

令和 6 年 6 月 20 日現在

機関番号：10101

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2020～2023

課題番号：20H04196

研究課題名（和文）次世代の天気予報での雷予報を見据えた先駆的雷気象モデルの開発

研究課題名（英文）Development of bulk lightning model for the next-generation numerical weather prediction

研究代表者

佐藤 陽祐（Sato, Yousuke）

北海道大学・理学研究院・准教授

研究者番号：10633505

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,600,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では次世代の数値天気予報における雷の直接予報に向けて、雷を直接取り扱う気象雷モデルを現実事例の計算に対応させた。また気象雷モデルの計算結果を観測データと比較することで検証するとともに、気象雷モデルの既存の雷予測技術（経験的に雷頻度を診断する方法）に対する利点を明らかにした。さらに、気象雷モデルを用いて雷観測データを同化する技術を開発し、観測システムシミュレーション実験によって、雷観測が数値予報の改善に寄与する可能性を調査した。これらの開発と同時に、次世代の数値天気予報で気象雷モデルを利用することを見据え、気象雷モデルの高速化や全球ポアソンソルバーの開発といった基盤的な開発も実施した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

高度に電子化された現代社会において、雷は大きな脅威であり、その基礎的な理解の向上や雷の予測技術を開発することは、学術的な観点のみならず、防災・減災の観点からも大きな意義がある。雷の被害を防止するための情報は現在でも存在しているが、多くは観測の外挿に基づくものであり、雷が起こる直前でなければ予測は難しい。

そこで、数値シミュレーションによって1日前には精度の高い予報ができる「数値天気予報」において、雷を直接予報できる気象雷モデルを現実事例に拡張し、将来の数値天気予報で雷を直接予報する基盤的な開発を実施した。同時に雷を直接扱うことで初めて可能になる数値実験を実施した。

研究成果の概要（英文）：In this study, we developed a bulk lightning model aiming to directly forecast lightning for next-generation numerical weather prediction. We extended the bulk lightning model to real case simulation, and validated it by comparing the model with the observation. Through the comparison, we elucidated the advantages of the bulk lightning model compared with the empirical parameterization to diagnose the lightning frequency. Additionally, we developed data assimilation techniques using the bulk lightning model and investigated the potential contribution of lightning observations to improving numerical forecasts through observational system simulation experiments.

As well as these developments outlined above, we also conducted fundamental developments such as speeding up the bulk lightning model and developing a Poisson solver for global scale model to utilize the bulk lightning model in next-generation numerical weather prediction.

研究分野：気象学

キーワード：雷放電 雲物理 数値予報

### 1. 研究開始当初の背景

豪雨・豪雪をもたらす積乱雲に伴って発生する雷は、高度に電子化された現代社会において人間生活に大きな被害を与え、その被害額は(2次被害まで含めると)年間1000億円を超えるとされている(電気学会技術報告902号)。そのため雷の基礎的な理解度の向上や雷の予測技術の開発は、学術的な観点のみならず、防災・減災の観点からも大きな意義がある。気象庁が提供する雷ナウキャストのように雷の危険性を示す情報が存在するものの、これらは観測の外挿に基づいて求められるため、雷が起こる直前でなければ雷の予測は難しい。一方、1日前には精度の高い予報ができる天気予報は、数値気象モデルと呼ばれるシミュレーションコード(以下、気象モデル)を実行して出される「数値天気予報」であり、雷予測も将来的には数値天気予報で行われることが望ましい。しかし、雷を直接扱う気象雷モデルは、計算負荷が非常に大きく(計算に膨大な時間が必要)、近年になってようやく米国を中心に気象雷モデルによる数値実験が可能になってきた(例えば Mansell et al. 2005)が、多くの場合は理想実験の限定的な領域を対象としたものであり、数値天気予報のような現実事例を対象とした気象雷モデルでは雷現象の計算がほとんど行われていないのが現状である。

またこれらの気象雷モデルの計算結果は、雲微物理モデルによって計算される雲の微物理特性に大きく依存するが、雲微物理モデルの検証は十分ではない。加えて、精度良い数値天気予報を実転するためには「雷観測データと雷気象モデルを組み合わせたデータ同化技術の開発」が不可欠である。

### 2. 研究の目的

以上のような背景を踏まえ、本研究では将来の気象予測での雷の予測を見据え、数値天気予報での雷予測の基盤創出を目的とし、「(1) 現実事例で利用可能な気象雷モデルの開発」、「(2) 雷観測データを用いたデータ同化技術の開発」、「(3) 次世代の雷モデルの礎を築くための数値モデルの基盤的な開発」の3つを実施することを目指した。

