

令和 4 年 6 月 10 日現在

機関番号：32686

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19H00727

研究課題名(和文) 太陽系外地球型惑星の高層大気観測に向けた高感度紫外線検出器の開発

研究課題名(英文) Development of a high-sensitivity ultraviolet detector for observation of upper atmospheres 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) 35,500,000円

研究成果の概要(和文)：太陽系外惑星について、紫外線宇宙望遠鏡による高層大気観測と地上望遠鏡による大気観測で海洋の存否を中心として惑星大気・気候を明らかにすることを目的とし、紫外線検出器の開発を進めた。ロシアの1.7m紫外線宇宙望遠鏡WSO-UVに日本から高感度分光器UVSPEXを提供する計画が、JAXA部門内プロジェクトとして承認された。2040年代に打ち上げが想定される6m宇宙望遠鏡計画への参加に向けて、大型MCPと高分散分光器の検討を進めた。研究開始当初の想定より大幅に計画が進んだが、WSOUVへの装置提供は輸出規制のために現状不可となっており、実現性については不透明な状況となった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

広大な宇宙において、地球そして人類は唯一の存在だろうか？地球のように表層に海洋を有し、生命を育む惑星は他に見つからない。太陽系外に多数の惑星が見つかり、その大きさと熱輻射量が地球と同程度の惑星も見ついている。これらの惑星を調査し、生命保有惑星を発見することは天文・惑星科学分野の究極的な目標である。本研究によって開発を進めた紫外線検出技術はこれらの惑星の大気進化を明らかにし、遠方の系外惑星の姿に迫るものである。

研究成果の概要(英文)：Development of an ultraviolet detector for terrestrial exoplanets was carried out with the aim of elucidating planetary atmospheres and climates, focusing on the presence or absence of oceans by upper-atmosphere observations with an ultraviolet space telescope. A plan to provide a high-sensitivity spectrograph UVSPEX from Japan to Russia's 1.7-meter ultraviolet space telescope WSO-UV was approved as a project in JAXA. In addition, a large MCP and high dispersion spectrograph were developed for participation in the 6-meter space telescope project, which is expected to be launched in the 2040s. Although the plan has progressed significantly beyond the initial assumption at the beginning of the research, the situation in February 2022 made it difficult to provide the equipment to WSOUV due to export restrictions as planned.

研究分野：惑星科学

キーワード：系外惑星 紫外線 検出器 分光 高層大気 生命生存可能性

1. 研究開始当初の背景

広大な宇宙において、地球そして人類は唯一の存在だろうか？地球のように表層に海洋を有し、生命を育む惑星は他に見つかっていない。太陽系内には他に存在しないことは既に明らかである。一方、太陽系外には 3500 個以上の惑星が見つかっている。多くは地球とは大きく異なる環境にあると考えられるものの、その大きさと熱輻射量が地球と同程度の惑星も見つかっている。これらの惑星を調査し、生命保有惑星を発見することは天文・惑星科学分野の究極的な目標である。

生命保有惑星の発見に向け、数百から数千億円規模の大型地上・宇宙望遠鏡計画が天文学分野を中心に進められている。これらの設備を用いることを想定し、地球と全く同じ大気組成・表層環境の惑星があることを仮定した観測実現性検討が行われている。しかし、実際にはそのような惑星が存在するとは考えにくい。生命保有惑星であることを決定付けるためには、現在の姿だけでなく、その惑星系の進化過程を理解する必要がある。もし仮に観測時の大気組成が似ていたとしても、その惑星が辿ってきた環境進化過程によって、海洋の存在した期間や、生命の発生条件等は大きく異なるだろう。

そのため、惑星大気散逸による物質の輸送過程とその進化の理解も必要となる。太陽系外には様々な年齢の惑星が存在しており、これらの惑星系で起きている大気散逸現象を捉えることで、惑星大気進化過程に関する理論を検証することができる。高層大気の観測には紫外線宇宙望遠鏡が必要となる。しかしながら、想定寿命を遙かに超えているハッブル宇宙望遠鏡を除き、紫外線に対応するものはない。現在計画されている宇宙望遠鏡計画では、可視赤外領域で低層大気分子吸収線の観測を行うことを目的としており、半径の小さい地球型惑星の薄い低層大気を観測することは困難である。

