

令和 3 年 6 月 30 日現在

機関番号：82114

研究種目：基盤研究(A)（一般）

研究期間：2018～2020

課題番号：18H03800

研究課題名（和文）衛星マイクロ波リモートセンシングによる水循環極端事象の監視と予測

研究課題名（英文）Monitoring and Prediction of Hydrological Extreme Events by Satellite Microwave Remote Sensing

研究代表者

小池 俊雄 (KOIKE, Toshio)

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）・センター長

研究者番号：30178173

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 34,100,000円

研究成果の概要（和文）：衛星マイクロ波放射計データを用いた2つの結合データ同化手法を開発、高度化した。一つは、大気と陸面を結合したメソスケール数値気象モデルを組み合わせて豪雨予測の精度向上を目指す大気-陸面結合データ同化手法(CALDAS)である。他方は、陸面水エネルギー収支と植生成長を組み合わせた陸面モデルとを組み合わせて、農作支援を目指す陸面-植生結合衛星データ同化手法(CLVDAS)である。後者については、さらに衛星搭載合成開口レーダによる高分解能情報を組み合わせた空間的ダウンスケーリング手法を開発した。これらは、アジア・オセアニア、アフリカ、南北アメリカに適用され、有用性が確認された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

国内外で激甚な豪雨災害が頻発し、深刻な渇水災害が長期化している。これらの現象は気候の変化に伴う水循環の極端事象の発生に関する理解や予測と一致しており、その監視・予測能力の向上が喫緊の課題である。本研究では、水循環の極端事象の監視・予測能力を向上して豪雨・渇水被害の軽減を目指して、豪雨については豪雨域の発生場所と強度の同化・予測精度の向上、渇水に関しては農作物被害に直接関係する根系層の土壌水分の推定精度の向上を、地上観測が十分でない地域においても適用可能で、様々な空間なスケールでの適用の可能性を有する衛星データ同化手法の開発と改良、適用に成功した。

研究成果の概要（英文）：Two coupled data assimilation systems based on microwave radiometers boarded on satellites were developed and improved to the various fields. One is a coupled atmosphere and land data assimilation system (CALDAS) which aims to improve heavy rainfall prediction accuracy by using a meso-scale numerical weather prediction system including the interactions between land and atmosphere. The other is a coupled land and vegetation data assimilation system (CLVDAS) which aims to improve heavy rainfall prediction accuracy by using a meso-scale numerical weather prediction system including the interactions between land and atmosphere. A spatial down scaling method for the CLVDAS was also developed by coupling with a synthetic aperture radar data.

研究分野：水文学

キーワード：マイクロ波放射計 データ同化 豪雨 渇水 水災害 気候変動 地球観測衛星 合成開口レーダ

1. 研究開始当初の背景

国内外で激甚な豪雨災害が頻発し、深刻な渇水災害が長期化している。これらの現象は気候の変化に伴う水循環の極端事象の発生に関する理解や予測と一致しており、その監視・予測能力の向上が喫緊の課題である。

2. 研究の目的

本研究は洪水予測システムの性能向上を目指して、豪雨災害の予測における核心的課題である局所的集中豪雨の位置情報を含めた豪雨の定量予測手法の高度化と、農業的渇水の予測における核心的課題である根系層の土壌水分の算定手法を組み込んだ渇水予測システム開発と農作支援のスケールへのダウンスケーリング手法開発を目的とした。

1) 大気-陸面結合衛星データ同化を組み込んだ洪水予測システムの高度化

本研究代表者および分担者は、まず低周波帯で地表面の射出率と地温の値を算定し、これらの物理量を用いて高周波帯での地表面射出を推定し、この地表面射出の推定値を放射伝達モデルの境界条件として用いたマイクロ波放射伝達モデルと、汎用的な数値気象予測モデル(ARPS、WRF)とを用いて、衛星観測値を同化することによって、陸域上大気の雲や水蒸気を観測する手法を開発してきた。本研究では、本手法の適用可能性を広げて適用可能性の検証を進めるとともに、同化の対象となる陸域の雲が放射伝達に与える影響の定量的検討を進め、さらには水雲と氷雲の判別の可能性を検討する。

