

令和 2 年 4 月 11 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(S)

研究期間：2015～2019

課題番号：15H05770

研究課題名（和文）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

研究課題名（英文）Discharge induced in a high-energy electromagnetic beam and its engineering applications

研究代表者

小紫 公也 (KOMURASAKI, KIMIYA)

東京大学・大学院工学系研究科（工学部）・教授

研究者番号：90242825

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 171,750,000円

研究成果の概要（和文）：レーザー・ミリ波ビームが誘起する放電現象に関して実験と数値シミュレーションを行った。レーザー放電に関しては、実験により局所的なレーザー強度と放電進展速度に一意的な相関があることが明確に示され、1次元シミュレーションとの比較からは、レーザー強度分布の2次元性の影響が強く示唆された。ミリ波放電に関しては、微細プラズマ構造と放電の高速な進展が対となり熱力学的諸量の保存が成立していると結論された。どちらの放電においても、電子温度や密度等の空間分布を実験と解析で詳細に比較できるレベルまで計測技術の向上や物理モデルの改良が進んだ。更に、今後の研究に資すると期待される高出力の大電力ジャイロトロンが完成した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

将来的な高エネルギー電磁ビームの工学的応用を見据えて、実験で観測される放電現象を数値シミュレーションで再現するために実験と数値シミュレーションの双方に必要な知見・課題が得られ、また研究者の広がりとそのネットワークが構築された。その成果として、本領域においては我々の研究活動が世界を圧倒的にリードしている。

また、新設された大気ミリ波放電用ジャイロトロンは、今後のさらなる大気放電デトネーション現象の物理研究と工学的応用研究に資することが期待される。

研究成果の概要（英文）：We conducted experiments and numerical analyzes on the discharge phenomena induced by high-energy laser and millimeter-wave beams. Regarding the laser discharge, experiments clearly show that there is a unique correlation between the spatially local laser intensity and the local discharge evolution speed. The comparison with the one-dimensional analysis strongly suggested the influence of the two-dimensionality of the laser intensity distribution. For millimeter-wave discharges, it was concluded that the rapid evolution of the discharge wavefront and the spatially non-uniformly generated plasma structure form a pair and conserve thermodynamic quantities. For both types of discharges, measurement techniques and physical models have been studied and improved to the level where the spatial distribution of electron temperature, plasma density, etc. can be compared in detail. Further, a high-power gyrotron designed for atmospheric millimeter-wave discharge was constructed.

研究分野：航空宇宙工学

キーワード：航空宇宙工学 エネルギー全般 プラズマ 放電 レーザー ミリ波 マイクロ波 デトネーション

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

地球温暖化対策や脱化石燃料が進む中、航空宇宙機においては多量の燃料を携帯せざるを得ず、その制約は打ち上げロケットにおいて最も顕著で、静止衛星軌道への打ち上げではペイロード比で1%程度しか実現できない。航空宇宙機に電磁ビームで遠隔にエネルギーを供給する試みはこの制約から解放されるひとつの有力な手段であり、レーザー推進機や電磁ビームワイヤレス給電といった形で研究が進んでいる。

高エネルギー電磁ビームにより誘起される放電は爆轟波を駆動し、その過程で電磁エネルギーが効率的に圧力に変換されるため、工学的にも有用な現象である。本申請の研究代表者は、長年電磁ビームと放電の基礎研究に取り組み、ロケット要素技術の開発も行なってきた。また、関連するプラズマ、レーザー、ミリ波、衝撃波といった研究分野の実験・理論・シミュレーションの専門家が「マイクロ波ロケット研究会」を通して連携し、放電デトネーション現象について研究を行う世界でも比肩なき活発なグループを形成するに至った。

レーザーとミリ波の放電を比較すると、ビーム波源に向かって超音速で伝播する電離波面のマクロな構造は相似であるが、ミリ波放電にはプラズマの微細なフィラメント状の放電痕が認められると同時に、あるビーム強度での電離波面伝播速度は1~2桁ほど高く、「ミリ波放電はなぜ高速に進展するのか？」という純粋に物理的な興味が湧く。

### 2. 研究の目的

(1) 高エネルギーミリ波・レーザーの大気放電現象、特にミリ波の  $0.1\text{MW}/\text{cm}^2$  以上のミリ波の放電現象は未開拓な領域で、大電力ミリ波発振器ジャイロトロンを用いた実験及び数値解析を通じて現象を詳細に解明し、体系的な考察によって、高電力密度領域におけるプラズマ・放電物理モデルを構築・創出する。

(2) 高エネルギーミリ波・レーザーの大気放電現象を再現できる数値シミュレーションコード作成を試みる。上記実験との検証・フィードバックを経て、より正確なシミュレーションを目指す。また応用面からは、航空宇宙分野の例として、ミリ波ビームで遠隔に駆動されるロケットや、大電力の空間無線送電など、工学的応用に結び付けることを目標とする。

### 3. 研究の方法

(1) 1次元放電伝播実験系による理想的条件下での放電進展現象の計測

レーザー放電に関しては出力10Jのパルスレーザーを用いるが、ビーム径が細いので、放電が進展する間にビーム径が拡大しないように放電進展距離に対して十分に長いレーリー長を持つ長焦点光学系を構築した。さらに、放電波面からの2次元的なエンタルピーの流出の効果を抑えるため、細い管内で放電を誘起する実験も行い1次元的な物理現象を抽出することを試みた。ミリ波放電に関しては、筑波大学のジャイロトロン設備(28GHz)と福井大学の設備(300GHz)を用いて実験を行った。生成される放電を超高速カメラで観測し、ビーム強度とフィラメント構造や進展速度などの変化を調べた。

