

## 研究プロフィールシート（終了時評価）

研究課題名：(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～令和4年度

研究費総額：294,976千円（令和3年度：248,018千円 令和4年度：46,958千円）

研究代表者：永戸久喜 研究連携戦略官（令和3年度は研究調整官）

研究担当者：

(副課題1) 副課題代表者：清野直子（令和3年度）、加藤輝之（令和4年度） 台風・災害気象研究部長

担当研究者：

[気象観測研究部] 瀬古弘、石元裕史、酒井哲、吉田智、小司禎教（令和4年7月からは併任）、西橋政秀（令和4年度5月から）、及川栄治（令和4年度6月から）

[台風・災害気象研究部] 加藤輝之（令和3年度は応用気象研究部）、益子渉、廣川康隆、小野耕介、荒木健太郎、栃本英伍（令和4年5月から）、末木健太（令和4年5月から）、足立アホロ（令和4年度は併任）、山内洋（令和4年度）、梅原章仁、永井智広（令和4年度は気象観測研究部に併任）、鶴沼昂（令和4年度）、佐藤英一（併任）、伊藤享洋（併任）

[気象予報研究部] 林修吾、田尻拓也

(副課題2) 副課題代表者：瀬古弘 気象観測研究部長

[気象観測研究部] 瀬古弘、酒井哲、吉田智、小司禎教（令和4年7月からは併任）、岡本幸三、岡部いづみ、川畑拓矢、澤田謙、幾田泰醇、大泉伝（令和4年度）、田上雅浩（令和4年5月から）、安井良輔（令和4年5月から）、佐谷茜（令和4年5月から）、寺崎康児（令和4年6月から）、瀬戸里枝（令和4年9月から）、大塚道子（併任）

[台風・災害気象研究部] 加藤輝之（令和3年度は応用気象研究部）、清野直子（令和4年度は併任）、柳瀬亘、益子渉、廣川康隆、小野耕介、荒木健太郎、栃本英伍（令和4年5月から）、末木健太（令和4年5月から）、足立アホロ（令和4年度からは併任）山内洋（令和4年度）、梅原章仁、鶴沼昂（令和4年度）

[気象予報研究部] 山田雄二（令和3年度）、高槻靖（令和4年度）、藤田匡、橋本明弘、林修吾、渡邊俊一、中川雅之、毛利英明

研究協力者：(氏名・機関)

(副課題1) 宇宙航空研究開発機構、海洋開発研究機構、鹿児島大学、京都大学、

情報通信研究機構、東京大学、長崎大学、名古屋大学、日本アンテナ株式会社、福岡大学、防災科学技術研究所、三重大学、山口大学、琉球大学、気象庁情報基盤部、気象庁大気海洋部、福岡管区气象台、沖縄気象台

(副課題 2) 叡敬大学、九州大学、高知大学、京都大学、鉄道技術総合研究所、東京大学、北海道大学、三重大学、気象庁情報基盤部、気象庁大気海洋部

1. 研究の背景・意義 ※現状、問題点、研究の必要性及び緊急性についても記載  
近年の線状降水帯に伴う豪雨による甚大な災害の頻発を受けて、その予測精度向上等に向けた取り組みの加速・強化が喫緊の課題となっている。線状降水帯の発生・維持を必要なリードタイムを持って精度よく予測するためには数値予報の精度向上が不可欠であるが、現状では、線状降水帯の降雨分布や降水量に加え、その環境場の予測精度が十分ではない。水蒸気とその流量を始めとして、多種・多様な線状降水帯の発生・維持に重要な要素についての定量的な理解がいまだ不十分である。これらは、数値予報モデルの検証・改良や観測データ利用による予測精度向上の妨げとなっている。このため、気象庁観測網の充実に加え、大学等研究機関と連携し、観測の乏しい海上での水蒸気・風の分布、海面からの蒸発など、線状降水帯の発生・維持に関する重要な要素を定量的に把握するための観測を行い、各機関が取得したデータを集約・共有することで、様々な事例に対して、線状降水帯の発生・維持機構を解明するための研究を加速化する必要がある。

2. 研究の目的  
(全体)

集中観測等によって線状降水帯の発生・維持機構の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。

3. 研究の目標  
(全体)

目的を達成するために以下の課題に取り組み、線状降水帯の発生・維持機構の解明の加速化と数値予報の精度向上に貢献する。

- ・大学等研究機関との連携による集中観測の実施と観測データの集約・共有 (副課題 1)
- ・観測データを用いた線状降水帯の発生・維持機構の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)

(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。

#### (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・維持機構を解明する。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・維持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。

