

2008.2.13/No.172

新「かぐや (SELENE)」観測機器計画立案

山本 幸生 (PLAIN センター)

はじめに

愛称「かぐや」で知られる月周回衛星 SELENE は科学観測機器 14 種類と動画撮像が可能なハイビジョンカメラの計 15 種類の観測機器が搭載されている。過去の科学衛星と比較して観測機器の搭載数が多いため、その運用方法と関連するシステムについて紹介する。

運用概要

SELENE の運用は他の衛星同様「バス系」「ミッション系」と分類される。バス系では衛星の軌道や高度、姿勢、衛星の温度などに対して制御を行い、ミッション系では各観測機器の運用を行う。SELENE の通常の運用では衛星の Z 軸が月心方向を向いており、月面を観測する機器は常時衛星直下を観測していることになる。そのためバス系の主な制御は軌道維持、姿勢（月心指向の）維持、アンローディング、ハイゲインアンテナの制御となる。ミッション系の制御は各観測機器によって様々である。これらの制御を行うために SELENE では「リアル」「ストアード」「タイムライン」の 3 種類のコマンド発行方式がある。リアルコマンドは運用者が管制卓から直接コマンドを発行するものであり、通信回線の確立やデータレコーダの再生、緊急時のコマンドなどはリアルコマンドを用いて実施する。ストアードコマンド、タイムラインは両者とも指定時刻にコマンドを実行させるための仕組みである。両者の違いは数量である。タイムラインは大量のコマンド群を登録できる代わりに一定の塊としてのみ登録可能である。一つ二つのコマンドを登録する場合にはストアードコマンドを用いるが、登録可能な数量はタイムラインと比較して少ない。ミッション系の観測機器の計画立案は全て「タイムライン」上に計画することを方針としている。

計画立案

SELENE では年間を通した計画を「年間計画」、また 2 ヶ月先の計画を「長期計画」とそれぞれ呼んでおり、計画の概要については予め会議を開催し連絡している。これはある機器固有の観測計画が他の機器の観測に影響を与える可能性を考慮したものであり、例えば電力やデータ送信レートなどのリソースや、観測地点の変更するための姿勢制御などを事前調整することを

目的としている。

実際に衛星管制装置に登録するファイル（コマンドインターフェースファイル；cmdi）を作成する作業を「短期計画」と呼んでいる。バス系の立案とミッション系の立案はほぼ独立に作業可能であるため、それぞれ独立に計画の立案・チェックを行い、最後にマージしたのち最終確認を行う。ミッション系は観測機器の数が多くチェックするために時間を要するため、短期計画をさらに「短期計画 1」「短期計画 2」と分離し二段階で立案作業を実施している。

短期計画 1 はミッション系として問題のない立案であることを確定する作業である。観測機器チームは 1 週間に 1 度、計画立案のために運用要求言語（ORL）で記述されたファイルを作成する（図 1）。軌道情報はそのまま利用が困難なため、軌道情報から導かれる「イベント時刻対応表」を利用する。イベント時刻対応表はその名の通り「時刻」と「イベント」を対応させたものである。イベントの種類としては昇交点通過や北極通過などの月面上の位置や、日陰日照などの観測条件、地上のアンテナと SELENE がリンクできるかどうかなどの条件、更にはアンローディングや観測禁止区間などシステム側で規定した人工的なイベントを含んでいる。

観測機器チームはイベント時刻対応表を所定のファイル配信用端末から取得し、立案期間の計画を ORL ファイルとして作成し、ORL 登録装置に登録する（図 1）。各観測機器から登録されたファイルはブリチェック装置に集約され、ミッション系計画立案担当者が ORL ファイル群を ISACS と呼ばれるコンパイル装置でコンパイルすることによって cmdi ファイルが作成される。ここで作成された cmdi ファイルはミッション系計画立案担当者がチェックするとともに、観測機器チームへと配布され、問題がある場合には再度登録してもらうことになる。

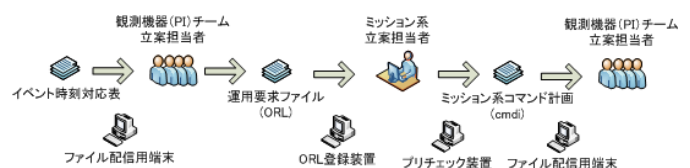


図 1: 短期計画 1 による計画立案登録フロー

[裏に続く]

衛星を危機的状況に陥らせないか、また異なる観測機器同士で排他条件になっていないかなど、観測機器チームだけでは確認が困難な項目についてはミッション系立案担当者が確認を行う。そのため短期計画1は計画立案期間の約2週間前に立案を開始し、1週間前には計画を確定する方針で運用を行っている。

