

令和 3 年 6 月 21 日現在

機関番号：32644

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2018～2020

課題番号：18H01627

研究課題名（和文）紫外発光ダイオードと先進材料の光相互作用による非線形加速機構と超小型衛星への応用

研究課題名（英文）Non-linear acceleration mechanism of photo-interaction of ultraviolet diodes and advanced materials

研究代表者

堀澤 秀之（Horisawa, Hideyuki）

東海大学・工学部・教授

研究者番号：30256169

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,700,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、紫外発光ダイオード（uv-LED）が発する紫外光と有機ポリマーとの非線形光相互作用を利用した推進システムの作動実験ならびに推進剤の表面分析を行った。その結果、波長265nm、光出力25mWの紫外LEDを用い、推進剤としてPVCを用いた場合とナイロン6を用いた場合でLEDを照射したときに測定した推力は、PVCが11.8uN/Wで、ナイロン6が7.35 uN/Wであった。推進剤表面分析の結果、PVCの場合は塩素が表面から離脱し、ナイロン6の場合は窒素の離脱が確認された。従って、推力発生要因の一つとして、各元素がつくる気体の発生に伴う反力である可能性が高いといえる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究課題の学術的意義は、『宇宙推進（プラズマ源）の分野を超越して短波長LED（我が国で発明されレーザーを凌駕する革命的なポテンシャルを發揮しつつある）の革新的なシーズをいかに創生できるか？』である。特に産業界に貢献し得る工学的な新しいシーズの創生を目指す。紫外LED光と物質との光相互作用を利用したプラズマ源は、小型・低電力（1W未満）で低電圧作動（3V程度）という利点から幅広い分野（プラズマ推進機、電子源・イオン源、各種表面加工、内燃機関の排ガス浄化、各種真空管スイッチ・センサ、殺菌装置など）、において、実用化の観点から革新的な波及効果を及ぼす高いポテンシャルを秘めている。

研究成果の概要（英文）：In this study, we have conducted an operational experiment of propulsion system utilizing nonlinear interactions of uv-LED photons and polymer targets and surface analysis of the propellants. As the results, with an uv-LED of wavelength of 265nm, optical power of 25mW, for propellants of PVC or nylon 6, measured thrusts for PVC was 11.8uN/W, and that for nylon 6 was 7.35 uN/W, respectively. From the surface analysis of the propellants, the removal of Cl and N atoms for PVC and nylon 6, respectively, was confirmed, as a primary cause of thrust generation as a reaction force due to the removal of the gases.

研究分野：宇宙推進工学

キーワード：uvLED推進機 uvLEDと有機材料の相互作用 超小型推進機 超小型人工衛星 低電力推進機 光推進
光化学反応

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

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

(1)-1 研究課題の核心をなす学術的「問い」(波及効果及び普遍性)

本研究課題の学術的「問い」・意義は、『宇宙推進(プラズマ源)の分野を超越して短波長 LED (我が国で発明されレーザーを凌駕する革命的なポテンシャルを発揮しつつある)の革新的なシーズをいかに創生できるか?』である。特に産業界に貢献し得る工学的な新しいシーズの創生を目指す。紫外 LED 光と物質との光相互作用を利用したプラズマ源は、小型・低電力(2W 未満)で低電圧作動(3V 程度)という利点から幅広い分野(プラズマ推進機、電子源・イオン源、各種表面加工、内燃機関の排ガス浄化、各種真空管スイッチ・センサ、殺菌装置など)、において、実用化の観点から革新的な波及効果を及ぼす高いポテンシャルを秘めている。

(1)-2 学術的背景・独創性・重要性

◆電気推進：約半世紀の間に創製された主たる加速機構(電熱加速、電磁加速、静電加速)の殆ど全てが実用化され商品化されるに至った。最近ではこれらの技術の大電力化(有人深宇宙探査用)ならびに小電力化(小型衛星用)の需要が高まり各国で活発な研究開発が進められている。趨勢は衛星システム開発に偏重しつつあるが、これはメーカ各社に委ねるとして、大学の役割としては基礎研究・シーズ開拓が極めて重要である。

◆光推進：ドイツの Sängner による光子ロケットの提案に始まる(1954 年)が、光子の光圧は非常に小さく実用化に不向きなため、レーザーアブレーションを利用した機構が Kantrowitz により提案された(1972 年)。

◆紫外光と物質の非線形光相互作用：高出力紫外レーザーによる各種固体材料の非熱的なアブレーション(1 光子過程)はエキシマレーザーの発達とともに長年盛んに理論的および実験的研究が行われ、学術的価値が非常に高い。

◆本研究課題の独創性：一方で低出力の uv-LED を用いて材料表面から原子・分子・イオン(電子)を発生させる方法および推力発生を試みる方法(本申請課題)は申請者の知る限り前例がなく極めて独創的といえる。従って、これを応用したプラズマ源の開発および熱的・静電的な追加加速(研究代表者ら)なども一層独創的といえる。

