

令和 4 年 6 月 13 日現在

機関番号：82401

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2016～2021

課題番号：16K17807

研究課題名（和文）対流スケールの予測可能性の理解と向上

研究課題名（英文）Understanding and improving convective-scale predictability

研究代表者

大塚 成徳 (Otsuka, Shigenori)

国立研究開発法人理化学研究所・計算科学研究センター・研究員

研究者番号：40585022

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,800,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では1) 積雲対流スケールのカオスの誤差成長の特徴、2) 積雲対流の線形時空間補外予測の有効性、3) 積雲対流の実用上の予測可能性向上に向けた手法開発、の3点について取り組んだ。その結果、30秒間隔という時間スケールでは積雲対流コアに伴う予測誤差の成長が見られることが明らかになった。フェーズドアレイ気象レーダの観測データを用いて線形時空間補外による30毎に更新する10分先までの降水予測システムを作成し、リアルタイム運用することに成功した。予測精度の評価のために、積雲対流の面積統計を算出する手法や、対流域の形状を算出して予測精度を評価する手法を開発した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ゲリラ豪雨や線状降水帯に代表されるように、積雲対流は私たちの社会生活に大きな影響をもたらす。本研究では積雲対流がどこまで予測可能であるかという点について理解を深めた。また、降水予測の精度評価は従来の手法では問題があったが、本研究では新しい指標を提案した。これらの点で学術的な意義がある。さらに、実際に積雲対流の予測を行う新たな手法を開発し、リアルタイム運用を実現したという点で社会的意義がある。

研究成果の概要（英文）：This project investigated 1) chaotic error growth at the scale of cumulus convection, 2) effectiveness of prediction by linear spatiotemporal extrapolation, and 3) development of methods to improve practical predictability of cumulus convection. It was found that the prediction error grew associated with convective cores at the time scale of 30 seconds. Using observations by the Phased Array Weather Radar, a 10-minute-lead precipitation prediction system that refreshes every 30 seconds was developed, and the system was successfully operated in real time. To evaluate prediction accuracy, a method to compute statistics on the area of cumulus convection and a method to evaluate shapes of convective areas were developed.

研究分野：気象学

キーワード：積雲対流 予測可能性 降水ナウキャスト

1. 研究開始当初の背景

積雲対流は時に豪雨や洪水、突風等をもたらし、大きな人的経済的被害をもたらすため、積雲対流の予測は気象災害の防災減災にとって最も重要な要素の一つである。特に、いわゆるゲリラ豪雨と呼ばれる、10分程度の短時間で発達する局地豪雨による被害が社会的に問題になっているが、これまで十分に観測することも予測することも困難であった。

しかし、近年の計算機能力の向上と最先端観測装置により、積雲対流を詳細に観測・予測できる環境が整ってきたため、申請者を含むグループでは、JST CREST 事業「ビッグデータ同化」の技術革新の創出によるゲリラ豪雨予測の実証(H25--30年度、代表：三好建正)を立ち上げた。2012年に大阪大学で世界最先端のフェーズドアレイ気象レーダが開発されて運用開始し、30秒毎に従来の100倍高密度・高頻度に雨の3次元分布を観測できるようになった。2014年には世界に先駆けて次世代静止気象衛星ひまわり8号が打上げられ、2.5分毎に日本域を500m解像度で撮影できるようになった。これらの観測情報を予測モデルに取り込み(データ同化)、スーパーコンピュータ「京」を用いて30秒ごとに更新する100m解像度の数値天気予報を30分先まで行ってゲリラ豪雨を未然に予測することを目指して研究が始められたところであった。

