

第12回宇宙環境シンポジウム

宇宙環境とその影響に関する 研究の取り組み

宇宙航空研究開発機構
第1研究ユニット
松本 晴久

2015年11月16日-18日
北九州国際会議場

内容

- 研究を取り巻く背景と期待
- 研究の進め方
- 今年度の活動
- 今後について

研究を取り巻く背景と期待

- 米国の宇宙天気に関する研究
 - 経済活力と国家安全保障の根幹をなす技術を妨害する可能性があるとの認識
 - 10月29日、ホワイトハウス科学技術政策局(OSTP)は、同国における宇宙天気予測等の強化に向け、連邦政府機関や企業等がどのように連携・機能するべきかを示した国家戦略「National Space Weather Strategy」と、具体的な活動やタイムラインを示した国家行動計画「National Space Weather Action Plan」を発表
- 日本
 - 宇宙基本計画(平成27年1月9日宇宙開発戦略本部決定)本文、工程表
 - 厳し予算と研究成果の明確化
- 宇宙への新しい参入者
 - IT企業、通信、他
 - constellation運用による新しいビジネス、2014年~2020年の間に全世界で2,000~2,750機が打ち上げられる見込み、ほとんどEO(地球観測)衛星とみられる。
例えば、TORBCOMM (35 機)、Skybox Imaging (24 機)、
Planet Labs (131 機)、one Web (648 機)、
Space-X(4000機) 等

研究の進め方(1/2)

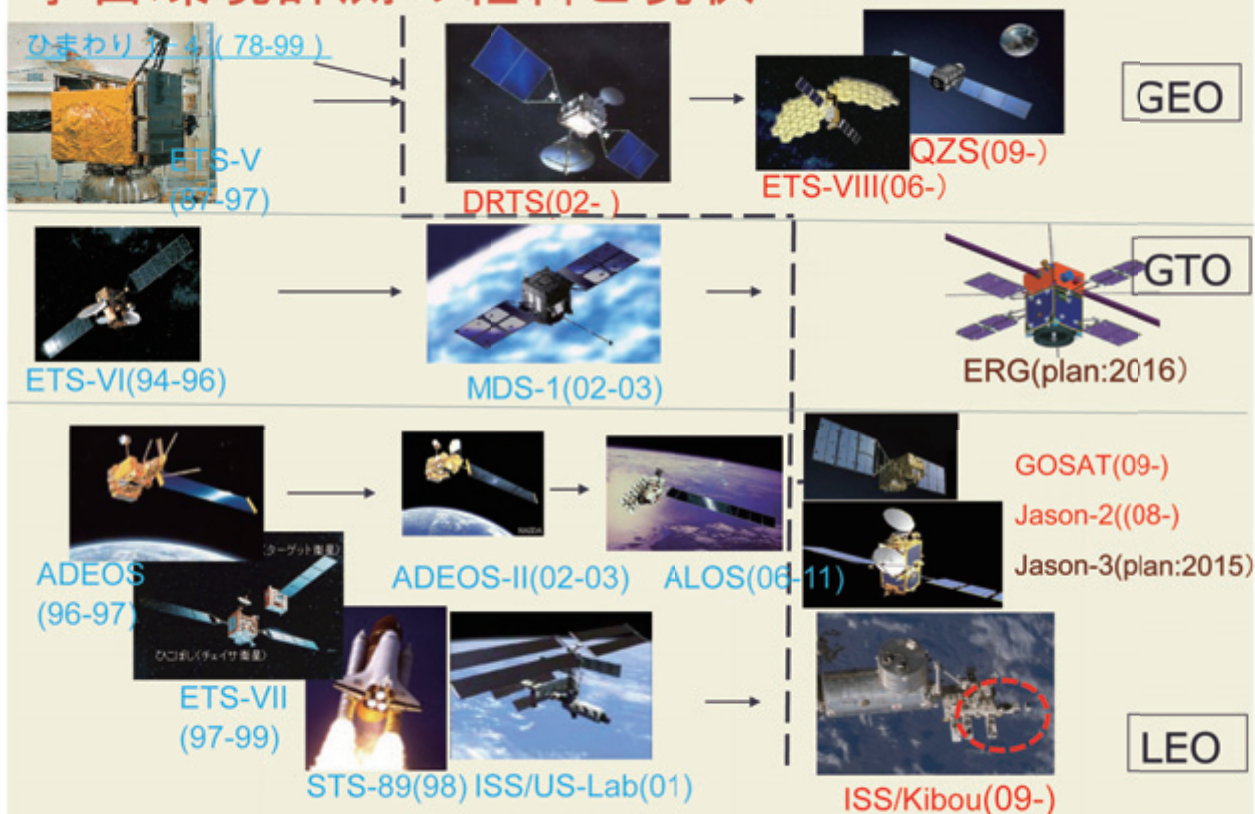
- 研究目標
 - 宇宙活動の長期的持続可能性への貢献
 - 対象
 - 宇宙天気(放射線等)
 - デブリ
 - 役割
 - 信頼性の持続とすそのを広げる(敷居を下げる)活動
 - 項目
 - 宇宙活動の長期的持続性にとって懸念となる事象の特定
 - 必要なデータのリアルタイム計測
 - 危険を予知する予報技術
 - 衛星の対策技術

