

令和 6 年 4 月 27 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2021～2023

課題番号：21H04509

研究課題名(和文) 太陽系外から飛来する未知の天体の探査に向けた中性粒子・イオン質量分析器の開発

研究課題名(英文) Development of mass spectrometers for exploration of interstellar objects

研究代表者

笠原 慧 (Kasahara, Satoshi)

東京大学・大学院理学系研究科(理学部)・准教授

研究者番号：00550500

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 33,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は、これまで地球、月、水星、火星の探査に向けて開発してきた宇宙機搭載用のイオン・電子分析器のヘリテージを生かして、小天体近傍の主成分である中性ガス分子・原子をフライバイ探査で分析できる新たな質量分析器の開発を行うことであった。3年間の研究により、以下のような成果を得た。(1)中性粒子分析器の開発：Y203をイリジウム線に塗布したタイプのフィラメントを用いることで、高出力・低消費電力の電離部(イオン源)の開発に成功した。(2)イオン質量分析器の開発：揮発性元素に富むガスを放出する天体を意識し、C/N/Oなどの計測に長けた高質量分解能・小型センサを設計・製造し、その性能を確認した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

太陽系の起源と進化の普遍性・特異性を知るべく、これまで5,000個を超える系外惑星が地上・宇宙望遠鏡によって検出され、広く解析されているが、系外惑星に探査機で近づいて詳細観測できる目途は立っていない。一方で近年、太陽系の外から地球周辺に飛来する小天体である「恒星間天体」が検出されるようになったことで、これらの小天体に対する探査機による至近距離観測の実現性が高まってきた。そこで本研究では、太陽系外小天体の組成分析に必要な中性粒子およびイオンの質量分析器の基礎開発を実施した。将来的に太陽系外の惑星系の形成環境に関する情報が抽出されることで、我々の住む太陽系の形成理論へのフィードバックも期待される。

研究成果の概要(英文)：This study aims to develop novel mass spectrometers for future space missions to explore extra-solar objects. Through the study in three years, we have achieved:

(1) Development of a neutral mass spectrometer: we adopted Y203-coated iridium filament for an ionization unit and obtained high emittance but with low power consumption.

(2) Development of an ion mass spectrometer: considering a target object that outgasses volatiles such as carbon, nitrogen, and oxygen, we designed and fabricated a high-mass-resolution mass spectrometer (but again in a handy size) and confirmed that expected performances (e.g., mass resolution) are obtained.

研究分野：宇宙惑星科学

キーワード：フライバイ探査 質量分析

1. 研究開始当初の背景

理学的観点：

太陽系の惑星は、1-10 km サイズの微惑星が集積して誕生したと考えられている。彗星や小惑星は、その微惑星の生き残り（あるいは残骸）であり、これら小天体に探査機でアクセスしてその組成を分析することで、**惑星が形成された当時の環境に関する情報**が抽出されてきた。一方、**太陽系以外の惑星系**に対しては、探査機がアクセスできないため、小天体の組成はおろか、その存在すらほとんど不明であった。ところが近年、1I/Oumuamua (Meech+2017) や 2I/Borisov (Guzik+2019) といった、**太陽系外から飛来する「恒星間天体」**が地球近傍で相次いで検出されたことで、その素性に注目が集まっている。こうした太陽系外の天体の組成が分かれば、太陽以外の惑星系での惑星形成環境が推定でき、**太陽系の普遍性・特異性を検証できる**からである。実際、2I/Borisov では電波 (Cordiner+2020) や紫外線 (Bodewits+2020) によるリモート観測から、太陽系の彗星に比べて突出して高い CO/H₂O 比が得られており、低温環境での形成が示唆されている。1I/Oumuamua に至っては、太陽系の彗星と全く異なり、H₂の氷を多く含むという理論予想 (Seligman+2020) すらある。しかしながら、より詳細な解析を行うためには、**研究代表者・分担者らが開発してきたような質量分析器** (e.g., [Yokota, Kasahara+2017](#)) の発展版を搭載した探査機でこれらの天体にアクセスし、その場で**高い質量分解能と空間分解能をもって組成分析を実施**する必要がある。

