

令和 6 年 6 月 5 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20H01967

研究課題名（和文）関東圏ウルトラサイト観測の包括的利用による高解像度数値モデルの連携研究推進

研究課題名（英文）Ultra Site for Measuring Atmosphere of Tokyo Metropolitan Environment and Collaboration Studies with High-Resolution Atmospheric Models

研究代表者

佐藤 正樹（Sato, Masaki）

東京大学・大気海洋研究所・教授

研究者番号：00255142

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,800,000円

研究成果の概要（和文）：局地気象モデルによる高精度数値予測システムの構築において、局地気象モデルシミュレーション結果を二重偏波ドップラー気象レーダー等の観測データによる検証を行った。2020-2023年の関東圏における降雨事例を50事程度選定し、観測データを整備し、局地気象モデルにより高解像度の数値シミュレーションを行い、これらの結果を観測データによって比較検証した。特に、観測シミュレータを利用することにより、雲降水過程の再現性の評価を行った。これらの結果をもとに、局地気象モデルの特に雲物理過程や乱流過程の改良に取り組んだ。改良した局地気象モデルを用いて、数値モデルによる予測実験を実施し、改良の効果を評価した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、集中豪雨等の数値天気予報に利用される局地気象モデルの高精度化に貢献するものである。現業機関に最近導入され全国展開が図られている二重偏波ドップラー気象レーダー等の観測データを用いて、数値モデルのシミュレーション精度を評価し、特に雲物理過程や乱流過程の精度を高めた点が学術的に重要である。関東圏の降雨事例を用いた検証により、モデルの信頼性が向上し、地域スケールの気象予測精度の向上が期待される。この成果は、他のより一般的な気象モデルの改良の実装にも利用可能と考えられる。これにより、防災対策や農業・都市計画など、様々な分野においてより正確な気象予測の利用が可能となり、社会的利用価値が大きい。

研究成果の概要（英文）：In the construction of a high-accuracy numerical forecasting system using a local meteorological model, the results of local meteorological model simulations were verified using observation data such as dual-polarization Doppler weather radar, etc. About 50 rainfall cases in the Kanto area for 2020-2023 were selected, observation data were prepared, and high-resolution numerical simulations were performed using local meteorological models. The results of these simulations were compared and verified with observation data. In particular, the reproducibility of cloud precipitation processes was evaluated by using observation simulators. Based on these results, we improved the local meteorological models, especially for cloud physics and turbulence processes. Using the improved local meteorological models, we conduct numerical forecasting experiments to evaluate the effectiveness of the improvements.

研究分野：気象学・大気科学

キーワード：二重偏波ドップラー気象レーダー 衛星シミュレータ 非静力学モデル 関東圏ウルトラサイト 雲レーダー 全球非静力学モデルNICAM 雲物理スキーム ラージエディシミュレーション

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

数値天気予報や気候予測に用いられている大気の数値予測モデルには様々な不確実性が含まれており、その大きな要因は雲降水過程の表現方法にある。特に将来気候変化予測において、雲降水スキームの不確実性により将来の温度変化(気候感度)に大きなばらつきが生じている。特に、気候研究に重要な雲降水過程として、水雲・氷雲の相変化、氷雲の粒子の形状、降水の蒸発過程等が着目されており、これらに関して観測的・数値的な解決が気象・気候研究の大きな課題になっている。

数値気象モデルにおいて、雲物理スキームを評価改善するためには、観測データによる比較検証が必要である。従来より、数値モデルと人工衛星観測やフィールド観測と比較により雲物理スキームの改善が図られてきた。一方、局地的な稠密なりモセン観測による雲物理スキームの比較検証は十分に行われていなかった。

関東圏では、現業機関や研究機関の多様なリモートセンシング観測網が整備されており、いわゆるスーパーサイトを凌駕した、観測的な「ウルトラサイト」としての性質を有している。2011 - 2013年に実施された観測プロジェクト TOMACS では、関東圏に設置されたりモセン観測データを利用した同化実験が実施された(図1; Iwai et al. 2018)。2024年5月に打ち上げられた雲エアロゾル放射ミッション地球観測衛星 EarthCARE (Earth Cloud Aerosol and Radiation Explorer)の地上検証のため、NICT サイト(小金井市) NIES サイト(筑波市)には多周波ライダー等の機器が設置され、また、JMA(柏市)の偏波レーダ等の現業観測データ他、ウィンドプロファイラや複数のフェーズドアレーレーダが稼働しており、これらの観測網を包括的に利用することで、関東圏に発生する積乱雲等の雲降水システムの時空間的に稠密な観測が可能となっている。このような多様な観測網による観測データを、数値モデルの不確実性の低減に利用可能な状況にある。

