

SMILES のデータ処理について

佐野 琢己 (ISS プロジェクト室)

1. はじめに

本稿では、国際宇宙ステーションの日本実験棟「きぼう」に搭載される「超伝導サブミリ波リム放射サウンダ」(SMILES)とそのデータ処理について紹介します。

STS-127 での若田宇宙飛行士の活躍により、今年(2009 年)7 月に「きぼう」が完成したのは記憶に新しいところですが、SMILES はこの完成した「きぼう」の船外実験プラットフォーム 曝露実験ポート(3 番)に取り付けられ、地球大気の観測を行います。

現在、SMILES の観測により研究を進めるべき大気科学の課題としては、無機塩素化学(オゾントレンドを捉えるための ClO/HCl 比率・ HOCl 生成量、従来は観測が困難であった ClO の背景値を把握するための ClO 分布観測など)、臭素収支(成層圏オゾンの回復期における化学反応で重要な鍵となる)、人工衛星等で観測した成層圏・中間圏 HOx の数密度が大気の光化学モデルによって再現できない問題への寄与など、オゾン化学を中心とした成層圏化学に重点をおいています。いわゆる「オゾン層問題」への取り組みが多くを占めています。

オゾン層問題というと、とかく地球温暖化問題の陰に隠れて「過去の環境問題」と捉えられがちですが、現在でも大気中のオゾンに関わる化学過程などには不確定な部分があり、また回復に向かっているというオゾン層の動向予測についても諸説が分かれている状況です。従って、現在でも SMILES の観測によるこの問題への貢献は少なくないと考えられます。

2. SMILES ミッションの概要

SMILES ミッションは JAXA と情報通信研究機構(NICT)との協力により行われているもので、「4K 機械式冷凍機と超伝導技術を用いたサブミリ波リム放射サウンダ」の技術実証と、「成層圏大気微量気体成分のグローバルな時空間分布」の観測実験という二つの側面をもっています。

JEM に搭載された SMILES は、超伝導ミキサにより、大気微量分子が発する微弱なサブミリ波帯の電磁波を検出します。この超伝導ミキサは、機械式冷凍機により 4K にまで冷却することで理論的な限界近くにまで熱雑音を抑制することで、これまでになかった高感度のサブミリ波検出に寄与するものです。宇宙におけるサブミリ波帯の利用実証や超伝導技術の利用及びそれを可能とする 4K 機械式冷凍機の実現は、通信・材料・

生体など広範囲な分野への大きな波及効果が期待されます。

観測にあたっては、地球大気の縁方向(大気を横から透かして見る方向)にアンテナを向けて、上下にスキャンを行い、さまざまな高度の大気からのサブミリ波が畳み込まれた強度を輝度温度スペクトルとして観測します。このスペクトルの信号をリトリバルアルゴリズムによって逆問題として解き、接線高度における複数種の大気微量分子の高度プロファイルと同時に導出します。観測の高度分解能は約 3km、高度範囲は測定対象によって異なりますが、上部対流圏から下部中間圏(10km ~ 60km)が主なターゲットとなると考えています。観測の 1 スキャンには約 1 分を要するため、約 90 分で地球を 1 周する ISS からは一日あたり約 1,600 点での観測データを取得することができます。これらの観測データにより解明すべきサイエンスについては、JAXA が編成したサイエンスチームにおいて、取り組みの計画を議論しています。

SMILES ミッション運用期間は、概ね 1 年間を想定していますが、機械式冷凍機をはじめとする SMILES の装置の各コンポーネントが動作している間は、可能な限り観測を継続したいと考えています。

3. 地上データ処理システム

SMILES のデータ処理システムは、低次データ処理部(DPS-L0/L1)及び高次データ処理部(DPS-L2)に大別されます。

(1) DPS-L0/L1

DPS-L0/L1 は、レベル 0 及びレベル 1 データ処理を担うシステムです。

JEM から配信されるパケットデータを再構成して SMILES ミッションデータ(L0 データ)を生成します。さらに、L0 データから分光データと各種補助データを抽出し、校正処理を行い、輝度温度スペクトルを算出します。これが L1b データとなります。

L1b データの保管は、筑波宇宙センターに設置されている L1b 配布サーバが主に担うこととなっており、このデータは、スペクトル自体の特性に興味をもつ研究者に提供されます。

(2) DPS-L2

DPS-L2 は、L1b データから大気微量分子の濃度の高度分布を導出する部分です。はじめに forward model で微量分子の仮定した高度分布から輝度温度スペク

