

小型ソーラー電力セイル実証機「IKAROS」搭載 ガンマ線バースト偏光検出器 (GAP) の遠隔運用

米徳 大輔、村上 敏夫 (金沢大学 理工研究域)

1. IKAROS 搭載 GAP について

2010年5月21日に種子島宇宙センターから、金星探査機「あかつき」と共に小型ソーラー電力セイル実証機「IKAROS」が打ち上げられました。IKAROSは6月9日までに差し渡し20mの帆の展開に成功し、その後の運用で、太陽光圧によって探査機が加速していることを確認しています。IKAROSの最新成果については、イカロス専門チャンネルなどをご覧ください (http://www.jspec.jaxa.jp/ikaros_channel/)。さて、本稿はIKAROSに搭載されている理学観測機器「ガンマ線バースト偏光検出器 (GAP)」と、その運用について紹介したいと思います。

2. ガンマ線バースト偏光観測と GAP について

IKAROSの太陽と反対側の面には、金沢大・山形大・理研が開発したGAPという観測装置が搭載されています。宇宙最大の爆発現象であるガンマ線

バースト (GRB) の「ガンマ線偏光」という物理量を測定するのが目的で、このようなコンセプトを持った観測装置が人工衛星や探査機に搭載されるのは世界初となります。宇宙最大の爆発が、どのようにエネルギーを解放しているのか、どのように大量のガンマ線を作り出しているのかの解明に挑戦します。

GAPはIKAROSの打ち上げからちょうど1ヶ月後の6月21日に電源を入れ、キャリブレーションを進めてきました。7月7日には初のGRBを検出し、JAXAのプレスリリース (http://www.jaxa.jp/press/2010/07/20100714_ikaros_j.html)でも取り上げていただきました。これまでに、週に1発程度の頻度でGRBを検出していますので、今後は明るいバーストを待ちながら、世界初の確実な偏光検出を目指してデータ解析を進めていきます。