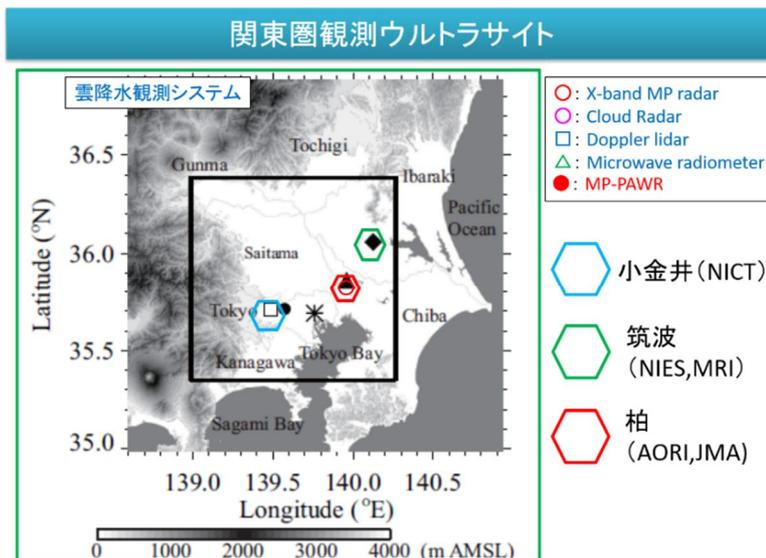


図1: 関東圏ウルトラサイトの主要サイト。矩形は領域計算の範囲。NICT: 情報通信機構、NIES: 国立環境研究所、MRI: 気象研究所、AORI 東京大学大気海洋研究所、JMA: 気象庁気象大学校。

2. 研究の目的

本研究では、関東圏ウルトラサイトの観測を高解像度数値モデルと比較検証し、数値モデルの雲降水過程の評価、雲物理スキームの改良により、数値モデルの不確実性を低減することを目的とする。関東圏の現業的なリモセン観測データに加えて、人工衛星の地上検証に整備されつつあるリモセン観測データを包括的に数値モデルの検証データとして用いる。関東圏を対象としたラージ・エディ・シミュレーション (LES) を含む高解像度数値シミュレ

ーションを、バルク・ピンの複数の雲物理スキームを用いて実施し、観測データによる比較検証を通じて、モデルの改良を行う。関東圏の雲降水システムの雲物理的な特性を明らかにし、数値モデルの比較検証改良への利用により、人工衛星観測、地上観測、数値モデルの連携基盤を確立する。

3. 研究の方法

本研究では、領域スケール実験から全球実験までを同一のモデルで計算可能な全球非静力学モデル NICAM (Non-hydrostatic Icosahedral Atmospheric Model) と ASUCA (A System based on a Unified Concept for Atmosphere) と SCALE (Scalable Computing for Advanced Library and Environment) による領域モデルを比較利用する。NICAM は、水平格子間隔を一様に細かく (格子間隔数 km 程度) とすることで、全球にわたってメソシステムを直接解像した実験が可能である。また、メッシュを一部領域に集中させた stretch model として利用することで日本域等の局地的な気象現象を詳細に表現する領域モデルとして利用することができる。さらに、メッシュ構造の一部領域 (ダイヤモンド領域) を切り出したモデルとしても利用可能で、安価な計算資源で高解像度 (格子間隔 100m) の LES 等の実験を行うことができる。NICAM は、統一したプログラムコードのもとで同一の力学・物理スキームを有しており、モデルの設定条件を切り替えることで領域モデルと全球モデルを切り替えて利用することが可能である。領域実験で検証・改良を行った結果を、直ちに全球実験として利用することができる。関東圏ウルトラサイトの観測データにより NICAM 領域実験の結果を比較検証し、物理スキームの改良を行う。その結果は直ちに全球版 NICAM に利用可能であり、全球の雲降水過程・気象気候研究に活用することが可能であり、領域スケールの観測による比較検証改良の結果を用いた気候感度や全球の雲分布へのインパクトを明らかにすることができる。本研究により、人工衛星観測、地上観測、数値モデルとの連携研究の高度化を図り、様々な観測結果を数値モデルに活用する手段を確立することにより、気象気候モデリングの革新的な発展につなげることが可能となる。