### 3. 研究の方法

目的(1)を実現するために、理化学研究所で開発が進められ、研究代表者の佐藤も開発に携わってきた数値気象モデルSCALEに雷を扱うコンポーネントを取り入れた気象雷モデル(Sato et al. 2019)を、現実事例で利用できるように拡張し、現実事例を対象とした実験を行った。同時に、観測データとの比較を通じて、気象雷モデルが現実の雷を再現できるのかを検証した。

目的(2)を達成するために、雷観測データと雷気象モデルを組み合わせたデータ同化技術の開発を行った。目的(3)を達成するために、気象雷モデルの改良や将来的な拡張を見据えて、気象雷モデルに関する基盤的な数値モデル開発や検証を実施した。具体的には気象雷モデルで計算される雷に決定的な影響を与える霰や雲粒付の再現性に関する数値モデルの検証を実施した。また、全球規模で雷を扱った実験のために必要な基盤的な技術の開発を行った。

### 4. 研究成果

#### (1) 現実事例で利用可能な雷気象モデルの開発

まず初めに、気象雷モデルを現実事例に拡張する開発を実施した。また、夏季雷を対象とした2事例の計算を実施し、気象庁が運用する地上雷観測 LIDEN との比較を実施した。比較の結果から、開発した気象雷モデルは、2事例の雷頻度の違いを再現できていることが明らかになり、同時にその雷頻度の違いの要因を明らかにすることができた(図1、発表論文・doi: 10.1002/asl.1067より引用)。

また、この2事例に加えて冬季の雷も含めた、日本付近で観測される雷のうち、代表的な6つの事例を選択して数値実験を実施した。数値実験の結果をLIDENと、雷を経験的に診断する手法と比較をした。比較の結果から、気象雷モデルは雷を経験的に診断する手法に比べて、雷頻度の予測という点で優れていることを明らかにした。また雷の位置や頻度の時間変化については既存の方法

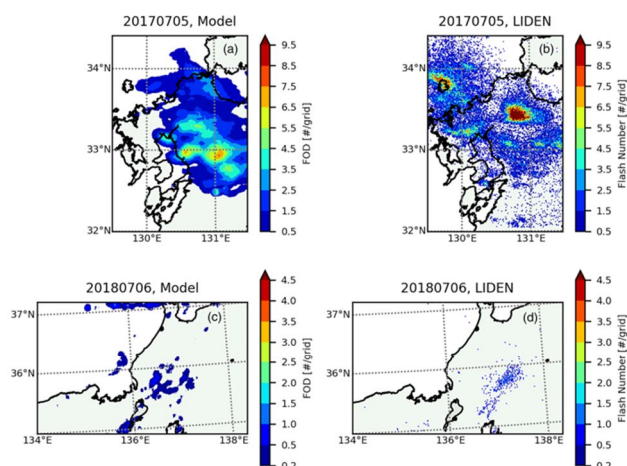


図1:(a,c)気象雷モデルによって計算された雷頻度と(b,d)地上雷放電観測によって観測された雷頻度の分布図。(a,b)は2017年7月5日の事例、(c,d)は2018年7月6日の事例を対象とした結果を示す(Sato et al. 2022, doi:10.1002/asl.1067より引用)。

と同程度の計算精度を示していたことが明らかになった（発表論文・doi: 10.1186/s40645-023-00592-w）。これにより開発した気象雷モデルが既存の方法に比べて、雷頻度の予測という点で優位であることを明らかにすることができた。

## (2) 雷観測データを用いたデータ同化技術の開発

次に開発した気象雷モデルとデータ同化技術（LETKF）を組み合わせ、雷観測データに関する観測システムシミュレーション実験（OSSE）を実施し、雷観測が数値予報に与えるインパクトを評価した。このような OSSE は数値モデルの中で擬似的な観測量を生成することが必要になるが、従来の気象モデルは雷を直接扱っていなかったため、観測量をモデルの中に生成することができなかった。そのため、本研究で開発した気象雷モデルによって初めて実現することができた実験の例である。

具体的には衛星で観測される雷の観測データや、地上雷放電観測を同化することで、予報精度がどの程度向上するかを見積もった（図 2、発表論文、doi:10.1029/2021JD034611、発表論文、doi: 10.1175/mwr-d-22-0334.1）。