2) 陸面-植生結合衛星データ同化を組み込んだ水文学的・農業的渇水予測システムの開発

土壌水分は水平に分布し、植生は通常は地表面に対して垂直な向きを有する。植生の主体は水であるので、植生域では水が垂直に立って状態にあり(standing water と呼ばれる)、水平偏波と垂直偏波の関係は、植生域と裸地では土壌水分が同じでも大きく異なる。つまり、水に高い感度を有するマイクロ波リモートセンシングを用いると植生の水分量、つまりバイオマス量を、土壌水分量とは独立に、しかも定量的に計測できる。一方本研究代表者および分担者は、光合成によって生産される炭素を葉、茎、根に配分して植生の成長を表現できるモデルを組み込んだ大気-陸面-植生-流域水循環モデルを開発しており、この鉛直1次元要素モデルと、偏波の影響を加味した電磁波の伝搬モデル、さらに地表面の粗度影響を組み込み、AMSR-E および AMSR2 の観測データを同化する陸面-植生結合衛星データ同化手法を開発している。

本研究では、このシステムに大気-海洋結合モデルの季節予測結果を入力とする渇水災害予測システムを開発し、水文学的・農業的渇水予測の性能を評価し、気候の変化に伴って増加する渇水災害の予測システムの高度化を目指す。また、農作支援情報を提供の基礎的研究として、CLVDAS の高空間分解能化を試みる。

3. 研究の方法

本研究提案は、本研究提案の研究代表者、分担者が、これまで開発、蓄積してきた、電磁波の放射伝達、波動の伝搬を基にしたマイクロ波リモートセンシング、大気、陸面、土壌、植生、地下水帯、河道を物理的につなぐ水文モデル、衛星搭載マイクロ波放射計による観測データを用いた同化システムを結合して、豪雨災害予測、渇水災害予測能力の飛躍的向上を目指す。

4. 研究成果

1) 大気-陸面結合衛星データ同化を組み込んだ洪水予測システムの高度化

本研究では複数波長の衛星マイクロ波観測輝度温度から、陸域に広がる雲システムの雲水量

を数 km 解像度で推定し、同時にモデルに同化する新たな手法を提案した。本手法は、大気陸面結合データ同化手法を用いることで、陸域雲水量の推定・表現精度向上を妨げている陸面放射の不確実性や大気モデルへの雲同化の難しさを克服した。本手法の推定雲水量を CloudSat 衛星のプロダクトで評価した結果、海陸問わず連続的に適切な雲水量が推定できることが示された。更に輝度温度や雲頂高度を変化させた感度解析から本手法の不確実性を検証した。雲水量の推定は雲頂高度に対する感度が高く、他の衛星観測等からの雲頂情報を最適化の拘束条件とすることが、雲水量の鉛直分布の大幅な改善に有効であることがわかった。以上より、困難とされてきた衛星マイクロ波観測からの雲水量推定・同化を陸域でも可能とし、時空間 4 次元に連続的なこれまでにない雲水量のプロダクトを提供できる可能性が示された。

長期的かつ広範囲にわたる複雑な雲水量分布の把握には、衛星マイクロ波の活用が必須である。衛星マイクロ波の適切な利用のために、地表面状態の非一様性が高い陸域では特に、雲を含む大気と陸面間の放射伝達特性の正確な把握が重要であるが、これまでその特性が十分明らかになっていない。本論文では、まず大気と陸面に跨る放射伝達の理論的考察から、雲存在下での大気陸面間の放射伝達特性の理解に重要な変数を整理し、それらの関係性を明確化した。その上で、衛星マイクロ波による陸域雲水量推定の基礎情報として、陸面の射出と射出率、大気からの下向き放射とその誤差の実際の値について、地上マイクロ波放射計による現地観測と数値モデルを用いて調査し、衛星からの高精度な陸域雲水量の推定のために必要な陸面放射の表現精度を定量的に検討した。本研究の結果、89GHz (36GHz) のマイクロ波を用いて雲水量を推定する場合、鉛直積算雲水量が 1.6 kg/m^2 (5 kg/m^2) を超える厚い雲については、下向き放射の輝度温度が地表面の物理温度と近いことから、土壌水分などによる射出率の非一様性を考慮しなくても、陸域雲水量を妥当に推定できることが明らかになった。雲水量が閾値以下の場合には、両周波数のマイクロ波について、陸面射出率にして 0.015、土壌水分にして 5-6% 以下の誤差にとどめることが望ましいことが明らかになった。

