

## 論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第 12054 号
------	---------------

氏 名 市原 大輔

### 論 文 題 目

High Impedance Ion Acceleration using Applied Diverging  
Magnetic Fields  
(発散磁場印加による高インピーダンスイオン加速)

### 論文審査担当者

主査	名古屋大学	教授	佐宗 章弘
委員	名古屋大学	教授	笠原 次郎
委員	名古屋大学	講師	岩川 輝
委員	名古屋大学	教授	大野 哲靖

## 論文審査の結果の要旨

市原大輔君提出の論文「High Impedance Ion Acceleration using Applied Diverging Magnetic Fields(発散磁場印加による高インピーダンスイオン加速)」は、推進剤の電離とプラズマの加速とを同一の発散磁場下で行う新しい方式の電気推進機について、イオン生成・加速に関する物理現象ならびに推進性能向上法を明らかにしている。各章の概要は以下の通りである。

第1章では、1kW級電気推進機の開発の重要性を述べ、小電流・高電圧の高インピーダンス作動による推進性能向上の見通しと、推進機の損耗の付随する問題に関して、これまでの研究動向及び課題をまとめている。特に発散磁場によるプラズマ閉じ込め技術を活用した推進機の損耗低減手法に注目し、これと高インピーダンス化を組み合わせることによる、推進性能向上と損耗低減との両立を研究目的として述べている。

第2章では、本研究で用いる実験装置及び計測手法を示している。真空排気・推力測定系に加え、排気ブルーム中のプラズマ諸量計測用プローブ、データ処理・誤差評価方法を述べ、物理現象の解明と推力性能の定量評価に必要な実験診断法をまとめている。

第3章では、発散磁場中での高インピーダンス放電維持方法について述べている。熱電子放出型ホローカソードから供給される熱電子が小電流放電維持に大きく寄与し、従来不可能であった10A程度の直流放電維持を達成している。このとき従来比 $1/10 \sim 1/100$ の投入電力及び推進剤流量によっても、逆起電力に対して線形に増加する放電電圧特性、すなわちプラズマの電磁加速特性が得られた。一方で、陽極シース並びに散逸効果による電力消費が、推進性能を制限する要因であることも指摘している。

第4章では、陽極シース及び散逸効果による電力消費を解消すべく、高周波プラズマ源にて予備電離した推進剤の発散磁場中における静電加速に取り組んでいる。プラズマ源への電力投入により、陽極電位から下流の空間電位にむかう電位降下が発散磁場終端付近に形成され、発散磁場内に閉じ込められたイオンの静電加速に成功している。測定したイオン電流量並びに運動エネルギーに基づく推進性能評価から、プラズマ源への投入電力と静電加速電力の間には推力効率を最大化する最適電力比が存在することが明らかとなった。プラズマ源への過剰な電力投入は推進剤の2価電離に消費され、推進性能低下を招くことがわかった。そして、推力効率の最大化には、加速電力と同程度の電力をプラズマ源に供給する必要があることが示された。

第5章では、発散磁場中にて直流放電のみにより推進剤を電離・静電加速する新しい試みがなされた。実効陰極面積の拡大とリング型陽極の内面に沿う推進剤供給により、陽極近傍での電離を促進し、有効加速電圧が高く得られる方法を開発している。さらに陽極近傍の磁場強度を増加することによって、推進剤の電離がさらに促進され、陽極近傍に局所的な高電子数密度領域が形成された。このとき発散磁場中には放電室壁面から遠ざかる向きに電界が形成され、発散角を抑制しつつ供給推進剤流量分のイオンを静電加速しイオンビームとして引き出すことに成功している。イオンビーム電流・エネルギーから評価した推力性能は現有の電気推進機と同程度のものであり、高インピーダンスイオン加速による推進性能向上と壁面損耗低減との両立に関して重要な知見を得ている。

第6章では、本研究の結論を与えている。

以上のように本論文では、発散磁場中での高インピーダンス静電加速により良好な推力性能を実現し、内部診断によって明らかにされた物理機構の裏付けのもと、高性能かつ低損耗な電気推進機の実現の見通しを得ている。これらの結果は、宇宙工学、特に電気推進機を活用した高ペイロード比宇宙機ミッションへの応用に重要であり、工学の発展に寄与するところが大きいと判断できる。よって、本論文の提出者である市原大輔君は博士(工学)の学位を受けるに十分な資格があると判断した。