

令和 2 年 6 月 9 日現在

機関番号：11301

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K14872

研究課題名(和文) 高強度電磁ビームにより駆動される次世代ロケットの飛翔技術確立

研究課題名(英文) Establishment of Flight Technique for Next Generation Rocket Driven by an Intense Electromagnetic Beam

研究代表者

高橋 聖幸 (Takahashi, Masayuki)

東北大学・工学研究科・准教授

研究者番号：00794067

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)：本研究では、高強度電磁ビームによって駆動されるビーム推進ロケットの飛行性能を改善する為に、パルスロケットモード、管内駆動加速モード、マルチパラボナフリーフライト機体を提案・開発し、数値シミュレーションと実験の両面から研究を遂行した。数値シミュレーションにより、ビーム誘起プラズマの伝搬特性、衝撃波伝搬特性、ビーム推進システムへの推力変換特性を明らかにし、提案手法により推進性能が改善可能である事を示した。加えて実験により数値計算結果の確かさを確認する事が出来た。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ビーム推進システムの研究に従事し、放電特性や推進特性を明らかにする事で推進性能を改善出来たが、これによりビーム推進システムが確立出来れば、ロケット打ち上げコストを従来よりも大幅に削減し、宇宙利用ミッションの頻度を高める事が可能となる。また本研究により、ビーム誘起放電現象におけるエネルギー輸送、放射輸送過程の一部が解明されたが、工学的観点だけでなくプラズマ物理学的観点からも大変有意義である。

研究成果の概要(英文)：In this study, pulsed-rocket mode, in-tube driven acceleration mode, and multi-parabola free-flight vehicle were proposed and developed as a type of beamed-energy vehicles driven by an intense electromagnetic beam, and numerical simulation and experiment were conducted. The numerical simulation captured propagation characteristics of a beam-induced plasma, shock wave character, and thrust conversion character to the beamed-energy propulsion system, which indicated that a thrust performance of the beamed-energy vehicle was improved based on the proposed techniques. The simulation result was then validated by conducting the experiment.

研究分野：ビーム誘起放電

キーワード：ビーム放電 衝撃波 ロケット打ち上げ プラズマ 推力 ビーム推進 電磁波 飛行安定性

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

宇宙輸送コストを低減する為の次世代輸送システムとして、高強度ビーム照射によるビーム推進システムが提案されている。ビーム推進システムでは、地上に設置されたビーム発振基地から高強度ビームを機体に向かって照射し、機体を持つ放物型ミラーによってそれを集光、高強度電場領域を形成する事で大気絶縁破壊を誘起する。この大気絶縁破壊によって生成されたプラズマが雰囲気の中性粒子と相互作用する事でエネルギーを中性粒子へと輸送し、衝撃波が駆動され、衝撃波が機体表面と接触した際にロケット打ち上げに要する推進力が生成される。搭載燃料を削減出来、且つ燃焼エンジン等の複雑部品を搭載せずにロケットを打ち上げる事が出来る為、打ち上げ一回あたりのコストを削減する事が出来る。初期コストとしてビーム発振基地建設費が必要となるが、低コストの打ち上げを繰り返す事で初期コストを償還する。ビーム推進システムは低コスト打ち上げ手法として注目されているものの、飛行安定性を維持出来ない、高高度・低雰囲気圧力下では推力を維持出来ない、ビーム誘起プラズマによる遮蔽現象により、繰り返しパルス照射時の推進性能が低下する等の問題点があり、それら問題点を解決出来る技術が提唱されていない為にシステム確立には至っていない。

