

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 6 月 29 日現在

機関番号：12101

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2018～2021

課題番号：18H01673

研究課題名(和文) 低負荷型レーダデータ同化による直近の豪雨予測技術の高度化と河川流量予測への適用

研究課題名(英文) Development of short-term intense rainfall prediction techniques using lower-cost radar data assimilation and the application to river discharge prediction

研究代表者

若月 泰孝 (Wakazuki, Yasutaka)

茨城大学・理工学研究科(理学野)・准教授

研究者番号：70455492

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,200,000円

研究成果の概要(和文)：低負荷型レーダデータ同化による直近の豪雨予測技術の高度化と河川流量予測技術の高度化について、4つのテーマに分けて研究を推進し、良好な成果を得ることができた。直近3時間先までの降水予測研究では、選択的アンサンブルナウキャストという手法や疑似的積乱雲生成法(ALB法)を開発することができた。河川モデル予測研究では、茨城県内の主要河川を対象とした河川モデルの整備と、粒子フィルタを適用した流出予測精度向上を図った。降水観測研究では気象レーダ観測整備などを行った。12時間程度先までの予測研究では、LETKFデータ同化システムによる降水予測を河川モデルによるアンサンブル流出予測に結合することができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本課題は、激甚化する豪雨災害の予測精度向上を目指した技術開発研究である。豪雨や河川流出の予測モデル計算が現業で実施されているが、高精度な豪雨予測は技術的に非常に難解である。先行して、レーダ情報を大気モデル予測に活用する簡易型のレーダデータ同化手法(上流下層加湿法)が開発された。本研究では、上流下層加湿法の改良法の開発や、気象庁高解像度降水ナウキャストを超える精度の選択的アンサンブル降水ナウキャスト手法の開発、3次元変分法によるデータ同化実験、河川モデル実験やレーダ観測の整備、データ同化による降水予測とアンサンブル河川予測の結合など、非常に充実した成果を得ることができ、防災に資する成果となった。

研究成果の概要(英文)：A study on "Development of precipitation prediction with the low-cost radar data assimilation technique and its application to the prediction of river discharge" was promoted by dividing it into four themes, and good results were obtained. In research on precipitation forecasts for the next three hours, we developed selective ensemble nowcasting and an artificial cumulonimbus generation method (ALB method). In the river model prediction research, we developed a river model with the target region of Ibaraki Prefecture. Also, we accurately predicted river discharge using the particle filter's data assimilation technique. The weather radar observation system was constructed in the precipitation observation research, and the data were analyzed. In the study of prediction up to about 12 hours ahead, we combined the precipitation prediction by the data assimilation system LETKF with the ensemble runoff prediction by the river model.

研究分野：防災工学関連

キーワード：短時間降水予測 レーダデータ同化 河川流量予測

1. 研究開始当初の背景

豪雨は土砂災害や洪水などの水災害を引き起こし、その頻度は地球温暖化によって今後も増加すると予測されている。そのため、豪雨予測の高精度化に対する要求が高まってきた。現在の降水予測は、予測時間のレンジに応じて複数の手法を組み合わせで行われ、レーダ画像から見積もられる移動ベクトルの時間外挿による予測（補外予測）と高解像度の雲解像モデル（CRM）シミュレーションによる予測（CRM 予測）で成り立っている。強雨をもたらす積乱雲は 20～60 分程度の寿命しかないので、強雨の時間変化は非常に激しい。それに対して、補外予測は降水分布形状の定常性を仮定しているため、降水の盛衰を表現できず、精度は予測時間とともに急激に低下する。一方、CRM 予測は、積乱雲の盛衰なども物理的に表現可能である。CRM シミュレーションの初期値は、気象庁などが実施する気象観測から得られる大気環境情報を、前の時刻からの予測と最適条件で結合するデータ同化によって作成されている。昨今では、四次元変分法やアンサンブルカルマンフィルタなどの高度なデータ同化手法が用いられ、その予測精度は高くなっている。しかし、CRM 予測にも 2 つの大きな問題がある。1 つ目は、高度な手法では計算負荷が大きく、数十分先の直近予測（ノウキャスト）に間に合わないことである。降水時の大気の振る舞いは、その強いカオス性によって変化しやすいため、10 分程度の間隔で降水予測を更新するのが望ましいが、現業ベースで運用するのは難しい。2 つ目として、積乱雲の観測情報は主にレーダによって捉えられる雨の分布情報であり、雨は積乱雲の進化のステージの中盤以降に現れ、その途中の熱力学的構造の観測は容易ではない。そこで、20 分～3 時間先で比較的高い予測精度をカバーする予測手法を開発する必要がある。豪雨災害が顕著になる昨今、この予測領域は減災上重要な予測時間帯であり、複数の研究機関で技術開発が進められているにも関わらず、十分に高い精度で予測できる実運用可能な手法は未だ開発されていない。豪雨災害が起きそうな時に住民が速やかな避難行動に移せるかどうかという極めて重要な局面を左右する時間帯にもかかわらず、ここに「技術のギャップ領域」が生じているといえる。