研究代表者は、深紫外線観測によって地球型惑星高層大気の観測が可能であり、さらに主星深紫外線輻射に応じて大気散逸量が大きく異なることを示した。系外惑星を持つ恒星の中で、深紫外線輻射量が測定されているものはごく一部である。「深紫外線輻射に応じて、系外惑星がどのような大気・気候を持ち、どのように進化するのか」を明らかにするためには、太陽系外にある様々な年齢を持つ惑星系での深紫外線輻射量と、そこにある惑星大気を観測する必要がある。現在進行中の望遠鏡計画は深紫外線領域に対応していないが、2030 年代以降の実現に向けて検討されている超大型国際共同宇宙望遠鏡計画では、観測波長に深紫外線が含まれている。この計画に参入するためには、研究代表者が実験室内で研究開発を進めてきた「高感度深紫外線検出器の宇宙実証」が必要となる。

2. 研究の目的

系外惑星分野では、宇宙望遠鏡計画を中心として、特に太陽系近傍恒星の大半を占める低温度星系の惑星の検出とその特徴付けが進められることになる。TESS によって低温度星系ハビタブルゾーン付近の地球型惑星が数十個以上発見されると見込まれており、将来計画されている地上・宇宙望遠鏡でそれらの惑星の特徴付けが可能となる。

天文学分野では、これらの惑星系に「地球と同じ大気組成の惑星」があることを仮定して、大型地上・宇宙望遠鏡による検出可能性を議論する研究が進められている。一方、地球と全く同じ惑星が存在するとは考えにくく、各惑星系で実際に存在する可能性のある惑星が持つ環境と、その進化を推定するためには、大気加熱源であり大気散逸を支配する深紫外線輻射量とその変動の計測が必須となる。しかし、深紫外線輻射量が計測されている恒星の数はごく僅かである。特に、低温度星では深紫外線輻射強度が黒体輻射に対して相対的に高く、ハビタブルゾーンに存在する惑星は、太陽から地球が受ける量の数十倍から数百倍にまで及び深紫外線輻射を受けることになる。惑星を持つ恒星の紫外線輻射量を測定し、惑星系の環境進化過程を考慮し、各々の惑星系で、どのような環境の惑星が生命を保有し得るか、を定義することは、生命保有惑星の発見には不可欠である。

系外惑星の大気観測には主にトランジット分光法という手法が用いられる。トランジット法では、観測者からみて惑星が恒星の前を横切の際に恒星の一部が遮蔽されるため、恒星光の時間変化を捉えることにより惑星の大きさを計測することが可能である。さらに、その際に大気原子・分子の吸収線付近の分光観測を行い、線ごとの吸収量の差から大気組成を決定するという手法がトランジット分光法である。地球より数倍大きい惑星では既にトランジット分光により大気組成が推定されつつあるが、6.5m という大口径の宇宙望遠鏡 JWST を持ってしても、地球程度の小さい惑星の持つ薄い大気 (~100km) を検出することは非常に困難である。例えば地球と金星は同程度の大きさであり、互いに大きく異なる大気を有しているが、現行の技術ではこのように小さな地球型惑星の大気観測は難しく、地球か金星かを見分けることもできない。

このような状況の中、研究代表者は地球型惑星の高層大気の広がりに着目し、観測実現性の検討を進めてきた。地球の高層水素原子大気は 20 万 km 以上遠方まで広がっていることが確認されており、さらに、低温度星系における強深紫外線環境では高層大気が加熱を受け、水素原子だけでなく酸素原子の高層大気が遠方まで広がる。水素原子発光は星間水素による吸収を受ける

ため、地球に対して相対速度が大きい星でなければ観測できないが、130-131nm の範囲にある酸素原子の3重線のうち2つの線(130.5 nm, 130.6 nm)は星間吸収を免れる。この波長では、地球型惑星の酸素原子大気は5万 km 程度まで光学的に厚く、中心星光を遮蔽することが示されており、1m 級の紫外線望遠鏡によって酸素原子大気の検出が可能となる。

一方で、金星や火星などのように二酸化炭素を主成分とする大気を持つ惑星では、二酸化炭素の放射冷却により高層大気の温度が上がらず、水素・酸素原子大気は広がらない。地球では海洋の存在と地殻変動による炭素循環が起き、大気中の二酸化炭素量が低いまま維持されており、そのため広がった高層大気を持つことが分かっている。惑星が主星前面を通過する際の酸素原子輝線の遮蔽量から、酸素原子大気の密度が推定可能であり、広がった酸素原子大気を検出された場合に、その惑星が海洋を有している可能性は高いと考えられる。一方で、この情報だけで生命を保有していると決定付けられないため、紫外線観測により生命保有惑星候補を選別し、可視赤外線観測も含めた集中的な調査を行う必要がある。