(2) 放電の微視的パラメータ計測及びその雰囲気ガス種・圧力依存性の解明

電離現象は雰囲気ガスの種類、圧力に敏感であるため、空気の外に乖離を経ずに電離するアルゴンやヘリウムを用い、工学的応用を想定して0.2気圧から1気圧の範囲で雰囲気圧力を変化させた。電子温度・密度は高時間・空間分解能を有する分光装置を駆使して計測し、放電面およびその背後の熱力学的状態を推定した。さらに、将来的にミリ波放電現象をさらに微視的に観察するため、假家、小田、坂本らが中心となって600kW出力クラスのジャイロトロンの設計・製作を行った。

(3) 高エネルギー電磁ビーム放電現象の1次元シミュレーションコード構築および検証

1次元数値シミュレーションによって上記実験で得られた放電現象の再現を試みた。レーザー放電に関しては、白石、葛山らが1次元のモデル化、数値シミュレーションを行い、ミリ波放電に関しては、大西、小紫らがそれぞれ開発した2次元シミュレーションコードの電離過程モデルについて、実験結果の再現を試みた。また森、大西らは高エネルギー電磁ビームの打ち上げ機へ応用について、様々な提案、研究を行った。

### 4. 研究成果

(1) レーザー大気放電について

**局所レーザー強度と放電進展速度** 過去の研究では空間平均ビーム強度と放電進展速度が議論されていることが多々あったが、強度プロファイルを精密に計測すれば中心軸上の局所的な強度  $S$  を正確に推定できる。それと放電進展速度  $V$  の関係はビーム径  $D$  に依らず  $V = 0.22S^{0.46}$  (図1)であった。一方軸周辺では、ビーム強度  $S(r)$  が中心軸からの距離  $r$  とともに急激に低下するにも関わらず、弓型の波面を保ちつつ中心軸上と同速度で伝播するため、上記関係が成立していなかった。そこで、角度  $\theta(r)$  だけ傾いて伝播する斜め波面を想定し、それぞれ波面に垂直

な伝播速度  $V \cos \theta$  と局所加熱率  $S(r) \cos \theta$  の関係をプロットすると (図 2) 中心軸上での関係式と同じ線に乗ることが解る。すなわち波面の傾きを考慮すれば局所進展速度と局所レーザー強度に一意的な相関が存在することが示された。

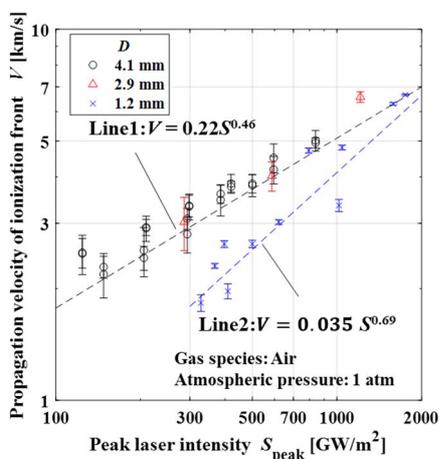


図 1 ビーム中心軸上の強度と放電進展速度

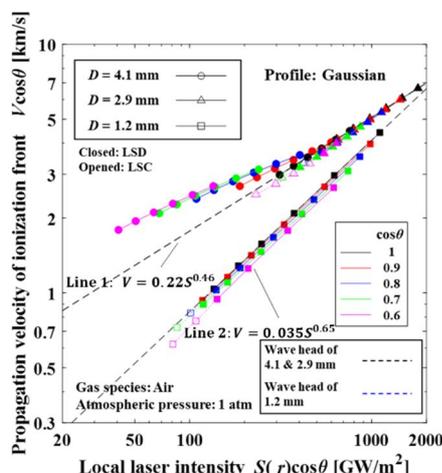


図 2 局所ビーム強度と斜め放電進展速度

**1次元シミュレーションコードの検証** 従来の流体モデルでは、衝撃波圧縮により空気分子の温度が上昇し、続いて電子温度上昇および電離が生じつつレーザー加熱を受け、結果として燃焼爆轟波と相似な構造が形成される。他方、ストリーマ放電のように光電離による種電子生成とそれに続く電子雪崩によって伝播速度が決まるというモデルも提案されているが、大西や葛山らが数値計算コードに光電離を組み込んでも大局的な構造や進展速度に変化はなかった。大西らは管内レーザー推進機を再現した状況で Ar 雰囲気での計算を行い、2 温度モデルと衝突輻射準定常状態を採用して非平衡性を再現し、低雰囲気圧や高レーザー強度条件で輻射冷却によって爆風波の速度が変化することを見出した。葛山らは、空気、He、Ar 雰囲気での計算で、レーザー加熱領域と衝撃波の間に反応誘起距離がほとんどない完全なレーザー支持爆轟と、それらが少し離れたレーザー支持爆轟を見出した。白石らは、パルスレーザーの出力時間履歴に伴う過渡現象を評価し、レーザー強度が急激に低下しても強度が定常な場合と同じ進展速度になるが、爆轟終了閾値は変化することを見出した。

図 3 に計算と実験の放電進展速度の比較を示す。葛山、白石の数値シミュレーションでは、計測された進展速度が計算値より遅かった。実験に基づくユゴニオ解析や爆轟波エネルギー測定の結果も考慮すると、1次元計算では考慮されていない半径方向のエンタルピー流出が不一致の一因と推測される。回転対称形状を保って進展する放電面において、中心軸は特異点であり、半径方向へのエネルギー等の流れは決して小さくなく、実験と計算で定量的な一致を得るには2次元軸対称計算が不可欠ではないかということが現時点での結論である。