低負荷でレーダによる降水分布の情報をデータ同化できる簡易手法として、研究代表者が考案した上流下層加湿法という手法がある（若月, 2015）。この方法は、高度なデータ同化法の一つとされる 4 次元変分法を簡素化した手法であり、積乱雲の構造と振舞の現象論的本質をとらえ、データ同化計算に含まれる複雑な計算過程を最大限簡略化するアプローチに基づいている。これは CRM 予測に基づくもので、レーダの情報から簡易的に積乱雲の構造を CRM のシミュレーションに組み込むことができる。これにより、計算負荷を大幅に低減しつつ、3 時間程度先までの降水予測の高精度化が実現すると期待される。本研究ではこの手法をベースとして、地上の水蒸気量のデータ同化を付加することによりさらなる高度化、精度向上を図る。また、現実の水害予測を念頭に置いた発展研究として、降水予測だけでなく河川モデルによる流量予測も実施する。これらの統合的な研究の結果として、減災に結びつく事前の警戒情報の創出にも貢献することを目指している。

2. 研究の目的

ゲリラ豪雨として知られる局地的大雨は、不安定大気環境下で突発的に発生し、不規則な振る舞いをするために、その挙動を予測することは極めて困難である。本研究は、豪雨を引き起こす積乱雲の発生・発達・消滅を表現可能な、高解像度の雲解像領域大気モデル（CRM）シミュレーションを用いて豪雨を 20 分～3 時間前に予測する手法を開発する。短時間更新サイクルでの CRM による 20 分～3 時間先の降水予測は、計算負荷が大きいなどの理由から未だ実用化されていない。本研究では、CRM による予測の問題点の本質をリカバーする手法を開発・高度化する。また、巨大な計算機を用いずに、3 時間先までの降水予測を 10 分ごとに更新し続けられるよう、低負荷で効率的に予測するシステムに仕上げていく。また、開発した手法を用いて河川流量の予測実験を実施することで減災に資する情報創出を目指す。

3. 研究の方法

本研究は 4 つのテーマからなる。

テーマ「降水予測（3 時間程度先まで）」では、上流下層加湿法をベースに予測精度向上のための技術開発とその高度化を実施する。また、明星電気の POTEKA（地上観測網）等を用いて水蒸気量のデータ同化を行うことで、精度向上を実現する。この際、気象庁等などが出す降水予測との比較をしながら、精度向上のインパクトを検証していく。テーマは降雨氾濫流出（RRI）モデルなどを用いた河川流量予測計算を実施する。モデルの整備・高度化を実施し、流量予測の数値実験から高精度化の研究を実施する。テーマは観測データ処理である。用いる観測データは、X バンドマルチパラメータ（X-MP）レーダおよび地上気象観測などによる水蒸気量の観測データである。これらを収集し、データ利用をサポートする。X-MP レーダは群馬大学や高知大学

にも設置してあり、降雨強度の推定精度向上に寄与する調査も実施する。また、豪雨のメカニズムに関する分析も行う。テーマは、「降水予測（既存手法 12 時間先まで）・統合システム化」とした。アンサンブルカルマンフィルタやナッジングなどの既存のデータ同化システムによる降水予測を高度化しながら、予測データをテーマに提供する。同時に、テーマの予測、テーマの河川流量予測、テーマの観測データ処理を統合するためのサポートを行う。本研究では、リアルタイムの降水予測は予定していないが、現業化可能な降水・河川流量予測を念頭に置いたシステム開発を目指す。研究代表者の統率のもと行う統合化作業は、将来の研究発展のために重要な役割を果たすと期待される。

