

P-165

ソーラー電力セイル用高比推力 イオンエンジン

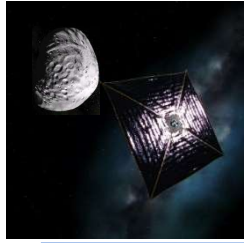
西山和孝、細田聡史、月崎竜童、國中均

JAXA宇宙科学研究所

概要

世界最高の比推力7000秒、単体推力25 mNを目標性能とした長寿命高比推力イオンエンジン μ 10Hlsp複数台からなる電気推進システムをソーラー電力セイル向けに開発中である。

今年度は探査機システムへの搭載性検討のほか、DCブロック軽量化検討、高圧電源用トランス検討、サブシステム開発計画検討、中和器耐久試験(29000時間経過で継続中)を実施している。

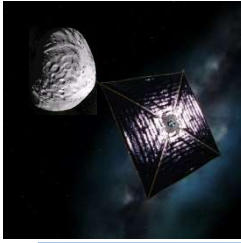


概要

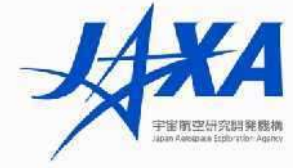


世界最高の比推力7000秒、単体推力25 mNを目標性能とした長寿命高比推力イオンエンジン μ 10HISP複数台からなる電気推進システムをソーラー電力セイル向けに開発中である。今年度は以下の活動を行っている。