4. 研究成果

(1) 首都圏大気環境観測ウルトラサイトにおける数値モデルと観測データの連携研究プロジェクト ULTIMATE (ULTra-site for Measuring Atmosphere of Tokyo Metropolitan Environment) について解説する。これは、首都圏の多様な観測データを用いて、数値モデルの雲微物理スキームを評価するものである。本プロジェクトを通じて、特に EarthCARE 衛星の地上検証のために強化された観測データを含めて、現業利用や研究のための東京圏の様々なリモートセンシングや現場観測データを利用することができる。本研究では、気象庁が運用する二重偏波ドップラー気象レーダーの利用に焦点を当てる。数値モデルとしては、シングルモーメント (SM) とダブルモーメント (DM) の雲微物理スキームを持つ複数のモデルを用い、NICAM、SCALE による領域モデルを比較利用した。特に、NICAM は全球モデルとしても領域モデルとしても利用できるため、改良したスキームが気候場を与える影響や気候感度の評価を全球規模で直ちに試すことができる。

本研究では、観測シミュレータを用いた二重偏波ドップラー気象レーダーによる数値モデル評価手法を紹介し、数値モデル結果と観測結果 (図 2) を比較した。特に、地上付近の下層における雨や融解層直上の大きな氷粒子のシミュレーション結果を評価する。NICAM-DM を用いたシミュレーションでは、観測と同程度の雨の偏波レーダ特性を再現することができた。しかし、NICAM-SM と ASUCA-SM を用いたシミュレーションでは、

強い雨域では観測と比較して雨粒の大きさが大きくなっていた。高度 4km 付近の融解層直上の大きな氷粒子については、NICAM-DM と ASUCA-SM は霰や雪の粒子サイズを過大評価していることがわかった。今後の研究では、今回の結果を用いて雲微物理スキームを改良し、全球モデルでの検証を行う。

本成果は、Satoh et al. (2022) として論文に出版された。

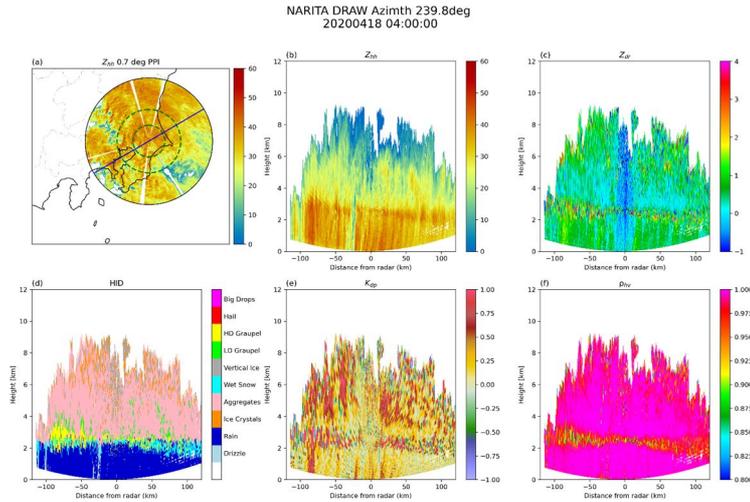


図 2：2020 年 4 月 18 日 4UTC における成田空港レーダーの観測例。上段：a) レーダー反射率の水平分布 [dBZ]、b) レーダー反射率 Z_{hh} [dBZ]、c) 反射因子差 Z_{dr} [dB]の鉛直断面図。下段：d) 雲の種類、e) 偏波間位相差変化率 K_{dp} [°/km]、f) 偏波間相関係数 ρ_{hv} の鉛直断面図。鉛直断面図は左上図の直線に沿う。

(2) 2019 年に首都圏に上陸した台風 Faxai (房総半島台風)の二重偏波ドップラーレーダー観測データを用いて、数値気象予測(NWP)モデルの境界層(PBL)乱流スキームの検証および感度試験を行った。Faxai の PBL と二次循環構造について、シミュレーション結果とレーダー観測結果を比較した(図 3)。PBL スキームとして、レイノルズ平均モデル、グレーゾーンモデル、LES モデルの 3 種のスキームを用いた：Mellor-Yamada-Nakanishi-Niino レベル 3 (MYNN3) スキーム、Anisotropic Deardorff Model (ADM) スキーム、Deardorff (DDF)スキームである。DDF スキームを用いたグレーゾーンシミュレーションでは、乱流の運動エネルギーが最も小さく、地表付近の中心向き速度が最も速かった。このシミュレーションでは、また、PBL の厚さと二次循環の構造が観測値に最も近く、観測値よりもスケールの大きい水平ロール構造を再現した。MYNN3 スキームと ADM スキームを用いた実験では水平ロールは解像されなかったが、パラメータ化された乱流は水平ロールの効果を反映していると考えられる。この場合の PBL の厚さは観測値よりも高かった。