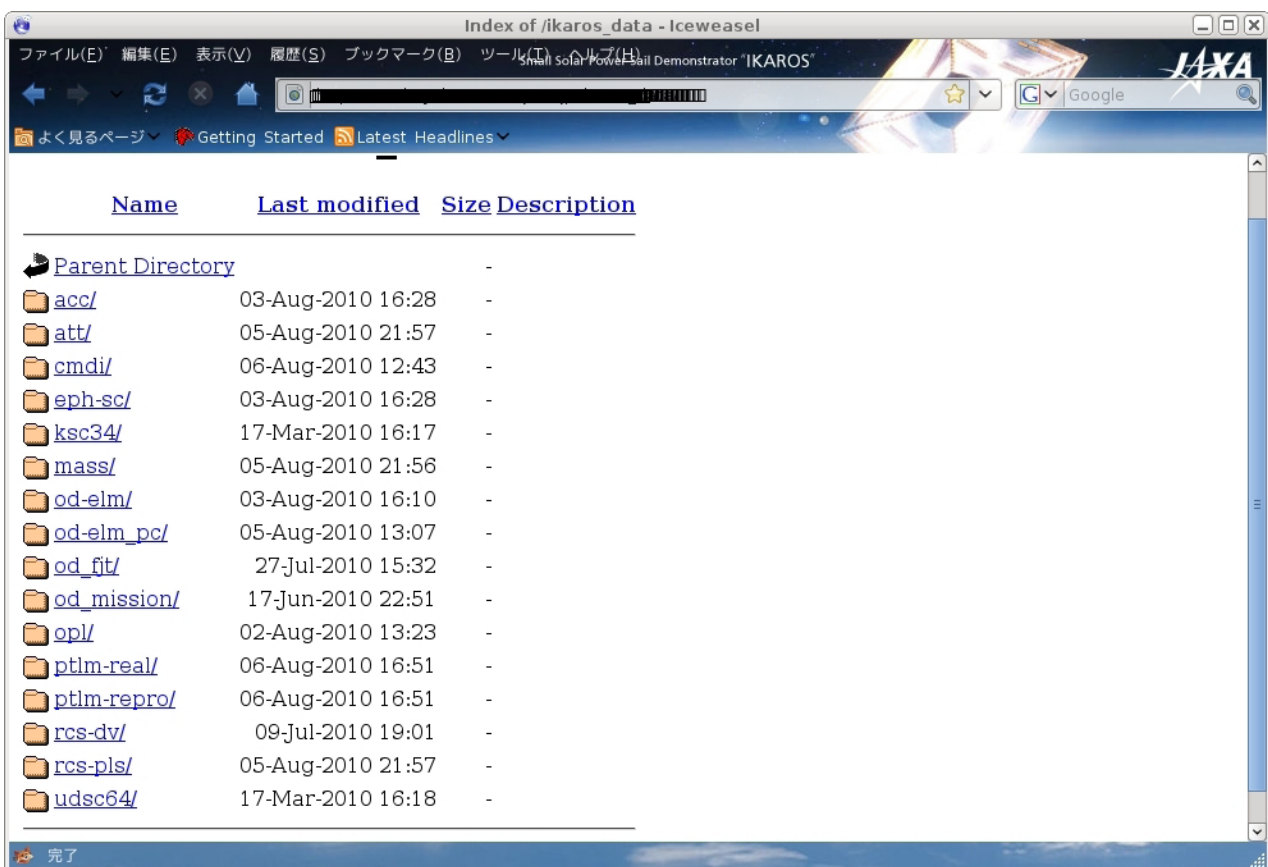


図1. IKAROS テレメトリを取得する蓄積領域。10分遅れの準リアルタイムで、最新のテレメトリデータを取得することができるほか、IKAROSの起動情報や衛星時刻などの科学データを扱うのに必要な情報も公開していただいている。

[裏へ続く]

3. 遠隔地での準リアルタイム QL

IKAROS 運用は、ほぼ毎日行われています。GAP の立ち上げ作業や、その直後の運用は JAXA 相模原キャンパスの運用室 (SSOC) から参加していましたが、大学では講義や実験・演習などがあり、SSOC に出張し続けるのは不可能です。出張費もかなり現実的ではありません。そこで IKAROS チームと科学衛星運用・データ利用センター (C-SODA) に協力をいただき、ISAS-SINET3 専用接続 (旧スーパー SINET 専用接続) を利用して、金沢大学でもクイックルック (QL) モニターしています。

まず IKAROS から取得したテレメトリデータを、約 10 分毎に金沢大学からもアクセスできる領域に公開していただきます (図 1)。10 分程度の時間遅延がありますが、約 7 時間の連続した衛星運用にとっては、ほぼリアルタイムと言えます。基本的には共通蓄積系から取得するデータフォーマットに準拠していますので、SSOC での運用に使う QL ソフトとほとんど同じものを使って、金沢大学でもモニターすることができています。同時に、衛星軌道や衛星時刻などの情報も公開していただいていますので、GAP の科学成果を議論するのに必要な情報は、ほとんどすべて遠隔からモニターできるようになっています。

図 2 に GAP の QL 画面の一部を示します。GAP の健康診断情報やガンマ線カウントレートの情報などが表示されています。SSOC で得られるデータは、すべて大学側でモニターできます。GRB を検出した場合はフラグ情報を見ればわかりますし、SSOC で GAP のテレメトリを取得した場合は、10 分後には何のデータをどこまでダウンリンクしたかが分かるようになっています。

遠隔地からの運用を安全に行うためには、SSOC と大学間での取り決めが重要です。日々の運用を可能な限り簡略化するのはもちろんの事、探査機を守りつつ科学データを失わないために、IKAROS 運用監督者をはじめ運用担当者との十分な意思疎通を取っています。一番重要なのは緊急事態への対応です。これまでのところ GAP の動作は極めて順調で、一度も緊急事態に陥ったことはありませんが、動作異常が見込まれたときは大学側の判断を待つ事無く、GAP-OFF することを了承しています。逆に、機器開発者でないとわからない異常が見受けられる際は、すぐに SSOC へ連絡できる体制を取っています。

これまでの運用を通して感じている事で、非常に不便な点があります。それは運用室の様子 (特に音声) を把握できない点です。音声を遠隔地へ



図 2. GAP データをモニターする QL 画面。ISAS-SINET3 専用回線を利用して、モニターしています。GAP の健康診断情報の他、センサーが検知したガンマ線レートなども可視化していて、約 10 分後には状態を把握出来ています。