[裏へ続く]

Colombo」といった具体的に打ち上げが決まったミッションから、「はやぶさシリーズ」や「かぐやシリーズ」、火星探査機「MELOS ミッション」なども視野に入れてデータアーカイブを行っていくことになります。

衛星開発とアーカイブシステム

現在のインターネットに関する技術は日進月歩です。その一方で衛星開発にかかる期間は5年から10年を要します。この間、インターネットを含めた情報科学の技術はどんどん進歩していきます。したがって長期に渡って変化しない部分と、随時変化を繰り返す部分と二つに分けて管理することが重要となります。

またDARTS月惑星では、RESTfulという考え方を踏襲して、1プロダクト1URLを原則にデータを保持することを目指して構築しています。しかしながらPDSでは1プロダクトを構成するファイルは必ずしも1ファイルとは限らないため、複数のファイルを1つのファイルにまとめるか、指定したURLがディレクトリを指し示し、そこに必要なファイルが含まれるようにするなどの方式を採用しています。

月惑星科学分野の方向性

惑星探査機にはさまざまな観測機器が搭載されます。月惑星科学データアーカイブを構築するにあたり、行うべき事柄は二つです。一つは後世に渡ってデータを利用可能な状態で保存すること、もう一つはデータに対するサービスを提供することです。

月惑星科学分野において、前者の「保存」に関してはNASAの開発したPlanetary Data System (PDS)が現在のところ最も優れています。ただしサービスという観点では、まだまだ開発の余地が十分に残されており、PDSでアーカイブされたデータに対してどのようなサービスが提供可能なかを模索していくことになります。

DARTS 月惑星科学フロントエンド

フロントエンドとしては、DARTSが提供するの現在のところ3つのサービスとなります。

- (1) 小惑星探査機「はやぶさ」のデータ公開
- (2) SPICE カーネル配信
- (3) Planetary Data Access Protocol サービスです。

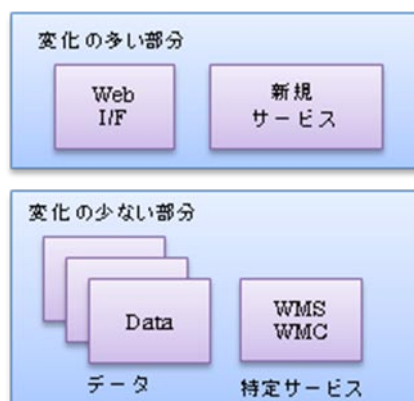


図1 変化の度合いによる分離



図2 DARTS 月惑星科学

はやぶさデータアーカイブシステム

これまでも「はやぶさ」データアーカイブシステムが公開されていましたが、将来のシリーズ化を考慮して作られていませんでした。そこでまず「データ」と「システム」の分離を行い、データに関しては自動バックアップが取られる外部NASを利用することで、データに対するリスクを最小限に抑えています。この外部NASは他のDARTSの科学衛星データと共通のため、C-SODAのハードウェアリプレース時に維持されます。月惑星科学に関する担当者が最悪対応しなくなったとしても維持されることが保証されます。またデータ部でないウェブサイトそのものはC-SODA内で利用しているバージョン管理ソフトウェア (Mercurial)で行っています。したがって実際のハードウェアリプレースの際には、まずデータ構造をそのまま移行し、次にバージョン管理ソフトウェアからウェブサーバの所定のディレクトリにチェックアウトしてもらうことでデータ移行が行えるよう設計されています。

SPICE カーネル配信

SPICEとは衛星の補助情報（時刻、位置、姿勢、観測視野など）を取り扱うためのシステムです。SPICEで取り扱うデータのことをSPICEカーネルと言います。現在は「はやぶさ」が小惑星イトカワへ到着した後のSPICEカーネルが用意されていますので、カメラの方向など、簡単に計算することができます。年度内には月周回衛星かぐやのSPICEカーネルも準備する予定ですので、ユーザは月周回シミュレーションや、任意の時刻での衛星直下点の緯度経度、太陽高度などを計算することができますようになります。

Planetary Data Access Protocol

研究者の間では、惑星科学データをミッションを横断してデータ検索・取得を行いたいという要求があります。近年のどの衛星においても、自分の欲しいデータを検索して取得するシステムがありますが、これを国際的に標準化するための仕組みがPlanetary Data Access Protocol (PDAP)になります。PDAPは技術的に

[裏へ続く]