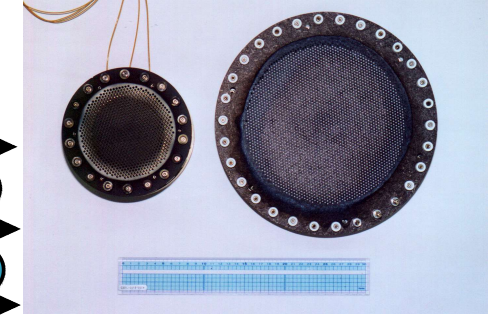
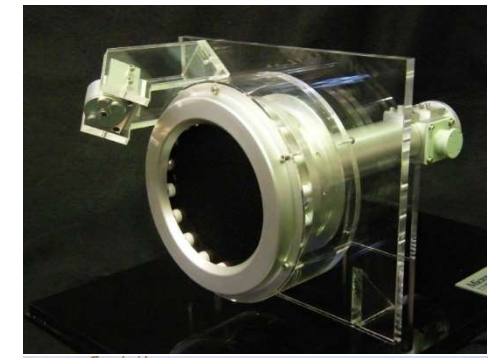
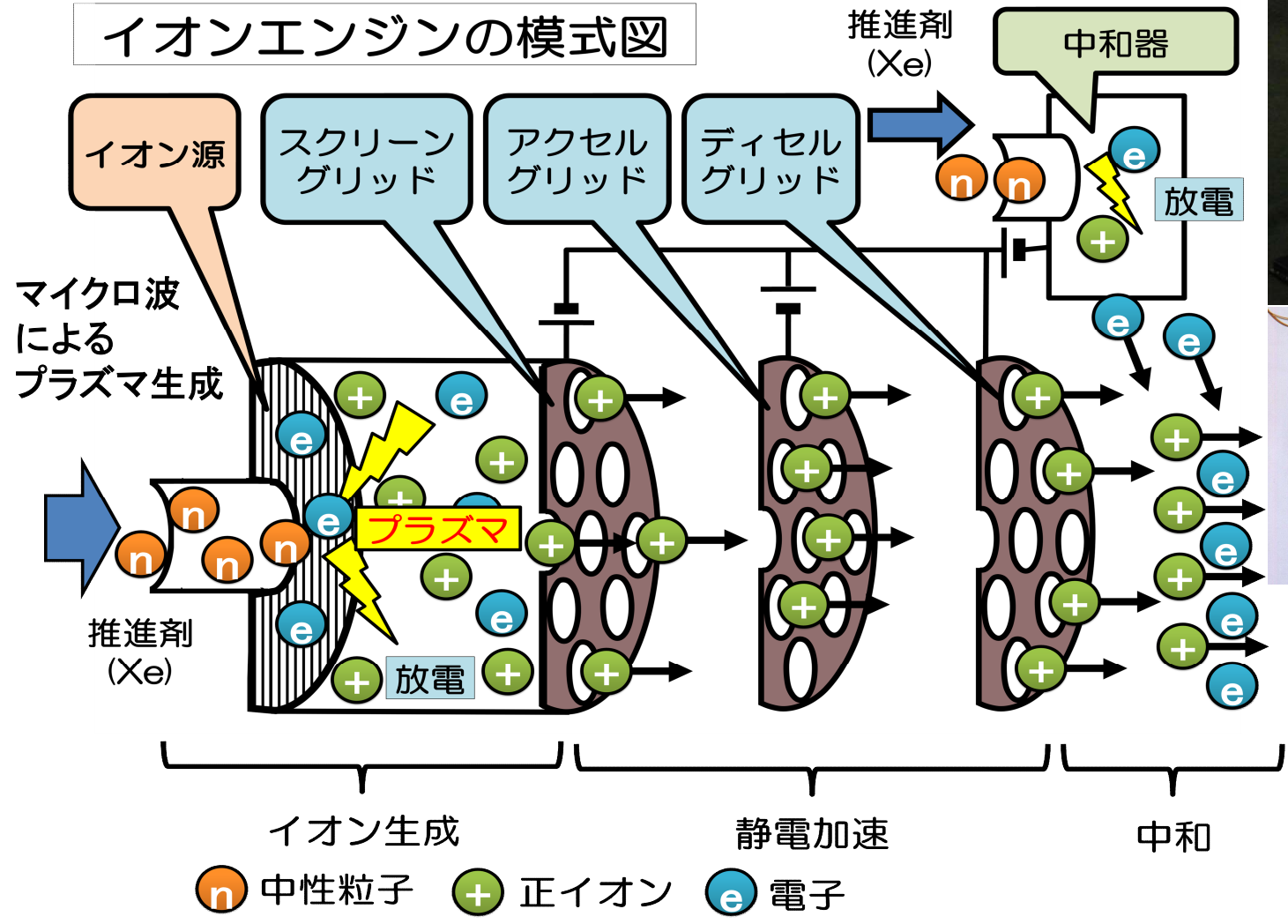
- 探査機システムへのサブシステム搭載性検討
- DCブロック軽量化検討
ハーフハイト導波管の採用案
導波管フランジを撤廃する軽量化案
これらを取り入れたRF解析実施済み
- 高圧電源用トランスの部品メーカーとの検討実施中
- サブシステム開発計画検討実施中
- 中和器耐久試験を29000時間経過してなお継続中
- イオン源の大電流化(目標200mA)
放電室への浮動電極新設、磁場改良、放電電力増加などの種々の方策を模索中



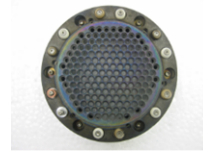
マイクロ波放電型イオンエンジンの原理



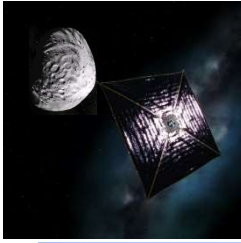
イオンエンジンの模式図



$\mu 10$ $\mu 20$



$\mu 10Hlsp$



高比推カイオンエンジン系の開発状況



はやぶさ2から技術変更度の高い要素の基本的な試作・評価は完了しているが、サブシステムとしての概念検討を実施中。

流量制御系

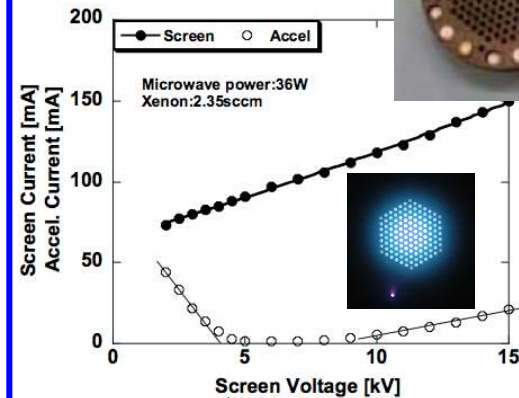
はやぶさ2の設計を踏襲可能

絶縁系 (RF、ガス、IESプレート)