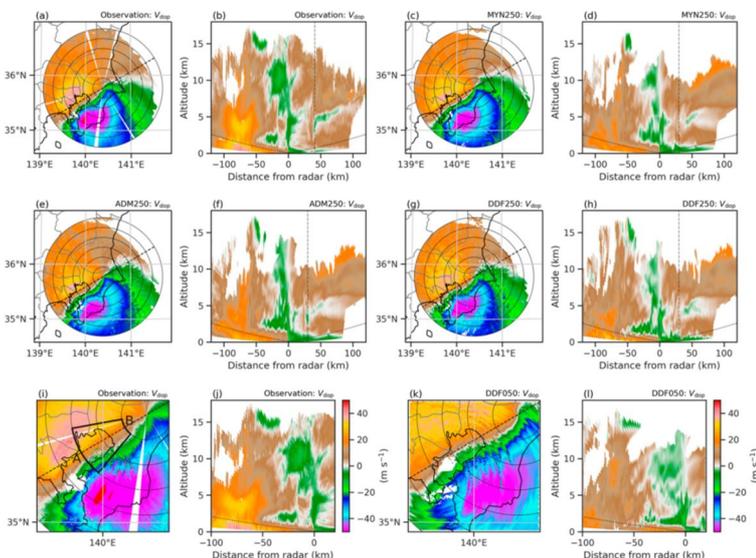


図 3：成田空港のレーダーによるドップラー速度観測(a),(b),(i),(j) とシミュレーションとの比較。2019 年 9 月 8 日 18UTC における仰角 0.78 での水平分布、断面図。(c),(d)MYN250、(e),(f)ADM250、(g),(h)DDF250 (以上 250m 格子)、(k),(l) DDF050 (50m 格子)。

以上の結果は、MYNN3 スキームと ADM スキームが、今回のような 250m グリッドのシミュレーションには適していないことを示唆している。このことは、MYNN3 スキームと ADM スキームが今回のケースの 250m グリッドのシミュレーションには適していないことを示唆している。これらの結果は、DDF スキームを用いた 50m グリッド間隔の LES に対しても確認された。本研究はグレーゾーンにおける BL スキームの特性の解釈に洞察を与えるものである。

本成果は、Ikuta et al. (2022) として論文に出版された。

(3) EarthCARE 衛星の雲プロファイリングレーダー(CPR)は、雲降水粒子の終端速度の鉛直空気運動に関連するドップラー速度を観測する新しい機能を持つ。宇宙からの新しい観測は、モデルの評価と改良に利用される。EarthCARE の打ち上げ前に、CPR データをモデル評価に利用するための方法論を開発する必要がある。本研究では、EarthCARE の CPR と同様の機器設計を持つ地上 CPR を用いて、日本上空における全球非静力学モデルの拡張版によるシミュレーションデータの評価を行った。2 つの雲微物理スキームを用いて、2019 年 9 月の降水イベントの異なる 2 つのケースを選んだ。ドップラー速度を用いた微物理評価の分類法を導入する。その結果、雲降水粒子の液相と固相がドップラー速度で区別され、モデルによる雨、雪、霰のカテゴリの終末速度が観測値で評価できることが示された。また、降水ケースへの依存性よりも、微物理スキームの選択がより大きな影響を与えることを示した。衛星シミュレータを用いた EarthCARE のようなシミュレーション結果の応用について議論した。

