○村田昭彦、野坂真也、仲江川敏之、村崎万代、川瀬宏明、若松俊哉（併任）、岡部裕己（併任）、瀬崎歩美（併任） [気象予報研究部] 渡邊俊一、長澤亮二 [気候・環境研究部] 高薮出 (副課題2) [応用気象研究部] ○小畑淳、太田琢磨、川端康弘 (副課題3) [応用気象研究部] ○仲江川敏之、村崎万代、川瀬宏明、村田昭彦、野坂真也、平井雅之（併任）、萱場互之（併任）、辻健太郎（併任） [台風・災害気象研究部] 加藤輝之 [気候・環境研究部] 小林ちあき、高薮出 [全球大気海洋研究部] 高谷祐平
目的	気象情報を利活用し、豊かで安全な生活をもたらすような世の中を実現することが目的である。その中には、気象予報・予測精度の向上とともに、気象情報の利用に関し不確実性の観点も含め各分野の専門家と協働・協創を行うことも含まれる。  (副課題1) 適応策策定に資する高い確度の地域気候予測情報を創出するため、地域気候予測結果にばらつきをもたらす要因を分析し、予測の不確実性を低減する。  (副課題2) アンサンブル予報を含む数値予報データ等を利用し、防災業務に資するプロダクトや新たな予報ガイダンスの開発を行う。  (副課題3) 1週間～季節予測を用いた気象・気候リスクを管理する事例研究を通して、必要とされるデータの過去観測・気象予測データの利用可能性と予測精度について整理し、気候リスク管理が生産性向上をもたらす潜在的な産業分野の開拓を通して、気象・気候リスク管理による幅広い分野での気象情報の利活用を目指す。
目標	(副課題1) ① 地域気候モデル及び数値実験設定の改良 ② モデルによる再現・予測結果に対する信頼度評価 ③ モデルによる再現・予測結果における物理的メカニズムの理解  (副課題2) ① 全球・メソアンサンブル予報の利活用 ② 防災業務に資する予報ガイダンスの開発 ③ 予報大外し事例の抽出  (副課題3) ① 異業種・産学官交流に基づく各産業分野の気候リスク管理の需要調査・連携 ② 週間～季節予測情報を利活用した気候リスク管理に関する先進的研究とデータ整備 ③ 利活用の裾野を拡大するための簡便な産業分野別気候指標と管理手法の開発
研究の概要	(副課題1) ①地域気候モデル及び数値実験設定の改良 気象庁の現業で使用されている数値モデル（asuca）を新たに導入し、地域気候モ

	<p>デルとして使用するための調整等を実施する。この際、asuca を気象モデルとして使用する研究課題と情報交換等を通じた連携を図る。高解像度 SST のモデル計算結果に対する効果を調べる。陸面過程等の物理課程の改良を行う。</p> <p>②モデルによる再現・予測結果に対する信頼度評価 従来とは異なるシナリオ（パリ協定の2°C目標に相当するRCP2.6等）に沿った予測結果の解析を行う。現象による切り分けを行いつつ、統計的手法によって予測結果を評価する。ディテクション&amp;アトリビューション手法等を活用し、現在既に温暖化が顕在化しているかどうか検証する。これらの再現・予測実験に当たっては、他の研究課題から境界値データの提供等を通して連携する。また、海外からの研究者と連携し、モデルを日本以外の領域に適用し性能を評価する。</p> <p>③モデルによる再現・予測結果における物理的メカニズムの理解 各現象（降水システム、局地風など）及び各要素（気温、雨、雪、風など）に応じて温暖化予測結果の解析を実施する。</p> <p>（副課題2）</p> <p>① 気象庁メソアンサンブル予報やTIGGE(The International Grand Global Ensemble, 海外の気象局を含む全球アンサンブル予報)、S2S(Subseasonal to Seasonal, 海外の気象局を含む1ヶ月アンサンブル予報)といった全球アンサンブル予報のデータを利用し、予報の不確実性や予報の気象学的根拠の定量化など、防災気象情報の拡充に資するプロダクトの開発を行う。</p> <p>② 顕著現象や災害データと数値予報データを組み合わせ、機械学習等の技術を用い、防災業務に資する新たな予報ガイダンスの開発を行う。プロダクトやガイダンス開発は、本庁予報課などのユーザーとの対話やニーズの掘り起こしを通じて進める。</p> <p>③ 防災気象情報の発信において課題となる見逃し事例の減少を目的に、大雨や台風など顕著な現象に注目して予報の大外し事例の抽出を行い、データ同化・数値予報モデル開発者へ情報を還元する。</p> <p>（副課題3）</p> <p>①異業種・産学官交流に基づく各産業分野の気候リスク管理の需要調査・連携 GFCS (Global Framework for Climate Services : 気候サービスのための世界的枠組み) の5つの優先分野（農業と食糧安全保障、災害軽減、エネルギー、健康、水資源）に重点を置き、関係機関（農業環境技術研究所、防災科学研究所、電力中央研究所、産業技術総合研究所、国土技術政策総合研究所など）と連携して、気候リスクと気候リスク管理需要の調査・まとめを行う。その際に、気象ビジネス推進コンソーシアムなどの枠組みを利用して、異業種・産学官交流による研究方向の新機軸を模索する。</p> <p>②週間～季節予測情報を利活用した気候リスク管理に関する先進的研究とデータ整備 ①で得られた基盤情報を踏まえ、各産業に応じたアンサンブル週間～季節予測情報を最大限利活用するための先進的リスク管理手法について、既往研究をまとめると共に、新たな手法の開発を、関係機関と共に進める。その中から選定した分野での新しい気候リスク管理手法で必要となる気象観測・予測データの整備を行い、予測精度の評価を行う。</p> <p>③利活用の裾野を拡大するための簡便な産業分野別気候指標と管理手法の開発 ②では、選ばれた産業について、先進的な手法を用いた高度な気候リスク管理の研究を行うのに対して、本課題では気象情報利活用の裾野を広げるために既存の気候指標の有効性を検討する。また、産業別に適した気候指標または、管理手法の開発を目指す。その際に、国内に留まらず、世界展開も視野に入れて開発する。</p>
研究の有効性	<p>（気象業務への貢献） （副課題1）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>気候情報課の業務である温暖化予測情報の元データを作成・分析することで、気象業務へ貢献する。</li> <li>数値モデルの再現性を検証し、その知見を共有することで、モデル改良等の数値予報課の業務に貢献する。</li> <li>地域気候モデルの再現・予測結果に対する信頼度評価、物理的メカニズムの理解による知見を踏まえ、気候変動評価レポート作成等に貢献する。</li> </ul>

