

令和 5 年 6 月 20 日現在

機関番号：32686

研究種目：国際共同研究加速基金（国際共同研究強化）

研究期間：2018～2022

課題番号：17KK0097

研究課題名（和文）太陽系外地球型惑星の水環境進化

研究課題名（英文）Aqueous environments of terrestrial exoplanets

研究代表者

亀田 真吾（Kameda, Shingo）

立教大学・理学部・教授

研究者番号：30455464

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 9,000,000円

渡航期間：5.5ヶ月

研究成果の概要（和文）：広大な宇宙において、生命を有するのは地球だけだろうか？初期地球にもたらされた水・有機物といった始原物質を調査するため、惑星科学分野では2018-2019年には日本とアメリカの小惑星探査機はやぶさ2、OSIRIS-RExがそれぞれ目標の小惑星に到着した。一方、天文学分野では太陽系外惑星の検出数が増加しており、地球と類似した環境を持つ可能性のある惑星も複数発見された。本研究では、水素・酸素原子の観測による系外惑星環境の研究を進展させ、惑星科学分野と天文学分野で独立に進められてきた研究を統合し、国際共同研究によって太陽系外地球型惑星の水環境に迫ることを目標とし、研究を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

2018年6月に、はやぶさ2は小惑星に到着し、2019年2月には最初の着陸・資料採取を成功させた。この際に、本体のカメラに加えて、小型着陸機MASCOTを用いて小惑星表面の調査を行い、小惑星の形成過程を推定することができた。これは初期地球への物質供給にとって重要な情報となる。また、太陽系外地球型惑星の観測に向けた紫外線観測装置の開発を進め、ロシアの紫外線宇宙望遠鏡WSO-UV搭載に向けた準備・調整により、国際協定を結ぶ準備を完了した。2022年2月以降、輸出規制のために装置の開発は止めているが、系外地球型惑星の上層大気を初めて検出する準備が完了した。

研究成果の概要（英文）：Is the Earth the only planet with life? The JAXA and NASA asteroid probes Hayabusa-2 and OSIRIS-REx arrived at their respective target asteroids in 2018-2019 to investigate primitive materials such as water and organic matter brought to the early Earth, in the planetary science field. Meanwhile, in the field of astronomy, the number of exoplanets detected is increasing, and several planets with potentially Earth-like environments have been discovered. In this study, we developed the research on exoplanet environments by observing hydrogen and oxygen atoms, integrated the research that has been conducted independently in the planetary science and astronomy fields, and aimed to approach the water environment of exoplanet Earth-like planets through international joint research.

研究分野：惑星科学

キーワード：系外惑星 小惑星 はやぶさ2 紫外線 高層大気

1. 研究開始当初の背景

広大な宇宙において、生命を有するのは地球だけだろうか？初期地球にもたらされた水・有機物といった始原物質を調査するため、惑星科学分野では2018-2019年には日本とアメリカの小惑星探査機はやぶさ2、OSIRIS-RExがそれぞれ目標の小惑星に到着する予定となっていた。一方、天文学分野では太陽系外惑星の検出数がここ数年で爆発的に増加しており、地球と類似した環境を持つ可能性のある惑星も複数発見されていた。本研究では、基課題の目的である水素・酸素原子の観測による系外惑星環境の研究を進展させ、惑星科学分野と天文学分野で独立に進められてきた研究を統合し、国際共同研究によって太陽系外地球型惑星の水環境進化の研究を進め、地球外生命誕生・進化の可能性に迫ることを目的とした。そのためにドイツ・フランス・アメリカとの共同研究により初期地球への水の供給源である小惑星の含水量推定を進め、ロシア・スイスとの共同研究により強紫外線環境における地球型惑星大気進化と現在の系外惑星大気の観測手法の検討を進め、ロシアが開発中の大型紫外線型望遠鏡 WSO-UV への系外惑星観測用高感度紫外線分光器の搭載を目標とした。

基課題では、系外惑星系の紫外線分光観測により、地球型惑星の紫外線放射量と高層大気中の水素・酸素量からの表層環境の推定を目指して研究を進めた。太陽系周辺では、低温度星(~3000 K)が8割を占めており、今後、系外惑星観測専用の宇宙望遠鏡によってさらに積極的に探索が行われる予定であった。低温度星を主星とする惑星系のハビタブルゾーン(地球と総被放射量が同程度になる領域)において大気加熱源となる真空紫外線放射量は地球の数倍から数百倍までに及ぶ。このような強紫外線環境では惑星半径の数倍まで外圏大気(水素・酸素原子大気)が広がり、その観測によって海洋の有無を明らかにすることができる。地球では、冷却効果の高い二酸化炭素が海洋・地殻に吸収されるため、大気中の二酸化炭素混合比が低く、金星や火星に対し、外圏大気がずっと遠方まで広がっている。このような惑星が見つければ、生命が存在し、進化が可能な環境を持つ惑星の発見に向け大きな前進となる。しかし、水素・酸素原子輝線が存在する真空紫外線の観測能力を持つハッブル宇宙望遠鏡の想定寿命が過ぎていることに加え、後継の JWST や地上大型望遠鏡といった大型計画を含む将来計画において真空紫外線は観測可能範囲外であり、新しい宇宙望遠鏡が必要である。基課題においてこれらの観測を実現するために、国内での口径30cm程度の小型の宇宙望遠鏡システムの実現に向けた基礎開発を進めていたところ、上記の観測手法の発想と紫外線検出器の開発実績が評価され、2016年8月にロシア宇宙科学研究所(IKI)より、ロシアが建造中の口径1.7m紫外線宇宙望遠鏡 World Space Observatory Ultraviolet(WSO-UV)への観測機器提供の検討依頼を受けた。WSO-UVには高分散分光器の搭載が既に決まっているが、主に明るい天体の観測が想定されており、低温度星の紫外線領域の輝線という暗い観測対象には不向きである。このような状況から、研究代表者は検出器の効率向上に向け、従来のマイクロチャンネルプレート(MCP)の開口部をファネル型に変更することで、実効効率を2倍程度まで向上させた。この活動で得られた結果をまとめ、JAXA宇宙理学委員会に「系外惑星紫外分光WG」の設立を提案し、承認を受けた。

