

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 3 年 6 月 7 日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2020

課題番号：18K03745

研究課題名（和文）衛星搭載アクティブセンサによる多重散乱を考慮した雲・降水システムの解明

研究課題名（英文）Application of multiple scattering theories to spaceborne active sensors for understanding the physical processes related to clouds and precipitation

研究代表者

佐藤 可織 (Sato, Kaori)

九州大学・応用力学研究所・助教

研究者番号：00584236

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：本研究課題では、衛星搭載能動型センサに適用することのできる時間発展型・多重散乱偏光過程モデルの開発と検証を実施した。開発した手法を導入した衛星搭載アクティブセンサ解析アルゴリズムから、従来困難であった雲・降水の物理プロセスを解析するための新たな枠組みを構築し、雲・降水粒子解析技術の高度化を実施した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

衛星搭載アクティブセンサは気候変動の研究で重要な研究課題の一つである雲の全球観測に有効な手段として期待されている。本研究課題では、この衛星観測の解釈に重要な物理機構の解明と新たな定式化を行うことで、衛星解析上の長年の課題を解決し国際学術誌において評価された。開発した手法は将来衛星計画の進展にも役立つと期待されている。

研究成果の概要（英文）：A physical model was developed to provide fast estimates of the polarization properties of spaceborne lidar returns from clouds under multiple scattering conditions for global analysis. The simulated depolarization ratio profiles from the developed method showed good agreement with Monte Carlo simulations.

研究分野：大気物理、衛星リモートセンシング

キーワード：衛星観測 散乱素過程 雲・降水過程

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

衛星搭載の二波長偏光ライダーと雲レーダにより雲の3次元分布観測が行われている。これらアクティブセンサ搭載衛星観測から雲・降水粒子の物理特性を精度良く抽出し応用するには解析上の様々な課題が存在する。中でも衛星アクティブセンサ観測における多重散乱過程を高速に解析する手法の確立には大きな課題があった。特に、雲に感度が高い衛星偏光ライダー観測では単散乱成分よりも多重散乱成分の強度が数桁大きくなり、雲内部の物理特性を定量的に明らかにするには、衛星偏光ライダー光の時間発展を正しく高速に解析することが求められているが、それを可能にする時間発展型多重散乱理論の解法が開発されていないため、新たな手法の提案が必要とされていた。

2. 研究の目的

本研究課題では、衛星搭載アクティブセンサの定量的な解析に必要な物理過程解析モデルの確立を目的としている。この物理過程解析モデルを活用することにより、雲・降水の散乱素過程を理解し、衛星搭載アクティブセンサを用いた雲・降水粒子解析技術の高度化と雲・降水システム特性の解明を目指す。

3. 研究の方法

衛星偏光ライダーの観測の内、受信強度における多重散乱効果を考慮する方法として時間依存する放射伝達方程式の簡略化と計算の高速化を試みた統計的手法は近年発表されているが、適用範囲や偏光情報を解析できないという問題があり、雲微物理量の鉛直構造推定が行えない。またモンテカルロ法は計算効率から、鉛直方向に数桁で変化する雲特性分布の逆推定に使用するには課題がある。

本研究課題では、衛星アクティブセンサの受信強度を高速推定する独自開発の物理過程解析モデル(Sato et al., 2018)の理論的拡張を行うことにより、衛星二波長偏光ライダーに適用可能な時間発展型多重散乱理論の解法を開発を行う。モンテカルロ法と地上観測による検証から開発した手法を衛星解析に応用する。

4. 研究成果

3. 研究手法により、衛星二波長偏光ライダーで観測される雲からの受信強度と偏光情報を取り扱える時間発展型多重散乱理論の新しい解法を開発し、衛星解析に必要な高速化と高精度を同時に達成した(Sato et al., 2019)。

検証のため大規模な数値実験を実施し、開発した手法が衛星解析への適用に十分な精度で高速に求められること、また多波長解析に使用可能であることが分かった(Sato et al., 2019)。さらに、感度実験から本研究で開発した手法により従来困難であった定量的な雲内部特性解析が可能であることを示した。

開発した手法を衛星搭載アクティブセンサの高時空間分解能データの解析に最適な形で取り込むために改良・拡張を行った。また、CALIPSO衛星偏光ライダーで使用されている受信系の特性の影響を考慮した解析データの構築を行った(Sato et al., 2020)。エアロソル、雲、霧雨・降水特性の最新の地上観測・解析(Jin et al., 2020, Nishizawa et al., 2021)に基づき、開発した物理過程モデルと多波長解析を導入した衛星搭載アクティブセンサ解析アルゴリズムから雲・

