

令和 3 年 6 月 4 日現在

機関番号：12501

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18H01549

研究課題名(和文) 大気・水文結合データ同化 - 水文ビッグデータ同化による大気・水文予測の改善 -

研究課題名(英文) Land-Atmosphere-Coupled Data Assimilation: Improving Atmospheric and Hydrological Predictions by Hydrological Big Data Assimilation

研究代表者

小槻 峻司 (Kotsuki, Shunji)

千葉大学・環境リモートセンシング研究センター・准教授

研究者番号：90729229

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、水文観測情報を統合的に同化し、中期天気予報、及び、河川流量、旱魃指数などの水文予測精度改善へ向け研究推進した。特に全球大気データ同化システムNICAM-LETKFの高度化に注力し、以下の成果を得た。

(1) NICAMへ、GLDASから得られる土壌水分観測を有効に強結合同化する方法を開拓した。土壌水分同化による大気変数は改善効果である一方で、大気変数同化による陸面変数の更新は改悪効果であることを示した。(2) 衛星水文観測を同化し、モデルパラメータを推定する研究を推進した。GSMaP同化により降水量予測精度を改善し、GCOM2/AMSR2可降水量同化により全球放射収支改善を達成した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

諸国の経済が国境を越えて密接に関わる現代では、自国のみならず、「場所を問わず」他国の災害可能性をモニタリングする必要がある。自然災害の多くは気象現象、特に降水により引き起こされるため、2週間程度の中期天気予報を改善し、災害の予報スキルを向上させることは重要な社会的使命である。本研究では、現業機関でほとんど活用されていない陸域の水文観測ビッグデータを用いた中期天気予報改善へ取り組んだ。全球の土壌水分・降水量・可降水量などのデータを有効に天気予報に取り込む手法を探求し、データ同化手法の高度化やモデルパラメータ推定により、降水予報を始めとする天気予報改善を達成した。

研究成果の概要(英文)：This study aims at exploring advanced methods to assimilate hydrological observations into the global data assimilation system for improving medium-range weather/hydrological forecasts. With operational global atmospheric data assimilation system NICAM-LETKF, we have reached to following achievements:

(1) We have pioneered a method for effectively assimilating soil moisture observations from GLDAS to NICAM by strongly coupled data assimilation. It was shown that updating atmospheric variables by soil moisture assimilation was beneficial, while the updating of land surface variables by atmospheric variable assimilation has was unbeneficial. (2) We explored to NICAM model parameter estimations by assimilation of satellite-sensed hydrological observations. GSMap-based parameter estimation improved precipitation forecasts, and GCOM2_AMSR2-based parameter estimation improved radiation budgets successfully.

研究分野：気象予測

キーワード：データ同化 気象予測 土壌水分 結合システム 降水予測

1. 研究開始当初の背景

グローバル化により、諸国の経済が国境を越えて密接に関わる現代では、自国のみならず、他国の災害可能性をモニタリングする必要がある。2011年のタイ大洪水に伴う日系企業の損失などは、他国の災害が我が国に決して無関係ではないことを如実に物語ってきた。「場所を問わず」大気・水循環に伴う災害の可能性を予見することは喫緊の課題であるといえる。こうした自然災害の多くは気象現象、特に降水により引き起こされる。そのため、2週間程度の中期天気予報を改善し、災害の予報スキルを向上させることは重要な社会的使命である。

データ同化は、数値モデルと実測データを最適につなぐ統計数理や力学系理論に基づいた学際的科学である。数値天気予報においては根本的な役割を果たしており、大気の観測データ同化技術は高度に発展・改善してきた。天気予報は、現業機関でほとんど活用されていない陸域の水文観測ビッグデータを用いることで、更に改善できる可能性がある。例えば、土壌水分量や河川流量観測は、降水の影響を強く受け、実際に降水があったかどうかのメモリとして利用価値がある。また、中期天気予報・水文予測の改善は、災害予測スキルの向上や、貯水池操作等、より効率的な社会インフラ制御に活用できるポテンシャルを有している。

2. 研究の目的

本研究は水文観測ビッグデータを天気予報システムにより統合的に同化し、中期天気予報、及び水文予測精度の改善することを目的として以下の研究を遂行した(図-1)。

(1) 初期値の改善: 大気・水文統合データ同化システムの開発

既存の全球大気データ同化システムを高度化し、水文観測ビッグデータ同化による中期天気予報の改善を図る。直接効果として、水文データ同化により、大気状態の逆推定が可能である。間接効果として、陸域の状態改善により陸域の変数に敏感な大気観測センサも同化できるようになる。更に、大気・陸域は互いにフィードバックするため、両者を統合的に同化する相乗効果により、大気・陸域水循環の状態推定の改善が期待できる。