	<p>(副課題 2)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>アンサンブル予報の利活用及びキキクル（危険度分布）の精度向上に関する研究は、気象庁における予報業務や防災業務に貢献する。</li> <li>大外し事例の抽出に関する研究は、数値予報システムの改良等の数値予報業務に貢献する。</li> </ul> <p>(副課題 3)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>気候リスク管理の先進的研究については、気候情報課異常気象情報センターの気候リスク管理業務と密接に結びついている。</li> <li>簡便な産業別気候指標は、気象ビジネス推進コンソーシアムの裾野を広げる点で、情報利用推進課の業務と密接に結びついている。</li> </ul> <p>(学術的貢献)</p> <p>(副課題 1)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>地域気候シミュレーション結果に関する物理的メカニズムの研究によって、気象学の発展に寄与する。</li> <li>温暖化予測結果の信頼度評価の際に各種統計手法を駆使するので、統計学の発展に寄与する。</li> </ul> <p>(副課題 2)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>アンサンブル予報を含む数値予報データの応用的利用に関する研究は、気象学の発展に貢献する。</li> <li>顕著現象に注目したプロダクトや予報ガイダンスの開発は、世界気象機関の推進する High Impact Weather Project に貢献する。また、全球アンサンブル予報を利用した研究は、世界気象機関の推進する TIGGE や S2S の推進に貢献する。</li> </ul> <p>(副課題 3)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>利活用気象データの評価により、普段モデル開発などでは見過ごされがちな気象要素の評価が進み、モデルコミュニティに再現・予測精度のフィードバックができる。</li> <li>気候リスクの先進的な研究により、産業気象分野の拡大・活性化に貢献できる。</li> <li>簡便な産業別気候指標の開発により、産業気象学の裾野の拡大に貢献する。</li> </ul> <p>(社会的貢献)</p> <p>(副課題 1)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>地域気候モデルによる将来気候変化予測データセットは様々な分野の影響評価研究グループに利用されると共に、政府及び全国の地方自治体の温暖化に対する適応策の策定に寄与する。</li> <li>本研究で得られた地域気候に関する成果は IPCC AR6 に貢献することが期待される。</li> </ul> <p>(副課題 2)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>予報の不確実性を定量化した新たなアンサンブル予報プロダクトの開発や予報ガイダンスの開発を通じて、気象庁の防災気象情報の拡充に貢献する。</li> <li>アンサンブル予報など大量のデータから必要な情報を抽出する新たなプロダクトを開発することにより、国土交通省の生産性革命プロジェクトに貢献する。</li> </ul> <p>(副課題 3)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>気候リスク管理の先進的研究により、国土交通省の生産性革命プロジェクトに直接貢献することができる。</li> <li>簡便な産業別気候指標の開発により、気候リスク管理の敷居を低くし、生産性の向上に、気候リスク管理を導入する端緒を与えることができる。また、この指標により、WMO の意思決定のための気候情報専門家チーム等を通して、海外へも貢献ができる。</li> </ul>
令和 4 年度 実施計画	<p>(副課題 1)</p> <p>① 気象庁の現業で使用されている数値モデル (asuca) を地域気候モデルとして使用</p>

した場合の性能評価を行う。

- ② 地域気候モデルによる日本の将来気候を対象にした多数メンバーで構成されるアンサンブルシミュレーションの結果を活用し、比較的頻度の少ない大気現象が将来どのように変化するか調べる。
- ③ 温暖化予測シミュレーションで得られた結果から、変化をもたらす物理的メカニズムについて分析を行う。

(副課題2)

- ① 台風予報作業において重要となる予報の不確実性に関して、海外の気象局も含むアンサンブル予報による台風発生予測を検証し、その発生環境場との関連を調査研究する。
- ② 防災上重要となる気象状況の把握・航空機等交通機関の運行安全・大気汚染監視等に不可欠な視程の観測に関して、日本各地における視程の気候値や経年変動等の解析に着手する。
- ③ キキクルの精度向上に関して、各種指数の高度化について検討を行う。

(副課題3)

- ① 潜在的な気候リスク管理需要で利用される気象観測・予測データの整備・予測精度検証を引き続き行うと同時に、利用のされ方を踏まえた予測精度検証の方法の検討を行う。
- ② 気候リスク管理に関する先端的研究を、再生可能エネルギーや治水分野において外部協力機関と引き続き実施し、アンサンブル予測情報を気候リスク管理の研究を推進する。
- ③ 既存の研究を調査しつつ、容易に利用可能な気温、降水量などを用いた、産業別の気候指標の開発を複数分野で実施する。また気候指標の可視化について検討を行う。

## 2 地方共同研究

研究課題	2.1 二重偏波レーダーを用いた火山噴煙の解析的研究
研究期間	令和2年度～令和4年度（3年計画第3年度）
実施官署	鹿児島地方気象台
担当者	（鹿児島地方気象台）星原一航、久保武史、小枝智幸、中橋正樹、緒方誠
担当研究官	[火山研究部] ○佐藤英一
目的	本研究の目的は、地方（現業）官署における二重偏波気象レーダーを用いた噴煙解析技術の普及である。また、本研究を通じて、気象レーダーを用いた火山噴煙解析分野（コミュニティ）の裾野拡大・職員のスキルアップも目指す。
研究の概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>・気象研究所 Xバンド MP レーダー (MRI-XMP) や 2次元ビデオディストロメーター (2DVD)、国土交通省 XRAIN などの二重偏波レーダーで観測したデータを用いて、桜島などの噴火事例による事例解析を行い、噴煙／火山灰雲エコーと降水エコーの違いについて、とりまとめる。</li> <li>・二重偏波気象レーダーを用いた火山噴煙の解析環境を構築し、その手順をマニュアル化する。解析には、気象研究所で開発されたソフトウェアである Draft（田中・鈴木（2000））などを用いる。</li> </ul>
令和4年度 実施計画	<ul style="list-style-type: none"> <li>・前年度に引き続き、噴火事例の解析を行い、二重偏波パラメータの物理的解釈を行う。</li> <li>・噴煙／火山灰雲エコーと降水エコーの違いについてとりまとめる。</li> </ul>

研究課題	2.2 メソアンサンブルを利用した決定論的予測技術の改善
研究期間	令和4年度～令和5年度（2年計画第1年度）
実施官署	札幌管区気象台、仙台管区気象台
担当者	（札幌管区気象台）山下日出雄、米川博志、野村達郎、荻原弘堯、朝比奈聡司 （仙台管区気象台）小笠原敦、森川浩司、池田翔
担当研究官	[台風・災害気象研究部] ○小野耕介
目的	気象研究所で開発した MEPS 複数シナリオ技術を、地方官署が注目する顕著現象に適用することで、現業的な観点から精度の良いシナリオの選択及び予測精度の向上を目指す。一方で、現業的な観点から得られる知見を基に MEPS 複数シナリオ技術の高度化を図る。また MEPS を利用した事例解析の議論を通じて、ユーザーのアンサンブル予報に対する理解を深めることを目指す。
研究の概要	1. MEPS 特性及びシナリオ作成・選択技術の紹介。地方官署より注目する顕著事例の提案。 2. 気象研究所にて、提案事例に対して MEPS 複数シナリオデータを作成・提供。 3. 地方官署にて事例の解析を行う。検証スコア等の計算は気象研究所が支援。 4. 解析結果について Web 会議を利用して議論することで、MEPS シナリオの現業的な有用性を検討するとともに、MEPS シナリオ作成技術の高度化を検討。 5. 府県研究会等における原稿作成及び発表を通じて成果をまとめる。
令和4年度 実施計画	1. Web 会議により、気象研側からメソアンサンブルの特性及び複数シナリオ選択技術の紹介を行うとともに、地方官署より注目したい事例の紹介を行う。 2. 注目する事例について、気象研側で複数気象シナリオを作成し、地方官署側へ提供する。 3. 地方官署により複数シナリオデータを利用した事例解析。気象研側で検証スコア等の計算を実施。 4. Web 会議により複数シナリオの有用性を検討するとともに、複数シナリオ作成方法の高度化についての議論を行う。 5. 地方研究会等により、成果の報告・まとめを行う。

