

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 4 年 6 月 6 日現在

機関番号：12605

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17H02995

研究課題名(和文)ヘリコン高密度プラズマを用いた先進的無電極電磁加速法開発と物理現象解析

研究課題名(英文)Development of Advanced Electrodeless Electromagnetic Acceleration Method and Analysis of Physics Phenomena Using Helicon High-Density Plasma

研究代表者

篠原 俊二郎 (Shunjiro, Shinohara)

東京農工大学・工学(系)研究科(研究院)・名誉教授

研究者番号：10134446

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 14,000,000円

研究成果の概要(和文)：電気推進は化学推進と比べ比推力が高く、将来の全電化衛星・惑星軌道間輸送用等、プラズマを用いた電気推進ロケット開発は今後の喫緊の課題である。「はやぶさ」を超える長寿命化と大電力化で行う深宇宙探査も含め、この開発は大きな挑戦と言える。  
ここでは、新提案しているヘリコン高密度プラズマ生成と革新的電磁加速を全て無電極で行い、その物理現象解析を先進診断開発と理論・シミュレーションを駆使して行い、新たな知見と最適化によりプロトタイプモデルの構築を目指し以下の多くの成果を得た：世界最小から最大直径の高密度プラズマ生成(0.05-74cm)、新方式(内部と超音速)のガス供給システム、回転磁場と $m=0$ 加速法。

研究成果の学術的意義や社会的意義

学術的意義は以下：1)プラズマ生成と加速過程での無電極運転実証、2)高密度ヘリコンプラズマ生成機構の更なる理解、3)新提案の先進電磁加速法の発展、4)先端診断開発でのプラズマ特性解析、5)理論・シミュレーションとの比較や異分野統合。

社会的意義は、大電力で高効率の無電極推進(長寿命)は、宇宙産業へのインパクトが大きい。高エンタルピー風洞実験にも活用できる。波及効果として、基礎分野で太陽風プラズマシミュレーション実験、磁気再結合実験やニュートロン源で、応用分野では、超高密度・高速プラズマ流は新材料開発や超高速表面処理等、環境・医療分野ではゴミ焼却、超高速滅菌・殺菌が考えられる。

研究成果の概要(英文)：Specific impulse in the electric propulsion is higher than the chemical one, and it is crucial to develop electric propulsion rockets using plasmas for future electric satellite, interplanetary transport etc. The development of the plasma rockets with long life with high power is challenging for, e.g., a deep space exploration to exceed "Hayabusa" project.

In this research, we have succeeded to obtain the following results, using a proposed concept of "electrodeless" condition, which has entire processes of high-density plasma production and novel electromagnetic acceleration.

Here, we have investigated physical phenomena with advanced, developed diagnostics and theory/simulation, leading to new findings and established a proto-type model by optimization: plasma production with the smallest and the largest diameters (0.05-74 cm), new gas feeding system (internal and supersonic types), rotating magnetic field and  $m = 0$  half cycle acceleration methods.

研究分野：広域プラズマ科学

キーワード：プラズマ ヘリコン波 無電極 加速

1. 研究開始当初の背景

2015年1月に決定された日本政府の新宇宙計画では、10年間で最大45基の衛星投入計画も示され、民間の宇宙利用に向けた成果が出されつつある。また小型人工衛星 Cubesat のように、大学や小企業でも対応できる時代となってきた。

ここで「はやぶさ」の快挙で知られるように、プラズマを用いた電気推進ロケットエンジン [1,2] は燃料の排出速度が高く(所謂燃費が良く)地球近傍の太陽発電や火星での開発をはじめ、今後木星以遠の深宇宙探査においても不可欠なものである。しかし、それには推進効率(推進剤に与えるパワーと入力パワーの比)、比推力(排出速度を重力加速度で割ったもの)などが高く(それぞれ50%、3,000秒が最終目安)、数万時間以上の長寿命の安定な運転が望まれている。

深宇宙探査などに加え、衛星の姿勢制御なども長寿命でオール電化(つまり電気推進使用)が考えられ、大電力化も今後の世界の趨勢である。全電化衛星・惑星軌道間輸送を見据え、実際世界ではホールスラスタ(プラズマ推進法の一つ)では数10kWレベルに達しつつ宇宙産業も拡大しており、予算制限もある日本での研究は更に離されようとしている。しかし日本でも上述のように将来的に電気プラズマ推進機の開発需要や新宇宙産業創成も急速に高まると考えられる。言うまでもなく、そのためのプラズマロケットなどの基盤的研究開発は喫緊の課題である。

このようにプラズマ推進は今後の宇宙応用展開の期待が高いが、一番ネックとなるのは推進機の運転寿命である。従来のシステムでは電極がプラズマと直接接して損耗するため、短寿命(最大でも1-2万時間程度)が(大電力では更に)問題であり、この解決が求められている。しかし、高効率を維持し長寿命を目指したプラズマ生成と加速研究は困難で殆ど実績がないのが現状である。但し最近、申請者のリードしてきたヘリコン源を用いる追従研究が出てきている。

2. 研究の目的

(1) 上記問題を打破するため、本申請代表者(篠原)は、他のプラズマ源で達成できない超高密度( $\sim 10^{19} \text{ m}^{-3}$ )をヘリコンプラズマ[3,4]生成で多くの新規プラズマ源開発を行った。更に新提案の電磁加速制御の先端研究(診断開発を含む)を、科研費基盤研究(S)(H21-25年度:申請者が代表)などのサポートを受け、画期的な無電極、長寿命運転として世界の先頭を切って提案・研究してきた[5,6]。その萌芽段階から実証的研究開発(研究目的と次世代推進機イメージは図1)への発展基盤形成を目指すための物理現象解析を行うのが本研究である。

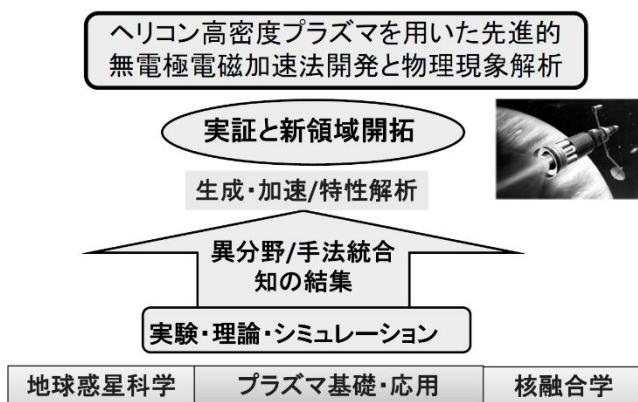


図1 研究目的の概要と先進的宇宙機のイメージ

(2) つまり「先進診断も援用した工学的成果と宇宙環境応用を目指した研究開発: 将来の大電力化を見据えた無電極・高密度ヘリコンプラズマ推進ロケットの基盤研究開発と物理現象解析」を行う。

具体的には、無電極プラズマ生成は本研究者が多くの世界記録(最大・最小の容量や口径)を持つ超高密度( $\sim 10^{19} \text{ m}^{-3}$ )ヘリコン源プラズマ開発と特性評価で世界をリードしてきているため、このヘリコンプラズマを有効な加速用ターゲットとして最適化を行う。つまりプラズマ源の種々の目的に応じた開発を代表者で完成しつつあるので、後者の無電極の先進プラズマ加速(以下記述)を中心に研究を行う。

無電極電磁加速は代表者が様々な加速法を提案・研究した中で有望な、RMF(Rotating Magnetic Field: 回転磁場)法と  $m = 0$  ( $m$ : 周方向モード)半周期加速法(図2)(文献[5,6]参照)を用いる。プラズマ中に周方向電流  $j_\theta$  を誘起し、発散磁場(磁気ノズル)の径方向成分  $B_r$  とのローレンツ力で軸方向に加速する手法である。

