

令和 3 年 6 月 9 日現在

機関番号：82109
研究種目：基盤研究(C)（一般）
研究期間：2017～2020
課題番号：17K00534
研究課題名（和文）偏光情報を用いた積雪物理量の計測技術開発と衛星データによる雪氷圏監視システム

研究課題名（英文）Development of new optical instrument for snow physical parameters using polarimetric information and its application to satellite monitoring system for cryosphere

研究代表者
谷川 朋範（Tanikawa, Tomonori）
気象庁気象研究所・気象予報研究部・主任研究官

研究者番号：20509989
交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,700,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では偏光特性を利用した新しい積雪監視手法の構築を目的として、高精度偏光計測装置による現場測定、大気-積雪-海水系の放射伝達モデルの開発を行なった。その結果、積雪の波長別偏光特性、湿雪検知に関する新たな知見が得られた。また、様々な積雪に対応する高度な光散乱粒子モデルの構築に成功した。これらの結果を用いて、衛星データを用いた積雪監視システムの開発に取り組んだ。

研究成果の学術的意義や社会的意義
本研究の成果は、積雪の偏光特性を定量的に明らかにし、その光学特性の理解を推し進めるものである。特に、積雪の波長別偏光特性（中立点の存在）、湿雪検知の可能性、高度な光散乱粒子モデルの構築など、新しい知見を見出した。これらの結果は、衛星観測による多様な積雪物理量の観測を可能にし、将来の雪氷圏の変動予測に貢献するものである。

研究成果の概要（英文）：This study focuses on snow polarization properties to construct a new monitoring system of snow physical parameters. We conducted in situ polarimetric measurement using a high-precision optical instrument and developed a radiative transfer model for the atmosphere-snow-sea ice system. Results indicate that the polarimetric measurements revealed for the first time the existence of neutral points of polarization in the snow surface, and the possibility of the detection in the wet snow surface. In addition, new finding is a development of an advanced snow grain shape model seamlessly representing a geometrical shape and an optical properties of various snow types. Based on these results, we constructed the snow monitoring system using satellite data.

研究分野：雪氷放射学，雪氷学

キーワード：偏光 分光観測 衛星観測 放射伝達 光散乱 積雪

1. 研究開始当初の背景

近年の温暖化傾向に伴い、温暖地帯では乾雪に変わり湿雪(濡れ雪)が観測されるようになってきた(Peltoniemi et al., 2009). 湿雪は水を含んだ積雪であるため、近赤外・短波長赤外域のアルベドの低下を引き起こす可能性が指摘されている(Warren, 1982). しかしその定量的な評価は依然として進んでいない. この潜在的理由は、水の存在であるが、湿雪の光学特性に関する知見が極めて不十分であるためである. 気候変動の指標として、またアルベドの変化が雪氷圏変動に与える影響の正確な評価のためには、湿雪を含む積雪の光学特性を理解し、多様な積雪物理量を観測・監視することが重要である.

偏光情報は輝度情報よりも豊富な情報量を持つことが知られている(例えば Mishchenko et al., 2004). 近赤外領域の偏光度(偏光の度合いを数値化したもの)には積雪粒子の表面情報が含まれている可能性が報告されている(Tanikawa et al., 2014). 湿雪は粒子表面に水が付着している状態で存在していることから、輝度情報に偏光情報を加えることで、湿雪を含む多様な積雪情報を取得することができるようになる、という着想に至った.

2. 研究の目的

湿雪を含む積雪の偏光特性に関する知見が極めて不十分であることから、本研究ではまず高精度積雪分光測定装置を開発し、現場観測を通じて積雪の偏光特性を明らかにする. また同時に偏光状態も計算可能な積雪放射伝達モデルの開発し、積雪の偏光特性に関して定量的に評価する. この放射伝達モデルを用いて、衛星データの解析に必要なアルゴリズム開発を行い、衛星データを用いた多様な積雪物理量を観測・監視するシステムを構築する.

3. 研究の方法

(1) 高精度積雪分光測定装置の開発と分光測定

気象研究所所有の光学装置を改良し、短時間のうちに分光測定を可能にする光学測定装置の開発を進めた. 具体的には偏光子の光軸中心に360度回転する回転機構の自動化を行い、既存のゴニオメータと組み合わせることで、短時間で高精度に測定する分光計測装置を開発した. また、偏光子の回転機構のみならず、反射角、方位角調整機構を機械制御し、任意の角度で調整することができるように改良した.