工学的観点：

CubeSat を初めとする 100 kg 以下の**超小型探査機**は、太陽系探査におけるゲームチェンジャーになりつつある。超小型探査機の機動性を活かした多様なミッションの機会検討が、ここ数年の世界の大きな潮流である。特に日本は、**東京大学・JAXA による深宇宙探査機 PROCYON 等の実績によって世界をリードする立場**にある。もう一つのキーワードは「**月軌道ゲートウェイ**」である。これは日本を含む国際共同の枠組みの中で月周回軌道に建設される有人の宇宙ステーションであり、新しい理学ミッションの創出につながることを期待されている。例えば CubeSat を、月軌道ゲートウェイあるいはそこに至る輸送機 HTV-X から放出することで、**超小型探査機の機動性は飛躍的に向上**する。2019 年末には、ゲートウェイを活用するアイデアの提供要請が JAXA から発出されており、**理学ミッションに利用**できる期待値は高い。

2. 研究の目的

本申請課題の先にある最終的なゴールは、太陽系外から地球近傍に飛来する**恒星間天体を人類として初めて直接探査**し、系外惑星系の組成を詳細に解析して先述の「問い」に答えることである。東京大学および JAXA の工学系研究者との議論では、(1)月軌道ゲートウェイ (GW) に超小型探査機 (たとえば、20 cm x 30 cm x 40 cm, 30 kg 程度) を予め輸送し、(2)GW での待機の後、(3)アプローチ可能な恒星間天体 (2017-2020 年の間に 2 個出現している) が見つかったところで探査機を放出し、(4)対象の恒星間天体の近傍をかすめながら観測する (リソースの制限から、着陸等は出来ない) という現実的な探査シナリオ (図 1) が得られている。しかしながら、**最大の問題は、天体の組成分析を行う上で肝心かなめの質量分析器の準備が出来ていない**ことである。代表者・分担者らはこれまで地球、月、水星、火星の探査に向けた宇宙機搭載用のイオン・電子分析器を開発してきた ([Kasahara, Yokota+2018](#); [Yokota, Kasahara+2017](#); [Yokota+2005](#) など) が、小天体近傍の主成分である**中性ガス分子・原子を分析できる質量分析器**については、基礎実験に着手したばかりである。また、**イオン質量分析器**については、これまでの開発ヘリテージがあるものの、天体とすれ違う相対速度が 10-100 km/s という高速であること、また、主たる計測対象が分子イオンであることなどから、後述するような新たな設計が必要となる。

3. 研究の方法

天体から放出されるガスは、天体近傍では大部分が中性粒子であるが、太陽紫外線による電離のため、遠方ではイオンとして観測される。このため本申請課題では、超小型探査機 (30 kg 以下程度を想定) に搭載可能な、10 cm x 10 cm x 40 cm 程度のサイズの**中性粒子質量分析器およびイオン質量分析器の要素基礎開発**を実施した。小天体の形成環境 (温度、組成、太陽からの距離など) を推定するうえでは、上述のような H₂O, CO, H₂ の他、O₂, NH₃, N₂ といった分子種の存在度が鍵となるため、これらを定量できる分解能を持たせることを考えた。

課題 1：中性粒子分析器

中性粒子分析器は、装置内で粒子を電離するユニット (電離部) と、電離 (=イオン化) された粒子を質量分析するユニット (質量分析部) からなる。このうち、本課題では、これまで国内で特に手薄だった電離部の開発に重点を置いた。

電離部には、高いイオン化効率 (全体の検出効率を高くするため) と適切なイオン射出条件 (エネルギー、出射方向の収束等) とが求められる。本課題では電離部を製作し、その性能を実験室で評価した。電離にはフィラメントから熱的に放出される電子を用いるが、過去の海外の探査ミッションで用いられてきたレニウム-タングステンフィラメントだけでなく、その 10 倍高いイ

オン化効率を実現するため、 Y_2O_3 コートイリジウムフィラメントも性能評価の対象とした。具体的には、フィラメントから放出される電子電流量の計測、および、イオン化部から放出されるイオン電流量の計測を行った。