## 4. 研究成果

### (1) 成果の概要

#### (全体)

国内の大学等研究機関との連携によりその英知を集め、線状降水帯の機構解明研究を加速化し、予測精度向上に資することを目的として、そのために必要となる気象研究所と各機関との協力関係を記した「線状降水帯の機構解明及び予測技術向上に資する研究の推進に関する協定書」を定めた。本協定には19の大学等研究機関が参加(2023年2月現在)し、協定に基づいて以下の研究を連携して実施した。

まず、6月～10月の東シナ海から九州を中心に集中観測を実施し、観測データ等の集約・共有を行った。更に、それらデータも活用した機構解明・予測技術の向上に向けた研究について取り組み、線状降水帯の各種機構に関する一定の知見を得るとともに、観測データ同化を中心とした数値予報技術の研究開発等により数値予報の精度向上に資する成果を得た。

本研究の実施にあたり、気象庁線状降水帯予測精度向上ワーキンググループの下で「線状降水帯の機構解明に関する研究会」を、本研究の副課題2では「線状降水帯の機構解明・予測技術の向上」発表会を、大学等研究機関や庁内関係部署からも参加頂いて、それぞれ定期的開催し、研究の計画や進捗の報告・共有、機構解明・予測技術向上に向けた議論・意見交換等を積極的に進めた。

#### (副課題1) 集中観測の実施

- ・2022年6月～10月の東シナ海から九州を中心に、14の大学等研究機関と連携して、集中観測(重点観測期間:6月16日～7月15日)を実施した。
- ・気象庁の従来観測網(気象レーダー、ウィンドプロファイラなど)や海洋気象観測船(GNSS水蒸気観測やラジオゾンデ観測を実施)に加え、大学等の練習船・調査研究船、気象庁の通常観測点や臨時の陸上地点で追加のラジオゾンデ観測を行った。また、2022年7月5日には名古屋大学による航空機からのドロップゾンデ観測が行われた。
- ・気象庁の臨時のラジオゾンデ観測に加え、大学等研究機関によるラジオゾンデ、ドロップゾンデ、地上設置型マイクロ波放射計、水蒸気ライダー等の一部の観

測データは、リアルタイムで気象庁に送られ現業の数値予報や実況監視に利用された。

- ・鹿児島大学、長崎大学、三重大学の3船合同による東シナ海での稠密観測の結果を用いた解析により、海面水温の前線による下層大気的气温・風速場の変化が、大雨をもたらす積乱雲の発生に大きく影響する可能性が分かってきた。
- ・山口大学による線状降水帯を構成する積乱雲中の降水粒子を直接撮影可能な新しいビデオゾンデ (Rainscope) を用いた観測では、1事例に限られたものの、初期解析に成功した。
- ・2022年7月5日の高知県での線状降水帯発生時の海面からの潜熱フラックスを調査し、東シナ海から四国沖に流れる黒潮に沿って潜熱フラックスの極大値がみられ、台風の影響がなかった6月後半の平均との差と比較して、線状降水帯発生期には近海での潜熱フラックスがかなり大きいことが分かった。また、風上側にある南大東島でのラジオゾンデ観測では、高度1km以下の下層水蒸気の蓄積がみられなかったことから、南大東島付近から四国沖にかけて大気下層への水蒸気蓄積が示唆された。
- ・西日本を中心に17地点に地上設置型マイクロ波放射計を整備しており、年度内に整備完了・観測開始の予定で作業を進めている。整備済みの観測点からのデータは気象庁にリアルタイムで送られ、現業の実況監視や試験運用の数値予報に利用された。
- ・東シナ海において、気象観測用ドローンを用いた洋上観測を行い、風速やうねり等の安全に観測する条件を調べるとともに、高度500mまでの気温や湿度、水平風の鉛直分布を得た。
- ・既存の気象庁現業観測および数値予報資料に加え、観測で取得したデータを集約し、大学や研究機関と共有することで、線状降水帯の研究を推進するためのデータベースを整備した。

#### (副課題2) 線状降水帯の機構解明・予測技術の向上

##### 線状降水帯の機構解明

- ・今出水期に発生した線状降水帯の発生環境場を調査した。各事例の特徴として、対流有効位置エネルギーが $2000 \text{ J kg}^{-1}$ 程度と顕著に不安定な場ではあったが、水蒸気フラックス量や大規模場の上昇流、可降水量などは事例毎に大きく異なっていた。2022年7月18日の長崎県対馬や山口県・福岡県の事例については水蒸気フラックスや可降水量などが極めて大きく、線状降水帯の発生に好都合な場であった。
- ・2022年8月3日-4日にかけて山形県・新潟県で発生した線状降水帯等に伴う集中豪雨の発生環境場を詳細に調査した。集中豪雨発生期間中、東北沖に停滞した低気圧とその南側の西-南西よりの風が収束場を形成し、集中豪雨発生域への水蒸気流入を強化していた。また、過去の類似事例との比較を行い、今回の事例では、特に大気下層の極めて顕著な暖湿気の流入が重要であることがわかった。
- ・2021年7月10日に九州南部に大雨をもたらした線状の降水システムについて