分光測定は2020年2月に北海道中札内村農場および北海道サロマ湖上の雪原にて実施した. 新雪、しまり雪、ざらめ雪、湿雪、海氷(裸氷)の波長別偏光度の測定を行なった. また比較のため双方向反射率の測定も行なった. 積雪断面観測、大気観測もあわせて行い、偏光度に対する積雪粒径依存性、不純物依存性、含水率依存性等の解析に利用した.

(2) 積雪放射伝達モデルの開発

積雪の偏光特性を定量的に評価するために、本研究ではまず現場観測から得られた積雪情報をもとに現実粒子のサイズに応じた平均的な物理特性をもち、且つ、新雪からざらめ雪まで大きささまざまな積雪に対応する高度な光散乱粒子モデルの開発に取り組んだ. 放射伝達計算においては、特に双方向反射率(偏光度)に影響を与える散乱位相関数が重要であり、それは単一散乱計算で用いる粒子形状が鍵となる. 本研究ではボロノイ構造やフラクタル次元などを利用した粒子モデル(Ishimoto et al., 2018)を使用し、最適な粒子形状モデルを探索した.

次に、この粒子形状モデルを用いて多重散乱計算を行なった. 多重散乱放射伝達モデルは大気-海洋系の多重散乱モデル(Masuda & Takashima, 1988)を応用し、大気-積雪-海水系の多重散乱モデルを開発した.

(3) 衛星データ解析

気象庁の静止気象衛星ひまわり8号、および、MODIS、GCOM衛星を用いた積雪監視システムの開発を進めた. 具体的には衛星データの集約、湿雪情報を含む積雪分布、海氷分布、積雪物理量をもとめるためのアルゴリズム開発を進めた. 積雪物理量については、積雪放射伝達モデルを用いて、大気上端における積雪反射率と積雪物理量のルックアップテーブル(LUT)を計算し、そのLUTから積雪物理量を推定した.

4. 研究成果

(1) 積雪の偏光特性

積雪の偏光度に対する反射角・方位角依存性について調べたところ、前方反射側は後方反射側に比べ偏光度が高く、ストークスパラメータのQが支配的であることがわかった. また、側方

反射側から後方反射側の偏光度は前方反射側の偏光度よりも高く、その方位角・反射角依存性はともに同パラメータの U が支配的であることがわかった。一般に U は Q よりも小さく、偏光度に対して無視できるとされてきたが、この結果は、偏光度に対し U の寄与も無視できないという重要な発見である。さらに、重要な点として、 Q と U に中立点（偏光の符号が変化する点）が存在することを世界で初めて明らかにした。特に近赤外領域の中立点は、積雪状態（粒径、密度等）に関係なく幾何情報で決まることが確認された。このことは、幾何情報から中立点を推定できることを示しており、偏光情報を用いた新たな積雪・海氷監視手法として期待される成果である。以上の結果は、放射伝達や分光学が専門の国際誌に論文として公表した(Tanikawa et al., 2021)。

(2) 積雪放射伝達モデル

さまざまな積雪に対応する高度な光散乱粒子モデルを開発するために、全天分光日射計データを用いて評価した。リモートセンシングの原理により、波長別アルベドから積雪粒径を推定し、現場観測データを用いて検証した。その結果、小粒子ではコラム型、大粒子では凝集型、中間のサイズではそれらの混合型が最適であることが明らかとなった。この結果は、国際誌に公表され(Tanikawa et al., 2020)、地球観測衛星 GCOM-C 雪氷プロダクト等にも適用されて大きな成果を挙げた(Chen et al., 2021)。この粒子形状モデルを用いて大気-積雪-海氷系の多重散乱モデルを開発し、積雪物理量が波長別偏光度、反射率、中立点にどのように影響するか調べた。その結果、偏光度は波長や積雪粒子の形・大きさ、積雪深、また太陽天頂角（入射角）、反射角、方位角によって変化することを確認した。また、中立点は大気状態によって変化することがわかった。この他、偏光度に対する湿雪の影響を調査したところ、含水の効果によって波長 1030 nm 前後の偏光度のピークが短波長側にシフトすることが確認された。観測データも同様の結果を示しており、波長 1030 nm 付近の偏光特性は湿雪検知に有効であることが確認された。以上の結果については、現在学術論文として原稿をまとめているところである。また、放射伝達と光散乱に関する専門書「Springer Series in Light Scattering 7 (Editor A. Kokhanovsky)」に本成果に関するレビュー論文を執筆しているところである。なお今回開発した大気-積雪-海氷系放射伝達モデルは、積雪・海氷物理量の監視のみならず、雪氷面上の大気エアロゾル観測における感度解析やアルゴリズム開発に利用できるなど、新たな応用展開が期待される。