これまで系外惑星研究は主に地上観測を中心とした光赤外の天文分野の主導によって進められてきたため、大気を透過しない紫外線領域における観測検討は行われていなかった。また、深紫外線放射によって高層大気分布が異なり、そこから表層環境に関する情報が得られる、という惑星科学的見地からの検討も進められていなかった。可視赤外の地上・宇宙望遠鏡による系外惑星大気観測計画が世界中で進められる中、紫外線領域に着目し惑星高層大気の観測により海洋を有する地球型惑星の発見を目指すという目的は本研究独自のものである。

系外惑星の観測を主目的の一つとして超大型国際共同宇宙望遠鏡計画の検討が進められているが、国内で系外惑星観測用の宇宙望遠鏡計画は進められていない。超大型計画では宇宙での技術実証の実績が特に重視されるため、このままでは日本が参入する余地はない。本研究によって、国際的にも手薄な状態である新型紫外線検出器の技術実証を行うことで国際共同計画への参加が期待できる。これにより、既存の計画では観測が困難な、地球型惑星の大気・気候を観測することが可能となる。

3. 研究の方法

本研究では、系外惑星の大気散逸現象の解明に向け、高効率かつ高速光子計数が可能な紫外線検出器の開発を進めた。

惑星を持つ恒星について、紫外線放射の代表値であるライマン線強度とその変動を捉え、地上望遠鏡による大気観測と合わせて海洋の存否を中心として惑星大気・気候を明らかにする。系外惑星系の紫外線放射量はほとんど計測されていない状況であり、2018年4月に打ち上げられたトランジット系外惑星探査衛星(TESS)により、多数の系外惑星が発見される見込みである。研究代表者が開発した、深宇宙超小型探査機 PROCYON に搭載されたライマン線カメラ LAICA の試験観測によって太陽系から20pcにある低温度星のライマン線が検出できており、本研究では TESS の主要な観測対象となる地球近傍30pc 以内の恒星深紫外線観測を実現するために、紫外線検出器の高効率化を達成する。研究代表者は MCP の表面形状の変更により実効開口率を向上させる可能性があることに着目し基礎開発を進めた。従来品は、表面が平面であるため開口率が60%程度以下であったが、新しく試作したファネル型は表面処理によって開口率を90%以上まで向上している。これにより深紫外線領域における検出効率が1.7倍程度まで向上することを試作品によって実験的に確認済みである。深紫外線領域での量子効率は10年以上向上しておらず、特に、開発費用が高額となる大口径の宇宙望遠鏡に搭載する場合は、1.7倍の効率向上は非常に価値が高い。本研究では、宇宙望遠鏡に搭載できる形状の装置にファネル型を採用し、性能試験を実施した。

2028年欧州が打ち上げ予定の1m級系外惑星専用宇宙望遠鏡 ARIEL は可視赤外線領域で系外惑星大気の観測を行う計画である。しかし、この計画で対象としている恒星の大半について、紫外線放射量が測定されていない状況である。研究代表者は ARIEL プロジェクトチームと協議を進めており、PROCYON/LAICA 程度の装置を追加した場合、宇宙望遠鏡システムへの影響は軽微であり、ARIEL の主目的である系外惑星大気科学にとって非常に重要な情報が追加される、という結論に至っている。現在は ESA-JAXA への提案準備を進めており、その採択に向けて早急に技術開発を完了することが本研究の目標となる。

また、2030年代後半の実現を目指し NASA が主導する超大型国際共同計画として10m級宇宙望遠鏡 LUVOIR 等の検討が既に始められており、ファネル型 MCP の試作実験結果は検討チームから注目を受け、複数の問い合わせを受けている。一方で、これらの計画で使われる紫外線検出器には、検出器全面合計で毎秒500万個の光子計数能力が求められている。国内で宇宙実績のある紫外線検出器では、これまでレジスティブアノードエンコーダを使用しており、この方式では毎秒20万個程度までの計数が限度となる。この性能を向上させるためには光子計数の手法を刷新し、MCP アセンブリに CMOS イメージセンサを組み合わせた光子計数方式を採用する必要がある。