飛ばすのは、技術的には簡単なことです。しかし、衛星運用室での会話や運用の進行状況は社外秘なので、実現できていません。衛星運用室は第一級の科学成果が生まれる現場ですから、IKAROSとしての科学成果と運用状態の細部が外へ流れる事は避けるべきです。一方で、GAPの科学成果は全く独立ですから、GAPに向けてコマンドが打たれたのか？今は計画外のコマンドをお願いしても大丈夫なタイミングなのか？のような、運用について知りたい情報が即座に音声で聞こえないのは辛いところです。

4. 将来の小型衛星シリーズ運用のモデルケース

さて、これから宇宙研が実現する「小型衛星シリーズ」では、我々のような遠隔地にある大学が主要な役割を果たすと思われる。運用も複数の拠点でモニターすることが想定されます。ですから、今回のIKAROS-GAPの運用は、そのモデルケースとなり得るかもしれません。

IKAROSは惑星間探査機ですから、テレメトリ量はそれほど多くはありません。打ち上げから間もない頃であっても100MByte程度でしたし、8月初旬の時点では10MByte未満となっています。運用時間も長いので、10分程度の遅延は全く問題にはなりません。

一方、近地球衛星を想定すると、データ量は1桁程度大きくなり、可視時間が10分程度と短く

なります。この10分間で遠隔モニターを成立し、その結果を運用へ反映できれば、どんな非常事態にも備えられそうです。衛星が地球をもう1周してから、約90分後の運用には十分間に合いそうですね。

先にも述べましたが、運用室での音声・映像・進行状況を遠隔でも把握できると良いでしょう。小型衛星シリーズなどでは、1つの科学成果に向けてチームが編成されていますから、その間での情報交換に制限は無いはずで、データや情報の漏えいが無いような環境の整備が重要となってくると考えられます。今後、GAPの運用を続ける中で、何らかの問題が発生するかもしれません。その事例が、次に遠隔運用を実施することになるユーザーの参考になれば良いと考えています。

5. おわりに

通常は、最新のテレメトリデータを、外部からアクセスできる場所に置く事はあり得ない話です。それを実現できているのは、IKAROSチームが若くてフレキシブルな考え方を持っている点と、C-SODAが非常にセキュリティーの高いISAS-SINET3専用接続を支えている点に尽きます（注：専用線はネットワーク上、ISAS内部扱いになります）。末尾になりましたが、このような環境を整えてくださったIKAROSチームならびにC-SODAのみなさまに心から感謝いたします。

H22年度 第一回 科学衛星運用・データ利用センター（C-SODA） 運営委員会 報告

海老沢 研（C-SODA 運営委員会副委員長）

2010（平成22年）年度第一回C-SODA運営委員会が7月29日、宇宙科学研究所A棟三階会議室にて開催されました。昨年度末の委員会で決定した通り（PLAINニュース198号参照）、今期の委員会のタスクは国内外の科学衛星データの公開・利用状況を調査し、それに基づいた今後の科学衛星データ公開・利用についての提言をまとめたレポートを作成することとなっています。それに向けて、今年度初めての会合となりました。出席委員は、JAXA外からは尾中（東大）、水本（国立天文台）、出村（会津大）、JAXA宇宙研内からは中村宇宙理学委員長、C-SODAからは篠原、松崎、山本、海老沢でした。

議論に先立ち、衛星データ処理やアーカイブに関連して、現在は分野や衛星ごとに用語がばらばらに使われていて、それがしばしば混乱をもたらすことがあることが指摘されました。それを防ぐ

ために、各分野で用いられている用語を精査・統一した上で用語集を作成し、それをレポートに含むことが合意されました。また、今後、衛星アーカイブ整備を進めていくためには、衛星プロジェクトの開発フェーズと独立にアーカイブのフェーズを定義すること、プロセッシング、アーカイビング、サービスの三つを明確に区別することの重要性なども指摘され、これらもレポートに書き込まれることになりました。

委員会に先立ってC-SODA内の委員によってレポートのドラフトが起草されましたが、それをたたき台として活発な議論が行われました。議論の結果、レポートには以下のような内容が盛り込まれることとなりました。

- 1) 宇宙科学データアーカイブの目的、現状とあるべき姿。
- 2) アーカイブに関する用語集。

[裏へ続く]