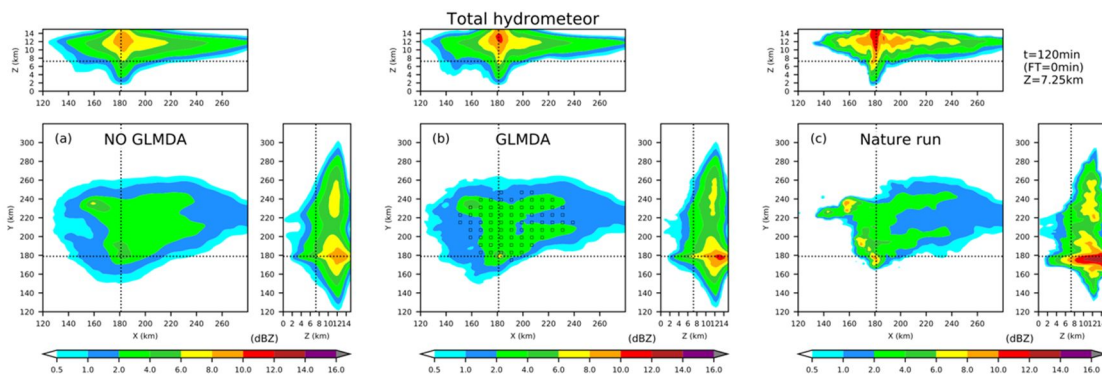


図2: 観測システムシミュレーション実験によって得られた雷データをデータ同化した際のインパクトを示す結果の一例（全凝結物の分布）。(c)の真値に対して、(a)はデータ同化なし、(b)はデータ同化ありの結果を示す。データ同化によって全凝結物の分布が真値に近づいていることが示されている。（Honda et al. 2021, doi:10.1029/2021JD034611 より引用）

## (3) 次世代の気象雷モデルの礎を築くための数値モデルの基盤的な開発

上記(1)、(2)に並行して、気象雷モデルを将来的に利用していくための、次世代の気象モデルの基盤となる開発を実施した。具体的には、具体的には気象雷モデルで計算される雷に決定的な影響を与える霰や雲粒付の再現性を調べるために、気象雷モデルと同様の SCALE を用いて計算された、霰や雪片の割合を地上でディストロメータによって観測された観測データと比較をし、霰や雪片の再現性を検証し、一部にモデルの改良を施した（発表論文、doi: 0.2151/sola.2021-012）。また、雲粒の程度を予報できるモデル（Hashimoto et al. 2020）を用いて数値モデルが霰や雲粒付きを、どの程度再現できているかの比較も実施した。

さらに、将来的に数値予報を実施するために必要な気象雷モデルの高速化や、全球スケールで気象雷モデルを開発するために必要な全球モデルでのポアソンソルバーの開発を実施した。

これらの成果によって得られた気象雷モデルは令和 6 年度開始の基盤 A「最先端の観測技術と数値実験の融合で明らかにする雷雲の内部構造(24H00257)・代表 佐藤陽祐」で利用される見込みである。同時に上記以外の複数の研究で気象雷モデルが利用され始めており、本研究から、後継の研究につながる成果が得られた。

## 参考文献

1. Hashimoto et al. 2020, *SOLA*, doi:10.2151/sola.2020-009
2. Honda et al., 2021, *J. Geophys. Res.*, doi:10.1029/2021jd034611
3. Honda et al., 2023, *Mon. Wea. Rev.*, doi:10.1175/mwr-d-22-0334.1
4. Mansell et al. 2005, *J. Geophys. Res.*, doi:10.1029/2004JD005287
5. Sato et al. 2019, *Prog. Earth Planet. Sci.*, doi:10.1186/s40645-019-0309-7
6. Sato et al., 2022, *Atmos. Sci. Lett.*, doi:10.1002/asl.1067
7. Tomioka et al., 2023, *Prog. Earth Planet. Sci.*, doi:10.1186/s40645-023-00592-w

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計12件（うち査読付論文 12件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 12件）