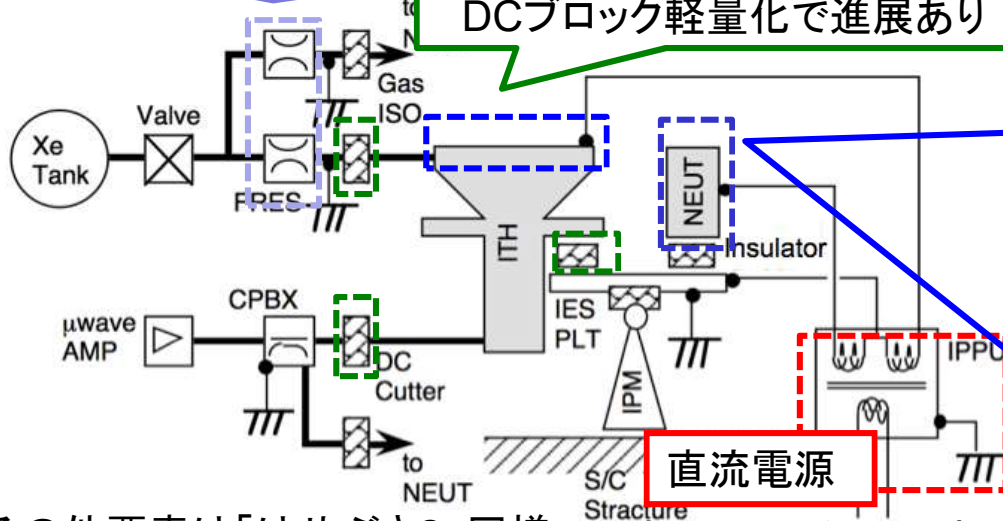


各機能検証モデルで検証済み
FMに向けた小型軽量化が課題
DCブロック軽量化で進展あり

加速電極、中和器



実験室モデルにより性能取得。はやぶさ2での大電流化設計を発展させて**200mAの大電流化を目指す**。中和器は「はやぶさ2」IES開発にて、耐久性向上を狙った改良を実施(磁場の変更)。連続運転&熱サイクル印加で耐久試験を継続中(29000h経過)

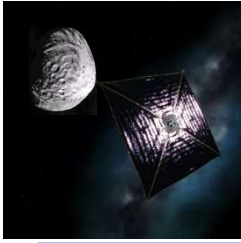


直流電源

※その他要素は「はやぶさ2」同様

部分BBMを開発済み

(FMに向けた高圧部詳細検討と全体熱設計、質量見積もりが未了)