- 3) 各研究分野におけるデータ公開・利用の状況とあるべき姿。
- 4) あるべき姿に向けた提言。

提言においては、科学データ公開・利用に関して JAXA の科学衛星が従うべきいくつかの原則が示されています。また、C-SODA 運営委員会の後継となる「データ専門委員会（仮称）」が、各衛星プロジェクトのデータ公開・利用状況を、各段階に応じて、レビューすることが提案されています。

さらに、レビューの結果を衛星データ処理・アーカイビングにかけるリソースや予算要求、運用継続と関連づけることなども提案されました。今後、各委員が専門分野のレポートを持ち寄り、9月に開催予定の委員会でさらに議論を進め、詳細を詰めて行く予定です。本レポートが、今後の望ましい科学衛星データ公開・利用のあり方についての指針を示すとともに、それを実行する体制の実現に向けての第一歩となることを期待しています。

平成 22 年度 C-SODA 特別公開報告

木村 智樹（宇宙科学情報解析研究系）

本年度の相模原キャンパス特別公開が、7月30、31日の二日間にわたり開催されました。今年の特別公開では、6月に小惑星イトカワから地球に帰還したばかりの「はやぶさ」探査機のカプセルが、初めて一般の方々へ公開されました。先日の感動的な帰還劇による「はやぶさブーム」が強力に後押しして、二日間で計3万3千人を超えるお客様のご来場があったそうです。

C-SODA の展示ブースでは、今年も「宇宙の”お宝データ”を探せ」と題しまして、我々の運用しているデータアーカイブ「DARTS」の紹介や、DARTS で公開されている宇宙科学データにちなんだ「お宝クイズ」などを行いました。

お客様には、DARTS のデータなどから得られた、各分野の最新研究成果に関するカードをヒントにして、クイズに答えていただきました（カードは <http://darts.jaxa.jp/outreach/treasure> からご覧頂けます）。全問正解をした方には、お宝カードを景品としてお持ち帰り頂きました。今年も、大人向けの難易度の高いクイズと、お子さん向けの比較的やさしいクイズを用意しましたところ、ご好評をいただき、合計で1100名以上の方にご回答頂いた模様です。

今年はクイズの他に、DARTS 紹介のための新しい展示物として、「あけぼの」衛星で観測された太陽や地球の発する電磁波を、「地球と太陽が奏でる音楽」として音声化を行いました（<http://darts.jaxa.jp/music/>）。電磁波は周波数と振幅を持った「波」です。それを利用して、電磁波の周波数を音の高さに、振幅を音の大きさに変換して、音声化を行いました。地球のオーロラ上空からでる嵐のような音や、太陽表面の爆発に関連し



た輝きのある音など、多様な物理過程に対応した、多様な音楽を聴くことができます。

他の新企画として、「ひので」「ようこう」衛星の撮った太陽の X 線画像をカレンダー形式で検索できる展示を用意し、お客様の「生まれた日の太陽」を見ていただきました。ふたつの太陽観測衛星を組み合わせ、1991年から2010年現在までの約20年間にわたるデータが閲覧できるようになり（<http://darts.jaxa.jp/solar/data.html>）、多くのお客様に楽しんでいただけたようです。

会場には、DARTS で公開されているデータや、天文データ閲覧システム「JUDO」を紹介する、美しいムービー（<http://darts.jaxa.jp/outreach/treasure>）も流され、興味を持って見入ってくださるお客様もいらっしゃいました。

はやぶさの熱気に包まれた今年の特別公開は、本展示を含め、非常に多くの方に楽しんでいただけた様です。これを一過性のものとせず、来年以降もより多くの方へ宇宙科学研究所と DARTS について知っていただけるよう、特別公開へ臨んで行きたいものです。

編集発行：宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所 科学衛星運用・データ利用センター
〒252-5210 相模原市中央区由野台3-1-1 Tel.050-3362-2460 住所変更等 e-mail : plainnews@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：研究所の特別公開では「はやぶさ」カプセルが大人気で、三万人以上の方が見学にいらっしゃいました。宇宙研の知名度も一気に上がりました。ちょっと前まで、「ごぶん（スーパー銭湯）」の近くと言われてたんですが…。(K.E.)