(2) モデルの改良: アンサンブルデータ同化を用いた大気・水文モデルのパラメータ推定

(1)で開発したシステムを更に発展させ、データ同化による大気・水文モデルのパラメータ推定を行い、モデル自身を改良する。具体的にはパラメタリゼーションにより表現されている大気モデルの降水過程や、地表面の水熱収支に大きな影響を与えている土壌厚や間隙率等の地表面物理量を推定し、モデルの改良を図る。推定されるモデルパラメータは、中期天気予報に限らず、気候研究で実施される長期気候シミュレーション等にも応用可能である。

(3) 予測の応用: 大気・水文情報のリアルタイム予測

(1), (2)で開発したシステムをリアルタイムで実行し、河川流量や早魃指数、穀物収量といった水文予測を行い、また水文観測データ同化の有効性を評価する。また、本研究により得られる大気・水文統合システムによるデータ同化解析値は、既存のモデルのみ、観測のみのプロダクトとは一線を画した、新たな水文再解析プロダクトとして有望である。

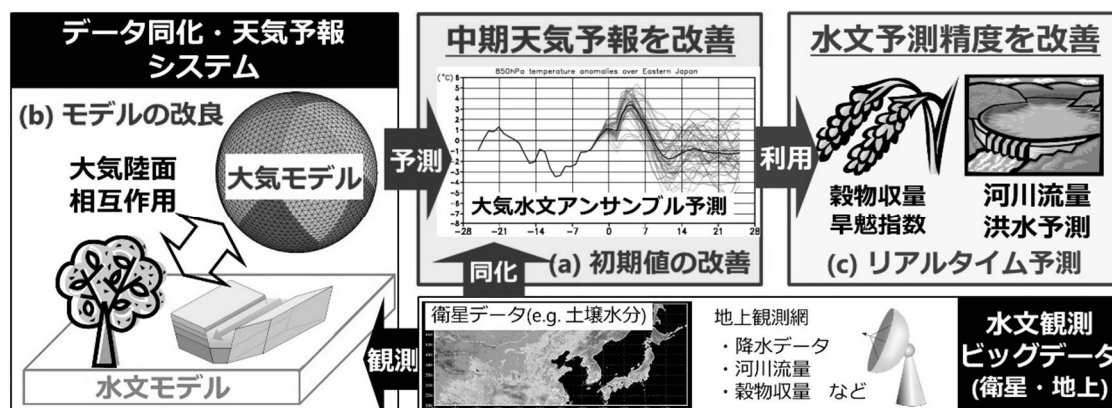


図-1 本研究の全体構想。水文ビッグデータの同化により大気・水文予測を改善し、穀物収量や河川流量等の水文予測をリアルタイムに実行する。

3. 研究の方法

全球データ同化システム NICAM-LETKF (Terasaki et al. 2014; SOLA) を利用・高度化し、研究を実施した。本研究では、2 週間程度の中期天気予報の改善を目標とした。総観規模の現象を扱うため、広い領域をカバーする衛星観測データや、全球で収集された観測データプロダクトを利用して研究を進めた。本研究での工夫は、水文ビッグデータ同化を行うにあたり、随伴モデルを要しない最先端のデータ同化手法 EnKF を利用した点にある。また、EnKF を応用してモデルパラメータ推定を行い、モデル自身を改良した。具体的に以下の研究を実施した。

(a) 降水観測データの同化とパラメータ推定

土壌水分や河川流量の状態・予測に大きく関係する、衛星観測降水データ・地上観測降水プロダクト等の降水データ同化を実施した。目的は過去の降水ヒストリーと降水予測精度の向上を図ることである。特に、天気予報モデルの降水プロセスは不確実な部分が多く、最新の衛星観測降水レーダー情報を、データ同化によりモデルパラメータを改良することで、天気予報・降水予報の精度向上を目標とした。レーダー反射強度には、反射強度を計算する観測演算子が新たに必要であり、JAXA や東大が開発している Joint Simulator (Hashiono et al. 2013; JGR) を実装した。

(b) 陸域観測データの同化

衛星により観測される土壌水分データを同化した。目的は天気予報の陸面境界条件を改善すること、陸上観測による大気状態の逆推定に挑戦することである。EnKF には、観測演算子とデータ同化部分を切り離して開発できるという開発上大きな利点もある。そのため、観測相当量を計算する観測演算子に水文モデルを利用し、水文観測値を有効にデータ同化することができる。NICAM には陸面過程モデル MATSIRO が実装されており、積雪量や地表面温度は局所変換 EnKF (LETKF) のコード修正のみで対応できる。

(c) 長期検証・リアルタイム予測

(a), (b) で実施する水文ビッグデータ同化のインパクトを、データ同化解析値・予測の多面的な観点から検証した。本研究の主眼は、2 週間程度の中期天気予報スケール現象の予測精度向上であるが出力される同化解析値も非常に有用である。