課題 2：イオン質量分析器

KAGUYA, ARASE, BepiColombo, MMX といった国内ミッションを通じて蓄積されてきたヘリテージを利用し、静電エネルギー分析器と Time-of-flight 分析器の組み合わせにより、天体起源イオンの速度分布と質量 (=組成) 分布を計測するが、恒星間天体探査にあたっては、少なくとも以下の新規要素開発が必要となる。

(課題 2A: 静電分析器入射口の視野掃引機能)

計測対象のガスは過去の彗星探査・恒星間天体観測から類推すると H_2O や CO/CO_2 などを主体とする組成を持つ。これらが太陽風磁場にピックアップされると、分析器入射時の典型的なエネルギーは $20keV$ を超える。一方で、過去の探査で設計されてきた視野掃引機能のエネルギーレンジ上限は $10-15keV$ のものが多く、それ以上のエネルギーに対応するためには感度や高圧電源リソースとのトレードオフとなり、本研究が目指すような超小型ミッションとの相性がよくない。そこで本研究では、視野掃引機能の向上を目指す新しい設計を実施した。

(課題 2B: 静電分析器入射口のコレリメータ・ダストシールド)

探査機は $10-100 km/s$ 程度の高速で天体の大気に突入するため、入射イオンの猛烈なフラックスを抑制するための、コレリメータが必要である。また、探査機は同時に天体から放出されるダスト (氷、ケイ酸塩) 環境に飛び込む事にもなるため、このコレリメータにはダストに対するシールドとしての役割も課せられる。ダスト環境を精査のうえ、シールドとしての部材の厚みなどを最適化する設計を実施した。

(課題 2C: 分子イオン計測)

もう一つ、過去に実施されてきたイオン観測と大きく異なるのは、(太陽系内の小天体から類推すると) 天体から放出されるイオンの大部分が分子イオンである、という点である。質量分析の際には、装置内に配置した炭素超薄膜 (50 \AA 程度) をイオンが貫通することで信号を出す設計になっているが、このときに分子イオンの多くは原子に解離させられると考えられる。しかし、ここで一部でも分子イオンのまま残っていると、観測データの解釈が大きく変わりうるため、薄膜通過時の分子イオンの挙動を正確に調べておくことは極めて重要である。本課題では、質量分析器を試作し、分子イオンのビームを照射させ、そのスペクトルを取得することで、分子イオンの解離について定量的なデータを取得した。また、これまでの探査で用いられてきた非晶質の炭素超薄膜に代わる新素材としてグラフェン (厚み 5 \AA 程度) を選定し、その薄さによる感度・分解能の向上を試験的に確かめた。

(課題 2D: 電子回路基板の設計・製造) イオン質量分析には、粒子軌道制御や検出器に用いる高圧電源が必要である。また、検出器で得られた信号を処理するアンプも必要である。これらの回路を載せた電子回路基板を、超小型探査機に搭載できるサイズで設計・試作した。

4. 研究成果

課題 1：中性粒子分析器 (電離ユニット)

電離ユニット (図 1) を試作し、真空中で N_2 ガスなどを微量導入し、イオン化されて放出された電流を計測した。酸化イットリアをイリジウム線に塗布したタイプのフィラメントを用いることで、当初の目標通り、 $10^{-3} Pa$ において $1 nA$ のイオン電流が得られた。消費電力についても、目標であった $3W$ 程度に抑えることに成功した。また、 Y_2O_3 コートイリジウムフィラメントのハンドリングに関するノウハウを蓄積した。

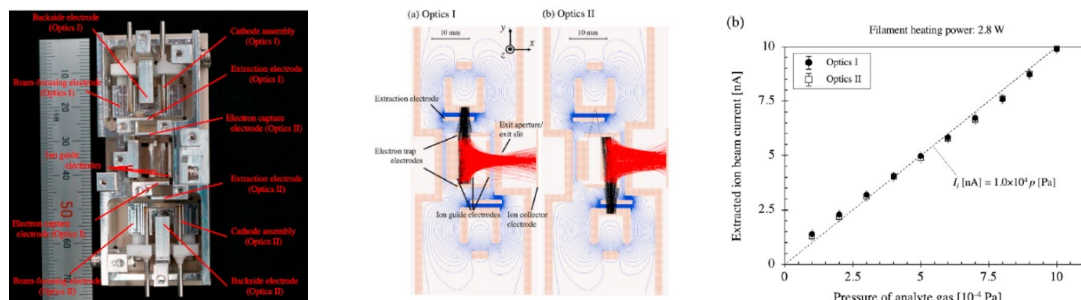


図 1：(左) 試作した電離ユニットの構造、(中央) 電位分布とイオン・電子の軌道、(右) 導入ガス圧と出力イオン電流との関係 (Kawashima et al., 2022, Planetary and Space Science).