改良アンテナの考案、高周波パワーの増強( $< \text{MHz}$  と  $< 100 \text{ kHz}$ 、パルス最大10kW、数百App)、印加周波数サーベイ(但しRMFは現有1kWを含め0.3-15MHz)

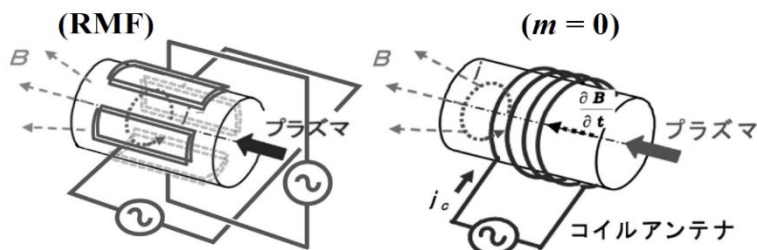


図2 新規提案のヘリコンプラズマ加速法

など作動領域を広げ、加速効果増加を狙う。その際、先端計測法開発（レーザー誘起蛍光法による速度ベクトルの分布計測、高速度カメラと干渉フィルターによるプラズマ光のCT（Computed Tomography）と衝突輻射（Collisional Radiative）モデル解析による電子密度・温度の分布導出など）を行う。

本分野で実績のある気鋭の専門家（研究分担者、連携研究者、海外共同研究者）による、理論・シミュレーション解析、実験データの徹底比較、スケーリング則導出より、詳細な物理現象解析を行う。更に集中議論によるフィードバックと新提案により、有望な運転領域達成（推進効率を30%、比推力3,000秒、推力電力比30 mN/kW以上）を実験的に目指す。

### 3. 研究の方法

(1) 完全無電極で長寿命の先進的電気推進プラズマロケット開発は緊要である。実績のある超高密度（ $\sim 10^{19} \text{ m}^{-3}$ ）ヘリコンプラズマ生成と、提案した先端電磁推進法研究を完全無電極の概念で行う。後者は新提案の有望なRMF法と $m=0$ 半周期加速法であり、外部アンテナで周方向電流を誘起し、磁気ノズルの発散磁場の径方向成分とのローレンツ力で軸方向に加速する。

研究方法は改良アンテナ、高周波パワーの増強、印加周波数サーベイ（RMFは0.3-15 MHz、 $m=0$ 法は $< 100 \text{ kHz}$ ）し、加速効果の増加を狙う。先端計測法開発（レーザー誘起蛍光法、高速度カメラでのCTと衝突輻射モデルによる電子密度・温度の分布導出など）も行う。

理論・シミュレーション解析と実験データの比較とスケーリング則導出より、有望な運転領域達成を目指す。

(2) 本計画手法により、高密度ヘリコンプラズマをターゲットに新提案の無電極電磁推進法確立を発展基盤とし、広域ヘリコン科学や関連科学への新領域開拓の革新的進展にも寄与する。

研究者の役割分担は図3に示す。図1、3にある様々な基盤分野からの研究者等（異分野統合）の実験・理論・シミュレーションの手法統合と徹底議論を集中的に行う。日本のヘリコンプラズマ関連先進研究者（各役割分野でのエキスパート）と、海外のヘリコンプラズマの代表的研究者からなる（トップレベル層でシナジー効果）。

各研究者の専門分野や手法は異なった異分野統合であり、本研究代表者が行ったH21-H25の基盤研究(S)から既にヘリコンプラズマ推進の共同研究をしている。

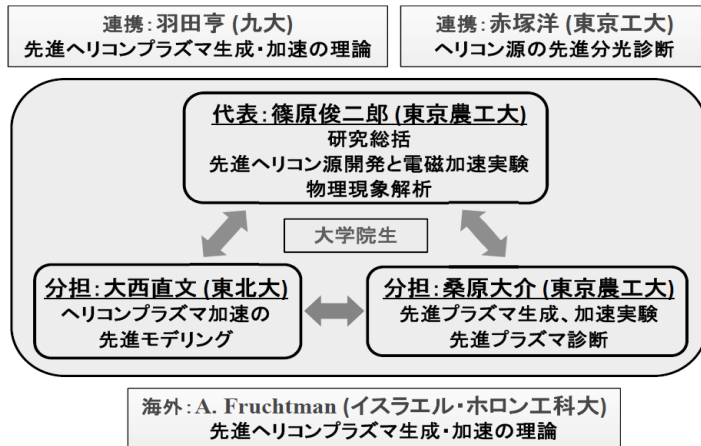


図3 先進ヘルコン源・電磁加速法開発と解析の役割分担

### 4. 研究成果

以下に、無電極ヘリコンプラズマ生成と加速研究の全体像、及び研究成果概要を、それぞれ図4、5に示す。

(1) 高密度ヘリコンプラズマ生成に関しては、LMD (Large Mirror Device) 装置で、加速のためのターゲットとしてのパラメータサーベイを行った。新方式のガス供給も試みた：従来のエンドからの定常ガス供給に変え、パイプ穴を通じてのプラズマ内部へのガス供給と集束した超音速ガス供給（機器開発を含む）により、よりピークした密度分布や密度上昇がみられた。ピラニゲージによる高速の時空間圧力測定法の開発も行った。

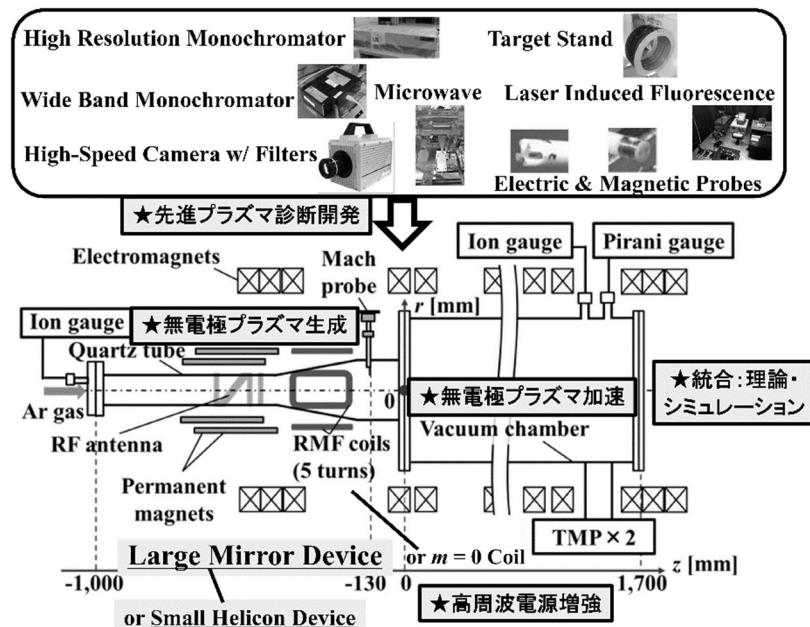


図4 生成・加速・診断研究の全体像



その結果、プラズマスラスト上昇等の良好な結果を得た。

SHD ( Small Helicon Device ) 装置では、435 MHzまでの高い周波数印加と予備点火等の手法により、世界最小直径化を進め、3 mm から 1 mm、更に0.5mmの高密度プラズマ生成に成功し、そのプラズマ特性解析(後述(3))の開発した衝突輻射モデルを使用した。