◆学術的重要性：学術的には長年研究されてきた非線形効果が極めて強い物理機構の解明およびこれを踏まえた高性能化への挑戦という観点からも極めて重要度が高い。また、推進機は宇宙実験を経て初めて真価が発揮できるので、超小型衛星(例えば 1U の CubeSat)への搭載を視野に入れた開発も並行して行う。

2. 研究の目的

本研究では、uv-LED が発する uv 光と低結合エネルギーの有機ポリマーや低仕事関数の無機材料との非線形的な光相互作用により、プラズマ(中性原子・分子を含む)を発生(プラズマ源)および加速(推進機)する物理機構の理論的および実験的な解明を目指し、最適なプラズマ発生条件について検討し、さらに工学的応用を追求することを目的とする。これは電熱加速に近いが非線形的な非熱的過程が支配的なので、前例のない全く新しい粒子加速機構で『光化学加速』といえる。理論的手法としては、第一原理分子動力学法によって uv 光と物質の光相互作用およびプラズマの発生機構および特性について検討する。実験的手法としては、1)各種材料が uv 光と相互作用した際の発生プラズマの診断、2)各種材料の uv 光の被照射面分析、の 2 通りの検証方法からプラズマ発生機構・特性について検討する。これらの結果から得られた最適作動条件において、プラズマ発生特性および推進性能の更なる向上を目指す。

本方式では、従来と異なり加速に高電圧/大電流電源が不要で、主として低電圧直流電源のみを要するので、電源を極めて小型・軽量にできる。また、電流制御により LED 輝度を制御可能なので、プラズマ発生量や推進性能を極めて高い精度で制御可能である。この方法を超小型衛星に搭載し、我が国独自の技術としていち早く工学的価値を実証することは極めて重要で、これが本研究の最終的な目標である。

3. 研究の方法

本研究では、紫外発光ダイオード(uv-LED)が発する uv 光と低結合エネルギーの有機ポリマーや低仕事関数の無機材料との非線形的な光相互作用により、プラズマ(中性原子・分子を含む)を発生(プラズマ源)および加速(推進機)する物理機構を理論的および実験的に解明し、最適なプラズマ発生条件について検討し、さらに工学的応用を追求することを目的とする。ここでは主として推進システムの作動実験ならびに被照射推進剤表面の分析・評価を行った。また、Gaussian を用いた第一原理シミュレーションの構築に取り組んだ。具体的には以下の通りである。

課題 1. uv-LED と先進材料の非線形光相互作用の物理機構の理論的解明：第一原理分子動力学シミュレーション

課題 2. uv-LED と先進材料の非線形光相互作用の物理機構の実験的検討 1：気体生成特性評価：

評価システムの構築

課題 3. uv-LED と先進材料の非線形光相互作用の物理機構の実験的検討 2：被照射材料表面の分析

課題 4. 推進性能の評価（推進剤消費率・推力測定）：推進機としての最適条件を検討する.

