

令和 6 年 5 月 15 日現在

機関番号：12608

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K18744

研究課題名（和文）超小型衛星による地域主体水管理の概念実証に向けた水文気象情報と衛星条件の地域分析

研究課題名（英文）Regional Analysis of Hydrometeorological Information and Satellite Conditions for Proof-of-Concept of Community Based Water Management Using Nano-Satellites

研究代表者

鼎 信次郎（Kanae, Shinjiro）

東京工業大学・環境・社会理工学院・教授

研究者番号：20313108

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 4,900,000円

研究成果の概要（和文）：近い将来の水文気象学への応用に向け、仮想軌道シミュレーションと観測システムシミュレーション実験（OSSE）を組み合わせることで、放射計を搭載したSSCからの仮想的かつ現実的な観測値を同化させた河川流域スケールの降雨予測性能の新しい検証を試みた。結果として、放射計を搭載したSSCの観測値を頻繁に同化することで、予測のための正確な初期条件を生成する機会が増加し、河川流域スケールの降水量の予測を著しく改善する可能性が示された。観測間隔の変動も予測精度に大きな影響を与えることがわかった。これらの結果からSSCの配置を適切に考慮することが重要であることが示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

水管理のための水文気象情報は、地域ごとに大きく異なり、従来の衛星ミッションはこの地域性に対応できるだけの柔軟性がなく、情報を地域社会が自ら取得することも難しかった。一方、近年急速な発展を遂げる超小型衛星技術は、低い打上げ費用とミッションの柔軟性を最大の強みとし、将来的に地域の主体的な水管理を可能とする。本研究によって、水文気象学的応用の観点から、望ましい予測精度を実現するために必要なSSCの構成と性能をSSC設計コミュニティに向けて提示する枠組みを提案することが可能となった。

研究成果の概要（英文）：For near-term applications in hydrometeorology, a new validation of river basin-scale rainfall forecasting performance with virtual and realistic assimilation of observations from radiometer-equipped SSCs was attempted by combining virtual orbit simulation and Observing System Simulation Experiments (OSSE). Results indicate that frequent assimilation of observations from radiometer-equipped SSCs increases the opportunity to generate accurate initial conditions for forecasting and may significantly improve river basin-scale rainfall forecasts. Variation in observation intervals was also found to have a significant impact on forecast accuracy. These results indicate the importance of proper consideration of SSC placement.

研究分野：水文学

キーワード：衛星観測 水管理 降水予測

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

水管理のための水文気象情報は、地域ごとに大きく異なり、従来の衛星ミッションはこの地域に対応できるだけの柔軟性がなく、情報を地域社会が自ら取得することも難しかった。一方、近年急速な発展を遂げる超小型衛星技術は、低い打上げ費用とミッションの柔軟性を最大の強みとし、将来的に地域の主体的な水管理を可能とするだろう。本研究では、ユーザ目線での需要の分析や将来的に超小型衛星の必要条件の明確化などについて幾つかの事例研究を通して実行し、このテーマに先鞭をつけることができると考えている。

2. 研究の目的

超小型衛星による地域主体型水管理の概念実証に向けた水文気象情報/データの需要の地域特性分析とそれに基づいた超小型衛星群の必要条件の明確化を目的とする。大雨・洪水など極端水文気象は、従来の水管理設計の上限を超えて大規模・高頻度化し、私たちの安心安全な生活を顕著に制限するようになったが、水管理の功罪が直に影響するのも地域社会であるがゆえ、地域社会が主体的に情報を取得する技術をもち、情報が地域の隅々まで行き届かなくてはならない。近年急速に発展する超小型衛星は、低費用での打ち上げや衛星群の形成による高頻度観測、柔軟なミッション設計が可能である。この活用により、途上国や地域社会が自らの手で、自らが求める衛星を打ち上げ、地域主体の水管理を行うことが可能となるであろう。この実現可能性の検討を目的とする。より具体的には、近い将来の水文気象学への応用に向け、仮想軌道シミュレーションと観測システムシミュレーション実験(OSSE)を組み合わせることで、放射計を搭載したSSCからの仮想的かつ現実的な観測値を同化させた河川流域スケールの降雨予測性能の新しい検証を試みた