### 2. 研究の目的

本研究ではビーム推進システムを確立する為に、飛行安定性を改善、低雰囲気圧力下での推進性能を改善、繰り返しパルス照射時の推進性能を改善する事を目的とする。

### 3. 研究の方法

ビーム推進機の性能改善の為に新しい技術を提案し、数値シミュレーションを用いて提案手法の実現可能性を検証し、実証実験を行う。

### 4. 研究成果

#### (1) 飛行安定性の改善

従来のビーム推進機は円環状のカウルを有しており、照射ビームに対する横オフセットが存在した場合、それを打ち消すセンタリング復元力を生成する事が出来る。然し乍ら角度オフセットが存在する場合、それを打ち消すチルト復元力を獲得出来ずに飛行不安定となり、最終的には照射ビーム軸から逸脱してしまう。飛行安定性を改善する為には、センタリング復元力だけでなくチルト復元力を生み出せる機体を開発する必要がある。またセンタリング復元力獲得の最中に、意図しない回転モーメントが発生して角度オフセットが増大、これが飛行不安定の要因ともなる為、センタリング力発生と回転モーメント発生とをデカップルする必要がある。従って本研究では、飛行安定性を改善する為にマルチパラボナビーム推進機を提案した。マルチパラボナ機体においては、重心からセンタリング復元力の力点への距離ベクトルとセンタリング復元力ベクトルが平行となり、センタリング復元力獲得時の回転モーメントを低減出来る。また重心位置とパラボナ形状の工夫により、チルト復元力を獲得出来る。数値シミュレーションを実施して衝撃波伝搬を再現する事で、これら性質の有無を確かめられたので、実際に実験モデルを作成してビーム照射実験を実施した。ビーム照射実験を実施した所、センタリング復元力と回転モーメントのデカップルが確かめられた為、従来よりも高性能なビーム推進機開発に成功したと言える。

#### (2) 低雰囲気圧力下での推進性能改善

従来機体では、高高度飛行時に雰囲気ガス圧力が低下する為、高密度プラズマ生成を維持出来ず、またプラズマを生成出来たとしても中性粒子-プラズマ間の相互作用頻度が低下する為に強い衝撃波を誘起出来ない。結果として獲得推力が低下し、高度 30 km 程度で推力が 0 になってしまう。本研究では気体燃料を噴射し、中性粒子密度を高めた領域にビームを照射して高強度衝撃波を駆動するパルスロケットモードを提案し、プラズマ-電磁波結合シミュレーション及び数値流体シミュレーションに基づいて最適燃料の選定を行った。また衝撃波菅問題を応用して生成推力の燃料気体種依存性を調べる事に成功した。数値シミュレーションと物理モデルに基づく、高推進性能を獲得する為には、電子拡散係数と電離周波数が小さく、比熱比が小さい気体燃料が望ましいと言える。

#### (3) 繰り返しパルス照射時の推進性能改善

従来のビーム推進機では繰り返しパルス照射時に、前パルス照射によって生じたプラズマがノズル内部に残留し、残留プラズマが次パルスを遮蔽して電磁エネルギーをノズル奥へと伝達する事が出来ず、高強度衝撃波が機体壁面へと接触しない事から推進性能が低下してしまう。従って本研究では、パルス照射口とプラズマ排出口を分離し、プラズマ遮蔽を避ける管内駆動方式を提案し、プラズマ-電磁波-流体結合シミュレーションを実施する事でプラズマ構造、衝撃波構造、推進性能を評価した。数値シミュレーションにより電磁波伝搬、プラズマ生成、衝撃波伝搬過程が再現され、パルス照射口から侵入したビームが機体前縁及び管壁の鏡によって反射され、機体後方にて集光される事が示された。集光点にて絶縁破壊閾値を超え、プラズマが生成されると共に衝撃波が駆動され、推力が獲得可能となる。集光点における回折現象によ

り、プラズマのエネルギー吸収領域が機体壁面へと近付き、数センチメートル以上の機体に対しては、レーザーよりもマイクロ波を使用した場合の方が高推進性能を達成出来る。また管内駆動方式を用いると、繰り返しパルス照射時の推進性能が改善されるだけでなく、飛行安定性も維持され、更に菅端を封じる事で雰囲気圧力の影響を受けない推進システムを構築する事が出来る。一方で地上から km オーダー以上の高高度に渡る大規模駆動菅の用意は困難であり、管内駆動方式の使用は機体の初期加速のみに限定される。

#### (4) 提案システムの適用高度

本研究ではビーム推進システムにおいて、マルチパラボナ機体、パルスロケットモード、管内駆動方式の提案を行い、数値シミュレーション及び実験により提案手法の実現可能性を調査した。それぞれに最適運用高度が存在する為に、三種類の加速方式を組み合わせる事でビーム推進機の実際の打ち上げが効率化され得る。地上から数百メートルの高度においては、管内駆動方式を適用し、機体の初速を高めるのが望ましい。高度数逆メートル以降はフリーフライトに適したマルチパラボナ機体を用い、安定飛行を維持する。最後に高度 30 km 以降の低密度領域においては、パルスロケットモードを用いるのが望ましい。それぞれの推進方式を組み合わせた場合の最終的な打ち上げコスト低減率に関して、今後は検討していく予定である。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計32件（うち査読付論文 10件 / うち国際共著 3件 / うちオープンアクセス 6件）