2. 研究の目的

基課題の活動で系外地球型惑星用の観測技術は向上したが、観測は惑星史のある一時期の水素・酸素量測定に止まるため、水環境進化の理論的研究が必要である。例えば、酸素原子に富む大気が検出された場合、生命起源である可能性もあるが、初期水量によっては、水が完全に蒸発し水素が抜けて残った酸素を見ている可能性もある。初期地球の水は同位体測定から小惑星起源と推定されており、日本は、はやぶさ2、アメリカはOSIRIS-RExを打ち上げ、含水鉱物や有機物を有する小惑星の探査を2018-2019年に行う予定である。この好機を活かし、太陽系外の惑星系における水輸送の研究を促進させることが本計画の目的の1つとした。また、基課題をさらに発展させるため、WSO-UV計画への参加を想定した国際共同研究による系外惑星観測計画の立案をもう1つの目的とした。

はやぶさ2には国内開発の分光カメラと、ドイツ・フランスで開発された小型着陸機 MASCOT が搭載されている。含水鉱物の全量推定のためには、分光カメラによる全球分光撮像データと MASCOT による近接での高精度観測データの両方が必要であるが、理学研究における国際協力の検討・準備が十分とは言えない状況である。そこで、ドイツ・フランスとの共同研究により、特に含水鉱物量に着目して、はやぶさ2と MASCOT の観測結果を統合することを目標とした。一方、OSIRIS-RExは2019年に目的の小惑星に到着する。そこで、OSIRIS-RExの分光カメラチームとの共同研究を進め、異なる小惑星からの初期地球への水供給量を明らかにする。これらの結果を、地球型惑星の大気進化の研究を進めるロシアチームとの共同研究に反映し、太陽系外地球型惑星の水環境進化の研究を進め、WSO-UVを用いた観測計画の準備を進める。

基課題では、小型宇宙望遠鏡の基礎開発を国内で進めたが、本提案ではロシアが開発する WSO-UV による系外惑星観測計画の実現を目指す。また、観測運用計画の立案に向け、ハッブル宇宙望遠鏡の紫外線観測により系外惑星の水素原子大気観測に成功した実績を持つスイスの研究チームと共同研究を進める。紫外線分光器の効率向上のための技術開発を引き続き基課題の研究分担者を中心に国内で進めつつ、本提案では WSO-UV 開発チームと共に宇宙望遠鏡システムとの境界部を中心に設計開発を進めることを目標とした。

3. 研究の方法

本研究では国内外の太陽系内探査計画によって惑星科学で得られる知見を機動的に取り入れ、太陽系外惑星の環境進化の研究を進め、紫外線領域での独自の観測計画のための技術開発、計画立案を進めた。2018年には、はやぶさ2とそれに搭載された小型探査機 MASCOT、2019年には OSIRIS-REx によって小惑星探査が進められた。研究代表者は、はやぶさ2の可視分光カメラの開発を担当しており、そのカメラによって得られた小惑星の画像を元にして、小惑星の物質分布やその形成過程の議論を進めた。また MASCOT チームとともに、はやぶさ2本体から撮影した MASCOT の軌跡の解析を進め、着陸地点を特定することを計画し、成功した。また、単一の小惑星で得られる情報の不確定性を低減するため、別的小惑星探査機 OSIRIS-REx によって得られる含水鉱物量情報を加えることも重要である。そこで本計画では、DLR、パリ南大、アリゾナ大との国際共同研究体制でこの課題に取り組んだ。

また、基課題では紫外線観測のために国内で実現可能な小型宇宙望遠鏡の使用を想定していたが、本計画によって国際共同研究体制を構築し、ロシアが開発中の大型望遠鏡 WSO-UV を使えば、地球類似惑星検出数の期待値は桁違いに増加し、地球型惑星の多様性の理解が進められる。研究代表者は水星探査計画においてロシアと装置開発を進めた実績があり、ロシアとの現地技術者との綿密な情報交換が特に重要であることを認識しており、長期滞在によって特に境界部の設計を進め、WSO-UV への系外惑星観測用分光器搭載の実現を目指すこととした。また、ハッブル宇宙望遠鏡で系外惑星の紫外線観測を中心的に行っており豊富な実績を持つジュネーブ天文台のチームと共に WSO-UV を使った観測計画立案を進めた。

4. 研究成果

(1) 小惑星探査機はやぶさ2搭載可視分光カメラによる小惑星リュウグウの成因に関する研究

はやぶさ2の可視分光カメラ(光学航法カメラ ONC)の開発チームにおいて sub-PI として活動した。特に本研究でははやぶさ2に搭載された小型着陸機 MASCOT について、開発を担当した DLR との共同研究を精力的に進め、MASCOT の投下後の飛跡、着陸地点を特定した。また、2018年のリュウグウ到着後に、感度分布が温度により変化し、地上で取得したフラット補正データのみでは補正できないことが分かり、小惑星画像を多数積算し、小惑星の分光特性を利用する形でフラット補正データを更新した。結果として、試料を採取した小惑星低緯度域には高緯度域よりも含水鉱物が多く含まれていることを示した。これらの装置設計・開発、較正手法検討により、はやぶさ2 ONC によって画像を用いた研究が進められ、Science 誌 8 編を含む多くの査読付き論文が出版された。これにより、小惑星リュウグウが小惑星イトカワと同様にラブルパイル構造を持つことがわかり、その母天体からの形成過程や表面の加熱履歴が推定され、リュウグウが現在の軌道より太陽に近い位置に存在して強い加熱を受けた可能性が示唆された。また、表面の分光観測により含水鉱物が存在することも明らかになった。これらの研究を進めるにあたり、同時期に小惑星に到着していた OSIRIS-REx チームとも情報交換を進め、画像データ処理に関する意見交換を行ったことは本研究の遂行にとって重要であった。この ONC により安全に試料採取が可能となる場所が選択され、光学航法による着陸と試料採取に成功し、2020年12月には試料が地球にもたらされることとなった。

(2) 太陽系外地球型惑星上層大気の研究と紫外線宇宙望遠鏡搭載紫外線分光器の開発

既に5000を超える系外惑星が発見されており、地球と同程度の大きさの地球類似惑星の発見に向け、数百から数千億円規模の複数の大型地上・宇宙望遠鏡計画が天文学分野を中心に進められている。しかし、これらの計画では可視赤外領域で下層大気の大気分子線の観測を行うことを目的としているものの、半径の小さい地球型惑星の薄い下層大気を観測することは困難である。