4. 研究成果

(a) 降水観測データの同化とパラメータ推定

ここでは、TRMM/GPM による降水観測データ利用し、大気客観解析及びこれを初期値とした予報に改善をもたらすことを目的とした。観測値を同化して数値天気予報を改善する一般的な方法は、状態推定である。Kotsuki et al. (2017, JGR) は、全球降水マップ Global Satellite Mapping of Precipitation (GSMaP) を NICAM-LETKF に同化し、衛星観測降水量を用いた数値予報精度の改善に成功した。本研究では、Kotsuki et al. (2017) を更に発展させ、GSMaP を利用して NICAM のモデルパラメータを推定し、降水予報の改善を試みた。

具体的には、解像度 112 km の NICAM を使って研究を進めるため、この解像度の降水予報にインパクトが大きいと考えられる大規模凝結スキームのパラメータ 1 つを選んだ。このパラメータを GSMaP を用いてデータ同化の中で見積もった結果が図-2 である。パラメータのアンサンブルスプレッドは、RTPS (Whitaker and Hamill 2012) を用いて、パラメータスプレッドが収束しない様な工夫を行っている。パラメータ推定の有無で実験の降水分布を比較すると、パラメータ推定により海上に広がっていた弱い降水分布が改善されていることが分かる (図 2)。バイアスやスレッツスコアの検証においても、6 時間予報降水量がパラメータ推定の効果により改善されていることが確認された。以上の成果をまとめ、米国地球物理学連合の国際誌 Journal of Geophysical Research 誌に論文を発表した (Kotsuki et al. 2020)。

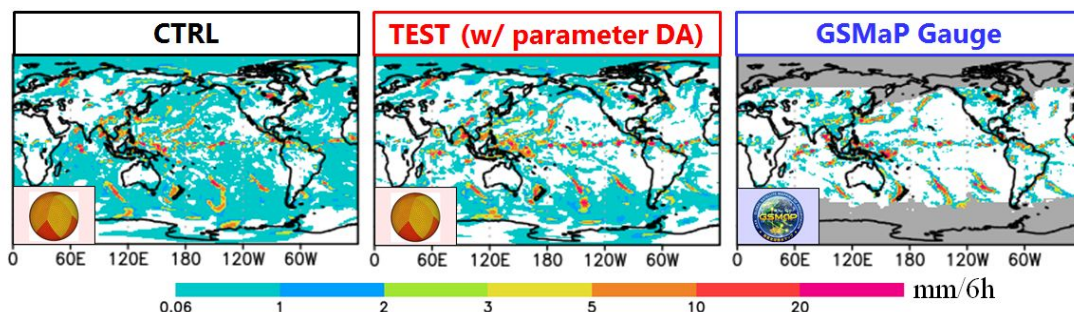


図-2 2014 年 6 月 16 日 0000UTC における降水分布の比較 ($\text{mm } 6\text{h}^{-1}$)。左：パラメータ推定無しの実験、中：パラメータ推定有りの実験、右：GSMaP_Gauge 観測。Kotsuki et al. (2018) の Fig. 5 を改変。

パラメータ推定を発展させ、データ同化による放射収支改善にも取り組んだ。気候計算では、

地球システムの放射バランスを適切に保つことが重要であり、モデルの放射バイアスの緩和のため、モデルパラメータのチューニングが必要となる。このチューニングは通常手作業で行われており、膨大な計算コストと人的エフォートが費やされている。本研究では放射バイアスの緩和を目的に、データ同化によりモデルパラメータの自動推定を試みた。NICAMモデルの中の大規模凝結スキームで用いられている、雲粒から雨粒への変換速度を制御するパラメータ（以下、B1）を推定パラメータとした。観測データとして、GCOMW（Global Change Observation Mission-Water）衛星に搭載されている高性能マイクロ波放射計（AMSR2）により観測される雲量を目的変数とした。

デフォルトのモデル設定では雲量が過大であり、雲の反射により大気上端の上向き短波放射が過大となっていた（図-3 a）。本研究で開発したモデルパラメータ推定により、雲粒から雨粒への変換速度が最適化され、過大な雲量バイアスを劇的に緩和することができた。雲量の改善に紐づいて、モデルの上向き短波放射についても大幅な改善が見られた（図-3 b, c）。実大気モデルのモデルパラメータ推定は、非常に困難な研究課題であり、更にモデルパラメータの空間分布まで推定可能とした点で、本研究の学術的価値は高い。以上の成果をまとめ、米国地球物理学連合の国際誌、Journal of Geophysical Research 誌に論文を発表した（Kotsuki et al. 2020）。