一方で、既存の研究では個々の積雲の決定論的予測は難しいとされており、複数シナリオを計算する確率論的予測が有望視されてきた(アンサンブル予報)。大気現象はカオスの振る舞いをするため、物理法則に基づく予測が意味を持つ時間には限界がある(予測可能性)。数十分~数週間スケールの大気現象の予測可能性は、これまでに多くの研究がなされ、理解が進んできた(例えばYoden 2007)。だが、さらに高解像度な100m・30秒程度の時空間スケールにおける積雲対流の予測誤差の振る舞いはこれまで調べられておらず、超高解像度数値天気予報の有効性に対する理論的裏付けが十分になされているとは言えない状況であった。また、現象固有の内在的予測限界に加えて、予測システムの不完全性に起因する実用上の予測性能の低下もあり、両者の総合的な理解が必要とされていた。

2. 研究の目的

本研究では(1)積雲対流スケールのカオス的誤差成長の特徴、(2)積雲対流の線形時空間補外予測の有効性、(3)積雲対流の実用上の予測可能性向上に向けた手法開発、の3点を目標として実施した。

3. 研究の方法

(1) 30秒・100m程度の時空間規模で数値天気予報における積雲対流の予測誤差がどのような空間構造を持ち、どのような時間発展をするのか実験し、対流スケールでの予測可能性と数値天気予報の有効性に関する基本的理解を得る。誤差構造が予測モデルの解像度や時間スケールにどのように依存するか明かにし、積雲対流の予測に最適なデータ同化間隔、予測モデル解像度などの情報を得る。

(2) 線形時空間補外予測と、物理法則に基づく非線形な数値天気予報との比較を行い、現象の線形性が仮定できる時空間スケールを定量的に示す。線形時空間補外予測手法では雨雲の移動速度の算出にノイズが多いため、データ同化を用いて高精度化を行う。さらに、線形時空間補外予測と数値天気予報をシームレスにつなぐことで積雲対流の予測能力向上を目指す。

(3) 当初計画では動的マルチモデルアンサンブルカルマンフィルタを用いて降水予測の精度向上を図る計画であった。一方、研究期間中に機械学習を用いた手法が急速に様々な分野で応用されるようになったため、線形補外手法と機械学習手法を用いたシステムの開発に注力した。

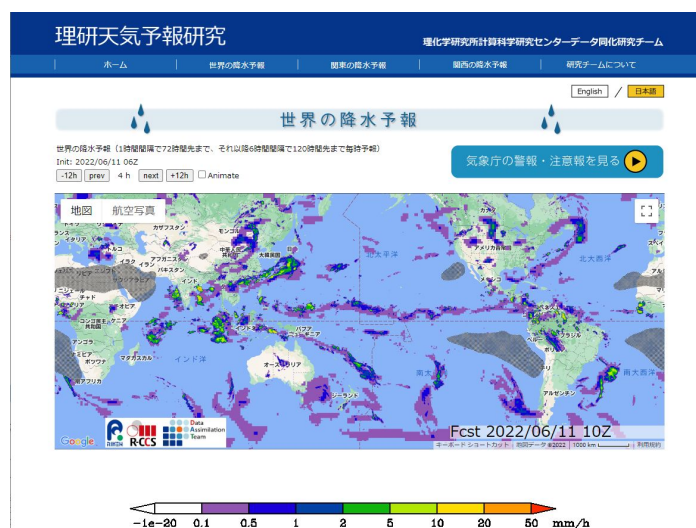
4. 研究成果

(1) 本研究では水平スケール100m、時間スケール30秒という、従来では考えられなかった高解像度観測データ、高解像度数値モデルを用いた気象予測に向けて、積雲対流の予測可能性を調べるためにブリーディング実験を行った。2013年7月13日に京阪神地区で観測された豪雨を対象に、領域大気モデルWRFを用いて水平100m解像度の基準実験を実行した。それを用いて、基準実験の初期値にランダムな摂動を与えた計算を行い、時間間隔30秒、1分、5分で摂動の振幅の再規格化を行った。その結果、いずれの実験においても、発達中の積雲対流の周りにリング状の誤差構造が見られた。リング状の構造は摂動の規格化を行う時間間隔にはあまり依存しなかった。一方、摂動の振幅と空間構造の間には関連性が見られた。