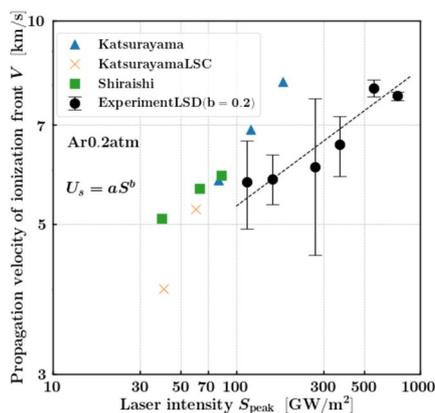


図 3 放電進展速度の比較

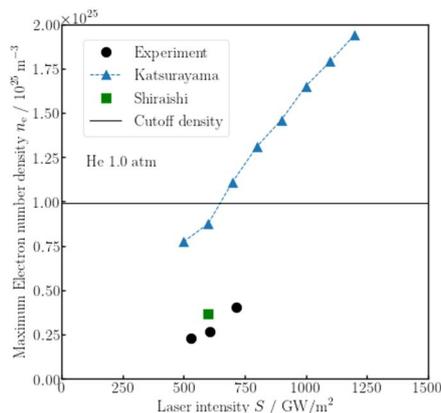


図 4 電子数密度とカットオフ密度

図 4 に電子数密度を示す。実験では電子数密度が決してプラズマのレーザーカットオフ密度を上回ることはないが、数値計算では非常に計算格子を細かくとらないと電子密度がカットオフ密度を上回ってしまう。今後は計算方法か物理モデルに工夫が必要であることが示唆された。

(2) ミリ波大気放電について

**離散的なプラズマ構造とそのビーム強度依存性** 筑波大学の 28 GHz ジャイロトロンを用いて撮影したミリ波放電のプラズマ構造を図 5 示す。(b) の細かい繊維状の構造は数 GHz のマイクロ波帯で主に観測される構造であり、(d) は 100 GHz 帯で観測される構造に類似しており、この構造は大西や小紫の 2 次元の数値計算により再現が試みられている。加熱過程におけるエネルギー保存を保証しつつ、発光分光計測から計測される電子温度を理解するためには、プラズマが占める体積割合（以後、空間占有率とよぶ）を考慮することが必須となる。プラズマ領域の局所的加熱量と空間平均の加熱量の比から求めた空間占有率を放電進展速度と共に図 6 に示す。放電構造が (d) から (b) に変化し空間占有率がおよそ半分になると同時に、放電進展速度のビーム強度に対する傾向が大きく変化している。

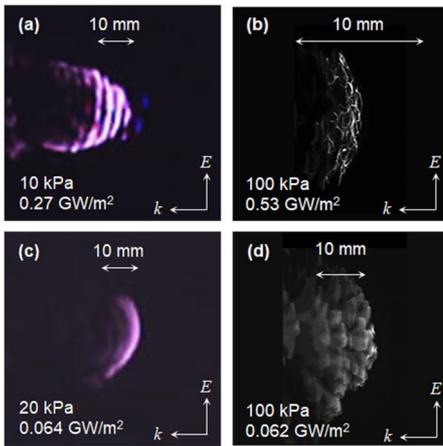


図 5 28 GHz ミリ波放電の放電構造

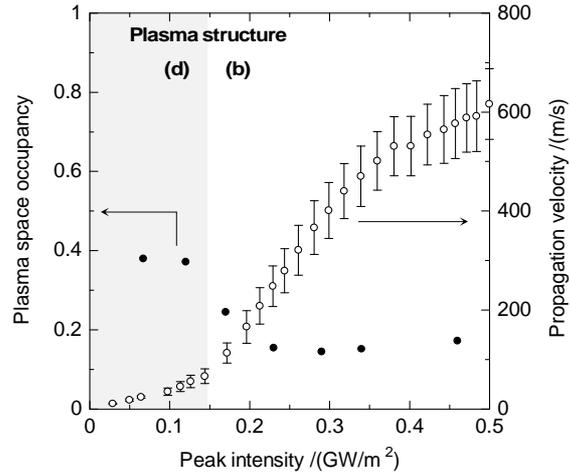


図 6 ミリ波放電プラズマの空間占有率

**数値シミュレーションとの比較検証** 大西や小紫らは、2次元空間をミリ波波長よりも十分細かい格子を用いて計算し、プラズマ微細構造を再現することに成功した。しかしながら、実験で観測されるミリ波放電進展は、絶縁破壊閾値よりも遥かに低いビーム強度で起きており、放電が維持される仕組みについては未だ明快な説明がなされていない。大西らは、爆風波後方で重粒子密度が下がる（タウンゼント数が上がる）ことにより放電閾値が下がり、より低いビーム強度で放電が維持しうる可能性を示した。小紫らは放電面前方での電界集中効果、励起種の輸送効果など、様々な効果をシミュレーションコードに組み込み、新しい放電モデル提案・評価を行った。今後は定量的なモデル検証が必要であろう。

**ミリ波大気放電用ジャイロトロンの開発** ミリ波放電進展の物理モデルを構築するにはさらに多くの実験・観測データの収集を要するため、假家、小田、坂本らが中心となり福井大遠赤外領域開発研究センターの協力を得て大気ミリ波放電実験専用のジャイロトロンを開発を行った。ミリ波放電で爆轟現象を誘起するにはビーム強度 1 GW/m<sup>2</sup> 以上が必要であり、さらに、放電観測領域を放電進展方向とそれに垂直な方向にそれぞれ 10 波長程度とするため、出力を 600 kW、パルス幅 100 μs と決定した。国内外の設備との諸元の比較を表 1 に示す。