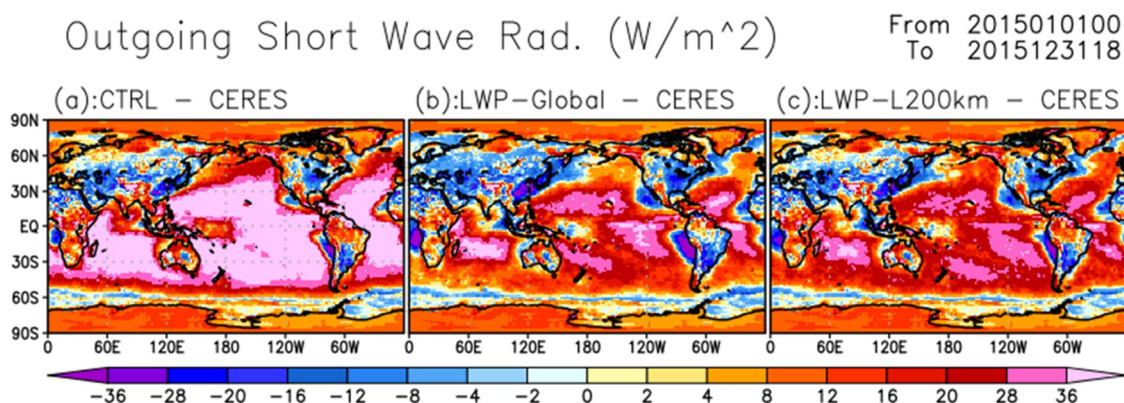


図-3 複合衛星放射プロダクト Clouds and the Earth's Radiant Energy System (CERES; Wielicki et al. 1996; BAMS) に対する大気上端の上向き短波放射バイアス ($W m^{-2}$) の比較。(a) はデフォルトのモデル設定であり、(b) は B1 を全球一様のパラメータとして見積もった実験、(c) は領域依存するパラメータとして見積もった場合。暖色と寒色はそれぞれ、過大評価・過小評価を表す。Kotsuki et al. (2020) の Fig. 10 を改変。

(b) 陸域観測データの同化

ここでは、水文観測データの同化による中期天気予報の改善を目的とした。大気・陸域は互いにフィードバックするため、両者の統合モデルによる結合データ同化により、大気・陸域水循環の状態推定を相乗効果的に改善することを狙った。一般的に、結合モデルのデータ同化は、大気（陸域）の観測を同化して大気モデル（陸面モデル）の変数のみを更新する弱結合同化を行う。今回は更に、陸域観測を同化して大気モデルの変数も更新する強結合同化についても調査を進めるため NICAM-LETKF を発展させた（図-4）。NICAM には陸面モデル MATSIRQ (Takata et al. 2004) が結合されている。新たに LETKF で陸域観測データを同化し、MATSIRO や NICAM の変数を更新可能なシステムを開発した。Kang et al. (2011; JGR) で提案されたモデル変数間の局所化手法を応用し、大気（陸域）観測のデータ同化で、陸面モデル（大気モデル）の変数を更新するか否かを指定できる汎用的なシステムを開発した。

NICAM-LETKF で同化されている大気観測データに加えて、水文観測データ同化の最初のステップとして全球陸域再解析 GLDAS で提供されている土壌水分量を観測値としたデータ同化実験を行った（図-5）。どの結合同化実験も、コントロール実験に比べて GLDAS に対する土壌水分の誤差が低下する良好な結果を示した。結合データ同化実験の中では、土壌水分観測のデータ同化で大気モデル変数を更新する一方で、大気観測のデータ同化では陸面モデル変数を更新しない、部分的な強結合同化が最も良好な結果となった。

以上の成果をまとめ、国際誌に論文投稿を行ったが、残念ながら結果は不採択であった。本科研費課題終了後も引き続き再実験・当分改訂を進め、論文化へ向けて最善を尽くす方針である。