短期計画2は短期計画1で確定したミッション系の計画をバス系とマージするための作業である。最新の軌道情報を用いるため立案期間の2,3日前に実施する。そのため短期計画1で使用した2週間以上前の軌道情報とは幾分かのずれが生じる。この差異を吸収するために、観測機器チームは「昇交点通過時刻からの相対時刻」を用いて立案するルールとなっている。また精度の高い軌道情報を必要とするハイビジョンカメラによる地球撮像計画や、他の機器との調整が不要なデータレコーダの運用は短期計画2で立案している。短期計画2は短期計画1と異なり週に2回軌道情報の更新とともに実施している。

実際の作業は図2で示す通りである。まずミッション系は最新軌道によるイベント時刻対応表と確定したミッション系運用要求ファイル(ORL)を使用してミッション系のみコマンド計画を立案する。このとき軌道のずれによって問題が生じることもある。またデータレコーダのORLについてはミッ

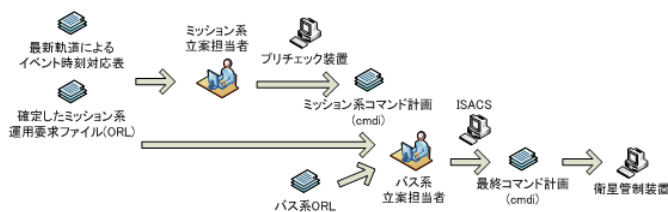


図2: 短期計画2によるバス系・ミッション系マージフロー

ション系の計画立案担当者が作成し立案を行う。バス系とのマージ作業についてはORLベースで行い、バス系の立案担当者によってISACSを用いてコンパイルされ最終的に衛星管制装置に登録されるcmdiファイルが作成される。

現在の問題点

観測機器チームとの十分な調整期間を設けたことが、立案時と実際の運用時の軌道ずれを拡大化してしまっている点あげられる。例えばアンローディング中はガスが噴射されるため高圧機器はOFFとなるように立案しているが、軌道がずれた場合にはアンローディング中に高圧機器がONのままであるケースが発生する。もちろん本計画がタイムラインとして採用され実行されたとしても、衛星の自律化機能によってアンローディング前に確実にOFFされるのだが、自律化機能によってOFFされた場合には通常の手順とは異なるため高圧機器の再立ち上げを行う必要がある。実際にはこのようなケースは短期計画2で綿密にチェックされるため非常に稀であるが、短期計画2では観測機器チームとの調整時間が短く、必ずしも適切に取れるとは限らない可能性がある。その場合はコマンドを削除せざるを得ず、「衛星の正常状態を保つ」という意味では問題とならないが「観測機会の喪失」という意味では深刻となる。

最後に

SELENEにおける計画立案は周回型の衛星や観測機器を多く持つ衛星では応用が効くと考えている。SELENEの経験は運用要求言語の改訂や観測機器チームとの調整方法の改善を示唆しており、今後多くの衛星でより運用負荷の少ないシステムを構築できれば幸いである。

“JUDO” しまししょう！

村上 弘志 (PLAINセンター)

今回は、PLAINセンターが開発している新しい衛星データ表示ツールの紹介をさせていただきます。それはJUDO -- “JAXA Universe Data Oriented”^{*1} です。“JUDO”は、機能からいうと“科学衛星データ全天マッピングシステム”とでも表現するのがふさわしいでしょうか。Google Earth (Sky)のように、科学衛星データを天球上に配置しマウス操作で移動・拡大を自由に行なうことができるすぐれものです。これによりデータの一覧性が劇的に向上しました。

現在のバージョンでは、まず「すざく」のデータを取り込み、公開しています。

さあ、<http://darts.isas.jaxa.jp/astro/judo/> を

訪れてみて下さい！！

ウェブブラウザ上で動作するため、URLを打ち込むだけで使うことができます。

初期画面では、全天マップ上に「すざく」の観測領域が示されます（図1）。多くの天体が集中しているのが銀河面ですが、銀河座標系のほか赤道座標系、黄道座標系が選択できます。ここからドラッグやダブルクリックなどで視野中心の移動ができ、ホイールやスライドバー、“+”、“-”ボタンで拡大縮小ができます。ある程度以上の拡大率になると観測視野が現れ、さらに拡大すると擬似カラーイメージが描かれます。図2にいくつかの天体のイメージを載せます。エネルギー

