

環境計測技術グループの今後の計画

五家 建夫 (JAXA)

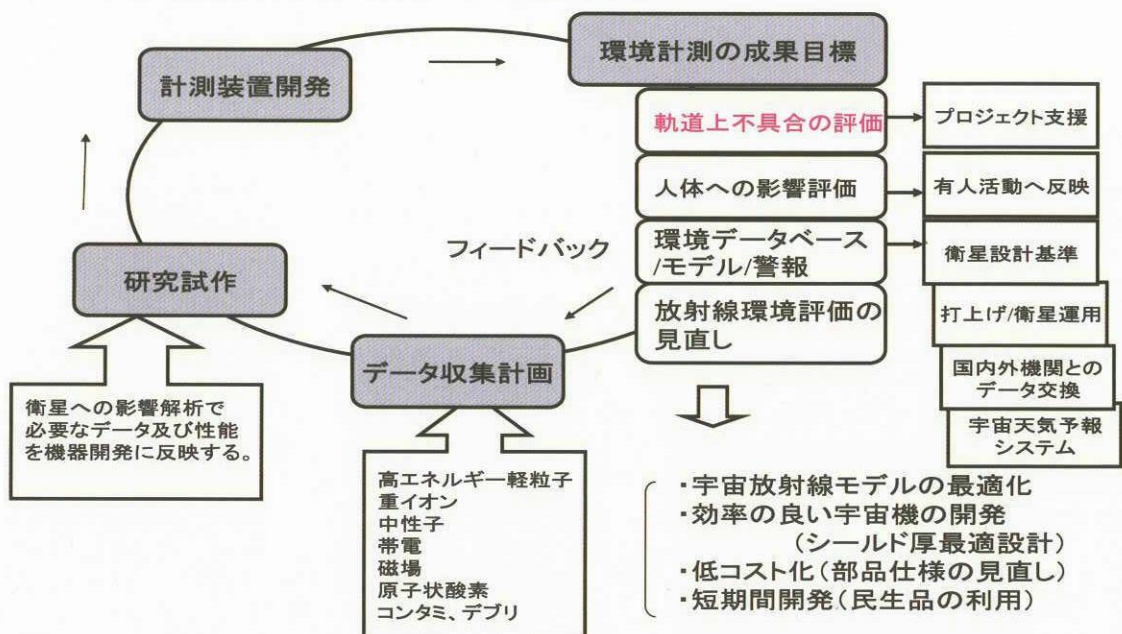
1. 概要

JAXA の環境計測技術グループで現在研究開発中の宇宙環境計測技術の研究目的と成果、研究ロードマップおよび各個別開発テーマの概要を報告する。

2. 宇宙環境計測の目的と進め方

JAXA 組織規程第 152 条には、「環境計測技術グループは、宇宙環境データ取得技術に関する研究開発、宇宙環境モデルの構築・公開等の業務を行う」と定められている。従って、衛星の設計基準の 1 つとなる宇宙環境条件の高精度予測、軌道上の不具合と関連する宇宙環境解析とその事前予防（宇宙天気予報と宇宙環境警報）等の、設計から運用にわたる衛星プロジェクトへの支援に資することを主目的として、そのために不可欠な宇宙環境計測技術の研究をし、その研究成果に基づいて衛星搭載用宇宙環境モニターを開発し、定常的な宇宙環境モニターの衛星観測ネットワークの確立し、観測したデータを公開し、その観測結果に基づく宇宙環境モデルの構築を目指している。従来は、衛星の余剰重量を利用し、旧 NASDA の衛星に、できるだけ宇宙環境計測装置を搭載する方針でやってきたが、今後は、商用衛星では出来ない、宇宙環境と衛星障害の関連性の研究を JAXA が中心になってさらに行うために、すべての JAXA 衛星に積極的に宇宙環境計測装置を搭載してゆく方針である。

