

SPRINT-A の科学データアーカイブ設計の現状

Status report of scientific data archiving plan for SPRINT-A mission

木村智樹(JAXA/ISAS)、山崎敦(JAXA/ISAS)、鍵谷将人(東北大・理)、土屋史紀(東北大・理)、吉川一朗(東大・理)、吉岡和夫(立教大)、山本幸生(JAXA/ISAS)、EXCEED チーム

小型科学衛星シリーズは、専用の標準バスにミッション部を搭載した衛星を低コストで短期間に打ち上げ、宇宙科学コミュニティの多様な要望を迅速に実現することを目標としたプロジェクトです。小型科学衛星 1 号機である SPRINT-A/EXCEED は、回転支配型惑星磁気圏のエネルギー輸送過程や弱磁場惑星の大気流出過程の解明を目標に掲げた、世界初の惑星観測専用宇宙望遠鏡です。

1. SPRINT-A/EXCEED の科学目標

惑星の磁気圏は「惑星の固有磁場強度」と「惑星の自転速度」の二つのパラメータで特徴付けられます。地球磁気圏を「中程度」の固有磁場と自転速度を持っているとすると、木星や土星は自転速度が速く、固有磁場が強大なため、太陽風の電磁気的影響をほとんど受けません。その代わりに、惑星の衛星起源のプラズマ供給や、それに伴う自転エネルギー解放過程が、磁気圏活動を大きく左右していると考えられています。木星・土星磁気圏において、未解決の問題として最も注目されているのは「動径方向のエネルギー輸送過程」です。これは、何らかの原因により磁気圏外側でエネルギー解放が起こり、それが自転に伴って木星向きに伝搬し、プラズマトーラス(木星を取り囲む、衛星イオ起源のプラズマ環)や木星極域においてプラズマ加熱やオーロラ発光の爆発的変動をもたらすものです。この物理過程は未解決の大きな問題で、2 つのモデルが提案されていますが、どちらも検証が進んでいないのが現状です。

一方、金星や火星は地球に比べて固有磁場が弱く、太陽風の持っている圧力が惑星磁気圏の磁場の圧力を上回り、太陽風が磁気圏の中へ侵入します。これにより、太陽風が惑星周囲の大気やプラズマを宇宙空間へ散逸してしまいます。これらの惑星では、太陽風が直接大気に吹き付ける過酷な条件下における、惑星大気・プラズマ散逸の時間発展が未説明の問題として残っています。これは地球の大気進化を考える上でも非常に重要な問題で、惑星が大気を保有するための条件の解明などに繋がっていきと考えられています。

SPRINT-A/EXCEED ミッションは、地球大気の吸収を受けない宇宙望遠鏡を用いて極端紫外領域での分光観測を行い、プラズマ中のイオンや中性大気の輝線を検出します。これにより、惑星のプラズマ・大気のダイナミクスをモニターし、地球とは異なる環境におかれている惑星の問題解明に取り組もうとしています。具体的には、以下の目標を設定しています。

- ① 木星プラズマトーラスのスペクトル観測から背景電子温度を導出する

- ② 金星または火星の酸素イオンの流出率の上限値を求める
- ③ 木星磁気圏へのエネルギー流入ルートを明らかにする
- ④ 金星または火星の炭素イオンと窒素イオンの流出率の上限値を求める

2. 観測データの概要

SPRINT-A/EXCEED の主力観測装置は極端紫外域分光器(EUV)です。これは観測対象となる領域に分光スリットをあて、スリットから入射した光を回折格子で分光し、マイクロチャンネルプレート(MCP)と呼ばれる検出器上で波長・空間二次元の分光イメージとして検出するものです。検出器上では、スリット上の各空間位置における極端紫外領域(60nm –145nm)スペクトルが得られます。これらは、硫黄・酸素・水素などの輝線を複数含んでおり、それらの輝線からプラズマ中のイオン・電子温度などを診断することができます。