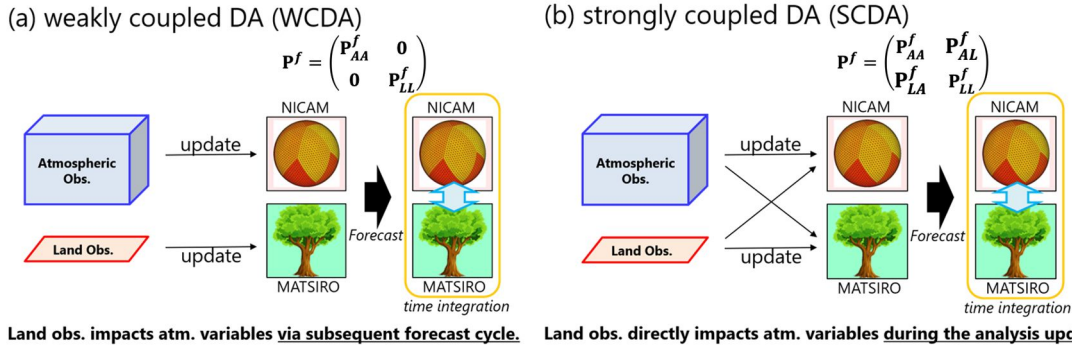


図-4 (a)弱結合同化, (b)強結合同化の概念図。投稿準備中の論文 Kurosawa et al. から引用。

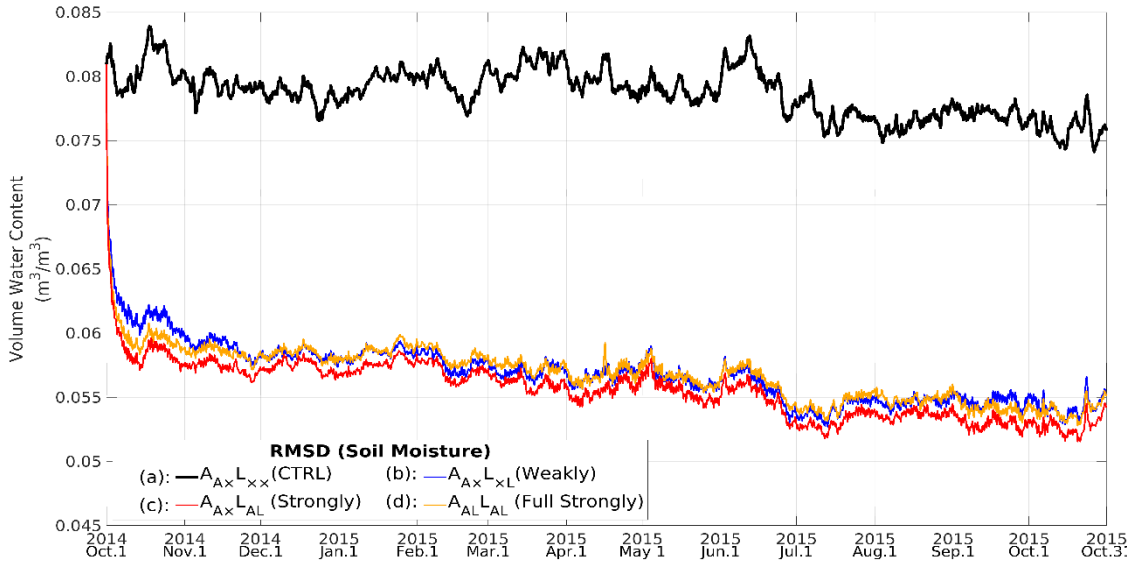


図-5 GLDAS に対する陸面モデル第一層の土壌水分の二乗平均平方根差 ($m^3 m^{-3}$)の時系列。黒線は既存 NICAM-LETKF システムのコントロール実験、青線は弱結合同化実験、赤線と黄線は強結合同化実験である。黄線は大気(陸域)観測のデータ同化で陸面モデル(大気モデル)変数を更新する完全な強結合同化である一方、赤線は大気観測のデータ同化では陸面モデル変数を更新しない、部分的な強結合同化となっている。投稿準備中の論文 Kurosawa et al. から引用。

(c) 長期検証・リアルタイム予測

一連の研究で開発・高度化した NICAM-LETKF の実運用化に取り組んだ。このシステムは、JAXA のスーパーコンピュータ上で運用化され、全球天気予報システム NEXRA (<https://www.eorc.jaxa.jp/theme/NEXRA/>)として世界の降水予報を発信している。JAXA 天気予報は、Kotsuki et al. (2019; SOLA)による基盤システム開発以後も発展を続け、2020 年度には成果をまとめたレビュー論文 (Miyoshi et al. 2020; Springer)を発表すると共に、理研・千葉大・東京大・JAXA と共同でプレスリリースを行った(図-5)。システムの実時間運用は、予期せぬ計算機ダウン・データ配信遅延などトラブルがつきものである。科学成果ではないものの、障壁をクリアしつつ安定運用を続けている点も社会貢献の観点からは価値が高い。