降水物理プロセスを解析するための新たな枠組みを構築し全球データに適応した(Okamoto et al., 2019, 2020)。このことにより雲・降水粒子解析技術が進展し、雲-降水システムの特性解析を行った。

本研究課題で得られた研究成果を国際学術誌において発表した他、国際会議等で報告を行った。

<引用文献>

1. Nishizawa T, Jin Y, Sugimoto N, Sato K., Fujikawa M., Ishii S., Aoki M., Nakagawa K., Okamoto H., Observation of clouds, aerosols, and precipitation by multiple-field-of-view multiple-scattering polarization lidar at 355nm, *Journal of Quantitative Spectroscopy & Radiative Transfer*, Volume 271, 107710, doi.org/10.1016/j.jqsrt.2021.107710, 2021
2. Sato K., Okamoto H., Application of single and multiple-scattering theories to analyses of space-borne cloud radar and lidar data, *Springer Series in Light Scattering*, Vol.5, Springer Nature, pp.1-37, doi:10.1007/978-3-030-38696-2_1, 2020
3. Jin Y, Nishizawa T, Sugimoto N, Ishii S, Aoki M, Sato K, Okamoto H. Development of a 355-nm high-spectral-resolution lidar using a scanning Michelson interferometer for aerosol profile measurement. *Optics Express*, 28, 23209-23222, 2020.
4. Sato K., Okamoto H., Ishimoto H., Modeling the depolarization of space-borne lidar signals. *Optics Express*, 27, A117-A132, doi.org/10.1364/OE.27.00A117, 2019
5. Okamoto H, Sato K, Borovoi A, Ishimoto H, Masuda K, Konoshonkin A, Kustova N. Interpretation of lidar ratio and depolarization ratio of ice clouds using space-borne high-spectral-resolution polarization lidar. *Optics Express* 2019, 27, 36587-36600
6. Okamoto H., Sato K., Borovoi A., Ishimoto H., Masuda K., Konoshonkin A., Kustova N., Wavelength dependence of ice cloud backscatter properties for space-borne polarization lidar applications, *Optics Express* 28, 29178-29191, doi.org/10.1364/OE.400510, 2020
7. Sato K., Okamoto H., Ishimoto H., Physical model for multiple scattered space-borne lidar returns from clouds, *Optics Express*, 26, A301-A319, doi.org/10.1364/OE.26.00A301, 2018

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計18件（うち査読付論文 18件 / うち国際共著 2件 / うちオープンアクセス 8件）