4. 研究成果

低負荷型レーダデータ同化による直近の豪雨予測技術の高度化と河川流量予測技術の高度化について、テーマの降水予測（3 時間程度先まで）では、選択的アンサンブルナウキャストという技術を開発することができた。この手法は、レーダによる降水エコーの移動情報を時間外挿する補外予測において、補正とアンサンブル予測を組み合わせる技法で、気象庁の最先端の降水予測である高解像度降水ナウキャストと同等以上の精度を上げることができ、論文として公表した。また、気象レーダ観測データを大気モデルによる予測につなげる研究では、すでに上流下層加湿法が開発されていた。上流下層加湿法では、レーダがとらえた積乱雲のシグナルの上流側の 20 分程度前の時刻の下層大気を加湿させ、積乱雲をモデル計算上に発生させるものである。本研究では、その手法の改良に結びつく積乱雲の人為的な初期摂動構造の作成法（ALB 法）を開発した。ALB 法を用いると、積乱雲の初期構造がより自然になることが研究から示された。また、上流下層加湿法で線状降水帯を予測したケースにおいては、予測された降水量がやや過小に評価されることが指摘された。そこで、高精度補外予測を目的に開発された選択的アンサンブルナウキャストによる降水予測のフレームワークに、上流下層加湿法による CRM 降水予測をアンサンブル化して扱うべきであるという結論に至った。アンサンブル化することで、少なくとも 2 時間程度先までの降水予測精度は全体的に向上することが明確に示された。上流下層加湿法による CRM 降水予測も、補外予測もそれぞれメリット・デメリットがあり、選択的アンサンブルナウキャストはそれらを補う役割を果たしてくれる。ここまでは、主に茨城大学での研究であるが、これとは別に、防災科学技術研究所で実施した 3 次元変分法によるデータ同化による CRM 降水予測計算が、積乱雲や線状降水帯事例に対して行われた。ここでは、大気や地上の水蒸気量のデータ同化、ドップラーレーダの動径風の情報などが利用され、直近の降水予測精度は非常に高いことが示され、論文として発表された。異なる手法間での予測比較も行われ、これも選択的アンサンブルナウキャストに組み込む方向性が示された。

河川モデル予測研究（テーマ）では、降雨氾濫流出（RRI）モデルなどを用いた河川流量予測計算を実施した。令和元年東日本台風などの事例などで流量予測計算を実施し、水位や流量の波形を観測データと比較するなどの成果を論文発表した。また、河川モデル予測研究においても十分な成果をあげることができた。モデルによる河川水位予測において、粒子フィルタを適用することで予測精度を向上させ、水位上昇予測のリードタイムをより長くすることができ、論文として公表した。

テーマでは、所有する気象レーダを群馬大学から茨城大学へ移設することができ、リアルタイムで県内全域の降水を 2 分間隔で高解像に入手し解析することができるようになった。このレーダは 2 重偏波レーダであり、2 重偏波レーダの情報から雨滴粒径分布や雨量を量的に精度よく推定するアルゴリズムの開発を行い、その成果を論文発表することができた。雨量の量的推定精度向上のこの成果は、直接ではないものの間接的に降水予測に寄与するものとなる。また、設置されたレーダ情報を活用して、積乱雲の 3 次元構造の時間変化の特徴などが調べられた。

降水予測（既存手法 12 時間先まで）・統合システム化（テーマ）では、主に土木研究所で降水予測・河川流出予測統合システムの高精度化を行い、LETKF を用いたアンサンブルデータ同化による降水予測計算が実施された。LETKF でのデータ同化に用いた気象データは、比較的容易に入手可能な一般的なデータであったが、3km という高解像度で計算することで、良好な降水予測をアンサンブルベースで計算することができた。このアンサンブル降水予測の結果を利用し、河川モデル（RRI モデル）によるアンサンブル予測を実施することができた。このアンサンブル河川モデル予測の扱い方や精度検証は、現在なお継続的に研究が続いている。

このように 4 つのテーマに分けて、研究を推進したことによって、総合的に豪雨とそれにもともなう水害予測がある程度可能になってきた。テーマ間の会合も新型コロナウイルス感染症の影響が大きかった期間を除き、毎年開催することができた。本研究はリアルタイム予測を行うことを念頭に置いているわけではないが、今後の研究でシステム統合とリアルタイム予測に向けた研究開発を発展継続させていく必要がある。