3. 研究の方法

近年、小型衛星技術が急速に発展し、地球観測を目的とした受動的マイクロ波センサ搭載の小型衛星群も実用化に向けて計画されている。こうした技術の水文気象分野での迅速な応用に向けて、本研究では、仮想観測シミュレーションと観測システムシミュレーション実験(OSSE)を組み合わせ、将来実現される小型マイクロ波衛星群の、現実的な観測データを同化した場合の地域・流域スケールの降水予測性能の評価手法を構築・適用し、予測性能を衛星群構成の設計パラメータとの関係にまで落とし込んで示した。具体的には、衛星TROPICSを構成する小型衛星のデモンストレーション衛星である、受動的マイクロ波センサ搭載小型衛星Micromasのセンサ性能や、TROPICSで計画されている衛星群の衛星数や軌道設計を参考に、仮想的な小型衛星群の観測シミュレーションを行った。次に、仮想観測シミュレーションより得られる観測タイミングと観測範囲に合わせて、大気モデルより得られる仮の真の大気状態から輝度温度データを逆推定することで、受動的マイクロ波放射計を搭載した小型衛星群による仮想観測データを、現実的な頻度とタイミングで生成する手法を構築した。その上で、仮想観測からの雲水量などの情報を大気モデルに同化することで、どの程度短期降水予測が向上するかを評価し、最終的には、小型衛星群設計と観測頻度、同化の効果の関係を示した。

受動的マイクロ波センサを搭載した小型衛星群を想定して、衛星群により得られる仮想的な観測データを作成し、大気モデルに同化することでその効果を評価する。小型衛星群の仮想観測データの同化による降水予測精度評価は、「小型衛星群の軌道設計と小型衛星搭載の受動的マイクロ波センサの性能設定による観測タイミング・範囲の仮想的なシミュレーション」、「観測対象となる大気の仮の"真の状態"からマイクロ波輝度温度を逆推定することによる仮想観測データの生成」、「仮想観測データを同化した降水予測実験」の三つのステップで行う。

4. 研究成果

予測精度の評価の結果、小型マイクロ波衛星観測の同化によって、地域スケール・河川流域スケールの降水予測精度が、降水域の位置・強度とともに、顕著に改善することが示された。また、高頻度に逐次同化を行うことで、同化の効果が大気場を持続的に改善し、比較的安定して精度の高い予測が行えるようになると考えられる。

衛星群の設定における整数パラメータを変更した複数の実験からは、観測の得られる頻度だけでなく、観測の時間間隔のばらつきも降水予測精度に、比較的大きく影響することが示された。これより、降水予測精度を効果的に向上できる衛星群の構成を検討するにあたっては、本手法の

ような仮想観測シミュレーションを行うことが重要であることが示唆された。

このように、仮想観測シミュレーションを行うことで、より現実的な観測タイミング・観測範囲での仮想観測データを作成したうえで、OSSEを行うことを可能とし、その効果を示したこと、そして OSSE の結果から、望ましい降水予測精度を実現するために、要求される衛星群の構成を直接的に検討し、衛星群設計コミュニティに提案する手法が構築されたといえる。

本提案は、同化の効果だけでなく、SSC の構成と予測精度との関係も調べることができた。結果として、放射計を搭載した SSC の観測値を頻繁に同化することで、予測のための正確な初期条件を生成する機会が増加し、河川流域スケールの降水量の予測を著しく改善する可能性が示された。また、水蒸気と気温も顕著な改善を示し、降水予測の改善に間接的に寄与することがわかった。設定を変えた結果から、観測間隔の変動も予測精度に大きな影響を与えることがわかった。より安定した良い結果が得られる設定も示せた。これらの結果から SSC の配置を適切に考慮することが重要であることが示された。

しかし、河川流域スケールの降雨予測への SSC 観測の効果的な同化を実現するためには、多くの課題がある。本研究は、VOS と OSSE を組み合わせることにより、SSC 観測の降雨予測への応用を検討し、SSC 同化の効果を最大化する足がかりを提供するものであり、現実的な観測時期、観測面積での同化効果を衛星打上げ前に検討することを可能にするものである。さらに、降雨予測へのパッシブマイクロ波観測の同化という水文気象学的応用の観点から、望ましい予測精度のために必要な SSC の構成や仕様を SSC 設計コミュニティに提案する枠組みを示したといえる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計9件（うち査読付論文 8件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 9件）