対流スケールの予測可能性を理解する上で重要な概念に、予測誤差分布が正規分布からどの位ずれているかということがある。非線形性が強くなると予測が困難になる。他の研究者との連携の下、データ同化の頻度と予報誤差分布の正規分布性の関係について調査を行った。その結果、5分間隔のデータ同化では強い非線形性が見られたが、30秒間隔では非線形性が大きく減少した。1分間隔の場合には、同化する観測データの数が多いため非線形性が減少した。

(2) フェーズドアレイ気象レーダ(PAWR)は30秒毎に半径60km圏内の雨雲を3次的に観測することの出来るレーダであり、急速に発達するゲリラ豪雨のような現象の早期検出に貢献すると期待されている。本研究では、この3次元レーダ画像の時系列を用いて、雨雲の移動ベクトルを計算し、そのまま動いた場合にどうなるかを予測する「降水ナウキャストシステム」を開発した。従来は移動ベクトル計算の際にノイズが多く、予測精度向上の妨げになっていた。本研究ではデータ同化を用いてより精度の高い移動ベクトルを算出し、予測精度を向上する降水ナウキャストシステムを開発した。これにより、10分先までの予測が現実的な精度で行うことが出来るようになった。ゲリラ豪雨は10分程度で急発達し、深刻な被害をもたらすこともある現象であるため、この10分先までの予測が実現したことは大きな意義があると考えられる。

本課題で開発した降水ナウキャストシステムは線形的な時間発展を仮定するため、予測時間が長くなって非線形性が卓越すると、予測精度が急速に落ちる。そのため、一般に短期の予測はナウキャストを用い、長期の予測は物理に基づいた数値天気予報を用いる。その中間では、両者の適切な重み付き平均を取ることで、精度が上がる事が知られている。従来は領域内で一様な重みを用いていたが、空間的に分布を持つ重みを用いて精度向上させる手法を開発した。まず二次元降水ナウキャストで当該手法の有効性について調査を行った。その結果、一様な重みを用いる場合に比べて、空間的に非一様な重みを用いた場合の方が、予測精度が高かった。本手法を全球降水ナウキャストと全球数値天気予報に適用し、リアルタイム運用するシステムを実現した。



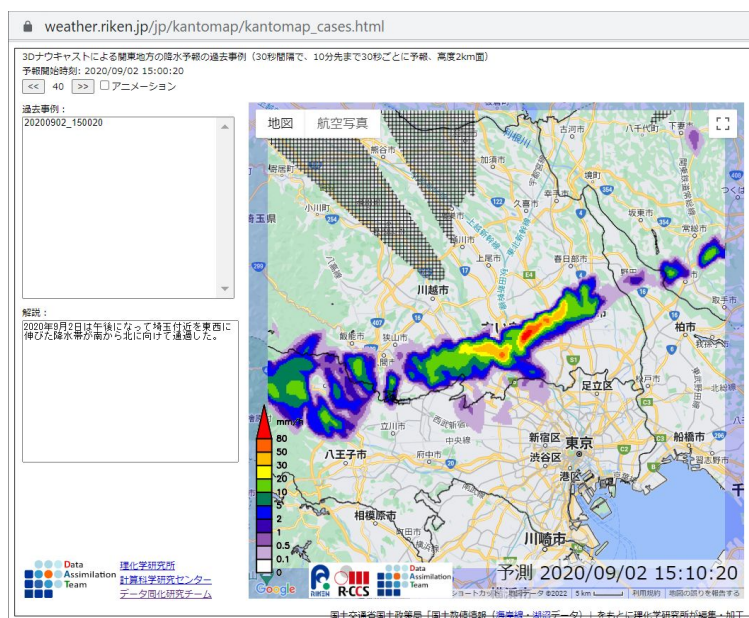
空間的に分布を持つ重みを用いてナウキャストと数値天気予報を組み合わせた降水予測。