研究代表者は既に MCP アセンブリと CMOS イメージセンサを組み合わせることで深紫外線の光子計数が可能であることを実験実証済みである。しかし、高速で多画素画像を保存するため生成データ量は毎秒40MBに達する。地上実験では問題は起きないが、最新の地球低軌道周回衛星でも全てのデータを地上に送ることは容易ではない。さらに、LUVOIR は地球・太陽の第二ラグランジュ点(150万 km)での観測を予定しているため、十分な通信速度を得ることは困難である。実際に必要な情報は、光子検出の回数と位置情報であるため、画像データを全て地上に送ること

は必須ではない。そこで本研究では、高速処理が可能な FPGA による機上処理によって、光子計数に必要な情報を抽出し、通信データ量を削減することを目標に開発を進める。FPGA は宇宙搭載機器の制御に使われてきており、宇宙用の素子も存在する。また可視光用の CMOS カメラパッケージに FPGA を含めた製品開発も進められており、質量・大きさに厳しい制約が課せられる宇宙望遠鏡システム搭載機器にとって非常に有用である。

本研究で開発する高感度深紫外線検出器によって得られる実験結果を基にして、将来計画に向けた系外惑星観測装置の提案準備を進める。ARIEL の小型紫外線望遠鏡装置追加提案に加えて、超小型衛星への搭載による観測の実現を目標とした。

4. 研究成果

(1) 紫外線検出器の量子効率測定装置の開発

本研究では特に水素ライマン線(122 nm)や酸素原子輝線(130 nm)の観測を主目的とし、この波長領域において、新型の高感度型検出器であるファネル型 MCP の量子効率測定を行うため、その測定系を開発を進めた。この波長域は真空紫外領域の一部であり、つまり、大気を透過しない波長領域であるため、これまでは光路を真空にして測定が行われてきた。しかし、排気装置を含む測定系は大型となり、また排気にも時間がかかってしまうことが問題であった。そこで、本研究では、122 nm や 130 nm の領域では酸素分子の透過率が低いものの、窒素分子の透過率が充分高いことに着目し、光路を窒素分子で満たす測定系を製作した。これにより、大型の真空槽を使わずに机に載せられ、また移動も容易な測定系を完成させた。

(2) 蛍光面付 MCP の光子計数機能の開発

従来の装置では MCP による光子計数・位置検出にはレジスティブアノードを用いていた。この装置では入力光子数が多くなると位置演算処理が追いつかず、計数・位置検出機能が働かなくなり、そのダイナミックレンジが狭いという問題があった。特に、有効面積の大きい MCP を使用する場合には単位面積あたりの入力光子数上限値が小さくなってしまい、LUV01R などの将来計画で要求される性能を満たすことができない。そこで、本研究では、レジスティブアノードエンコーダの代わりに MCP の後ろに蛍光面を用意し、衝突した電子を可視光に変え、それを可視光に感度のある CMOS イメージセンサで捉えるという手法を採用した。この技術そのものは新しいものではなく、特に、近年高速、大型・多画素技術が進んでいる CMOS イメージセンサによって高い光子計数・位置検出性能を実現することができる。しかし、その分、単位時間あたりに発生するデータ量は著しく増えることになり、その点では宇宙用観測装置としては不適となる。そこでプログラマブル FPGA を用い、光子が到達した位置のみを出力するという方式を取ることで発生データ量の削減を行った。本研究により逐次 2 値化を行い、検出をすることで光子の位置のみを出力する手法が確立できている。

(3) 1.7m 紫外線宇宙望遠鏡 WSO-UV への観測装置提供の検討

本研究を進める間にロシア宇宙科学研究所(IKI)、ロシア天文学研究所(INASAN)が、本研究で開発中の技術を、ロシアが開発中の 1.7m 紫外線宇宙望遠鏡に用いることを検討し、JAXA との協議により、日本から系外惑星用分光器 UVSPEX を提供する方針で検討が進められることとなった。本研究で当初想定していた内容は、まずは小口径の望遠鏡で水素ライマン線を捉えることだったが、1.7m という、日本では開発が事実上困難な大口径の紫外線望遠鏡に搭載することができれば、かなり先の将来目標としていた酸素原子輝線の観測を行うことができる。そこで、まずは分光器の光学設計を行った。WSO-UV 搭載機器群の空きスペースを利用するため、そのスペースに合わせて光学設計の最適化を行った。設計に際しては装置の外形寸法だけではなく望遠鏡光学系と光路を合わせる必要があり、かつ、光学調整方法が実現できることを確認しながら検討を進めた。この活動により 2020 年度には UVSPEX の開発は JAXA 部門内プロジェクトとして進められることになり、2021 年度には基本設計審査会が行われ、Engineering Model (EM) の製造が開始された。しかし、2022 年 3 月時点ではロシアへの輸出規制により EM をロシアに提供することができない状況となっている。