本成果は、Roh et al. (2024) として論文に出版された。

<引用文献>

- ・ Ikuta, Y., Sawada, M., Satoh, M., 2022: Determining the impact of boundary layer schemes on the secondary circulation of Typhoon FAXAI using radar observations in the gray zone. *J. Atmos. Sci.*, 81, 961–981. <https://doi.org/10.1175/JAS-D-22-0169.1>
- ・ Iwai, H., Ishii, S., Kawamura, S., Sato, E., Kusunoki, K., 2018: Case study on convection initiation associated with an isolated convective storm developed over flat terrain during TOMACS. *J. Meteor. Soc. Japan*, 96A, 3-23.
- ・ Roh, W., Satoh, M., Hagihara, Y., Horie, H., Ohno, Y. and Kubota, T., 2024: An evaluation of microphysics in a numerical model using Doppler velocity measured by ground-based radar for application to the EarthCARE satellite. *Atmos. Meas. Tech.*, accepted.
- ・ Satoh, M., Matsugishi, S., Roh, W., Ikuta, Y., Kuba, N., Seiki, T., Hashino, T., Okamoto, H., 2022: Evaluation of cloud and precipitation processes in regional and global models with ULTIMATE (ULtra-sIte for Measuring Atmosphere of Tokyo metropolitan Environment): A case study using the dual-polarization Doppler weather radars. *Progress in Earth and Planetary Science*, 9, 41. [doi:10.1186/s40645-022-00511-5](https://doi.org/10.1186/s40645-022-00511-5)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計24件（うち査読付論文 21件／うち国際共著 6件／うちオープンアクセス 19件）