(2) 高密度ヘリコンプラズマの無電極電磁加速の2方法の結果について述べる。静電プローブと磁気プローブの空間スキャンにより、RMF加速によるプラズマパラメータと電磁場の時空間変化と誘起周方向電流の詳細な評価を行った。更に、反磁性電流とRMFによる電流の分離とプラズマスラストへの寄与も評価し、本加速法の有用性を実証した。 $m = 0$ 半周期加速では、IGBT電源を増強した。それによりコイルの外部電流増加でプラズマ挙動の外部パラメータ依存性解析を更に進めた。大幅な密度とスラストの上昇も確認できた。

(3) 先進診断では以下の開発・整備を行った(図5参照): a) 2次元駆動機構での静電と磁気プローブ測定(ピラニゲージの圧力測定も含む)によるプラズマパラメータと電磁場の時空間評価、b) マイクロ波干渉計による線平均絶対密度測定用、c) レーザー誘起蛍光法によるアルゴンイオンと中性粒子の速度分布関数の導出、d) 衝突輻射モデルの開発による電子温度と電子密度のプラズマに非接触(フィルター付きの光計測)での評価、e) トモグラフィ分光計測による分布評価。

これらの計測により、微小空間を含むプラズマ挙動の時空間分布測解析も可能となり、種々のデータを集積した。

(4) シミュレーションによるヘリコン波プラズマ生成と加速について述べる。ヘリコンプラズマ生成に関しては、コード開発を進め1元での生成初期からの時空間評価を行い、TG(Trivelpiece Gould)波とヘリコン波の役割を解析した。

加速に関しては、誘導型の無電極プラズマ推進の加速メカニズムの詳細な解明と更なる効率的な加速手法の確立を目的として、プラズマ挙動および電磁波伝搬とその相互作用を解析する数値シミュレーションコードの開発を行った。これまで数値的不安定性により加速コイル電流の数周期に渡る定常計算が困難であったが、不安定領域解像格子と人工的減衰項の導入により、安定した計算が可能な時間を大幅に伸ばすことに成功した。

$m = 0$  加速では外部コイルの交流電流の時間変化に従い、荷電粒子が電磁的な加減速を周期的に繰り返す現象が数値的に再現された。また、移動磁場による加速方式についても数値および理論解析を行い、イオンビームの生成に必要な電気二重層が温度の非等方性によって引き起こされることを示した。

(5) 以上、コロナ禍の悪環境や高周波電源トラブルもあり、科学研究費の繰り越しもあったが、多くの成果を得られたと言える。最後に研究総括を行い、スケーリング則や今後の展望、新領域開拓への考察を行った。またコロナ問題に対応して、リモート実験も可能な環境設定も行った。

これらの得られた予想以上に進展した成果は、次頁以下に記述したように、査読論文 23 編、内外の講演 123 件(うち国際会議招待講演は 22 件)となっている。また本研究も包含した専門書を、代表者の篠原は Springer(-Nature)社から 2022 年夏に、「High-Density Helicon Plasma Science - From Basics to Applications -」のタイトルで発行予定である。

#### < 引用文献 >

- [1] 栗木恭一、荒川義博編、電気推進ロケット入門、東京大学出版会 (2003).
- [2] C. Charles, J. Phys. D: Apply. Phys. 42 (2009) 163001 (Topical Review).
- [3] R.W. Boswell, Phys. Lett. 33A (1970) 457-458.
- [4] 篠原俊二郎、日本物理学会誌 64 (2009) 519-526. (解説)
- [5] プロジェクトレビュー: 篠原俊二郎、プラズマ・核融合学会誌 91 (2015) 412-428.
- [6] S. Shinohara, et al., IEEE Trans. Plasma Sci. 42 (2014) 1245-1254. (本研究関連レビュー)

実験	先進的 無電極 生成・加速 ⇕ 特性評価	無電極高密度ヘリコンプラズマターゲット確立 無電極加速(RMF, $m = 0$ 法)の高効率化 新診断開発と特性解析からスケーリング則確立	総 括 と 展 望
	理論・ シミュレ ーション解析	生成・加速 原理 ⇕ 特性解析	

図5 研究成果のまとめ

新領域開拓へ

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計23件（うち査読付論文 23件 / うち国際共著 5件 / うちオープンアクセス 7件）

