

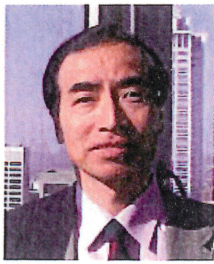
我が国における学術研究課題の最前線

— 平成21年度科学研究費補助金・大型研究種目・新規採択課題一覧 —

特別推進研究
基盤研究(S)
若手研究(S)

平成21年9月

独立行政法人日本学術振興会
(<http://www.jsps.go.jp/>)



研究課題名 ヘリコン源を用いた先進的無電極プラズマロケットエンジンの研究開発

九州大学・大学院総合理工学研究院・准教授

しのはら しゅんじろう

篠原 俊二郎

研究分野：航空宇宙工学、プラズマ科学

キーワード：推進・エンジン、プラズマ応用、航空宇宙流体力学

【研究の背景・目的】

電気推進ロケットエンジンとは、太陽電池エネルギー等を用いて推進剤を電離（即ち、プラズマ化）し、電氣的に噴射するロケットエンジンです。通常の化学推進ロケットエンジンに比べると格段に燃費が良く、宇宙船がひとたび宇宙空間に出た後で用いるロケットエンジンとして大きな期待が寄せられています。実際、小惑星探査機「はやぶさ」で電気推進ロケットエンジン的一种であるイオンエンジンが使われ大きな成果を上げました。ところが、従来使われてきているものには大きな欠点があります。高密度プラズマと直接接触する電極群があるため、それらの損耗で寿命が決まってしまうのです。従って、電気推進ロケットエンジンの究極の姿は、オール無電極（プラズマ粒子を直接授受する電極を持たないという意味）でプラズマを生成・加速することです。

本研究では、将来の着実な宇宙航行計画に資するため（図1を参照）、本研究グループがこれまでに修得した知見を集大成し、高効率で損耗箇所の無い、原理的に無限寿命の“先進的無電極”プラズマロケットエンジンを完成させ、その工学的体系化を目指します。

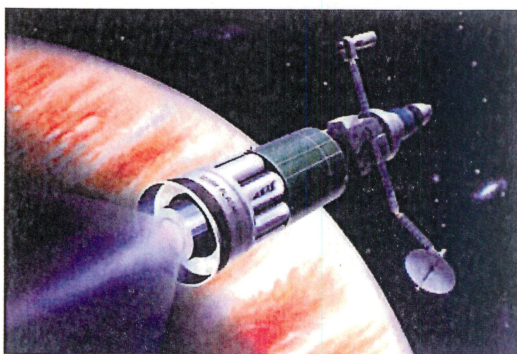


図1 先進的無電極プラズマロケットエンジンを搭載する宇宙船のイメージの一例。

【研究の方法】

噴射されるプラズマが直接エンジン容器と触れないようにするため、若干の磁場を使います。磁場中での高効率プラズマ生成法としてヘリコン波と呼ばれるプラズマ波動を用いる方法が知られています。本研究グループのメンバーにはこの分野のエキスパートがいます。我々の目指す先進的無電極プラズマロケットエンジンでは、プラズマ生成部に“ヘリコン源”を用います。ロケットエン

ジン用にまずヘリコン源の最適化を行います。

我々は既に6種類の異なる無電極（と言っても絶縁体の容器外に設置されたアンテナは用いますが）プラズマ加速法を提案しており、その内の2種類については原理実証実験も済ませています。これら種々の無電極加速法について同時進行的に実験を進め、理論・計算機シミュレーション等との比較検討を通して最適化を行いつつ、性能評価をし、最適な手法を選択して行きます。具体的な推進性能目標は、噴射速度 40 km/s で推進効率 50% 以上です。最終的には、異なるエンジン寸法に対応できるようなエンジンバリエーション設計まで実施し将来の実用化に備えることとなります。

【期待される成果と意義】

超長寿命のプラズマロケットエンジンを実現することにより、これまで数年であった衛星や惑星間探査機の寿命を飛躍的に延ばすことができ、今まで考えられなかったような超長期宇宙ミッションが可能となり、真の意味での“宇宙船”構築に貢献できるでしょう。宇宙空間プラズマを吸い込みつつ噴射するタイプのロケットエンジンへの道も拓け、将来の惑星・恒星間旅行への夢も実現へ向かうでしょう。本研究のスピンオフとして、半導体製造や先進的ゴミ処理施設で使用されるプラズマ装置の寿命問題に対しても“オール無電極”という明快なソリューションを与えることができるでしょう。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- S. Shinohara, *et al.*: Development of High-Density Helicon Plasma Sources and Their Applications, *Phys. Plasmas* 16, 057104 1-10 (2009).
- K. Toki, *et al.*: Compact Helicon Source Experiments for Electrodeless Electromagnetic Thruster, *Proc. 43rd AIAA/ASME/SAE/ASEE Joint Propulsion Conference & Exhibit* (Cincinnati, Ohio, 2007) AIAA-2007-5260.