1. 著者名 Matsugishi Shuhei、Sato Masaki	4. 巻 14
2. 論文標題 Sensitivity of the Horizontal Scale of Convective Self Aggregation to Sea Surface Temperature in Radiative Convective Equilibrium Experiments Using a Global Nonhydrostatic Model	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Advances in Modeling Earth Systems	6. 最初と最後の頁 e2021MS002636
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1029/2021MS002636	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Seiki Tatsuya、Roh Woosub、Sato Masaki	4. 巻 60
2. 論文標題 Cloud Microphysics in Global Cloud Resolving Models	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Atmosphere-Ocean	6. 最初と最後の頁 477 ~ 505
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1080/07055900.2022.2075310	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Goto Yuta、Sato Masaki	4. 巻 18A
2. 論文標題 Statistical Analysis of “Senjo-Kousuitai” in East Asia and Characteristics of Associated Large-Scale Circulations in the Baiu Season	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 SOLA	6. 最初と最後の頁 15 ~ 20
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2151/sola.18A-003	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Miyoshi Takemasa、Terasaki Koji、Kotsuki Shunji、Otsuka Shigenori、Chen Ying-Wen、Kanemaru Kaya、Okamoto Kozo、Kondo Keiichi、Lien Guo-Yuan、Yashiro Hisashi、Tomita Hirofumi、Sato Masaki、Kalnay Eugenia	4. 巻 -
2. 論文標題 Enhancing data assimilation of GPM observations	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Precipitation Science - Measurement, Remote Sensing, Microphysics, and Modeling	6. 最初と最後の頁 787 ~ 804
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/B978-0-12-822973-6.00020-2	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Ikehata Kohsuke, Satoh Masaki	4. 巻 48
2. 論文標題 Climatology of Tropical Cyclone Seed Frequency and Survival Rate in Tropical Cyclones	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Geophysical Research Letters	6. 最初と最後の頁 e2021GL093626
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2021GL093626	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Ikuta Yasutaka, Satoh Masaki, Sawada Masahiro, Kusabiraki Hiroshi, Kubota Takuji	4. 巻 149
2. 論文標題 Improvement of the Cloud Microphysics Scheme of the Mesoscale Model at the Japan Meteorological Agency Using Spaceborne Radar and Microwave Imager of the Global Precipitation Measurement as Reference	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Monthly Weather Review	6. 最初と最後の頁 3803 ~ 3819
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1175/MWR-D-21-0066.1	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Noda Akira T., Seiki Tatsuya, Roh Woosub, Satoh Masaki, Ohno Tomoki	4. 巻 126
2. 論文標題 Improved Representation of Low Level Mixed Phase Clouds in a Global Cloud System Resolving Simulation	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Atmospheres	6. 最初と最後の頁 e2021JD035223
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2021JD035223	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Noda Akira T., Seiki Tatsuya, Roh Woosub, Satoh Masaki, Ohno Tomoki	4. 巻 126
2. 論文標題 Improved Representation of Low Level Mixed Phase Clouds in a Global Cloud System Resolving Simulation	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Atmospheres	6. 最初と最後の頁 e2021JD035223
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2021JD035223	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 ROH Woosub, SATOH Masaki, HOHENEGGER Cathy	4. 巻 99
2. 論文標題 Intercomparison of Cloud Properties in DYAMOND Simulations over the Atlantic Ocean	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of the Meteorological Society of Japan. Ser. II	6. 最初と最後の頁 1439 ~ 1451
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2151/jmsj.2021-070	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Ohno Tomoki, Noda Akira T., Seiki Tatsuya, Satoh Masaki	4. 巻 48
2. 論文標題 Importance of Pressure Changes in High Cloud Area Feedback Due to Global Warming	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Geophysical Research Letters	6. 最初と最後の頁 e2021GL093646
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2021GL093646	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 INOUE Toshiro, RAJENDRAN Kavirajan, SATOH Masaki, MIURA Hiroaki	4. 巻 99
2. 論文標題 On the Semidiurnal Variation in Surface Rainfall Rate over the Tropics in a Global Cloud-Resolving Model Simulation and Satellite Observations	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of the Meteorological Society of Japan. Ser. II	6. 最初と最後の頁 1371 ~ 1388
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2151/jmsj.2021-066	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 SHIBUYA Ryosuke, NAKANO Masuo, KODAMA Chihiro, NASUNO Tomoe, KIKUCHI Kazuyoshi, SATOH Masaki, MIURA Hiroaki, MIYAKAWA Tomoki	4. 巻 99
2. 論文標題 Prediction Skill of the Boreal Summer Intra-Seasonal Oscillation in Global Non-hydrostatic Atmospheric Model Simulations with Explicit Cloud Microphysics	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of the Meteorological Society of Japan. Ser. II	6. 最初と最後の頁 973 ~ 992
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2151/jmsj.2021-046	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Kodama Chihiro, Ohno Tomoki, Seiki Tatsuya, Yashiro Hisashi, Noda Akira T., Nakano Masuo, Yamada Yohei, Roh Woosub, Satoh Masaki, Nitta Tomoko, Goto Daisuke, Miura Hiroaki, Nasuno Tomoe, Miyakawa Tomoki, Chen Ying-Wen, Sugi Masato	4. 巻 14
2. 論文標題 The Nonhydrostatic ICosahedral Atmospheric Model for CMIP6 HighResMIP simulations (NICAM16-S): experimental design, model description, and impacts of model updates	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Geoscientific Model Development	6. 最初と最後の頁 795 ~ 820
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5194/gmd-14-795-2021	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Yamada Yohei, Kodama Chihiro, Satoh Masaki, Sugi Masato, Roberts Malcolm J., Mizuta Ryo, Noda Akira T., Nasuno Tomoe, Nakano Masuo, Vidale Pier Luigi	4. 巻 8
2. 論文標題 Evaluation of the contribution of tropical cyclone seeds to changes in tropical cyclone frequency due to global warming in high-resolution multi-model ensemble simulations	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Progress in Earth and Planetary Science	6. 最初と最後の頁 11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1186/s40645-020-00397-1	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Takasuka Daisuke, Satoh Masaki	4. 巻 34
2. 論文標題 Diversity of the Madden-Julian Oscillation: Initiation Region Modulated by the Interaction between the Intraseasonal and Interannual Variabilities	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Climate	6. 最初と最後の頁 2297 ~ 2318
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1175/JCLI-D-20-0688.1	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Kato Seiji, Loeb Norman G., Fasullo John T., Trenberth Kevin E., Lauritzen Peter H., Rose Fred G., Rutan David A., Satoh Masaki	4. 巻 34
2. 論文標題 Regional Energy and Water Budget of a Precipitating Atmosphere over Ocean	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Climate	6. 最初と最後の頁 4189 ~ 4205
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1175/JCLI-D-20-0175.1	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 JUDT Falko, KLOCKE Daniel, RIOS-BERRIOS Rosimar, VANNIERE Benoit, ZIEMEN Florian, AUGER Ludovic, BIERCAMP Joachim, BREThERTON Christopher, CHEN Xi, D?BEN Peter, HOHENEGGER Cathy, KHAIROUDINOV Marat, KODAMA Chihiro, KORNBLUEH Luis, LIN Shian-Jiann, NAKANO Masuo, NEUMANN Philipp, PUTMAN William, et al.	4. 巻 99
2. 論文標題 Tropical Cyclones in Global Storm-Resolving Models	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of the Meteorological Society of Japan. Ser. II	6. 最初と最後の頁 579 ~ 602
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2151/jmsj.2021-029	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 SATO Masaki	4. 巻 27
2. 論文標題 Climate Change of Extreme Weather Events	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 TRENDS IN THE SCIENCES	6. 最初と最後の頁 1_81 ~ 1_84
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5363/tits.27.1_81	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 佐藤 正樹	4. 巻 41
2. 論文標題 ULTIMATE : 関東圏ウルトラサイト観測の包括的利用による高解像度数値モデルの連携研究推進	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本リモートセンシング学会誌	6. 最初と最後の頁 133 ~ 139
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11440/rssj.41.133	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 SATO MASAKI, KAWABATA TAKUYA, MIYAKAWA TOMOKI, YASHIRO HISASHI, MIYOSHI TAKEMASA	4. 巻 77
2. 論文標題 Large Ensemble Atmospheric and Environmental Prediction for Disaster Prevention and Mitigation with the Supercomputer Fugaku	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Sen'i Gakkaishi	6. 最初と最後の頁 P ~ 54-P-58
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2115/fiber.77.P-54	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Seiki, T., Roh, W., and Satoh, M	4. 巻 -
2. 論文標題 Cloud Microphysics in Global Cloud Resolving Models	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 AGU Monograph	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/essoar.10509052.2	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Woosub Roh, Masaki Satoh, Yuichiro Hagihara, Hiroaki Horie, Yuichi Ohno, and Takuji Kubota	4. 巻 -
2. 論文標題 An evaluation of microphysics in a numerical model using Doppler velocity measured by ground-based radar for application to the EarthCARE satellite	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Atmos. Meas. Tech.	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5194/egusphere-2023-1997	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Ikuta Yasutaka, Sawada Masahiro, Satoh Masaki	4. 巻 80
2. 論文標題 Determining the Impact of Boundary Layer Schemes on the Secondary Circulation of Typhoon Faxai Using Radar Observations in the Gray Zone	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of the Atmospheric Sciences	6. 最初と最後の頁 961 ~ 981
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1175/JAS-D-22-0169.1	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Satoh Masaki, Matsugishi Shuhei, Roh Woosub, Ikuta Yasutaka, Kuba Naomi, Seiki Tatsuya, Hashino Tempei, Okamoto Hajime	4. 巻 9
2. 論文標題 Evaluation of cloud and precipitation processes in regional and global models with ULTIMATE (ULTra-sIte for Measuring Atmosphere of Tokyo metropolitan Environment): a case study using the dual-polarization Doppler weather radars	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Progress in Earth and Planetary Science	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1186/s40645-022-00511-5	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計19件（うち招待講演 3件 / うち国際学会 13件）