課題 2：イオン質量分析器

(課題 2A: 静電分析器入射口の視野掃引機能)

本研究では、視野掃引機能の向上を目指す新しい設計を実施した。考案した新設計と従来の設計

との比較を図2に示す。新設計ではブースター電極を設けることで、より高エネルギーまで視野を掃引することが可能になる。このアイデアに基づいた設計のもと得られたイオン軌道シミュレーション結果が図3(左)である。このイオンセンサを試作し、実験室でイオンビームの計測試験を実施した(図3(中央))。これにより、シミュレーションと実験データが整合的であることを確かめた(図3右)。

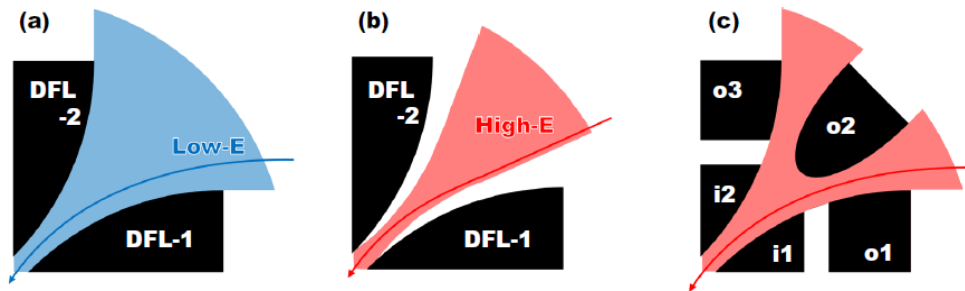


図2：(左) 従来の設計で低エネルギーイオンを計測する際の視野掃引可能範囲。(中央) 従来の設計で高エネルギーイオン(>20keV)を計測する際の視野掃引可能範囲。(右) 本研究の設計で高エネルギーイオンを計測する際の視野掃引可能範囲 (Kasahara et al., 2023, Earth, Planets, and Space)。

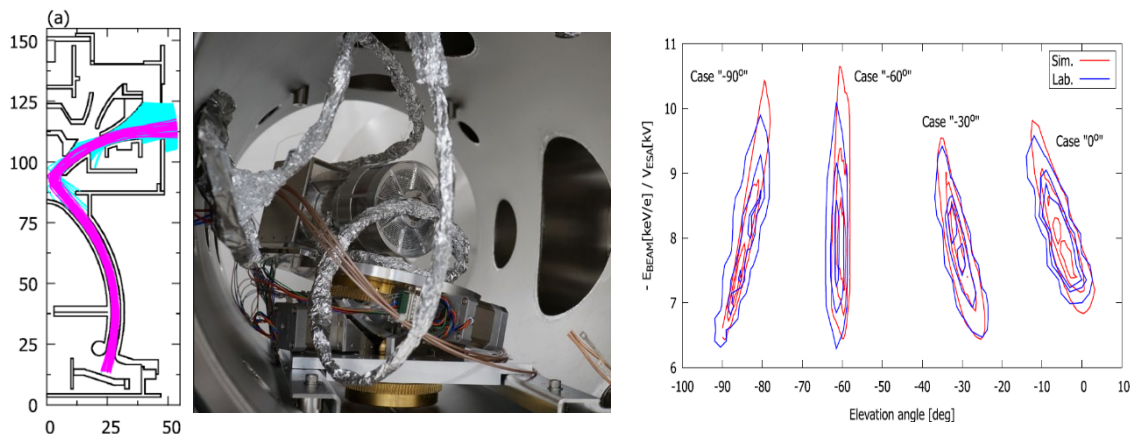


図3：(左) イオン軌道シミュレーション。(中央) センサの性能試験の様子。(右) 試験データとシミュレーション結果の比較 (Kasahara et al., 2023, Earth, Planets, and Space)。