1. 著者名 Y. Uda, M. Takahashi, N. Ohnishi, and H. Tanno	4. 巻 2020
2. 論文標題 Effect of Multi-mode Interaction on Hypersonic Boundary Layer Instability	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proceedings of AIAA Scitech 2020 Forum	6. 最初と最後の頁 AIAA 2020-1821
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2514/6.2020-1821	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 H. Sakamoto, K. Kitazono, M. Takahashi, and N. Ohnishi	4. 巻 2019
2. 論文標題 Influence of Shock-adaptive Mesh Refinement on Numerical Solution of Hypersonic Flow	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of the 32nd International Symposium on Shock Waves	6. 最初と最後の頁 OR11-0396
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 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 Y. Uda, M. Takahashi, and N. Ohnishi	4. 巻 2019
2. 論文標題 Numerical Study of Hypersonic Boundary Layer Instability and Unstable Modes Interaction	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of the 32nd International Symposium on Shock Waves	6. 最初と最後の頁 OR-24-0398
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 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 H. S. Kumar, M. Takahashi, and N. Ohnishi	4. 巻 2019
2. 論文標題 Numerical Simulation and Theoretical Analysis of Particle Acceleration in Traveling Magnetic Field Thruster	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of the 36th International Electric Propulsion Conference	6. 最初と最後の頁 IEPC-2019-A795
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 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 A. Wada, M. Takahashi, and N. Ohnishi	4. 巻 2019
2. 論文標題 Two-dimensional Full Particle-in-Cell Simulation of Magnetic Sails in Formation Flight	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of the 36th International Electric Propulsion Conference	6. 最初と最後の頁 IEPC-2019-A829
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 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 Y. Yamakawa, M. Takahashi, and N. Ohnishi	4. 巻 2019
2. 論文標題 Numerical Analysis of Plasma Acceleration Driven by Loop Coil in Electrodeless Thruster	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of the 36th International Electric Propulsion Conference	6. 最初と最後の頁 IEPC-2019-A573
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 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 M. Takahashi	4. 巻 2019
2. 論文標題 Proposal and Performance Evaluation of Microwave-driven In-tube Accelerator Concept	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of the 36th International Electric Propulsion Conference	6. 最初と最後の頁 IEPC-2019-A577
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 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 S. Sato, M. Takahashi, and N. Ohnishi	4. 巻 2019
2. 論文標題 Proposal of a Plasma Actuator for Enhanced Electrohydrodynamic Force Generation Toward Low-voltage Operation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of 32nd International Symposium of Space Technology and Science	6. 最初と最後の頁 2019-e-20
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 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 H. S. Kumar, M. Takahashi, and N. Ohnishi	4. 巻 2019
2. 論文標題 Numerical Simulation of Particle Acceleration in Traveling Magnetic Field Thruster	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of 32nd International Symposium of Space Technology and Science	6. 最初と最後の頁 2019-b-076
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 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 Y. Yamakawa, M. Takahashi, and N. Ohnishi	4. 巻 2019
2. 論文標題 Two-dimensional Axisymmetric Simulation for Plasma Acceleration in Electrodeless Plasma Thruster Using an $m=0$ Coil	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of 32nd International Symposium of Space Technology and Science	6. 最初と最後の頁 2019-b-073
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 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 M. Takahashi and N. Ohnishi	4. 巻 2019
2. 論文標題 Numerical Simulation of Microwave-Driven In-Tube Accelerator	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of 32nd International Symposium of Space Technology and Science	6. 最初と最後の頁 2019-b-087p
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 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 M. Takahashi, N. Ohnishi, M. Myokan, A. Kubota, H. Bottini, A. Iwakawa, A. Sasoh, and F. Gnani	4. 巻 2019
2. 論文標題 Separation Control and Performance Improvement of a Supersonic Airfoil Using Repetitive Pulses	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of the 32nd International Symposium on Shock Waves	6. 最初と最後の頁 1029-1032
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3850/978-981-11-2730-4_0199-cd	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 Masayuki Takahashi and Naofumi Ohnishi	4. 巻 124
2. 論文標題 Gas-Species-Dependence of Microwave Plasma Propagation under External Magnetic Field	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 173301
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.5010096	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 Masayuki Takahashi and Naofumi Ohnishi	4. 巻 125
2. 論文標題 Gas Propellant Dependency of Plasma Structure and Thrust Performance of Microwave Rocket	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 163303
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.5053086	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 高橋聖幸, 大西直文	4. 巻 N/A
2. 論文標題 ビーム推進機の飛行性能改善に向けた数値的研究	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 第26回宇宙科学技術連合講演会講演論文集	6. 最初と最後の頁 2N16
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 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 Masayuki Takahashi and Naofumi Ohnishi	4. 巻 N/A
2. 論文標題 Numerical Study of Discharge and Thrust Generation in a Microwave Rocket	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 AIAA Paper	6. 最初と最後の頁 1242