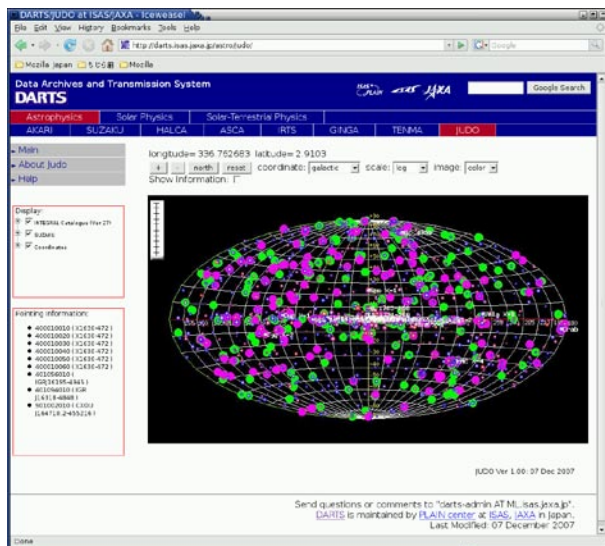


図 1：JUDO のトップ画面。デフォルトでは銀河系座標で、ピンク（公開データ）や緑（未公開データ）の点が観測視野

帯で RGB に分けて合成イメージを作成しており、天体の明るさだけでなくエネルギースペクトルの特徴もつかむことができます。超新星残骸は比較的低エネルギーが低いいため全体的に赤っぽく見えます。銀河系中心部は低いエネルギーの X 線が銀河面の物質により吸収されてしまうため、逆に青っぽく見えています^{*2}。

また、“Show Information” ボタンを使うと、画面内にある天体の一覧が表示されます。ここから名称や観測 ID で絞り込むこともでき、興味ある天体をすぐ見付けられます。この天体一覧は、観測情報や DARTS ftp サイトへのリンクも兼ねています。気になる天体があったらぜひチェックしてみましょう！残念ながら公開前で見られないデータだった場合は、観測情報ページで公開日を確かめて、またおいで下さい。

さらに、すざくのイメージを重ねて INTEGRAL General Reference Catalog^{*3} を表示することもできます。既知の天体の場所と比較することで、バーストなどの突発現象も一目瞭然です。

このような基本機能に加え、目立たないところでも妥協を許さない作りになっています。観測視野内にマウスポインタが入ると天体名が表示されますが、この位置判定は厳密に行なわれています。視野が重なりあっている場合も、知りたい視野を正確に教えてくれます。

技術的には、Google map などで有名になった Ajax を使用しており、滑らかな動作を実現しました。ただし、特にアクセスが集中する時間帯などは描画更新時に重く感じることもありますので、複数の計算機での並行処理による高速化を検討しています。

また、すざくの観測データベースを参照することで、

新規公開データの即時導入も可能にしました。実際にデータを公開している PLAIN センターならではの機能です。公開日の当日か翌日にはもう画像を見ることができますので、公開データをいち早くチェックする用途としても十分実用になうでしょう。ぜひお使い下さい。

以上簡単に紹介してきましたが、“JUDO” はきれいな天体写真を楽しむ、公開データから未発見のお宝を探す、観測提案のため未観測領域を確認する、など使い方は様々です。また、ブラウザだけで動作し特別なツールを必要としない、ということから研究者に限らず、一般の人でも抵抗なく使えるのではないかと思います。教育での利用や、単に衛星のデータを眺めて楽しむだけでも、多くの人に使われることを願っています。