(課題 2B: 静電分析器入射口のコリメータ・ダストシールド)

本研究では、彗星探査計画 Comet Interceptor に用いられるダストの確率モデル (Marshall et al., 2022, Astronomy & Astrophysics) を参照し、シールドとしての部材の材質・厚みなどを検討した。その結果、例えば彗星に対して 1000km ほどの最接近距離を持つミッションであれば(仮に質量 300g, 板間距離 45mm という制約条件の中で)アルミ 3 枚の構造 (アルミ 1mm, ギャップ 27mm, アルミ 3mm, ギャップ 10mm, アルミ 1.5mm) であれば十分なシールド能力を有せることを見出した(図4左)。また、入射イオンフラックスとダストの双方を考慮したイオン入射窓を設計した(図4右)。

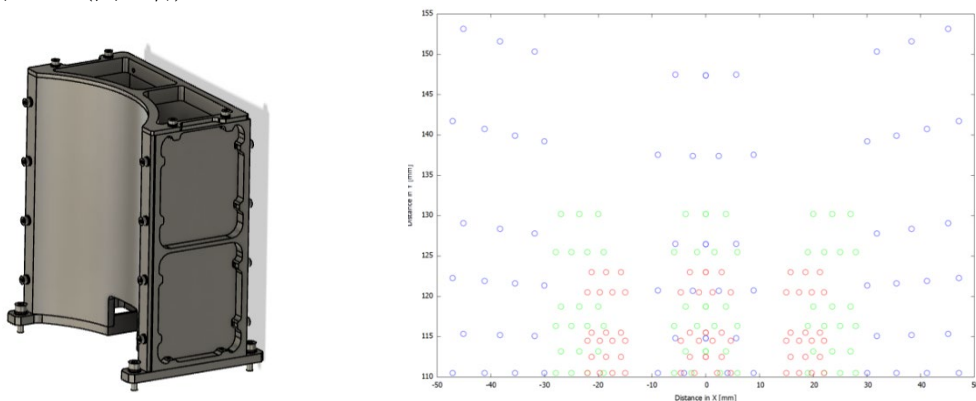


図4：(左) ダストシールド形状と (右) 入射窓位置・形状。

(課題 2C: 分子イオン計測)

超小型探査機に搭載可能なサイズの質量分析器を設計・試作し(図5左)、揮発性元素イオン質量スペクトルの取得に成功した(図5右)。質量分析の際には、装置内に配置した炭素超薄膜を

イオンが貫通することで信号を出す設計になっているが、このときに分子イオンの多くは原子に解離してしまうとともに大きく散乱され、マスペクトル上での検出が困難である。実際、この分析器において、フライト実績のある非晶質カーボンフォイルを用いた場合、分子イオンが解離せずに検出されることは極めて少ない（ノイズレベル以下）であることがわかった（図5右）。次に、従来の非晶質カーボン（50Å程度）に代わる新素材としてグラフェン（5Å）を採用することを考え、実装方法を確立した。グラフェンはその薄さゆえに実装がアモルファス炭素薄膜に比べて一般に困難である（メッシュに実装する際に穴が開いてしまう）が、本課題では最終的に穴の存在率を20%以下に抑えることに成功した（図6）。