課題 5. uv 光と低仕事関数の金属や無機材料との光相互作用の実験的検討

表 1 紫外光発光ダイオード仕様

順電流[mA]	350	400
順電圧[V]	6.8	7
放射束[mW]	18	25
ピーク波長[nm]	265	265

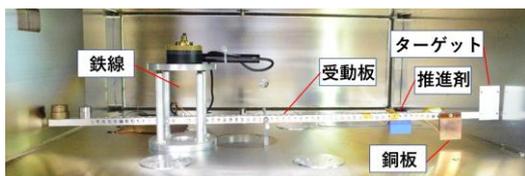


図 2 開発したスラストスタンド

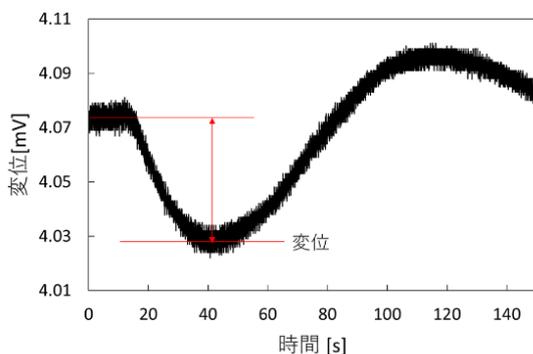


図 3 静電アクチュエータによる変位

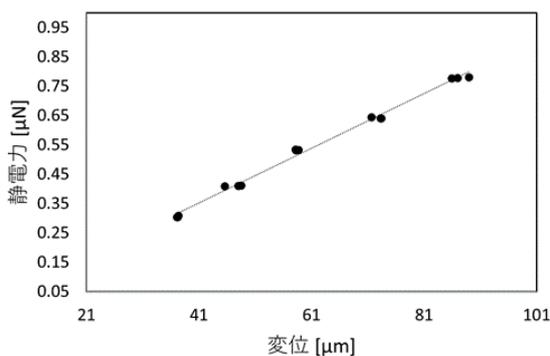


図 4 スラストスタンド校正結果の例

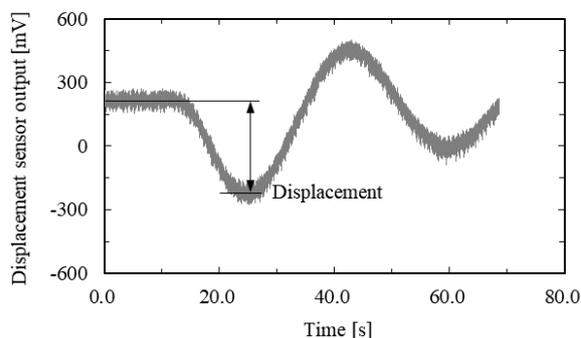


図 5 ナイロンへの LED 照射による変位

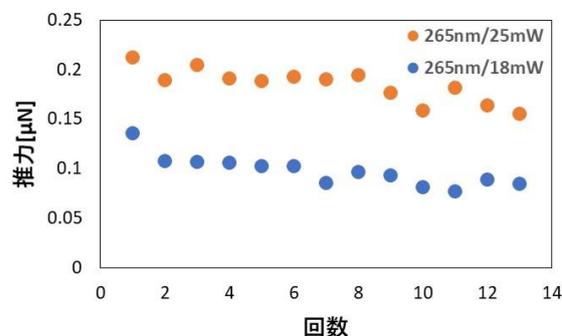


図 6 各 LED 照射による推力測定結果 (推進剤ナイロン 6)

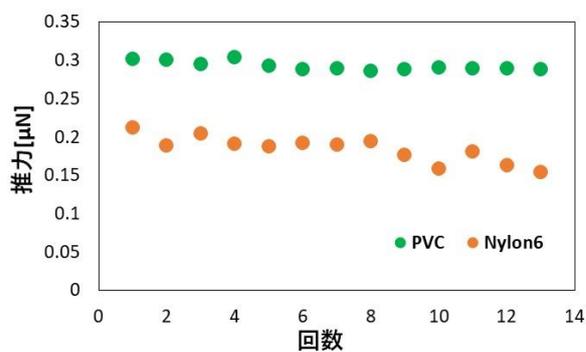


図 7 異なる推進剤における推力測定結果

これらの課題は相補的關係にあり、物理機構検証上何れも不可欠である。なお、本研究で目指す最適条件 (uv 波長・材料の組合せ) は、a) 推力の最大値を得る条件、b) 材料表面の質量消費率の最大値を得る条件、c) 比推力の最大値を得る条件、d) プラズマ速度の最大値を得る条件、などを目的とした活動を実施した。

実験では 2 種類の LED を使用した。それぞれの評価結果を表 1 に示す。推力の校正はアームに装備した銅板とチャンバーに設置した銅板同士の静電力により既知の静電力と変位から UV-LED の推力を算出した。印加電圧を 30~50 V の間で段階的に変化させながら複数回測定を行うことで、スラストスタンドの校正直線を作成する。この校正結果と UV-LED 照射時に生じた変位を比較することで、光化学反応による推力を算出した。

表 2 各 LED 照射による推力測定結果 (推進剤ナイロン 6)

	265 nm/18 mW Nylon6	265 nm/25 mW Nylon6
推力[μN]	0.106 ± 0.029	0.184 ± 0.029
最大推力[μN]	0.136	0.213
最小推力[μN]	0.077	0.115
推力光出力比[$\mu\text{N}/\text{W}$]	5.91 ± 1.63	7.35 ± 1.15

表 3 各推進剤における推力測定結果 (推進剤: PVC, ナイロン 6)

	265 nm/25 mW PVC	265 nm/25 mW Nylon6
推力[μN]	0.296 ± 0.0086	0.184 ± 0.029
最大推力[μN]	0.304	0.213
最小推力[μN]	0.287	0.115
推力光出力比[$\mu\text{N}/\text{W}$]	11.8 ± 0.345	7.35 ± 1.15

4. 研究成果

静電アクチュエータを用いたスラストスタンドの校正結果の一例を図 3, 4 に示す. 図 3 は極板間に 30 V の電圧を印加した際に観測された変位の時間変化である. このような波形の最大振幅を読み取り, 印加した電圧による静電力を式(2)から算出し, 図 4 のような校正直線を作成した.

ナイロン推進剤に UV-LED を照射した際に発生したスラストスタンドの変位を図 5 に示す. 図 5 より, 推進剤表面への LED 照射に伴ってスラストスタンドに変位が生じ, 照射終了後に減衰している様子が分かる.