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2514/6.2019-1242	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 Masayuki Takahashi, Manabu Myokan, Akiya Kubota, Francesca Gnani, Henry Bottini, Akira Iwakawa, Naofumi Ohnishi, and Akihiro Sasoh	4. 巻 28
2. 論文標題 Flow Separation Control and Lift-to-Drag Ratio Improvement Using Repetitive Laser Pulses	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Plasma Application and Hybrid Functionally Materials	6. 最初と最後の頁 C1
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 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 Masayuki Takahashi and Naofumi Ohnishi	4. 巻 17
2. 論文標題 Thrust-Performance Maximization of Microwave Rocket Sustained by Resonant Magnetic Field	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Transactions of the Japan Society for Aeronautical and Space Sciences, Aerospace Technology Japan	6. 最初と最後の頁 531-537
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2322/tastj.17.531	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 Masayuki Takahashi and Naofumi Ohnishi	4. 巻 17
2. 論文標題 Postural Control for Beam-Riding Flight of a Microwave Rocket Using an External Magnetic Field	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Transactions of the Japan Society for Aeronautical and Space Sciences, Aerospace Technology Japan	6. 最初と最後の頁 525-530
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2322/tastj.17.525	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 Masayuki Takahashi and Naofumi Ohnishi	4. 巻 34
2. 論文標題 Open-Front Approach of a Microwave Rocket Sustained by a Resonant Magnetic Field	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Propulsion and Power	6. 最初と最後の頁 762-771
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2514/1.B36621	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 Masayuki Takahashi, Yoshiaki Kageyama, and Naofumi Ohnishi	4. 巻 7
2. 論文標題 Joule-Heating-Supported Plasma Filamentation and Branching During Subcritical Microwave Irradiation	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 AIP Advances	6. 最初と最後の頁 55206
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.4983569	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 Masayuki Takahashi	4. 巻 905
2. 論文標題 Development of Plasma Fluid Model for a Microwave Rocket Supported by a Magnetic Field	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Physics: Conference Series	6. 最初と最後の頁 12024
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1742-6596/905/1/012024	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 Masayuki Takahashi	4. 巻 905
2. 論文標題 Asymmetric Shock Wave Generation in a Microwave Rocket Using a Magnetic Field	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Physics: Conference Series	6. 最初と最後の頁 12020
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1742-6596/905/1/012020	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 高橋聖幸	4. 巻 93
2. 論文標題 ミリ波放電の物理とマイクロ波ロケットへの応用	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 プラズマ核融合学会小特集	6. 最初と最後の頁 478-483
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 Masayuki Takahashi and Kimiya Komurasaki	4. 巻 3
2. 論文標題 Discharge from a High-Intensity Millimeter Wave Beam and Its Application to Propulsion	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Advances in Physics: X	6. 最初と最後の頁 1417744
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/23746149.2017.1417744	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 Masayuki Takahashi and Naofumi Ohnishi	4. 巻 -
2. 論文標題 Separation Control on an Airfoil Using Repetitive Laser Pulses	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 AIAA Paper	6. 最初と最後の頁 2018-1430
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2514/6.2018-1430	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 Masayuki Takahashi and Naofumi Ohnishi	4. 巻 -
2. 論文標題 Numerical Study for Interactions between Separation on Supersonic Flow and Laser-Induced Blast Wave	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proceedings of 31st International Symposium on Shock Waves	6. 最初と最後の頁 SBM000130
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 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 Masayuki Takahashi and Naofumi Ohnishi	4. 巻 -
2. 論文標題 Numerical Modeling for Microwave Breakdown on a Beaming Rocket Supported by an External Magnetic Field	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proceedings of 10th International Workshop of Strong Microwaves and Terahertz Waves: Sources and Applications	6. 最初と最後の頁 A3.3
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 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 Masayuki Takahashi and Naofumi Ohnishi	4. 巻 -
2. 論文標題 Two-Fluid Model Development for Magnetized Plasma Driven by an Intense Microwave Irradiation	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proceedings of Plasma Conference 2017	6. 最初と最後の頁 21P-98
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 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 高橋聖幸, 小串貴年, 大西直文	4. 巻 3
2. 論文標題 レーザー推進機の安定飛行維持に向けた流体軌道連成計算	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 宇宙太陽発電	6. 最初と最後の頁 27-29
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.24662/ssps.3.0_27	査読の有無 無
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 高橋聖幸, 明宮学, Francesca Gnani, Henny Bottini, 岩川輝, 大西直文, 佐宗章弘	4. 巻 -
2. 論文標題 繰り返しレーザーパルス照射による剥離制御	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 平成29年度航空宇宙空カシンポジウム講演論文集	6. 最初と最後の頁 2L4
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 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 高橋聖幸, 明宮学, Francesca Gnani, Henny Bottini, 岩川輝, 大西直文, 佐宗章弘	4. 巻 -
2. 論文標題 繰り返しパルス照射によるプラスト波伝搬を利用した剥離流制御	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 平成29年度衝撃波シンポジウム講演論文集	6. 最初と最後の頁 80
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 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