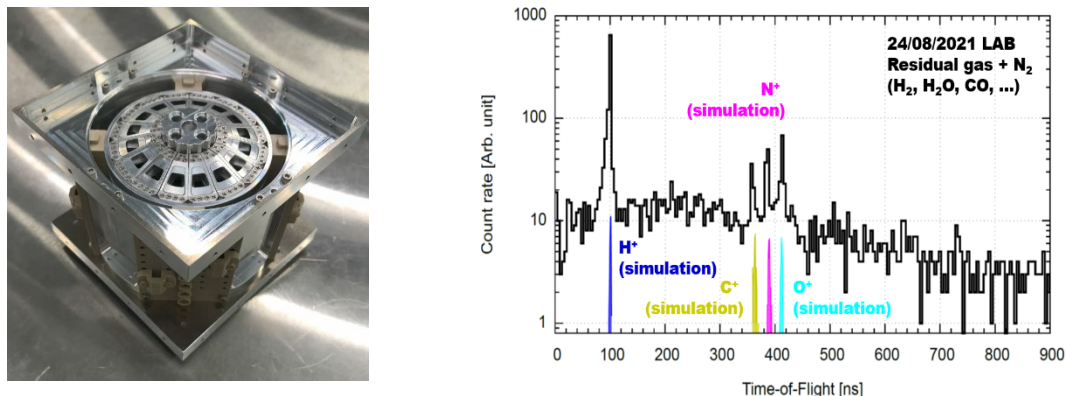


図5：(左) 質量分析器試作機と (右) 実験で得られたマスペクトル。

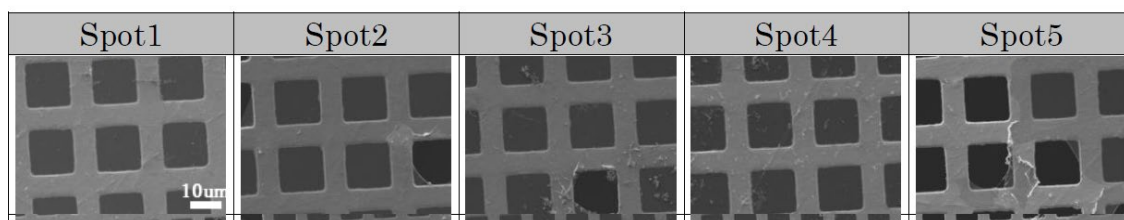


図6：ニッケルメッシュ状に張ったグラフェンの電子顕微鏡写真（吉田，2024，東京大学修士論文）。

(課題 2D: 電子回路基板の設計・製造)

イオン質量分析器に使用する高電圧生成回路基板，アンプ基板，主電源基板を設計・製作した。高電圧はイオンのエネルギー分析および質量分析に使用するものであり，最高+/-5kV の高速掃引（0 から5kV まで3ms 以内に遷移）が必要である。CubeSat にも搭載可能な小型サイズで設計・製造し，実機でその性能を確認した。また，アンプ基板はイオンの信号を検出する回路を有するものである。これについても小型のサイズで設計・製造した。実機にテストパルス信号を入力し，信号が10倍に正しく増幅されていること，（検出タイミングの高精度計測のための）コンスタン卜フラクシオンディスクリミネータの回路が正しく働いていることを確認した（図7）。