校正結果を用いて評価した推力を図 6, 7 (および表 2, 3) に示す. 図 6 より, 波長 265 nm で出力が 18mW と 25 mW と異なる場合における推力は, 最大出力は両データとも照射回数 1 回目に出現し, 2 回目以降は推力が徐々に低下し, ある値に漸近することがわかる. このときの推力の最大値は 25 mW の方が大きいことがわかる. また, 光出力では 18 mW と 25 mW で 1.4 倍の差があるが, 推力では 25 mW で発生した推力の方が約 1.7 倍大きいことがわかった. それぞれの推力を使用した LED の光出力で割り 1W あたりの推力を比較すると 18mW では $5.91 \mu\text{N}/\text{W}$, 25 mW で $7.35 \mu\text{N}/\text{W}$ で, 25 mW を照射した際に発生した推力は, 12mW を照射した際の推力に比べ推力発生効率が高いことが分かった (表 2).

また, 推進剤として PVC を用いた場合とナイロン 6 を用いた場合で 25mW の LED を照射したときに測定したそれぞれの推力 (図 7, 表 3) は, PVC が $0.296 \mu\text{N}$ ($11.8 \mu\text{N}/\text{W}$) で, ナイロン 6 が $0.184 \mu\text{N}$ ($7.35 \mu\text{N}/\text{W}$) で, PVC の方が約 1.6 倍大きいことがわかった.

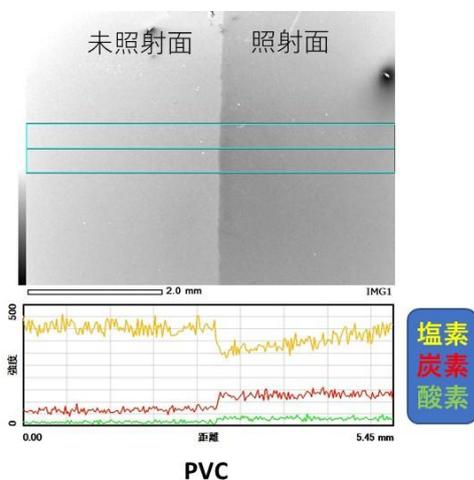


図 8 紫外光照射後の PVC 表面の EDS 分析結果

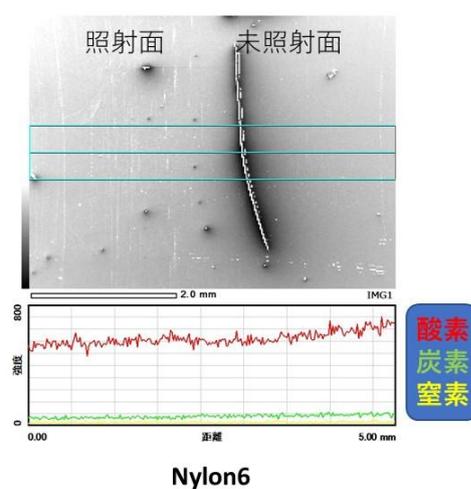


図 9 紫外光照射後のナイロン 6 表面の EDS 分析結果

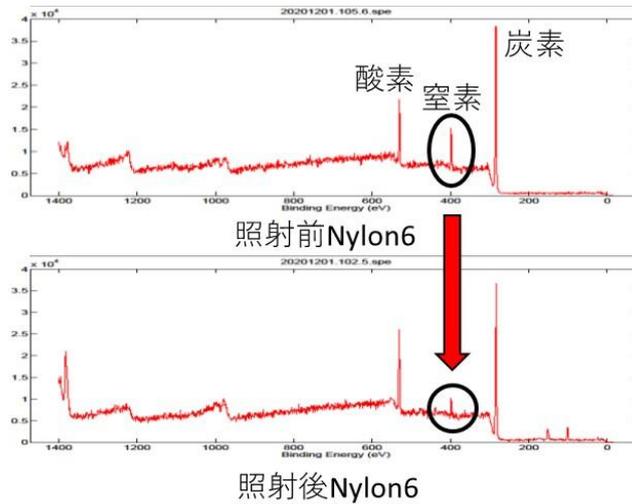


図 10 紫外光照射後のナイロン 6 表面の XPS 分析結果

図 8, 9 に紫外光 (波長 265nm, 25mW) を 3 時間照射した後の各種推進剤を EDS (Energy Dispersive X-ray Spectroscopy) によって表面の元素分析を行った結果を示す. なお, 各図中の下部の曲線は, 表面の SEM 画像において各帯状に沿って横方向に実測した各元素量に相当する量を縦軸に示したものである. 図 8 より PVC では, 照射面において塩素が減少し, 炭素が増大している様子がわかる. このことから, 照射面においては, 塩素が表面から離脱し, これによって相対的に炭素密度が増大したものと考えられる. 一方, 図 9 のナイロン 6 においては, 照射面と未照射面の差がさほど顕著ではない. これは, 本実験で利用した LED の光出力が小さく, ナイロン 6 においては, EDS の測定対象深さ (数百 nm) まで被照射影響層が達していないことによるものと考えられる. そこで更に浅い表層 (10nm 程度) における影響層を計測可能な XPS を用いた表面分析を行った. その結果を図 10 に示す. 図より, 窒素のスペクトル強度が減少しており, すなわち窒素が減少していることが確認された.

