

宇宙用プラズマ推進機の研究開発

システムデザイン研究科 航空宇宙システム工学域 助教 渡邊 裕樹

概要

ガソリンスタンドのない宇宙空間では、効率良く移動するために低燃費の推進装置が必要になります。この推進装置としてプラズマ推進機が注目されています。代表的な実例では小惑星探査機「はやぶさ」に搭載されたイオンエンジンです。

近年、宇宙空間で発生できる電力が大きくなってきたため、図1に示すように様々な人工衛星・探査機にプラズマ推進機が使われるようになりました。首都大学東京ではこれらの用途に適用できるよう、JAXAや国内企業と協力して図2に示すようなホールスラストと呼ばれるプラズマ推進機の研究を実施しています。

図3に示すようにホールスラストは、推進剤を電場と磁場の相互作用によりプラズマ化し、電場によって推進剤イオンを高速排気することにより、推進力を得る装置です。宇宙の過酷な環境（高真空、高放射線、高頻度熱サイクルなど）でホールスラストは作動します。また、直径30cm程度の領域に4~6 kWの電力を投入するため、非常に高温になり、イオンによるスパッタ損耗を受けます。このため、表1に列挙したような要求が存在し、性能改善に加え、寿命（1万時間以上）の観点から研究を行っています。

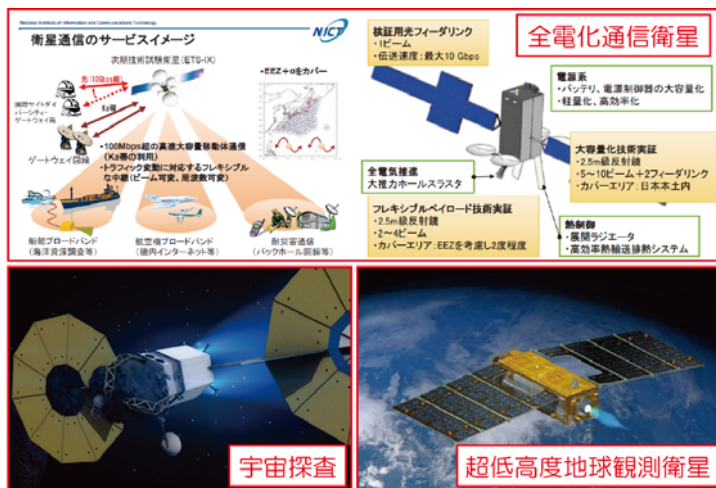


図1 宇宙用プラズマ推進機の活躍の場¹⁻⁴⁾

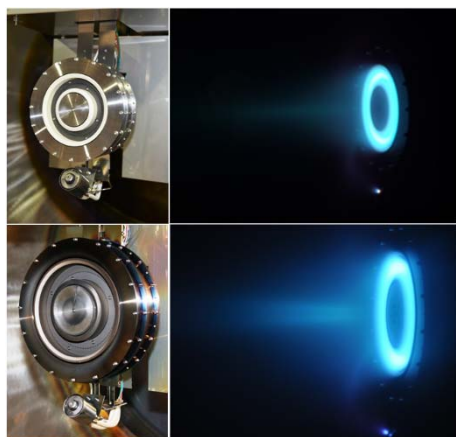


図2 JAXA, 国内企業と研究中のホールスラストの外観と作動の様子⁵⁾

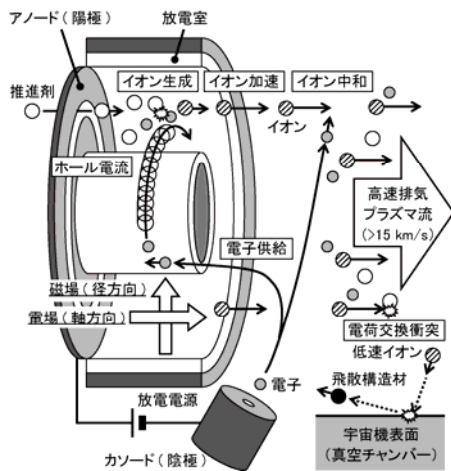


図3 ホールスラストの作動原理

表1 ホールスラストの構成要素と要求

構成要素	材料	要求
放電室	・窒化ホウ素 ・アルミナ	➢ 適切な2次電子放出特性を持ったセラミックス ➢ 1000℃を超える環境下でも良好なシール特性を持つ機構
陽極	・黒鉛 ・モリブデン	➢ 耐スパッタリング材料 ➢ 1000℃以上での低熱膨張率材
陰極	・LaB ₆ ・BaO-W ・タンタル ・黒鉛 ・モリブデン ・窒化ポロン	➢ 低仕事関数の熱電子放出源 ➢ 数千回の熱サイクルに耐える高耐熱の導体およびセラミックス ➢ 高耐スパッタリング材料 ➢ 1000℃を超える環境下でも良好なシール特性を持つ機構
磁気回路	・純鉄 ・コイル線	➢ 高透磁率、快削性の磁性体材料 ➢ 400℃を超える耐熱コイル線
推進剤	・キセノン ・ヨウ素	➢ 宇宙環境下で良好な貯蔵性 ➢ 軽量の推進剤タンク ➢ 要求される推進特性に適合する適切な分子量

【図の引用元文献】

- 1) 豊嶋守生, “次期技術試験衛星の将来展望に関するワークショップ2016 開催趣旨説明,”次期技術試験衛星の将来展望に関するワークショップ2016 講演資料, 2016.
- 2) 鳩岡恭志, 佐野伊彦, 工藤伸夫, 久本泰慶, 戸田謙一, “次期技術試験衛星によるオール電化衛星の開発,” 第60回宇宙科学技術連合講演会講演集, JSASS-2016-4131, 2016.
- 3) 佐々木雅範, “超低高度衛星技術試験機 (SLATS) の開発状況,”第60回宇宙科学技術連合講演会講演集, JSASS-2016-4619, 2016.
- 4) R. Hofer, J. Polk, M. Sekerak, I. Mikellides, H. Kamhawi, T. Verhey, D. Herman, G. Williams, “The 12.5 kW Hall Effect Rocket with Magnetic Shielding (HERMeS) for the Asteroid Redirect Robotic Mission,” 52nd AIAA/SAE/ASEE Joint Propulsion Conference, AIAA 2016-4825, 2016.
- 5) I. Funaki, S. Iihara, S. Cho, K. Kubota, H. Watanabe, K. Fuchigami, Y. Tashiro, “Laboratory Testing of Hall Thrusters for All-electric Propulsion Satellite and Deep Space Explorers,” 52nd AIAA/SAE/ASEE Joint Propulsion Conference, AIAA 2016-4942, 2016.

ここがポイント！

- ✓ 宇宙！！
- ✓ 真空, プラズマ, 高耐熱材料, セラミックス
- ✓ 地上プラズマプロセス機器と相似した技術

想定される用途

- 人工衛星・探査機の推進装置
- イオンビームエッチング装置
- スパッタ蒸着装置