(3) 3次元降水ナウキャストシステムは、従来の2次元的な降水ナウキャストに比べて計算量が大幅に増加する。そのため従来のままの計算では30秒毎に取得される観測データをリアルタイムに処理することが出来なかった。本研究では3次元移動ベクトル計算の高速化に取り組んだ。従来手法の相互相関法を高速に計算できるように修正し、計算の解像度をやや下げることで、十分な速度が得られるようになった。これにより、リアルタイムでの実運用に向けて大きく前進した。

このシステムを基に、実際にリアルタイムにレーダのデータを転送し、予測をしてウェブ上で表示できるシステムを開発した。使用したレーダは大阪大学吹田キャンパスと、情報通信研究機構未来ICT研究所(神戸)に設置された2台のうち、どちらか1台である。リアルタイムデータ転送には、理化学研究所で開発されているJust-In-Time Data Transfer (JIT-DT)ライブラリを使用した。2017年度から関西地域の10分先までの降雨予測を一般に公開している。

2019年度からは新たに埼玉大学に設置されたマルチパラメータPAWR (MP-PAWR)が利用可能になったため、その観測データを用いて関東平野の予報システムを開発した。関西と関東の二領域で同時にナウキャストを行うために、計算の高速化をさらに進め、従来の倍の性能が出るようになった。2020年度からは上記二領域のナウキャストを同時に運用し、予測結果を一般に公開している。2021年にはAIP加速課題「ビッグデータ同化とAIによるリアルタイム気象予測の新展開」(H31-R3、代表：三好建正)で開発した数値天気予報システムによる30秒毎、30分先までの予測システムを、東京オリンピック・パラリンピックの期間、リアルタイム運用した。その間、関東地域において、本課題のナウキャストシステムと数値天気予報システムの比較実験を行う

ことが出来た。



MP-PAWR を用いた関東の降水ナウキャスト。2020 年 9 月 2 日の例。

常時運用においては対流性降水だけでなく、層状性の降水でも適切に予測が出来なければならない。そのため、アルゴリズムの改良を行った。平成 30 年 7 月豪雨の際には、層状性降水域の中に対流性降水域が埋め込まれている状況を適切に予測出来た。予報精度が持続予測に比べて良いことを統計的に確認した。また、さらなる予測可能性の向上を目指して降雨減衰補正手法の開発を行った。こちらは今後、リアルタイムシステムに取り込む計画である。

こうした防災情報はデータを瞬時にユーザに届けることが重要となるため、株式会社エムティーアイとの共同研究の下、スマートフォンアプリへの配信を行うシステムを開発した。

降水は非線形性の強い現象であり、そのことが対流スケールの予測可能性を制限している。従来取り組んできたナウキャストは線形性をある程度仮定した予測手法であった。近年発展してきた深層学習は、非線形的な予測を過去のデータに基づいて行うことが出来る。そこで、深層学習を用いたナウキャストシステムを作成し、その性能を評価した。その結果、深層学習を用いたシステムは従来手法よりも予測精度を向上させられる可能性があることが明らかになった。本研究では ConvLSTM と呼ばれるニューラルネットワークの一種を改良し、予測精度の向上を行った。降水のマルチスケールな構造を考慮するネットワーク構造および損失関数を考案し、従来手法と比較したところ、精度の向上が見られた。

本課題の中心である積雲対流の予測可能性についてデータ解析をする際、観測と予測を定量的に比較する手法が必要である。しかしピンポイントに予測することが簡単で無いという性質上、比較方法を工夫する必要がある。そこで、積雲の大きさの頻度統計を用いる手法を開発した。積雲の大きさは概ね対数正規分布に従うように見える。そこでその分布関数のパラメータを算出し、観測と予測の間で比較することで、どの大きさの積雲が観測に比べて多いのか、あるいは少ないのかを調べられるようになった。