研究の進め方(2/2)

- ・この研究で何ができるのか？
 - ・宇宙活動の長期的持続性を確保
- ・そのためには何を行うか？
 - ・研究のレベルに合わせた目標を確実に行う。

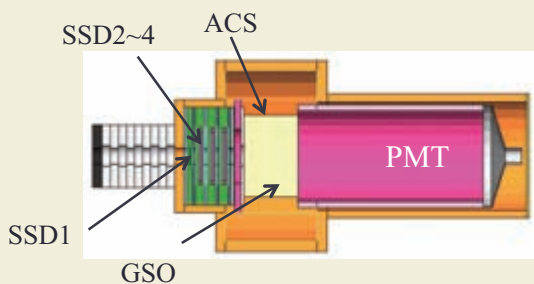
レベル	時期	観測技術	環境記述
1	種をまく	アイデア・実証	環境の理解(オーダーレベル以下)
2	育てる	精度向上	平均値の把握(ファクターレベル)、新しい現象の発見
3	育てる	機能向上	現象を理解し、説明できる。
4	刈り取る	小型・軽量・低コスト	現象の予測
5	刈り取る	標準化	環境が引き起こす影響を把握でき、宇宙活動維持へ貢献できる

宇宙環境計測の経緯と現状

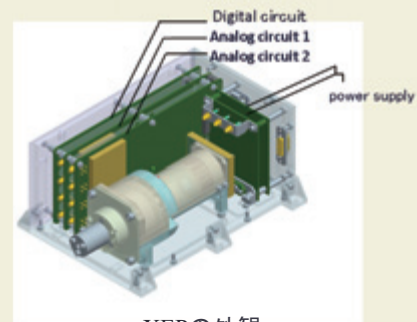


ERG搭載超高エネルギー電子観測装置(XEP-e)

- ERG衛星に搭載し、放射線帯電子の加速メカニズムを知ることを目的としたセンサ群の1つ。本装置は最も高いエネルギーである放射線帯電子(2MeV以上)の直接観測を実施する。
- シリコンセンサの追加による3MeV以下のエネルギー分解能の向上、回路部の改良によるデータ処理時間の短縮により、以前より精度のよいデータを高カウントレートで取得出来るよう改良している。



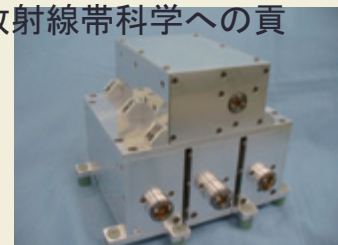
XEP-eの断面図



XEPの外観

JASON-3搭載宇宙環境計測装置(LPT)

- 粒子のエネルギー計測範囲等、機能・性能は、JASON-2搭載LPTと同等とし、背景陽子に対するELS-Bの計測対策及びコマンド追加による運用の自由度を向上させた。
- 目的
 - a. 今後、低軌道で放射線環境を計測する装置は相次いで運用を終了する予定であり、JAXAにおいて低軌道のリアルタイムデータを取得する唯一の装置となる。(衛星環境警報の運用)
 - b. JASON-3の観測データをJASON-2のデータと統合することで、JAXA衛星にない軌道で1太陽周期(11年)を完全にカバーする観測結果を得ることができ、観測データによるモデル開発への適用や放射線帯科学への貢献が期待される。

