

プラズマセイル飛行実験機の研究と実験室シミュレーション

プラズマセイルWGでは、外惑星探査ミッションや脱太陽系ミッションを、中規模・低コスト・短期間で実現するための新しい推進システムの研究とその実証機の開発を進めています

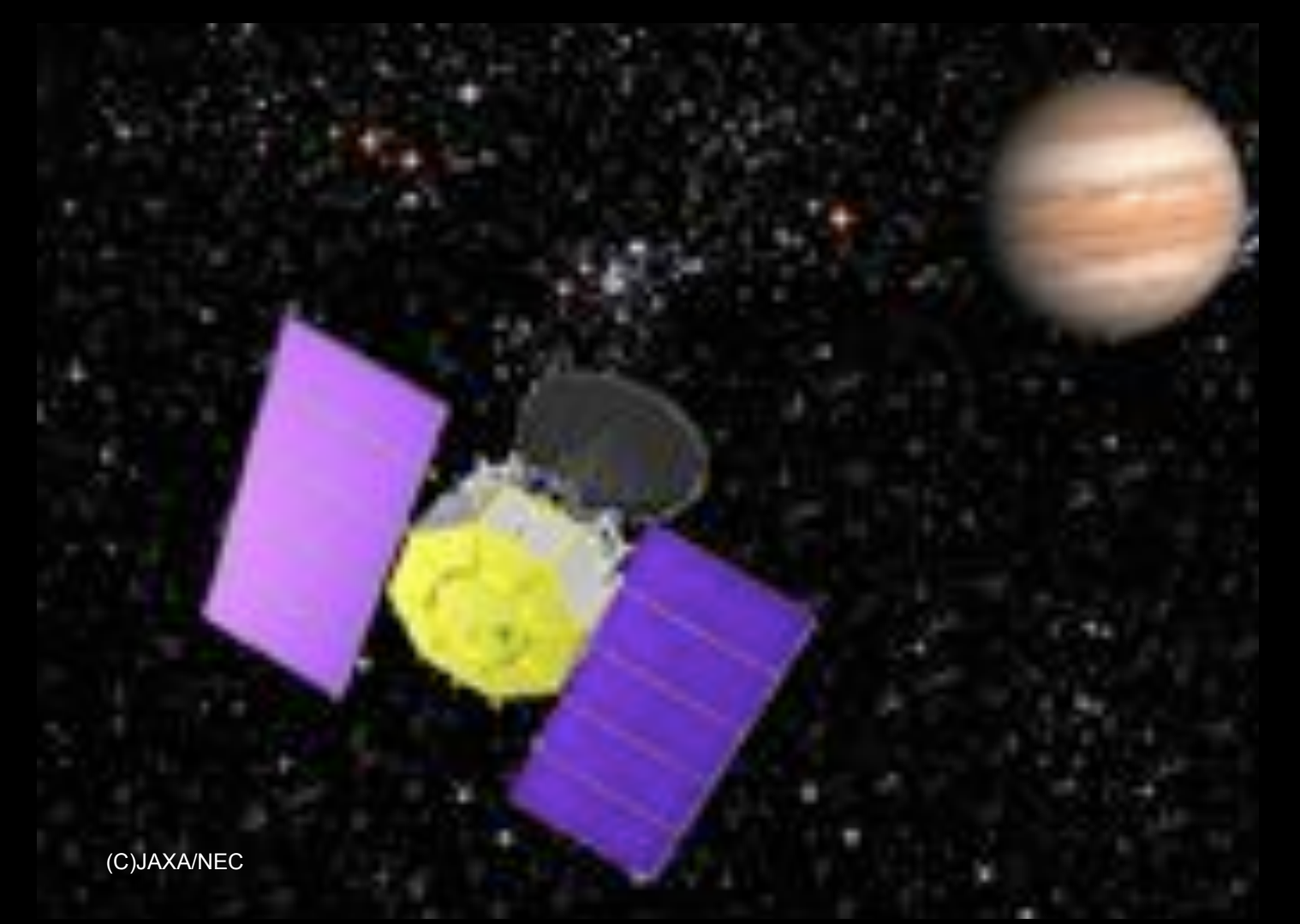
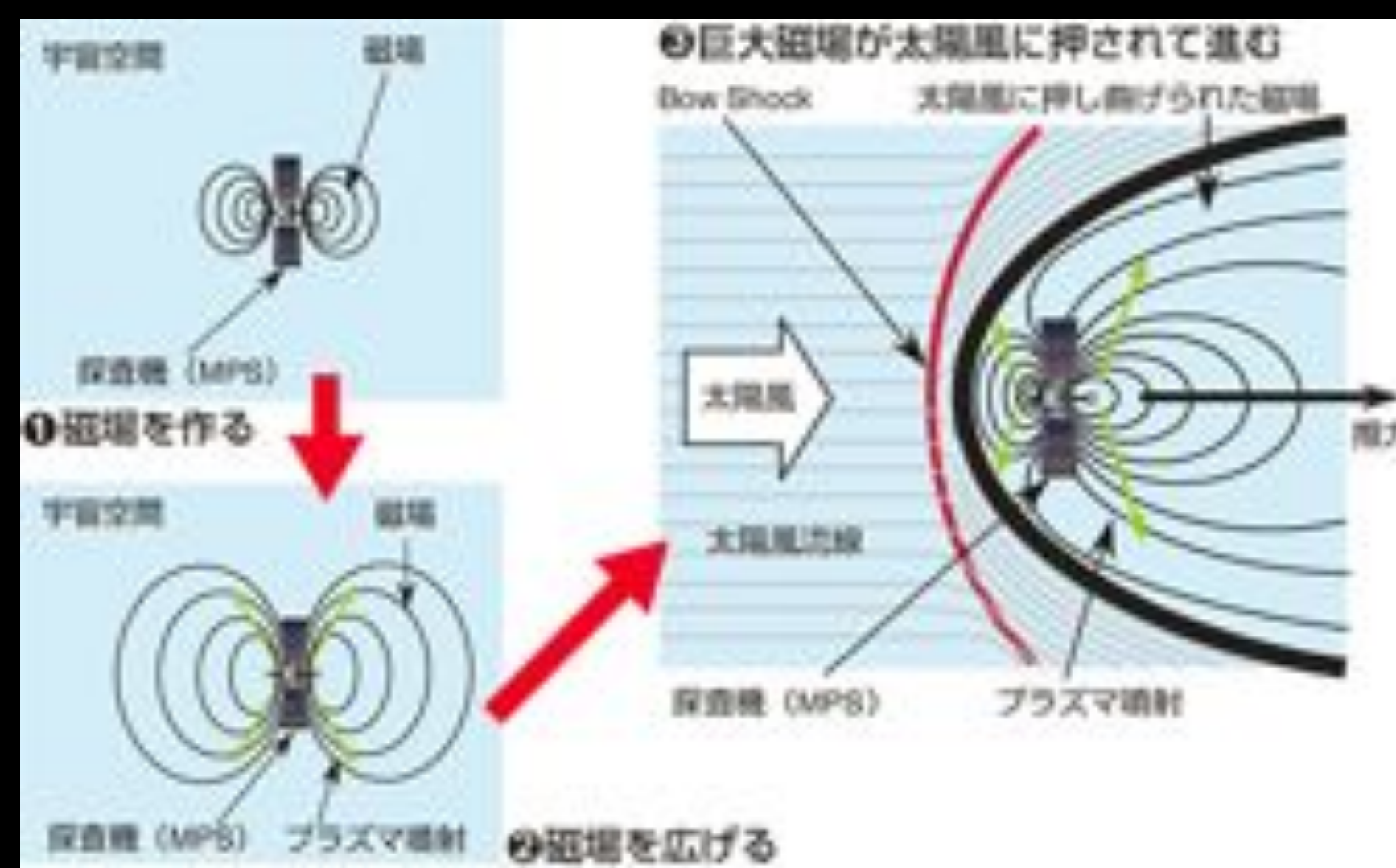
プラズマセイルWG