【研究期間と研究経費】

平成21年度～25年度

160,700千円

ホームページ等

<http://zone.aees.kyushu-u.ac.jp/~sinohara/Homepage/shinohara.html>

sinohara@aees.kyushu-u.ac.jp

Frontline Scientific Research Projects Advanced in JAPAN

— Newly Selected Large-scale Research Projects under FY2009
Grants-in-Aid for Scientific Research —

September, 2009

Japan Society for the Promotion of Science(JSPS)

(<http://www.jsps.go.jp/english/index.html>)



Title of Project: Research and Development of a Novel Electrodeless Plasma Rocket Engine Using a Helicon Source

Shunjiro Shinohara

(Kyushu University, Interdisciplinary Graduate School of Engineering Sciences, Associate Professor)

Research Area: Aerospace Engineering, Plasma Science

Keywords: Propulsion/Engine, Plasma Applications, Aerodynamics

【Purpose and Background of the Research】

Electric propulsion is a form of spacecraft propulsion that uses electric energy (obtained from solar panels, for instance) to accelerate ionized gas or plasma propellant. Compared with chemical thrusters, electric thrusters can offer much higher fuel efficiency, so that many attractive future missions can be realized. In fact, ion engines, one variation of the electric propulsion scheme, has been successfully utilized in the Japanese asteroid mission, *Hayabusa*. However, conventional electric thrusters share an intrinsic weak point, namely a finite lifetime due to the erosion of electrodes that are in direct contact with dense plasma.

The objective of our project is to develop a *completely electrodeless* (i.e., no components that exchange particles with the plasma propellant) *plasma rocket engine* by integrating and advancing our knowledge on electrodeless plasma production and acceleration.

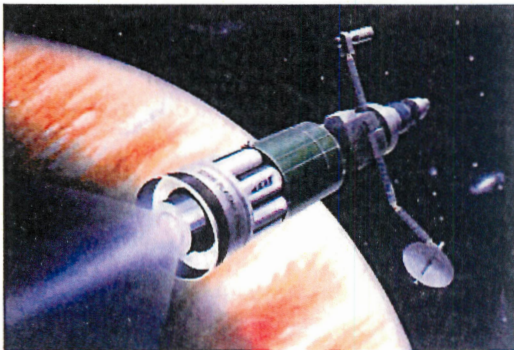


Figure 1 Artist's rendition of a spaceship with an electrodeless plasma thruster.

【Research Methods】

In our advanced-concept thruster, a background magnetic field is applied so as to avoid the propellant plasma to make contact with the thruster vessel. An efficient and convenient way to produce plasma in a magnetic field is to utilize the helicon wave, one of the plasma wave families. The performance of helicon sources will be optimized by the leading experts in our group, so that they can be adopted in our thruster systems.

We have so far proposed six different

electrodeless schemes to accelerate the propellant plasma, in which the plasma is driven by externally applied electromagnetic fields. Two of them have already been successfully tested in the laboratory. Theoretical modeling, computer simulations, and laboratory experiments will all be performed, keeping close contact to one another, to examine the performance of all the six proposed schemes. The ultimate goal is to achieve the exhaust velocity of 40 km/s and the propulsive efficiency of 50 %.

【Expected Research Achievements and Scientific Significance】

Development of our electrodeless, thus extremely long-lasting plasma rocket engines will make a substantial impact on future space missions, as they are at present hindered by a few years lifetime of conventional electric thrusters. The ideas and technologies created during the course of our project will lead to some novel concepts in developing a plasma engine for interstellar travel using interstellar plasma as a propellant and some spin-offs, such as a completely electrodeless plasma processing system for manufacturing computer chips and an advanced-concept plasma incinerator for waste treatment.

【Publications Relevant to the Project】

- S. Shinohara, *et al.*: Development of High-Density Helicon Plasma Sources and Their Applications, *Phys. Plasmas* 16, 057104 1-10 (2009).
- K. Toki, *et al.*: Compact Helicon Source Experiments for Electrodeless Electromagnetic Thruster, *Proc. 43rd AIAA/ASME/SAE/ASEE Joint Propulsion Conference & Exhibit* (Cincinnati, Ohio, 2007) AIAA-2007-5260.

【Term of Project】 FY2009 – 2013

【Budget Allocation】 160,700 Thousand Yen

【Homepage Address and Other Contact Information】

<http://zone.aees.kyushu-u.ac.jp/~sinohara/Homepage/shinohara.html>
sinohara@aees.kyushu-u.ac.jp