超電導マグネットのボア径をできる限り小さくしてコストを抑えるため、電子ビーム軌道解析や共振モード最適化を積み重ねた結果、発振モードに TE<sub>10,8</sub> を選択し、真空管をボア径 100 mm で収めることができた。この設備を用いれば、ナノ秒オーダーでの放電構造の撮影、発光分光計測や 2 波長マッシュツェンダー法などによる電子数密度・温度分布計測などを重ね、ミリ波放電駆動爆轟波の熱空気力学的構造も明らかにすることができると期待される。

表 1 ジャイロトロン諸元の比較

研究機関/周波数	MIT/110 GHz	QST/170 GHz	東京大学/94 GHz
出力	1.5 MW	600 kW	600 kW
パルス時間	3 μs	1000 μs 以上	100 μs
観測範囲	2 波長 × 1 波長	10 波長 × 100 波長以上	10 波長 × 10 波長

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計38件（うち査読付論文 38件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 24件）

1. 著者名 Tabata Kuniyoshi, Harada Yuki, Nakamura Yusuke, Komurasaki Kimiya, Koizumi Hiroyuki, Kariya Tsuyoshi, Minami Ryutaro	4. 巻 127
2. 論文標題 Experimental investigation of ionization front propagating in a 28GHz gyrotron beam: Observation of plasma structure and spectroscopic measurement of gas temperature	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 063301 ~ 063301
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.1063/1.5144157">https://doi.org/10.1063/1.5144157</a>	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 Shimamura Kohei, Matsukura Maho, Ozaki Naoto, Miyawaki Kaisei, Yokota Shigeru, Minami Ryutaro, Kariya Tsuyoshi, Imai Tsuyoshi	4. 巻 -
2. 論文標題 Wireless Power Transmission Efficiency for Microwave Rocket Using 28 GHz Gyrotron	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Spacecraft and Rockets	6. 最初と最後の頁 1~4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2514/1.A34726	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 Tran DucThuan, Xie Chongfa, Mori Koichi, Yogo Akifumi, Nishimura Hiroaki	4. 巻 35
2. 論文標題 Impulse Generation and Stabilization Performance of a Doughnut?Spherical Laser Launch System	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Propulsion and Power	6. 最初と最後の頁 1057 ~ 1064
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2514/1.B37442	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 Takahashi Masayuki, Ohnishi Naofumi	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 ~ 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 Takahashi Masayuki、Ohnishi Naofumi	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 Xie Chongfa、Tran Duc Thuan、Mori Koichi	4. 巻 56
2. 論文標題 Numerical Study of Impulse Evaluation for Annular-Spot Laser Pulse on a Sphere	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Spacecraft and Rockets	6. 最初と最後の頁 959 ~ 962
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2514/1.A34279	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 Tabata Kuniyoshi、Harada Yuki、Nakamura Yusuke、Komurasaki Kimiya、Koizumi Hiroyuki、Kariya Tsuyoshi、Minami Ryutarō	4. 巻 127
2. 論文標題 Experimental investigation of ionization front propagating in a 28GHz gyrotron beam: Observation of plasma structure and spectroscopic measurement of gas temperature	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 063301 ~ 063301
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.5144157	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 Shimamura Kohei、Matsukura Maho、Ozaki Naoto、Miyawaki Kaisei、Yokota Shigeru、Minami Ryutarō、Kariya Tsuyoshi、Imai Tsuyoshi	4. 巻 -
2. 論文標題 Wireless Power Transmission Efficiency for Microwave Rocket Using 28 GHz Gyrotron	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Spacecraft and Rockets	6. 最初と最後の頁 1 ~ 4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2514/1.A34726	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 Tran DucThuan、Xie Chongfa、Mori Koichi、Yogo Akifumi、Nishimura Hiroaki	4. 巻 35
2. 論文標題 Impulse Generation and Stabilization Performance of a Doughnut?Spherical Laser Launch System	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Propulsion and Power	6. 最初と最後の頁 1057 ~ 1064
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2514/1.B37442	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 Joseph Ampadu OFOSU, Kohei MATSUI, Keisuke KANDA, Kimiya KOMURASAKI, and Hiroyuki KOIZUMI	4. 巻 11
2. 論文標題 Applicability of 1-D Laser Induced Discharge Model to discharges extending in large beam diameters: a case study in helium gas	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Frontier of Applied Plasma Technology	6. 最初と最後の頁 47 ~ 53
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 Komurasaki Kimiya、Tabata Kuniyoshi	4. 巻 2018
2. 論文標題 Development of a Novel Launch System Microwave Rocket Powered by Millimeter-Wave Discharge	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 International Journal of Aerospace Engineering	6. 最初と最後の頁 1 ~ 9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1155/2018/9247429	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 Nakamura Yusuke、Komurasaki Kimiya、Fukunari Masafumi、Koizumi Hiroyuki	4. 巻 124
2. 論文標題 Numerical analysis of plasma structure observed in atmospheric millimeter-wave discharge at under-critical intensity	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 033303 ~ 033303
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.5023269	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 Fukunari Masafumi, Yamaguchi Toshikazu, Nakamura Yusuke, Komurasaki Kimiya, Oda Yasuhisa, Kajiwara Ken, Takahashi Koji, Sakamoto Keishi	4. 巻 145
2. 論文標題 Thrust generation experiments on microwave rocket with a beam concentrator for long distance wireless power feeding	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Acta Astronautica	6. 最初と最後の頁 263 ~ 267