地球水循環の把握において、衛星マイクロ波から推定される雲水量は貴重な情報である。しかし、既存の推定手法の多くは、対象の雲降水粒子の種類を一つに限定している。一方、雲降水粒子種類の違いは、雲の寿命や降水特性を左右するため、その同時推定が望まれている。更に、既存の手法は海洋上のみに適用されるものがほとんどであり、陸域雲水量の推定法の確立は、重要課題の一つである。本研究では、まず Seto et al.、(2018) で提案された、89.0GHz を主とする複数周波数のマイクロ波を活用した陸域雲水量の推定手法を基に、36.5GHz を用いる手法を新たに構築し評価した。そして、両手法の推定値と衛星雲レーダープロダクトとの比較から「マイクロ波と雲降水粒子の相互作用の周波数・偏波依存性の活用によって、粒子種類ごとに陸域雲水量を推定するアルゴリズムの可能性」を検討した。結果、液相の陸域雲水量は 36.5GHz からでも精度よく推定できることが示されたとともに、36.5 と 89.0GHz の観測の差から雲水の雲水量を推定し、更に 36.5GHz の偏波特性から、雲水と雨粒の雲水量を区別して推定できる可能性が示された。

2) 陸面-植生結合衛星データ同化を組み込んだ水文学的・農業的渇水予測システムの開発

農業干ばつの監視・予測技術の開発は急務である。マイクロ波輝度温度観測の陸域モデルへのデータ同化により土壌水分と葉面積指数(LAI)をシミュレートできる生態水文陸域データ同化システムを北アフリカの農業干ばつの監視・予測に適用した。モロッコ、アルジェリア、チュニジアにおいて、陸域データ同化システムで算出した LAI と土壌水分を用い、全国的な小麦生産量の減少を特徴とする不作の監視に成功した。陸域データ同化システムにより推定された LAI は

モロッコ、アルジェリア、チュニジアの全国的な小麦生産量とよく相関していた(モロッコ、アルジェリア、チュニジアでそれぞれ $r = 0.70, 0.65, 0.72$)。大気大循環モデルに基づく季節予報は、2-3 ヶ月のリードタイムでの LAI と農業干ばつの正確に予測に大きく貢献することがわかった。さらに、初期条件が LAI の予測に重要な役割を果たしていることが分かった。本研究では、北アフリカにおける農業干ばつの監視と予測に本フレームワークが有効であることを示した。本研究で提案したフレームワークは、観測網が十分整備されていない大陸規模の領域において、干ばつが農業に与える悪影響を軽減することに貢献できる。

ブラジル北東域は、渇水による影響を受け易い地域の一つであり、気候学的に渇水に代表されるような「経年的に極端な気候変動」に対して脆弱であり、21 世紀後半には、降水の不足と乾燥化により大きな影響を受ける地域と言われている。本研究では、植生動態 - 陸面結合データ同化システム(CLVIDAS)によるシミュレーションを用いたブラジル北東域の渇水評価の可能性について検討した。その結果、5 年間(2003-2007 年)の年々変動からブラジル北東域における歴史的渇水年(2005 年)における農業学的渇水[主要な穀物(さとうきび・キャッサバ・コーン)生産高の減少と CLVDAS における生態水文循環プロセスの出力である LAI との整合性]を確認することができた。

2000 年代に入り、ブラジル北東域は、深刻な渇水被害を受け続けた。特に 2012 年以降続いた長期渇水は、Ceará 州における貯水池の総貯水容量を約 6%にまで落ち込ませた。本研究では、植生動態 - 陸面結合データ同化システム(CLVIDAS)を用いたブラジル北東域における長期農業的渇水解析(2003 年~2017 年)を行った。またその出力値である LAI の偏差と穀物生産量(フェジヨン豆・コーン・カシューナッツ・キャッサバ)の年々変動とその関連性より穀物モデルを求めて、LAI 偏差から穀物生産量を推定する手法を確立した。さらに降水量に灌漑水量を加算して CLVDAS シミュレーションを行うことにより目標とする生産量を得るために必要となる灌漑水量を推定する手法を確立した。

本研究では、生態水文モデルとマルチセクター・マルチリージョン経済成長モデルを統合し、干ばつの市場への影響を評価し、水の経済価値を評価した。農業生産関数のいくつかのパラメータの値は、生態水文モデルである AgriCLVDAS で計算された葉面積指標を適用することで特定した。灌漑農地と天水農地の両方の農業生産関数と、降水量と河川水の利用可能性の確率的プロセスを考慮した 3 セクター3 地域の閉鎖経済モデルを構築し、干ばつストレス下のパキスタンにおける水資源の料金と GDP 成長率を分析した。閉鎖経済モデルによれば、干ばつ期間中は、水の価格上昇(すなわち、パキスタンにおける水の限界生産性が平常時の 2 倍となること)により、作物価格が上昇する。さらに本研究では、モデルの感度解析を通じて、複数の水資源管理政策の比較方法を提示した。