1. 著者名 Honda T., Amemiya A., Otsuka S., Taylor J., Maejima Y., Nishizawa S., Yamaura T., Sueki K., Tomita H., Miyoshi T.	4. 巻 49
2. 論文標題 Advantage of 30 s Updating Numerical Weather Prediction With a Phased Array Weather Radar Over Operational Nowcast for a Convective Precipitation System	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Geophysical Research Letters	6. 最初と最後の頁 e2021GL096927
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2021GL096927	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 Honda T., Amemiya A., Otsuka S., Lien G. Y., Taylor J., Maejima Y., Nishizawa S., Yamaura T., Sueki K., Tomita H., Satoh S., Ishikawa Y., Miyoshi T.	4. 巻 14
2. 論文標題 Development of the Real Time 30 s Update Big Data Assimilation System for Convective Rainfall Prediction With a Phased Array Weather Radar: Description and Preliminary Evaluation	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 e2021MS002823
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2021MS002823	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 Sato Yousuke, Hayashi Syugo, Hashimoto Akihiro	4. 巻 23
2. 論文標題 Difference in the lightning frequency between the July 2018 heavy rainfall event over central Japan and the 2017 northern Kyushu heavy rainfall event in Japan	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Atmospheric Science Letters	6. 最初と最後の頁 e1067
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/asl.1067	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 Kondo Makoto, Sato Yousuke, Inatsu Masaru, Katsuyama Yuta	4. 巻 17
2. 論文標題 Evaluation of Cloud Microphysical Schemes for Winter Snowfall Events in Hokkaido: A Case Study of Snowfall by Winter Monsoon	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 SOLA	6. 最初と最後の頁 74 ~ 80
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2151/sola.2021-012	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 Honda Takumi、Miyoshi Takemasa	4. 巻 17
2. 論文標題 Predictability of the July 2018 Heavy Rain Event in Japan Associated with Typhoon Prapiroon and Southern Convective Disturbances	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 SOLA	6. 最初と最後の頁 113 ~ 119
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2151/sola.2021-018	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 Honda Takumi、Sato Yousuke、Miyoshi Takemasa	4. 巻 126
2. 論文標題 Potential Impacts of Lightning Flash Observations on Numerical Weather Prediction With Explicit Lightning Processes	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Atmospheres	6. 最初と最後の頁 e2021JD034611
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2021jd034611	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 Sato Yousuke、Miyamoto Yoshiaki、Tomita Hirofumi	4. 巻 149
2. 論文標題 Lightning Frequency in an Idealized Hurricane-Like Vortex from Initial to Steady-State Using a Coupled Meteorological and Explicit Bulk Lightning Model	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Monthly Weather Review	6. 最初と最後の頁 753 ~ 771
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1175/mwr-d-20-0110.1	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 Tomioka Takumi、Sato Yousuke、Hayashi Syugo、Yoshida Satoru、Iwashita Takeshi	4. 巻 10
2. 論文標題 Advantage of bulk lightning models for predicting lightning frequency over Japan	5. 発行年 2023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/s40645-023-00592-w	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 Sato Yousuke, Kajino Mizuo, Hayashi Syugo, Wada Ryuichi	4. 巻 18
2. 論文標題 A numerical study of lightning-induced NO <sub>x</sub> and formation of NO <sub>y</sub> observed at the summit of Mt. Fuji using an explicit bulk lightning and photochemistry model	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Atmospheric Environment: X	6. 最初と最後の頁 100218 ~ 100218
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.aeaoa.2023.100218	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 Honda Takumi, Sato Yousuke, Miyoshi Takemasa	4. 巻 151
2. 論文標題 Regression-Based Ensemble Perturbations for the Zero-Gradient Issue Posed in Lightning-Flash Data Assimilation with an Ensemble Kalman Filter	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Monthly Weather Review	6. 最初と最後の頁 2573 ~ 2586
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1175/MWR-D-22-0334.1	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 Honda T., Yamazaki A.	4. 巻 51
2. 論文標題 Machine Learning Enables Real Time Proactive Quality Control: A Proof Of Concept Study	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Geophysical Research Letters	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) 10.1029/2023GL107938	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 Honda T.	4. 巻 128
2. 論文標題 Development of a Polar Mesocyclone and Associated Environmental Characteristics During the Heavy Snowfall Event in Sapporo, Japan, in Early February 2022	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Atmospheres	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) 10.1029/2022JD037774	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36件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 14件）