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.actaastro.2018.01.057	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 Takahashi Masayuki, Komurasaki Kimiya	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 ~ 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 Tabata Kuniyoshi, Nguyen Florian, Harada Yuki, Fukunari Masafumi, Kakinuma Kaoru, Komurasaki Kimiya, Nakamura Yusuke, Koizumi Hiroyuki	4. 巻 66
2. 論文標題 Numerical Calculation on Air-Inlet Design of Microwave Rocket	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 JOURNAL OF THE JAPAN SOCIETY FOR AERONAUTICAL AND SPACE SCIENCES	6. 最初と最後の頁 128 ~ 134
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2322/jjsass.66.128	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 柿沼 薫, エンギュイエン フロリアン, 福成 雅史, 小紫 公也, 小泉 宏之	4. 巻 3
2. 論文標題 ビーム推進打ち上げ機へのミリ波アクティブフェーズドアレイアンテナの適用	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 宇宙太陽発電	6. 最初と最後の頁 30 ~ 37
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.24662/ssps.3.0_30	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 Matsukura Maho, Shimamura Kohei, Suzuki Masatoshi, Mizojiri, Yokota Shigeru, Minami Ryutaro, Kariya Tsuyoshi, Imai Tsuyoshi	4. 巻 90
2. 論文標題 Instantaneous measurement of high-power millimeter-wave beam for 28 GHz gyrotron	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Review of Scientific Instruments	6. 最初と最後の頁 024703 ~ 024703
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.5050957	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 M. Okada, T. Kariya, T. Imai, R. Minami, T. Numakura, F. Motoyoshi, Y. Nakashima	4. 巻 14
2. 論文標題 Performance Test of 28/35 GHz Dual-Frequency Gyrotron for CW Operation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Plasma and Fusion Research	6. 最初と最後の頁 2405043
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 Masafumi Fukunari, Toshikazu Yamaguchi, Yusuke Nakamura, Kimiya Komurasaki, Yasuhisa Oda, Ken Kajiwara, Koji Takahashi, Keishi Sakamoto	4. 巻 145
2. 論文標題 Thrust Generation Experiments on Microwave Rocket with a Beam Concentrator for Long Distance Wireless Power Feeding	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Acta Astronautica	6. 最初と最後の頁 263-267
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.actaastro.2018.01.057	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 Takahashi Masayuki, Komurasaki Kimiya	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 ~ 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 Masafumi Fukunari, Kimiya Komurasaki, Yusuke Nakamura, Yasuhisa Oda, Keishi Sakamoto	4. 巻 11
2. 論文標題 Rocket Propulsion Powered Using a Gyrotron	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Energy and Power Engineering	6. 最初と最後の頁 363-371
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.17265/1934-8975/2017.06.001	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 Yuki HARADA, Yusuke NAKAMURA, Kimiya KOMURASAKI, Ryutaro MINAMI, Tsuyoshi KARIYA, Tsuyoshi IMAI, Kohei SHIMAMURA and Masafumi FUKUNARI	4. 巻 10
2. 論文標題 Structural Change of Plasma at Various Ambient Pressures in 28 GHz Millimeter-Wave Discharges	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Frontier of Applied Plasma Technology	6. 最初と最後の頁 7-10
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 Toru SHIMANO, Joseph Ampadu OFOSU, Kohei MATSUI, Kimiya KOMURASAKI, and Hiroyuki KOIZUMI	4. 巻 60
2. 論文標題 Laser-induced Discharge Propagation Velocity in Helium and Argon Gases	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Transactions of JSASS	6. 最初と最後の頁 378-381
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi.org/10.2322/tjsass.60.378	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 Shimamura Kohei, Matsui Kohei, Ofosu Joseph A., Yokota Ippei, Komurasaki Kimiya	4. 巻 110
2. 論文標題 Mode transition of plasma expansion for laser induced breakdown in Air	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Applied Physics Letters	6. 最初と最後の頁 134104 ~ 134104
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi.org/10.1063/1.4979646	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 Kawakami K., Komurasaki K., Okamura H.	4. 巻 121
2. 論文標題 Retrodirective tracking of a moving target using phase conjugate light generated in a Fabry-Pérot Nd:YAG laser	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 093104 ~ 093104
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi.org/10.1063/1.4977875	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 Kariya T., Imai T., Minami R., Sakamoto K., Oda Y., Ikeda R., Shimozuma T., Kubo S., Idei H., Numakura T., Tsumura K., Ebashi Y., Okada M., Nakashima Y., Yoshimura Y., Takahashi H., Ito S., Hanada K., Nagasaki K., Ono M., Eguchi T., Mitsunaka Y.	4. 巻 57
2. 論文標題 Development of over-MW gyrotrons for fusion at 14 GHz to sub-THz frequencies	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Nuclear Fusion	6. 最初と最後の頁 066001 ~ 066001
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1741-4326/aa6875	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 Matsui Kohei, Shimano Toru, Ofosu Joseph Ampadu, Komurasaki Kimiya, Schoenherr Tony, Koizumi Hiroyuki	4. 巻 136
2. 論文標題 Accurate propagation velocity measurement of laser supported detonation waves	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Vacuum	6. 最初と最後の頁 171 ~ 176
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.vacuum.2016.07.011	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 -