これらの結果から, PVC を推進剤に用いた場合の推力発生に伴い塩素が表面から離脱しており, ナイロン 6 を推進剤として用いる場合においては, 推力発生に伴い窒素が表面から離脱していることが確認された. 従って, それぞれの推進剤における推力の発生要因の一つとして, これらの元素がつくる気体 (常温では塩素分子, 窒素分子) の発生に伴う反力である可能性が高いといえる.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 6件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Yuka Arai, Yusuke Mizuno, Yu Sumoto, Shun Takahashi, Kota Fukuda, Hideyuki Horisawa	4. 巻 9
2. 論文標題 Numerical Simulation on Acceleration Characteristics of a Supersonic Free Jet through a Plasmajet	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Mechanics Engineering and Automation	6. 最初と最後の頁 75-83
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.17265/2159-5275/2019.03.001	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 堀澤秀之	4. 巻 170号
2. 論文標題 研究室紹介	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 真空ジャーナル	6. 最初と最後の頁 20-22
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 Murayama Yuki, Ueno Kazuma, Oshio Yuya, Horisawa Hideyuki, Funaki Ikkoh	4. 巻 online
2. 論文標題 Preliminary results of magnetic field measurements on multi-coil magnetic sail in laboratory experiment	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Vacuum	6. 最初と最後の頁 online
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.vacuum.2018.05.004	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 矢野楓, 中村祐輝, 堀澤秀之	4. 巻 Vol.26
2. 論文標題 レーザー・静電複合加速のためのレーザーアブレーションプラズマのプロープ診断	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 プラズマ応用科学	6. 最初と最後の頁 27-32
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 Kamezaki Hiroaki, Yano Kaede, Kato Haruhito, Horisawa Hideyuki	4. 巻 online
2. 論文標題 Effect of Discharge Pulse Delays on Characteristics of a Short-pulse Laser-assisted Pulsed Plasma Thruster	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 AIAA Paper	6. 最初と最後の頁 online
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 Inoue Koki, Koyama Ryosuke, Ikeda Tomoyuki, Horisawa Hideyuki	4. 巻 online
2. 論文標題 A Photon-driven Microthruster through Interaction of ultraviolet Photons and Polymers	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 AIAA Paper	6. 最初と最後の頁 online
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 Koki INOUE, Hiromi TOYODA, Hideyuki HORISAWA, and Tomoyuki IKEDA	4. 巻 Vol.13
2. 論文標題 Development of Laser Thermal Microthruster with Diode-Laser Coupled Fiber-Tip Heat Source	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Frontier of Applied Plasma Technology	6. 最初と最後の頁 53-58
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 浜田彩香, 矢野 楓, 堀澤秀之, 進藤春雄	4. 巻 Vol.28
2. 論文標題 レーザー誘起プラズマの高繰り返し診断に関する研究	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 プラズマ応用科学	6. 最初と最後の頁 83-87
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57件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 21件）