EUV の他に、補助的な観測装置として、視野ガイドカメラ(FOV)があります。これは、スリットへ入射する像を CCD で二次元画像として検出する装置です。FOV のデータにより、スリットに対する惑星本体(ディスク)の相対位置や、惑星ディスクの重心を計算することができます。このデータをもとに、観測時の衛星の指向精度向上や、データ解析時における惑星中心座標系への座標変換などを行います。

3. データプロダクト・フォーマット

データアーカイブの設計にあつては、まず観測機器チームとの議論を行い、ミッションで得られるデータプロダクトの定義を行いました。メインの観測器となる EUV に関しては、データプロダクトに関して 3 つのレベル(Level 0-2)を定義しました(表1参照)。

光学系を通して EUV の検出器(MCP)で検出された光子の到来方向は、検出器上の二次元位置を反映した 4 チャンネルの電圧値として出力されます。観測時間内に到来した一連の光子に対応する電圧データは、検出時刻とともに時系列データとなり、テレメトリデータとして取得されます。L0 データはこの時系列データにあたります。L0 データを分光イメージ画像にする為のデータ処理として、まず検出器上の二次元位置電圧データを、光子波長・到来方向に対応した値に較正する処理を行います。これにより、電圧の時系列データが、光子の波長と到来方向の時系列データに変換されます。これが L1 データになります。最終的に、ある積分時間にわたり L1 の時系列データをビンニングし、強度較正を行って、波長・空間の二次元空間における絶対発光強度の分布(分光イメージ)に変換します。これが L2 データです。L2 データの積分時間は、信号-ノイズ比が最低限有意である値に設定し、なるべく高時間分解能(1 分程度)の分光イメージを提供する予定です。ユーザは L2 データを QL データとして扱い、必要に応じて足し合わせを行い信号-ノイズ比を調整し、目的の現象の閲覧・初期的解析を行うことができます。また現在、ユーザが積分時間や波長・空間領域を任意に設定し、L0, L1 の低次データから L2 データの

様な高次データを生成するためのツール開発を検討しています。これにより、ユーザにとってより自由度の高いデータ解析を行うことが可能になると考えられます。

EUV データの他に、検出器で得られた電圧パルス値の統計データ(パルスハイトデータ)や、FOV の二次元データをデータプロダクトとして定義しました。パルスハイトデータは、検出器特性の較正に使用します。これらの観測データの他に、観測機の視野情報や、衛星の軌道・姿勢を計算するためのツール(SPACE ツール)で使用される、SPACE カーネルと呼ばれるデータもアーカイブに登録する予定です。

上記の EUV と FOV のデータに関しては、科学画像データフォーマットとして広く採用されている FITS フォーマットでデータファイルを生成する予定です。EUV に類似した探査機データとして、土星探査機カッシーニ搭載の UVIS という紫外分光器のデータが、NASA の Planetary Data System (PDS) に登録されています。UVIS データの実体は、観測器チームが定義した独自のフォーマットであるため、ユーザは関連ドキュメントでフォーマットを確認し、データ読み出しのためのプログラムをわざわざ準備しなくてはなりません。この様な現状を受け、SPRINT-A/EXCEED では、汎用の FITS フォーマットでデータを記述することで、多くのユーザが簡単にデータ解析できることを目指しています。

4. データ処理パイプライン

観測機器チームとの議論を通して、テレメトリデータから高次の二次元スペクトルデータまでのデータプロセッシングの案を図式化しました。この処理過程では各データレベルに応じて、観測機器チームの用意した較正表などをもとに、波長・空間・発光強度の絶対値較正をし、光子の到来方向を観測器の座標系から衛星の座標系へ変換する処理などを行います。座標変換は、生成した SPACE カーネルを用いて行う予定です。