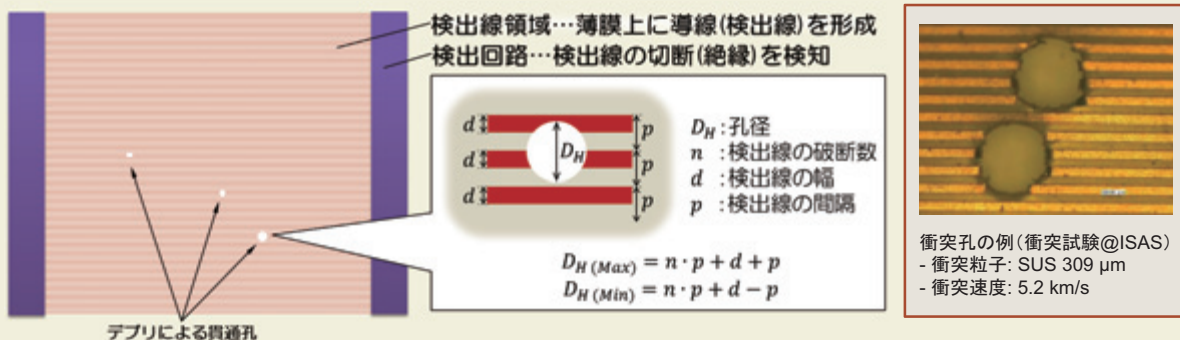


微小デブリの計測

- 計測対象／計測項目
 - ✓ 計測対象：粒径100 μm以上のデブリ&メテオロイド
 - ✓ 計測項目：デブリ粒径、衝突頻度

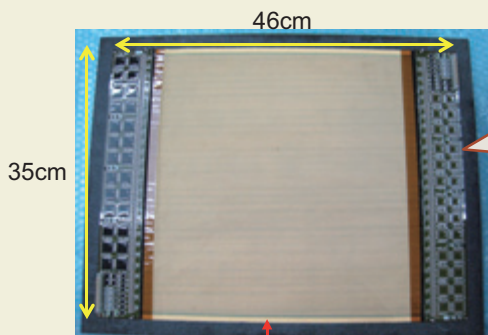
- 基本原理

厚さ約12.5 μmの絶縁性のポリイミドフィルム表面に、100 μm周期で直線状の細長い導線（太さ50 μm）パターンを形成。導線の破断を電氣的に検知することにより、デブリの衝突（貫通）を検知する。破断した導線の数、導線の幅、ピッチからデブリサイズを計測する。



HTV5号機によるセンサ機能のフライト実証

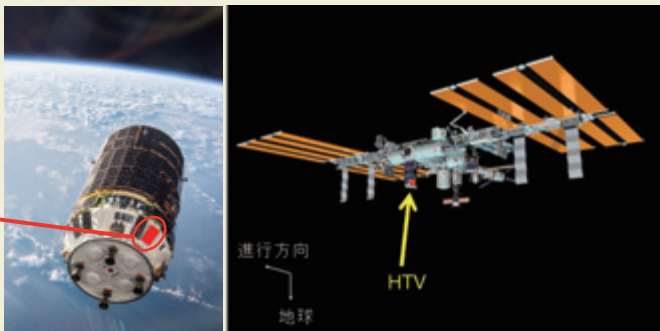
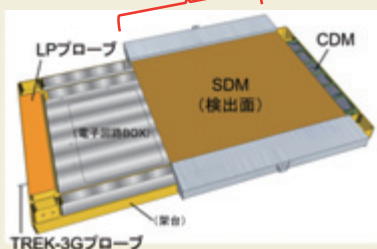
- 宇宙環境観測装置KASPERの一部としてデブリセンサSDMを搭載
- FY2015/8 に打ち上げ予定)



FY2013機能実証モデル

- ✓ 検出線幅 50 μm
- ✓ 検出線間隔 100 μm
- ✓ フィルム厚 < 20 μm
- ✓ 有感領域 30 × 33cm
- ✓ 検出線総数 3300本