1. 発表者名 Nobuhito Onishi, Yuka Arai, Mitsutoshi Tsuchiya, Ryuta Futada, Hideyuki Horisawa
2. 発表標題 Low-Power Arcjet Thruster Operation with Exotic Propellants
3. 学会等名 32nd International Symposium on Space Technology and Science (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ryuta Futada, Yuka Arai, Mitsutoshi Tsuchiya, Nobuhito Onishi, Hideyuki Horisawa
2. 発表標題 Exothermic Character of Chemically Augmented Low-power Arcjet Thrusters
3. 学会等名 32nd International Symposium on Space Technology and Science (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kai Onose, Hiroaki Kamezaki, Ayaka Hamada, Haruhito Kato, Hideyuki Horisawa
2. 発表標題 Effect of Discharge Pulse Delays on Characteristics of a Short-pulse Laser-assisted Pulsed Plasma Thruster
3. 学会等名 32nd International Symposium on Space Technology and Science (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tatsuki Matsuo, Toshiaki Ohi, Keisuke Sato, Hideyuki Horisawa
2. 発表標題 Characteristics of a Coaxial Short-pulse Laser-assisted Pulsed Plasma Thruster
3. 学会等名 32nd International Symposium on Space Technology and Science (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ryosuke Fujii, Ayaka Hamada, Kai Onose, Hideyuki Horisawa
2. 発表標題 An Alternating Electric Field Accelerator for Laser-Ablation Plasma Acceleration
3. 学会等名 32nd International Symposium on Space Technology and Science (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shinji Naito, Koki Inoue, Takashi Sakaguchi, Tomoyuki Ikeda, Hideyuki Horisawa, Shigeru Yamaguchi, Yoshinori Nakayama, Ikkoh Funaki
2. 発表標題 Thrust Generation Mechanism Through Interaction of Ultraviolet Light-emitting Diodes and Solid Polymers
3. 学会等名 32nd International Symposium on Space Technology and Science (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yuka Arai, Nobuhito Onishi, Ryuta Futada, Yusuke Mizuno, Shun Takahashi, Kota Fukuda, Yu Sumoto, Hideyuki Horisawa
2. 発表標題 Acceleration Characteristics of a Supersonic Free Jet through a Plasmajet
3. 学会等名 32nd International Symposium on Space Technology and Science (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hiromi Toyoda, Hideyuki Horisawa, Tomoyuki Ikeda
2. 発表標題 Research and Development of a Laser Thermal Microthruster with a Diode-laser Coupled Fiber-tip Heat Source
3. 学会等名 32nd International Symposium on Space Technology and Science (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yuki Murayama, Kazuma Ueno, Yuya Oshio, Hideyuki Horisawa, Ikkoh Funaki
2. 発表標題 Evaluation of Magnetospheric Structure Around Multi-pole Magnetic Sail in Scale Model Experiment
3. 学会等名 32nd International Symposium on Space Technology and Science (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ayaka Hamada, Kaede Yano, Takato Ogasawara, Hideyuki Horisawa, Haruo Shindo
2. 発表標題 Space Potential Measurement of Laser Ablation Plasma for Electrostatic Acceleration
3. 学会等名 32nd International Symposium on Space Technology and Science (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takato Ogasawara, Yuki Nakamura, Haruhito Kato, Hideyuki Horisawa
2. 発表標題 Acceleration Characteristic of Laser Ablation Plasma by Alternating Electrostatic Field
3. 学会等名 32nd International Symposium on Space Technology and Science (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Mitsutoshi Tsuchiya, Nobuhito Ohnishi, Ryuta Futada, Yuka Arai, Hideyuki Horisawa
2. 発表標題 Evaluation of Nontoxic Liquid Propellants for Chemically-augmented Electrothermal Thrusters
3. 学会等名 32nd International Symposium on Space Technology and Science (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Koki Inoue, Takashi Sakaguchi, Tomoyuki Ikeda, Hideyuki Horisawa, Shigeru Yamaguchi, Yoshinori Nakayama, Ikkoh Funaki
2. 発表標題 A Photon-driven Microthruster through Interaction of Ultraviolet light-emitting Diodes and Solid Polymers