1. 著者名 Shinohara S., Kuwahara D., Ishigami Y., Horita H., Nakanishi S.	4. 巻 91
2. 論文標題 Extremely small-diameter, high-density, radio frequency, plasma sources and central gas feeding for next-generation electrodeless plasma thrusters	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Review of Scientific Instruments	6. 最初と最後の頁 073507 ~ 073507
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5.0003387	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 Tamura Hitoshi, Tetsuka Tsutomu, Kuwahara Daisuke, Shinohara Shunjiro	4. 巻 48
2. 論文標題 Study on Uniform Plasma Generation Mechanism of Electron Cyclotron Resonance Etching Reactor	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Plasma Science	6. 最初と最後の頁 3606 ~ 3615
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TPS.2020.3023732	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 KUMAR Harihara Sudhan, TAKAHASHI Masayuki, OHNISHI Naofumi	4. 巻 18
2. 論文標題 Numerical Simulation of Particle Acceleration in Traveling Magnetic Field Thruster	5. 発行年 2020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 317 ~ 322
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2322/tastj.18.317	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 Liu H., Shinohara S., Yu Y., Xu M., Zheng P.F., Wang Z.H., Gong S.B., Wang H.J., Zhu Y.X., Nie L., Ke R., Chen Y.H., Duan X.R., Ye M.Y.	4. 巻 15
2. 論文標題 A large-area planar helicon plasma source with a multi-ring antenna on Linear Experimental Advanced Device (LEAD)	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Instrumentation	6. 最初と最後の頁 P11002 ~ P11002
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1748-0221/15/11/P11002	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 Horita H., Kuwahara D., Akatsuka H., Shinohara S.	4. 巻 11
2. 論文標題 Estimating electron temperature and density using improved collisional-radiative model in high-density RF argon plasma	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 AIP Advances	6. 最初と最後の頁 075226 ~ 075226
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5.0050215	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 Furukawa T., Kuwahara D., Shinohara S.	4. 巻 28
2. 論文標題 Spatial characteristics of rotating magnetic field (RMF) plasma acceleration method in open magnetic field configuration under partial RMF penetration	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physics of Plasmas	6. 最初と最後の頁 073507 ~ 073507
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5.0035383	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 Kumar Harihara Sudhan, Takahashi Masayuki, Kato Chinami, Oshio Yuya, Ohnishi Naofumi	4. 巻 130
2. 論文標題 Kinetic theory of double layers driven by temperature anisotropy in a non-homogeneous magnetic field	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 163303 ~ 163303
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5.0065665	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 Tamura Hitoshi, Tetsuka Tsutomu, Sekine Tomohiro, Shinohara Shunjiro	4. 巻 61
2. 論文標題 Boundary effect on mode transformation in an electron cyclotron resonance etching reactor	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 056002 ~ 056002
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/ac56fb	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 H. Tamura, T. Tetsuka, N. Tamari, D. Kuwahara, S. Shinohara	4. 巻 46
2. 論文標題 Numerically Identification of Trivelpiece Gould Waves in an Electron Cyclotron Resonance Etching Reactor	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 IEEE Trans. Plasma Sci.	6. 最初と最後の頁 3662-3668
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TPS.2018.2859382	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 S. Shinohara, D. Kuwahara, T. Furukawa, S. Nishimura, T. Yamase, Y. Ishigami, H. Horita, A. Igarashi, S. Nishimoto	4. 巻 61
2. 論文標題 Development of Featured High-Density Helicon Sources and Their Application to Electrodeless Plasma Thruster	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Plasma Phys. Control. Fusion	6. 最初と最後の頁 014017-1-11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1361-6587/aadd67	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 S. Isayama, S. Shinohara, T. Hada and S. H. Chen	4. 巻 26
2. 論文標題 Underlying Competition Mechanisms in the Dynamic Profile Formation of High-Density Helicon Plasma	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Phys. Plasmas	6. 最初と最後の頁 02351-1-9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.5063506	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 T. Furukawa, K. Shimura, D. Kuwahara, S. Shinohara	4. 巻 26
2. 論文標題 Verification of Azimuthal Current Generation Employing a Rotating Magnetic Field Plasma Acceleration Method in an Open Magnetic Field Configuration	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Phys. Plasmas	6. 最初と最後の頁 033505-1-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.5064392	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 S. Isayama, S. Shinohara, T. Hada and S. H. Chen	4. 巻 26
2. 論文標題 Spatio-Temporal Behavior of Density Jumps and the Effect of Neutral Depletion in High-Density Helicon Plasma	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Phys. Plasmas	6. 最初と最後の頁 053504-1-10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.5093920	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 Kuwahara Daisuke, Shinohara Shunjiro, Yano Kazuki	4. 巻 33
2. 論文標題 Thrust Characteristics of High-Density Helicon Plasma Using Argon and Xenon Gases	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Propulsion and Power	6. 最初と最後の頁 420 ~ 424
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2514/1.B36199	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 Furukawa T., Takizawa K., Kuwahara D., Shinohara S.	4. 巻 24
2. 論文標題 Study on electromagnetic plasma propulsion using rotating magnetic field acceleration scheme	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Physics of Plasmas	6. 最初と最後の頁 043505 ~ 043505
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.4979677	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 Fruchtman Amnon, Shinohara Shunjiro	4. 巻 24
2. 論文標題 Diamagnetism and neutrals depletion in a plasma	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Physics of Plasmas	6. 最初と最後の頁 103523 ~ 103523
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.4997250	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 Furukawa T., Takizawa K., Kuwahara D., Shinohara S.	4. 巻 7
2. 論文標題 Electrodeless plasma acceleration system using rotating magnetic field method	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 AIP Advances	6. 最初と最後の頁 115204 ~ 115204
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.4998248	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 Shinohara Shunjiro	4. 巻 3
2. 論文標題 Helicon high-density plasma sources: physics and applications	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Advances in Physics: X	6. 最初と最後の頁 1420424 ~ 1420424
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/23746149.2017.1420424	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 Shinohara Shunjiro, Kuwahara Daisuke, Ishii Takamichi, Iwaya Hiraku, Nishimura Shuichi, Yamase Tomoya, Arai Daisuke, Horita Hirota	4. 巻 46
2. 論文標題 Development of High-Density Radio Frequency Plasma Sources With Very Small Diameter for Propulsion	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Plasma Science	6. 最初と最後の頁 252 ~ 262
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TPS.2017.2776110	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 I. Levchenko, K. Bazaka, Y. Ding, Y. Raitses, S. Mazouffre, T. Henning, P.J. Klar, S. Shinohara, J. Schein, L. Garrigues, M. Kim, D. Lev, F. Taccogna, R. Boswell., C. Charles, K. Hiroyuki, Y. Shen, C. Scharlemann, M. Keidar, S. Xu	4. 巻 5
2. 論文標題 Space micropropulsion systems for Cubesats and small satellites: From proximate targets to furthestmost frontiers	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Applied Physics Reviews	6. 最初と最後の頁 011104 ~ 011104
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.5007734	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 ISAYAMA Shogo, SHINOHARA Shunjiro, HADA Tohru	4. 巻 13
2. 論文標題 Review of Helicon High-Density Plasma: Production Mechanism and Plasma/Wave Characteristics	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Plasma and Fusion Research	6. 最初と最後の頁 1101014 ~ 1101014
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1585/pfr.13.1101014	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 Furukawa T., Takizawa K., Yano K., Kuwahara D., Shinohara S.	4. 巻 89
2. 論文標題 Spatial measurement in rotating magnetic field plasma acceleration method by using two-dimensional scanning instrument and thrust stand	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Review of Scientific Instruments	6. 最初と最後の頁 043505 ~ 043505
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.5013214	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 Mase A., Kogi Y., Kuwahara D., Nagayama Y., Ito N., Maruyama T., Ikezi H., Wang X., Inutake M., Tokuzawa T., Kohagura J., Yoshikawa M., Shinohara S., Suzuki A., Sakai F., Yamashika M., Tobias B. J., Muscatello C., Ren X., Chen M., Domier C. W., Luhmann N. C.	4. 巻 3
2. 論文標題 Development and application of radar reflectometer using micro to infrared waves	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Advances in Physics: X	6. 最初と最後の頁 1472529 ~ 1472529
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/23746149.2018.1472529	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

〔学会発表〕 計123件 (うち招待講演 22件 / うち国際学会 55件)

1. 発表者名 Y. Yamakawa, M. Takahashi, 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
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 篠原俊二郎
2. 発表標題 ヘリコン高密度プラズマ源開発と無電極プラズマ推進研究
3. 学会等名 プラズマ流の基礎と応用に関する研究
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 T. Furukawa, S. Shinohara, D. Kuwahara
2. 発表標題 Electrodeless Plasma Propulsion with Electromagnetic Acceleration Effect by Using Rotating Magnetic Field Current Drive Method
3. 学会等名 American Institute of Aeronautics and Astronautics (AIAA) Joint Propulsion Conferences (JPC) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 古川武留、桑原大介、篠原俊二郎
2. 発表標題 RMF加速法を用いた無電極RF電気推進のRMF回転周波数依存性調査
3. 学会等名 第64回宇宙科学技術連合講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 T. Furukawa, D. Kuwahara, S. Shinohara
2. 発表標題 Experimental Study of Additional Plasma Acceleration Method Using Rotating Magnetic Field Method in Electrodeless Plasma Propulsion
3. 学会等名 AAPPS-DPP2020 Conference (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1 . 発表者名 D. Kuwahara, T. Furukawa, Y. Ishigami, J. Miyazawa, T. Mutoh, S. Shinohara
2 . 発表標題 Study of advanced gas feeding methods for radio-frequency plasma thruster
3 . 学会等名 AAPPS-DPP2020 Conference (招待講演) (国際学会)
4 . 発表年 2020年

1 . 発表者名 S. Isayama, S. Shinohara, T. Hada, S. H. Chen
2 . 発表標題 Dynamic profile formation of the helicon discharge
3 . 学会等名 AAPPS-DPP2020 Conference (招待講演) (国際学会)
4 . 発表年 2020年

1 . 発表者名 H. Tamura, T. Tetsuka, S. Shinohara
2 . 発表標題 Study on microwave propagation and uniform plasma generation in an ECR plasma etching reactor
3 . 学会等名 AAPPS-DPP2020 Conference (招待講演) (国際学会)
4 . 発表年 2020年

1 . 発表者名 T. Furukawa, D. Kuwahara, S. Shinohara
2 . 発表標題 2D Spatial Profiles of Ion Velocity Distribution Functions in Rotating Magnetic Field Plasma Acceleration Method
3 . 学会等名 62nd Annual Meeting of the APS Division of Plasma Physics (国際学会)
4 . 発表年 2020年

