

P2-149 ソーラー電力セル用 高比推力イオンエンジンの研究開発

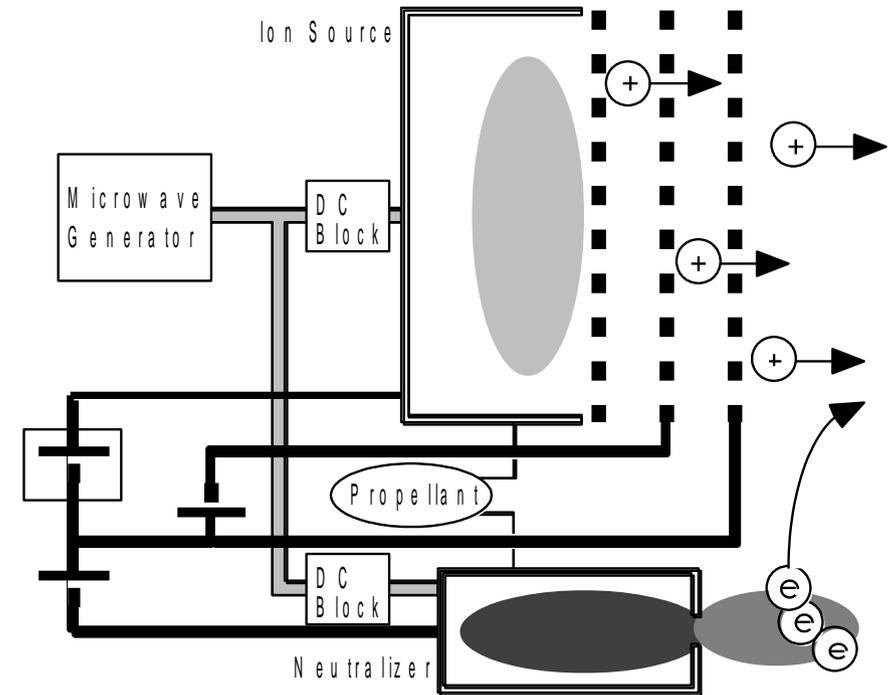
西山和孝、細田聡史、月崎竜童、國中均(JAXA)