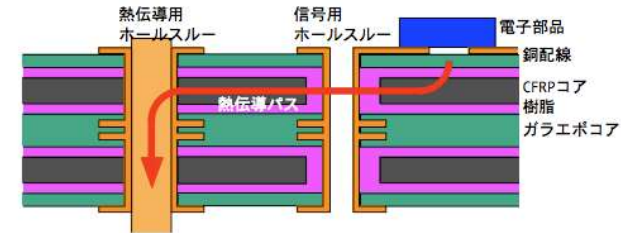
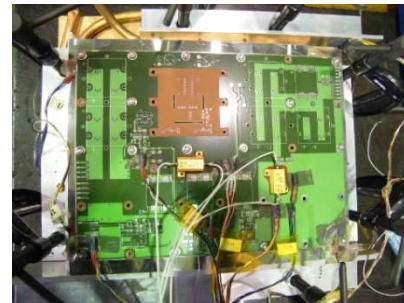
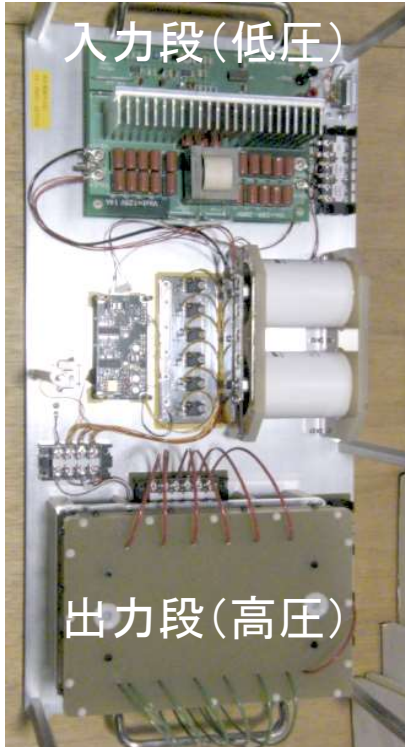
高圧電源IPPUの技術課題



現在までにEM相当の部品を使用した7.5kV級電源の試作を行い、入力電圧によっては効率90%以上の作動を達成している。

- ・プリレギュレーター高廃熱化: CFRPフィラー入り高排熱電子基板の導入 (宇宙用初。従来基板の10倍の熱伝導)
- ・高効率&ロバスト化: フルブリッジ回路による共鳴作動方式の採用
- ・整流部の高耐圧化: 整流用ダイオード用高耐圧基板とポッティングの長時間耐圧評価 (15kV, 2000h)

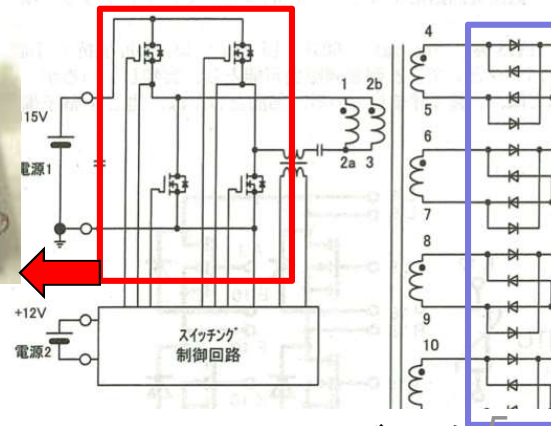
今後は、高圧コンバータのフルブリッジ回路を最適化し、電気推進の実負荷作動にたいして高いロバスト性があることを実証し、すべての技術課題(実負荷に対する高圧コンバータのロバスト化、プリレギュレータの排熱設計)をクリアし、FMの回路設計および構造設計を固める必要がある。IPPUの質量・寸法への影響大のトランスについてメーカー検討中である。



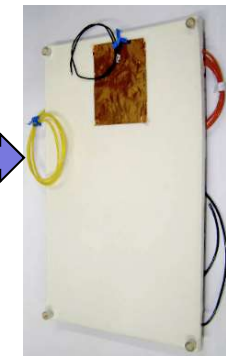
高熱伝導基板 (120W/m/Kの熱伝導率)