また、予測精度の評価に当たって、格子データの各点での値の比較を行う従来の手法では、降水系の位置や形状の差異を正しく反映することが出来なかった。そのため、パターン認識技術を利用して、降水系の形状特徴量に基づく評価手法を開発した。降水系の面積に加えて、その形のいびつさや傾斜方向を算出し、観測と予測の差を表現した。さらに、観測された降水系の位置と予測された位置のずれを評価の基準とした。これにより格子点毎の評価では表現できなかった予測の差を定量化することに成功した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 8件/うち国際共著 3件/うちオープンアクセス 7件）

1. 著者名 Miyoshi Takemasa, Kotsuki Shunji, Terasaki Koji, Otsuka Shigenori, Lien Guo-Yuan, Yashiro Hisashi, Tomita Hirofumi, Satoh Masaki, Kalnay Eugenia	4. 巻 69
2. 論文標題 Precipitation Ensemble Data Assimilation in NWP Models	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Advances in Global Change Research	6. 最初と最後の頁 983 ~ 991
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-35798-6_25	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 OTSUKA Shigenori, KOTSUKI Shunji, OHHIGASHI Marimo, MIYOSHI Takemasa	4. 巻 97
2. 論文標題 GSMaP RIKEN Nowcast: Global Precipitation Nowcasting with Data Assimilation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of the Meteorological Society of Japan. Ser. II	6. 最初と最後の頁 1099 ~ 1117
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2151/jmsj.2019-061	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 AWAZU Taeka, OTSUKA Shigenori, MIYOSHI Takemasa	4. 巻 97
2. 論文標題 Verification of Precipitation Forecast by Pattern Recognition	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of the Meteorological Society of Japan. Ser. II	6. 最初と最後の頁 1173 ~ 1189
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2151/jmsj.2019-066	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 -
1. 著者名 Kotsuki Shunji, Kurosawa Kenta, Otsuka Shigenori, Terasaki Koji, Miyoshi Takemasa	4. 巻 34
2. 論文標題 Global Precipitation Forecasts by Merging Extrapolation-Based Nowcast and Numerical Weather Prediction with Locally Optimized Weights	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Weather and Forecasting	6. 最初と最後の頁 701 ~ 714
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1175/WAF-D-18-0164.1	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 Otsuka Shigenori、Trilaksono Nurjanna J.、Yoden Shigeo	4. 巻 13
2. 論文標題 Comparing Simulated Size Distributions of Precipitation Systems at Different Model Resolution	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 SOLA	6. 最初と最後の頁 130 ~ 134
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2151/sola.2017-024	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 Ruiz Juan、Lien Guo-Yuan、Kondo Keiichi、Otsuka Shigenori、Miyoshi Takemasa	4. 巻 28
2. 論文標題 Reduced non-Gaussianity by 30 s rapid update in convective-scale numerical weather prediction	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Nonlinear Processes in Geophysics	6. 最初と最後の頁 615 ~ 626
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5194/npg-28-615-2021	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 該当する

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 -
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.、Sato S.、Ishikawa Y.、Miyoshi T.	4. 巻 -
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 -
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 -