概要

- マイクロ波イオンエンジン μ シリーズの特徴と展開
- 研究開発
 - 高圧電源
 - 微小流量制御器
 - 中和器耐久性向上

マイクロ波放電型イオンエンジン μ(ミュー)シリーズの特徴

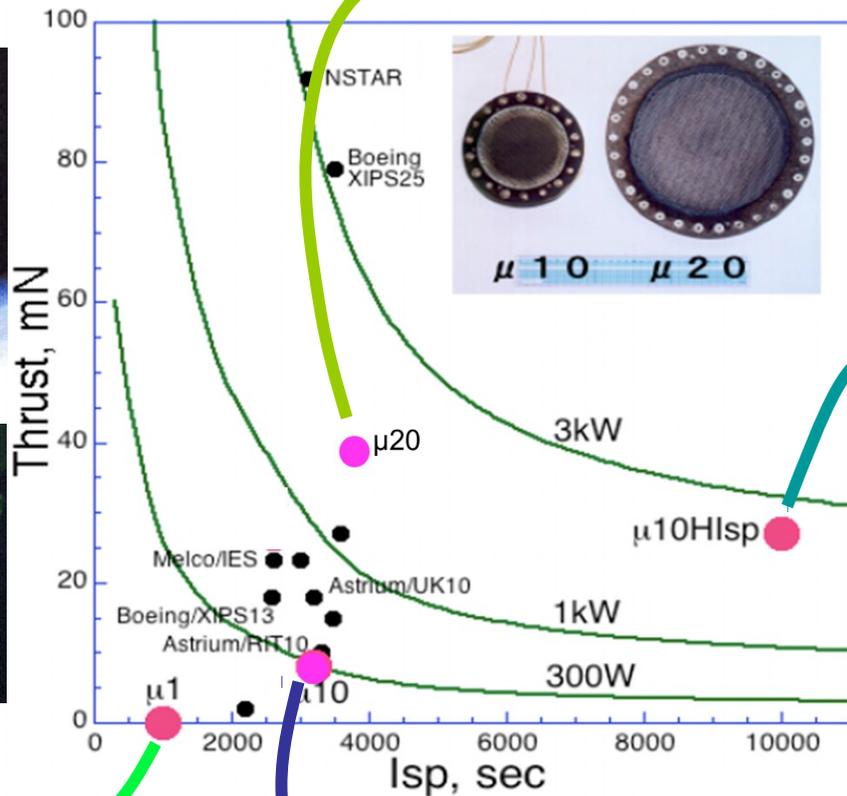
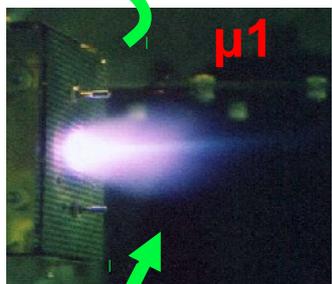
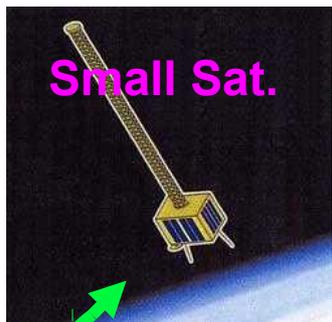
- キセノンを用いた高比推力電気推進
- 深宇宙探査を主たるターゲットとし、静止衛星向けのものに比べ、より長寿命であることを優先課題として研究開発
- 独自のプラズマ生成方式により放電室を長寿命化
- プラズマ生成用電源として衛星搭載用のC帯進行波管増幅器を流用。実績多数の10万時間の長寿命・高信頼電源を開発要素なしで利用可能。
- 世界初のカーボン・カーボン複合材製のグリッド採用(ビーム光学系)による長寿命化を実現。μ10の地上試験では2万時間、μ20では1万時間まで動作確認。
- 他方式イオンエンジンの半分以下のビーム電流密度。推力のわりに大口径になる反面、原理的には3万時間以上の長寿命と大きなトータルインパルスが期待できる。



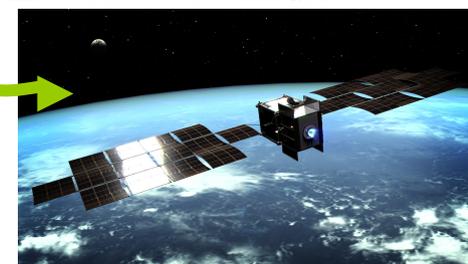
「はやぶさ」10cmイオンエンジン
μ10 (ミュー・テン)