水平解像度 250m の数値シミュレーションを行い、線状の降水システムの組織化についてコールドプールや鉛直シアの関係に着目して解析を行った。その結果、コールドプールは線状の降水システムの組織化に重要であるが、コールドプールが強過ぎると降水システムは幅の広い構造になるとともに対流の発達に阻害されることが分かった。これらの降水システムの構造や発達は、鉛直シアとコールドプールの強さのバランス関係に依存していることが分かった。

- 2021 年 8 月 13-14 日に九州北部で大雨をもたらした降水系に対する降水効率の影響について調べた。降水効率は単一の積乱雲よりも高く、雨滴の中央粒径が大きいと同時にその数濃度が高い状態となることで、地上で解析される降水強度が結果として大きくなることが示唆された。
- 2022 年 7 月 12 日に埼玉県鳩山町で生じた大雨事例について降雨の強化過程を粒径分布の観点から調べた。地上の粒径分布の特徴から、粒径分布の平衡状態を確認した。平衡状態に至る過程では、粒径分布の裾野での頻度が時間とともに増加し、その変化が鉛直方向の変化と連動することで、降雨の強さに反映されていることが分かった。
- 2022 年 6 月 25 日に熊本県を中心に大雨をもたらした降水系を対象に、Rainscope 観測データを用いて脊振山レーダーによる降水粒子判別手法の判別精度を確認した。その結果、これまで“混合相”と判別していたカテゴリに表面の湿った霰が含まれること、“雪（強）”と判別していたカテゴリに実際には粒子サイズの小さな霰も多く含まれることが判明し、既存の降水粒子判別手法における改善点を明らかにした。
- 2022 年 2 月 20 日に水戸で実施された Rainscope 試験観測で捉えられた降水粒子の特徴を、数値シミュレーションで概ね再現することができた。さらに、茨城県上空の層状降水域で Rainscope が捉えた雲粒付き雪粒子の生成には、茨城県沖の対流性降水域から供給された過冷却雲粒が寄与していたことが分かった。Rainscope 観測と数値モデルの連携によって降水機構解明に資する知見が得られることを示した。
- 地上設置型マイクロ波放射計を用いた水蒸気・気温の高度分布推定手法（鉛直 1 次元変分法データ同化 (1DVAR)）を開発し、整備中のマイクロ波放射計に適用した。名瀬の 2022 年 7~8 月のゾンデデータでこの手法の検証を行ったところ、数値モデルや従来手法のニューラルネットワークよりも高精度であることを確認した。この手法を用いて 2022 年 7 月の名瀬における降水事例の環境場の変動を解析したところ、降水の発生 3~12 時間前から急激に大気の状態が不安定化しており、これは高度 1km 以下の大気下層で水蒸気フラックス量が増大した結果、大気下層での水蒸気量が増加したためであることがわかった。
- 線状降水帯の発生に大きく影響する水蒸気の蒸発起源域とその移流経路に関する情報を引き出すため、水蒸気同位体データ同化システムを開発している。今年度は、赤外線大気サウンディング干渉計による観測を想定した水蒸気量と水蒸気同位体比の疑似観測データを作成し、それによる理想化実験を NICAM-WISO (NICAM (非静力学正 20 面体格子大気モデル) に水同位体比に関する過程

を組み込んだモデル) を用いて行った。従来観測に衛星観測された水蒸気量や同位体比を追加で同化することで、観測の空白な地域を中心に水蒸気量に加えて気温や風速の精度が向上することがわかった。水蒸気同位体データが線状降水帯発生に関わる水蒸気の蒸発起源や移流経路を特定するために有効な観測データとなる可能性が得られた。