1. 発表者名 H. S. Kumar, M. Takahashi, C. Kato, N. Ohnishi
2. 発表標題 Interaction between a soliton and a double layer in a traveling magnetic field system
3. 学会等名 62nd Annual Meeting of the APS Division of Plasma Physics (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 S. Isayama, S. Shinohara, T. Hada, S. H. Chen
2. 発表標題 Dynamic profile formation in the high-density helicon plasma
3. 学会等名 第148回 SGEPPS総会及び講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 古川武留、桑原大介、篠原俊二郎
2. 発表標題 無電極回転磁場加速法による電磁加速効果の回転周波数依存性検証
3. 学会等名 第37回 プラズマ・核融合学会 年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 桑原大介、服部公央亮、石上雄一、篠原俊二郎、村瀬尊則、宮澤順一、坂本隆一、小林進二、竹田陽平、吉川正志、中嶋洋介
2. 発表標題 超音速ガスパフを利用した高周波プラズマスラスタの研究
3. 学会等名 第37回 プラズマ・核融合学会 年会
4. 発表年 2020年



1. 発表者名 諫山翔伍、篠原俊二郎、羽田亨、陳仕宏
2. 発表標題 流体モデルによるヘリコンプラズマ生成の時空間構造の解明
3. 学会等名 第37回 プラズマ・核融合学会 年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山川雄大
2. 発表標題 誘導型プラズマ加速を用いた無電極電気推進機に於ける電磁場構造
3. 学会等名 令和 2 年度 宇宙輸送シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 H. Tamura, T. Tetsuka, S. Shinohara
2. 発表標題 Effect of Reactor Wall on Microwave Electromagnetic Field in Electron Cyclotron Resonance Etching Reactor
3. 学会等名 12th EU-Japan Joint Symposium on Plasma Processing (JSPP-12) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 S. Isayama, S. Shinohara, T. Hada, S. H. Chen
2. 発表標題 Neutral depletion and the density limit of the helicon plasma
3. 学会等名 Japan Geoscience Union Meeting 2021
4. 発表年 2021年

1 . 発表者名 D. Kuwahara, T. Furukawa, J. Miyazawa, K. Hattori, Y. Nakashima, S. Shinohara
2 . 発表標題 Generation and measurement methods for neutral gas beam using supersonic gas puffing
3 . 学会等名 5th Asia-Pacific Conference on Plasma Physics ( 国際学会 )
4 . 発表年 2021年

1 . 発表者名 S. Shinohara
2 . 発表標題 Overview of Helicon Electrodeless Advanced Thruster (HEAT) Project
3 . 学会等名 First Helicon Plasma Physics and Application Workshop ( 招待講演 ) ( 国際学会 )
4 . 発表年 2021年

1 . 発表者名 S. Isayama, S. Shinohara, T. Hada, S. H. Chen
2 . 発表標題 Dynamic profile formation and effect of neutral depletion in helicon discharge
3 . 学会等名 First Helicon Plasma Physics and Application Workshop ( 国際学会 )
4 . 発表年 2021年

1 . 発表者名 H. Liu, S. Shinohara, M. Xu
2 . 発表標題 A large diameter helicon plasma device
3 . 学会等名 First Helicon Plasma Physics and Application Workshop ( 国際学会 )
4 . 発表年 2021年

1 . 発表者名 L-F. Lu, H-J. Chen, C. Y. Xiao, Y. X. Zhu, H. Liu, H. J. Wang, S. Shinohara, M. Xu
2 . 発表標題 A 3D full wave simulation code for helicon plasmas: application on the Linear Experimental Advanced Device
3 . 学会等名 First Helicon Plasma Physics and Application Workshop ( 国際学会 )
4 . 発表年 2021年

1 . 発表者名 T. Shindo, S. Isayama, S. Shinohara, T. Hada
2 . 発表標題 Transition mechanism of the density jump to high-density helicon plasma
3 . 学会等名 第150回 SGEPPS総会及び講演会
4 . 発表年 2021年

1 . 発表者名 T. Furukawa, D. Kuwahara, S. Shinohara
2 . 発表標題 Spatial Profile of Ion Flow Accelerated by Using Electromagnetic Plasma Acceleration Method in Electrodeless RF Plasma Thruster
3 . 学会等名 63rd Annual Meeting of the APS Division of Plasma Physics ( 国際学会 )
4 . 発表年 2021年

1 . 発表者名 H. Tamura , T. Tetsuka, T. Sekine, S. Shinohara
2 . 発表標題 Mode Transformation and Absorption of Microwaves in an Electron Cyclotron Etching Reactor
3 . 学会等名 DPS 2021 42nd International Symposium on Dry Process ( 国際学会 )
4 . 発表年 2021年

1. 発表者名 古川武留、東林泰佑、桑原大介、西田浩之、篠原俊二郎
2. 発表標題 m = 0半周期加速法を使用した無電極電気推進機の電磁加速効果の検証
3. 学会等名 第38回 プラズマ・核融合学会 年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 桑原大介、古川武留、宮澤順一、服部公央亮、中嶋洋介、篠原俊二郎
2. 発表標題 超音速ガスパフによる中性粒子ビームの生成と評価法開発
3. 学会等名 第38回 プラズマ・核融合学会 年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 瀬戸拓実、江角直道、近藤綾音、杉山史作、蒲生宙樹、重松直希、坂本瑞樹、平田真史、東郷訓、篠原俊二郎、古川武留
2. 発表標題 "定常高密度ダイバータ模擬プラズマ生成に向けた フラットループアンテナを用いた高周波プラズマ源の開発"
3. 学会等名 第38回 プラズマ・核融合学会 年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 古川武留、東林泰佑、西田浩之、篠原俊二郎
2. 発表標題 無電極電磁加速型スラストの電磁加速力増強調査
3. 学会等名 第65 回宇宙科学技術連合講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 T. Furukawa, T. Torin, D. Kuwahara, H. Nishida, S. Shinohara
2. 発表標題 Dependence of Electromagnetic Force on Applied Current in Electrodeless Plasma Thruster Using $m = 0$ Half-cycle Acceleration Method
3. 学会等名 33rd International Symposium on Space Technology and Science (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 瀬戸拓実、近藤綾音、江角直道、平田真史、東郷訓、坂本瑞樹、古川武留、篠原俊二郎
2. 発表標題 原型炉級ダイバータ模擬実験に向けたフラットアンテナを用いた定常高密度ヘリコンプラズマ源の開発
3. 学会等名 QST 第24 回若手科学者によるプラズマ研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 篠原俊二郎
2. 発表標題 高密度ヘリコン波プラズマ研究：基礎と応用
3. 学会等名 宇宙および実験室プラズマ中の非線形波動と粒子加速に関する研究集会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 S. Isayama, S. Shinohara, T. Hada
2. 発表標題 The mechanism of the helicon plasma production from low density to high density regime
3. 学会等名 宇宙および実験室プラズマ中の非線形波動と粒子加速に関する研究集会
4. 発表年 2022年



1. 発表者名 瀬戸拓実、近藤綾音、江角直道、平田真史、東郷訓、坂本瑞樹、古川武留、篠原俊二郎
2. 発表標題 フラットループアンテナを用いた定常高密度ヘリコンプラズマ源の低電力試験
3. 学会等名 第69回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 S. Isayama, S. Shinohara, T. Hada
2. 発表標題 Mechanism of the helicon plasma production from low -density to high-density regime
3. 学会等名 Japan Geoscience Union Meeting 2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 T. Furukawa, D. Kuwahara, S. Shinohara
2. 発表標題 Ion Flow Velocimetry in Radio Frequency Plasma Thruster Using Additional Rotating Magnetic Field Acceleration Method
3. 学会等名 International Electric Propulsion Conference 2022 ( 国際学会 )
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 S. Shinohara
2. 発表標題 Advanced Electrodeless Plasma Propulsion using Developed High-Density Helicon Sources
3. 学会等名 20th International Congress on Plasma Physics ( 招待講演 ) ( 国際学会 )
4. 発表年 2022年