1. 著者名 Fukunari Masafumi, Wongsuryrat Nat, Yamaguchi Toshikazu, Nakamura Yusuke, Komurasaki Kimiya, Koizumi Hiroyuki	4. 巻 38
2. 論文標題 Design of a Millimeter-Wave Concentrator for Beam Reception in High-Power Wireless Power Transfer	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Journal of Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves	6. 最初と最後の頁 176 ~ 190
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10762-016-0327-0	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 KAKINUMA Kaoru, FUKUNARI Masafumi, YAMAGUCHI Toshikazu, NAKAMURA Yusuke, KOIZUMI Hiroyuki, KOMURASAKI Kimiya, PARKIN Kevin	4. 巻 14
2. 論文標題 Two-Stage-to-Orbit Transporting System Combining Microwave Rocket and Microwave Thermal Rocket for Small Satellite Launch	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Transactions of JSASS, Aerospace technology Japan	6. 最初と最後の頁 Pb_99 ~ Pb_103
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2322/tastj.14.Pb_99	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 FUKUNARI Masafumi, YAMAGUCHI Toshikazu, KOMURASAKI Kimiya, ODA Yasuhisa, IKEDA Ryosuke, KAJIWARA Ken, TAKAHASHI Koji, SAKAMOTO Keishi	4. 巻 14
2. 論文標題 Air-Breathing System Using Reed Valve for Pulse Detonation Microwave Rocket	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Transactions of JSASS, Aerospace technology Japan	6. 最初と最後の頁 1~7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2322/tastj.14.1	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 Masafumi Fukunari, Toshikazu Yamaguchi, Kimiya Komurasaki Yasuhisa Oda, Ryosuke Ikeda, Ken Kajiwara, Koji Takahashi, Keishi Sakamoto	4. 巻 14
2. 論文標題 Air-Breathing System Using Reed Valve for Pulse Detonation Microwave Rocket	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Transactions of JSASS, Aerospace Technology Japan	6. 最初と最後の頁 1-7
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, Naofumi Ohnishi	4. 巻 688
2. 論文標題 Shock Formation by Plasma Filament of Microwave Discharge under Atmospheric Pressure	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Journal of Physics: Conference Series	6. 最初と最後の頁 1-4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1742-6596/688/1/012119	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, Naofumi Ohnishi	4. 巻 32
2. 論文標題 Beam-Riding Flight of a Laser-Propulsion Vehicle Using Actively Controlled Pulse	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Journal of Propulsion and Power	6. 最初と最後の頁 237-250
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2514/1.835631	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 Kotomi Kawakami, Hideki Okamura, Shigeaki Uchida, and Kimiya Komurasaki	4. 巻 117
2. 論文標題 Optical Phase Conjugation by Four-wave Mixing in Nd:YAG Laser Oscillator for Optical Energy Transfer to a remote Target	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 83106
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.4913595	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 Kohei Shimamura, Joseph A. Ofosu, Kimiya Komurasaki and Hiroyuki Koizumi	4. 巻 54
2. 論文標題 Predicting Propagation Limits of laser-supported detonation by Hugoniot analysis	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 Japan J. Appl. Phys.	6. 最初と最後の頁 15201
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 Kotomi Kawakami, Hideki Okamura, and Kimiya Komurasaki	4. 巻 23
2. 論文標題 Simultaneous optical tracking of multiple targets in a field of view greater than 20°	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 Optical Express	6. 最初と最後の頁 9777-9783
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/OE.23.009777	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 葛山浩, 小紫公也	4. 巻 43
2. 論文標題 レーザー推進による大量宇宙輸送	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 レーザー研究	6. 最初と最後の頁 621-627
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 Tsuyoshi Kariya, Ryutaro Minami, Tsuyoshi Imai, Tadahiro Kato, Hiroshi Idei, Kazuaki Hanada, Hideki Zhushi, Tomoharu Numakura, Yoichi Endo, Makoto Ichimura	4. 巻 68
2. 論文標題 Development of 28 GHz Gyrotron for Cooperative ECH Study	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 Fusion Science and Technology	6. 最初と最後の頁 147-151
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.13182/FST14-848	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 -

〔学会発表〕 計36件 (うち招待講演 5件 / うち国際学会 32件)