地球には生命を育んできた海洋があることに加え、地殻活動による炭素循環が働き、大気中の二酸化炭素が低濃度で維持されている。このため、同じ地球型惑星でもほぼ100%に近い二酸化炭素大気を持つ金星や火星と大きく異なり、大気中の二酸化炭素混合比が非常に低い。二酸化炭素は温室効果ガスの代表的な種であり、大気を持つ熱を地表に向けて放出する。これによって地表の温度が上がる一方、大気の温度が下げられる。実際に、二酸化炭素混合比の低い地球では上層の外気圏底の温度は1000 K程度と高いが、金星・火星の外気圏底温度は300 K程度以下に留まる。そのため地球上層の水素原子大気は金星の10倍程度以上まで広がっている。これは、上層大気が太陽から受けるXUV放射によって高温化し、その熱が下方に輸送され、下層大気分子の赤外放射冷却によってエネルギー収支が釣り合うためである。そのため、太陽系の地球型惑星では、海洋を有する場合には二酸化炭素混合比が低いため、上層大気の温度が高く外気圏が遠方まで広がり、海洋が無い場合は外気圏が広がっていない、ということになる。

既に太陽系外でハビタブルゾーンにある地球型惑星が複数発見されており、その系の恒星は低温の低質量星である。低質量星のハビタブルゾーンは、太陽系よりもずっと内側にあり、熱放射は同程度であるが大気の加熱源となる極端紫外放射が1桁以上強くなる。これにより、地球類似惑星と金星類似惑星の外気圏の広がりへの差はさらに大きくなる。特に地球のように赤外活性分子の混合比が低い下層大気を持つ場合は、上層大気が数万 km にまで広がり、紫外線分光観測

によって検出が可能となる。研究代表者は既に遠方まで広がる地球上層大気の観測で成果をあげており、それを契機として太陽系外の地球型惑星の観測を狙うスイス・ジュネーブ大との共同研究を進めた。これらの研究活動を進める中で、ロシアが2025年の打ち上げを目標として開発を進める口径1.7mの国際紫外線天文衛星 World Space Observatory Ultraviolet (WSO-UV) チームから、系外惑星観測に関する検討依頼に対応し、太陽外地球型惑星の上層酸素大気の検出を主目的として日本が開発する高感度紫外線分光器 UV Spectrograph for Exoplanets (UVSPEX) を WSO-UV に搭載することが日露研究者間で合意された。本研究では、ロシアの共同研究者の協力を得て、UVSPEX の設計を進め、観測計画を検討した。この活動により、低質量星のハビタブルゾーンにある惑星が地球のような大気を持つ場合には、トランジット時に恒星の酸素原子輝線が大きな減光を受け、また、WSO-UV/UVSPEX で2年程度の間1週あたり5時間程度観測を行うことで、その上層酸素原子大気を検出できることを示した。1兆円規模の開発予算が投じられている JWST でも地球型惑星下層大気の酸素分子の検出には80年かかるという見込みであり[Fauche et al., 2020]、上層大気観測の有効性が示されている。現時点でロシアとの共同開発計画は輸出管理規制を受け中断しているが、既に開発した技術と上層観測検討結果を基にして、2030年頃打ち上げ予定の公募型小型衛星として紫外線宇宙望遠鏡 LOPYUTA の検討チームに立ち上げ当初から加わった。公募選定の結果として、LOPYUTA は「ミッション探求フェーズ」における「アイデア実現加速プロセス (Pre-Phase A1b)」に進むことができると判断された。今後はこの計画の確実な実現に向け、本計画の主幹技術となる紫外線分光装置開発と系外惑星大気観測の検討を中心として進めることを予定している。

(3)火星衛星探査機 MMX 搭載用望遠カメラ・広角分光カメラの開発

火星衛星探査機 MMX は、火星衛星フォボスからのサンプルリターンを目的として2024年度の打ち上げを目指す計画である。研究代表者はこの探査機に搭載される望遠カメラと広角分光カメラの主開発責任者を担当している。望遠カメラは主として着陸地点に適した平坦な場所を事前に周回軌道から探すために用いられる。はやぶさ2では、小惑星の重力が小さく着陸前に着陸候補地点に近づくリハーサルを複数回行う余裕があったが、フォボスは重力が大きく、リハーサルは1回のみとなるため、はやぶさ2に比べて1桁高い分解能を達成する必要がある。私はそれを実現する望遠鏡の設計を行った。また、はやぶさ2は分光カメラが望遠であり、着陸時に着陸地点付近の表面の詳細な反射スペクトル分布が得られなかった。リュウグウ表面のスペクトル分布が一様に近かったため、大きな問題とはならなかったが、フォボスはこれまでの反射スペクトル観測によって赤い領域と青い領域があることが分かっており、着陸時にはどちらに近い物質を採取したか、記録しておく必要がある。そのため、新たに広角分光観測が可能となる光学設計を行った。この際には、ハイパースペクトルカメラの開発経験のある、フランス・パリ南大学の共同研究者との議論が活用されており、2021年時点で基本設計を完了し、現在は試作機の評価とフライトモデルの設計がほぼ完了している状況である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計52件（うち査読付論文 51件／うち国際共著 40件／うちオープンアクセス 9件）