このほかに、都市域での豪雨の出現傾向を気候学的観点から探る研究、雷の発生に関する研究、機械学習を用いた数値予測データの修正に関する研究などが、本研究課題に関連付けて進められ、学会発表等の一定の成果を上げた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 5件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 Shingo Shimizu, Koyuru Iwanami, Ryohei Kato, Namiko Sakurai, Takeshi Maesaka, Kaori Kieda, Yukari Shusse, Shin ichi Suzuki,	4. 巻 145
2. 論文標題 Assimilation impact of high temporal resolution volume scans on quantitative precipitation forecasts in a severe storm: Evidence from nudging data assimilation experiments with a thermodynamic retrieval method	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 2139-2160
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/qj.3548	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 若月泰孝, 五十嵐大地, 吉田翔, 高田望	4. 巻 74(5)
2. 論文標題 補正スキームと組み合わせた選択型降水補外アンサンブル予測	5. 発行年 2018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_271-I_276
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 オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 若月泰孝, 因幡直希, 山口弘誠, 中北英一	4. 巻 74(5)
2. 論文標題 Xバンドマルチパラメータレーダを用いた雨滴粒径分布と降水量の推定	5. 発行年 2018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_247-I_252
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 オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 中村要介, 小池俊雄, 阿部紫織, 中村和幸, 佐山敬洋, 池内幸司	4. 巻 74(5)
2. 論文標題 粒子フィルタを適用したRRIモデルによる河川水位予測技術の開発	5. 発行年 2018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_1381-I_1386
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 オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 WAKAZUKI Yasutaka、KOBAYASHI Kasumi、ABE Shiori、IMADA Yukiko	4. 巻 78
2. 論文標題 CLIMATE CHANGE RESPONSE PROJECTIONS DUE TO GLOBAL WARMING TO RIVER FLOODS CAUSED BY TYPHOON HAGIBIS	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. B1 (Hydraulic Engineering)	6. 最初と最後の頁 1_49 ~ 1_54
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejhe.78.2_1_49	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31件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 10件)