5. 今後の予定・課題

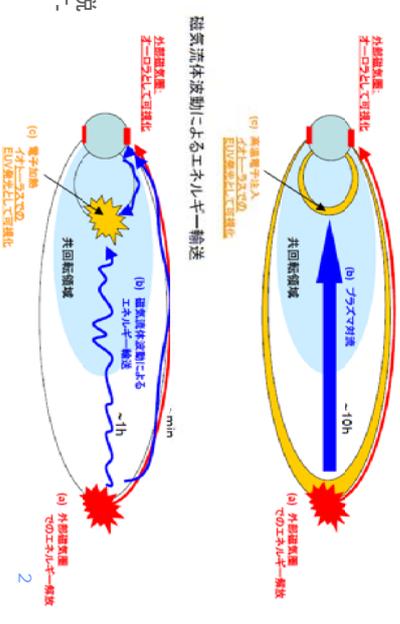
現在 SPRINT-A/EXCEED ミッションは、2013 年度上半期の打ち上げを目標に開発が進行しています。本データアーカイブでは、それに向けて設計・開発に取り組んでいます。今後の予定・課題としては、

- ・ 各プロダクトレベルにおけるヘッダ情報の詳細確定
- ・ データ処理スケジュール確定
- ・ 高次データ処理ツール検討・開発
- ・ PDS 登録検討
- ・ データベース実装

などが挙げられます。より多くのユーザに、迅速・簡便にサイエンスを行っていただける環境・サービスを提供できるよう、設計・開発に取り組んで行ければと考えております。

SPRINT-Aの科学目標

- ① 木星イオトロープスのSpectrum から背景電子温度を導出する
- ② 金星または火星の酸素イオンの流出率の上限値を求める
- ③ 木星磁気圏へのエネルギー流入ルートを明らかにする
- ④ 金星または火星の炭素イオンと窒素イオンの流出率の上限値を求める



図：トロープス（共回転領域深部）とオーロラ（外部磁気圏）が時間差をもって明るくなることを説明するモデル（SPRINT-A提案書より）

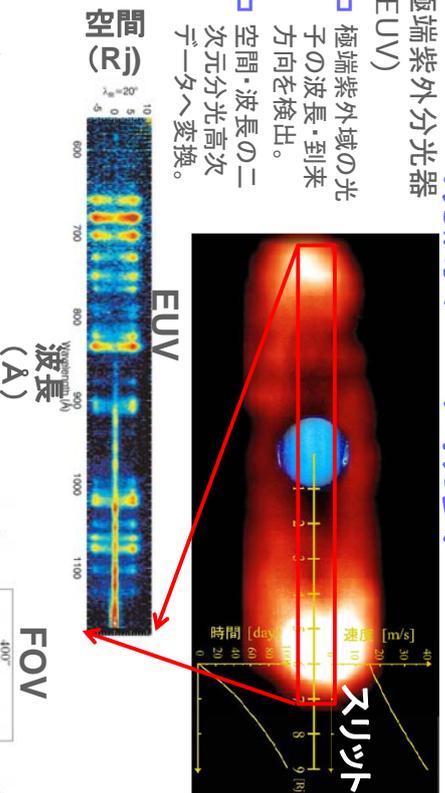
第11回宇宙科学シンポジウム
P2-O22

SPRINT-Aの科学データアーカイブ設計の現状

○木村智樹 (JAXA/ISAS), 山崎敦 (JAXA/ISAS), 鍵谷将人 (東北大・理), 土屋史紀 (東北大・理), 吉川一朗 (東大・理), 吉岡和夫 (立教大), 山本幸生 (JAXA/ISAS), EXCEEDチーム

観測データ概要

- 極端紫外分光器 (EUV)
 - 極端紫外域の光子の波長・到来方向を検出。
 - 空間・波長の二次元分光高次データへ変換。



- 視野ガイドカメラ(FOV)
 - 分光器のスリットへ入射する像を二次元画像として検出。
 - CCDの二次元画像データ。
 - 観測天体の重心測定に使用。

データプロダクト-EUV

□ 極端紫外分光器 (EUV)

	説明
L0データ	検出された光子の検出器上における位置、検出時間の時系列データ
L1aデータ	検出された光子の波長 (nm)、到来方向 (arcsec)、検出時間の時系列データ
L2aデータ	固定の積分時間で得られた、波長 (nm)・空間 (arcsec)に対する発光強度 (Reyleigh/nm) 二次元分布。OLデータ。