(3) 衛星データ解析

はじめに気象庁の静止気象衛星ひまわり 8 号を用いた積雪監視システムの開発を進めた。一般に可視赤外の光学センサを用いて海氷を含む雪氷を観測する際には、雲の存在が大きな制約条件となる。雲と雪氷の識別に有効な近赤外・短波長赤外の波長を用い、また太陽・センサ天頂角・方位角毎に閾値を設定する動的閾値法を採用した雲識別手法を開発した(谷川ら, 2018)。このアルゴリズムをひまわり 8 号に適用し、アメダスを含む地上気象データを用いて検証作業を行った。その結果、積雪検知に関しては融雪期も含め、正答率90%を超える極めて高い精度を実現できることが分かった(Yogo et al., 2019, Ioka et al., 2019)。現在、湿雪情報を加味した積雪情報の現業化にむけて調整中である。この他、MODIS, GCOM衛星を用いた積雪監視システムの開発を進めた。ひまわり同様、雲と積雪を識別するための雲識別手法を開発し、積雪物理量については、(2)で開発した粒子形状モデルを用い、大気上端における積雪反射率から積雪物理量を抽出するためのアルゴリズムを開発した。現在、積雪分布、積雪粒径、光吸収性不純物等の積雪物理量の監視をすすめているところである。なお、当初GCOM-C衛星に搭載されている偏光チャンネルを利用した積雪監視システムの構築を予定していたが、本研究課題内で遂行することができなかった。この点については、今後、偏光チャンネルを利用した雪氷面上の大気エアロゾルの監視とあわせて進めていく予定である。

参考文献（その他は5. 発表論文を参照）

- Chen et al., 2021, Remote Sens. Environ., (in review)
Masuda & Takashima, 1988, Appl. Opt., **27**, 4891-4898.
Mishchenko et al., 2004, J. Quant. Spectrosc. Radiant. Transfer, **88**, 357-406.
Peltoniemi et al., 2009, JQSRT, **110**, 1940-1953.
Tanikawa et al., 2014, J. Geophys. Res., **119**, 13946-13964.
Warren, 1982, Rev. Geophys. And Space Phys., **20**, 67-89.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計12件（うち査読付論文 12件／うち国際共著 6件／うちオープンアクセス 8件）