μシリーズの展開

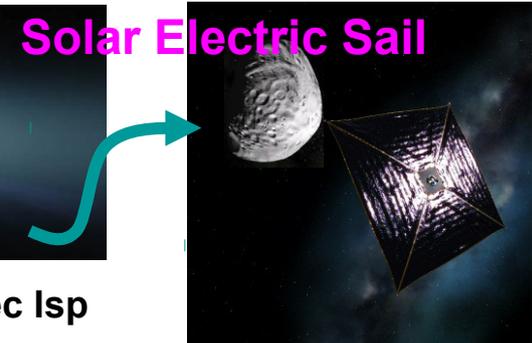
大型化・小型化・高比推力化・商用化



Achieve 30mN thrust in 2005



Achieve 10,000sec Isp in 2005



小型静止衛星や深宇宙探査機などの海外市場への展開



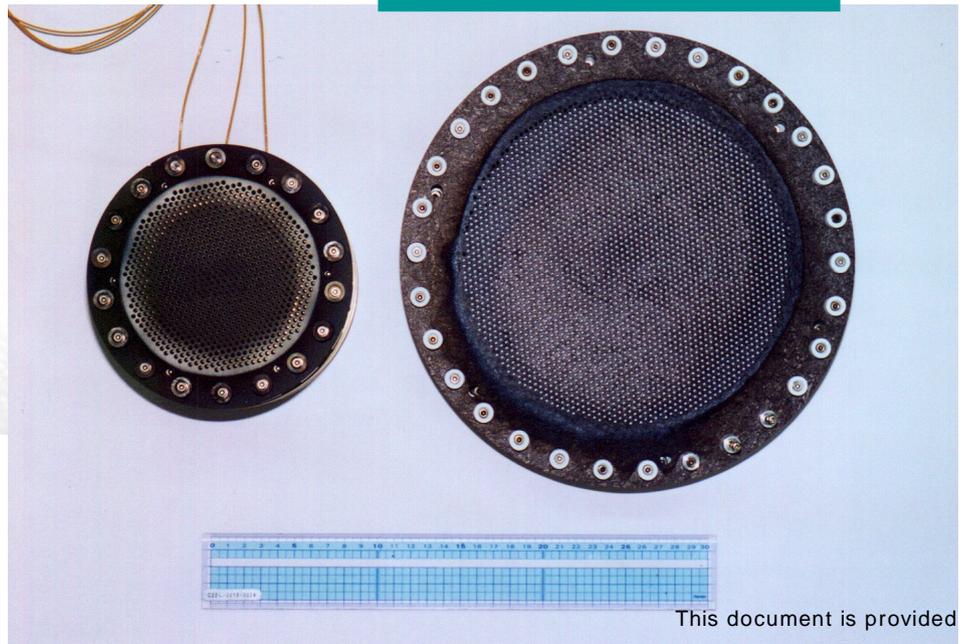
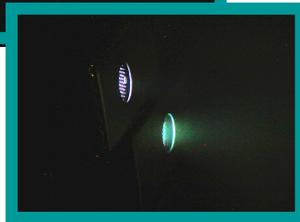
Achieve 39,637hours space operation in 2010



はやぶさ2

Lineup of Microwave Discharge Ion Engines

	$\mu 1$	$\mu 10$	$\mu 10\text{HIsp}$	$\mu 20$
Isp	1,000sec	3,000sec	10,000sec	3,800sec
Thrust	0.1mN	8mN	27mN	40mN
Power	<10W	350W	2.5kW	1.8kW
Ion gen.	$\mu 1$	$\mu 10$	$\mu 10$	$\mu 20$
Neut.	$\mu 1$	$\mu 10$	$\mu 10$	$\mu 20$



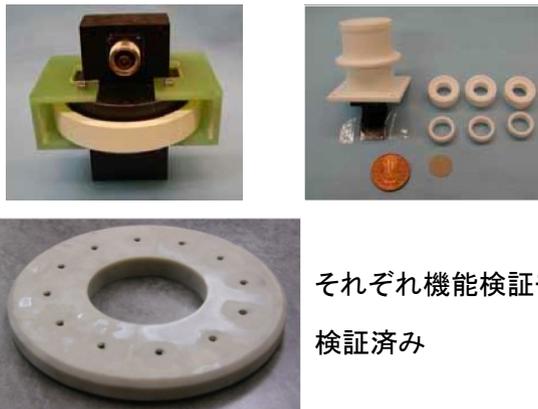
ソーラー電力セイル用イオンエンジンシステムに向けての要素技術開発状況

流量制御器



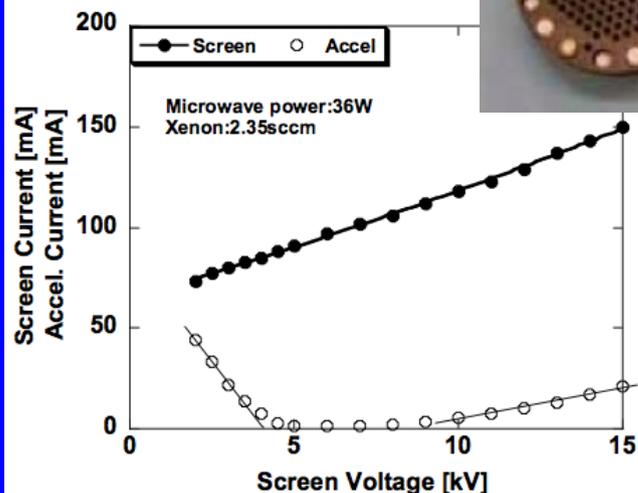
MEMS素子を用いた超軽量デバイスを開発中

絶縁系(RF、ガス、IESプレート)