- 発生データ量(半日間観測した場合): 12Byte x 250 HZ ~ 130MByte/day
- パルスハイトデータ(校正データ)
- 光子検出信号の電圧値頻度分布

データプロダクト-FOV,その他

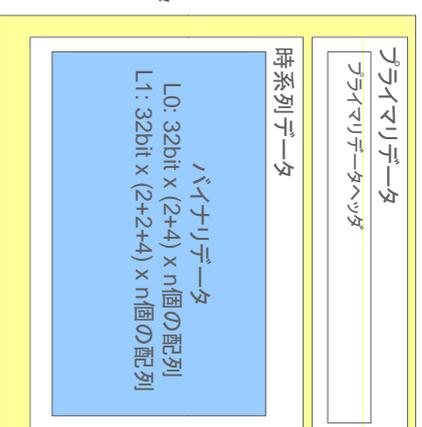
- 視野ガイドカメラ (FOV)

	説明
L0データ	CCDの二次元データ(512pixel x 512 pixel, 運用ごと)
L1データ	CCDの二次元データ(512pixel x 512 pixel, ターゲットごと、1日ごと)

- 発生データ量(半日間観測した場合) : ~65KByte x 0.04 Hz ~ 110MByte/day
- SPICEカーネル
 - 標準ツール(NASA/NAIF SPICEツール)で行う衛星座標計算、観測機器視野計算等に必要データ。

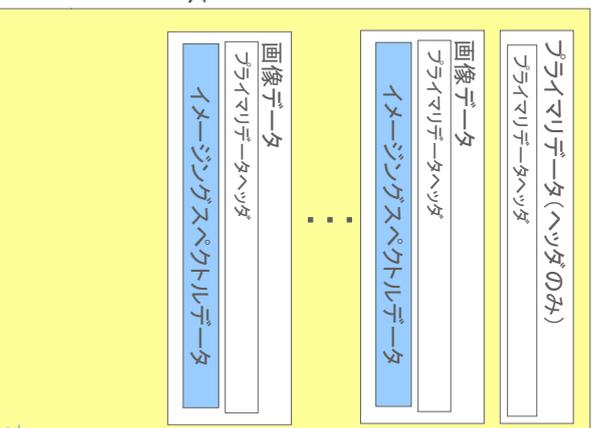
EUV L0, L1データ

- L0: 検出器上の光子検出位置 + 検出時間の時系列データ
 - プライマリデータ
 - データサイズ情報
 - 観測時刻(TI)
 - センサレトリ情報
 - 軌道情報
 - 時刻データ
 - 日付、時刻: 光子位置に対応する時刻データ 32bit x 2 x n個
 - 光子位置に対応する4chの電圧データ 32bit x 4 x n個
- L1: 光子の波長・到来方向 + 検出時間の時系列データ
 - プライマリデータ
 - 時刻データ 32bit x 2 x n個
 - L1: 光子位置x,yとクォータニオン(4次元)の時系列データ 32bit x (2+4) x n個



EUV L2データ

- EUV L2データ: 固定積分時間の二次元スペクトルデータ(OLデータ)
- プライマリデータ
 - ヘッダのみ
- 画像データヘッダ
 - 画像サイズ情報
 - 観測時刻(TI)
 - センサレトリ情報
 - 軌道情報
 - 積分時間
 - 視野四隅のジオメトリ情報
- 画像データ x n枚
 - image data extension x n枚
 - 発光強度値(16bit) x 40(pixel) x 500(pixel)



FOVデータ

- FOV L0データ: 二次元画像データ(運用ごと)
- FOV L1データ: 二次元画像データ(ターゲットごと、1日ごと)
- プライマリデータ
 - ヘッダのみ
- 画像データヘッダ
 - 画像サイズ情報
 - 観測時刻(TI)
 - センサレトリ情報
 - 軌道情報
 - 積分時間
 - 視野四隅のジオメトリ情報
- 画像データ x n枚
 - image data extension x n枚
 - カウント値(16bit) x 512(pixel) x 512(pixel)