1. 著者名 Toyoda T., Aoki T., Niwano M., Tanikawa T., Urakawa L. S., Tsujino H., Nakano H., Sakamoto K., Hirose N. and Yamanaka G.	4. 巻 24
2. 論文標題 Impact of observation-based snow albedo parameterization on global ocean simulation results	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Polar Science	6. 最初と最後の頁 100521-100521
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.polar.2020.100521	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 Nomura D., Wongpan P., Toyota T., Tanikawa T., Kawaguchi Y., Ono T., Ishino T., Tozawa M., Tamura T. P., Yabe I.S., Son E. Y., Vivier F., Lourenco A., Lebrun M., Nosaka Y., Hirawake T., Ooki A., Aoki S., Else B., Fripiat F., Inoue J. and Vancoppenolle M.	4. 巻 38
2. 論文標題 Saroma-ko Lagoon Observations for sea ice Physico-chemistry and Ecosystems 2019 (SLOPE2019)	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Bulletin of Glaciological Research	6. 最初と最後の頁 1-12
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.5331/bgr.19R02	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 Yogo Y., Ioka Y., Tanikawa T., Hosaka M., Ishida H. and Aoki T.	4. 巻 64
2. 論文標題 Algorithm Theoretical Basis for the Himawari-8, -9/AHI Cryosphere Product Part 1: Snow Cover	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Meteorological Satellite Center Technical Note	6. 最初と最後の頁 1-12
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 Ioka Y., Yogo Y., Tanikawa T., Hosaka M., Ishida H. and Aoki T.	4. 巻 64
2. 論文標題 Algorithm Theoretical Basis for the Himawari-8, -9/AHI Cryosphere Product Part 2: Sea Ice Distribution	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Meteorological Satellite Center Technical Note	6. 最初と最後の頁 13-21
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 Tanikawa T., Kuchiki K., Aoki T., Ishimoto H., Hachikubo A., Niwano M., Hosaka M., Matoba S., Kodama Y., Iwata Y. and Stamnes K.	4. 巻 125
2. 論文標題 Effects of Snow Grain Shape and Mixing State of Snow Impurity on Retrieval of Snow Physical Parameters From Ground Based Optical Instrument	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Atmospheres	6. 最初と最後の頁 e2019JD031858
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2019JD031858	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 黒崎豊, 的場澄人, 飯塚芳徳, 庭野匡思, 谷川朋範, 青木輝夫	4. 巻 80 (6)
2. 論文標題 バフィン湾周辺の環境がグリーンランド北西部の降雪中のd-excessと化学成分に与える影響	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 日本雪氷学会	6. 最初と最後の頁 515-529
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 Chen N., Li W., Gatebe C., Tanikawa T., Hori M., Shimada R., Aoki T. and Stamnes K.	4. 巻 219
2. 論文標題 New neural network cloud mask algorithm based on radiative transfer simulations	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Remote Sensing of Environment	6. 最初と最後の頁 62-71
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.rse.2018.09.029	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 Matoba S., Niwano M., Tanikawa T., Iizuka Y., Yamasaki T., Kurosaki Y., Aoki T., Hashimoto A., Hosaka M. and Sugiyama S.	4. 巻 36
2. 論文標題 Field activities at the SIGMA-A site, northwestern Greenland Ice Sheet, 2017	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Bulletin of Glaciological Research	6. 最初と最後の頁 15-22
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5331/bgr.18R01	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 Stamnes S., Fan Y., Chen N., Li W., Tanikawa T., Lin Z., Liu X., Burton S., Omar A., Stamnes J. J., Cairns B. and Stamnes K.	4. 巻 6
2. 論文標題 Advantages of Measuring the Q Stokes Parameter in Addition to the Total Radiance I in the Detection of Absorbing Aerosols	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Frontiers in Earth Science	6. 最初と最後の頁 1-11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/feart.2018.00034	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 N., Li W., Tanikawa T., Hori M., Shimada R., Aoki T. and Stamnes K.	4. 巻 25
2. 論文標題 Fast yet accurate computation of radiances in shortwave infrared satellite remote sensing channels	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Optics Express	6. 最初と最後の頁 A649-A649
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/OE.25.00A649	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 Ishimoto H., Adachi S., Yamaguchi S., Tanikawa T., Aoki T. and Masuda K.	4. 巻 209
2. 論文標題 Snow particles extracted from X-ray computed microtomography imagery and their single-scattering properties	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer	6. 最初と最後の頁 113 ~ 128
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jqsrt.2018.01.021	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 Tanikawa T., Masuda K., Ishimoto H., Aoki T., Hori M., Niwano M., Hachikubo A., Matoba S., Sugiura K., Toyota T., Ohkawara N. and Stamnes K.	4. 巻 in press
2. 論文標題 Spectral degree of linear polarization and neutral points of polarization in snow and ice surfaces	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer	6. 最初と最後の頁 na
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 -