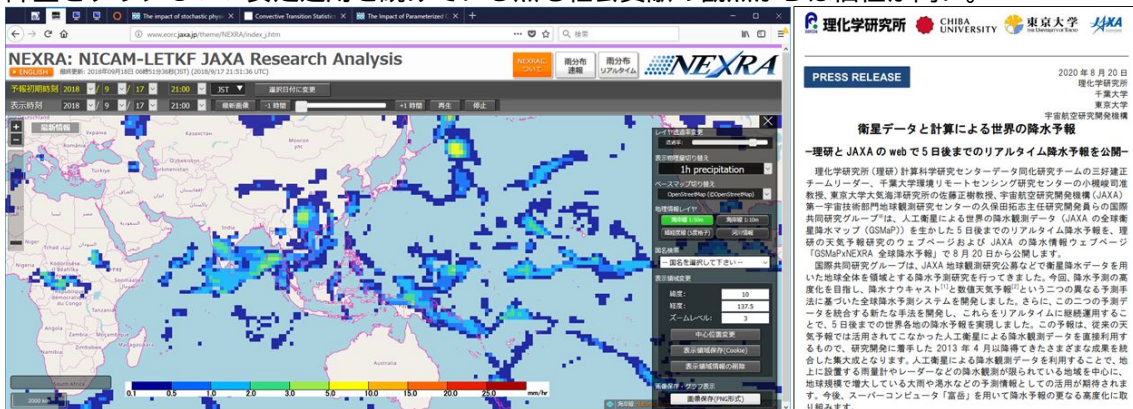


図-5 JAXA スパコンで稼働中の天気予報システム NEXRA の WEB (<https://www.eorc.jaxa.jp/theme/NEXRA/>) と理研・千葉大・東京大・JAXA との共同プレスリリース(2020年8月20日; 千葉大 HP より引用)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計15件（うち査読付論文 15件／うち国際共著 3件／うちオープンアクセス 11件）

1. 著者名 Carrio Diego S., Bishop Craig H., Kotsuki Shunji	4. 巻 147
2. 論文標題 Empirical determination of the covariance of forecast errors: An empirical justification and reformulation of hybrid covariance models	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society	6. 最初と最後の頁 2033 ~ 2052
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/qj.4008	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 Watanabe Satoshi, Kotsuki Shunji, Kanae Shinjiro, Tanaka Kenji, Higuchi Atsushi	4. 巻 10
2. 論文標題 Snow water scarcity induced by record-breaking warm winter in 2020 in Japan	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 N/A
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-020-75440-8	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, Pensoneault Andrew, Okazaki Atsushi, Miyoshi Takemasa	4. 巻 146
2. 論文標題 Weight structure of the Local Ensemble Transform Kalman Filter: A case with an intermediate atmospheric general circulation model	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society	6. 最初と最後の頁 3399 ~ 3415
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/qj.3852	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 Miyoshi Takemasa, Kotsuki Shunji, Terasaki Koji, Otsuka Shigenori, Lien Guo-Yuan, Yashiro Hisashi, Tomita Hirofumi, Satoh Masaki, Kalnay Eugenia	4. 巻 N/A
2. 論文標題 Precipitation Ensemble Data Assimilation in NWP Models	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Satellite Precipitation Measurement	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 小槻峻司, 桃井裕広, 菊地亮太, 渡部哲史, 山田真史, 阿部紫織, 綿貫翔	4. 巻 76
2. 論文標題 回帰学習器のアンサンブル学習による降雨洪水氾濫モデル・エミュレータ	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 水工学論文集	6. 最初と最後の頁 367-372
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 関本大晟, 渡部哲史, 小槻峻司, 山田真史, 阿部紫織, 綿貫翔	4. 巻 76
2. 論文標題 降雨流出氾濫モデル・エミュレータによる浸水範囲予測	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 水工学論文集	6. 最初と最後の頁 547-552
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 Kotsuki Shunji, Sato Yousuke, Miyoshi Takemasa	4. 巻 125
2. 論文標題 Data Assimilation for Climate Research: Model Parameter Estimation of Large Scale Condensation Scheme	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Atmospheres	6. 最初と最後の頁 N/A
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2019JD031304	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, 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 Okazaki Atsushi, Honda Takumi, Kotsuki Shunji, Yamaji Moeka, Kubota Takuji, Oki Riko, Iguchi Toshio, Miyoshi Takemasa	4. 巻 12
2. 論文標題 Simulating precipitation radar observations from a geostationary satellite	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Atmospheric Measurement Technique	6. 最初と最後の頁 3985-3996
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5194/amt-2018-278	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 Kotsuki Shunji, Kurosawa Kenta, Miyoshi Takemasa	4. 巻 145
2. 論文標題 On the properties of ensemble forecast sensitivity to observations	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society	6. 最初と最後の頁 1897 ~ 1914
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/qj.3534	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 阿部紫織, 渡部哲史, 山田真史, 小槻峻司, 綿貫翔	4. 巻 75
2. 論文標題 大規模気候予測情報に基づく浸水リスク推計の特性について	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 水工学論文集	6. 最初と最後の頁 1081-1086
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 Kotsuki Shunji, Terasaki Koji, Yashiro Hisashi, Tomita Hirofumi, Satoh Masaki, Miyoshi Takemasa	4. 巻 123
2. 論文標題 Online Model Parameter Estimation With Ensemble Data Assimilation in the Real Global Atmosphere: A Case With the Nonhydrostatic Icosahedral Atmospheric Model (NICAM) and the Global Satellite Mapping of Precipitation Data	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Atmospheres	6. 最初と最後の頁 7375-7392
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2017JD028092	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 S., Terasaki K., Kanemaru K., Satoh M., Kubota T. and Miyoshi T.	4. 巻 15A
2. 論文標題 Predictability of Record-Breaking Rainfall in Japan in July 2018: Ensemble Forecast Experiments with the Near-real-time Global Atmospheric Data Assimilation System NEXRA	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 SOLA	6. 最初と最後の頁 1-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2151/soia.15A-00	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 Terasaki Koji, Kotsuki Shunji, Miyoshi Takemasa	4. 巻 15
2. 論文標題 Multi-Year Analysis Using the NICAM-LETKF Data Assimilation System	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 SOLA	6. 最初と最後の頁 41 ~ 46
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2151/soia.2019-009	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37件 (うち招待講演 10件 / うち国際学会 21件)