研究課題	2.3 台風に伴う強風現象に対する地域特性に関する研究
研究期間	令和4年度～令和5年度（2年計画第1年度）
実施官署	東京管区気象台
担当者	（東京管区気象台）○高橋武 三輪剛史 小野太郎
担当研究官	[台風・災害気象研究部] 柳瀬亘 和田章義 辻野智紀 [全球大気海洋研究部] 関山剛
目的	<p>本共同研究では、台風に伴う強風等の実態解明に対して、周辺大気環境場との相互作用解明、可能ならば機械学習の利用可能性に関する検討を目的とする。なお、この間、得られた成果の一部は管区推奨調査研究として、気象防災データベースへの登録や防災情報の読み解き時の資料とするなど、自治体等への解説や普及啓発に有効に活用できる形に整理する。</p> <p>また、これらの共同研究の実施に当たっては、向上意欲の高い管内職員の現象を把握する力（解析力）や計算機を用いたシミュレーション及び機械学習等の技術力を向上させるとともに、調査研究に対するさらなるモチベーションを向上させることにより、当該職員に加えて周辺の職員への波及効果が期待でき、当庁における人材育成を促進することも目的とする。</p>
研究の概要	<p>（共同研究1年目）</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>（1）令和3年度に実施した管区推奨調査研究の結果を元に台風に伴う強風現象（令和元年台風第15号など）を対象事例として選定する。</li> <li>（2）対象事例を対象に、観測値やGPVデータを用いて解析、強風に関する地域特性の詳細な資料を作成する。asucaを用いた再現実験を行い、地域特有の強風現象の機構解明に取り組む。なお、事例が古い場合はJRA-55を用いたJMA-NHMによる再現実験を活用する。</li> <li>（3）気象解析等で得られた成果と収集した災害資料を合わせ、都県内の強風特性や局地風、強風災害を網羅した資料を順次作成する。</li> <li>（4）また、対象事例の自動判別や実況監視等に適した機械学習の利用可能性を検討する。</li> </ol> <p>（共同研究2年目）</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>（1）前年度の成果をもとに、必要に応じて対象事例の解析や感度実験などの数値実験を追加実施し対象事例に係る現象の解析をさらに深める。</li> <li>（2）対象事例の自動判別や実況監視等に適した機械学習の利用可能性の検討を進め、可能であれば、機械学習を行う。</li> <li>（3）全体のとりまとめを行う。</li> </ol>
令和4年度実施計画	<ul style="list-style-type: none"> <li>・令和3年度に実施した管区推奨調査研究の結果を元に台風に伴う強風現象（令和元年台風第15号など）を対象事例として選定する。</li> <li>・対象事例を対象に、観測値やGPVデータを用いて解析、強風に関する地域特性の詳細な資料を作成する。asucaを用いた再現実験を行い、地域特有の強風現象の機構解明に取り組む。なお、事例が古い場合はJRA-55を用いたJMA-NHMによる再現実験を活用する。</li> <li>・気象解析等で得られた成果と収集した災害資料を合わせ、都県内の強風特性や局地風、強風災害を網羅した資料を順次作成する。</li> <li>・また、対象事例の自動判別や実況監視等に適した機械学習の利用可能性を検討する。</li> </ul>



### 3 緊急研究課題

研究課題	(緊急研究) 集中観測等による線状降水帯の機構解明研究 副課題1: 集中観測の実施 副課題2: 線状降水帯の機構解明・予測技術の向上
研究期間	令和3年度から2年間(2年計画第2年度)
担当者	○永戸久喜 研究連携戦略官 (副課題1) [台風・災害気象研究部] ○加藤輝之、益子渉、廣川康隆、小野耕介、荒木健太郎、山内洋、梅原章仁、鷗沼昂 [気象観測研究部] 瀬古弘、酒井哲、吉田智、小司禎教、石元裕史 [気象予報研究部] 林修吾、田尻拓也 (副課題2) [気象観測研究部] ○瀬古弘、川畑拓矢、澤田謙、幾田泰醇、酒井哲、吉田智、小司禎教、岡本幸三、岡部いつみ、大塚道子(兼任) [台風・災害気象研究部] 加藤輝之、益子渉、廣川康隆、小野耕介、荒木健太郎、山内洋、梅原章仁、鷗沼昂、柳瀬亘 [気象予報研究部] 毛利英明、藤田匡、橋本明弘、林修吾、渡邊俊一、中川雅之
目的	集中観測等によって線状降水帯の実態把握と発生・停滞・維持等の機構解明を加速化するとともに、それら観測データや知見を用いて数値予報の精度向上に繋がるような研究を実施し、線状降水帯の予測精度向上とより早い段階からの確実な防災・減災対策に貢献する。
目標	<p>目的を達成するために以下の課題に取り組み、線状降水帯の機構解明の加速化と数値予報の精度向上に貢献する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>大学等研究機関との連携による集中観測の実施と線状降水帯の実態把握、及び観測データの集約・共有(副課題1)</li> <li>観測データを用いた線状降水帯の機構解明及びそれら知見も用いた数値予報システムの改善・高度化に関する研究(副課題2)</li> </ul> <p>(副課題1) 集中観測の実施 線状降水帯が多発する梅雨期(6、7月)の九州を中心とした西日本において、気象庁の現行の観測網に加え、既存の研究プロジェクトや共同研究の実施等による大学等研究機関との連携による集中観測を令和4年度に実施し、線状降水帯の実態把握を推進する。得られた観測データは同期間の現業観測・数値予報データ等とともに、データベースとしてアーカイブする。データベースに集約されたデータは副課題2での活用に加え、大学等研究機関にも共有することで、線状降水帯の機構解明及び予測技術向上に資する研究とその加速化に貢献する。</p> <p>(副課題2) 線状降水帯の機構解明・予測技術の向上 副課題1で得られた多種多様な観測データを活用し、線状降水帯をより多くの手法で様々な視点から解析し、線状降水帯の発生・停滞・維持等の機構を解明する。さらに、「富岳」等の最先端のスーパーコンピュータを活用し、数値シミュレーションやデータ同化実験を行い、線状降水帯の発生・停滞・維持等の機構の理解の深化を進めるとともに、観測データに加えて上記で得られた知見も活用した数値予報システムの改善・高度化に関する研究を行い、予測精度向上に貢献する。</p>
研究の概要	(副課題1) 集中観測の実施 (a) 線状降水帯の発生環境場(特に水蒸気場)の観測 線状降水帯の発生に影響を及ぼす環境場を定量的に把握するための以下の観測を行う。特に重要な水蒸気場については、東シナ海を中心とした海上においては船舶を用いて鉛直分布や水平方向の流量、及び海面からの蒸発量を、九州を中心とした陸上においては各種リモートセンシング等を用いて鉛直分布や水平方向の流量をそれぞれ観測することで、九州付近に流入して線状降水帯発生的主要因素となる水蒸気量とその時間変化を把握する。 (ア) 高層ゾンデ観測 (イ) ドローン・レーダー屈折率観測 (ウ) マイクロ波放射計観測 (エ) 船舶観測