環境計測の目的と進め方

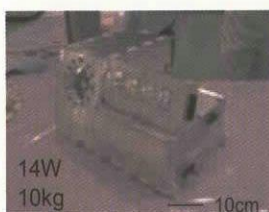


3. 研究成果の概要

過去に、ETS-5、ETS-6、ETS-7、ADEOS、MDS-1、DRTS、ADEOS-II、STS-89、ISS-USMなどの旧 NASDA 関連衛星を中心に宇宙環境計測装置を搭載し、衛星プロジェクトや有人活動の支援をしてきた。今後、ALOS、ETS-8、WINDS、GOSAT、ISS-JEM 等に搭載を予定している。しかし、衛星余剰重量が厳しく、宇宙環境計測機器の搭載が困難になった経験もあり、ここ数年間（平成 13-16 年度）は、更なる小型化・軽量化と高性能化を研究対象としてきた。その成果は、電子計測では最小構成で約 2kg に小型化ができ、磁力計では、センサ部 52g、電子部 116g の小型化した装置の開発を完了した。後者は、マイクロ衛星や編隊飛行衛星にも搭載可能である。

宇宙環境計測装置の小型・高性能化トレンド

放射線(電子、陽子、アルファ粒子)



14W
10kg

みどり2搭載用

電子(0.4~5MeV)
陽子(7~48MeV)
α粒子(30~140MeV)



18W
9kg

つばさ、かけはし、きぼう搭載用

電子(0.5~50MeV)
陽子(1~160MeV)
α粒子(4~200MeV)



高エネルギー陽子・α粒子用
1.9W
1300g

低エネルギー電子用
1.5W
750g

電気処理部
7.4W
1400g

高エネルギー電子用
1.1W
1100g

現在開発中(GOSAT搭載を予定)

電子(0.03~20MeV)
陽子(0.4~500MeV)
α粒子(3~2000MeV)

磁力計



±65,536, 4096, 1024, 256nT
16bit

15W
480g

ETS-VIII搭載用



±65,536, 4096nT
20bit

12W以下
52g

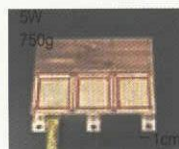
開発済み

現在開発中(将来衛星)