フルブリッジ型
スイッチング回路

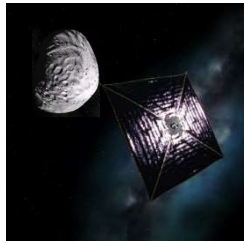


スイッチング回路



高耐圧基板

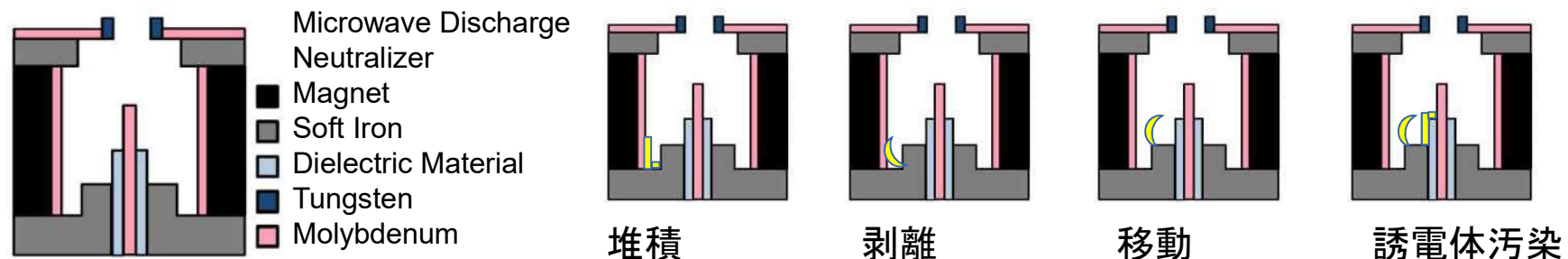
試作した高電圧・大電力電源BBM

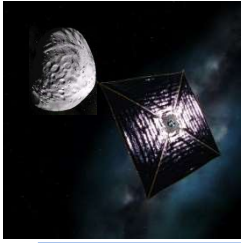


はやぶさイオンエンジン中和器の不具合と はやぶさ2、ソーラー電力セイルでの対策

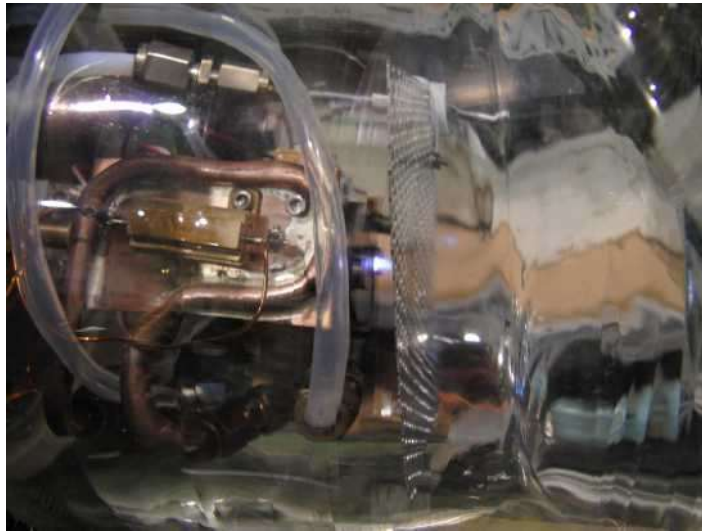


- ・中和器B, C, D不具合
中和器Bが約1万時間、中和器Cが約1万2千時間、中和器Dが約1万5千時間で電圧上昇して使用不能あるいは推力制限状態となった。
- ・推定原因: 2万時間の地上耐久試験では実際の使用環境を想定した温度変化が模擬されていなかった。耐久試験で見られた1万8千時間以降の電圧上昇傾向は、スパッタ堆積被膜の剥離をきっかけとしたアンテナ誘電体端面の金属コートによる劣化が原因とみられ、宇宙ではこの現象がおきるまでの時間にばらつきがあったと推定。
- ・対策: 磁場を強化することで動作電圧を低減し、スパッタリングによる各部品の質量変化率をおよそ半減させた。中和器単体の耐久試験では、軌道上同様に毎週1回オフして冷却することで、温度サイクルを印加するようにした。