それぞれ機能検証モデルにより検証済み

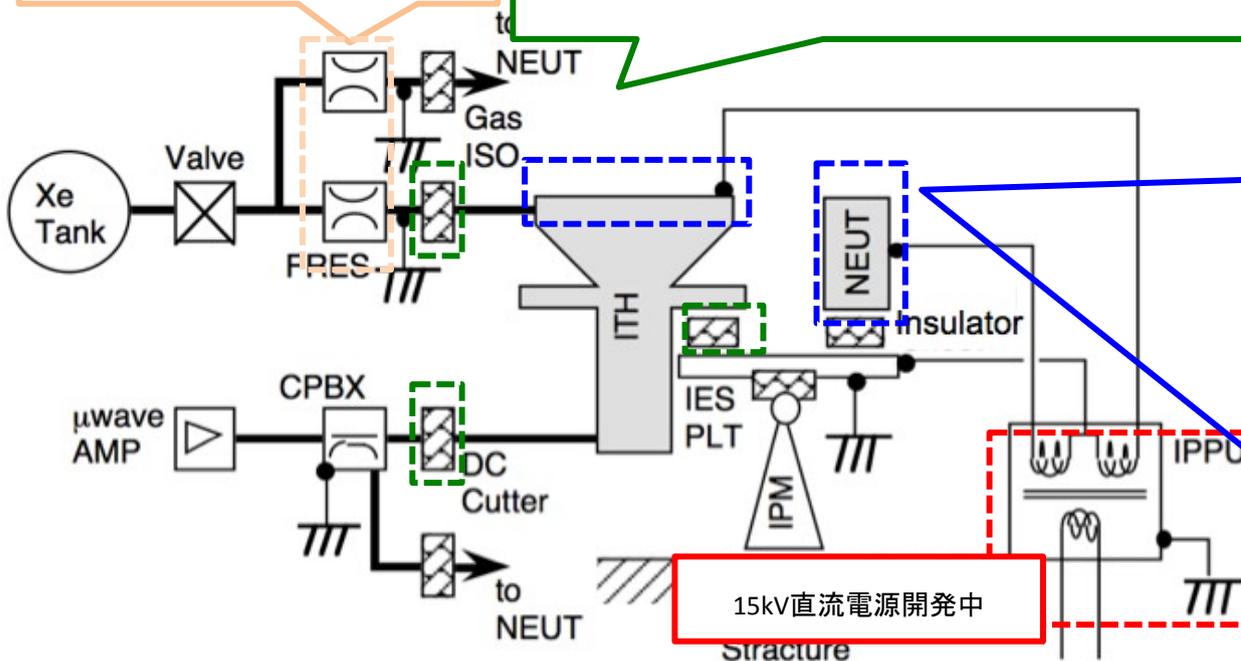
加速電極、中和器



実験室モデルにより性能取得。

耐久性評価のため長時間運転か数値計算による評価を検討。

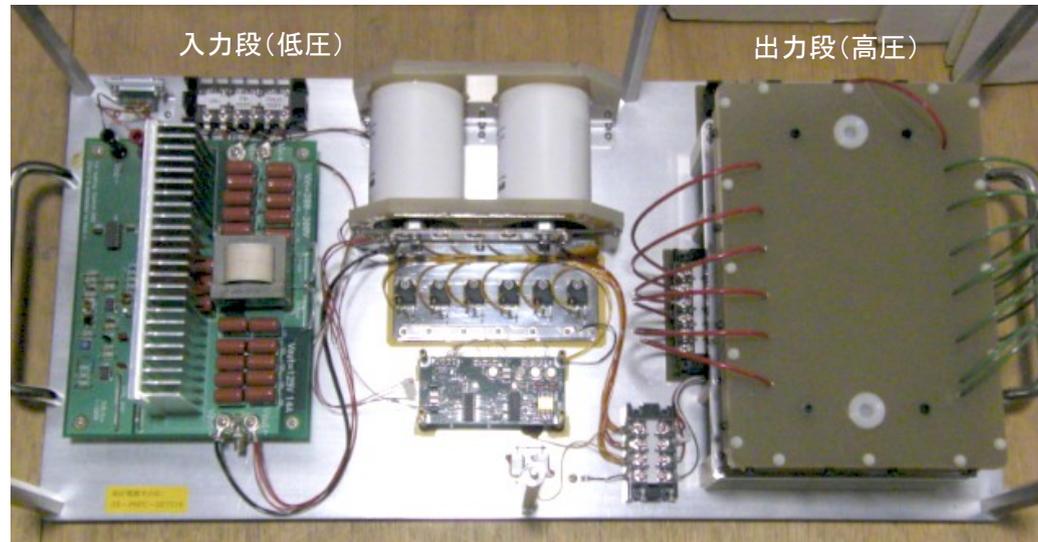
中和器は「はやぶさ2」IES開発にて、耐久性向上を狙った改良を実施。連続運転&熱サイクル印加で耐久性を評価