汚染モニタ

帯電モニタ

ETS-VIII搭載用

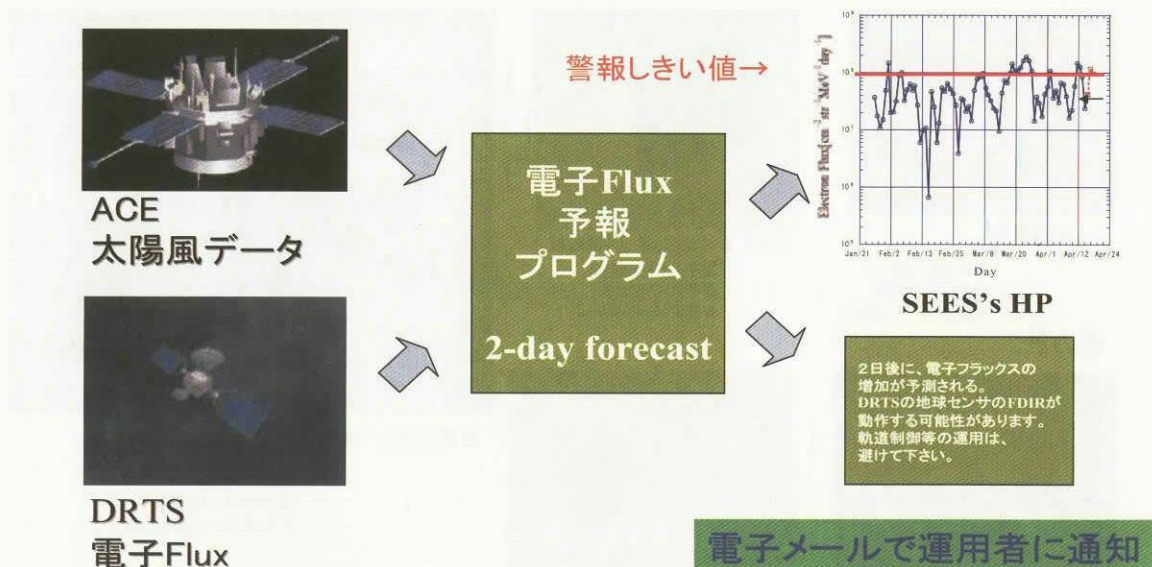


5W
750g

衛星設計、
運用計画へ貢献

軌道上の不具合の事前予防として宇宙天気予報技術を使った宇宙環境警報として、平成15年10月から太陽フレア警報（太陽X線と太陽陽子が、ある閾値を越えると、計算機が自動的に判断して、携帯電話やメールを衛星運用者に自動発信する機能）と、平成16年6月から静止衛星軌道上の高エネルギー電子警報〔衛星帯電障害警報〕（DRTS(こだま)等の搭載宇宙環境計測値を基に、リニア・フィルター計算法で2日後の電子密度を計算機で予測し、その値と変化率が、ある閾値を越えると計算機が自動的に判断して、携帯電話やメールを衛星運用者に自動発信する機能）を衛星運用者に発信している。この警報サービスは、JAXAの追跡局だけでなく、気象衛星センター、放送・通信衛星管制センター、民間衛星管制センターにも提供しているし、海外からはインテルサット衛星の運用センターからも問い合わせが来ている。

高エネルギー電子警報システム



宇宙環境情報データベースは1995年6月から公開を開始した。アクセス件数はトップページから入った閲覧者を数えると、公開から2004年12月末までに延べ137,066人、データベースから送出された宇宙環境計測データは、7つの衛星で観測された（および観測中）宇宙環境計測データ〔電子、陽子、重イオン、磁場、帯電、等〕、および、宇宙環境モデル計算機能（軌道情報と打ち上げ日を入力すると衛星が受ける宇宙環境の定量的計算値を90種の計算モデルでWeb上で計算）を提供中である。

本年度中に観測された DRTS [こだま] 衛星の宇宙環境データをデータベースに挿入しデータベースを充実した。宇宙環境モデルは、最新のモデルに更新した。衛星情報提供機能として、現在運用中の約 600 個の衛星のリアルタイムの軌道位置の表示機能を、2 次元 (メルカトル地図上に日照・日陰と共に) と 3 次元 [立体表示] で切り替え表示できるようにした。

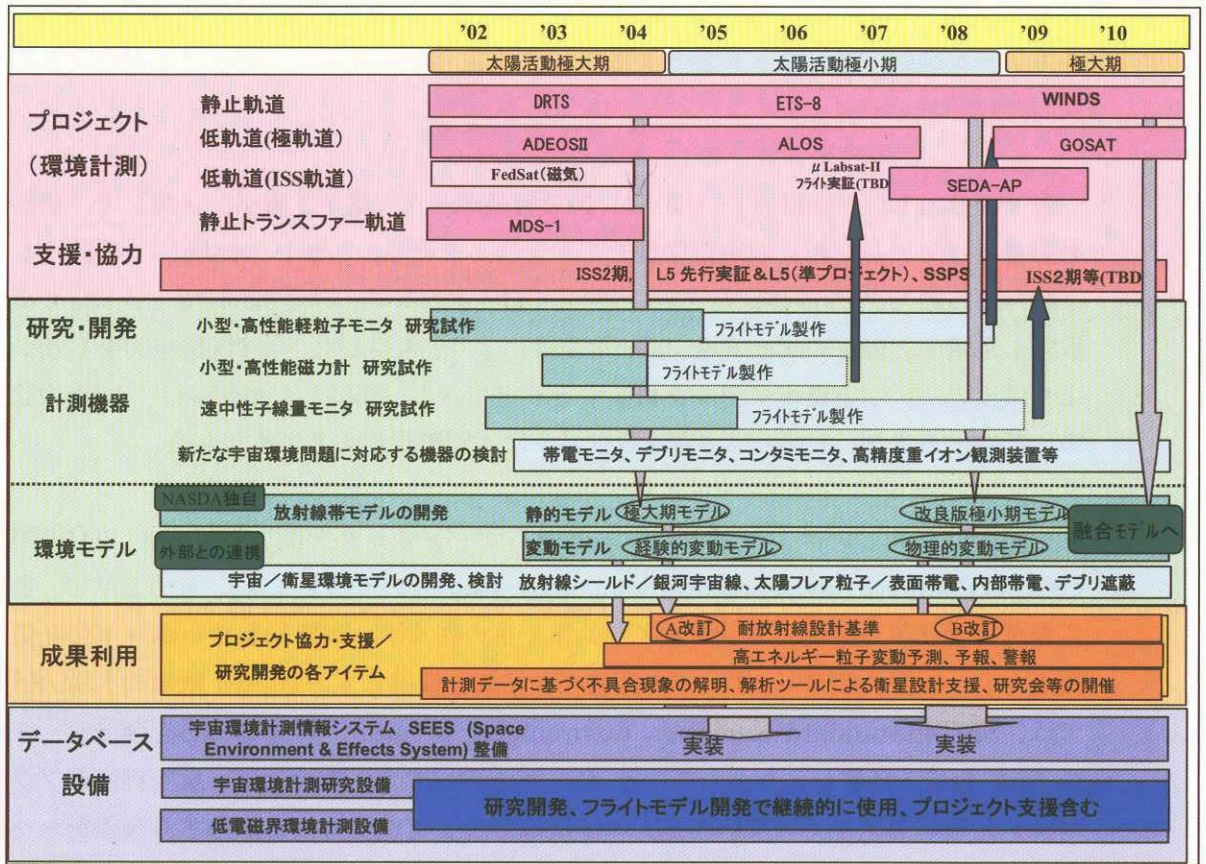
我々の取得した「つばさ」(MDS-1) の放射線データ [電子、陽子、 α 線] で、新しい放射線帯 [バンアレン帯] の宇宙環境モデルを作っている。しかし、計測した期間が 1 年半と限られるので、それ以降のデータに関しては、フランスの宇宙機関 CNES が SAS-C 衛星で取得した電子と陽子のデータを、データ交換により、入手した。今後国際協力をしながら、より精度の高い宇宙環境モデルを構築する予定である。構築したモデルは、JAXA の設計基準に反映するほか、ISO の宇宙環境設計基準にも国際貢献する予定である。