〔学会発表〕 計38件（うち招待講演 2件 / うち国際学会 23件）

1. 発表者名 Otsuka, S. and T. Miyoshi
2. 発表標題 Algorithm development for the 3D precipitation nowcasting with deep learning
3. 学会等名 The 4th R-CCS International Symposium (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大塚成徳, 三好建正
2. 発表標題 深層学習による3D降水ナウキャストの高精度化に向けた開発
3. 学会等名 日本気象学会2021年度秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Otsuka, S., Y. Maejima, P. Tandeo, and T. Miyoshi
2. 発表標題 Development of an integrated NWP-DA-AI system for 30-second-update 3D precipitation prediction
3. 学会等名 JpGU2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Otsuka, S., Y. Maejima, P. Tandeo, and T. Miyoshi
2. 発表標題 Toward an integrated NWP-DA-AI system for precipitation prediction
3. 学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Otsuka, S., Y. Maejima, P. Tandeo, and T. Miyoshi
2. 発表標題 Toward an integrated NWP-DA-AI system for 30-second-update precipitation prediction
3. 学会等名 ECMWF-ESA Workshop on Machine Learning for Earth System Observation and Prediction (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Otsuka, S., Y. Maejima, P. Tandeo, and T. Miyoshi
2. 発表標題 Toward an integrated NWP-DA-AI system for precipitation prediction
3. 学会等名 The 3rd R-CCS International Symposium (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大塚成徳, 前島康光, Pierre Tandeo, 三好建正
2. 発表標題 深層学習と数値天気予報の融合による降水予測に向けて
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 Otsuka, S., M. Ohigashi, and T. Miyoshi
2. 発表標題 Three-dimensional precipitation nowcasting with the phased-array weather radar
3. 学会等名 2019 6th KNU CARE Workshop on Phase array radar and Nowcasting (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Otsuka, S., Y. Maejima, and T. Miyoshi
2. 発表標題 Toward hybrid NWP-AI system for precipitation nowcasting
3. 学会等名 2nd IMT Atlantique & RIKEN Joint WS (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Otsuka, S., M. Ohigashi, V. P. Huynh, P. Tandeo, and T. Miyoshi
2. 発表標題 A deep-learning approach to three-dimensional precipitation nowcasting
3. 学会等名 39th International Conference on Radar Meteorology (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Otsuka, S., M. Ohigashi, V.-P. Huynh, P. Tandeo, and T. Miyoshi
2. 発表標題 A deep-learning approach to three-dimensional precipitation nowcasting
3. 学会等名 The 2nd R-CCS International Symposium (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Otsuka, S., T. Awazu, and T. Miyoshi
2. 発表標題 Verification of precipitation forecast by pattern recognition
3. 学会等名 WCRP/SPARC SATIO-TCS joint workshop on Stratosphere-Troposphere Dynamical Coupling in the Tropics (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 大塚成徳, Viet Phi Huynh, 大東真利茂, Pierre Tandeo, 三好建正
2. 発表標題 深層学習による三次元降水ノウキャスト手法の検討
3. 学会等名 日本気象学会2019年度秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大塚成徳・三好建正
2. 発表標題 LSTMによる三次元降水ノウキャスト手法
3. 学会等名 第11回理研・京大データ同化研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Otsuka, S. and T. Miyoshi
2. 発表標題 Applying data assimilation to precipitation nowcasting
3. 学会等名 AOGS2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Otsuka, S.
2. 発表標題 Three-dimensional precipitation nowcasting with the phased-array weather radar
3. 学会等名 The 5th CREST "BigData Application" Camp for Young Researchers (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Otsuka, S., M. Ohigashi, and T. Miyoshi
2. 発表標題 A machine-learning approach for three-dimensional precipitation nowcasting
3. 学会等名 Workshop IMT Atlantique & RIKEN (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Otsuka, S. and T. Miyoshi
2. 発表標題 Applying data assimilation to precipitation nowcasting
3. 学会等名 JpGU2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Otsuka, S., M. Ohigashi, Y. Ishikawa, S. Satoh, and T. Miyoshi