#### 数値予報技術の高度化

- 地上設置型マイクロ波放射計で観測した可降水量や 1DVAR で得られた温度や湿度の鉛直プロファイル、輝度温度について、気象研究所メソ NAPEX(数値解析予報実験システム)を用いて同化実験を行った。可降水量や温度・湿度の鉛直プロファイルを同化すると予測精度が改善することを確認した。輝度温度を2分間隔の頻度で直接同化するとさらに予測精度が改善することを確認した。
- マイクロレインレーダーとディストロメータを利用し、雲微物理スキームの検証を行った。新たに開発した2峰性の雨滴粒径分布を雲微物理スキームに実装することで、反射強度の鉛直プロファイルの予測が観測に近づくことを確認した。
- 水蒸気ライダーで得られた水蒸気鉛直プロファイルデータの同化により、大気下層の水蒸気場の解析値・予報値が共に改善することを確認した。また、2021年7月10日に鹿児島県北西部で発生した線状降水帯事例に関して、水蒸気ライダーデータの同化により、降水域の予測精度が改善することが分かった。
- 豪雨の上流側の東シナ海上での洋上ドローン観測で得られた温度と湿度、水平風について、気象研究所メソ NAPEX を用いて同化実験を行った。それらのデータを用いることにより、降水予報の予測精度が改善する事例があることを確認した。
- 「富岳」上に構築した1000メンバーによる LETKF(局所アンサンブル変換カルマンフィルタ)解析予報システムによって、2022年7月18日から19日にかけて九州や中国地方で発生した線状降水帯の予測可能性の調査を実施し、半日程度前から豪雨発生の可能性を示した。
- 2022年7月の豪雨事例について、衛星大気追跡風、ドップラー速度の高頻度高密度利用のメソスケール解析システムでのインパクトを調査した。衛星大気追跡風は上空トラフの位相や深まりの改善、ドップラー速度は下層シア強化により強雨の表現向上に寄与した。両者共に高頻度高密度化すると改善が大きく、大きいスケールの場の精度向上で小さいスケールのインパクトも得られやすくなることが示唆された。
- アンサンブルベースのメソスケール解析システムに都市効果を組み入れた地表面過程スキームを導入し高密度地上観測データを同化することで、地上付近の気温場・水蒸気場の推定精度が向上し対流の立ち上がりや降水域の予測精度が向上することがわかった。
- 気象庁全球モデルの積雲対流スキームに Malardel and Bechtold (2019) およびこれを拡張した手法を導入してフィードバック部分をグレーゾーンに対応させ、2018年8月5日に東北地方で発生した線状降水帯事例について、水平

格子間隔約 10km での予測実験を行った。強雨の表現の差は小さく、予測精度を改善するためにはさらなるモデルの改良が必要であることがわかった。

- LES (Large Eddy Simulation) 実験を用いた線状降水帯の理想化実験の分析を進めた。LES の結果を空間フィルタで平滑化し、フラックスをフィルタースケールとサブフィルタースケールに分解した。フィルタースケールの値から物理過程パラメタリゼーションによりサブフィルタースケールのフラックスを診断した結果との比較を行った。解像度に応じた雲乱流の物理過程パラメタリゼーションに向けて、サブフィルタースケール輸送のスケール相似則に基づいた近似を検討した。スケール相似則に基づく新たな定式化が、より精度よくサブフィルタースケールの輸送を表現することがわかった。
- 風洞実験装置に新たに整備されたステレオ PIV 風速計を用いて予備的実験を行い、乱流の風速分布を立体的に測定できることを確認した。
- 風洞実験と露場観測から得られた既存のデータに基づき、地表面フラックス評価の精緻化を行った。

## (2) 当初計画からの変更点 (研究手法の変更点等)

「(副課題 2) 線状降水帯の機構解明・予測技術の向上」の「(b) 数値予報技術の高度化」における「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」について、世界的な電子部品不足により大型風洞装置の改修工事に遅れが生じたため、まずは既存のデータを用いて改善策の検討を進めることとした

「(副課題 1) 集中観測の実施」の「(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精度改善」は、科研費の課題内で実施することとした。

## (3) 成果の他の研究への波及状況

本研究における各種取組は、関連する経常研究課題と密接な関連があり、それら課題におけるこれまでの取組によって得られた成果や技術が基盤となっている。このため、本研究で得られた成果や技術は、今後の課題と共に関連する経常研究課題に引き継がれ、それを基に更なる研究開発が実施される予定である。

## (4) 事前・中間評価の結果の研究への反映状況

(中間評価を実施していないものは事前評価の結果の研究への反映状況)

事前評価では、集中観測における効果的なデータの効率的な取得と研究への最大限の活用が可能となるように、本研究担当者及び本庁等との連携、課題間の連携を図るべき、との意見があった。このため、観測の計画・準備段階から観測期間中にかけて、所内関係者・庁内関係部局・観測参加機関と様々な機会や手段を用いて密な情報共有と意見交換を実施するとともに、各機関に対して早い段階から観測データの共有の呼びかけを行い、データベース装置への集約・共有を進めた。

また、観測や機構解明等については本研究終了後も継続すべき、との意見があった。このため、今後も、関連する経常研究課題をベースとして、大学等研究機関とも連携し、観測や機構解明等を継続して実施する予定である。