1. 発表者名 葛山浩, 石田樹
2. 発表標題 希ガス中を伝播するレーザー支持デトネーションの数値解析
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 白石裕之
2. 発表標題 現実的な照射強度変化に対するレーザー支持爆轟波(LSD)の非定常解析
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 Hiroshi Katsurayama
2. 発表標題 Numerical Investigation of Chemical Species Dependency of Laser Supported Detonation Propagation
3. 学会等名 The 6th Workshop on Discharge Induced in High-Energy Electromagnetic Beam ( 国際学会 )
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Keisuke Kanda, Kimiya Komurasaki
2. 発表標題 Comparison of Measured and Computed Plasma Densities at Laser Supported Detonation Waves
3. 学会等名 The 6th Workshop on Discharge Induced in High-Energy Electromagnetic Beam ( 国際学会 )
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yusuke Nakamura, Kimiya Komurasaki
2. 発表標題 Role of Photon-Carrying Excited-Neutral-Parciles on Ionization Front Propagating in Millimeter-Wave with Under-Critical intensity
3. 学会等名 The 6th Workshop on Discharge Induced in High-Energy Electromagnetic Beam ( 国際学会 )
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Toshikazu Yamaguchi, Yuhisa Oda, Keishi Sakamoto, et al.
2. 発表標題 Visualization of 170 GHz Millimeter-Wave Discharge in Atmosphere
3. 学会等名 The 6th Workshop on Discharge Induced in High-Energy Electromagnetic Beam ( 国際学会 )
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Masayuki Takahashi, Naofumi Ohnishi
2. 発表標題 Flow Separation Control and Lift-to-Drag Ratio Improvement Using Repetitive Laser Pulse
3. 学会等名 The 6th Workshop on Discharge Induced in High-Energy Electromagnetic Beam ( 国際学会 )
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kanta Hamasaki, Naofumi Ohnishi
2. 発表標題 Mechanism for Plasma Propagation Induced by Subcritical Millimeter Wave Based on Detailed Model
3. 学会等名 The 6th Workshop on Discharge Induced in High-Energy Electromagnetic Beam ( 国際学会 )
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yusuke Nakamura, Kimiya Komurasaki, Kuniyoshi Tabata, Hiroyuki Koizumi
2. 発表標題 Role of Photon-Carrying Excited-Neutral-Particles on Ionization Front Propagating in Millimeter-Wave with Under-Critical Intensity
3. 学会等名 The 6th Workshop on Discharge Induced in High-Energy Electromagnetic Beam ( 国際学会 )
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kuniyoshi Tabata, Masafumi Fukunari, Yasuhisa Oda, Tsuyoshi Kariya, Ryutaro Minami, Keishi Sakamoto, Tsuyoshi Imai, Kimiya Komurasaki
2. 発表標題 Development of a 600 kW Gyrotron for Microwave Rocket Researches
3. 学会等名 IW-FIRT2019 ( 国際学会 )
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yusuke Nakamura, Kimiya Komurasaki, Hiroyuki Koizumi
2. 発表標題 Modeling of Millimeter-Wave Discharge at Under-Critical Intensity Considering Excitation on Ionization Front
3. 学会等名 8th Asia-Pacific Conference on Plasma Physics (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yasuhisa Oda, Masayuki Takahashi, Kuniyoshi Tabata, Naofumi Ohnishi, Kimiya Komurasaki, Keishi Sakamoto
2. 発表標題 Frequency dependence of atmospheric millimeter wave breakdown plasma
3. 学会等名 43rd International Conference on Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves (IRMMW-THz) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kuniyoshi Tabata, Yusuke Nakamura, Kimiya Komurasaki, Tsuyoshi Kariya, Ryutaro Minami
2. 発表標題 Millimeter-Wave Discharge below Critical Intensity Using a 28 GHz Gyrotron
3. 学会等名 43rd International Conference on Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves (IRMMW-THz) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yusuke Nakamura, Kimiya Komurasaki, Hiroyuki Koizumi
2. 発表標題 Modeling of Under-Critical Millimeter-Wave Discharge Induced by High Excitation Temperature
3. 学会等名 43rd International Conference on Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves (IRMMW-THz) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yusuke Nakamura, Kimiya Komurasaki, Hiroyuki Koizumi
2. 発表標題 Mechanism of Comb-Shape Structure Plasma Filament Formation in Atmospheric Millimeter-Wave Discharge
3. 学会等名 International High Power Laser Ablation Symposium, Next Generation Beamed Energy Propulsion (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kimiya Komurasaki, Yusuke Nakamura
2. 発表標題 Microwave Rocket Development Status at the University of Tokyo
3. 学会等名 International High Power Laser Ablation Symposium, Next Generation Beamed Energy Propulsion (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kuniyoshi Tabata, Nguyen Florian, Yuki Harada, Yusuke Nakamura, Kimiya Komurasaki, Rei Kawashima, Hiroyuki Koizumi
2. 発表標題 Key Technologies for Microwave Rocket
3. 学会等名 AJCPP2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Masafumi Fukunari, Yasuhisa Oda, Tsuyoshi Kariya, Ryutaro Minami, Yuusuke Yamaguchi, Yoshinori Tatematsu, Teruo Saito, Keishi Sakamoto, Tsuyoshi Imai, Kimiya Komurasaki
2. 発表標題 Development Of A High-Power Gyrotron For Beamed Energy Propulsion Applications
3. 学会等名 43rd International Conference on Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves (IRMMW-THz) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 M. Okada, T. Kariya, T. Imai, R. Minami, T. Numakura, F. Motoyoshi, Y. Nakashima
2. 発表標題 Performance Test of 28/35 GHz Dual-Frequency Gyrotron for CW Operation
3. 学会等名 12th International Conference on Open Magnetic Systems for Plasma Confinement (OS2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 T. KARIYA, R. MINAMI, T. IMAI, et al.
2. 発表標題 Development of High Power Gyrotrons for Advanced Fusion Devices and DEMO
3. 学会等名 The 27th IAEA FUSION ENERGY CONFERENCE (FEC-2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岡田麻希, 假家強, 今井剛, 南龍太郎, 沼倉友晴, 本吉郁哉, 姫野奈緒, 中嶋洋輔
2. 発表標題 28/35 GHz 2周波数ジャイロトロン性能評価試験とプラズマ加熱に向けたRF伝送試験
3. 学会等名 第35回 プラズマ核融合学会 年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 松井康平, 神田圭介, 小紫公也, 小泉宏之
2. 発表標題 レーザー放電におけるレーザー径及び電離波面形状が伝播速度に与える影響
3. 学会等名 第59回航空原動機・宇宙推進講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kimiya Komurasaki
2. 発表標題 Space Propulsion Powered by Millimeter-Wave Discharge
3. 学会等名 1st Asia-Pacific Conference on Plasma Physics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Kimiya Komurasaki
2. 発表標題 Rocket Propulsion Powered by a Gyrotron
3. 学会等名 IW-FIRT 2017 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Kimiya Komurasaki
2. 発表標題 Beamed Energy Propulsion for future space launchers
3. 学会等名 67th INTERNATIONAL ASTRONAUTICAL CONGRESS (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Kohei Matsui
2. 発表標題 Laser Intensity and LSD Wave Propagation Velocity in a Large Diameter Beam
3. 学会等名 International High Power Laser Ablation and Directed Energy (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Masafumi Fukunari
2. 発表標題 Use of Microwave Rocket for the First Stage of a Launch Vehicle
3. 学会等名 International High Power Laser Ablation and Directed Energy (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Masafumi Fukunari, Nat Wongsuryrat, Toshikazu Yamaguchi, Yusuke Nakamura, Kaoru Kakinuma, Hiroyuki Koizumi, Kimiya Komurasaki
2. 発表標題 Development of a Tapered-Tube Millimeter-Wave Receiver for Distant Wireless Power Transfer in Microwave Rocket System
3. 学会等名 Joint Conference 30th ISTS, 34th IEPC & 6th NSAT (国際学会)
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 Kaoru Kakinuma, Masafumi Fukunari, Toshikazu Yamaguchi, Yusuke Nakamura, Hiroyuki Koizumi, Kimiya Komurasaki, Kevin Parkin
2. 発表標題 Two-Stage-to-Orbit Transporting System Combining Microwave Rocket and Microwave Thermal Rocket for Small Satellite Launch
3. 学会等名 Joint Conference 30th ISTS, 34th IEPC & 6th NSAT (国際学会)
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 Masayuki Takahashi, Naofumi Ohnishi
2. 発表標題 Thrust Performance of Microwave Rocket at Low Ambient Pressure
3. 学会等名 Joint Conference 30th ISTS, 34th IEPC & 6th NSAT (国際学会)
4. 発表年 2015年