※その他要素は「はやぶさ」システムに準規

15kV 2kW級高圧直流電源の開発状況

比推力10000秒、推力30mNのイオンエンジン作動のためには、はやぶさ1の10倍の電圧(15kV)の高電圧の発生と2kW級の作動電力を要する。このため、直流電源の新規開発が必要であり、まず7.5kVのスクリーン電源BBMを作成して機能を検証した。

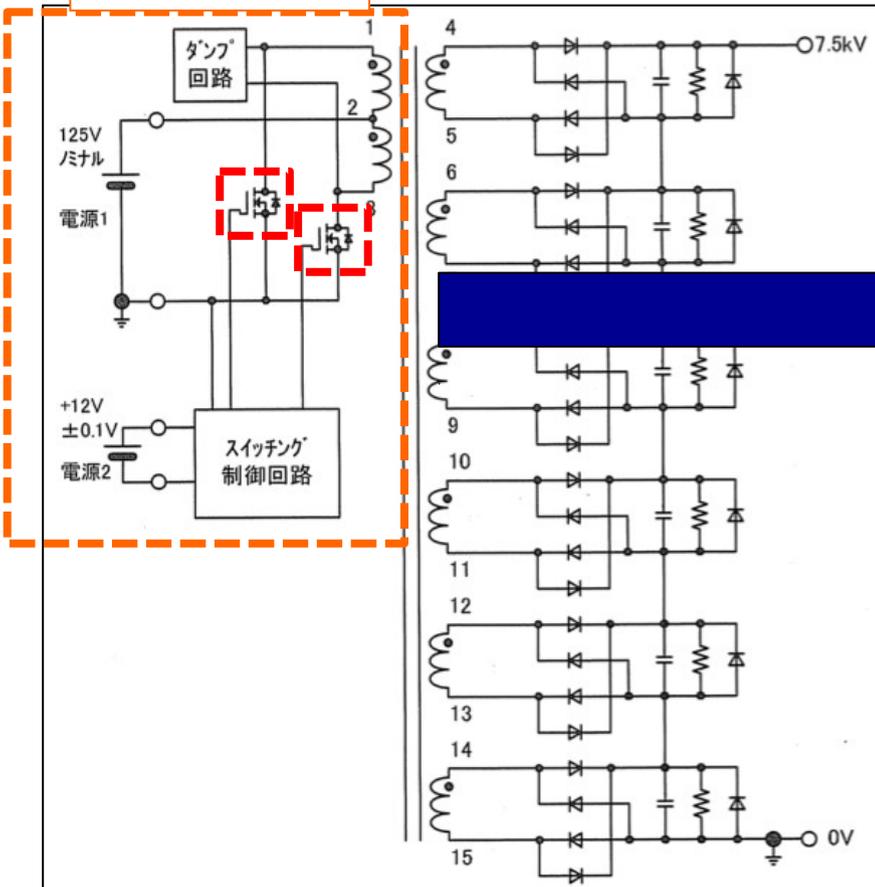


この高電圧・大電力の電源の技術課題としては、以下の2点である。

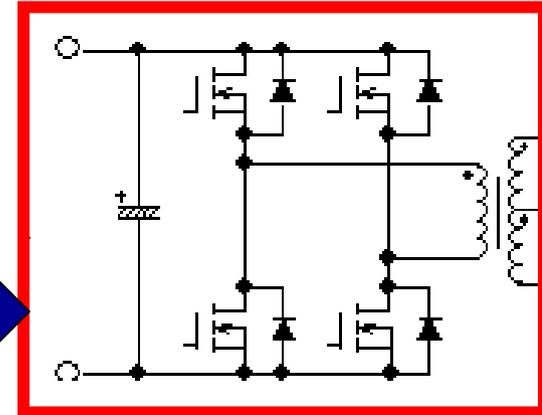
1. 入力段(低圧側)のプリレギュレータの高効率化、高排熱化
(スイッチングの高速化には小型化が必須。その場合排熱密度が増加するので、高排熱化が必須)
→高熱伝導基板などの新規技術の導入を検討
2. 出力段(高圧コンバータ側)の絶縁耐性検証及びコンバータの高効率化・ロバスト化
→スイッチング回路の負荷分散(宇宙用電源では初のフルブリッジ型回路の導入)