1 . 発表者名 S. Shinohara, D. Kuwahara, T. Furukawa, S. Nishimura, T. Yamase, D. Arai, K. Amma, Y. Ishigami, H. Horita
2 . 発表標題 Overview of Helicon Electrodeless Advanced Thruster (HEAT) Project
3 . 学会等名 19th Int. Cong. on Plasma Phys. ( 国際学会 )
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 T. Furukawa, K. Shimura, D. Kuwahara, S. Shinohara
2 . 発表標題 Spatial Magnetic Field Measurement in Electrodeless Plasma Propulsion Scheme Using Rotating Magnetic Field Acceleration Method
3 . 学会等名 19th Int. Cong. on Plasma Phys. ( 国際学会 )
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 S. Shinohara
2 . 発表標題 Characteristics of Various High-Density Helicon Sources and their Application to Electrodeless Plasma Thruster
3 . 学会等名 the 45th European Physical Society Conf. on Plasma Phys. ( 招待講演 ) ( 国際学会 )
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 H. Tamura, T. Tetsuka, D. Kuwahara, S. Shinohara
2 . 発表標題 Study on Uniform Plasma Generation in Electron Cyclotron Resonance Plasma Etching Reactor
3 . 学会等名 Joint Int. Conf. on ICMAP 2018, APCPST 2018 and ISPB 2018 ( 国際学会 )
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 S. Shinohara
2 . 発表標題 High-Density Helicon Plasma Sources: From Basics to Physics
3 . 学会等名 SWIP Seminar (招待講演)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 S. Shinohara
2 . 発表標題 Recent Activities of High-Density Helicon Sources and their Application to Electrodeless Plasma Thruster
3 . 学会等名 AARC Seminar (招待講演)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 T. Furukawa, K. Takizawa, D. Kuwahara, S. Shinohara
2 . 発表標題 Current study on Electromagnetic Plasma Acceleration Employing Rotating Magnetic Field
3 . 学会等名 AARC Seminar (招待講演)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 T. Furukawa, K. Shimura, D. Kuwahara, S. Shinohara
2 . 発表標題 Spatially Excited Magnetic Field Profiles in Rotating Magnetic Field Plasma Acceleration Scheme
3 . 学会等名 60th Annual Meeting of the APS Division of Plasma Physics Co-Located with the 71st Annual Gaseous Electronics Conference (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1. 発表者名 Y. Ishigami, D. Kuwahara, S. Shinohara, J. Miyazawa
2. 発表標題 Plasma Characteristics of Helicon Plasma Thruster using a Supersonic Gas Puffing Method
3. 学会等名 60th Annual Meeting of the APS Division of Plasma Physics Co-Located with the 71st Annual Gaseous Electronics Conference (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 K. Amma, Y. Ishigami, D. Kuwahara, S. Shinohara
2. 発表標題 Multi-View, Simultaneous Measurements of Helicon Plasma Emission Lights using High-Speed Camera
3. 学会等名 60th Annual Meeting of the APS Division of Plasma Physics Co-Located with the 71st Annual Gaseous Electronics Conference (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 H. Horita, D. Kuwahara, S. Shinohara, H. Akatsuka
2. 発表標題 Determination of Electron Density and its Temperature using Collisional Radiative (CR) Model for Argon Gas in High-Density Helicon Source
3. 学会等名 60th Annual Meeting of the APS Division of Plasma Physics Co-Located with the 71st Annual Gaseous Electronics Conference (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山川雄大, 高橋聖幸, 大西直文
2. 発表標題 m = 0 コイルを用いた無電極プラズマ加速に関する数値的研究
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 Y. Yamakawa, M. Takahashi, and N. Ohnishi
2. 発表標題 Numerical Study of Plasma Acceleration in an $m = 0$ Coil Thruster
3. 学会等名 15th International Conference on Flow Dynamics (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Y. Yamakawa, M. Takahashi, and N. Ohnishi
2. 発表標題 Numerical Study of an Electrodeless Plasma Thruster Using a $m = 0$ Coil
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 T. Furukawa, K. Shimura, D. Kuwahara, S. Shinohara
2. 発表標題 High-Dense, Helicon Plasma Acceleration Using Rotating Magnetic Field Method
3. 学会等名 2nd Asia-Pacific Conference on Plasma Physics, Kanazawa, Japan (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 H. Tamura, T. Tetsuka, D. Kuwahara, S. Shinohara
2. 発表標題 Study on Uniform Plasma Generation Mechanism of Electron Cyclotron Resonance Etching Reactor
3. 学会等名 2nd Asia-Pacific Conference on Plasma Physics, Kanazawa, Japan (国際学会)
4. 発表年 2018年