## (5) 今後の課題

本研究課題は今年度で終了となるが、線状降水帯の発生要因となる現象は、低気圧、前線、台風等様々であり、これらの現象毎に必要な条件を詳細に調査するためには更

なる観測が必要であることから、今後も、共同研究や各種プロジェクトによる連携も視野に、大学等研究機関との協力による観測の実施を目指す。

また、大学等研究機関への機構解明研究参画の呼び掛けを継続するとともに、経常研究課題をベースに機構解明・予測技術向上に向けた研究を更に進展させ、線状降水帯の発生・停滞・維持等の機構に関する知見の蓄積や数値予報技術向上に繋がるような研究成果の創出を目指す。さらに、大学等研究機関の研究者との議論も踏まえ、研究成果を数値予報の精度向上に繋げる手法の明確化を進めていきたい。

## 5. 自己点検

### (1) 到達目標に対する達成度

#### (副課題 1) 集中観測の実施

集中観測については、所内での観測機器・機材等の調達を始めとする観測とその実施に係る各種対応を行うとともに、庁内関係部局や大学等研究機関との連携により、概ね予定していた観測を無事に実施することができた。観測データは各機関によって解析が進められるとともに、気象庁の現業観測・数値予報データとともにデータベース装置に順次集約・共有されて、機構解明・予測技術向上に向けた研究にも活用されている。更に、ラジオゾンデやドロップゾンデ、地上設置型マイクロ波放射計や水蒸気ライダー等の一部の観測データは、リアルタイムで気象庁に送られ現業の数値予報や実況監視に利用された。引き続き、集中観測データの更なる集約・共有と利活用の推進は必要となるものの、概ね目標は達成されたと考える。

#### (副課題 2) 線状降水帯の機構解明・予測技術の向上

機構解明については、集中観測データや現業観測・数値予報データを用いて、今年度に発生した線状降水帯等の大雨事例について解析を行うとともに、過去事例についても解析を行い、線状降水帯等の大雨をもたらす降水システムの環境場や内部構造に関する知見の蓄積を進めた。予測技術の向上については、地上設置型マイクロ波放射計、水蒸気ライダー、ドローン等の観測データについて、気象庁の現業メソ数値予報システムと同等のシステムを用いたデータ同化実験を行い、予測精度改善に資する結果を得た。特に、地上設置型マイクロ波放射計については、当初想定より早期に開発を進め、輝度温度の直接同化や高頻度利用等の高度利用の手法により更なる精度改善の可能性を示した。今後、機構解明については更なる事例解析と知見の蓄積を進め、予測技術向上については観測データ利用についてより多くの事例・期間での検証や手法の更なる高度化等を行う。今後に向けた課題はあるが、特に後者については、数値予報の予測精度向上に資する可能性を示したことで、目標達成に向けた着実な成果が得られたと考える。

### (2) 到達目標の設定の妥当性

副課題 1, 2 ともに、目標達成もしくはそれに向けた着実な成果が得られたことから、目標の設定は概ね妥当だったと考える。一方で、副課題 2 については機構解明・予測技術の向上で得られた成果を、最終的な数値予報の予測精度向上に繋げるためには更なる取り組みを続けていく必要があり、研究期間が 1 年あまりの本研究としては、最終的な目的を視野に入れた段階的な目標を設定しておくことも必要だったと考える。

### (3) 研究の効率性（実施体制、研究手法等）について

副課題1については、連携して観測を行った各機関がそれぞれのプロジェクト等に基づいて、得意とする手法を用いた観測を実施することで、全体として効果的・効率的な観測を実施することができた。

副課題2については、大学等研究機関との連携や、各研究部がそれぞれ専門とする内容に対応する研究項目を分担して実施する形で、必要となる幅広い研究項目を様々な手法を用いて効果的・効率的にカバーすることができた。

### (4) 成果の施策への活用・学術的意義

集中観測については、ラジオゾンデやドロップゾンデ、地上設置型マイクロ波放射計や水蒸気ライダー等の一部の観測データは、リアルタイムで気象庁に送られ現業の数値予報や実況監視に利用された。また、各種観測データ同化を中心とした数値予報技術に関する研究開発成果は、現業数値予報の予測精度向上に資する可能性を示した。更には、線状降水帯の機構解明という観点で、本研究で得られた各種知見は学術的な進展に寄与するものといえる。

### (5) 総合評価

庁内関係部局・大学等研究機関との連携による集中観測を実施し、観測データ等の集約・共有を行った。更に、それらデータも活用した機構解明・予測技術の向上に向けた研究についても大学等研究機関との連携により取り組み、線状降水帯の各種機構に関する一定の知見を得るとともに、観測データ同化を中心とした数値予報技術の研究開発等により数値予報の精度向上に資する成果を得た。本研究では、気象研究所が中心となり、多数の大学等研究機関との協力の下、日本の英知を集める形で研究を遂行したことで、気象研究所の社会的貢献を示すことができた。また、本研究で構築した所内横断的な研究体制と得られた成果は、引き続き、気象研究所としての重要課題である線状降水帯の機構解明と予測技術向上に向けた研究を遂行していく上での基盤となるものである。以上により、本研究が1年余りの研究期間で実施されたことも鑑みると、十分な成果を上げたと考えられる。

## 6. 参考資料

### 6.1 研究成果リスト

#### (1) 査読論文

Hirockawa, Y., and T. Kato, 2022: Improvements of procedures for identifying and classifying heavy rainfall areas of linear-stationary type. *SOLA*, **18**, 167-172.