1. 著者名 Hokson Jose Angelo, Kanae Shinjiro	4. 巻 25
2. 論文標題 Spatial and attribute filtering as a complementary measure in the statistical prediction of tropical cyclone rainfall	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Atmospheric Science Letters	6. 最初と最後の頁 e1197
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/asl.1197	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 HOKSON Jose Angelo, KANAE Shinjiro	4. 巻 12
2. 論文標題 THE USE OF ALONG-TRACK CENTRAL PRESSURE AND MOVEMENT SPEED IN SIMILAR TYPHOON IDENTIFICATION FOR RAINFALL PREDICTION	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Journal of JSCE	6. 最初と最後の頁 036-1,036-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/journalofjsce.23-16036	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 Hokson Jose Angelo Arocena, Kanae Shinjiro	4. 巻 -
2. 論文標題 An Alternative Similar Tropical Cyclone Identification Algorithm for Statistical TC Rainfall Prediction	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 ESS Open Archive	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) 10.22541/essoar.169841613.34307695/v1	査読の有無 無
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 藤田 隼人, 鼎 信次郎	4. 巻 78
2. 論文標題 全国の多目的ダムでの事前放流に求められる降雨予測精度の水準や改善の方向性	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 土木学会論文集B1 (水工学)	6. 最初と最後の頁 I_1237 ~ I_1242
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejhe.78.2_I_1237	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 Fujita Hayato, Kanae Shinjiro	4. 巻 15
2. 論文標題 Specifications and Accuracy of Rainfall Forecast Required for Pre-Release at Multi-Purpose Reservoirs in Japan	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Water	6. 最初と最後の頁 1277 ~ 1277
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/w15071277	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 瀬戸 里枝, 鼎 信次郎	4. 巻 78
2. 論文標題 仮想観測シミュレーションとOSSEを組合せた小型マイクロ波衛星群データ同化による短期降水予測可能性と要求観測性能の評価法の提案	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 土木学会論文集B1 (水工学)	6. 最初と最後の頁 I_511 ~ I_516
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejhe.78.2_I_511	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 瀬戸里枝	4. 巻 77
2. 論文標題 Ka-band衛星マイクロ波による大気陸面結合データ同化の開発と平成30年7月豪雨への適用	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 土木学会論文集B1 (水工学)	6. 最初と最後の頁 1345-1350
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejhe.77.2_I_1345	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 赤塚 洋介, 瀬戸 里枝, 鼎 信次郎, 小槻 峻司, 渡部 哲史	4. 巻 77
2. 論文標題 豪雪地帯に位置するダム対象とした融雪期の操作におけるAIダム操作モデルの応用可能性	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 土木学会論文集B1 (水工学)	6. 最初と最後の頁 109-114
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejhe.77.2_I_109	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 藤田 隼人, 瀬戸 里枝, 鼎 信次郎	4. 巻 77
2. 論文標題 全国多目的ダムにおける気象庁 MSM・GSMの事前放流への利用可能性	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 土木学会論文集B1(水工学)	6. 最初と最後の頁 85-90
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejhe.77.2_1_85	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7件(うち招待講演 0件/うち国際学会 3件)

1. 発表者名 Hokson Jose Angelo, 鼎 信次郎
2. 発表標題 A complementary method to Fuzzy C Means in similar tropical cyclone identification for predicting induced rainfall in Western North Pacific
3. 学会等名 水文・水資源学会 / 日本水文科学会 2023年度研究発表会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 中山 真吾, 鼎 信次郎
2. 発表標題 ハイドログラフ分離に着目したタンクモデルパラメータ同定における不確実性
3. 学会等名 水文・水資源学会 / 日本水文科学会 2023年度研究発表会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Jose Angelo Hokson, Kanae Shinjiro
2. 発表標題 Data-driven non-deterministic forecasting of tropical cyclone rainfall
3. 学会等名 IUGG2023(国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Jose Angelo Hokson, Kanae Shinjiro
2. 発表標題 Predicting FutureTropical Cyclone Rainfall underClimate Change Using aStatistical Approach
3. 学会等名 AGU Fall Meeting2023 (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Fujita Hayato, Kanae Shinjiro
2. 発表標題 Rainfall Forecast Accuracy required for Pre-release at Multi-purpose Dams in Japan
3. 学会等名 AGU Fall Meeting 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Jose Angelo HOKSON, Shinjiro KANAE, Rie SETO
2. 発表標題 The Multi-Scale Kain-Fritsch Cumulus Schme: Simulating Typhoon-Induced Heavy Precipitation Over The Philippines
3. 学会等名 第30回地球環境シンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 赤塚 洋介, 瀬戸 里枝, 鼎 信次郎, 小槻 峻司, 渡部 哲史
2. 発表標題 豪雪地帯のダムにおける融雪洪水の抑制と利水容量回復操作への AIダム操作モデルの適用可能性の検討
3. 学会等名 水文・水資源学会 日本水文科学会 2021 年度研究発表会
4. 発表年 2021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
研究 分担 者	瀬戸 里枝 (Seto Rie) (70799436)	東京工業大学・環境・社会理工学院・助教 (12608)	

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