外国では、新しいコンセプトの宇宙環境ハザードモニタを開発している。(1)米国では CEASE(Compact Environmental Anomaly Sensor)という質量 1 kg、電力 2W で、各種宇宙環境アラーム [帯電、シングルイベント、トータルドーズ等] をオンボードで発信する機能をもつ装置を開発し、すべての衛星への搭載を目指している。(2) 欧州の ESA/ESTEC では、SREM(Standard Radiation Environment Monitor、質量 2.5kg)を開発し、すべての ESA 衛星に搭載しようとしている (3) 英国のツナミ保険会社は、航空機搭載ブラックボックスと同じアイデアで、軌道上の事故に至る宇宙環境情報を記録する機能をもつ高エネルギー電子モニタ(目標質量 600g)を、ロンドン大学マラード研究所に委託研究をした。(4)英国の QinetiQ 社は、Merlin (宇宙天気ハザードモニタ、1kg、2.5W で、24H のデータメモリ内蔵)を作成し 2005 年打ち上げのガリレオ・テスト・ベッド衛星から搭載する予定。

我々のグループでは、ここに述べたいずれの装置とも違う新しいアイデアを盛り込んだ宇宙機用宇宙環境ブラックボックスの研究に 16 年度から 2 年計画で基礎研究中である。

4. 宇宙環境計測の研究ロードマップ

環境計測技術グループ <環境計測技術の研究ロードマップ> 2003年制定



5. 現在研究中の宇宙環境センサ(概要)

(1) 小型・高性能軽粒子観測装置の開発 (H13~16年度)

- 軽粒子（電子、陽子、デュートロン、トリチウム、ヘリウム3、ヘリウム4）の確実な粒子弁別、エネルギー、フラックス及び方向分布を小型・軽量で精度良く計測する装置（フライトレベル）の開発。

(2) 中性子線量モニタの研究 (H14~16年度)

- 線量に寄与する主要なエネルギー（0.1~100MeV）に対応できる小型化した中性子線量モニタの研究。

(3) 小型・高性能磁力計の開発 (H15~16年度)