3. 学会等名 32nd International Symposium on Space Technology and Science (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ayaka Hamada, Kaede Yano, Takato Ogasawara, Hiroaki Kamezaki, Hideyuki Horisaawa, Haruo Shindo
2. 発表標題 Laser Ablation Plasma Diagnostics for Electrostatic Acceleration
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 Yuka Arai , Ryuta Futada , Yusuke Mizuno , Shun Takahashi , Kota Fukuda , Hideyuki Horisawa
2. 発表標題 Indirect Electrothermal Acceleration of a Cold Gas Jet through Interaction of an arcjet Exhaust Flow for Space Propulsion Applications
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 Hideyuki Horisawa, Koki Inoue, Tomoyuki Ikeda, Shigeru Yamaguchi, Yoshinori Nakayama, Ikkoh Funaki
2. 発表標題 Interaction of Ultraviolet Light-emitting Diodes and Solid Polymers for Micropropulsion Applications
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 Keisuke Sato, Tosiaki Oi, Hideyuki Horisawa
2. 発表標題 Evaluation of Coaxial Short-pulse Laser-assisted Pulsed Plasma 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 Mitsutoshi Tsuchiya, Hideyuki Horisawa
2. 発表標題 A Chemically Augmented Arcjet Thruster with Exotic Propellants
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 浜田 彩香, 矢野 楓, 小笠原 嵩人, 亀崎 広明, 進藤 春雄, 堀澤 秀之
2. 発表標題 レーザー誘起プラズマの静電加速に向けた検討
3. 学会等名 日本航空宇宙学会 第50期 年会講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小野瀬 開, 亀崎 広明, 堀澤 秀之
2. 発表標題 慣性静電閉じ込めを用いたイオン源の基礎研究
3. 学会等名 日本航空宇宙学会 第50期 年会講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 三上 拓朗,堀澤 秀之
2. 発表標題 同軸型レーザーアシストPPTの推進性能評価
3. 学会等名 日本航空宇宙学会 第50期 年会講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 井上 孝輝,坂口 貴司,池田 知行,堀澤 秀之,山 口 滋,中山 宜典,船木 一幸
2. 発表標題 紫外光発光ダイオードと固体材料の相互作用を利用した超小型低電力推進機の推力測定
3. 学会等名 日本航空宇宙学会 第50期 年会講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小原 秀憲,根子 隆誠,田原 弘一,堀澤 秀之,池田知行
2. 発表標題 小型・低電力シリンドリカル型ホールスラスタ“SCHT-1”の研究開発
3. 学会等名 第63回宇宙科学技術連合講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 村山 裕輝,上野 一磨,大塩 裕哉,堀澤 秀之,船木 一幸
2. 発表標題 複数コイル型磁気セイルの磁気圏構造と推力の関係
3. 学会等名 第63回宇宙科学技術連合講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小野瀬 開, 亀崎 広明, 堀澤 秀之
2. 発表標題 慣性静電閉じ込めを用いた円筒型イオン源の基礎研究
3. 学会等名 第63回宇宙科学技術連合講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 浜田 彩香, 進藤 春雄, 堀澤 秀之, 矢野 楓, 小笠原 嵩人
2. 発表標題 レーザー誘起プラズマの高時間分解診断に関する研究
3. 学会等名 第63回宇宙科学技術連合講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 井上 孝輝, 篠田 修平, 小川 俊哉, 内藤 慎二, 原 貴朗, 池田 知行, 堀澤秀之, 山口 滋, 中山 宜典, 船木 一幸
2. 発表標題 紫外線発光ダイオードと高分子材料の相互作用を利用した超小型低電力推進機の開発
3. 学会等名 第63回宇宙科学技術連合講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 篠田 修平, 井上 孝輝, 小川 俊哉, 内藤 慎二, 原 貴朗, 池田 知行, 堀澤秀之, 山口 滋, 中山 宜典, 船木 一幸
2. 発表標題 紫外線発光ダイオードと高分子材料の相互作用における推力発生機構に関する研究
3. 学会等名 第63回宇宙科学技術連合講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 亀崎 広明, 小野瀬 開, 堀澤 秀之
2. 発表標題 慣性静電閉じ込めを用いた円筒型イオン源の評価
3. 学会等名 令和元年度 宇宙輸送シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 豊田 広海, 池田 知行, 堀澤 秀之
2. 発表標題 光ファイバー先端熱源を用いた超小型レーザー加熱推進機
3. 学会等名 令和元年度 宇宙輸送シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 井上 孝輝, 篠田 修平, 小川 俊哉, 内藤 慎二, 池田 知行, 堀澤 秀之, 山口 滋, 中山 宜典, 船木 一幸
2. 発表標題 紫外光発光ダイオードと高分子材料の相互作用を利用した小型低電力推進機の性能評価 ○
3. 学会等名 令和元年度 宇宙輸送シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松尾 樹, 田口 誠一, 小原 秀憲, 松村 和輝, 山内 大志, 堀澤 秀之, 池田 知行
2. 発表標題 超小型人工衛星用マグネティックレイヤー型ホールスラスタの推進性能測定
3. 学会等名 令和元年度 宇宙輸送シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小原 秀憲, 田口 誠一, 根子 隆誠, 松尾 樹, 田原 弘一, 池田 知行, 堀澤 秀之
2. 発表標題 永久磁石を用いた小型・低電力シリンドリカル型ホールスラスト “ SCHAT-1 ” の研究開発
3. 学会等名 令和元年度 宇宙輸送シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 村山 裕輝, 上野 一磨, 大塩 裕哉, 堀澤 秀之, 船木 一幸
2. 発表標題 磁気セイルにおける複数磁極磁気圏が推進性能へ与える影響
3. 学会等名 令和元年度 宇宙輸送シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 浜田 彩香, 小笠原 嵩人, 堀澤 秀之, 進藤 春雄
2. 発表標題 レーザー誘起プラズマの高繰り返し高時間分解プローブ計測
3. 学会等名 令和元年度 宇宙輸送シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yuka Arai, Yusuke Mizuno, Yu Sumoto, Shun Takahashi, Kota Fukuda, Hideyuki Horisawa