	<p>(b) 線状降水帯の内部構造の観測 線状降水帯の発生から衰退までの内部構造とその時間変化を詳細に把握するための観測を行う。現業観測が行われている二重偏波ドップラーレーダーに加え、マイクロレインレーダーやビデオゾンデ等の雲微物理に着目した詳細な観測を実施することによって、線状降水帯を構成する積乱雲や積乱雲群とそれらに伴う気流の構造と時間変化を把握するとともに、雲微物理特性についても明らかにする。</p> <p>(c) 線状降水帯の機構解明のための次世代水蒸気ライダーの制度改善 線状降水帯の発生・発達および降水分布や降水量をより正しく予測するためには、下層の水蒸気量の分布やその移動、線状降水帯への流入量をより正確に把握する必要がある。より早い正確な線状降水帯の発生予測に向けて下層の気流をより風上側の海上で観測するために開発中の船舶搭載を想定した次世代の水蒸気ライダーについて、観測した水蒸気量の検証と制度改善に向けた検証を行う。</p> <p>(d) 線状降水帯データベース構築 集中観測で得られた観測データを、同期間の現業観測・数値予報データとともに集約・アーカイブ・共有することで、これらを利用した線状降水帯の発生・維持機構解明及び予測技術向上に資する研究とその加速化に貢献する。</p> <p>(副課題2) 線状降水帯の機構解明・予測技術の向上</p> <p>(a) 線状降水帯の機構解明 集中観測で得られた各種データや高解像度数値予報モデル等を用いて、以下の線状降水帯の発生・停滞・維持等の機構解明のための研究を行う。 (ア) 線状降水帯の実態把握と機構解明のための事例解析的研究 (イ) 数値予報を活用した線状降水帯の診断的予測技術に関する研究</p> <p>(b) 数値予報技術の高度化 スーパーコンピュータ「富岳」等を用い、集中観測で得られた各種データを検証データや同化データとして利用することによって、線状降水帯の予測精度向上に向けた数値予報技術の高度化に資する以下の研究を行う。 (ア) 集中観測データを用いた数値予報モデルの物理過程の検証と改良及びデータ同化技術の開発 (イ) 風洞実験を活用した数値予報モデルの接地境界層過程の改善 (ウ) 「富岳」を利用した高解像度大アンサンブル予測システムの開発・実行と現業化を想定した少数アンサンブル等の利用方法の開発・調査</p>
研究の有効性	<p>(気象業務への貢献) 集中観測データ等に基づく線状降水帯の機構解明によって得られた知見は、現業数値予報モデルの検証・改良や線状降水帯発生のナウキャスト、診断的予測、ガイダンスの高度化等に資することが期待される。 更に、観測データを同化することによる初期値の改善及び観測データを用いた数値予報モデルの検証・改良等は、数値予報技術の高度化にむけた研究・開発であり、得られた知見や成果は現業数値予報の予測精度向上に資することが期待される。</p> <p>(学術的貢献、社会的貢献など) 本研究の実施によって、発生環境場や内部構造等の線状降水帯の発生・停滞・維持等の機構に関する新たな科学的知見の創出が期待される。更に、現業数値予報の改善と高度化による線状降水帯の予測精度向上を通じて、より早い段階からの確実な防災・減災対策への貢献も期待される。</p>
令和4年度実施計画	<p>(副課題1) 集中観測の実施</p> <p>(a) 線状降水帯の発生環境場（特に水蒸気場）の観測</p> <p>(ア) 高層ゾンデ観測</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・九州及び南西諸島の現業高層ゾンデ観測地点において、気象庁の現業観測に追加する形で研究観測を依頼する。上記に加え、九州陸上において、必要な追加の高層ゾンデ観測を業者委託により実施する。これらにより、水蒸気・風・気温等の鉛直分布及び水蒸気の時空間変動を観測する。</li> <li>・沖縄で高頻度の高層ゾンデ観測を行い、水蒸気・風・気温等の鉛直分布と水蒸気の流入状況を観測する（研究協力機関により実施）。</li> </ul> <p>(イ) ドローン・レーダー屈折率観測</p>

- ・九州陸上及び気象観測船を用いてドローンによる観測を業者委託により実施する。これらにより、陸上及び海上下層の水蒸気・風・気温等の鉛直分布を観測する。陸上については、レーダー屈折率との併用により、下層水蒸気量の時間変化の水平分布を得る。
- (ウ) マイクロ波放射計観測
  - ・九州を含む西日本で観測を行うマイクロ波放射計の観測性能評価と運用方法検討のため、気象研においてラジオゾンデ（館野）との比較観測・解析を進める。
  - ・マイクロ波放射計データを用いた温度・水蒸気の 1DVar リトリバルの改善に向け、九州で得られた観測データをもとに実施したリトリバル結果のニューラルネットワーク・数値予報との比較・精度検証を行うとともに、放射計算アルゴリズムの見直しと精度検証を行う。
- (エ) 船舶観測
  - ・東シナ海で船舶からの高層ゾンデ観測、GNSS 観測、マイクロ波放射計観測を行い、海上の水蒸気・風・気温等の鉛直分布を観測するとともに、水蒸気の海面からの蒸発量を観測する（研究協力機関により実施）。
- (b) 線状降水帯の内部構造の観測
  - ・九州において、ディストロメーターやレインスコープを用いて、線状降水帯を構成する降水系内部の雲・降水の種別や粒径分布を観測する（主として観測協力機関により実施）。
- (c) 線状降水帯の発生・維持機構解明のための次世代水蒸気ライダーの精度改善
  - ・船舶搭載を念頭において開発中の水蒸気ライダー（DIAL）を用いて、地上での検証と精度改善に向けた検討を行う。
- (d) 線状降水帯データベースアーカイブ共有システムの整備・運用
  - ・集中観測で得られたデータや気象庁の現業観測・数値予報データを集約し、研究協力機関を含め共有できるようにシステムの整備を完了するとともに、データの集約・共有を実施する。
- (副課題 2) 線状降水帯の機構解明・予測技術の向上
  - (a) 線状降水帯の機構解明
    - (ア) 線状降水帯の内部構造の理解のための研究
      - ・集中観測データや客観解析データ、数値シミュレーション等を用いて、線状降水帯を構成する積乱雲や積乱雲群とそれらに伴う気流の構造や時間変化を把握する。
      - ・現業的に観測中の二重偏波ドップラーレーダーに加え、集中観測により得られた降水粒子等の詳細観測データを利用して、降水粒子の分布特性を推定し、その時間変化から、線状降水帯の内部構造（対流の深さ、盛衰の状態、降水粒子の高度変化等）を把握する。
    - (イ) 線状降水帯の発生環境場の理解と診断的予測技術に関する研究
      - ・気象庁内外のスパコンを用いて、集中観測事例等の複数の線状降水帯事例を対象にアンサンブル予報実験等を行い、降水システムの発生・発達診断的予測技術に有効な環境場の特徴について調べる。
  - (b) 数値予報技術の高度化
    - (ア) 集中観測データを用いた数値予報モデルの物理過程の検証と改良及びデータ同化技術の開発
      - ・気象庁内外のスパコンを用いて、マイクロ波放射計や水蒸気ライダー等の集中観測等で得られた観測データの同化実験を行い、その効果の初期的な結果を示す。
    - (イ) 風洞実験を活用した数値予報モデルの接地境界層過程の改善
      - ・風洞実験装置の機能強化が完了した機器を順次活用して実験を行う。新たに取得した実験データと既存データを用いて数値予報モデル接地境界層過程の改善策を検討する。
    - (ウ) 「富岳」を利用した高解像度大アンサンブル予測システムの開発・実行と現業化を想定した少数アンサンブル等の利用方法の開発・調査
      - ・大アンサンブル実験環境を構築し、その出力を用いた少数アンサンブルの利用方法開発や確率情報等の応用技術開発のため予備調査を行う。