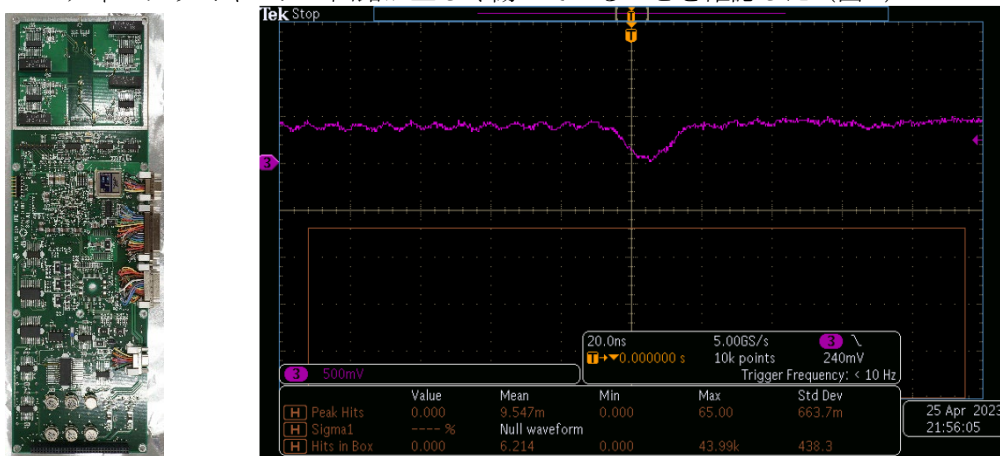


図7：(左) アンプ基板試作機と(右)アンプの出力波形。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 7件/うち国際共著 5件/うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 Bergman S., Miyake Y., Kasahara S., Johansson F. L., Henri P.	4. 巻 959
2. 論文標題 Spacecraft Charging Simulations of Probe B1 of Comet Interceptor during the Cometary Flyby	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 138 ~ 138
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ad0ce5	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 Kasahara Satoshi, Tao Ryo, Yoshida Emiko, Yokota Shoichiro	4. 巻 75
2. 論文標題 A two-stage deflection system for the extension of the energy coverage in space plasma three-dimensional measurements	5. 発行年 2023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/s40623-023-01845-0	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 De Keyser J., Edberg N.J.T., Henri P., Auster H.-U., Galand M., Rubin M., Nilsson H., Soucek J., Andr? N., Corte V. Della, Rothkaehl H., Funase R., Kasahara S., Van Damme C. Corral	4. 巻 244
2. 論文標題 In situ plasma and neutral gas observation time windows during a comet flyby: Application to the Comet Interceptor mission	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Planetary and Space Science	6. 最初と最後の頁 105878 ~ 105878
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.pss.2024.105878	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 Jones Geraint H. ほか (共著者232名, S. Kasaharaを含む)	4. 巻 220
2. 論文標題 The Comet Interceptor Mission	5. 発行年 2024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/s11214-023-01035-0	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 Kistler L. M., Asamura K., Kasahara S., Miyoshi Y., Mouikis C. G., Keika K., Petrinec S. M., Stevens M. L., Hori T., Yokota S., Shinohara I.	4. 巻 14
2. 論文標題 The variable source of the plasma sheet during a geomagnetic storm	5. 発行年 2023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/s41467-023-41735-3	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 Kawashima Oya, Yanase Naho, Okitsu Yoshihisa, Hirahara Masafumi, Saito Yoshifumi, Karouji Yuzuru, Yamamoto Naoki, Yokota Shoichiro, Kasahara Satoshi	4. 巻 220
2. 論文標題 Development of an electron impact ion source with high ionization efficiency for future planetary missions	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Planetary and Space Science	6. 最初と最後の頁 105547 ~ 105547
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.pss.2022.105547	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 Yokota Shoichiro, Terada Naoki, Matsuoka Ayako, Murata Naofumi, Saito Yoshifumi, Delcourt Dominique, Futaana Yoshifumi, Seki Kanako, Schaible Micah J, Asamura Kazushi, Kasahara Satoshi, Nakagawa Hiromu, Nishino Masaki N, Nomura Reiko, Keika Kunihiro, Harada Yuki, Imajo Shun	4. 巻 73
2. 論文標題 In Situ Observations of Ions and Magnetic Field Around Phobos: The Mass Spectrum Analyzer (MSA) for the Martian Moons eXploration (MMX) Mission	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Earth, Planets and Space	6. 最初と最後の頁 216
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.21203/rs.3.rs-130696/v1	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17件(うち招待講演 0件/うち国際学会 0件)