1. 著者名 Tachibana S., Sawada H., Okazaki R., Takano Y., Sakamoto K., Miura Y. N., Okamoto C., Yano H., Yamanouchi S., Michel P., (略) Kameda S.他	4. 巻 375
2. 論文標題 Pebbles and sand on asteroid (162173) Ryugu: In situ observation and particles returned to Earth	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Science	6. 最初と最後の頁 1011 ~ 1016
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1126/science.abj8624	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 Leblanc F., Schmidt C., Mangano V., Mura A., Cremonese G., Raines J. M., Jasinski J. M., Sarantos M., Milillo A., Killen R. M., Masetti S., Cassidy T., Vervack R. J., Kameda S., Capria M. T., Horanyi M., Janches D., Berezhnoy A., Christou A., Hirai T., Lierle P., Morgenthaler J.	4. 巻 218
2. 論文標題 Comparative Na and K Mercury and Moon Exospheres	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Space Science Reviews	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) 10.1007/s11214-022-00871-w	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 Fuse Ryota, Enya Keigo, Kameda Shingo, Kato Hiroki, Osada Naoya, Ishibashi Ko, Ozaki Masanobu, Sakatani Naoya, Kouyama Toru, Suzuki Hidehiko, Nakamura Tomoki, Miyamoto Hideaki, Abe Shinsuke, Goda Yuya, Muraio Hajime	4. 巻 69
2. 論文標題 Stray light analysis by ray tracing simulation for the wide-angle multiband camera OROCHI onboard the Martian Moons eXploration (MMX) spacecraft	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Advances in Space Research	6. 最初と最後の頁 1236 ~ 1248
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.asr.2021.11.011	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 Cho Yuichiro, Bottger Ute, Rull Fernando, Hubers Heinz-Wilhelm, Belenguer Tomas, Borner Anko, Buder Maximilian, Bunduki Yuri, Dietz Enrico, Hagelschuer Till, Kameda Shingo他	4. 巻 73
2. 論文標題 In situ science on Phobos with the Raman spectrometer for MMX (RAX): preliminary design and feasibility of Raman measurements	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Earth, Planets and Space	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) 10.1186/s40623-021-01496-z	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 Nakamura Tomoki, Ikeda Hitoshi, Kouyama Toru, Nakagawa Hiromu, Kusano Hiroki, Senshu Hiroki, Kameda Shingo他	4. 巻 73
2. 論文標題 Science operation plan of Phobos and Deimos from the MMX spacecraft	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Earth, Planets and Space	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) 10.1186/s40623-021-01546-6	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 Kameda Shingo, Ozaki Masanobu, Enya Keigo, Fuse Ryota, Kouyama Toru, Sakatani Naoya, Suzuki Hidehiko, Osada Naoya, Kato Hiroki, Miyamoto Hideaki, Yamazaki Atsushi, Nakamura Tomoki他	4. 巻 73
2. 論文標題 Design of telescopic nadir imager for geomorphology (TENGOO) and observation of surface reflectance by optical chromatic imager (OROCHI) for the Martian Moons Exploration (MMX)	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Earth, Planets and Space	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) 10.1186/s40623-021-01462-9	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 Miyamoto Hideaki, Niihara Takafumi, Wada Koji, Ogawa Kazunori, Senshu Hiroki, Michel Patrick, Kikuchi Hiroshi, Hemmi Ryodo, Nakamura Tomoki, Nakamura Akiko M., Hirata Naoyuki, Sasaki Sho, Asphaug Erik, Britt Daniel T., Abell Paul A., Ballouz Ronald-Louis, Banouin Olivier S. (略)Kameda Shingo他	4. 巻 73
2. 論文標題 Surface environment of Phobos and Phobos simulant UTPS	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Earth, Planets and Space	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) 10.1186/s40623-021-01406-3	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 Barucci Maria Antonietta, Reess Jean-Michel, Bernardi Pernelle, Doressoundiram Alain, Fornasier Sonia, Le Du Michel, Iwata Takahiro, Nakagawa Hiromu, Nakamura Tomoki, Andre Yves, Aoki Shohei, Arai Takehiko, Baldit Elisa, Beck Pierre, Buey Jean-Tristan, Canalias Elisabet, (略)Kameda Shingo他	4. 巻 73
2. 論文標題 MIRS: an imaging spectrometer for the MMX mission	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Earth, Planets and Space	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) 10.1186/s40623-021-01423-2	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 Noda Hiroto, Senshu Hiroki, Matsumoto Koji, Namiki Noriyuki, Mizuno Takahide, Sugita Seiji, Abe Shinsuke, Araki Hiroshi, Asari Kazuyoshi, Cho Yuichiro, Fujii Atsushi, Hayakawa Masahiko, Higuchi Arika, Hirata Naoyuki, Hirata Naru, Honda Chikatoshi, Honda Rie, Ishihara Yoshiaki, Kameda Shingo他	4. 巻 73
2. 論文標題 Alignment determination of the Hayabusa2 laser altimeter (LIDAR)	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Earth, Planets and Space	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) 10.1186/s40623-020-01342-8	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 Sugimoto Chiho, Tatsumi Eri, Cho Yuichiro, Morota Tomokatsu, Humoto Koki, Kameda Shingo他	4. 巻 369
2. 論文標題 High-resolution observations of bright boulders on asteroid Ryugu: 2. Spectral properties	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Icarus	6. 最初と最後の頁 114591 ~ 114591
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.icarus.2021.114591	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 Sugimoto Chiho, Tatsumi Eri, Cho Yuichiro, Morota Tomokatsu, Honda Rie, Kameda Shingo他	4. 巻 369
2. 論文標題 High-resolution observations of bright boulders on asteroid Ryugu: 1. Size frequency distribution and morphology	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Icarus	6. 最初と最後の頁 114529 ~ 114529
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.icarus.2021.114529	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 Yokota Yasuhiro, Honda Rie, Tatsumi Eri, Domingue Deborah, Schroeder Stefan, Matsuoka Moe, Morota Tomokatsu, Sakatani Naoya, Kameda Shingo他	4. 巻 2
2. 論文標題 Opposition Observations of 162173 Ryugu: Normal Albedo Map Highlights Variations in Regolith Characteristics	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Planetary Science Journal	6. 最初と最後の頁 177 ~ 177
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/PSJ/ac14ba	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 Tatsumi Eri, Sakatani Naoya, Riu Lucie, Matsuoka Moe, Honda Rie, Morota Tomokatsu, Kameda Shingo他	4. 巻 12
2. 論文標題 Spectrally blue hydrated parent body of asteroid (162173) Ryugu	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Nature Communications	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) 10.1038/s41467-021-26071-8	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 Kikuchi Shota, Saiki Takanao, Takei Yuto, Terui Fuyuto, Ogawa Naoko, Mimasu Yuya, Ono Go, Yoshikawa Kent, Sawada Hirotaka, Takeuchi Hiroshi, Ikeda Hitoshi, Fujii Atsushi, Sugita Seiji, Morota Tomokatsu, Yamada Manabu, Honda Rie, Yokota Yasuhiro, Sakatani Naoya, Kameda Shingo他	4. 巻 68
2. 論文標題 Hayabusa2 pinpoint touchdown near the artificial crater on Ryugu: Trajectory design and guidance performance	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Advances in Space Research	6. 最初と最後の頁 3093 ~ 3140
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.asr.2021.07.031	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 Tanabe Naoya, Cho Yuichiro, Tatsumi Eri, Ebihara Tatsuki, Yumoto Koki, Michikami Tatsuhiko, Miyamoto Hideaki, Morota Tomokatsu, Honda Chikatoshi, Michel Patrick, Otto Katharina, Barnouin Olivier, Yoshioka Kazuo, Sawada Hirotaka, Yokota Yasuhiro, Sakatani Naoya, Hayakawa Masahiro, Honda Rie, Kameda Shingo他	4. 巻 204
2. 論文標題 Development of image texture analysis technique for boulder distribution measurements: Applications to asteroids Ryugu and Itokawa	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Planetary and Space Science	6. 最初と最後の頁 105249 ~ 105249
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.pss.2021.105249	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 Honda Rie, Arakawa Masahiko, Shimaki Yuri, Shirai Kei, Yokota Yasuhiro, Kadono Toshihiko, Wada Koji, Ogawa Kazunori, Ishibashi Ko, Sakatani Naoya, Nakazawa Satoru, Yasui Minami, Morota Tomokatsu, Kameda Shingo他	4. 巻 366
2. 論文標題 Resurfacing processes on asteroid (162173) Ryugu caused by an artificial impact of Hayabusa2's Small Carry-on Impactor	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Icarus	6. 最初と最後の頁 114530 ~ 114530
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.icarus.2021.114530	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 Cho Y., Morota T., Kanamaru M., Takaki N., Yumoto K., Ernst C. M., Hirabayashi M., Barnouin O. S., Tatsumi E., Otto K. A., Schmitz N., Wagner R. J., Jaumann R., Miyamoto H., Kikuchi H., Hemmi R., Honda R., Kameda S.他	4. 巻 126
2. 論文標題 Geologic History and Crater Morphology of Asteroid (162173) Ryugu	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Planets	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) 10.1029/2020JE006572	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 Hirabayashi M., Mimasu Y., Sakatani N., Watanabe S., Tsuda Y., Saiki T., Kikuchi S., Kouyama T., Yoshikawa M., Tanaka S., Nakazawa S., Takei Y., Terui F., Takeuchi H., Fujii A., Iwata T., Tsumura K., Matsuura S., Shimaki Y., (略)Kameda S.他	4. 巻 68