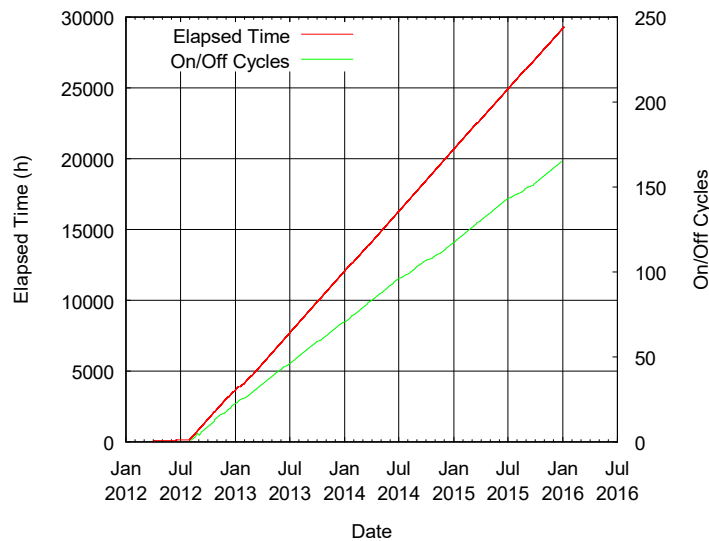




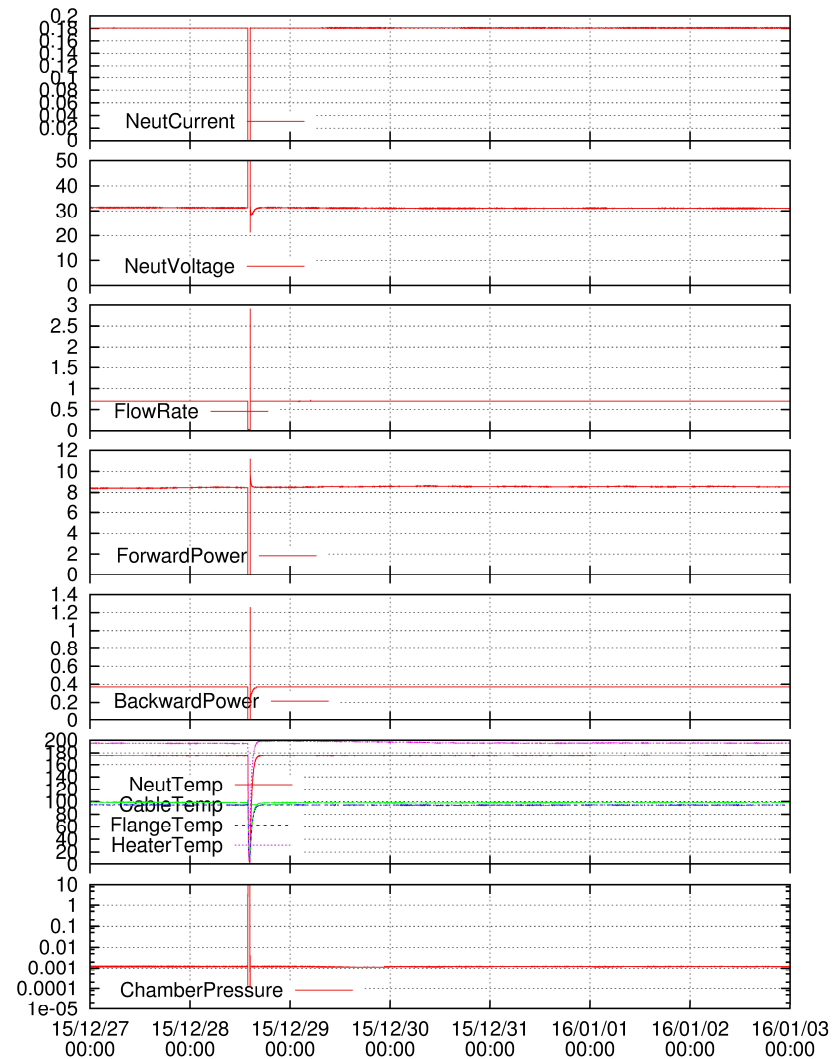
マイクロ波放電型中和器耐久試験 経過時間履歴と毎週のオンオフサイクル

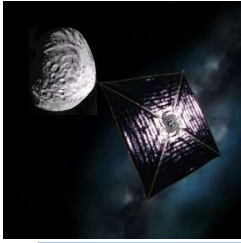


累積作動時間の履歴(2015年末現在29000h経過)



一週間単位のグラフ(日~土)





中和器電流電圧特性の履歴

29000時間経過後の変化は許容範囲内