2. 発表標題 Numerical Simulation on Acceleration Characteristics of a Supersonic Free Jet through a Plasmajet
3. 学会等名 10th International Conference on Computational Fluid Dynamics (ICCFD10) 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yuki Murayama, Kazuma Ueno, Yuya Oshio, Hideyuki Horisawa, Ikkoh Funaki
2. 発表標題 Laboratory Experiment of Magnetoplasma Sail for Future Deep Space Missions
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 土屋光順, 柴垣翔子, 新井由香, 池田智行, 堀澤秀之
2. 発表標題 低毒性液体推進剤を使用した化学援用電熱加速型推進機の推進性能評価
3. 学会等名 日本航空宇宙学会第49期定時社員総会および年会講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐藤慶祐, 大井俊明, 堀澤秀之
2. 発表標題 同軸型短パルスレーザーアシストPPTの推進性能評価
3. 学会等名 日本航空宇宙学会第49期定時社員総会および年会講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 三上拓朗, 佐藤慶祐, 大井俊明, 加藤謙太郎, 堀澤秀之
2. 発表標題 短パルスレーザーアシストPPTのイオン速度分布計測
3. 学会等名 日本航空宇宙学会第49期定時社員総会および年会講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 坂口貴司, 小山良輔, 青木祐哉, 堀澤秀之
2. 発表標題 紫外線発光ダイオードによる高分子推進剤の光解離反応を利用した低電力推進機の開発
3. 学会等名 日本航空宇宙学会第49期定時社員総会および年会講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 新井由香, 柴垣翔子, 水野裕介, 高橋俊, 福田紘大, 堀澤秀之
2. 発表標題 数値流体シミュレーションを用いたプラズマジェットによる超音速ノズル自由噴流の加速特性
3. 学会等名 日本航空宇宙学会第49期定時社員総会および年会講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 村山 裕輝, 上野 一磨, 大塩 裕哉, 堀澤 秀之, 船木 一幸
2. 発表標題 地球周回・惑星間軌道以遠ミッションを想定した磁気セイルのスケールモデル実験のための検討
3. 学会等名 第62回宇宙科学技術連合講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 三上 拓朗, 加藤 謙太郎, 堀澤 秀之
2. 発表標題 短パルスレーザーアシストPPTのイオンエネルギー計測
3. 学会等名 第62回宇宙科学技術連合講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐藤 慶祐, 大井 俊明, 堀澤 秀之
2. 発表標題 同軸型短パルスレーザーアシストパルスプラズマ推進機の作動特性評価
3. 学会等名 第62回宇宙科学技術連合講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 大井 俊明, 佐藤 慶祐, 三上 拓朗, 堀澤 秀之
2. 発表標題 同軸型短パルスレーザーアシストパルスプラズマ推進機のイオンエネルギー計測
3. 学会等名 第62回宇宙科学技術連合講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 豊田 広海, 柴垣 翔子, 池田 知行, 堀澤 秀之
2. 発表標題 光ファイバー先端熱源を用いた超小型レーザー加熱推進機
3. 学会等名 第62回宇宙科学技術連合講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 矢野 楓, 進藤 春雄, 堀澤 秀之, 浜田 彩香, 小笠原 嵩人
2. 発表標題 レーザーアブレーションプラズマの静電加速に向けた基礎研究
3. 学会等名 第62回宇宙科学技術連合講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 土屋 光順,堀澤 秀之,柴垣 翔子
2. 発表標題 化学援用アークジェット推進機に用いる無毒性推進剤の性能評価
3. 学会等名 第62回宇宙科学技術連合講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 亀崎 広明,浜田 彩香,加藤 大人,堀澤 秀之
2. 発表標題 放電パルス制御による短パルスレーザーアシストパルスプラズマ推進機の推進特性の制御
3. 学会等名 第62回宇宙科学技術連合講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 坂口 貴司,井上 孝輝,小山 良輔,池田 智行,堀澤 秀之
2. 発表標題 紫外線発光ダイオードによる高分子推進剤の光解離反応を利用した小型低電力推進機の性能評価
3. 学会等名 第62回宇宙科学技術連合講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 松尾 樹,田嶋 瞭,亀崎 広明,堀澤 秀之,池田 知行
2. 発表標題 鉬物繊維を用いたパルスプラズマスラスタ用推進剤供給機構の試作・研究
3. 学会等名 第62回宇宙科学技術連合講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 井上 孝輝, 坂口 貴司, 小山 良輔, 池田 知行, 堀澤 秀之
2. 発表標題 紫外線発光ダイオードと固体材料の相互作用を利用した小型低電力推進機の開発
3. 学会等名 第62回宇宙科学技術連合講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 浜田 彩香, 矢野 楓, 亀崎 広明, 中村 祐輝, 進藤春雄, 堀澤 秀之
2. 発表標題 レーザーアブレーションプラズマのプローブ診断
3. 学会等名 第62回宇宙科学技術連合講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 井上 孝輝, 坂口 貴司, 池田 知行, 堀澤 秀之, 山口滋, 中山宜典, 船木一幸
2. 発表標題 紫外光発光ダイオードと固体材料の相互作用を利用した小型低電力推進機の開発
3. 学会等名 平成30年度 宇宙輸送シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 豊田 広海, 池田 知行, 堀澤 秀之
2. 発表標題 超小型レーザー加熱推進機の研究開発
3. 学会等名 平成30年度 宇宙輸送シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hideyuki Horisawa
2. 発表標題 Thrust Generation through Interaction of Ultraviolet Light-Emitting Diodes and Solid Polymers for Space Propulsion Applications
3. 学会等名 2021 High-power Laser Ablation (国際学会)
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	池田 知行 (Ikeda Tomoyuki) (30758496)	東海大学・工学部・講師 (32644)	
研究分担者	山口 滋 (Yamaguchi Shigeru) (40297205)	東海大学・理学部・教授 (32644)	
研究分担者	船木 一幸 (Funaki Ikkoh) (50311171)	国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構・宇宙科学研究所・教授 (82645)	
研究分担者	中山 宜典 (Nakayama Yoshinori) (80532770)	防衛大学校(総合教育学群、人文社会科学群、応用科学群、電気情報学群及びシステム工学群)・システム工学群・准教授 (82723)	

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