〔学会発表〕 計17件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 8件）

1. 発表者名 谷川朋範, 青木輝夫, 石元裕史, 庭野匡思, 堀雅裕, 的場澄人
2. 発表標題 積雪の波長別偏光測定装置の高度化
3. 学会等名 気象学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 T. Tanikawa, K. Kuchiki, T. Aoki,1, H. Ishimoto, M. Niwano, M. Hosaka, S. Matoba, Y. Kodama, Y. Iwata and K. Stamnes
2. 発表標題 Effects of snow grain shape and mixing state of snow impurity on retrieval of snow physical parameters from ground-based spectral radiometer
3. 学会等名 Sixth International Symposium on Arctic Research (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 谷川朋範, 青木輝夫, 庭野匡思, 保坂征宏, 的場澄人
2. 発表標題 ISSW法による積雪不純物濃度の推定
3. 学会等名 日本気象学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 石元裕史, 増田一彦, 谷川朋範
2. 発表標題 近赤外波長でのぬれ雪粒子の光散乱計算
3. 学会等名 日本気象学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 谷川朋範, 青木輝夫, 中山雅茂, 直木和弘, 平譚享, 庭野匡思, 保坂征宏, 堀雅裕
2. 発表標題 北海道サロマ湖における海水の波長別アルベド測定と海水放射伝達モデルの検証
3. 学会等名 日本雪氷学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Tanikawa, T., T. Aoki, T. Hirawake, M. Nakayama, K. Naoki, M. Hori, M. Niwano, and M. Hosaka
2. 発表標題 Radiative transfer model of sea ice and its validation with filed measurement of spectral albedo of sea ice at Saroma Lagoon in Japan
3. 学会等名 AGU 2018 Fall Meeting (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Chen, N., W. Li, G. Charles, T. Tanikawa, M. Hori, T. Aoki, R. Shimada, and K. Stamnes
2. 発表標題 The effect of surface roughness and polarization on the snow bi-directional reflectance factor (BRF): Model simulations and validation using NASA Cloud Absorption Radiometer measurements
3. 学会等名 AGU 2018 Fall Meeting (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Ishimoto, H., T. Tanikawa, S. Adachi, and K. Masuda
2. 発表標題 Shapes and Light Scattering Properties of Snow Particles Estimated from X-ray Micro-CT Imagery and Geometrical Optics Method Calculations
3. 学会等名 PIERS2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Ioka, Y., T. Tanikawa, M. Hosaka, T. Aoki, Y. Yogo
2. 発表標題 Improvement of snow detection product from Himawari-8 and the validation
3. 学会等名 The Ninth Symposium on Polar Science (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 広沢陽一郎, 青木輝夫, 庭野匡思, 的場澄人, 兒玉裕二, 谷川朋範
2. 発表標題 札幌の積雪不純物がアルベドに与える影響定量的評価
3. 学会等名 気象学会関西支部2018年度第2回例会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 余郷友祐, 深堀正志, 谷川朋範, 保坂征宏, 井岡佑介, 青木輝夫
2. 発表標題 ひまわり8号のデータを用いた積雪域識別の高精度化
3. 学会等名 日本気象学会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 谷川朋範, 青木輝夫, 庭野匡思, 保坂征宏, 堀雅裕
2. 発表標題 グリーンランド北西部カナックフィヨルドにおける海水の波長別アルベド測定
3. 学会等名 日本雪氷学会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 谷川朋範
2. 発表標題 海氷の放射伝達モデルの開発とその検証
3. 学会等名 低温研共同研究集会「グリーンランド氷床における近年の質量損失の実態解明：メカニズムの理解と影響評価」
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 谷川朋範, 庭野匡思, 橋本明弘, 保坂征宏, 青木輝夫
2. 発表標題 南極氷床表面の放射収支変動、及びそれに関連する物理特性の観測と研究
3. 学会等名 極地研共同研究集会「東南極で検出される気候変動に関する研究集会」
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Tanikawa, T., T. Aoki, M. Niwano, M. Hosaka and M. Hori
2. 発表標題 Spectral albedo measurement of sea ice at Qaanaaq fjord in northwest Greenland
3. 学会等名 AGU 2017 Fall Meeting (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yogo, Y., Y. Ioka, T. Tanikawa, M. hosaka, T. Aoki
2. 発表標題 Improvement of the Snow Detection Using Himawari-8 Observation
3. 学会等名 The Eighth Symposium on Polar Science (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Ioka, Y., T. Tanikawa, M. Hosaka, T. Aoki, Y. Yogo
2. 発表標題 Improved snow detection on Himawari-8 observation data and the validation
3. 学会等名 The Eighth Symposium on Polar Science (国際学会)
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 谷川朋範, 余郷友祐, 井岡佑介, 深堀正志, 保坂征宏, 青木輝夫, 浜田啓次, 赤坂有史	4. 発行年 2018年
2. 出版社 日本気象学会	5. 総ページ数 184
3. 書名 気象研究ノート「静止気象衛星ひまわり8号・9号とその利用」第11章「積雪・海氷」	

〔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	長 幸平 (Cho Kohei) (90256199)	東海大学・情報理工学部・教授 (32644)	

	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	石元 裕史 (Ishimoto Hiroshi) (70281136)	気象庁気象研究所・気象観測研究部・室長 (82109)	
連携 研究者	堀 雅裕 (Hori Masahiro) (30509831)	富山大学・学術研究部都市デザイン学系・教授 (13201)	

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