1 . 発表者名 Yoshiaki Kageyama, Masayuki Takahashi, Naofumi Ohnishi
2 . 発表標題 Numerical Analysis of Shock Wave Supported by Microwave Discharge in Microwave-Beaming Propulsion
3 . 学会等名 Joint Conference 30th ISTS, 34th IEPC & 6th NSAT ( 国際学会 )
4 . 発表年 2015年

1 . 発表者名 Kohei Matsui, Joseph A. Ofosu, Kohei Shimamura, Kimiya Komurasaki, Hiroyuki Koizumi
2 . 発表標題 The Effect of Intensity Profile on LSD Wave Propagation Velocity and Its Application to Laser Propulsion System
3 . 学会等名 Joint Conference 30th ISTS, 34th IEPC & 6th NSAT ( 国際学会 )
4 . 発表年 2015年

1 . 発表者名 Kohei Matsui, Toru Shimano, Joseph A. Ofosu, Kimiya Komurasaki, Tony Schoenherr, Hiroyuki Koizumi
2 . 発表標題 Laser-Supported Detonation Generated in a Laser Beam of 7 mm Diameter
3 . 学会等名 10th International Symposium on Applied Plasma Science ( 国際学会 )
4 . 発表年 2015年

1 . 発表者名 Masayuki Takahashi, Naofumi Ohnishi
2 . 発表標題 Numerical Study of Breakdown Pattern Induced by Intense Microwave under Atmospheric Conditions
3 . 学会等名 68th Annual Gaseous Electronics Conference ( 国際学会 )
4 . 発表年 2015年

1. 発表者名 Koichi Mori, Ryo Maruyama, Kohei Shimamura
2. 発表標題 Launch Capability of a Conceptual Laser-Launch System of a Spherical Vehicle and a Donut-Mode Beam
3. 学会等名 54th AIAA Aerospace Sciences Meeting, AIAA SciTech 2016 (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Masafumi Fukunari, Kimiya Komurasaki, Yusuke Nakamura, Hiroyuki Koizumi
2. 発表標題 Design and Sizing of Microwave Rocket Proposed for First Stage Rocket of Conventional Chemical Rocket
3. 学会等名 8th Asian Joint Conference on Propulsion and Power (国際学会)
4. 発表年 2016年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>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  <a href="http://www.a.t.u-tokyo.ac.jp/kaken/index.html">http://www.a.t.u-tokyo.ac.jp/kaken/index.html</a></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
研究分担者	大西 直文  (OHNISHI NAOFUMI)  (20333859)	東北大学・工学研究科・教授    (11301)	

## 6. 研究組織（つづき）

	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	假家 強 (KARIYA TSUYOSHI) (30451678)	筑波大学・数理物質系・准教授 (12102)	
研究分担者	白石 裕之 (SHIRAISHI HIROYUKI) (50273272)	大同大学・工学部・教授 (33907)	
研究分担者	葛山 浩 (KATSURAYAMA HIROSHI) (80435809)	山口大学・大学院創成科学研究科・准教授 (15501)	
研究分担者	坂本 慶司 (SAKAMOTO KEISHI) (90343904)	国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構・六ヶ所核融合研究所 核融合炉材料研究開発部・部長（定常） (82502)	
研究分担者	森 浩一 (MORI KOICHI) (90375121)	名古屋大学・工学研究科・准教授 (13901)	
研究分担者	小田 靖久 (ODA YASUHISA) (60512209)	摂南大学・理工学部・講師 (34428)	
研究分担者	今井 剛 (IMAI TSUYOSHI) (80354637)	筑波大学・数理物質系（名誉教授）・名誉教授 (12102)	
研究協力者	南 龍太郎 (MINAMI RYUTARO)		

## 6. 研究組織（つづき）

	氏名 (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 協力者	福成 雅史  (FUKUNARI MASAFUMI)		