

SPRINT-A / EXCEED アーカイブの現状

木村 智樹（宇宙科学情報解析研究系プロジェクト研究員）

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
いく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 (図2参照)。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。

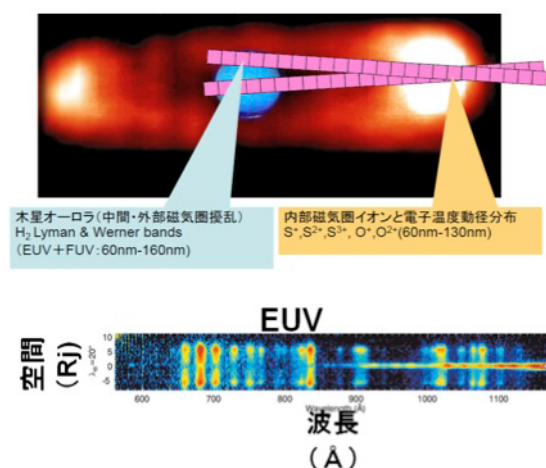


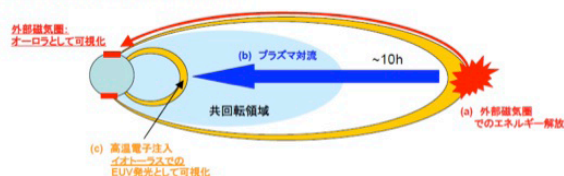
図2：SPRINT-A/EXCEED 搭載紫外分光器 (EUV) の観測イメージ (左) と、得られたスペクトルデータの模式図 (右)

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。以
下に SPRINT-A/EXCEED の科学目標と、現在取り組んでい
るデータアーカイブ設計の現状についてお知らせいたし
ます。

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、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 (図1) 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。

プラズマの対流による高温電子の輸送



磁気流体波動によるエネルギー輸送

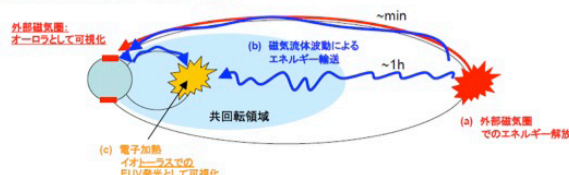


図1：2つの自転駆動磁気圏エネルギー輸送シナリオ

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場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
逸の時間発展が未解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、

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。

[裏へ続く]

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)。

表 1: EUV のデータプロダクト

	説明
L0 データ	検出された光子の検出器上における位置を示す電圧値 (4ch)、検出時間の時系列データ。
L1 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。
L2 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 (Reyreich/nm) 二次元分布。QL データ。

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 (SPICE ツール) で使用される、SPICE 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 (図 3 参照)。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。



図 3: EUV の L0・L1 データフォーマット概念図 (左) と、L2 データフォーマット概念図 (右)

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 (図 4 参照)。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 SPICE カーネルを用いて行う予定です。

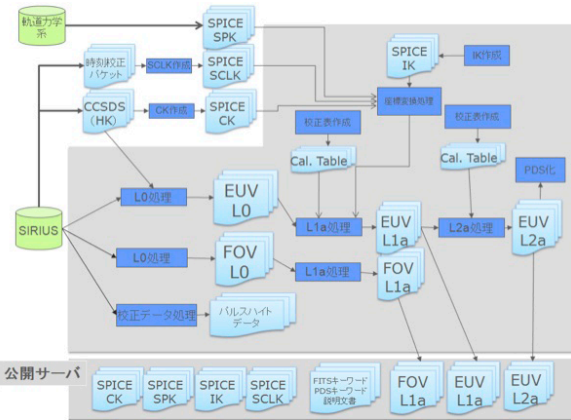


図 4: データ処理パイプラインの案

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。