サイズ	50×39×4 cm (筐体を含む)
重量	約1.5kg(筐体を含む)
消費電力	2W(最大4W)(他センサ含む)
テレメトリ	0.2 bps

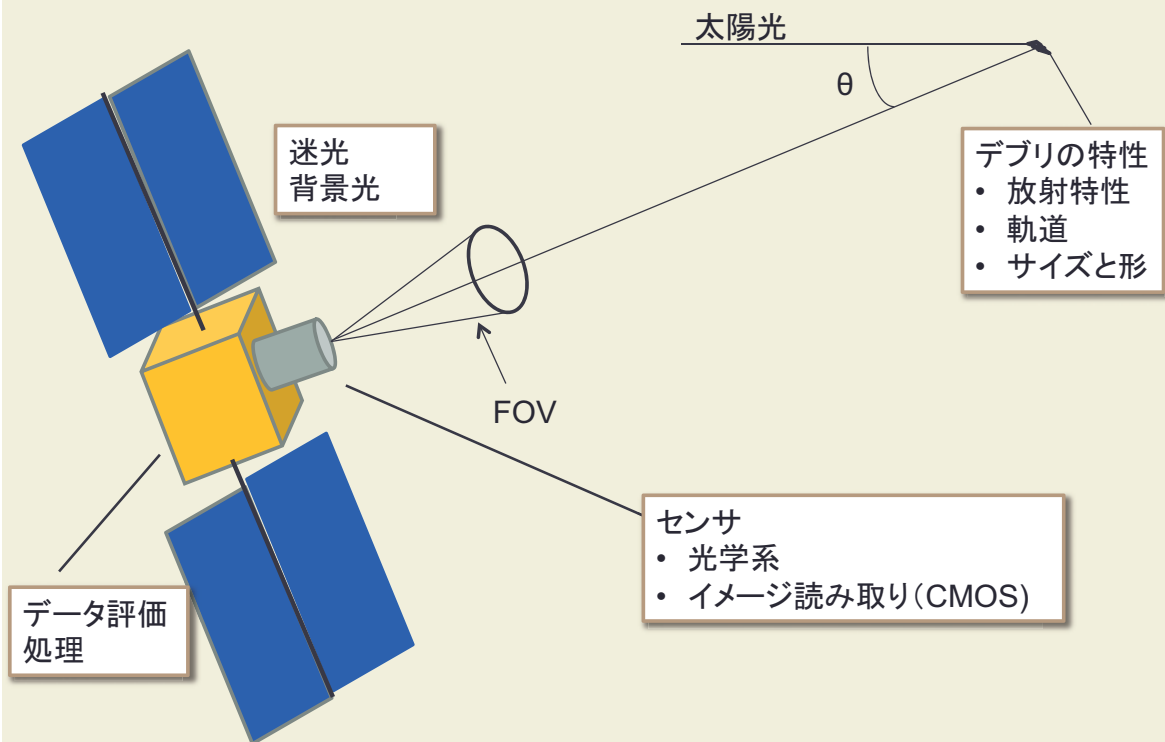


<デブリ計測、モデリング>セッションで北澤さん、奥平さんから報告

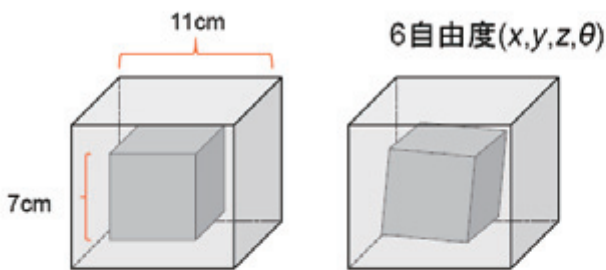
光学センサによる軌道上デブリ観測

- 目標
 - 静止軌道衛星から1,000～3,000km程度離れたデブリを観測し、軌道決定、回避運用を実施する。
- 環境モデルの改良（第1目標）
 - デブリ分布密度の計測
- 未知デブリのカタログ化（第2目標）
 - 軌道要素
 - 動き(オプション)
 - 形状・材質（オプション）
- 静止軌道での軌道上衝突回避運用（第3目標）
 - 10cm程度