1. 発表者名 笠原慧, 船瀬龍, 吉岡和夫, 坂谷尚哉, 亀田真吾, 松岡彩子, 村田直史, 原田裕己, 河北秀世, 杉田精司
2. 発表標題 The Comet Interceptor mission: Preliminary design
3. 学会等名 日本惑星科学会 2023年秋季講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Kasahara S., R. Tao, E. Yoshida, and S. Yokota
2. 発表標題 A two-stage deflection system for the extension of the energy coverage in space plasma 3D measurements
3. 学会等名 SGEPSS 2023年秋季講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 S. Kasahara, R. Funase, S. Nakajima, K. Yoshioka, N. Sakatani, S. Kameda, A. Matsuoka, N. Murata, Y. Harada, H. Kawakita, and the Comet Interceptor team
2. 発表標題 The Comet Interceptor mission: pre-project activities in 2022-2023
3. 学会等名 JpGU
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 田尾 涼, 笠原 慧
2. 発表標題 Comet Interceptor ミッションで計測される彗星イオンの推定と搭載されるイオン分析器用ダストシールドの設計
3. 学会等名 日本惑星科学会 2023年秋季講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 笠原慧, 船瀬龍, 河北秀世, 吉岡和夫, 坂谷尚哉, 亀田真吾, 松岡彩子, 村田直史, 原田裕己
2. 発表標題 The Comet Interceptor mission: JAXA's MDR/SRR completed
3. 学会等名 SGEPSS 秋学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 笠原慧, 河北秀世, 吉岡和夫, 坂谷尚哉, 亀田真吾, 松岡彩子, 村田直史, 原田裕己, 新中善晴, 船瀬龍, Comet Interceptor science team
2. 発表標題 The Comet Interceptor mission: updates from ESA and JAXA
3. 学会等名 日本惑星科学会 2022年秋季講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kasahara, S., M. Watanabe, O. Kawashima, S. Yokota, K. Asamura, Y. Saito, M. Hirahara
2. 発表標題 Test results of the breadboard-model ion mass spectrometer for the Comet Interceptor mission
3. 学会等名 JpGU
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 川島 桜也, 笠原 慧, 平原 聖文, 齋藤 義文, 横田 勝一郎, 杉田 精司
2. 発表標題 太陽系探査を目指したイオントラップフーリエ変換型質量分析器の開発
3. 学会等名 日本惑星科学会 2022年秋季講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 川島 桜也, 柳瀬 菜穂, 沖津 由尚, 平原 聖文, 齋藤 義文, 唐牛 譲, 山本 直輝, 横田 勝一郎, 笠原 慧
2. 発表標題 月極域探査 LUPEX 搭載用 REIWA/TRITON に資する 高イオン化効率をもつ中性粒子質量分析用イオン源の開発
3. 学会等名 日本惑星科学会 2022年秋季講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kawahara, N. Yanase, Y. Okitsu, Y. Saito, M. Hirahara, S. Yokota, S. Kasahara
2. 発表標題 Development of a space-borne electron impact ion source optimizing ionization rate
3. 学会等名 JpGU
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 田尾 涼, 吉田 恵実子, 笠原 慧, 横田 勝一郎, 齋藤 義文, 浅村 和史, 平原 聖文
2. 発表標題 Comet Interceptorに搭載するイオン分析器の検出器の開発
3. 学会等名 SGEPSS 秋学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kasahara, S., S. Yokota, K. Asamura, Y. Saito, M. Hirahara, A. Matsuoka, N. Murata, T. Amano, K. Keika, Y. Ohira, and K. Yoshioka
2. 発表標題 Challenges for ion measurements in a comet mission
3. 学会等名 地球惑星科学連合2021年大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 笠原慧, 河北秀世, 新中善晴, 吉岡和夫, 坂谷尚哉, 亀田真吾, 松岡彩子, 村田直史, 原田裕己, 船瀬龍, 中島晋太郎, 尾崎直哉, 宇佐美尚人, Comet Interceptor science team
2. 発表標題 Comet Interceptorの科学目的とミッション要求
3. 学会等名 日本惑星科学会 2021年秋季講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 笠原慧, 横田勝一郎, 桂華邦裕, 堀智昭, 山本和弘
2. 発表標題 Performance of Medium-Energy Particle experiments (MEPs) onboard ERG: a long-term view
3. 学会等名 SGEPSS
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 O. Kawashima, S. Kasahara, Y. Saito, S. Yokota, M. Hirahara and S. Sugita
2. 発表標題 Development of a miniature ion-trap Fourier-transform mass spectrometer for future space missions
3. 学会等名 JpGU
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Shin Sugo, Satoshi Kasahara, Hirokazu Ikeda, Hirotsugu Kojima, Takahiro Zushi, Motoyuki Kikukawa
2. 発表標題 Miniaturization of energetic electron sensor for future planetary explorations using ASIC
3. 学会等名 JpGU
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 菅生真, 笠原慧, 池田博一, 小嶋浩嗣, 頭師孝拓, 菊川素如
2. 発表標題 将来の惑星探査に向けたASIC技術による10-100 keV電子観測器の小型化
3. 学会等名 SGEPSS
4. 発表年 2021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
研究 分担 者	横田 勝一郎 (Yokota Shoichiro) (40435798)	大阪大学・大学院理学研究科・准教授 (14401)	

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