### Ⅲ 外部資金による研究課題

1 地球環境保全等試験研究費〔地球環境保全試験研究費（地球一括計上）〕

研究課題	日本域に沈着する光吸収性不純物に起因する雪氷面放射強制力の時空間変動監視と気候システムへの影響解明
研究期間	令和4年度～令和8年度（5年計画第1年度）
担当者	[気象予報研究部] ○庭野匡思、大河原望、谷川朋範 [全球大気海洋研究部] 梶野瑞王、足立光司、大島 長 [気象観測研究部] 石元裕史、工藤 玲 [台風・災害気象研究部] 林 昌宏
目的	大気中から雪氷面に沈着するブラックカーボン（以下、BCと略）やダストといった光吸収性不純物（Light Absorbing Particles; 以下、LAPと略）は、雪氷面における短波放射加熱を助長することから、雪氷融解の強力なトリガーとなり得る。ひとたび雪氷圏の融解が始まり面積の縮小が始まると、正のフィードバック機構である積雪－アルベドフィードバックが誘起され、雪氷圏の損失が加速度的に進む可能性がある。1980年代以降、観測技術と数値モデルの進展によって、雪氷中に存在するLAPに関する知見は確実に増えてきているが、主に現地観測が依然として足りておらず、観測事実を基にしたモデルの高度化が十分進んでおらず、世界的にも定量的な不確定性は非常に大きい。本研究課題では、我々が持つ現地観測、衛星リモートセンシング、及び数値モデリングの技術と知見を融合させ、1) 国内の積雪中LAPに起因する放射強制力の詳細な時空間変動を初めて提示すること、2) 単独の観測地点での融雪時期の変化に限定されない従来よりも多角的かつ広範な影響評価を実施することを目的とする。
目標	本研究では、(1) モニタリング、(2) プロセス研究、及び(3) 数値モデリングの3つのサブテーマを設定する。  (1) モニタリング 地上現地観測では、札幌、長岡、北見の連続観測地点でそれぞれ積雪中LAPの連続測定を行うことにより、国内の冬季LAP（主に、BC、ダスト、及び有機炭素OC）の監視を実施する。札幌では、積雪中LAP分析と並行して、大気の連続サンプリングを実施し、大気と雪氷中のLAP変化の同時測定を世界で初めて実現させる。更に、全天分光放射計による積雪物理量・LAP濃度遠隔推定、地上の放射観測データから大気中のLAP変動を推定する解析、CALIPSO衛星に搭載されたライダーによって測定された情報から大気粒子の鉛直分布の情報を抽出する解析、また、電子顕微鏡観察を用いたLAP組成・混合状態に関する情報を組み合わせて、LAPの詳細な時間変化の全貌を浮かび上がらせる。特に、札幌における観測は、IPCC 第6次報告書策定のために実施された積雪モデル国際相互比較プロジェクトESM-SnowMIPへの貢献を通して、世界的に高い知名度を持つ観測拠点となっており、今後もその価値を維持する取り組みを続ける。また、同様の国際プロジェクトが実施される場合は、積極的に参加し貢献する。また、積雪の時空間変動に関する知見が絶対的に不足している本州中部山岳域に新たな気象・放射・雪氷モニタリングサイトを構築し、関係する気象・放射・雪氷物理量の自動モニタリングを実現させる。以上の取り組みを補足するものとして、これまで我々が着目してきていなかった国内の他地域における積雪中LAP機動観測を1冬期につき1回実施する。また、国内の観測の比較対象として、人為起源物質の発生源域と遠方域のBCを定量的に分離することができる北極域における大気中BC観測や雪氷中LAP分析も実施する。この北極域での観測は、地球規模で進行する雪氷融解の理解にも貢献する。  (2) プロセス研究 積雪内部LAP混合状態の時間変化プロセスと、大気・雪氷中におけるLAP除去過程について、重点的に研究を進める。特に前者については、我々が札幌・長岡・北見で定常的に取得している積雪サンプルから、積雪内部LAP混合状態に関する情報を抽出するための革新的な技術的開発に挑戦する。いずれのプロセスについても、札幌で取得される各種データ（サブテーマ1）を多角的に組み合わせて、従来よりも精緻なパラメタリゼーションを構築する。  (3) 数値モデリング 領域気象化学モデルNHM-Chemと積雪変質モデルSMAPを面的にフルカップルさせ、直

	<p>近10年間でターゲットとした精密大気-積雪数値シミュレーションを実施する。その結果を元に、日本の積雪変化に対するLAPの定量的寄与を放射強制力、積雪面積、及び積雪水量の観点で評価する。NHM-Chem-SMAPモデルシステムは、最新のコンピューターにおいても計算コストが依然として大きいため、長期気候計算は気象研究所地球システムモデルMRI-ESMを用いて実施する。MRI-ESMをSMAPと組み合わせることで、1900年から2100年にかけての日本の積雪変化に対するLAPの定量的寄与を、複数の将来気候変化シナリオ毎に提示する。</p>
<p>研究の概要</p>	<p>(1) モニタリング  (1. 1) 定常観測</p> <p>地上現地観測では、札幌（北海道大学低温科学研究所/気象研究所）、長岡（防災科学研究所雪氷防災研究センター）、北見（北見工業大学）の連続観測地点でそれぞれ積雪中LAPの連続測定を行うことにより、国内の冬季LAP（主に、BC、ダスト、及び有機炭素OC）の監視を実施する。測定に際しては、表面10 cm程度の積雪サンプルを現地で直接採取し、気象研究所に冷凍状態で送付して実験室で融解させフィルター上に濾過した後、それを熱光学式カーボン分析装置で分析し更に重量測定することで、積雪中BC・OC・ダスト濃度を定量する。各サイトにおける積雪サンプルの取得頻度は週2回を予定している。また札幌においては、全天分光日射計を用いて、リモートセンシングの原理により、積雪表面付近のLAP変動を監視する。また、OPCを用いて10ナノメートルから数十マイクロメートルのエアロゾル粒径の測定を連続的に行い、得られる濃度と粒径分布から高い時間分解能による起源推定、粒子成長過程等をモニタリングする。更に、札幌において大気中の連続サンプリングを実施し、雪氷サンプルの分析と同様の手法を用いて大気中LAP変動を明らかにする。大気中LAP変動については、並行して、地上の放射観測データから大気中のLAP変動を推定する手法を用いて、大気サンプリングの結果と相補的な解析・評価を実施する。</p> <p>大気・積雪中に存在するLAPの個別粒子分析を、気象研究所走査型及び透過型電子顕微鏡観察によって実施し、その形態と成分の実態解明を行う。また、波長依存性を持つLAPの一種であるブラウンカーボンなどの形状と成分分析も行い、大気中の挙動や積雪沈着時の影響についても検討を行う。</p> <p>札幌・長岡・北見においては、各観測グループが保有している自動気象観測装置を用いて、LAPの定量的影響を評価する際に必要となる気象・雪氷物理量の変動の把握を実施する。各観測サイトにおいては、現地の共同研究者に積雪断面観測を委託し、積雪内部の物理量プロファイル（粒径、密度、温度、含水量、雪質）の情報を取得する。</p> <p>我々が予備的に実施している国内での面的な大気-雪氷数値シミュレーション結果（サブテーマ3）によると、山岳域における積雪の再現精度が平地に比べて劣ることが示されている。一方で、山岳域では、モデル検証に利用可能なデータの数が絶対的に不足していることから、その点に起因する不確定性もある。そこで、本州中部山岳域（新潟県を予定；防災科学研究所雪氷防災研究センターと協力予定）に新たな気象・放射・雪氷モニタリングサイトを構築し、関係する気象・放射・雪氷物理量の自動モニタリングを実現させる。このサイトには、1冬期の間は何度か訪れ、札幌と同様の積雪サンプリングを実施し、積雪中LAPを把握する。LAPの分析には、札幌・長岡・北見で用いる手法と同様とする。ただし、サンプリングの頻度がそれらのサイトよりも低くなるため、積雪下層まで鉛直高解像度にサンプリングする。</p> <p>更に、人為起源物質の発生源域と遠方域のBCを定量的に分離するためには人為発生源から離れた地点での観測が必須であり、これまでに継続的に観測を行ってきた北極域（ニーオルスン・グリーンランドなど）における大気中BC観測や雪氷中LAP分析も同時並行で実施する。これらの極域でのデータは、地球規模でのLAP物質輸送評価に重要であり、後述の地球システムモデル（サブテーマ3）の検証データとしても必要である。</p> <p>(1. 2) 機動観測</p> <p>国内の積雪中LAP分布を従来よりも更に詳細に把握するために、上記以外の地域（東北地方、北陸地方西部、及び西日本の高山地域）の複数地点において機動観測を1冬期につき1回実施する。ここでも、LAPの分析手法は、札幌・長岡・北見で用いる手法と同様とする。具体的な機動観測実施場所の選定に当たっては、LAP感度が高い特に注目すべきエリアを絞るために、後述の領域気象化学-積雪モデルNHM-Chem-SMAP計算結果（サブテーマ3）を参照する。</p>