Satoru Yoshida, Tetsu Sakai, Tomohiro Nagai, Yasutaka Ikuta, Yoshinori Shoji, Hiromu Seko, Koichi Shiraishi, 2022: Lidar observations and data assimilation of low-level moist inflows causing severe local rainfall associated with a mesoscale convective system. *Monthly Weather Review*, Vol. **150**, No. **7**, 1781-1798. (in press)

吉田智, 2022: 水蒸気ライダー観測とデータ同化による線状降水帯に伴う降水量予測精度の向上. *計測と制御*, **61**, 372-376.

Kobayashi, K., L. Duc, T. Kawabata, A. Tamura, T. Oizumi, K. Saito, D. Nohara, T. Sumi, 2023: Ensemble rainfall-runoff and inundation simulations using 100 and 1000 member rainfalls by 4D LETKF on Kumagawa River flooding 2020, PEPS

(accepted).

**Sawada, K., N. Seino, T. Kawabata, and H. Seko, 2023:** Impacts of an Urban Canopy Scheme and Surface Observation Data on a Heavy Rain Event through Data Assimilation, SOLA (accepted).

(2) 査読論文以外の著作物（翻訳、著書、解説）

なし。

(3) 学会等発表

ア. 口頭発表

・国際的な会議・学会等

なし。

・国内の会議・学会等

**荒木健太郎, 瀬古弘, 石元裕史, 田尻拓也, 山内洋, 吉本浩一, 松元誠, 竹田智博, 河野宜幸, 鈴木健司, 中山和正,** 地上マイクロ波放射計ネットワークの構築と初期観測, 日本気象学会 2022 年秋季大会, 2022 年 10 月, 札幌市

**荒木健太郎, 瀬古弘, 石元裕史, 田尻拓也, 山内洋, 吉本浩一, 松元誠, 竹田智博, 河野宜幸, 鈴木健司, 中山和正,** 地上マイクロ波放射計ネットワークの構築と初期観測, 線状降水帯機構解明に関する研究会 (第 6 回), 2022 年 11 月, オンライン

**幾田泰醇, 瀬古弘, 川畑拓矢, 清水慎吾,** 地上設置型マイクロ波放射計輝度温度の 4 次元同化, 日本気象学会 2022 年度秋季大会, 2022 年 10 月, 札幌市

**幾田泰醇, 瀬古弘, 川畑拓矢, 石元裕史, 荒木健太郎, 田尻拓也, 清水慎吾, 吉本浩一, 竹田智博, 河野宜幸, 松元誠, 鈴木健司, 中山和正,** 地上設置型マイクロ波放射計データ同化のインパクト, 線状降水帯機構解明に関する研究会 (第 6 回), 2022 年 11 月, オンライン

**鷗沼昂,** 降雨の強化過程と粒径分布パラメータ推定精度の検証、「線状降水帯の機構解明・予測技術の向上」発表会, 2022 年 12 月, オンライン

**永戸久喜,** 「集中観測等による線状降水帯の機構解明研究」について, 線状降水帯の機構解明に関する研究会 (第 1 回), 2022 年 2 月, オンライン

**永戸久喜,** 集中観測等による線状降水帯の機構解明に関する緊急研究, 令和 4 年度「気象庁施設等機関研究報告会」, 2023 年 2 月, 東京

**加藤輝之,** 集中観測の実施状況の概要について, 線状降水帯の機構解明に関する研究会 (第 5 回), 2022 年 9 月, オンライン

**加藤輝之,** 集中観測実施計画と観測データ・数値予報資料の共有 (線状降水帯データベース), 線状降水帯の機構解明に関する研究会 (第 4 回), 2022 年 6 月, オンライン

**加藤輝之,** 線状降水帯研究に関するレビューと課題, 線状降水帯の機構解明に関する研究会 (第 1 回), 2022 年 2 月, オンライン

**加藤輝之, 永戸久喜, 瀬古弘, 清野直子, 立花義裕, 中村啓彦, 滝川哲太郎, 瀬戸心太, 吉田聡, 藤田実季子, 小松幸生, 山田広幸, 鈴木賢士, 清水慎吾, 坪木和久, 白石浩一, 川村誠治, 北井信則, 久保田拓志,** 2022 年梅雨期線状降水帯集中観測の概要, 日本気象学会 2022 年度秋季大会, 2022 年 10 月, 札幌市