2. 論文標題 Hayabusa2 extended mission: New voyage to rendezvous with a small asteroid rotating with a short period	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Advances in Space Research	6. 最初と最後の頁 1533 ~ 1555
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.asr.2021.03.030	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 Sakatani N., Tanaka S., Okada T., Fukuhara T., Riu L., Sugita S., Honda R., Morota T., Kameda S.他	4. 巻 5
2. 論文標題 Anomalously porous boulders on (162173) Ryugu as primordial materials from its parent body	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Nature Astronomy	6. 最初と最後の頁 766 ~ 774
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41550-021-01371-7	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 Kouyama Toru, Tatsumi Eri, Yokota Yasuhiro, Yumoto Koki, Yamada Manabu, Honda Rie, Kameda Shingo, Suzuki Hidehiko, Sakatani Naoya, Hayakawa Masahiko, Morota Tomokatsu, Matsuoka Moe, Cho Yuichiro, Honda Chikatoshi, Sawada Hiroataka, Yoshioka Kazuo, Sugita Seiji	4. 巻 360
2. 論文標題 Post-arrival calibration of Hayabusa2's optical navigation cameras (ONCs): Severe effects from touchdown events	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Icarus	6. 最初と最後の頁 114353 ~ 114353
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.icarus.2021.114353	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 Kameda Shingo, Yokota Yasuhiro, Kouyama Toru, Tatsumi Eri, Ishida Marika, Morota Tomokatsu, Honda Rie, Sakatani Naoya, Yamada Manabu, Matsuoka Moe, Suzuki Hidehiko, Cho Yuichiro, Hayakawa Masahiko, Honda Chikatoshi, Sawada Hirotaka, Yoshioka Kazuo, Ogawa Kazunori, Sugita Seiji	4. 巻 360
2. 論文標題 Improved method of hydrous mineral detection by latitudinal distribution of 0.7- μ m surface reflectance absorption on the asteroid Ryugu	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Icarus	6. 最初と最後の頁 114348 ~ 114348
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.icarus.2021.114348	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 Shota, Ogawa Naoko, Mori Osamu, Saiki Takanao, Takei Yuto, Terui Fuyuto, Ono Go, Mimasu Yuya, Yoshikawa Kent, Van Wal Stefaan, Takeuchi Hiroshi, Ikeda Hitoshi, Fujii Atsushi, Takao Yuki, Kusumoto Tetsuya, Hirata Naru, Hirata Naoyuki, Shirai Kei, Kouyama Toru, Kameda Shingo他	4. 巻 358
2. 論文標題 Ballistic deployment of the Hayabusa2 artificial landmarks in the microgravity environment of Ryugu	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Icarus	6. 最初と最後の頁 114220 ~ 114220
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.icarus.2020.114220	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 Thuillet Florian, Zhang Yun, Michel Patrick, Biele Jens, Kameda Shingo, Sugita Seiji, Tatsumi Eri, Schwartz Stephen R., Ballouz Ronald-Louis	4. 巻 648
2. 論文標題 Numerical modeling of lander interaction with a low-gravity asteroid regolith surface	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Astronomy & Astrophysics	6. 最初と最後の頁 A56 ~ A56
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1051/0004-6361/201936128	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 Arakawa M., Saiki T., Wada K., Ogawa K., Kadono T., Shirai K., Sawada H., Ishibashi K., Honda R., Sakatani N., Iijima Y., Okamoto C., Yano H., Takagi Y., Hayakawa M., Michel P., Jutzi M., Shimaki Y., Kimura S., Mimasu Y., Toda T., Imamura H., Nakazawa S., Hayakawa H., Sugita S., Morota T., Kameda S.他	4. 巻 368
2. 論文標題 An artificial impact on the asteroid (162173) Ryugu formed a crater in the gravity-dominated regime	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Science	6. 最初と最後の頁 67 ~ 71
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1126/science.aaz1701	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 Morota T., Sugita S., Cho Y., Kanamaru M., Tatsumi E., Sakatani N., Honda R., Hirata N., Kikuchi H., Yamada M., Yokota Y., Kameda S. 他	4. 巻 368
2. 論文標題 Sample collection from asteroid (162173) Ryugu by Hayabusa2: Implications for surface evolution	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Science	6. 最初と最後の頁 654 ~ 659
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1126/science.aaz6306	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 Tatsumi E., Domingue D., Schroeder S., Yokota Y., Kuroda D., Ishiguro M., Hasegawa S., Hiroi T., Honda R., Hemmi R., Le Corre L., Sakatani N., Morota T., Yamada M., Kameda S. 他	4. 巻 639
2. 論文標題 Global photometric properties of (162173) Ryugu	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Astronomy & Astrophysics	6. 最初と最後の頁 A83 ~ A83
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1051/0004-6361/201937096	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 Tatsumi E., Sugimoto C., Riu L., Sugita S., Nakamura T., Hiroi T., Morota T., Popescu M., Michikami T., Kitazato K., Matsuoka M., Kameda S. 他	4. 巻 5
2. 論文標題 Collisional history of Ryugu 's parent body from bright surface boulders	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Nature Astronomy	6. 最初と最後の頁 39 ~ 45
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41550-020-1179-z	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 Kikuchi Shota, Watanabe Sei-ichiro, Saiki Takanao, Yabuta Hikaru, Sugita Seiji, Morota Tomokatsu, Hirata Naru, Hirata Naoyuki, Michikami Tatsuhiro, Honda Chikatoshi, Yokota Yashuhiro, Honda Rie, Sakatani Naoya, Okada Tatsuaki, Shimaki Yuri 他 Kameda Shingo 他	4. 巻 216
2. 論文標題 Hayabusa2 Landing Site Selection: Surface Topography of Ryugu and Touchdown Safety	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Space Science Reviews	6. 最初と最後の頁 116
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11214-020-00737-z	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 Otto K A, Matz K-D, Schroeder S E, Parekh R, Krohn K, Honda R, Kameda S他	4. 巻 500
2. 論文標題 Surface roughness of asteroid (162173) Ryugu and comet 67P/Churyumov-Gerasimenko inferred from in situ observations	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Monthly Notices of the Royal Astronomical Society	6. 最初と最後の頁 3178 ~ 3193
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnras/staa3314	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 Grott Matthias, Biele Jens, Michel Patrick, Sugita Seiji, Schroeder Stefan, Sakatani Naoya, Neumann Wladimir, Kameda Shingo, Michikami Tatsuhiro, Honda Chikatoshi	4. 巻 125
2. 論文標題 Macroporosity and Grain Density of Rubble Pile Asteroid (162173) Ryugu	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Planets	6. 最初と最後の頁 e06519
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2020JE006519	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 Kameda Shingo, Murakami Go, Tavrov Alexander, Enya Keigo, Sachkov Mikhail, Ikoma Masahiro, Narita Norio, Korablev Oleg	4. 巻 11444
2. 論文標題 UVSPEX/WSO-UV for Earth-like exoplanetary oxygen exospheres	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proceedings of the SPIE	6. 最初と最後の頁 114440L
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1117/12.2576260	査読の有無 無
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 Noguchi Rina, Hirata Naoyuki, Hirata Naru, Shimaki Yuri, Nishikawa Naoki, Tanaka Sayuri, Sugiyama Takaaki, Morota Tomokatsu, Sugita Seiji, Cho Yuichiro, Honda Rie, Kameda Shingo他	4. 巻 354
2. 論文標題 Crater depth-to-diameter ratios on asteroid 162173 Ryugu	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Icarus	6. 最初と最後の頁 114016 ~ 114016
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.icarus.2020.114016	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 Kitazato K., Milliken R. E., Iwata T., Abe M., Ohtake M., Matsuura S., Takagi Y., Nakamura T., Hiroi T., Matsuoka M., Riu L., Nakauchi Y., Tsumura K., Arai T., Senshu H., Hirata N., Barucci M. A., Brunetto R., Pilorget C., Poulet F., 他 Kameda S. 他	4. 巻 5
2. 論文標題 Thermally altered subsurface material of asteroid (162173) Ryugu	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Nature Astronomy	6. 最初と最後の頁 246 ~ 250
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41550-020-01271-2	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 Riu Lucie, Pilorget Cedric, Milliken Ralph, Kitazato Kohei, Nakamura Tomoki, Cho Yuichiro, Matsuoka Moe, Sugita Seiji, Abe Masanao, Matsuura Shuji, Ohtake Makiko, Kameda Shingo, Sakatani Naoya, Tatsumi Eri, Yokota Yasuhiro, Iwata Takahiro	4. 巻 357
2. 論文標題 Spectral characterization of the craters of Ryugu as observed by the NIRS3 instrument on-board Hayabusa2	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Icarus	6. 最初と最後の頁 114253 ~ 114253
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.icarus.2020.114253	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 Connor H. K., Sibeck D. G., Collier M. R., Baliukin I. I., Branduardi Raymont G., Brandt P. C., Buzulukova N. Y., Collado Vega Y. M., Escoubet C. P., Fok M. C., Hsieh S. Y., Jung J., Kameda S., Kuntz K. D., Porter F. S., Sembay S., Sun T., Walsh B. M., Zoennchen J. H.	4. 巻 126