1. 発表者名 小槻峻司
2. 発表標題 深層学習を用いた降雨洪水氾濫モデル・エミュレータの開発
3. 学会等名 「富岳」成果創出加速プログラム・成果発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小槻峻司, 寺崎康児, 佐藤正樹, 三好建正
2. 発表標題 GPM DPRデータ同化によるNICAM雲微物理パラメータ推定
3. 学会等名 GPM・衛星シミュレータ合同研究集会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小槻 峻司
2. 発表標題 「観測の価値」を最大化するデータ同化手法の開発：～最先端の天気予報研究より～
3. 学会等名 設計に活かすデータ同化研究会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小槻峻司, 佐藤陽佑
2. 発表標題 衛星データ同化による全球大気モデルNICAMの高度化：雷予測モデルの構築への取り組み
3. 学会等名 CReS シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小槻峻司
2. 発表標題 最先端のデータサイエンスで切り拓く「富岳」時代のリアルタイム地球環境予測
3. 学会等名 千葉大学GPシンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小槻峻司, 桃井裕広, 菊地亮太, 渡部哲史, 山田真史, 阿部紫織, 綿貫翔
2. 発表標題 回帰学習器のアンサンブル学習による降雨洪水氾濫モデル・エミュレータ
3. 学会等名 水工学講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Kotsuki, S., Miyoshi, T., Kondo, K. and Potthast, R.
2. 発表標題 A Local Particle Filter and Its Gaussian Mixture Extension: Experiments with an Intermediate AGCM
3. 学会等名 RIKEN Data Assimilation Seminar (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Kotsuki, S., Terasaki, K., Satoh, M. and Miyoshi, T.
2. 発表標題 Ensemble-Based Data Assimilation of GPM/DPR Reflectivity into the Nonhydrostatic Icosahedral Atmospheric Model NICAM
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 Kotsuki, S., Pensoneault, A., Okazaki, A. and Miyoshi, T.
2. 発表標題 Weight Structure of the Local Ensemble Transform Kalman Filter: A Case with an Intermediate AGCM
3. 学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting 2020 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Kotsuki S., Terasaki K., Satoh M. and Miyoshi T.
2. 発表標題 Ensemble-Based Data Assimilation of GPM/DPR Reflectivity into the Nonhydrostatic Icosahedral Atmospheric Model NICAM.
3. 学会等名 4th workshop on assimilating satellite cloud and precipitation observations for NWP (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小槻峻司
2. 発表標題 リモートセンシングデータを使った天気予報研究の最前線
3. 学会等名 千葉大学経済人倶楽部・絆 公開講座(招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小槻峻司
2. 発表標題 全球衛星観測降水データを用いた天気予報システムの高度化
3. 学会等名 第22回環境リモートセンシングシンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Kotsuki S., Miyoshi T., Kondo K., and Potthast R.
2. 発表標題 Local Particle Filter Implemented with Minor Modifications to the LETKF Code
3. 学会等名 AGU Fall Meeting (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kotsuki S.
2. 発表標題 Data Assimilation Research for Global Weather Prediction
3. 学会等名 The 7th International Symposium on Water Environmental Systems (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kotsuki S., Kurosawa K., Kanemaru K., Terasaki K. and Miyoshi T.
2. 発表標題 A New Evaluation Method for Cloud Microphysics Schemes Using GPM Dual-frequency Precipitation Radar
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 Kotsuki S., and Miyoshi T.
2. 発表標題 Diagnosing Observation Impacts and Error Covariance with NICAM-LETKF
3. 学会等名 LMU DA Seminar (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kotsuki S., and Miyoshi T.
2. 発表標題 Diagnosing Observation Impacts and Error Covariance with NICAM-LETKF
3. 学会等名 DWD NWP Seminar (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kotsuki S., Sato Y., Terasaki K., Yashiro H., Tomita H., Satoh M. and Miyoshi T.
2. 発表標題 Model Parameter Estimation with Data Assimilation using NICAM-LETKF.
3. 学会等名 JpGU Meeting 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kotsuki S., Terasaki K., and Miyoshi T.
2. 発表標題 Ensemble-Based Data Assimilation of GPM/DPR Reflectivity into the Nonhydrostatic Icosahedral Atmospheric Model NICAM
3. 学会等名 JpGU Meeting 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小槻峻司
2. 発表標題 データ同化と経験科学の相似性について
3. 学会等名 科学基礎論学会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小槻峻司, 三好建正:
2. 発表標題 低解像度全球大気モデルを用いた局所粒子フィルタ実験