2. 発表標題 Precipitation nowcasting with Phased-Array Weather Radar: a case of July 2018 record-breaking rainfall in Western Japan
3. 学会等名 NHM2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 大塚成徳
2. 発表標題 ノウキャストと予測可能性
3. 学会等名 第2回理研・気象庁データ同化研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 大塚成徳
2. 発表標題 Applying data assimilation to precipitation nowcasting
3. 学会等名 CREST「ビッグデータ応用」第4回若手研究者合宿
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 大塚成徳
2. 発表標題 神戸PAWRおよびGPM/DPRで観測された平成30年7月豪雨の降水システム
3. 学会等名 平成30年7月豪雨に関する緊急対応研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 大塚成徳・大東真利茂・三好建正・石川裕・佐藤晋介・牛尾知雄・小池佳奈
2. 発表標題 フェーズドアレイ気象レーダを用いた三次元降水ナウキャストの精度評価
3. 学会等名 日本気象学会2018年度秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Otsuka, S., S. Kotsuki, and T. Miyoshi
2. 発表標題 GSMaP RIKEN Nowcast (GSMaP_RNC): an overview
3. 学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Otsuka, S., N. J. Trilaksono, and S. Yoden
2. 発表標題 Comparing observed and simulated size distributions of tropical convective systems
3. 学会等名 Joint SPARC Dynamics & Observations Workshop (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Otsuka, S., S. Kotsuki, M. Ohigashi, Y. Ishikawa, T. Miyoshi, S. Satoh, and T. Ushio
2. 発表標題 RIKEN precipitation nowcasting systems
3. 学会等名 The 8th AICS International Symposium (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 大塚成徳・三好建正・大東真利茂・佐藤晋介・石川裕
2. 発表標題 フェーズドアレイ気象レーダを用いた三次元降水補外予測のリアルタイム運用実験
3. 学会等名 日本気象学会2017年度春季大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 大塚成徳
2. 発表標題 ゲリラ豪雨リアルタイム予測に向けて
3. 学会等名 CREST若手研究者合宿研究会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 大塚成徳・小槻峻司・近藤圭一・大東真利茂・石川裕・三好建正・佐藤晋介・牛尾知雄
2. 発表標題 データ同化を適用したリアルタイム降水ナウキャストシステム
3. 学会等名 第2回理研データ同化ワークショップ
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 大塚成徳
2. 発表標題 フェーズドアレイ気象レーダを用いた3次元降水ナウキャスト
3. 学会等名 AIP若手研究交流会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Shigenori Otsuka and Takemasa Miyoshi
2. 発表標題 Applying data assimilation to three-dimensional precipitation nowcasting with phased-array weather radar
3. 学会等名 AMS 97th annual meeting (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Shigenori Otsuka and Takemasa Miyoshi
2. 発表標題 Convective-scale breeding experiments in WRF simulations at a 100-m resolution
3. 学会等名 JpGU (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Shigenori Otsuka, Shunji Kotsuki, and Takemasa Miyoshi
2. 発表標題 Space-time extrapolation of precipitation with data assimilation
3. 学会等名 ISDA2016 (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Shigenori Otsuka, Shunji Kotsuki, and Takemasa Miyoshi
2. 発表標題 Applying data assimilation to three-dimensional precipitation nowcasting with phased-array weather radar
3. 学会等名 The 7th AICS International Symposium (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Shigenori Otsuka, Shunji Kotsuki, and Takemasa Miyoshi
2. 発表標題 Applying data assimilation to three-dimensional precipitation nowcasting with phased-array weather radar
3. 学会等名 RISDA2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 大塚成徳・三好建正
2. 発表標題 フェーズドアレイ気象レーダを用いた三次元降水補外予測の実時間実行に向けた検討
3. 学会等名 日本気象学会2016年度春季大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 大塚成徳・三好建正
2. 発表標題 フェーズドアレイ気象レーダを用いた三次元降水補外予測へのデータ同化の適用
3. 学会等名 日本気象学会2016年度秋季大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 大塚成徳
2. 発表標題 「ビッグデータ同化：未来の天気予報へ」
3. 学会等名 豊橋技術科学大学 平成28年度計算技術科学実践教育プログラム 最先端データサイエンス講座（招待講演）
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

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

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			
フランス	IMT Atlantique			
アルゼンチン	University of Buenos Aires			