2. 論文標題 Soft X ray and ENA Imaging of the Earth's Dayside Magnetosphere	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Space Physics	6. 最初と最後の頁 e28816
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2020JA028816	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 Arakawa M., Saiki T., Wada K., Ogawa K., Kadono T., Shirai K., Sawada H., Ishibashi K., Honda R., Sakatani N., Iijima Y., Okamoto C., Yano H., Takagi Y., Hayakawa M., Michel P., Jutzi M., Shimaki Y., Kimura S., Mimasu Y., Toda T., Imamura H., Nakazawa S., Hayakawa H., Sugita S., Morota T., Kameda S.	4. 巻 368
2. 論文標題 An artificial impact on the asteroid (162173) Ryugu formed a crater in the gravity-dominated regime	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Science	6. 最初と最後の頁 67 ~ 71
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1126/science.aaz1701	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 Hirata Naoyuki, Morota Tomokatsu, Cho Yuichiro, Kanamaru Masanori, Watanabe Sei-ichiro, Sugita Seiji, Hirata Naru, Yamamoto Yukio, Noguchi Rina, Shimaki Yuri, Tatsumi Eri, Yoshioka Kazuo, Sawada Hiroataka, Yokota Yasuhiro, Sakatani Naoya, Hayakawa Masahiko, Matsuoka Moe, Honda Rie, Kameda Shingo	4. 巻 338
2. 論文標題 The spatial distribution of impact craters on Ryugu	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Icarus	6. 最初と最後の頁 113527 ~ 113527
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.icarus.2019.113527	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 Scholten F., Preusker F., Elgner S., Matz K.-D., Jaumann R., Hamm M., Schroeder S. E., Koncz A., Schmitz N., Trauthan F., Grott M., Biele J., Ho T.-M., Kameda S., Sugita S.	4. 巻 632
2. 論文標題 The Hayabusa2 lander MASCOT on the surface of asteroid (162173) Ryugu Stereo-photogrammetric analysis of MASCam image data	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Astronomy & Astrophysics	6. 最初と最後の頁 L5 ~ L5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1051/0004-6361/201936760	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 Preusker F., Scholten F., Elgner S., Matz K.-D., Kameda S., Roatsch T., Jaumann R., Sugita S., Honda R., Morota T., Tatsumi E., Cho Y., Yoshioka K., Sawada H., Yokota Y., Sakatani N., Hayakawa M., Matsuoka M., Yamada M., Kouyama T., Suzuki H., Honda C., Ogawa K.	4. 巻 632
2. 論文標題 The MASCOT landing area on asteroid (162173) Ryugu: Stereo-photogrammetric analysis using images of the ONC onboard the Hayabusa2 spacecraft	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Astronomy & Astrophysics	6. 最初と最後の頁 L4 ~ L4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1051/0004-6361/201936759	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 Scholten F., Preusker F., Elgner S., Matz K.-D., Jaumann R., Biele J., Hercik D., Auster H.-U., Hamm M., Grott M., Grimm C., Ho T.-M., Koncz A., Schmitz N., Trauthan F., Kameda S.	4. 巻 632
2. 論文標題 The descent and bouncing path of the Hayabusa2 lander MASCOT at asteroid (162173) Ryugu	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Astronomy & Astrophysics	6. 最初と最後の頁 L3 ~ L3
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1051/0004-6361/201936757	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 Gomez de Castro Ana I., Beitia-Antero Leire, Miravet-Fuster Carlos E., Tarabini Lorenzo, Tomas Albert, Vallejo Juan C., Canet Ada, Sachkov Mikhail, Kameda Shingo	4. 巻 5
2. 論文標題 Earth as an exoplanet mission concept for a lunar orbiting cubesat	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Astronomical Telescopes, Instruments, and Systems	6. 最初と最後の頁 1~1
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1117/1.JATIS.5.4.044004	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 Michikami Tatsuhiro, Honda Chikatoshi, Miyamoto Hideaki, Hirabayashi Masatoshi, Hagermann Axel, Irie Terunori, Nomura Keita, Ernst Carolyn M., Kawamura Masaki, Sugimoto Kiichi, Tatsumi Eri, Morota Tomokatsu, Hirata Naru, Noguchi Takaaki, Cho Yuichiro, Kameda Shingo	4. 巻 331
2. 論文標題 Boulder size and shape distributions on asteroid Ryugu	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Icarus	6. 最初と最後の頁 179 ~ 191
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.icarus.2019.05.019	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 Barucci M. A., Hasselmann P. H., Fulchignoni M., Honda R., Yokota Y., Sugita S., Kitazato K., Deshpriya J. D. P., Perna D., Tatsumi E., Domingue D., Morota T., Kameda S.	4. 巻 629
2. 論文標題 Multivariable statistical analysis of spectrophotometry and spectra of (162173) Ryugu as observed by JAXA Hayabusa2 mission	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Astronomy & Astrophysics	6. 最初と最後の頁 A13 ~ A13
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1051/0004-6361/201935851	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 Jaumann R., Schmitz N., Ho T.-M., Schroeder S. E., Otto K. A., Stephan K., Elgner S., Krohn K., Preusker F., Scholten F., Biele J., Ulamec S., Krause C., Sugita S., Matz K.-D., Roatsch T., Parekh R., Mottola S., Grott M., Michel P., Trauthan F., Koncz A., Michaelis H., Kameda S.	4. 巻 365
2. 論文標題 Images from the surface of asteroid Ryugu show rocks similar to carbonaceous chondrite meteorites	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Science	6. 最初と最後の頁 817 ~ 820
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1126/science.aaw8627	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 Tatsumi Eri, Kouyama Toru, Suzuki Hidehiko, Yamada Manabu, Sakatani Naoya, Kameda Shingo, Yokota Yasuhiro, Honda Rie, Morota Tomokatsu, Moroi Keiichi, Tanabe Naoya, Kamiyoshihara Hiroaki, Ishida Marika, Yoshioka Kazuo, Sato Hiroaki, Honda Chikatoshi, Hayakawa Masahiko, Kitazato Kohei, Sawada Hirotaka, Sugita Seiji	4. 巻 325
2. 論文標題 Updated inflight calibration of Hayabusa2's optical navigation camera (ONC) for scientific observations during the cruise phase	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Icarus	6. 最初と最後の頁 153 ~ 195
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.icarus.2019.01.015	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 Watanabe S., Hirabayashi M., Hirata N., Hirata N., Noguchi R., Shimaki Y., Ikeda H., Tatsumi E., Yoshikawa M., Kikuchi S., Yabuta H., Nakamura T., Tachibana S., Ishihara Y., Morota T., Kitazato K., Sakatani N., Matsumoto K., Wada K., Senshu H., Honda C., Kameda S. et al.	4. 巻 364
2. 論文標題 Hayabusa2 arrives at the carbonaceous asteroid 162173 Ryugu-A spinning top-shaped rubble pile	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Science	6. 最初と最後の頁 268-272
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1126/science.aav8032	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 Kitazato K., Milliken R. E., (略), Kameda S. et al.	4. 巻 364
2. 論文標題 The surface composition of asteroid 162173 Ryugu from Hayabusa2 near-infrared spectroscopy	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Science	6. 最初と最後の頁 272-275
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1126/science.aav7432	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 Sugita S., Honda R., Morota T., Kameda S. et al.	4. 巻 364
2. 論文標題 The geomorphology, color, and thermal properties of Ryugu: Implications for parent-body processes	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Science	6. 最初と最後の頁 252
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1126/science.aaw0422	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 dos Santos Leonardo A., Bourrier Vincent, Ehrenreich David, Kameda Shingo	4. 巻 622
2. 論文標題 Observability of hydrogen-rich exospheres in Earth-like exoplanets	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Astronomy & Astrophysics	6. 最初と最後の頁 A46-A46
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1051/0004-6361/201833392	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 Tinetti Giovanna, Drossart Pierre, Eccleston Paul, (略), Shingo Kameda, et al.	4. 巻 46
2. 論文標題 A chemical survey of exoplanets with ARIEL	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Experimental Astronomy	6. 最初と最後の頁 135 ~ 209
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10686-018-9598-x	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 Tavrov Alexander, Kameda Shingo, Yudaev Andrey, Dzyuban Iliia, Kiselev Alexander, Shashkova Inna, Korablev Oleg, Sachkov Mikhail, Nishikawa Jun, Tamura Motohide, Murakami Go, Enya Keigo, Ikoma Masahiro, Narita Norio	4. 巻 4
2. 論文標題 Stellar imaging coronagraph and exoplanet coronal spectrometer: two additional instruments for exoplanet exploration onboard the WSO-UV 1.7-m orbital telescope	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Astronomical Telescopes, Instruments, and Systems	6. 最初と最後の頁 1-1
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1117/1.JATIS.4.4.044001	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 Hirabayashi Masatoshi, Tatsumi Eri, Miyamoto Hideaki, Kameda Shingo, et al.	4. 巻 874
2. 論文標題 The Western Bulge of 162173 Ryugu Formed as a Result of a Rotationally Driven Deformation Process	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 L10-L10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/2041-8213/ab0e8b	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