### (1. 3) 衛星リモートセンシング

最新の気象衛星ひまわり8号の観測結果から推定される積雪域の変化を監視の対象とする。その結果と後述の数値モデルシミュレーション結果（サブテーマ3）を組み合わせ、冬季の国内におけるLAP変動とそれに起因する積雪変化を明らかにする。

CALIPSO衛星に搭載されたライダーによって測定された結果から大気粒子の鉛直分布の情報を我々が開発した手法に従って抽出する。この結果を札幌における大気・雪氷中LAP変動と組み合わせ、3次元的な時空間変動の理解を深化させる。本データも、数値モデルシミュレーションデータと相互比較して、両者の整合性を議論する。

### (2) プロセス研究

#### (2. 1) 積雪内部LAP混合状態の変化は何によって引き起こされるのか？

我々が札幌・長岡・北見で定常的に取得している積雪サンプルから、積雪内部LAP混合状態の情報を抽出するための革新的技術的開発を行う。積雪サンプルを気象研究所に冷凍状態で送付して実験室で融解させフィルター上に濾過する前に、外部混合しているLAPと内部混合しているLAPを分離する手法を開発する。その新しい分析手法の妥当性を確認するために、走査型および透過型電子顕微鏡を用いて積雪サンプルを分析し、積雪内部LAP混合状態解明に資する実環境からのLAPに関する基礎情報を集積する。札幌の積雪サンプルからLAP混合状態が確認出来た日については、全天分光日射計による積雪表層LAP抽出において考慮される混合モデルを分析によって確認された混合状態に対応させ、推定されるLAP濃度が熱光学式カーボン分析装置の結果と整合するかどうかを調べる。併せて、現地観測（サブテーマ1）で得られたいくつかの観測条件の下で、精密積雪粒子モデル（Ishimoto et al., 2018）を用いたLAP混合粒子モデルを開発し、その粒子に対する光散乱特性の理論計算結果に基づく積雪散乱シミュレーションを実施する。以上で得られる知見と、サブテーマ1で取得される気象・放射・雪氷データと総合して組み合わせ、混合状態変動を推定するためのパラメタリゼーションを構築する。この成果は、積雪変質モデルSMAPの最新版（Niwano et al., 2014, 2015）に導入する。

#### (2. 2) 大気・雪氷中におけるLAP除去過程の理解の深化

我々が札幌において取得する多種多様な大気・積雪中LAP濃度観測データを最大限活用して、雲底におけるLAP除去に関する知見を深化させる。この結果に基づいて、従来よりも現実的なパラメタリゼーションを構築し、サブテーマ3で説明する領域気象化学モデルNHM-ChemとMRI-ESMに組み込む。

積雪については、長岡の雪氷防災研究センターの低温実験室において、理想的な条件下における室内実験を、LAPサイズ・種類、積雪粒径、融解水量を個別に変更させながら複数のパターンについて実施し、計算手法高度化に資する知見を集積する。この結果に基づいて、従来よりも現実的なパラメタリゼーションを構築し、積雪変質モデルSMAPの最新版に組み込む。

### (3) 数値モデリング

#### (3. 1) NHM-Chem-SMAP

気象庁本庁と開発中の面的計算が可能な次世代版SMAPとNHM-Chemを組み合わせ、国内における積雪中LAPの面的な評価を実現させる。現在、その面的計算可能なSMAPでは、先行研究による新潟県内での積雪中LAP濃度評価結果に基づいて、長岡で観測された積雪中LAP濃度の季節変化を気候値と仮定して一様に与えている。その部分を本提案研究ではNHM-Chemによって与える方法に高度化する。その上で、LAPのon/off実験を行い、日本の積雪変化に対するLAPの定量的寄与を放射強制力、積雪面積、及び積雪水量の観点で評価する。

上記の研究と同時並行で、サブテーマ2で開発される積雪内部LAP混合状態推定パラメタリゼーションと大気・雪氷中LAP除去過程計算パラメタリゼーションをSMAPとNHM-Chemに組み込み、それらの評価を札幌・長岡・北見で取得されるデータ（サブテーマ1）用いて行う。評価対象期間は、直近10年間とする。そのため、NHM-Chemを駆動する大気情報には気象庁の最新の再解析データJRA-55を利用する。更に、BCについて