高圧コンバータの共振的作動

プッシュプル型回路



フルブリッジ
共鳴型回路



昇圧トランス前段のインバータである高圧コンバータは、これまでの開発により95%を超える効率を出しているが、過去の実負荷試験においてイオンエンジン部での放電によりスイッチングトランジスタが異常となる事象が発生していた。

この対策として、従来のプッシュプル型よりトランジスタの数を増やして大電力化に適したフルブリッジ共振型回路を宇宙用としては初めて採用し、試作回路を作成した。

→負荷を変えての作動に成功した。

今後は回路定数の最適化および実負荷での作動検証を行う。

中和器の耐久性向上のための研究

中和器の劣化機構(仮説)

2価イオンスパッター→

→Fe薄膜→剥離→磁気回路に付着→
モリブデン保護による効果

1)→プラズマ損失増大

2)→コンタミ源→伝送ライン汚染→
→プラズマ生成低下

対策案

1)動作電圧の低減←磁場強化 (*)

2)動作電圧の低減

←ノズルの電氣的浮遊化 (一定の効果を確認)

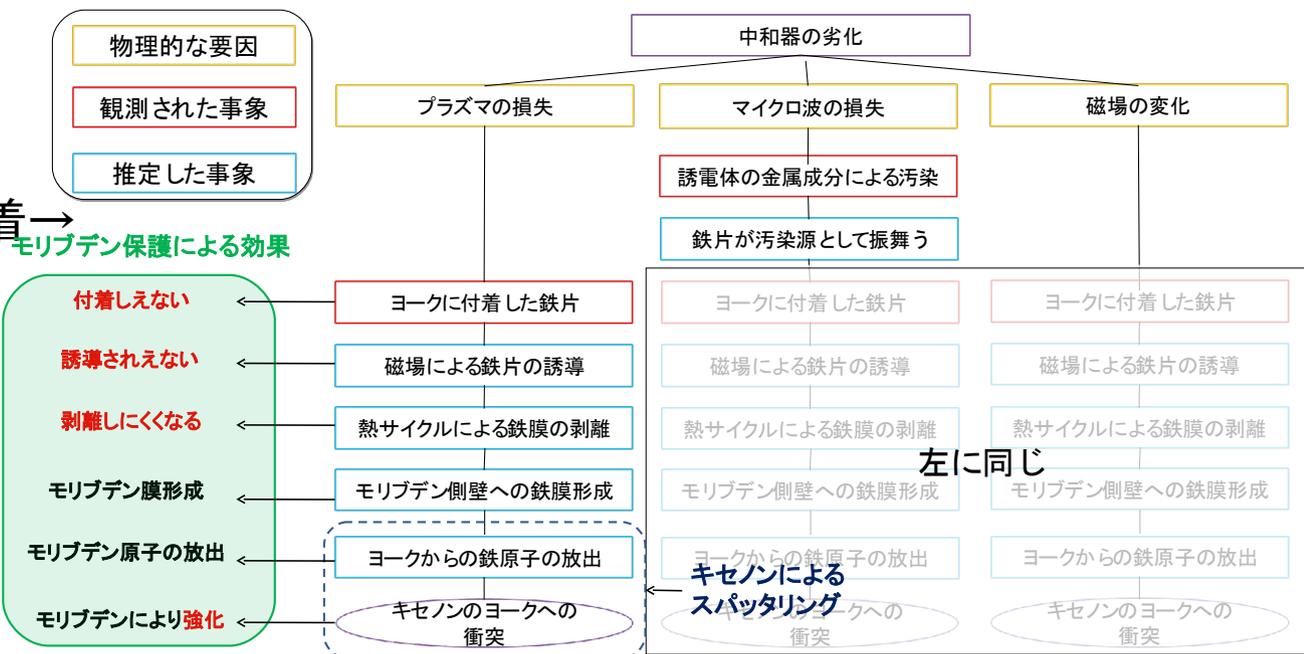
3)動作電圧の低減

←マイクロ波位相回路の最適化 (*)

4)内面のMo被覆←薄膜の非磁性化 (長時間運転による評価中)

(*)については、「はやぶさ2」で採用済み。

さらなる改良の研究を行っている。



はやぶさ2
中和器
フライトモデル