[学会発表] 計28件(うち招待講演 0件/うち国際学会 22件)

1. 発表者名 Y. Uda, M. Takahashi, N. Ohnishi, and H. Tanno
2. 発表標題 Effect of Multi-mode Interaction on Hypersonic Boundary Layer Instability
3. 学会等名 AIAA Scitech 2020 Forum (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Y. Uda, M. Takahashi, and N. Ohnishi
2. 発表標題 Numerical Study of Hypersonic Boundary Layer Instability and Unstable Modes Interaction
3. 学会等名 32nd International Symposium on Shock Waves (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 H. Sakamoto, K. Kitazono, M. Takahashi, and N. Ohnishi
2. 発表標題 Influence of Shock-adaptive Mesh Refinement on Numerical Solution of Hypersonic Flow
3. 学会等名 32nd International Symposium on Shock Waves (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 H. S. Kumar, M. Takahashi, and N. Ohnishi
2. 発表標題 Numerical Simulation and Theoretical Analysis of Particle Acceleration in Traveling Magnetic Field Thruster
3. 学会等名 36th International Electric Propulsion Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 A. Wada, M. Takahashi, and N. Ohnishi
2. 発表標題 Two-dimensional Full Particle-in-Cell Simulation of Magnetic Sails in Formation Flight
3. 学会等名 36th International Electric Propulsion Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Y. Yamakawa, M. Takahashi, and N. Ohnishi
2. 発表標題 Numerical Analysis of Plasma Acceleration Driven by Loop Coil in Electrodeless Thruster
3. 学会等名 36th International Electric Propulsion Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 M. Takahashi
2. 発表標題 Proposal and Performance Evaluation of Microwave-driven In-tube Accelerator Concept
3. 学会等名 36th International Electric Propulsion Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 S. Sato, M. Takahashi, and N. Ohnishi
2. 発表標題 Proposal of a Plasma Actuator for Enhanced Electrohydrodynamic Force Generation Toward Low-voltage Operation
3. 学会等名 32nd International Symposium of Space Technology and Science (国際学会)
4. 発表年 2019年

1 . 発表者名 H. S. Kumar, M. Takahashi, and N. Ohnishi
2 . 発表標題 Numerical Simulation of Particle Acceleration in Traveling Magnetic Field Thruster
3 . 学会等名 32nd International Symposium of Space Technology and Science ( 国際学会 )
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Y. Yamakawa, M. Takahashi, and N. Ohnishi
2 . 発表標題 Two-dimensional Axisymmetric Simulation for Plasma Acceleration in Electrodeless Plasma Thruster Using an $m=0$ Coil
3 . 学会等名 32nd International Symposium of Space Technology and Science ( 国際学会 )
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 M. Takahashi and N. Ohnishi
2 . 発表標題 Numerical Simulation of Microwave-Driven In-Tube Accelerator
3 . 学会等名 32nd International Symposium of Space Technology and Science ( 国際学会 )
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 M. Takahashi, N. Ohnishi, M. Myokan, A. Kubota, H. Bottini, A. Iwakawa, A. Sasoh, and F. Gnani
2 . 発表標題 Separation Control and Performance Improvement of a Supersonic Airfoil Using Repetitive Pulses
3 . 学会等名 32nd International Symposium on Shock Waves ( 国際学会 )
4 . 発表年 2019年