1. 発表者名 Masaki Satoh
2. 発表標題 関東圏ウルトラサイト観測と高解像度数値モデルの連携研究ULTIMATE：二重偏波ドップラー気象レーダによる雲検証・改良
3. 学会等名 2021年度 国立極地研究所 研究集会, エアロゾル・雲・降水の相互作用に関する研究集会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Masaki Satoh
2. 発表標題 Large Ensemble Atmospheric and Environmental Prediction for Disaster Prevention and Mitigation
3. 学会等名 The 4th R-CCS International symposium. The Supercomputer Fugaku: Simulation, Big data and AI supporting Society 5.0 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Masaki Satoh, Woosub Roh, Shuhei Matsugishi, Yasutaka Ikuta, Naomi Kuba, Hajime Okamoto
2. 発表標題 ULTIMATE: ULTra-sIte for Measuring Atmosphere of Tokyo metropolitan Environment
3. 学会等名 Japan Geoscience Union Meeting (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Masaki Satoh
2. 発表標題 General remarks: introduction to model-satellite collaborations.
3. 学会等名 EarthCARE Modeling Workshop (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 佐藤正樹
2. 発表標題 大気の鉛直運動を基軸とした気象学・地球環境学の新展開
3. 学会等名 日本気象学会春季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Masaki Satoh, Chihiro Kodama, Hisashi Yashiro, Tomoki Miyakawa, Yohei Yamada, Woosub Roh
2. 発表標題 Nonhydrostatic Icosahedral Atmospheric Model (NICAM) studies on the supercomputer Fugaku: Challenges and next directions
3. 学会等名 AGU Fall Meeting 2021 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Masaki Satoh, Woosub Roh, Shuhei Matsugishi, Yasutaka Ikuta, Naomi Kuba, Okamoto Hajime
2. 発表標題 ULTIMATE (ULTrasIte for Measuring Atmosphere of Tokyo metropolitan Environment) project
3. 学会等名 CFMIP2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Masaki Satoh, Woosub Roh, Shuhei Matsugishi, Yasutaka Ikuta, Naomi Kuba, Okamoto Hajime
2. 発表標題 ULTIMATE (ULTrasIte for Measuring Atmosphere of Tokyo metropolitan Environment) project
3. 学会等名 The Fifth Convection-Permitting Modeling Workshop 2021 (CPM2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kohsuke Ikehata, Masaki Satoh
2. 発表標題 Climatology of Tropical Cyclone Seeds and Survival Rates to Tropical Storms
3. 学会等名 AOGS 2021 Virtual 18th Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Masaki Satoh, Woosub Roh, Shuhei Matsugishi, Yasutaka Ikuta, Naomi Kuba, Hajime Okamoto
2. 発表標題 ULTIMATE: ULTra-slte for Measuring Atmosphere of Tokyo metropolitan Environment
3. 学会等名 AOGS 2021 Virtual 18th Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Masaki Satoh, Woosub Roh, Shuhei Matsugishi, Yasutaka Ikuta, Naomi Kuba, Hajime Okamoto
2. 発表標題 Evaluation and improvement of cloud and precipitation processes of NICAM with ULTIMATE.
3. 学会等名 Improvement and calibration of clouds in models (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 [1]佐藤正樹, Woosub Roh, 岡本創
2. 発表標題 関東圏ウルトラサイト観測の包括的利用による高解像度数値モデルの連携研究推進
3. 学会等名 日本気象学会2020年度 秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 [2]佐藤正樹, Woosub Roh, 岡本創, 大野裕一
2. 発表標題 関東圏ウルトラサイト観測の包括的利用による高解像度数値モデルの連携研究推進
3. 学会等名 第22回非静力学モデルに関するワークショップ. オンライン開催
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 [3]Roh, W., Satoh, M., Ohno, Y. Hashino, T.
2. 発表標題 Applications of Joint simulator for ULTIMATE project
3. 学会等名 NHM workshop 2020, (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 [4]Roh, W., Satoh, M., Ohno, Y. Hashino, T.
2. 発表標題 Development and application of Joint simulator for ULTIMATE project
3. 学会等名 日本気象学会2020年度秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 [5]Woosub Roh, Masaki Satoh・Naomi Kuba・Shuhei Matsugishi
2. 発表標題 Evaluations of NICAM over the Kanto area using intensive observations and the Joint simulator
3. 学会等名 GPMおよび衛星シミュレータ合同研究会(名古屋大学)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 [6]Sato, M., Roh, W.
2. 発表標題 Robustness and uncertainties of global cloud-resolving models: Evaluations and improvements of clouds with a seamless approach.
3. 学会等名 International Workshop on Convection-Permitting Modeling for Climate Research Current and Future Challenges (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 [7]Sato, M., Roh, W
2. 発表標題 Robustness and uncertainties of global cloud-resolving models: Evaluations and improvements of clouds with a seamless approach
3. 学会等名 IBS Conference on High-Resolution Earth System Modeling (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 [8]Sato, M., Roh, W
2. 発表標題 Robustness and uncertainties of global cloud-resolving models: Evaluations and improvements of clouds with a seamless approach.
3. 学会等名 AGU Fall Meeting (国際学会)
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 Silas Michaelides	4. 発行年 2021年
2. 出版社 Elsevier	5. 総ページ数 833
3. 書名 Precipitation Science - Measurement, Remote Sensing, Microphysics, and Modeling	