光学センサ観測イメージ



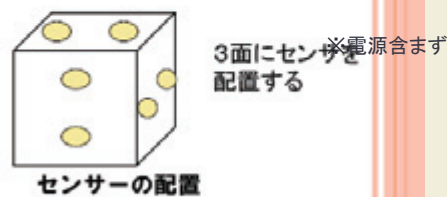
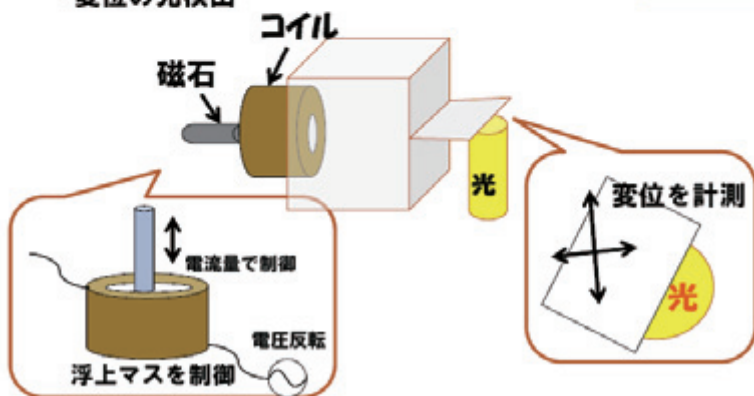
加速度計の研究



【参考】
HTV搭載でも
400km~120kmの大気密度計測可

検出パラメータ	6自由度
最大検知加速度	10^{-2} m/s^2
分解能	10^{-8} m/s^2 (TBD)
サイズ	10cm×10cm×20cm程度 (加速度本体+光源・制御部) (TBD)
重量	5kg程度
消費電力	20W以内

-磁気的な力を利用して復元
-変位の光検出



<宇宙環境計測・宇宙天気>セッションで大里さんから報告

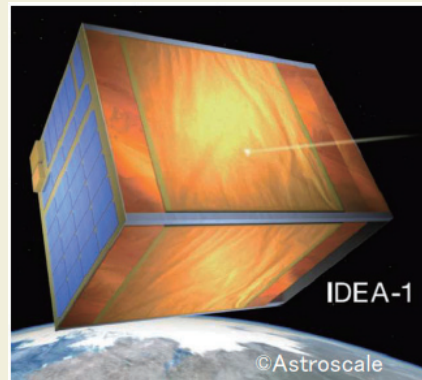
取得データの解析・評価・モデル化

- SEESでデータを公開
- 衛星搭載装置の評価として利用
 - QZS衛星データ及びGOSAT衛星データ
- 各衛星のデータ解析を実施中
- 大学を中心に10数件の共同解析を継続中

<宇宙環境計測・宇宙天気>セッションで上野さん、小串さんから報告

外部連携及び受託

- ・ 新学術領域「太陽地球圏環境予測」
 - ・ 大学の研究者と連携をとり衛星帯電に影響を与える静止軌道用環境予測モデルを開発し、その環境から典型的な衛星の表面、内部帯電の脅威レベルを提示するシステム構築を目指す。
- ・ アストロスケール社が開発する微小デブリ計測衛星IDEAに搭載するスペースデブリセンサの製作を受託



今後について

- ・ 種蒔き(レベル1)
 - ・ デブリ光学観測の研究
 - ・ 大気密度の研究
- ・ 育てる(レベル2~3)
 - ・ 微小デブリ観測の研究開発
- ・ 刈り取り(レベル4~5)
 - ・ 宇宙放射線データ
 - ・ 太陽電池パドル劣化において、予測と実測の比較評価の中で放射線環境や放射線の影響評価等が過大評価となっている可能性が大きい。原因を明らかにすると共に耐放射線設計等の最適化により**パドルの最適化によるコストダウン**を目指す。
 - ・ 銀河宇宙線
 - ・ JAXA版銀河宇宙線モデルを開発することで、適切なSEU発生率を把握できるようにする。銀河宇宙線モデル改良によるロケット**製品費**の削減に貢献する。

まとめ

- 世界的には、宇宙環境監視は、ますます重要になってきている。
- 衛星に対する信頼性向上を引き続き行う必要がある。
- 一方、2013年~14年のSkybox、PlanetLabsによる実績を追いかけるように、欧米を中心に超小型衛星を活用したEO衛星のコンステレーションビジネスを手がけるベンチャー企業が次々立ち上っている。これらの衛星不具合による宇宙環境リスクを低減するのも我々の重要な1つになりつつある。
- 新しい観測センサの研究を行いながら、これまでのデータを基に衛星及びロケット開発のコスト低減を目指す。