[学会発表] 計13件(うち招待講演 3件/うち国際学会 10件)

1. 発表者名 亀田真吾, 村上豪, 中山陽史, 平林賢人, 桑原正輝, 小玉貴則, 成田憲保, 生駒大洋, 寺田直樹, 塩谷圭吾, Alexander Tavrov, Mikhail Sachkov, Andrey Shugarov, Oleg Korablev
2. 発表標題 紫外線宇宙望遠鏡WSO-UVによる系外惑星観測計画の現状
3. 学会等名 日本惑星科学会秋季講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 S. Kameda, A. Tavrov, G. Murakami, A. Nakayama, T. Kodama, M. Kuwabara, M. Ikoma, N. Narita, N. Terada, K. Enya, M. Sachkov, A. Shugarov, O. Korablev
2. 発表標題 Ultraviolet Spectrograph for Exoplanet (UVSPEX) onboard WSO-UV for Earth-like exoplanets
3. 学会等名 The Twelfth Moscow Solar System Symposium (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 亀田真吾, 村上豪, 中山陽史, 平林賢人, 桑原正輝, 小玉貴則, 成田憲保, 生駒大洋, 寺田直樹, 塩谷圭吾, Alexander Tavrov, Mikhail Sachkov, Andrey Shugarov, Oleg Korablev
2. 発表標題 UVSPEX onboard WSO-UV for characterization of Earth-like exoplanets by exosphere observation
3. 学会等名 地球電磁気・地球惑星圏学会講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 亀田真吾, 村上豪, 中山陽史, 平林賢人, 桑原正輝, 小玉貴則, 成田憲保, 生駒大洋, 寺田直樹, 塩谷圭吾
2. 発表標題 太陽系外地球型惑星大気観測に向けた国際紫外線天文衛星WSO-UV計画
3. 学会等名 日本天文学会春季年会
4. 発表年 2022年