**川畑拓矢,** 線状降水帯を知る -そのメカニズムと予測について-, 第 2 回 スーパーコンピュータ「富岳」成果創出加速プログラム シンポジウム「富岳百景」, 2022 年 12 月, オンライン

- 酒井哲, 瀬古弘, 山内洋, 佐藤英一, 足立アホロ, 吉田智, 永井智広, 小司教禎, つくばにおけるラマンライダーとドローンによる水蒸気鉛直分布の比較観測, 第40回レーザーセンシングシンポジウム, 2022年9月, 福山市
- 末木 健太, 線状降水帯を発生させる降水セル群の移動と降水強度変化の解析, 「線状降水帯の停滞メカニズムおよびその環境場形成に寄与する大気擾乱の階層構造の解明」に関する研究会, 2022年12月, 仙台市
- 末木 健太, 令和4年7月4~5日の高知の線状降水帯に関する事例解析, 数値予報事例検討会, 2023年1月, 東京
- 末木健太, 令和4年7月に高知で発生した線状降水帯のサブキロメートル解像度再現実験, 「線状降水帯の機構解明・予測技術の向上」発表会, 2023年2月, オンライン
- 瀬古弘, マイクロ放射計と洋上ドローンの同化実験, 「線状降水帯の機構解明・予測技術の向上」発表会, 2023年2月, オンライン
- 立花義裕, 春日悟, 万田敦昌, 山中晴名, 中村啓彦, 仁科文子, 加古真一郎, 滝川哲太郎, 安藤雄太, 西川はつみ, 加藤輝之, 清野直子, 榎本剛, 吉田聡, 藤田実季子, 野中正見, 黒潮 SST 前線近傍で実施した梅雨前線の三隻同期大気海洋格子点移動観測, 日本気象学会 2022 年度秋季大会, 2022 年 10 月, 札幌市
- 栃本英伍, 末木健太, 廣川康隆, 益子渉, 新野宏, 線状降水帯発生環境場における Entrainment を考慮した CAPE の特徴, 日本気象学会秋季大会, 2022 年 10 月, 札幌市
- 栃本英伍, 令和2年7月4日に九州南部で豪雨を生じた梅雨前線低気圧への上層トラフの影響, 線状降水帯機構解明に関する研究会(第4回), 2022年6月, オンライン
- 栃本英伍, 廣川康隆, 2022年8月3日に山形・新潟で発生した集中豪雨に関わる循環場および環境場について, 線状降水帯機構解明に関する研究会(第6回), 2022年11月, オンライン
- 栃本英伍, 廣川康隆, 2022年8月3日に山形・新潟で発生した集中豪雨に関わる循環場および環境場について, 第6回線状降水帯機構解明に関する研究会, 2022年11月, オンライン
- 栃本英伍, 2022年8月3日に山形・新潟で発生した線状降水帯に関わる循環場および環境場について, 「線状降水帯の機構解明・予測技術の向上」発表会, 2022年12月, オンライン
- 寺崎康児, 大アンサンブルを用いた線状降水帯の予測精度に関する研究, 「線状降水帯の機構解明・予測技術の向上」発表会, 2023年2月, オンライン
- 橋本明弘, 鈴木賢士, 梅原章仁, Rainscope ゾンデ観測と数値モデルによる降水形成機構解明, 第18回ヤマセ研究会, 2023年3月, 仙台市
- 廣川康隆, 加藤輝之, 新野宏, 1989年~2021年に生じた線状降水帯の出現頻度の特徴, 日本気象学会 2022 年秋季大会, 2022 年 10 月, 札幌市
- 廣川康隆・栃本英伍, 今出水期に発生した線状降水帯事例と発生環境場の概要, 第5回線状降水帯機構解明に関する研究会, 2022年9月, オンライン
- 藤田匡, ドップラー速度, AMV 同化の検討, 「線状降水帯の機構解明・予測技術の向上」発表会, 2022年12月, オンライン
- 益子渉, 2021年7月10日に九州南部に大雨をもたらした降水システムの内部構造と発達・維持機構, 「線状降水帯の停滞メカニズムおよびその環境場形成に寄与する大気擾乱の階層構造の解明」に関する研究会, 2022年12月, 仙台市
- 益子渉, 2021年7月10日に九州南部に大雨をもたらした降水システムの発達・維持機構, 「線状降水帯の機構解明・予測技術の向上」発表会, 2022年11月, オンライン
- 益子渉, 2021年7月10日に九州南部に大雨をもたらした降水システムの特徴(第2報), 日本気象学会 2022 年秋季大会, 2022 年 10 月, 札幌市