1. 発表者名 牛山朋來、中村要介
2. 発表標題 平成30年7月豪雨に伴う岡山県高梁川のアンサンブル洪水予測実験
3. 学会等名 日本気象学会2019年度春季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 若月泰孝, 阿部紫織, 中村要介
2. 発表標題 高解像RCM実験の情報を用いたハイブリッドダウンスケーリングと 降雨流出氾濫モデルによる河川水位・氾濫リスク評価
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2019年大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ibuki Sugino, Yasutaka Wakazuki
2. 発表標題 High-resolution regional climate model experiments focusing on urban impact in the Tokyo metropolitan area in summer
3. 学会等名 Asia Oceania Geosciences Society (AOGS) 16th Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yasutaka Wakazuki
2. 発表標題 Short-Term Precipitation Prediction Applying Upstream Low-Level Humidification Scheme to Cloud-Resolving Model Simulations
3. 学会等名 Asia Oceania Geosciences Society (AOGS) 16th Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yasutaka Wakazuki, Yosuke Nakamura, Shiori Abe
2. 発表標題 Flood risk estimation due to climate change using hybrid downscaling data
3. 学会等名 Asia Oceania Geosciences Society (AOGS) 16th Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ushiyama, T., Y. Nakamura
2. 発表標題 Ensemble flood forecasting of a disastrous flood event in 2018 Japan.
3. 学会等名 Asia Oceania Geosciences Society (AOGS) 16th Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yasutaka Wakazuki
2. 発表標題 Selective ensemble nowcast for short-term precipitation prediction system combining both radar echo extrapolation and NWP
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 若月泰孝, 杉野伊吹
2. 発表標題 領域気候ハイブリッドダウンスケーリングシステムの開発
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 若月泰孝, 米川直志
2. 発表標題 機械学習を含む複数の統計ダウンスケーリング手法による気温等の推定精度比較
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 杉野伊吹, 若月泰孝
2. 発表標題 夏季の関東域の都市ヒートアイランド強度の気候変化予測
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 中村 要介, 牛山 朋来, 阿部 紫織
2. 発表標題 平成29年7月九州北部豪雨を対象とした72時間先洪水予測の適用可能性
3. 学会等名 水文・水資源学会2018年度研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yosuke Nakamura, Koji Ikeuchi, Shiori Abe, Toshio Koike, Shinji Egashira
2. 発表標題 Evaluation of the uncertainty of flash flood prediction using the RRI model in mountainous rivers
3. 学会等名 13th International Hydroinformatics Conference (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yosuke Nakamura, Koji Ikeuchi, and Shiori Abe
2. 発表標題 Real time flash flood prediction using the rri model in mountainous rivers
3. 学会等名 The Global Conference on the International Network of Disaster Studies (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岩崎博之
2. 発表標題 日本周辺における多重雷の雷撃時間間隔を決める要因について
3. 学会等名 日本気象学会2018年度春季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岩崎博之
2. 発表標題 全球規模で見た多重雷の出現特性
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 岩崎博之・芳原容英
2. 発表標題 落雷密度と落雷エネルギーの関係
3. 学会等名 日本大気電気学会第97回研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Wakazuki, Y., D. Igarashi
2. 発表標題 Development of upstream low-level humidification and selective ensemble methods for short-term precipitation prediction system
3. 学会等名 The 13th Conference on Mesoscale Convective Systems and High-Impact Weather in East Asia (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Sugino, I., Y. Wakazuki
2. 発表標題 High-resolution regional climate model experiments with urban impact in the Tokyo metropolitan area in summer
3. 学会等名 The 13th Conference on Mesoscale Convective Systems and High-Impact Weather in East Asia (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 若月泰孝
2. 発表標題 梅雨前線帯の降水システムの理想化数値実験に関する研究
3. 学会等名 日本気象学会2018年度春季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 杉野伊吹, 若月泰孝
2. 発表標題 高解像度領域気候実験による夏季関東域の都市効果の評価
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 五十嵐大地, 若月泰孝
2. 発表標題 選択的アンサンブルによる短時間降水予測実験
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 村田文絵, 佐々浩司
2. 発表標題 高知・五台山における雨滴粒度分布のEOF解析,
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 清水慎吾
2. 発表標題 複数台レーダを用いた三次元風速場解析の手法間比較と統合化プログラムの提案
3. 学会等名 日本気象学会2018年度春季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 清水慎吾, 川村誠治, 花土弘, 瀧澤晴丈
2. 発表標題 地上デジタル放送波を用いた水蒸気遅延量の同化手法の開発 -観測演算子の設計-
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 清水慎吾, 加藤亮平, 下瀬健一, 岩波越
2. 発表標題 豪雨の予測精度向上に資する先端的研究の紹介
3. 学会等名 第11回気象庁数値モデル研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 若月泰孝, 杉野伊吹
2. 発表標題 関東域の夏季の大気循環と降水における都市効果の評価
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 若月泰孝, 佐藤未笛
2. 発表標題 数値実験上の積乱雲の初期摂動手法の開発
3. 学会等名 日本気象学会2021年度春季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 若月泰孝, 佐藤未笛
2. 発表標題 仮想大気環境場での線状降水帯の数値実験
3. 学会等名 日本気象学会2021年度春季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 若月泰孝, 小林香澄
2. 発表標題 豪雨現象の地球温暖化に対する応答実験
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 若月泰孝, 木村理穂, 伊藤哲司, 田中耕一
2. 発表標題 令和元年東日本台風水害における住民の避難行動とその背景
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 Yasutaka Wakazuki, Miteki Satoh
2. 発表標題 Development of the air-lifting-blending method for initiation of convection under calm states in numerical simulation
3. 学会等名 ICMCS-XIV(International Conference on Mesoscale Convective Systems and High-Impact Weather in East Asia) (国際学会)
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	加藤 雅也 (Kato Masaya) (00648272)	名古屋大学・宇宙地球環境研究所・研究員 (13901)	テーマ4
研究分担者	牛山 朋来 (Ushiyama Tomoki) (50466257)	国立研究開発法人土木研究所・土木研究所(水災害・リスクマネジメント国際センター)・研究員 (82114)	テーマ2・4
研究分担者	清水 慎吾 (Shimizu Shingo) (70462504)	国立研究開発法人防災科学技術研究所・水・土砂防災研究部門・主任研究員 (82102)	テーマ1
研究分担者	岩崎 博之 (Iwasaki Hiroyuki) (70261823)	群馬大学・教育学部・教授 (12301)	テーマ3

	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
連携研究者	坪木 和久 (Tsuboki Kazuhisa) (90222140)	名古屋大学・宇宙地球環境研究所・教授 (13901)	テーマ4
連携研究者	村田 文恵 (Murata Fumie) (60399326)	高知大学・理学部・講師 (16401)	テーマ3

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