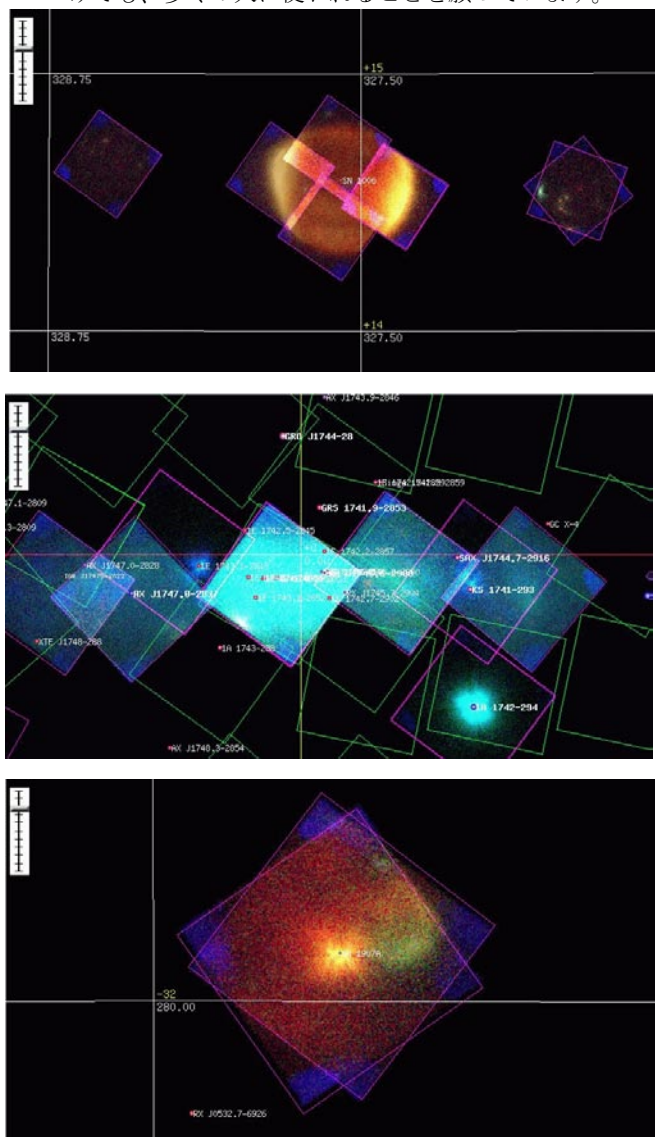


図 2: JUDO で見た様々な天体（上）SN1006（超新星残骸）（中）我々の銀河系の中心部（下）SN 1987A（超新星残骸）超新星残骸は赤っぽく、銀河系中心部は青っぽく見えるなど、エネルギースペクトルの特徴もとらえることができる。

将来的には、「あかり」や「MAXI」など全天サーベイ衛星のデータを取り込む予定です。波長ごとの違いを比較することもできるようになり、ますます用途が広がることでしょう。

“JUDO”の今後にぜひご期待下さい。

*1 外国の方々にも覚えてもらうため、世界的に有名な日本語を略語としました。世界中で使ってもらおうという心意気です。

*2 全ての視野で角に青く見えているのはエネルギー較正用のX線です。

*3 <http://isdc.unige.ch/Data/cat/latest/>

平成 19 年度 PLAIN センターシンポジウム 「データ解析技術の新展開」プログラム

高木 亮治 (PLAIN センター)

平成 19 年度宇宙科学情報解析センターシンポジウム
「データ解析技術の新展開」

<http://www.isas.jaxa.jp/docs/PLAINnews/2007sympo/info.html>

日時:平成 20 年 2 月 15 日 (金) 10:00 - 16:50 (終了時間は予定)

場所:宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究本部 相模原キャンパス 研究管理棟 (新 A 棟) 2 階会議室 A
(〒229-8510 神奈川県相模原市由野台 3-1-1)

=== プログラム ===

【座長:松崎】

・10:00-10:40 ビジュアルテキストマイニングの技術と応用

渡部勇 (富士通研究所)

・10:40-11:20 並列可視化とデータフュージョン

宮地英生 (㈱ケー・ジー・ティー)

・11:20-13:00 -- 昼食 --

【座長:高木】

・13:00-13:40 流体データに対するクラスタ解析とその応用

大林茂 (東北大学流体科学研究所)

・13:40-14:20 見せない可視化 --- 情報爆発を回避するための微分相幾何学的アプローチ

藤代一成 (東北大学流体科学研究所)

高橋成雄 (東京大学大学院)

竹島由里子 (東北大学流体科学研究所)

・14:20-15:00 知的可視化によるデータ解析

白山晋 (東京大学人工物工学研究センター)

・15:00-15:30 -- 休憩 --

【座長:海老沢】

・15:30-16:10 データ同化の基礎概念と基盤的計算技術

樋口知之 (情報・システム研究機構 統計数理研究所)

JST/CREST データ同化研究チーム

・16:10-16:30 階層ベイズ法を使った宇宙マイクロ波背景放射・前景放射の分離法の開発

茅根 裕司 (東北大学大学院)

・16:30-16:50 X 線天文衛星 Suzaku の撮像イメージの画像復元解析

杉崎睦 (理化学研究所)

釜江常好 (SLAC)

前田良知 (ISAS/JAXA)

宇宙研計算機、ネットワークに関するお知らせ

三浦 昭 (PLAIN センター)

●解析サーバ、相模原ネット関連

利用案内、申請方法:

解析サーバ

http://plain.isas.jaxa.jp/ana_servers/

ネットワーク利用

<http://www.pub.isas.jaxa.jp/> (相模原ネット内限定)

申請受付: 計算機室 山本 (RN.2103, 内線 8388)

下記の各申請を受け付けています。

・ISAS ドメインメールサービス

・解析サーバ (ISAS 内)

・相模原ネット接続等

計算機等利用上の質問・トラブルなどはシステム・プログラム相談室 (RN 2113・内線 8391) 迄、ネットワーク関係の質問・トラブルなどは PLAIN センター本田秀之 (RN 7306・内線 8073)、長木明成 (RN 2101・内線 8386) 迄お願いします。

編集発行: 宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究本部 宇宙科学情報解析センター (PLAIN センター)

〒229-8510 相模原市由野台 3-1-1 Tel.042-759-8351 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: 今まで編集作業を主に担当してくれた秘書の M さんは、今月一杯で退職。長い間お疲れ様でした! それはさておき、20 数年ぶりに座禅を始めました。(K. E.)