1. 発表者名 高橋聖幸, 大西直文
2. 発表標題 ビーム推進機の飛行性能改善に向けた数値的研究
3. 学会等名 第26回宇宙科学技術連合講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Masayuki Takahashi and Naofumi Ohnishi
2. 発表標題 Numerical Study of Millimeter-Wave Discharge and Application to Launching System for Small Satellites
3. 学会等名 43rd International Conference on Infrared, Millimeter and Terahertz Waves (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Masayuki Takahashi and Naofumi Ohnishi
2. 発表標題 Fluid Modeling of Microwave Plasma Under an External Magnetic Field
3. 学会等名 APS Gaseous Electronics Conference 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Masayuki Takahashi and Naofumi Ohnishi
2. 発表標題 Propellant Species Dependence of Plasma and Shock Wave Structures in a Microwave Rocket
3. 学会等名 2nd Asia-Pacific Conference on Plasma Physics (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Masayuki Takahashi and Naofumi Ohnishi
2. 発表標題 Numerical Study of Disharge and Thrust Generation in a Microwave Rocket
3. 学会等名 AIAA Science and Technology Forum 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Masayuki Takahashi, Manabu Myokan, Akiya Kubota, Francesca Gnani, Henry Bottini, Akira Iwakawa, Naofumi Ohnishi, and Akihiro Sasoh
2. 発表標題 Flow Separation Control and Lift-to-Drag Ratio Improvement Using Repetitive Laser Pulses
3. 学会等名 Plasma Application and Hybrid Functionally Materials 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Masayuki Takahashi and Naofumi Ohnishi
2. 発表標題 Postural Control for Beam-Riding Flight of a Microwave Rocket Using an External Magnetic Field
3. 学会等名 31st International Symposium on Space Technology and Science (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Masayuki Takahashi and Naofumi Ohnishi
2. 発表標題 Thrust-performance Maximization of Microwave Rocket Sustained by Resonant Magnetic Field
3. 学会等名 31st International Symposium on Space Technology and Science (国際学会)
4. 発表年 2017年



1. 発表者名 Masayuki Takahashi and Naofumi Ohnishi
2. 発表標題 Numerical Study for Interactions between Separation on Supersonic Flow and Laser-Induced Blast Wave
3. 学会等名 31st International Symposium on Shock Waves (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Masayuki Takahashi and Naofumi Ohnishi
2. 発表標題 Numerical Modeling for Microwave Breakdown on a Beaming Rocket Supported by an External Magnetic Field
3. 学会等名 10th International Workshop of Strong Microwaves and Terahertz Waves: Sources and Applications (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 高橋聖幸
2. 発表標題 Microwave-Driven In-Tube Accelerator (MITA) の検討
3. 学会等名 第3回「高エネルギー電磁ビームに誘起される放電とその工学的応用」研究会/第5回マイクロ波ロケット研究会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Masayuki Takahashi and Naofumi Ohnishi
2. 発表標題 Two-Fluid Model Development for Magnetized Plasma Driven by an Intense Microwave Irradiation
3. 学会等名 Plasma Conference 2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 高橋聖幸, 小串貴年, 大西直文
2. 発表標題 レーザー推進機の安定飛行維持に向けた流体軌道連成計算
3. 学会等名 第3回宇宙太陽光発電シンポジウム
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Masayuki Takahashi and Naofumi Ohnishi
2. 発表標題 Separation Control on an Airfoil Using Repetitive Laser Pulses
3. 学会等名 2018 AIAA Aerospace Sciences Meeting (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 高橋聖幸, 明官学, Francesca Gnani, Henry Bottini, 岩川輝, 大西直文, 佐宗章弘
2. 発表標題 繰り返しレーザーパルス照射による剥離制御
3. 学会等名 平成29年度航空宇宙空力シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 高橋聖幸, 明官学, Francesca Gnani, Henry Bottini, 岩川輝, 大西直文, 佐宗章弘
2. 発表標題 繰り返しパルス照射によるプラスト波伝搬を利用した剥離流制御
3. 学会等名 平成29年度衝撃波シンポジウム
4. 発表年 2018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
--	---------------------------	-----------------------	----