1. 発表者名 佐藤陽祐、梶野瑞王、林修吾
2. 発表標題 気象雷モデルとオフライン化学輸送モデルを用いた雷起源の窒素酸化物に 関する数値実験
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合連合大会2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yousuke Sato, Syugo Hayashi, Takumi Honda, Yoshiaki Miyamoto, Akihiro Hashimoto, Takumi Tomioka
2. 発表標題 Overview of studies with a bulk lightning model coupled with an atmospheric model SCALE
3. 学会等名 17th International Conference on Atmospheric Electricity (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 佐藤陽祐、本田匠、林修吾、梶野瑞王、吉川栄一、和田龍一
2. 発表標題 気象雷モデルの開発とその応用の概要
3. 学会等名 日本大気電気学会第101回研究発表会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 本田匠、稲津將
2. 発表標題 静止気象衛星による観測データの流線トポロジー データ解析を用いたデータ同化へ向けて
3. 学会等名 日本気象学会2022年度秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 本田匠
2. 発表標題 領域アンサンブルデータ同化システムを用いた 2022 年 2 月初めの札幌における大雪の事例解析
3. 学会等名 日本気象学会2022年度秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 本田匠
2. 発表標題 領域アンサンブルデータ同化システムを用いた 2022 年 2 月初めの札幌における大雪の事例解析
3. 学会等名 雪氷研究大会2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 富岡拓海、佐藤陽祐、林修吾
2. 発表標題 雷を直接考慮した気象雷モデルの予測性能について
3. 学会等名 日本気象学会2022年度秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Makoto Kondo, Yousuke Sato, Yuta Katsuyama, Masaru Inatsu
2. 発表標題 A numerical study on the contribution of graupel to snowfall by a meteorological model evaluated with the in-situ measurements by a new type volume scanning video disdrometer.
3. 学会等名 16th Conference on Cloud Physics (国際学会)
4. 発表年 2022年