山崎優菜, 滝川哲太郎, 柄池大輔, 立花義裕, 万田敦昌, 春日悟, 山中晴名, 中村啓彦, 仁科文子, 西川はつみ, 安藤雄太, 榎本剛, 吉田聡, **加藤輝之**, 3 船格子ラジ  
オゾンデ観測から見積もられた水蒸気フラックスと降雨の関係, hotspot2 研究集  
会, 2023 年 3 月, 福岡市

山田広幸, 伊藤耕介, 平野創一朗, 篠田太郎, 坪木和久, 林昌宏, 和田章義, **加  
藤輝之**, 梅雨前線における低圧場の形成と対流圏上層の北風との関係, 日本気象  
学会 2022 年度秋季大会, 2022 年 10 月, 札幌市

吉田聡, 石井智, 泉智貴, 宮湛秋, 澤田尚樹, 成田愛子, 藤田実季子, 川合義美, **加  
藤輝之**, 小松幸生, 新青丸 KS-22-9 航海による東シナ海黒潮横断観測, 日本気  
象学会 2022 年度秋季大会, 2022 年 10 月, 札幌市

吉田智, 2022 年の水蒸気ライダーデータのゾンデ比較とデータ同化、「線状降水帯の機  
構解明・予測技術の向上」発表会, 2023 年 2 月, オンライン

**渡邊俊一**, 伊藤純至, LES を用いた対流雲内のサブグリッド輸送の検討, 非静力学モデ  
ルに関するワークショップ, 2022 年 12 月, つくば市

## イ. ポスター発表

- ・国際的な会議・学会等

なし。

- ・国内の会議・学会等

**鶴沼昂**, 山内洋, **梅原章仁**, **加藤輝之**, 2021 年 8 月 13-14 日に九州北部で大雨をもたら  
した降水系の降水の強さに関する二重偏波レーダーを用いた解析, 日本気象学会  
2022 年度秋季大会, 2022 年 10 月, 札幌市

**瀬古弘**, 足立アホロ, **梅原章仁**, **佐藤英一**, **小司禎教**, **酒井哲**, **吉田智**, 線状降水帯  
の降水予報精度向上を目指した気象観測用ドローンを併用した水蒸気観測, 日本  
気象学会 2022 年度春季大会, 2022 年 5 月, 東京

**瀬古弘**, 山内洋, **梅原章仁**, **佐藤英一**, **酒井哲**, **足立アホロ**, 福岡レーダーによる屈  
折率推定とドローン観測, 日本気象学会 2022 年度秋季大会, 2022 年 10 月, 札幌  
市

**瀬古弘**, 幾田泰醇, **川畑拓矢**, **石元裕史**, **荒木健太郎**, **田尻拓也**, 清水慎吾, 吉本浩  
一, 竹田智博, 河野宜幸, 松元誠, 鈴木健司, 中山和正, メソ NAPEX を用いた地  
上マイクロ波放射計可降水量の同化実験, 日本気象学会 2022 年度秋季大会, 2022  
年 10 月, 札幌市

**益子渉**, 2021 年 7 月 10 日に九州南部に大雨をもたらした降水システムの特徴, 日本気象学  
会 2022 年度春季大会, 2022 年 5 月, 東京

万田敦昌, 春日悟, 山中晴名, 立花義裕, 中村啓彦, 滝川哲太郎, 仁科文子, 西川はつみ,  
安藤雄太, **加藤輝之**, 榎本剛, 吉田聡, 飯塚聡, 森井康宏, 青島隆, 2022 年 6 月に東  
シナ海上で実施された高層気象観測で検出された湿潤絶対不安定層, 2022 年度日本  
海洋学会秋季研究発表大会, 2022 年 9 月, 名古屋市

## 6.2 報道・記事

**藤原弘章**「線状降水帯」予測情報、きょうから開始 精度向上へ集中観測も, 朝日新聞,  
2022 年 6 月 1 日

**川畑拓矢**, かんさい情報ネット ten. 「不可能を可能に…同じ場所に長時間大雨が降り続  
く「線状降水帯」 予測の現在地と課題」, 読売テレビ, 2022 年 6 月 28 日

**川畑拓矢**, ウェークアップ「進歩・データで「線状降水帯」予測「富岳」で精度向上」,  
日本テレビ, 2022 年 7 月 2 日

**川畑拓矢**, 情報ライブ ミヤネ屋「独自・線状降水帯“大気の川”影響・気象庁の「観  
測・予測体制」は」, 日本テレビ, 2022 年 7 月 5 日

**加藤輝之**, スーパーJチャンネル「調査船に密着取材 見えてきた線状降水帯の発生メ

カニズム カギは黒潮に…」, テレビ朝日, 2022年7月20日  
加藤輝之, 「線状降水帯」めぐりデータベースを整備 気象庁, テレビ朝日, 2022年  
10月25日

6.3 その他(4.(3)「成果の他の研究への波及状況」関連)  
なし。