

## シンポジウムの趣旨説明

東北大院・工 犬竹正明

## Symposium on Status of a Space Electric Propulsion and Physics Issues

## - Introduction -

*Department of Electrical Engineering, Tohoku University*

Masaaki INUTAKE

## 1. はじめに

1952 年米国の天体物理学者で核融合閉じ込め装置ステラレータの提案者でもある L. Spitzer, Jr はイオンエンジンに関する論文を発表している。1953 年ドイツの E. Senger は光子ロケットについて、1964 年米国の E. Stuhlinger はイオンエンジンの単行本[1]を、また 1968 年 R.G. Jahn は電磁加速スラスタなど電気推進の物理の単行本[2]を刊行している。旧ソ連では、トカマク型核融合装置の開発者として有名な L.A. Artsimovich が、核融合と電気推進を 2 大プラズマ応用と捉えクルチャトフ研究所を中心に精力的な研究を推進した。A.I. Morozov は 40 年以上にわたり体系的な電気推進の理論・実験研究[3]を主導し、ホールスラスタの実用化にこぎつけた。現在、欧米に輸出する宇宙産業に成長している。

本シンポジウムは、最近の電気推進機開発研究の現状[4,5]を紹介するとともに、物理的・技術的課題を浮き彫りにし、将来の学問的・技術開発の展開を図るためである。

## 2. 電気推進機：新時代の幕開け

イオンエンジンは 1960 年代から人工衛星の姿勢制御などに利用されている。しかし、宇宙探査機の主エンジンとしての採用は 98 年米国のイオンエンジン“Deep Space-1”からである。03 年 5 月 7 日に日本の小惑星探査機“はやぶさ”が打ち上げられた。世界初のマイクロ波イオンエンジンを搭載しており、小惑星のサンプルを採取して持ち帰る往復 4 年の長期間飛行を目指している。9 月 23 日には欧州初の電気推進機（ホールスラスタ）を搭載した月探査衛星“SMART-1”が打ち上げられ、16 ヶ月後に月の周回軌道に投入されようとしている。二次的補助エンジンとしてでなく、一次的主エンジンとして使われ始めた電気推進機にとって、新時代の幕開けといえるであろう。

電気推進の意義は、高比推力によるペイロード比の増大および低燃料消費率による環境保全ともいえる。大型航空機のジェット燃料と共に化学ロケットの固体推進剤も地球上層大気環境に対する悪影響が問題になってきており、環境負荷の小さい“グリーン”推進剤の研究が盛んになっている。地上近傍のみならず宇宙の希薄大気の汚染が大きな問題となる。宇宙環境負荷が低い燃料が利用できると

共に、燃料消費量が格段に少ない電気推進の技術開発が今後益々重要となる。10年前のNASAの言った“安く、速く、上手に”から“安く、軽く、きれいに”へと変わりつつある。

### 3. 各シンポジウム講演の位置付け

- (i) 荒川氏には、まず「さまざまな宇宙ミッションと最適な電気推進機」について、全般的で導入的な講演をしていただく。
- (ii) 國中氏には、現在、小惑星(ITOKAWA)のサンプルリターンを目指して航行中の「はやぶさ」の新型イオンエンジンの飛行状況と開発経緯についてご紹介いただく。なぜイオンエンジンが採用されたのか？なぜイオンエンジンの推進剤が少なく済むのか？
- (iii) 田原氏には、実用段階にある「月周回衛星、軌道遷移や軌道保持に適したホールスラスト」について、実験および数値シミュレーション研究をご紹介いただく。グローバルな音声通信時代には低軌道の数多くの通信衛星群が必要となる。その軌道保持用の電気推進エンジンは衛星の寿命をのばし経済コストを大幅に引き下げる可能性がある。
- (iv) 安藤氏には、「宇宙デブリ除去、地球直撃小惑星の軌道変更および有人火星探査等に開発が必要とされる大出力プラズマエンジン」についてご紹介いただく。宇宙環境問題に宇宙ゴミ(デブリ)がある。軍事・偵察・気象・資源・通信・科学観測など7,000個以上の衛星が打ち上げられ、稼働中のものは500個程度と見積もられている。衛星の破片を含めた宇宙デブリ回収用の電気推進船が必要な時代になりつつある。
- (v) 佐宗氏には、将来の「地上打上げコストの低減と大気環境保全の観点から魅力あるレーザー推進」について、最近成功したデモンストレーション実験を中心にご紹介いただく。レーザー推進は、低高度での空気をプラズマ化して噴出させるので重い推進剤を抱えていかずにすみ、また、エネルギー源であるレーザーは地上あるいは宇宙基地に据えつけられるので、打ち上げロケットの重量を大幅に軽減できる。
- (vi) 船木氏には、さらに「将来の深宇宙探査に向けた高比推力、高ペイロード比の斬新なプラズマ磁気セイルの可能性」について、物理的な検討結果を紹介していただく。

[1] E. Stuhlinger, *Ion Propulsion for Space Flight*, McGraw-Hill (1964).

[2] R.G. Jahn, *Physics of Electric Propulsion*, McGraw-Hill (1968).

[3] A.I. Morosov et al., *Rev. of Plasma Physics*, Vol.8 (1980) and Vol.21 (2000).

[4] 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年).

[5] プラズマ・核融合学会編、プラズマの生成と診断、コロナ社 (2004年).