1. 発表者名 Yousuke Sato, Syugo Hayashi, Akihiro Hashimoto
2. 発表標題 Development of a lightning model and implementation into a meteorological model developed in Japan- Validation through the comparison with the ground base measurement
3. 学会等名 EGU General Assembly 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yousuke Sato, Yoshiaki Miyamoto, and Hirofumi Tomita
2. 発表標題 Numerical study of the lightning frequency in tropical cyclone (TC) using a metrological model coupled with a lightning component
3. 学会等名 International Conference on Clouds and Precipitations 2020 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 佐藤陽祐、林修吾、橋本明弘
2. 発表標題 平成29年九州北部豪雨と平成30年7月豪雨の雷特性に関する数値的考察
3. 学会等名 日本気象学会2021年春季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 佐藤陽祐、林修吾、橋本明弘、岩下武史
2. 発表標題 気象雷モデルでの数値予報に向けたモデル改良の取り組み
3. 学会等名 日本気象学会2021年秋季大会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 橋本明弘, 石坂雅昭, 山下克也, 本吉弘岐, 中井専人, 山口悟, 林修吾
2. 発表標題 2018 年冬季降雪シミュレーションから得られた降雪粒子特性の時空間分布
3. 学会等名 日本気象学会2021年秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 林修吾, 梅原章仁, 南雲信宏
2. 発表標題 二重偏波レーダーによる粒子判別結果と雷放電頻度の関係
3. 学会等名 日本気象学会2021年春季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 佐藤陽祐, 富岡拓海, 林修吾, 橋本明弘
2. 発表標題 領域気象雷モデルの開発・検証と今後の開発について
3. 学会等名 非静力学モデルに関するワークショップ
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 近藤誠, 佐藤陽祐, 勝山祐太, 稲津將
2. 発表標題 気象モデルを用いた北海道での冬季降雪イベントに対する雲微物理スキームの評価
3. 学会等名 日本気象学会2021年春季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 近藤誠、佐藤陽祐、勝山祐太、稲津將
2. 発表標題 北海道の複数の降雪事例を対象とした 雲微物理スキームの評価
3. 学会等名 日本気象学会2021年秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 本田匠、佐藤陽祐、三好建正
2. 発表標題 雷観測の観測システムシミュレーション実験: 2017年九州北部豪雨事例
3. 学会等名 日本気象学会2021年秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Takumi Honda, Yousuke Sato, Tatemasa Miyoshi
2. 発表標題 Assimilation of Lightning Flash Observations Using the Ensemble Kalman Filter with Additive Ensemble Perturbations: A Simulation Study
3. 学会等名 American Meteorological Society Annual Meeting 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Takumi Honda, Tatemasa Miyoshi
2. 発表標題 Predictability of the July 2018 Heavy Rain Event in Japan Associated with Typhoon Prapiroon and Southern Convective Disturbances
3. 学会等名 Japan Geoscience Union Annual Meeting 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 三浦裕亮
2. 発表標題 正20面体格子へのポアソンソルバーの実装
3. 学会等名 日本気象学会2021年秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 佐藤陽祐、林修吾、橋本明弘
2. 発表標題 雷を直接扱った数値モデルの現実事例への拡張
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 Yousuke Sato, Yoshiaki Miyamoto, and Hirofumi Tomita
2. 発表標題 Numerical study of the lightning frequency in tropical cyclone using a metrological model coupled with a lightning component
3. 学会等名 JpGU-AGU Joing meeting 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 本田匠、佐藤陽祐、三好建正
2. 発表標題 雷観測のデータ同化へ向けた基礎的な調査
3. 学会等名 日本気象学会2020年度春季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Takumi Honda, Yousuke Sato, Tatemasa Miyoshi
2. 発表標題 Exploring the potential of assimilating lightning flash observations with an ensemble Kalman filter
3. 学会等名 JpGU-AGU Joing meeting 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 本田匠、佐藤陽祐、三好建正
2. 発表標題 静止衛星による雷観測データ同化の観測システム シミュレーション実験
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 Yousuke Sato
2. 発表標題 Overview of bulk lightning model coupled with a Japanese community model SCALE
3. 学会等名 The 6th International Workshop on Nonhydrostatic Model (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Yousuke Sato, Mizuo Kajino, Syugo Hayashi, Ryuichi Wada
2. 発表標題 A case study of lightning-induced NO <sub>x</sub> observed at the summit of Mt. Fuji using a bulk lightning model and photochemistry model
3. 学会等名 American Geophysical Union Annual Meeting 2023 (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Yousuke Sato, Takumi Tomioka, Syugo Hayashi, Satoru Yoshida, Takeshi Iwashita
2. 発表標題 Advantage of bulk lightning models for simulating lightning event over Japan
3. 学会等名 American Geophysical Union Annual Meeting 2023 (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Yousuke Sato, Mizuo Kajino, Syugo Hayashi, Ryuichi Wada
2. 発表標題 A numerical study of the lightning-induced nitrogen oxides by using a meteorological model coupled with a bulk lightning model and an offline chemical transport model, Part II : Suggestion from the simulation
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合連合大会2023
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 本田匠, 山崎哲
2. 発表標題 Reservoir computingを用いた観測インパクト推定
3. 学会等名 日本気象学会2023年度秋季大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Takumi Honda
2. 発表標題 Assimilation of phased-array weather radar observations in a convective precipitation event using a 50 m grid- spacing NWP model
3. 学会等名 40th Conference on Radar Meteorology (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Akihiro Hashimoto, Masaaki Ishizaka, Hiroki Motoyoshi, Katsuya Yamashita, Sento Nakai, Satoru Yamaguchi
2. 発表標題 Process-oriented simulations of winter snowfall in Japan
3. 学会等名 The 6th International Workshop on Nonhydrostatic Model (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 橋本明弘
2. 発表標題 山岳地域における降雪粒子特性に関する数値実験
3. 学会等名 日本気象学会2023年度秋季大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 橋本明弘
2. 発表標題 降雪粒子特性に対する山岳地形効果に関する数値実験
3. 学会等名 雪氷研究大会2023
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Hiroaki Miura, Rinoka Ono, Ching-Shu Hung, Miho Sekiguchi
2. 発表標題 Update of MSTRNX to MSTRN11 in MIROC climate model and its verification in the aquaplanet experiments
3. 学会等名 The Joint CFMIP-GASS Meeting on Cloud, Precipitation, Circulation & Climate Sensitivity (国際学会)
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

プレスリリース「豪雨なのに、雷が頻繁に鳴ったり鳴らなかったりするのはなぜ？」  
<https://www.hokudai.ac.jp/news/2021/09/post-898.html>

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	林 修吾  (Hayashi Syugo)  (20354441)	気象庁気象研究所・気象予報研究部・主任研究官    (82109)	
研究分担者	橋本 明弘  (Akihiro Hashimoto)  (20462525)	気象庁気象研究所・気象予報研究部・主任研究官    (82109)	
研究分担者	本田 匠  (Takumi Honda)  (60756857)	北海道大学・理学研究院・特任助教    (10101)	
研究分担者	三浦 裕亮  (Hiroaki Miura)  (70415991)	東京大学・大学院理学系研究科(理学部)・准教授    (12601)	

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0件



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
---------	---------