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 黒澤賢太, 小槻峻司, 三好建正
2. 発表標題 全球大気・水文結合データ同化システムの開発と土壌水分データ同化実験
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 小槻峻司, 三好建正
2. 発表標題 全球大気データ同化システムによる天気予報研究の最前線
3. 学会等名 第14回名工大・核融合研合同セミナー（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小槻峻司, 三好建正
2. 発表標題 Local Particle Filter: 低解像度全球大気モデルSPEEDY数値実験
3. 学会等名 第10回 理研・京大データ同化研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小槻峻司, 黒澤賢太, 三好建正
2. 発表標題 Observation Diagnostics with NICAM-LETKF.
3. 学会等名 データ同化手法を活用した観測システムの影響評価に関する研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kotsuki S., Sato Y., Terasaki K., Yashiro H., Tomita H., Satoh M. and Miyoshi T.
2. 発表標題 Model Parameter Estimation with Data Assimilation using NICAM-LETKF
3. 学会等名 The 1st R-CCS International Symposiu (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kotsuki S., Sato Y., Terasaki K., Yashiro H., Tomita H., Satoh M. and Miyoshi T.
2. 発表標題 Model Parameter Estimation with Data Assimilation using NICAM-LETKF
3. 学会等名 7th International Symposium on Data Assimilation (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kotsuki S., Kurosawa K., and Miyoshi T.
2. 発表標題 On the Properties of Ensemble Forecast Sensitivity to Observations
3. 学会等名 7th International Symposium on Data Assimilation (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kotsuki S., Ota Y., and Miyoshi T.
2. 発表標題 Adaptive covariance relaxation methods for ensemble data assimilation based on innovation statistics
3. 学会等名 7th International Symposium on Data Assimilation (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kotsuki S., Pensoneault A., Okazaki A., and Miyoshi T.
2. 発表標題 Spatial structure of weights in the Local Ensemble Transform Kalman Filter: A case with an intermediate AGCM
3. 学会等名 7th International Symposium on Data Assimilation (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kotsuki S., Terasaki K., and Miyoshi T.
2. 発表標題 ensemble-Based Data Assimilation of GPM/DPR Reflectivity into the Nonhydrostatic Icosahedral Atmospheric Model NICAM
3. 学会等名 7th International Symposium on Data Assimilation (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小槻峻司, 寺崎康児, 黒澤賢太, 金丸佳矢, 三好建正
2. 発表標題 NICAM-LETKFを用いたGPM/DPRデータ同化実験
3. 学会等名 平成30年度GPMおよび衛星シミュレータ合同研究集会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kotsuki S., Sato Y., Terasaki K., Yashiro H., Tomita H., Satoh M. and Miyoshi T.
2. 発表標題 Model Parameter Estimation with Data Assimilation using NICAM-LETKF
3. 学会等名 8th International Workshop on Nonhydrostatic Models (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kotsuki S., Pensoneault A., Okazaki A., and Miyoshi T.
2. 発表標題 Weight structure of Local Ensemble Transform Kalman Filter: A case with an intermediate AGCM
3. 学会等名 9th Japanese Data Assimilation Workshop (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kotsuki S., Terasaki K., and Miyoshi T.
2. 発表標題 Ensemble-Based Data Assimilation of GPM/DPR Reflectivity into the Nonhydrostatic Icosahedral Atmospheric Model NICAM
3. 学会等名 The 8th EnKF Data Assimilation Workshop (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kotsuki S., Kurosawa K., and Miyoshi T.
2. 発表標題 Ensemble Forecast Sensitivity to Observations Verified with Multiple References
3. 学会等名 The 8th EnKF Data Assimilation Workshop (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kotsuki S., Greybush S. J., and Miyoshi T.
2. 発表標題 On the assimilation order of the serial ensemble Kalman filter: A study with the Lorenz-96 model.
3. 学会等名 The 8th EnKF Data Assimilation Workshop (国際学会)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

研究代表者HP http://www.kotsuki-shunji.com/index.html 研究代表者・研究室HP https://kotsuki-lab.com/
--

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			
オーストラリア	University of Melbourne			
ドイツ	ドイツ気象局			