はウェブサービス分類され、HTTP 上の GET/POST のパラメータで検索要求を与え、XML の応答を返してきます。PDAP を使うことで、JAXA のデータだけでなく、NASA や ESA のデータも同様に検索することが可能となります。PDAP は現在開発中であり、International Planetary Data Alliance (IPDA; 国際惑星データ連合) の元、仕様の策定を行っています。

その他のデータアーカイブ

JAXA の探査機以外でも、Apollo のデータは世界に散在して存在しており、その一部を JAXA で保有しています。このデータの利用価値については最近データマイニングと呼ばれ、最新の解析技術等を利用して再解析を行うことで、新たな研究成果を挙げる事が可能と考えています。

また「はやぶさ」のリエントリーカプセルが無事に小惑星サンプルを持ち帰って来た暁には、実験室データをどうアーカイブし、どう公開するかは重要

な課題と言えます。NASA でサンプルリターンをした Stardust ミッションと情報の共有と、それらを後世に正しく残す方法についてはしっかりと議論して、システムとして残すことが望ましいと考えています。

将来構想

DARTS に置かれているデータは単なるデータ置き場としてだけでなく、サービスと絡めることで有用に活用可能と考えています。他の分野では解析端末が用意されており、DARTS のデータに直接アクセスが可能となっています。「かぐや」のデータは特に 100TB 近くを占め、すべてをダウンロードして解析することはほぼ不可能です。したがって解析端末を準備しデータの直接アクセス可能な環境を構築する予定でいます。また解析端末とは別に、実際にブラウザ上で動作可能なサービスも展開する予定でいます。DARTS 月惑星科学が研究促進の良いツールとして認識されるよう、構築していく予定であります。

平成 21 年度 C-SODA 一般公開報告

岡田 尚基 (C-SODA)

本年度の JAXA 相模原キャンパス一般公開が 7/24, 25 の 2 日間にわたって行われました。24 日は平日でしたがお子様連れの方で賑わい、結果的には 2 日で 13,000 名を超える来場がありました。

C-SODA 科学データ利用促進グループでは、昨年に引き続き「宇宙の“お宝データ”を探せ」をテーマに出展しました。私たちのグループでは日本の科学衛星が観測したデータを保管し、「DARTS」web ページから世界へデータを公開しています。衛星がどういうデータをもたらし、それによってどういうことがわかるのか。一般の方々にも一目でわかっていただけるように、一般公開では表に図や写真、裏にその説明を書いた「お宝カード」を用意しました。カードは昨年のもので、この 1 年で新しく観測されたデータを加え計 37 枚となりました。中には太陽観測衛星「ひので」が 2 日前

にとらえたばかりの、日食の画像についてのカードもありました。このカードに書かれた内容から子供向け・大人向けの 2 種類のクイズを出したのですが、小学生から大人まで多くの方に解いていただき、合わせて約 1,000 枚が出ました。クイズを解き終わった後に、カードだけを真剣に読んでいる方や、「カードを売って欲しい」という方までいらっしゃり、好評な企画だったようです。

カードの他にも、実際に DARTS の web ページを操作し、研究者が行っているデータ解析を体験できるコーナーを用意しました。こちらは大人の方を中心に熱心な方が操作を行いながら研究者に質問をする姿が見られました。

今年の一般公開では、「ミニミニ図鑑」という新しい全体企画がありました。これはブースごとのリーフレットを集めてバイндаに閉じることで、相模原キャンパスで行われている活動についての図鑑ができあがるというものです。私たちのブースでは、DARTS を含めた科学衛星データ処理を支えるシステムと、DARTS に入っているデータについてのリーフレットを作成し、約 3,700 枚を配布しました。一般公開中は皆さんブースを巡るのに精一杯だと思いますので、後でじっくりご覧になって、相模原キャンパスで何が行われているのか、知っていただくのに役立つのではと思います。



編集発行：宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究本部 科学衛星運用・データ利用センター

〒229-8510 相模原市由野台 3-1-1 Tel. 042-759-8767 住所変更等 e-mail: news@plain.isas.jaxa.jp

本ニュースはインターネットでもご覧になれます。http://www.isas.jaxa.jp/docs/PLAINnews

●編集後記：夏休み、府中のプラネタリウムに、子供たちと「Hayabusa back to the earth」を見に行ってきました。いやー、良かったです！でも、子供たちがそのあと見た「ボルト」のほうが良かったと言ったのには、ちょっとがっかり。(K.E.)