- 小型・軽量で高性能磁力計(7.8pT/dig)の開発。

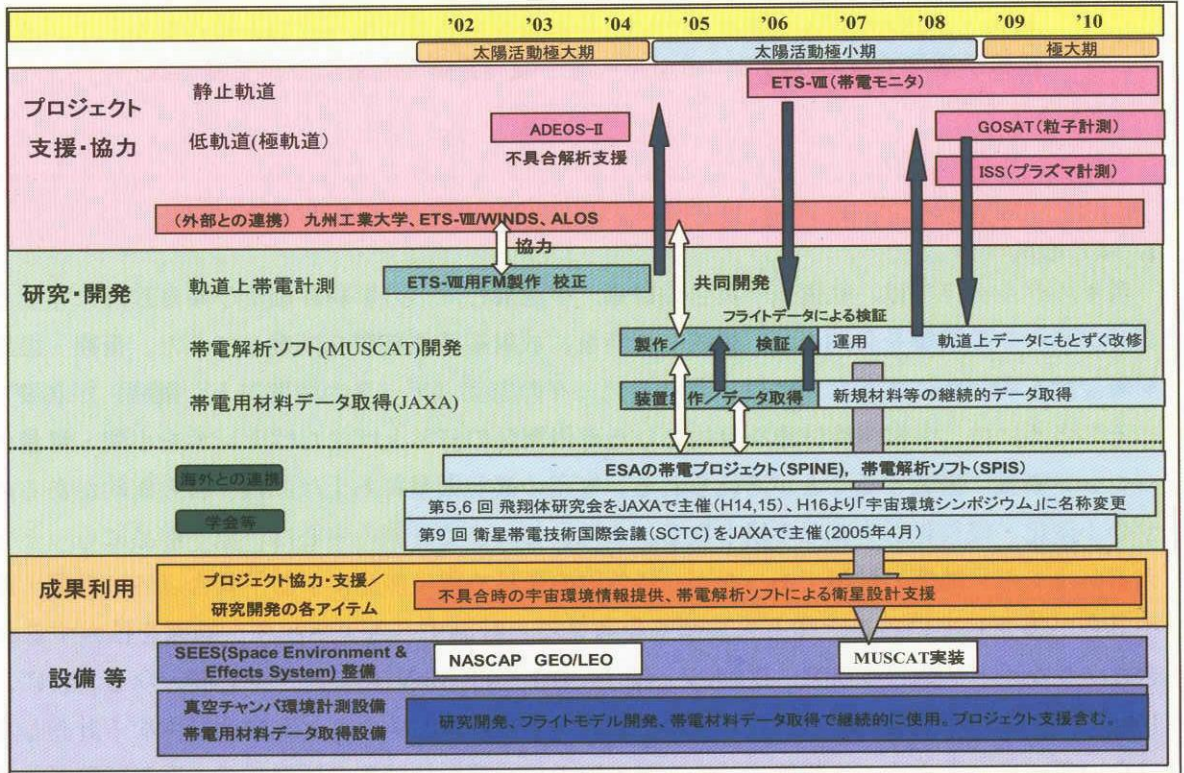
(4) 宇宙機用ブラックボックス・レコーダの研究 (H16~17年度)

- 帯電、放電、粒子計測

6. 帯電関連の研究ロードマップ

みどり2号(ADEOS-II)の運用異常の原因としての帯電・放電および、最近、海外の静止衛星で多発している電源系の運用異常(太陽電池パネル上の持続放電など)にかんがみ、帯電関連の基礎基盤技術強化の研究ロードマップを新規に作成した。

帯電関連基盤技術強化ロードマップ



7. 今後の宇宙環境計測

今後の計測器開発においては、以下に示すポイントを十分に配慮し、宇宙環境計測の2つの研究ロードマップで示した中期計画に基づき、宇宙環境の研究を進めていきたい。

- ・ 軌道上故障が多い帯電・放電関係の研究の重点化、衛星帯電設計基準への反映(自前のデータ使用)
- ・ 中性子の計測で有人宇宙活動を支援する
- ・ 宇宙天気予報技術で「衛星運用警報」に寄与する
- ・ 衛星障害に関連する環境計測の研究(新規アイテム)
(ミクロンサイズのデブリ・メテオロイド、コンタミネーション、紫外線など)
- ・ 放射線帯の変動現象の解明に GTO 軌道で放射線と磁場の同時計測(MDS フォロー)
- ・ 外部機関との共同研究の促進 (NICT、九工大、京大、早大、CNES, ESA/ESTEC)