超高解像度陸域モデルは、地球上の水・熱・炭素循環のシミュレーションを大幅に革新することが期待されている。従来の 1 次元モデルに対する超高解像度陸域モデルの大きな利点は、超高解像度陸域モデルがその高分解能ゆえに横方向の水の流れを明示的にシミュレーションできることである。このような超高解像度陸域モデルへの水文観測データのデータ同化に関する多くの研究がこれまでになされているものの、土壌水分観測データの同化において、局所的な地形によって引き起こされる表面水流がどのように重要であるかは十分に明らかにされていない。本研究では、土壌水分観測データをアンサンブルカルマンフィルターを用いて地表水・地下水統合陸域モデルに同化する 2 つのミニマムな理想化実験を行う。地表の横方向の流れがある場合とない場合では、アンサンブルカルマンフィルターの働きがどのように異なるのかを議論する。表面流れによってもたらされる水平方向の背景誤差共分散は、観測されていない状態変数(圧力

水頭と土壌水分)およびパラメータ(飽和透水係数)を調整するために重要な役割を果たす。しかし、地形に起因する地表流の非線形性によってもたらされる背景誤差の非ガウス性は、データ同化の性能を低下させる。線形ガウスフィルタでは、地形に駆動されて発生する表面流が到達する領域の端でモデルの状態変数とパラメータを効率的に拘束することが難しい。この結果は、超高解像度陸域モデルのための土壌水分データ同化の新たな挑戦をもたらす。本研究では、水文データ同化における地表面の横方向の流れの重要性を明らかにした。

陸域モデルの性能は、大気および関連プロセスの理解に大きく影響する。陸域モデルの土壌や植生パラメータの多くは不確実性が高く、それらを効率的に最適化することが非常に重要だ。本研究では、マルコフ連鎖モンテカルロ法(MCMC)と機械学習を組み合わせ、全球規模に適用可能かつ計算効率の高い陸域モデルのパラメータ最適化と不確実性評価手法を開発する。まず、陸域モデルの長期(10年単位)アンサンブルシミュレーションを行う。各アンサンブルメンバーは異なるパラメータ値を持つ。シミュレーションと観測のギャップ(コスト関数)をアンサンブルメンバーごとに計算する。第二に、モデルシミュレーションの学習にガウス過程回帰を適用することで、計算量は少ないがパラメータとコスト関数の関係を正確に模倣したサロゲートモデルを構築した。第三に、MCMCにおいてモデルパラメータの評価をサロゲートモデルによって行い、パラメータの事後確率分布を得た。衛星受動マイクロ波輝度温度観測データを用いて、西アフリカのサヘル地域における理想化実験と実データ実験を行い、陸域モデルの未知の土壌・植生パラメータを最適化に取り組んだ。主な発見は、(1)提案手法は、陸域モデルにMCMCを直接適用した場合の5万倍の速度で最適化を行えること、(2)土壌水分と植生の両方をシミュレートする陸域モデルの能力を向上させることができること、(3)パラメータの完全にノンパラメトリックな確率分布を得ることで、等結果性を定量化することに成功したことである。