| | |
|--|-------------------------------|
| 1. 著者名 Jin Y., Nishizawa T., Sugimoto N., Ishii S., Aoki M., Sato K., Okamoto H. | 4. 巻 28 |
| 2. 論文標題 Development of a 355-nm high-spectral-resolution lidar using a scanning Michelson interferometer for aerosol profile measurement | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 Optics Express | 6. 最初と最後の頁 23209 ~ 23209 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/OE.390987 | 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 Okamoto H., Sato K., Borovoi A., Ishimoto H., Masuda K., Konoshonkin A., Kustova N. | 4. 巻 28 |
| 2. 論文標題 Wavelength dependence of ice cloud backscatter properties for space-borne polarization lidar applications | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 Optics Express | 6. 最初と最後の頁 29178 ~ 29178 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/OE.400510 | 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 Koike M., Goto-Azuma K., Kondo Y., Matsui H., Mori T., Moteki N., Ohata S., Okamoto H., Oshima N., Sato K., Takano T., Tobo Y., Ukita J., Yoshida A. | 4. 巻 27 |
| 2. 論文標題 Studies on Arctic aerosols and clouds during the ArCS project | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Polar Science | 6. 最初と最後の頁 100621 ~ 100621 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.polar.2020.100621 | 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 Nishizawa T., Jin Y., Sugimoto N., Sato K., Fujikawa M., Ishii S., Aoki M., Nakagawa K., Okamoto H. | 4. 巻 271 |
| 2. 論文標題 Observation of clouds, aerosols, and precipitation by multiple-field-of-view multiple-scattering polarization lidar at 355 nm | 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 107710 ~ 107710 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jqsrt.2021.107710 | 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 Kikuchi M., Okamoto H., Sato K. | 4. 巻 126 |
| 2. 論文標題 A Climatological View of Horizontal Ice Plates in Clouds: Findings From Nadir and Off Nadir CALIPSO Observations | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Atmospheres | 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) 10.1029/2020JD033562 | 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 Sato K., Okamoto H. | 4. 巻 5 |
| 2. 論文標題 Application of single and multiple-scattering theories to analyses of space-borne cloud radar and lidar data | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 Springer Series in Light Scattering | 6. 最初と最後の頁 1-37 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-38696-2_1 | 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 Okamoto H., Sato K, Borovoi A., Ishimono H., Masuda K., Konoshonkin A., Kustova N. | 4. 巻 27 |
| 2. 論文標題 Interpretation of lidar ratio and depolarization ratio of ice clouds using spaceborne high-spectral-resolution polarization lidar | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Optics Express | 6. 最初と最後の頁 36587 ~ 36587 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/OE.27.036587 | 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 Jin, Y., Sugimoto N., Nishizawa T., Yoshitomi T., Sawada A., Sarae W., Hattori A., Yamasaki Y., Okamoto H., Sato K. | 4. 巻 58 |
| 2. 論文標題 Measurement of water mist particle size generated by rocket launch using a two-wavelength multi-static lidar | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Applied Optics | 6. 最初と最後の頁 6274 ~ 6274 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/AO.58.006274 | 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 Iwasaki S., Seguchi T., Okamoto H., Sato K., Katagiri S., Fujiwara M., Shibata T., Tsuboki K., Ono T., Sugidachi T. | 4. 巻 21 |
| 2. 論文標題 Large-and-Sparse-particle Clouds (LSC): Clouds which are subvisible for space-borne lidar and observable for space-borne cloud radar | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Polar Science | 6. 最初と最後の頁 117-123 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.polar.2019.05.003 | 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 Ishii S., Aoki M., Tominaga K., Nishizawa T., Jin Y., Sugimoto N., Shibata Y., Sato A., Sato K., Okamoto H. | 4. 巻 237 |
| 2. 論文標題 Development of Direct-Detection Doppler Wind Lidar for Vertical Atmospheric Motion | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 EPJ Web Conf. | 6. 最初と最後の頁 06006 ~ 06006 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1051/epjconf/202023706006 | 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 Okamoto H., Sato K., Fujikawa M., Oikawa E., Nishizawa T., Ishii S., Jin Y., Aoki M., Sugimoto N. | 4. 巻 237 |
| 2. 論文標題 Development of Synergetic-Active Sensor-System for Evaluation of Observations by Earthcare | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 EPJ Web Conf. | 6. 最初と最後の頁 07011 ~ 07011 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1051/epjconf/202023707011 | 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 Sato K., Okamoto H., Ishimoto H. | 4. 巻 27 |
| 2. 論文標題 Modeling the depolarization of space-borne lidar signals | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Optics Express | 6. 最初と最後の頁 A117 ~ A132 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/OE.27.00A117 | 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 Okamoto H., Sato K. | 4. 巻 39 |
| 2. 論文標題 Analysis of cloud physical properties by CloudSat, CALIPSO and EarthCARE satellites | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 J. Remote Sens. Soc. J | 6. 最初と最後の頁 197-206 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11440/rssj.39.197 | 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 Ishii S., Akahane K., Nagano S., Nakagawa K., Sato K., Okamoto H., Sato A., Aoki M. | 4. 巻 10779 |
| 2. 論文標題 Development of Tm, Ho: YLF laser for future space-based doppler wind lidar | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 Proc. SPIE | 6. 最初と最後の頁 1077903-1~7 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1117/12.2324388 | 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 Sato K., Okamoto H., Katagiri S., Shiobara M., Yabuki M., Takano T. | 4. 巻 176 |
| 2. 論文標題 Active sensor synergy for arctic cloud microphysics | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 EPJ Web Conf. | 6. 最初と最後の頁 08004-1-08004-4 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1051/epjconf/201817608004 | 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 Okamoto H., Sato K., Ishii S., Aoki M., Nishizawa T., Sugimoto N., Jin Y., Ohio Y., Horie H., Fujikawa M. | 4. 巻 - |
| 2. 論文標題 Next-generation-synergetic-observation-system for the unified analysis of CALIPSO, ADM-Aeolus and EarthCARE-ATLID | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 CLRC2018 | 6. 最初と最後の頁 We6-1-We6-1-4 |
| 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 Okamoto H., Sato K., Katagiri S., Fujikawa M., Nishizawa T., Sugimoto N., Jin Y., Shimizu A., Ishimoto H. | 4. 巻 176 |
| 2. 論文標題 Application of multiple-scattering polarization lidar for the evaluation of space-borne lidar algorithms | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 EPJ Web Conf. | 6. 最初と最後の頁 02014-1-02014-4 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1051/epjconf/201817602014 | 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 Katagiri S., Sato K., Ohta K., Okamoto H. | 4. 巻 176 |
| 2. 論文標題 Refinement of the CALIOP cloud mask algorithm | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 EPJ Web Conf. | 6. 最初と最後の頁 05043-1-05043-4 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1051/epjconf/201817605043 | 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18件 (うち招待講演 5件 / うち国際学会 14件)