	<p>は、人為起源及びバイオマス燃焼起源の切り分けと、日本の積雪に対するそれぞれの影響評価を本モデルによって行う。</p> <p>(3. 2) ESM-SMAP</p> <p>NHM-Chemは精緻な化学過程を考慮しているものの、計算コストが大きいいため、現状、長期気候計算には適さない。そこで、本提案研究では、気候計算を実施するために気象研究所開発地球システムモデルMRI-ESM2を用いる。本モデルは、気象庁の全球天気予報用現業モデルGSM をベースにして気候モデル用に改変した大気モデルに、海洋モデル、エアロゾルモデルMASINGAR (the Model of Aerosol Species IN the Global Atmosphere)、大気化学モデル、炭素循環などが結合されて開発されたものである。本提案研究では、NHM-Chem-SMAPと同様に、MRI-ESMとSMAPを面的に結合させて気候計算を実施し、複数の将来気候変化シナリオによって、日本の積雪変化に対するLAPの定量的寄与がどのように変化するのかを明らかにする。本提案研究の解析対象期間は1900年から2100年とする。NHM-Chemと同様に、BCについては、人為起源及びバイオマス燃焼起源の切り分けを実施する。</p>
<p>研究の有効性</p>	<p>本研究課題は、「地球観測の推進戦略」が掲げる「気候変動対策の効果把握」の方向性に沿う。また、将来のBC排出量規制に資する情報を提供出来る点は、本提案研究の成果が社会的、経済的、あるいは行政的な価値をも持ち得ることを意味する。更に、BCについては、人為起源及びバイオマス燃焼起源の切り分けを行うことなどを通して、「人為的な地球環境の変動の把握」（「地球観測の推進戦略」）に資する定性的・定量的情報を示す。また、関連する数値モデリング技術の高度化にも引き続き取り組むことから、「気候変動の予測精度向上」（「地球観測の推進戦略」）にも大いに貢献する。更に、本研究課題で開発・高度化する次世代の領域気象化学-雪氷モデルは、気象庁で公表している解析積雪深・降雪量プロダクト、及びそれらを活用して発表される各種防災情報の更なる高度化に貢献することが期待出来る。</p>
<p>令和4年度実施計画</p>	<p>(1) モニタリング</p> <p>札幌、長岡、北見等の連続観測地点で積雪と大気中のBC、OC、鉍物性ダスト等 LAP 成分の連続測定を継続する。それらの観測点では、地上気象・放射観測も継続する。本州中部山岳域（新潟県を予定；防災科学研究所雪氷防災研究センターと協力予定）に新たな気象・放射・雪氷モニタリングサイトを構築し、関係する気象・放射・雪氷物理量の自動モニタリングを開始する。CALIPSO 衛星に搭載されたライダーによって測定された結果から大気中 LAP 粒子の鉛直分布の情報を抽出する。この結果を札幌における大気・雪氷中 LAP 直接観測結果と組み合わせで解析する。コロナの状況が許せば、北極域での現地観測も実施する。</p> <p>(2) プロセス研究</p> <p>積雪サンプルから、積雪内部 LAP 混合状態の情報を抽出するための革新的技術的開発に着手する。各観測点で得られる積雪サンプル中に存在する LAP の個別粒子分析を気象研究所走査型及び透過型電子顕微鏡観察によって実施し、その形態と成分の実態解明を行う。大気・雪氷中における LAP 除去過程の検討のための基礎データをサブテーマ1で得られる観測データから抽出・整理する。</p> <p>(3) 数値モデリング</p> <p>NHM-Chem-SMAP および ESM-SMAP 面的結合計算システムを開発する。計算結果が出次第、サブテーマ1で取得する現地観測データを用いてモデル検証を行う。</p>

## 2 放射能調査研究費

研究課題	人工放射性核種のバックグラウンド大気監視と数値解析に関する研究 副課題1：バックグラウンド大気の監視 副課題2：移流・拡散・沈着過程の数値解析
研究期間	令和4年度（単年度）
担当者	[全球大気海洋研究部] ○関山剛、眞木貴史、梶野瑞王、足立光司
目的	<p>気象研究所では、つくば（1957年から1979年は東京・高円寺）において過去60年以上継続して、人工放射性核種の降下量を精密測定してきた。この観測は世界でも最長の定点観測である。この間、中国等の核実験、チェルノブイリ原発事故等が発生し、それらの影響を含めたバックグラウンドの人工放射性核種の長期的な変動を明らかにしてきた。人工放射性核種の長期的変動においては、既存の仮説に反する季節変動や理論予測と異なる線量の下げ止まり等の未解明部分もあり、今後も長期的な視点で監視を継続していく必要がある。</p> <p>これまでの観測及び解析から、人工放射性核種の長期的な変動に対しては、核実験や事故等による一次放出に加え、一旦地面に沈着した人工放射性核種が、風送、燃焼等によって二次的に大気中に飛散するエアロゾルとしての再飛散過程が重要であることが明らかになっている。また、ここ数年間の観測やサンプルの分析、数値シミュレーションによって、生物由来のエアロゾルによる二次飛散の影響が重要であると示唆されている。このような人工放射性核種を含むエアロゾルの移行実態を把握するためには、長期的観測に加えて、二次飛散や輸送、沈着のメカニズムを解明すること、さらにそれを再現する数値計算モデルの開発が必要である。</p> <p>本研究課題では、大気中のバックグラウンドの人工放射性核種の長期変動を監視することとともに、人工放射性核種を含むエアロゾルの移流・拡散・沈着に関する実態把握とより詳細なメカニズムの解明を目的とする。</p>
目標	放射性物質降下量の精密なモニタリングを継続し、長期的視点での変動を明らかにする。また、特別観測と新たに開発したモデルによる解析から、二次飛散による人工放射線降下量の変動メカニズムの解明を行う。
研究の概要	<p>（副課題1）降水降下塵の長期モニタリング</p> <p>つくばにおいて、大気中に放出された人工放射性核種を含むエアロゾルの降下量（湿性沈着量、乾性沈着量）の高精度のモニタリングを継続する。サンプルは、採水盤を用いて月ごとに採取し、気象研究所において、濃縮、抽出、整形等の前処理を行った後、Ge半導体検出器、アルファベータ自動計測システムを用いて、<math>^{90}\text{Sr}</math>、<math>^{137}\text{Cs}</math>等の放射性核種を含むエアロゾルの月ごとの降下量を測定する。</p> <p>（副課題2）再飛散・沈着過程のメカニズム解析</p> <p>つくばにおいて、ハイボリュームサンプラーを用いた高時間分解能のエアロゾルサンプル採取、降雨毎の雨水の採取等を行い、高精度に放射性核種を定量する。また、イメージングプレート、電子顕微鏡、その他の物理・化学的手法を用いて、放射性核種の存在形態の調査を行う。これらの観測データを気象研究所の充実した気象データ、各種エアロゾル測定データ、組成分析データと合わせて解析し、再飛散の実態把握とメカニズム解明を行う。</p> <p>人工放射性核種をトレーサーとし、エアロゾルの再飛散・沈着過程の詳細なメカニズムを組み込んだ領域非静力気象化学シミュレーションモデルを開発する。このモデルを使い、過去数十年間の日本列島あるいは関東平野における人工放射性核種を含むエアロゾルの降下量変動を再現計算することにより、シミュレーションの精度検証を行う。精度検証は、つくばにおける長期モニタリングのデータや榛名山での観測データを用いて実施する。</p> <p>これまでに蓄積された観測データと、本サブ課題で再現計算された過去の人工放射性核種を含むエアロゾルの変動シミュレーション結果との比較解析を行い、長期変動のメカニズム解析を行う。</p>
研究の有効性	<ul style="list-style-type: none"> <li>気象庁のエアロゾル化学輸送モデルについて、沈着過程等の進歩が期待される。</li> <li>人工放射性核種の移流・拡散沈着についての予測は気象庁の環境緊急対応（EER）地区特別気象センター予測の基盤技術となっている。</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>・放射性物質の大気環境における長期的な変動とその要因が明らかになり、国民の安全・安心に貢献する。</li> <li>・人工放射性核種の二次放出の観測・解析から、従来不明であった植物生態からのエアロゾル放出（飛散）についての新知見が得られる可能性がある。</li> </ul>
令和4年度 実施計画	<p>（副課題1）降水降下塵の長期モニタリング</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・1960年代前半の大規模大気圏核実験および福島原発事故に由来する粒子状中長半減期人工放射性核種（<math>^{90}\text{Sr}</math>、<math>^{137}\text{Cs}</math>）の降下量を精密観測し、その変動を把握する。つくばのモニタリングを継続実施する。</li> </ul> <p>（副課題2）再飛散・沈着過程のメカニズム解析</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・令和2年度で終了。</li> </ul>