放射計と合成開口レーダー(SAR)のデータ同化により既存の土壌水分プロダクトをダウンスケールする手法は有望な技術であるものの、高空間分解能の地表面パラメータと気象学的強制力のデータが必要である。本研究では、詳細な土壌データを持たない地域でも、高空間分解能・高時間分解能の土壌水分データを実現するために、Integrated Passive and Active Downscaling(I-PAD)と名付けた新しいダウンスケール手法を提案した。AMSR-EとPALSARのデータを、デュアルパスの陸域データ同化システムを用いて組み合わせ、1km分解能の土壌水分を取得する。デュアルパスの最初のステップでは、細かい分解能のPALSARの土壌水分、中分解能画像分光放射計(MODIS)の葉面積指数データ、粗い分解能のAMSR-Eの輝度温度データに基づき、陸域モデルのモデルパラメータを高分解能に最適化する。そして、デュアルパスの2つ目のステップでは25kmのAMSR-E観測データを、空間分解能の違いを考慮したシンプルで計算コストの低いアルゴリズムを用いて、1km分解能の地表モデルにデータ同化する。地上観測からの入力、降水量データのみである。モンゴルとLittle Washita盆地の2つの植生の薄い場所での評価では、データ同化スキームによってほとんどの観測で土壌水分の時系列推定精度が改善した。解析の結果、I-PADは粗い分解能の放射計のフットプリント内部の土壌水分分布の空間的傾向を捉えることができ、観測データの乏しい地域にも適用できる可能性を示した。このアルゴリズムで使用されている単純な最適化とデータ同化スキームの能力と限界を議論した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計11件（うち査読付論文 11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 Toride, Sawada, Aida, Koike	4. 巻 19
2. 論文標題 Toward High-Resolution Soil Moisture Monitoring by Combining Active-Passive Microwave and Optical Vegetation Remote Sensing Products with Land Surface Model	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Sensors	6. 最初と最後の頁 3924
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/s19183924	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 Mohamed Rasmy, Takahiro Sayama, Toshio Koike	4. 巻 579
2. 論文標題 Development of water and energy Budget-based Rainfall-Runoff-Inundation model (WEB-RRI) and its verification in the Kalu and Mundeni River Basins, Sri Lanka	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Hydrology	6. 最初と最後の頁 124163
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jhydrol.2019.124163	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 筒井浩行, 澤田洋平, 生駒栄司, 喜連川優, 小池俊雄	4. 巻 74
2. 論文標題 ブラジル北東域における植生動態 - 陸面結合データ同化手法による長期湯水解析に基づく穀物生産量・必要灌漑水量の推定に関する研究	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 土木学会論文集B1 (水工学)	6. 最初と最後の頁 1417-1422
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 Rie SETO, Kentaro AIDA, Toshio KOIKE, and Shinjiro KANAE	4. 巻 58
2. 論文標題 Radiative Characteristics at 89 and 36 GHz for Satellite-Based Cloud Water Estimation Over Land	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing	6. 最初と最後の頁 1-20
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TGRS.2020.2996239	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 Sawada, Y., T. Koike, E. Ikoma, and M. Kitsuregawa	4. 巻 58
2. 論文標題 Monitoring and predicting agricultural droughts for a water-limited sub-continental region by integrating a land surface model and microwave remote sensing	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing	6. 最初と最後の頁 14-33
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TGRS.2019.2927342	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 Yokomatsu, M, H. Ishiwata, Y. Sawada, Y. Suzuki, T. Koike, A. Naseer, and M. J. M. Cheema	4. 巻 43
2. 論文標題 Multi-sector multi-region economic growth model of drought and the value of water: A case study in Pakistan	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 International Journal of Disaster Risk Reduction	6. 最初と最後の頁 101368
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ijdrr.2019.101368	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 Chen F, Crow WT, Cosh MH, Colliander A, Asanuma J, Berg A, Bosch DD, Caldwell TG, Collins CH, Jensen KH, Martinez-Fernandez J, McNairn H, Starks PJ, Su Z and Walker JP	4. 巻 20
2. 論文標題 Uncertainty of Reference Pixel Soil Moisture Averages Sampled at SMAP Core Validation Sites	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Hydrometeorology	6. 最初と最後の頁 1553-1569
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1175/JHM-D-19-0049.1	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 該当する

1. 著者名 Kaihotsu I, Asanuma J, Aida K and Oyunbaatar D	4. 巻 1
2. 論文標題 Evaluation of the AMSR2 L2 soil moisture product of JAXA on the Mongolian Plateau over seven years (2012 - 2018)	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 SN Applied Sciences	6. 最初と最後の頁 1477
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s42452-019-1488-y	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 瀬戸里枝, 会田健太郎, 鼎信次郎	4. 巻 75
2. 論文標題 雲存在下での大気陸面間の高周波マイクロ波放射伝達特性に関する検討	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 学会論文集B1 (水工学)	6. 最初と最後の頁 1-6
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 Seto R., Koike T., Kanae S.	4. 巻 123
2. 論文標題 Representing Cloud Water Content of Extensive Cloud Systems Over Land Using Satellite Based Passive Microwave Observations With a Coupled Land and Atmosphere Assimilation Method	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Atmospheres	6. 最初と最後の頁 12,829 ~ 12,856
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2018JD028864	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 筒井浩行・澤田洋平・小池俊雄	4. 巻 74-5
2. 論文標題 ブラジル北東域における2005年歴史的渇水の植生動態 - 陸面結合データ同化によるモニタリング	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 土木学会論文集B1	6. 最初と最後の頁 I_1417-I_1422
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 -

〔学会発表〕 計0件

〔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	澤田 洋平 (SAWADA Yohei) (30784475)	東京大学・大学院工学系研究科 (工学部)・准教授 (12601)	

6. 研究組織（つづき）

	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	浅沼 順 (ASANUMA Jun) (40293261)	筑波大学・生命環境系・教授 (12102)	
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