1 . 発表者名 S. Kameda
2 . 発表標題 Scientific Instruments on Martian Moons eXploration (MMX)
3 . 学会等名 JPGU 2020 (招待講演) (国際学会)
4 . 発表年 2020年

1 . 発表者名 Shingo Kameda, A. Tavrov , T. Muraoka, G. Murakami, K. Enya, M. Ikoma, N. Narita, T. Kodama, Y. Kawashima, M. Kuwabara, N. Terada, H. Fujiwara, O. Korablev, M. Sachkov, A. Shugarov
2 . 発表標題 UVSPEX onboard WSO-UV for the upper atmosphere and surface environment of Earth-like exoplanets
3 . 学会等名 43rd COSPAR Scientific Assembly (国際学会)
4 . 発表年 2021年

1 . 発表者名 Shingo Kameda, A. Tavrov , T. Muraoka, G. Murakami, K. Enya, M. Ikoma, N. Narita, T. Kodama, Y. Kawashima, M. Kuwabara, N. Terada, H. Fujiwara, O. Korablev, M. Sachkov
2 . 発表標題 UVSPEX onboard WSO-UV for characterization of Earth-like exoplanets by exosphere observation
3 . 学会等名 AGU2019 (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Shingo Kameda, A. Tavrov , G. Murakami, K. Enya, M. Ikoma, N. Narita, T. Kodama, Y. Kawashima, M. Kuwabara, N. Terada, H. Fujiwara, O. Korablev, M. Sachkov
2 . 発表標題 Observability of oxygen exosphere of an Earth-like exoplanet around a low temperature star
3 . 学会等名 EPSC-DPS Joint Meeting 2019 (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1. 発表者名 Shingo KAMEDA, Takanori KODAMA, Yui KAWASHIMA, Masaki KUWABARA, Go MURAKAMI, Keigo ENYA, Masahiro IKOMA, Norio NARITA, Alexander TAVROV, Oleg KORABLEV, Mikhail SACHKOV, Naoki TERADA, Hitoshi FUJIWARA, Motohide TAMURA, Jun NISHIKAWA
2. 発表標題 UVSPEX onboard WSO-UV for Earth-like upper atmosphere observation
3. 学会等名 AOGS2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 S. Kameda et al.
2. 発表標題 Hydrogen Geocorona Observed by PROCYON/LAICA
3. 学会等名 AOGS2018 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 S. Kameda et al.
2. 発表標題 FAR-EXTENDED HYDROGEN EXOSPHERE OBSERVED BY PROCYON/LAICA
3. 学会等名 COSPAR2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 S. Kameda et al.
2. 発表標題 VUV Spectroscopy for terrestrial exoplanetary exosphere
3. 学会等名 EPSC2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 S. Kameda et al.
2. 発表標題 UVSPEX onboard WSO-UV
3. 学会等名 The Ninth Moscow Solar System Symposium (国際学会)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 渡部潤一、井田 茂、佐々木晶、略、亀田真吾 他	4. 発行年 2021年
2. 出版社 日本評論社	5. 総ページ数 336
3. 書名 太陽系と惑星 第2版	

1. 著者名 北本 俊二、原田 知広、亀田 真吾	4. 発行年 2021年
2. 出版社 理工図書	5. 総ページ数 196
3. 書名 宇宙まるごとQ&A	

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 インターライン型CCDイメージセンサ及びこれを用いて移動体を撮像する方法	発明者 亀田真吾	権利者 学校法人立教学院
産業財産権の種類、番号 特許、特願2020-181074	出願年 2020年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

小惑星探査機「はやぶさ2」観測成果論文のNature Astronomy誌掲載
<https://www.rikkyo.ac.jp/news/2020/09/mknpps000001bpwt.html>
 小惑星探査機「はやぶさ2」観測成果論文のScience誌掲載
<https://www.rikkyo.ac.jp/news/2020/05/mknpps0000017ejf.html>

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
主たる渡航先の主たる海外共同研究者	コラブレフ オレグ (Korablev Oleg)	ロシア宇宙科学研究所・・・副所長	
主たる渡航先の主たる海外共同研究者	エーレンライヒ デイビッド (Ehrenreich David)	ジュネーブ天文台・・・准教授	

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
主たる渡航先の主たる海外共同研究者	ヨーマン ラルフ (Jaumann Ralf)	ドイツ航空宇宙センター・Department of Planetary Geology・Head of Department	
主たる渡航先の主たる海外共同研究者	ビブリング ジャンピエール (Bibring Jean-Pierre)	パリ南大学・L'Institut d'atrophysique spatiale・Professor	
主たる渡航先の主たる海外共同研究者	ローレッタ ダンテ (Lauretta Dante)	アリゾナ大学・Lunar and Planetary Laboratory・Professor	

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

ロシア	ロシア宇宙科学研究所(IKI)			
スイス	ジュネーブ天文台			
ドイツ	ドイツ航空宇宙センター(DLR)			
フランス	パリ南大学			
アメリカ	Arizona University			