1. 発表者名 D. Kuwahara, T. Furukawa, Y. Ishigami, J. Miyazawa, T. Mutoh, S. Shinohara
2. 発表標題 Study of Helicon Plasma Thruster using Internal Gas Feeding Method
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 T. Furukawa, K. Shimura, D. Kuwahara, S. Shinohara
2. 発表標題 Measurement of Azimuthal Current in Rotating Magnetic Field Plasma Acceleration Method
3. 学会等名 The 27th International Toki Conference on Plasma and Fusion Research & The 13th Asia Pacific Plasma Theory Conference (ITC27 & APPTC2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 小林楓、木下洋輔、野尻訓平、寺門明紘、安藤安斗、原利樹、東郷訓、江角直道、坂本瑞樹、ISLAM Shahinul、小波蔵純子、吉川正志、中嶋洋輔、澤田圭司、桑原大介、篠原俊二郎、増崎貴
2. 発表標題 レーザー誘起蛍光法を用いたGAMMA10/PDXダイバータ模擬プラズマのイオン・中性粒子速度分布計測システムの改良
3. 学会等名 第35回プラズマ・核融合学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 S. Isayama <sup>1</sup> , S. Shinohara, T. Hada, S-H. Chen
2. 発表標題 Numerical Fluid Model of Spatio-Temporal Behavior in Helicon Discharge
3. 学会等名 第35回プラズマ・核融合学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 古川武留、志村開智、桑原大介、篠原俊二郎
2. 発表標題 回転磁場におけるプラズマ加速評価
3. 学会等名 第35回プラズマ・核融合学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 石上雄一、桑原大介、篠原俊二郎、宮澤順一
2. 発表標題 超音速ガスパフ燃料供給によるヘリコンプラズマスラスタの性能改善
3. 学会等名 第35回プラズマ・核融合学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 安間公亮、堀田大貴、桑原大介、篠原俊二郎
2. 発表標題 高速度カメラによる高密度ヘリコンプラズマ光の2次元分布計測
3. 学会等名 第35回プラズマ・核融合学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 堀田大貴、赤塚洋、桑原大介、篠原俊二郎
2. 発表標題 衝突輻射モデルを用いた高密度ヘリコンプラズマの電子密度、電子温度測定
3. 学会等名 第35回プラズマ・核融合学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山川雄大, 高橋聖幸, 大西直文
2. 発表標題 無電極電気推進の為の $m = 0$ コイルプラズマ加速に関する数値的研究,
3. 学会等名 第35回プラズマ・核融合学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 H. Tamura, T. Tetsuka, D. Kuwahara, S. Shinohara
2. 発表標題 Simulation of ECR Etching Reactor Using COMSOL Multiphysics
3. 学会等名 COMSOL Conference 2018 Tokyo
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 篠原俊二郎
2. 発表標題 種々のサイズの高密度ヘリコンプラズマ源開発
3. 学会等名 平成30年度 負イオン研究会「負イオンの基礎と実践の最前線」
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 古川武留, 志村開智, 桑原大介, 篠原俊二郎
2. 発表標題 RMF法を用いた無電極プラズマ加速法における電磁加速評価
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 石上雄一、桑原大介、宮澤順一、篠原俊二郎
2. 発表標題 超音速ガスパフ法によるヘリコンプラズマスラスタ特性
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 堀田大貴、桑原大介、赤塚洋、篠原俊二郎
2. 発表標題 衝突輻射モデルを用いた高密度ヘリコン源の分光法による電子温度、電子密度測定
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 安間公亮、石上雄一、五十嵐明彦、桑原大介、篠原俊二郎
2. 発表標題 高速度カメラによるヘリコンプラズマスラスタの2次元密度分布計測
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 S. Shinohara
2. 発表標題 Development and Characterization of High-Density RF Sources: From Very Large to Extremely Small Sizes
3. 学会等名 The Fourth Int. Conf. on Micropropulsion and CubeSats (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1 . 発表者名 H. Tamura, T. Tetsuka, D. Kuwahara, S. Shinohara
2 . 発表標題 Study on Uniform Plasma Generation and Microwave Propagation in Electron Cyclotron Resonance Plasma Etching Reactor
3 . 学会等名 AEPSE (Asian-European International Conference on Plasma Surface Engineering) 2019 (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Harihara Sudhan Kumar, Masayuki Takahashi, and Naofumi Ohnishi
2 . 発表標題 Numerical Simulation of Particle Acceleration in Traveling Magnetic Field 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 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 on Space Technology and Science (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Harihara Sudhan Kumar, Masayuki Takahashi, and Naofumi 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 D. Kuwahara, T. Furukawa, K. Amma, Y. Ishigami, H. Horita, S. Shinohara
2 . 発表標題 Studies on Helicon Plasma Thruster and Measurement Methods
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 T. Furukawa, K. Shimura, S. Yamamura, K. Hachisu, D. Kuwahara, S. Shinohara
2 . 発表標題 Electrodeless Helicon Plasma Thruster Employing Additional Electromagnetic Acceleration Method
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 T. Furukawa, D. Kuwahara, S. Shinohara
2 . 発表標題 Helicon Plasma Thruster Employing Rotating Magnetic Field Plasma Acceleration Method
3 . 学会等名 61st Annual Meeting of the APS Div. of Plasma Phys. ( 国際学会 )
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 古川武留、小笠原世亜、志村開智、松島和孝、大塩裕哉、桑原大介、西田浩之、篠原俊二郎
2 . 発表標題 電気推進機の長寿命化を目指した無電極RFプラズマスラストの研究開発
3 . 学会等名 太陽宇宙発電シンポジウム
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 S. Shinohara
2 . 発表標題 Development of High-Density Helicon Sources and their Application to Electrodeless Plasma Thrusters
3 . 学会等名 Seminar in University of Science of Technology of China (招待講演)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Hao Liu, Min Xu, Shinohara Shunjiro, Huajie Wang, Zhanhui Wang, Pengfei Zheng, Tong Che, Minyou Ye, Yi Yu
2 . 発表標題 Progress of linear plasma device LEAD in SWI
3 . 学会等名 3rd Asia-Pacific Conference on Plasma Physics (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 S. Shinohara
2 . 発表標題 Development of Electrodeless Thruster using High-Density Helicon Plasma Sources
3 . 学会等名 3rd Asia-Pacific Conference on Plasma Physics (招待講演) (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 S. Isayama, S. Shinohara, T. Hada, and S. H. Chen
2 . 発表標題 Underlying mechanisms in the dynamic profile formation of high-density helicon plasma
3 . 学会等名 3rd Asia-Pacific Conference on Plasma Physics (招待講演) (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1. 発表者名 古川武留、志村開智、篠原俊二郎、桑原大介
2. 発表標題 RMF追加加速法を用いたRF無電極プラズマ推進
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 田村仁、手束勉、桑原大介、篠原俊二郎
2. 発表標題 ECRプラズマエッチング装置における均一プラズマ生成とマイクロ波伝搬モードの検討
3. 学会等名 第36回プラズマ・核融合学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 古川武留、桑原大介、篠原俊二郎
2. 発表標題 回転磁場加速法における時間変動磁場強度依存性調査
3. 学会等名 第36回プラズマ・核融合学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 桑原大介、古川武留、石上雄一、篠原俊二郎
2. 発表標題 高周波プラズマスラスタにおける中性粒子供給位置の検討
3. 学会等名 第36回プラズマ・核融合学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山川雄大, 高橋聖幸, 大西直文
2. 発表標題 ループコイルを用いた誘導型無電極プラズマ推進機内部の数値解析
3. 学会等名 第36回プラズマ・核融合学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 D. Kuwahara, S. Nishimura, T. Furukawa, T. Yamase, D. Arai, K. Amma, Y. Ishigami, H. Horita, S. Shinohara
2. 発表標題 Characteristics of Helicon Plasma Thruster using Advanced Acceleration Methods
3. 学会等名 Joint Conf.: 31st ISTS, 26th ISSFD & 8th NSAT (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 S. Shinohara
2. 発表標題 Development of Very Small, High-Density Helicon Source for Propulsion
3. 学会等名 International Workshop on Micropropulsion and CubeSats(Keynote Talk) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 S. Shinohara
2. 発表標題 Development of High-Density Helicon Sources: Characterization and Applications
3. 学会等名 Seminar in SWIP (Southwestern Institute of Physics), China (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 S. Shinohara
2. 発表標題 Advanced Electrodeless Propulsion using High-Density Helicon Plasma Source
3. 学会等名 1st Asia-Pacific Conf. on Plasma Phys. (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 S. Isayama, T. Hada, S. Shinohara
2. 発表標題 Self-Consistent Model of the Helicon Discharge
3. 学会等名 1st Asia-Pacific Conf. on Plasma Phys. (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 安間公亮、篠原俊二郎、桑原大介
2. 発表標題 高速度カメラによる高密度ヘリコンプラズマ光の多視線計測
3. 学会等名 画像計測研究会2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 T. Furukawa, K. Takizawa, D. Kuwahara, S. Shinohara
2. 発表標題 Two-Dimensional Characteristics of Electromagnetic Plasma Acceleration by Using Rotating Magnetic Field
3. 学会等名 35th Electric Propulsion Conf. (国際学会)
4. 発表年 2017年