(4) 大型ファネル型 MCP 検出器の開発

2040 年代の打ち上げが想定されている NASA の 6m 紫外-赤外望遠鏡への参加に向けて、LUV01R 計画、HabEx 計画の紫外線装置担当と情報交換を進めた。その結果として、本研究で開発を進めているファネル型 MCP によって達成される感度は、欧米でも実現されていない値となっており、将来計画で利用される可能性があることが分かった。一方で、LUV01R の紫外線分光器には 200mm 四方という大型の検出器が必要となるが、本研究開始時点で実現している大きさは直径 40mm 弱のものであり、200mm 四方が実現できるという見込みは立っていなかった。そこで本研究では、製造メーカーと協議して、まず既存の設備でできそうな大きさとして 50mm 四方のファネル型 MCP の製造に取り組み、無事完成させることができた。また、その結果として、70mm 四方までであれば充分製造が可能であるという見込みが立てられた。この結果から、MCP を 3 行 3 列に配列できれば 200mm 四方以上の有効面積が確保されるため、まずは小型の MCP を 3 行 3 列に配置し、それぞれの検出面間の距離をなるべく短くする形で装置の製造を行った。この試作によって、動作確認ができており、大型のファネル型 MCP の製造に着手する準備が完了した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計44件（うち査読付論文 36件/うち国際共著 31件/うちオープンアクセス 7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., Massetti 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 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 該当する

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 該当する

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 該当する

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 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 S. Kameda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., Zoenchen 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 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 Hiroyuki, 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 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., 他, Kameda S. 他	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 Enya Keigo, Kameda Shingo, Murakami Go, Ikoma Masahiro, Narita Norio, Kodama Takanori, Sasai Hiroyuki, Makino Yoshitaka, Murata Naotaka	4. 巻 11116
2. 論文標題 Development of high-efficiency reflective grating by holographic processing for UV exoplanet science	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 SPIE Proceedings Volume 11116, Astronomical Optics	6. 最初と最後の頁 111161B
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1117/12.2532484	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 -

1. 著者名 Barucci M. A., Hasselmann P. H., Fulchignoni M., Honda R., Yokota Y., Sugita S., Kitazato K., Deshapriya J. D. P., Perna D., Tatsumi E., Domingue D., Morota T., Kameda S.他	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 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他	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 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 -

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 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 -

1. 著者名 Scholten F., Preusker F., Elgner S., 他, Kameda S. 他	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 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 -

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 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 -

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 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 -

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 Hirotaka, Yokota Yasuhiro, Sakatani Naoya, Hayakawa Masahiko, Matsuoka Moe, Honda Rie, Kameda Shingo他	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 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 -

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 2件 / うち国際学会 5件）

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 S. Kameda, T. Kodama, Y. Kawashima, M. Kuwabara, G. Murakami, K. Enya, M. Ikoma, N. Narita, N. Terada, H. Fujiwara, A. Tavrov, O. Korablev, M. Sachkov, UVSPEX WG
2. 発表標題 UVSPEX onboard WSO-UV for Earth-like upper atmosphere observation
3. 学会等名 AOGS 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shingo Kameda, Alexander Tavrov, Go Murakami, Keigo Enya, Masahiro Ikoma, Norio Narita, Hitoshi Fujiwara, Naoki Terada, Oleg Korablev, and Mikhail 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 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

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

〔図書〕 計1件

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〕

<p>国際紫外線天文衛星 WSO-UV https://www.isas.jaxa.jp/missions/spacecraft/future/wso-uv.html 小惑星探査機「はやぶさ2」観測成果論文のNature Astronomy誌掲載について https://www.rikkyo.ac.jp/news/2021/05/mknpps000001m7wz.html 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 「はやぶさ2」が2回目の小惑星リュウグウの着地に成功! https://www.rikkyo.ac.jp/news/2019/07/mknpps000000yc6w.html</p>

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			
ロシア連邦	IKI	INASAN		
スペイン	Universidad Complutense de Madrid			