### 3 官民研究開発投資拡大プログラム (PRISM)

研究課題	AI を用いた竜巻等突風・局地的大雨の自動予測・情報提供システムの開発 実施項目 (1) 竜巻の事例とシミュレーションによる教師データ整備 実施項目 (2) AI を用いた竜巻の自動検出・追跡技術の開発 実施項目 (3) 自動予測・情報提供システムの開発
研究期間	平成 30 年度～令和 4 年度 (5 年計画第 5 年度)
担当者	[台風・災害気象研究部] ○楠研一、足立透、鈴木修
目的	竜巻等突風、局地的大雨は高速交通などへの災害をもたらすものの、そのサイズが小さく急速に発達するため従来の手法でこれをとらえ防災に結び付けることは困難である。本研究課題は、主に公共交通事業者を対象としたこれらの現象における情報提供システムの開発を行う。これにより、災害の発生直前から災害が発生中、及び事後における、公共交通の危険回避や抑止などの防災対策や応急対策等の防災活動が可能となる。
目標	これまで気象研究所が推進してきた要素技術の研究開発を活用し、民間企業と協力して令和4年度までに以下の目標を達成する。 ○人工知能等を用いて、気象レーダーが観測する膨大なデータ (ビッグデータ) をリアルタイムに分析・判断し、突発的に発生して災害をもたらす現象の領域や強さの自動検出技術を確立する。 ○様々なニーズを持つ利用者の位置情報やMAPデータを連携させ、検出情報に先読み情報 (直前予測) を含めた配信情報の自動生成システムを開発し、利用者ごとにカスタマイズされた防災情報を必要な時にきめ細かに提供できるようにする。
研究の概要	本課題は目標設定のため3つのテーマで構成され、気象研究所がハブとなった産学官連携体制の構築し、基礎研究から実用化までを見据えた一貫通貫で研究開発を進めている。 <u>実施項目(1) 竜巻等突風・局地的大雨関連データの標準化・ビッグデータ化および AI による総合解析</u> データ解析用ストレージおよびサーバーを整備し、2010年以降に発生した突風被害に関連するレーダーデータのデータベース構築を行う。さらに各種レーダーに対応するデータ標準化・ビッグデータ化を図って教師データを整備するとともに竜巻シミュレーターを通してAI 深層学習に必要な教師データを拡充する。さらにAIによる解析で、竜巻等突風の発生季節・頻度・エリア等の分布を明らかにするとともに、交通のデータ等と合わせて竜巻等突風による災害リスクを解析し、優先すべき社会実装のエリアを検討する。 <u>実施項目(2) 災害をもたらす現象の自動検出・追跡技術の開発</u> レーダーパターンから判別する深層学習モデルを開発する。まず冬季日本海側の竜巻について、JR東日本レーダーデータを教師データとして深層学習モデルを開発し、精度検証を行う。次に夏季竜巻を中心に①様々な季節・場所で発生する竜巻への対応、②様々な性能を持つ多様なレーダーに対応可能な汎用型検出技術を開発する。さらに積乱雲 (竜巻の親雲) の探知追跡のため、局地的大雨の探知・追跡・予測アルゴリズムを開発する。さらに単一レーダーによるシステムを拡大し、複数レーダーで得られた知見を集約し、実装範囲を拡大し、探知システムの効率の良い運用を行うことを念頭に、AIが再学習した結果を各レーダーにフィードバックさせる仕組み (深層学習パイプライン) を開発する。 <u>実施項目(3) AI による竜巻等突風・局地的大雨の予測情報の自動生成システムの開発</u> 鉄道を中心に竜巻等突風の自動アラートを出すための情報生成を目指すとともに、高い探知精度と輸送安定性を両立させるための改善を進める。さらに鉄道事業者に対する試行配信に基づくニーズ調査を行い、探知・予測情報の利用に適したカスタマイズを行う。また多様なレーダーを活用し、実装範囲を拡大するための本格的な準リアルタイム実験を様々なエリアで行う。
研究の有効性	○技術的有効性 本研究開発は、公共交通事業者向けに特化した狭いエリアの気象情報提供の開発を産学官連携で行う。官民連携によって初めて可能となる気象・交通データの高度な融合に基づく新しい防災情報を創出が期待できる。また、局地的・突発的に発生し災害をもたらす現象をAIにより即時自動解析、危険域早期検出・追跡する技術を実現することが革新的技術のポイントである。上記の特化領域の開発を行う結果、気象庁事業における予報・警報等の防災情報の高精度化において、波及効果の極めて高い技術的ブレークスルーとなる。

	<p>○産業面・社会面の有効性（出口戦略）</p> <p>竜巻等突風・局地的大雨は高速交通などへの災害をもたらすものの、そのサイズが小さく急速に発達するため従来の手法ではこれをとらえ防災に結び付けることは困難である。本課題は、これらの現象をAIにより即時自動解析、危険域早期検出・追跡する技術を実現することを目的としており、開発したAI（人工知能）システムを以下に搭載し、災害に結びつく現象の早期予測による運行規制を行うことで、公共交通機関の危険回避が可能となる。</p> <p>①公共交通事業者が主要幹線沿い等に新規整備する気象レーダー ②システム要件を満たす既設の公共気象レーダー</p>
令和4年度 実施計画	<p>実施項目(1) 竜巻等突風・局地的大雨関連データの標準化・ビッグデータ化および AI による総合解析</p> <p>①ビッグデータに最新の深層学習モデルを広範囲に適用することで災害リスクエリアのマップ化を実現し、社会が求める突風等の防災情報の将来像を踏まえながら、今後の研究開発の方向性を有識者と共に考察する。</p> <p>実施項目(2) 災害をもたらす現象の自動検出・追跡技術の開発</p> <p>①災害をもたらす現象の自動検出・追跡技術の開発 主として新幹線等の高速鉄道への実装を念頭に、R3年度の開発した2つの夏季竜巻用モデルをハイブリッドしたモデルを開発し、さらに探知の高精度・高速化を実現する。</p> <p>②深層学習による竜巻探知の重層化、学習の自動化、交通系の自動運転のニーズを念頭に、カメラ映像やGPSを取り込んだ将来型竜巻検出技術の開発を進め、効率的な運用の概念を提示する。</p> <p>③線状降水帯の早期抽出アルゴリズムを開発する。</p> <p>実施項目(3) AIによる竜巻等突風・局地的大雨の予測情報の自動生成システムの開発</p> <p>①夏季太平洋側を中心に公共レーダーを用いた準リアルタイムを含む実験を行い、様々な地域における主に鉄道への実装のための課題や今後に向けたアクションプランを事業者とともに取りまとめる。</p> <p>②有識者からなるシンポジウムを開催し、鉄道のみならず様々な事業者への普及に関する官民連携の進め方・中長期的なロードマップについて考察を行う。</p>