1 . 発表者名 D. Kuwahara, S. Nishimura, T. Furukawa, T. Yamase, D. Arai, K. Amma, Y. Ishigami, H. Horita, and S. Shinohara
2 . 発表標題 Experimental Study of Helicon Plasma Thruster Using Advanced Acceleration Methods.
3 . 学会等名 35th Electric Propulsion Conf. (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 S. Isayama, T. Hada, S. Shinohara
2 . 発表標題 Effect of the neutral depletion in helicon discharge
3 . 学会等名 第142回 SGEPPSS総会および講演会
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 D. Kuwahara, K. Amma, Y. Ishigami, A. Igarashi, S. Nishimoto, S. Shinohara, J. Miyazawa
2 . 発表標題 Improvement of Thrust Characteristics of Helicon Plasma Thruster using Local Gas Fueling Method
3 . 学会等名 59th Annual Meeting of the APS Division of Plasma Physics (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 T. Yamase, H. Horita D. Satpathy, D. Kuwahara, S. Shinohara
2 . 発表標題 High Frequency, Low Pressure, Plasma Generation using Extremely Small Diameter Tube
3 . 学会等名 59th Annual Meeting of the APS Division of Plasma Physics (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1. 発表者名 T. Furukawa, K. Shimura, D. Kuwahara, S. Shinohara
2. 発表標題 Plasma Acceleration by Rotating Magnetic Field Method using Helicon Source
3. 学会等名 59th Annual Meeting of the APS Division of Plasma Physics (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 S. Nishimura, D. Arai, T. Yamaguchi, D. Kuwahara, S. Shinohara
2. 発表標題 Electrodeless Plasma Acceleration Using $m = 0$ coil
3. 学会等名 59th Annual Meeting of the APS Division of Plasma Physics (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 石上雄一、五十嵐明彦、西本晋一、桑原大介、篠原俊二郎
2. 発表標題 ヘリコンスラスト の中性ガス供給法改善によるプラズマ特性
3. 学会等名 Plasma Conference 2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 堀田大貴、赤塚洋、Amy M. Keesee、桑原大介、篠原俊二郎
2. 発表標題 強度比法を用いた大型ヘリコンプラズマ源におけるアルゴン分光測定
3. 学会等名 Plasma Conference 2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 安間公亮、石上雄一、五十嵐明彦、桑原大介、篠原俊二郎
2. 発表標題 高速度カメラによるヘリコンプラズマスラスターの多視線計測
3. 学会等名 Plasma Conference 2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 志村開智、古川武留、桑原大介、篠原俊二郎
2. 発表標題 RMF加速法によるプラズマの性能特性
3. 学会等名 Plasma Conference 2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 西村修一、荒井大介、山口拓哉、桑原大介、篠原俊二郎
2. 発表標題 $m = 0$ コイルへの高交流電流印加によるプラズマ加速特性評価
3. 学会等名 Plasma Conference 2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 荒井大介、西村修一、山口拓哉、桑原大介、篠原俊二郎
2. 発表標題 様々な $m = 0$ コイルを用いた高周波プラズマの電磁加速実験
3. 学会等名 Plasma Conference 2017
4. 発表年 2017年



1. 発表者名 山瀬智也、堀田大貴、Dibyesh Satpathy、桑原大介、篠原俊二郎
2. 発表標題 極端小口径における低圧力下の高周波プラズマ生成
3. 学会等名 Plasma Conference 2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 小林楓、木下洋輔、野尻訓平、寺門明紘、東郷訓、江角直道、坂本瑞樹、ISLAM Shahinul、横土敬幸、小波蔵純子、吉川正志、中嶋洋輔、澤田圭司、桑原大介、篠原俊二郎、増崎貴
2. 発表標題 レーザー誘起蛍光法を用いたGAMMA10/PDXダイバータ模擬プラズマのイオン・中性粒子速度分布計測システムの構築
3. 学会等名 Plasma Conference 2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 大西直文、内ヶ崎大、山川雄大、高橋聖幸
2. 発表標題 無電極プラズマ推進機における外部磁場による加速機構の数値的研究
3. 学会等名 Plasma Conference 2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 桑原大介、五十嵐明彦、篠原俊二郎、伊藤直樹、土屋隼人、徳沢季彦、長山好夫、吉永智一、吉川正志、小波蔵純子、山口聡一郎、近木祐一郎、間瀬淳
2. 発表標題 マイクロ波イメージング計測用局発内蔵型アンテナアレイの開発
3. 学会等名 Plasma Conference 2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 S. Shinohara
2. 発表標題 Various-Sized, High-Density Helicon Sources and Application to Electrodeless Plasma Propulsion
3. 学会等名 The 10th EU-Japan Joint Symposium on Plasma Processing (JSPP2017) (Invited Talk) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 堀田大貴、桑原大介、赤塚洋、篠原俊二郎
2. 発表標題 衝突輻射モデルを用いたヘリコン源のアルゴンプラズマ分光計測
3. 学会等名 「原子分子データ応用フォーラムセミナー」合同研究会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 S. Shinohara
2. 発表標題 Development of High-Density, Helicon Electrodeless Thruster - Neutrals Effect
3. 学会等名 MPCS2018: Second International Conference on Micropropulsion and CubeSats (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 S. Isayama, S. H. Chen, T. Hada, S. Shinohara
2. 発表標題 Mechanism of the Helicon Plasma Production
3. 学会等名 2018 Annual Meeting of the Physical Society of Taiwan (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 石上雄一、五十嵐明彦、西本晋一、桑原大介、篠原 俊二郎、宮澤順一
2. 発表標題 超音速ガスパフ燃料供給によるプラズマ生成
3. 学会等名 平成29年度宇宙輸送シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 堀田大貴、桑原大介、赤塚洋、篠原俊二郎
2. 発表標題 高密度ヘリコン源の強度比法を用いた光学測定
3. 学会等名 平成29年度宇宙輸送シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 安間公亮、石上雄一、五十嵐明彦、桑原大介、篠原俊二郎
2. 発表標題 高速度カメラによるヘリコンプラズマスラスタの多視線同時計測
3. 学会等名 平成29年度宇宙輸送シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 古川武留、志村開智、桑原大介、篠原俊二郎
2. 発表標題 RMFアンテナによる無電極プラズマ加速実験
3. 学会等名 平成29年度宇宙輸送シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 西村修一、荒井大介、桑原大介、篠原俊二郎
2. 発表標題 m = 0 コイルを用いた高周波プラズマの電磁加速実験 (I)
3. 学会等名 平成29年度宇宙輸送シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 荒井大介、西村修一、山口拓哉、桑原大介、篠原俊二郎
2. 発表標題 m = 0 コイルを用いた高周波プラズマの電磁加速実験 (II)
3. 学会等名 平成29年度宇宙輸送シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山瀬智也、堀田大貴、桑原大介、篠原俊二郎
2. 発表標題 高周波印加による極端小口径生成プラズマの特性解析
3. 学会等名 平成29年度宇宙輸送シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 篠原俊二郎、桑原大介、A. Fruchtman
2. 発表標題 高密度ヘリコン源を用いた高ベータプラズマでの中性粒子の効果(II)
3. 学会等名 宇宙科学に関する室内実験シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 S. Shinohara
2. 発表標題 Research & Development of High-Density Helicon Plasma Sources: Basics and Applications
3. 学会等名 Seminar in SWIP (Southwestern Institute of Physics), China (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 S. Shinohara
2. 発表標題 Supplemental Talk on RF Studies: from the Beginners
3. 学会等名 Seminar in SWIP (Southwestern Institute of Physics), China (招待講演)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

篠原研究室のホームページ <a href="http://web.tuat.ac.jp/~sinohara/">http://web.tuat.ac.jp/~sinohara/</a> OHNISHI/TAKAHASHI Laboratory <a href="https://web.tohoku.ac.jp/rhd/">https://web.tohoku.ac.jp/rhd/</a>
--

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 (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	桑原 大介  (Kuwahara Daisuke)  (60645688)	中部大学・工学部・准教授    (33910)	

	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
連携研究者	羽田 亨  (Hada Tohru)  (30218490)	九州大学・総理工学研究所(研究院)・名誉教授    (17102)	
連携研究者	赤塚 洋  (Akatsuka Hiroshi)  (50231808)	東京工業大学・ゼロカーボンエネルギー研究所・准教授    (12608)	

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			
中国	SWIP	USTC		
台湾	NCU			
イスラエル	Holon Institute of Technology			
シンガポール	NIE			
中国	Jilin University	Harbin Institute of Technology		
米国	General Atomics,	Los Alamos National Laboratory,	UCLA	他2機関
フランス	ICARE, CNRS	Universite de Toulouse		
オーストラリア	Queensland University of Technology	Australian National University,		
ドイツ	Universitaet der Bundeswehr Muenchen	Justus Liebig University		

共同研究相手国	相手方研究機関			
オーストリア	Fachhochschule Wiener Neustadt			
英国	University of Southampton			
イタリア	Consiglio Nazionale delle Ricerche			