船木一幸(ISAS/JAXA)、山川宏(京大)、杉田寛之(ARD/JAXA)、中村武恒(京大)、石村康生(ISAS/JAXA)、西田浩之(東京農工大)、梶村好宏(ISAS/JAXA)、大津広敬(龍谷大)、山本直樹、山極芳樹(静岡大)、篠原育(ISAS/JAXA)、小嶋浩嗣(京大)、森高外征雄、臼井英之(神戸大)、沼波政倫(核融合研)、藤田和央(ARD/JAXA)、小川博之(ISAS/JAXA)、坪井伸幸(九工大)、上野一磨、大塩裕哉(総研大)、堀澤秀之(東海大)、向井祐利、小友友一、芦田康将(京大)、中村雅夫(大阪府大)

1. マグセイルと磁気プラズマセイル

太陽のエネルギーを利用するセイル推進としては、太陽光を利用するソーラーセイルが有名ですが、「太陽風」を利用するのが、磁気セイルです。マグセイルは、太陽風を宇宙機につくる人工的な磁場で受け止める事で、太陽から離れる向きに宇宙機を加速させます。マグセイルによって宇宙機に必要な推進力を得るためには、非常に大きく強い磁場が必要ですが、宇宙機に搭載可能な電磁石のサイズと性能には限界があります。このため、Fig. 1のように電磁石の作る磁場(帆)をプラズマ噴射によって大きく拡げて推進力を得る磁気プラズマセイル(MPS)がWinglee博士によって考案されました。

プラズマセイルWGでは、MPSのアイデアを更に拡張することで、太陽系外惑星やそれ以遠の天体へのミッション期間を大幅に短縮する事を目標に、必要な基礎研究と技術開発を進めています。



磁気プラズマセイル(MPS)

MPS木星探査機のイメージ

2. 磁気プラズマセイル(MPS)木星探査機とMPS小型実証機の検討

MPS木星フライバイ探査機の実験設計を実施し、そのエッセンスを技術実証するための小型科学衛星(MPS実証機)を提案しています。

磁気プラズマセイル木星探査機(MPS2020)と軌道設計

磁気プラズマセイル(MPS)木星探査機の動作シーケンスと特徴

- H-IIA打ち上げ(キックステージ追加)
- C3-60km²/s²
- 外径(直径)3.6m.起磁力10⁴[AT]の超伝導コイルを、打ち上げ後1ヶ月かけて輻射冷却(コイル/放熱面に太陽光を直射させないようRCSで姿勢制御)
- 地球を離脱後、2.5AUまでMPSを動作して軌道遷移(F=350mN(Max), ΔV~3.5km/s)
- 太陽電池は2段展開式で、出力は2.5AUで850W, 5AUで370W

磁気プラズマセイル木星探査機(MPS2020)の暫定諸元と重量配分

打ち上げロケット	H-IIA-202 4th フェアリング キックステージ有	ミッション系	超伝導コイル 200.0kg
探査機質量	80kg 以内	プラズマ源	30.8kg
機内電力	太陽電池パドル2段展開方式 最大面積 32㎡, 3枚/1翼×2翼 2.5AU(太陽-探査機)で約 850W 5AU(太陽-探査機)で約 370W	システム系	構造系 210.0kg
電圧系	SSR方式 BAT: 33.4AH	熱制御	36.1kg
姿勢系	3軸制御方式	通信系	16.6kg
通信系	Xバンド一機 8AU(地球-探査機)で コマンド: 15.625bps テレメトリ: 8bps	電源系	172.2kg
RCS	モトラジン 15kg 搭載	DHS	10.6kg
		AOCS	23.5kg
		RCS	22.1kg
		電気軽装	30.0kg
		磁気シールド	10.0kg
		Dry重量	792.0kg
		RCS推進剤	15.0kg
		Xe推進剤	50.0kg
		Wet重量	857.0kg

MPS小型実証機: 次期固体ロケットクラスでMPSのエッセンスを実証するため、2015年までに開発
→ミッション部重量や、実証可能な推力レベル等、実証機の詳細を今後検討(現在は、総重量300kgクラスのMPS実証機を想定)

3. MPSの推力特性に関する研究

地上実験シミュレータ/数値シミュレータによる1~20NクラスMPSの推力特性評価を実施中です。

地上実験シミュレータ

プラズマセイル専用試験装置の開発

スペースサイエンスチャンバ(φ2.5m)の共同利用設備(φ2m)と専用装置(φ2m)を用いて、高精度かつ高精度な推力計測実験/動作最適化が可能に

磁気セイル 7%程度の磁気面拡大率を達成→50%拡大を目指して試験中

磁気プラズマセイル(プラズマ噴射)実験

無次元推力特性が理論式と一致

磁気セイル推力測定実験(プラズマ噴射無し)

- イオンスケール(~70km)磁気セイルの高精度推力測定
- 磁気面変動の測定

今後<1Nの目標領域(現状は空白領域)を計測

磁気プラズマセイルの磁気圏サイズと推力予測

4. 超電導コイルシステム要素技術の開発

超伝導コイルと超伝導コイル電源等、宇宙機搭載用コイルシステムの詳細設計と、システム軽量化・低電力化に必要な技術要素を開発しています。

フライト用超伝導コイルシステム

高い推力重量比を確保するには、最適(軽量かつ高磁気モーメント)コイル設計が不可欠

サブスケールコイルによる実験

コイルの熱-機械モデルの確認と最適化設計のために

コイルとコイルサポートの構造設計

境界設計による軽量化実現

磁気リプル電流特性評価用100A級MOS-FETインverter電源の外観写真

200A/1V安定化電源システム(磁気セイル実験搭載用電源)の設計