

Title	円形断面放電室をもつホール型推進機に関する研究
Author(s)	白崎, 篤司
Citation	大阪大学, 2006, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/46761
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について 〈/a〉 をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名	白崎篤司
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 20413 号
学位授与年月日	平成 18 年 3 月 24 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当 基礎工学研究科機能創成専攻
学位論文名	円形断面放電室をもつホール型推進機に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 川野 聡恭 (副査) 教授 辻本 良信 教授 杉本 信正 助教授 田原 弘一

論文内容の要旨

本研究の目的は小型・低電力かつ高性能のホール型推進機を開発することである。SPT (Stationary Plasma Thruster) と呼ばれる推進機を小型・低電力する試みは各所で行われてきたが 200 W 以下の電力レベルでは推進効率が極端に低下することが明らかになっている。そこで SPT と異なるタイプの円形断面放電室をもつホール型推進機を試作し、作動実験を行った。

円形断面放電室をもつホール型推進機の磁場分布による推進性能の変化を調べた。その結果、下流領域において中心軸から半径方向に離れるに従って半径方向磁束密度が単調に増加するような磁場分布を形成することが陽極へ流れ込む電子電流の抑制に有効であり推進効率の向上につながることがわかった。次に陽極の位置を変化させることによって円環状断面部の長さを変えて推進性能の変化を調べた。その結果、円環状断面部の長さを 0 mm とした場合、すなわち円環状断面部をもたない場合により高い推進効率が得られることがわかった。

円形断面放電室をもつホール型推進機における電離・加速領域を把握するためダブルプローブを用いて放電室内の電子温度、電子数密度分布、プラズマ電位の測定を行った。その結果、陽極近傍において大きな電子温度及びプラズマ電位勾配が観測され、この領域で推進剤の電離とイオンの加速が行われていることが推察された。またこの領域には大きな半径方向磁束密度が存在していることから、電離・加速領域は半径方向磁束密度のピークが存在している箇所形成されると予想された。

プラズマ診断から電離・加速領域は半径方向磁束密度のピークが存在している箇所に形成されると予想された。そこでリング状磁石を用いて下流側に半径方向磁場のピークを形成することによって電離・加速領域を下流側に形成し、壁面へのイオン損失の低減を試みた。その結果、半径方向磁場のピーク位置によって推進性能が変化し、推進性能の面で最適なピーク位置があることが明らかになった。リング状磁石を用いたホール型推進機は 35-130 W の電力域で 18-39% の推進効率が得られ、他の研究機関のホール型推進機と比べて高い推進効率が得られた。

論文審査の結果の要旨

人工衛星用電気推進機の 1 つであるホール型推進機は他の電気推進機と比べて比推力、推進効率が高く、更に推力

密度が高いためコンパクトかつ高性能の推進機として小型衛星への使用が期待されている。このような背景から、ホール型推進機を小型・低電力する試みは各所で行われてきた。しかし、200 W 以下の電力レベルでは推進効率が極端に低下すること（40-140 W の電力範囲での推進効率は 5-31%）が問題視されている。本論文は、新しいタイプの円形断面放電室をもつホール型推進機のプラズマ計測を通して推進剤の電離・加速過程を明らかにし、低電力域においても高い性能を発揮できる推進機の開発を目的としたものである。

第 1 章では問題全体の概観を行い、解決すべき課題とそれに対する解決策を提示している。第 2 章では推進機内部の物理現象について触れている。第 3 章では実験装置システムについて概説している。

第 4 章では円形断面放電室をもつホール型推進機の磁場分布による推進性能の変化が調べられた。その結果、下流（放電室出口もしくは陰極側を下流、陽極側を上流側とする）領域において中心軸から半径方向に離れるに従って半径方向磁束密度が単調に増加するような磁場分布を形成することが推進効率の向上につながることを明らかにしている。次に陽極の位置を変化させることによって円環状断面部の有無による推進性能の変化を調べている。その結果、円環状断面部をもたない場合により高い推進効率を得られることを述べている。

第 5 章では推進性能に大きな影響を及ぼす放電室内の電離・加速領域を把握することを目的とし、静電ダブルプローブを用いて放電室内の電子温度、電子数密度分布、プラズマ電位の測定を行っている。その結果、陽極近傍において大きな電子温度及びプラズマ電位勾配が観測され、この領域で推進剤の電離とイオンの加速が行われていることを推察している。またこの領域には大きな半径方向磁束密度が存在していることから、電離・加速領域は半径方向磁束密度のピークが存在している箇所形成されると推測している。

第 6 章ではリング状永久磁石を用いて下流側に半径方向磁場のピークを形成することによって電離・加速領域を下流側に形成し、壁面へのイオン損失の低減を試みている。その結果、半径方向磁場のピーク位置によって推進性能が変化し、推進性能の面で最適なピーク位置があることを明らかにしている。リング状磁石を用いた小型ホール型推進機では 35-130 W の電力域で 18-39% の推進効率を得られ、世界各国の研究機関のホール型推進機と比べても高い推進効率を得られている。

第 7 章では円形断面放電室をもつホール型推進機の放電電流振動の作動条件による変化を調べている。その結果、放電電圧の増加もしくは推進剤流量の減少と共に振動の強度は増加している。理論解析から、放電電流振動の主な原因は電離領域における中性粒子の供給速度とイオンの噴出速度の差と中性粒子・イオン数密度の勾配であることを推定している。

以上のように、本論文は低電力の円形断面放電室をもつホール型推進機における電離・加速過程を明らかにし、更にリング状磁石を用いることによって小型で高性能な推進機の開発に成功した。これは今後の小型衛星ミッションの発展に貢献すること大であると判断できる。よって、本論文は博士（工学）の学位論文としての価値が認められる。