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>Masaki Satoh' paper list https://cesd.aori.u-tokyo.ac.jp/satoh/papers.html</p> <p>EarthCARE Modeling Workshop 2022 https://www.eorc.jaxa.jp/EARTHCARE/event/Modeling_ws2022/</p> <p>EarthCARE Modeling Workshop 2023 https://dpo.aori.u-tokyo.ac.jp/dmmg/ICCP-GSRA/ws2023.html</p> <p>東京大学大気海洋研究所佐藤正樹研究室ホームページ https://cesd.aori.u-tokyo.ac.jp/satoh/index-j.html https://cesd.aori.u-tokyo.ac.jp/satoh/ULTIMATE2020/index.html</p> <p>全球非静力学モデルNICAM https://cesd.aori.u-tokyo.ac.jp/nicam/index.html https://nicam.jp/</p> <p>衛星シミュレータ Joint-Simulator (Joint Simulator for Satellite Sensors) https://www.eorc.jaxa.jp/EARTHCARE/RENEW/about/jointsimulator_j.html</p>

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	岡本 創 (Hajime Okamoto) (10333783)	九州大学・応用力学研究所・教授 (17102)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計1件

<p>国際研究集会 EarthCARE Modeling Workshop</p>	<p>開催年 2021年～2021年</p>
--	---

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------