| |
|--|
| 1. 発表者名 Sato K. |
| 2. 発表標題 Cloud, Aerosol and Radiation Explorer for Understanding Clouds and the Climate System |
| 3. 学会等名 SDGs Think & Act Together (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 H. Okamoto, Y. Ohno, T. Nishizawa, T. Nakajima, K. Suzuki, M. Satoh, K. Sato, Y. Hagihara, Y. Jin, M. Wang, E. Oikawa, W. Roh. |
| 2. 発表標題 Japanese science update for 34th EarthCARE JMAG |
| 3. 学会等名 34th JMAG Meeting (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 H. Okamoto, Y. Ohno, T. Nishizawa, T. Nakajima, K. Suzuki, M. Satoh, K. Sato, Y. Hagihara, Y. Jin, M. Wang, E. Oikawa, W. Roh. |
| 2. 発表標題 Japanese science update for 33rd EarthCARE JMAG |
| 3. 学会等名 33th JMAG Meeting (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 H. Okamoto, K. Sato, E. Oikawa, H. Ishimoto, M. Fujikawa, T. Yabe |
| 2. 発表標題 Development of CPR-, CPR-ATLID, CPR-ATLID-MSI synergy algorithms |
| 3. 学会等名 JAXA EarthCARE-PI meeting (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 M. Fujikawa, H. Okamoto, K. Sato, T. NISHIZAWA, Y. Jin, N. Sugimoto, R. Kudo |
| 2. 発表標題 MFMSPLを用いた大気中の粒子タイプの解析 |
| 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 M. Kikuchi, H. Okamoto, K. Sato |
| 2. 発表標題 衛星搭載ライダーCALIOPによる平板氷晶の全球長期解析 |
| 3. 学会等名 日本気象学会2021年度春季大会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1 . 発表者名 Sato K., Okamoto H., Oikawa E. |
| 2 . 発表標題 EarthCARE L2 cloud/precipitation retrieval algorithms |
| 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 Ishii S., Aoki M., Tominaga K., Nishizawa T., Jin Y., Sugimoto N., Shibata Y., Sato A., Sato K., Okamoto H. |
| 2 . 発表標題 Development of Direct-Detection Doppler Wind Lidar for Vertical Atmospheric Motion |
| 3 . 学会等名 29th ILRC (国際学会) |
| 4 . 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1 . 発表者名 Sato K. Okamoto H. |
| 2 . 発表標題 Studying cloud and drizzle from space borne active sensors |
| 3 . 学会等名 27th IUGG General Assembly (国際学会) |
| 4 . 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1 . 発表者名 Sato K. Okamoto H., Oikawa E. |
| 2 . 発表標題 EarthCARE L2 algorithms for cloud and precipitation |
| 3 . 学会等名 JPGU 2019 |
| 4 . 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Sato K., Okamoto H., |
| 2. 発表標題 Global analysis of water cloud processes from active sensors |
| 3. 学会等名 EGU General Assembly (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Sato K., Okamoto H., Ishimoto H. |
| 2. 発表標題 Development and Application of a physical model-based active sensor retrieval scheme |
| 3. 学会等名 JpGU Meeting |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Sato K., Okamoto H., Ishimoto H., Ishii S. |
| 2. 発表標題 Physical model approach (PM) for the analysis of active sensor systems |
| 3. 学会等名 19th Coherent Laser Radar Conference (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Sato K., Okamoto H., Ishimoto H., Katagiri S. |
| 2. 発表標題 EarthCARE L2 cloud/precipitation algorithms |
| 3. 学会等名 7th International EarthCARE Science Workshop & 1st ESA EarthCARE Validation Workshop (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Ishii S., Akahane K., Nagano S., Nakagawa K., Sato K., Okamoto H., Sato A., Aoki M. |
| 2. 発表標題 Development of Tm,Ho: YLF laser for future space-based doppler wind lidar |
| 3. 学会等名 SPIE Asia-Pacific remote sensing (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Sato K., Okamoto H. |
| 2. 発表標題 Application of a physical model to satellite-borne active sensors for cloud process studies |
| 3. 学会等名 SPIE Asia-Pacific remote sensing (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Sato K., Okamoto H., |
| 2. 発表標題 Physical model for spaceborne active sensors |
| 3. 学会等名 RadLidar conference (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Sato K., Okamoto H. |
| 2. 発表標題 Simulations and ground-based observations for cloud studies from space-borne lidars |
| 3. 学会等名 Aeolus cal/val & science workshop (国際学会) |
| 4. 発表年 2019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 |
|--|---------------------------|-----------------------|----|
|--|---------------------------|-----------------------|----|

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 |
|---------|---------|
|---------|---------|