

2014 年 2 月 14 日(金) 10:00-18:00

宇宙科学研究所・A 棟 1 階入札会議室

## 1. 衛星試験・運用、信号処理

### **GSTOS コマンド計画検証ソフトウェアの開発**

西村 佳代子、松崎 恵一、宮野 喜和、宮澤 秀幸、福田 盛介、山田 隆弘、馬場 肇(宇宙科学研究所)

汎用衛星試験運用ソフトウェア(Generic Spacecraft Test and Operations Software:GSTOS)は、ISAS の衛星の試験と運用に使用される汎用のソフトウェア構想です。本講演では、GSTOS の構成要素であるコマンド計画検証ソフトウェアの SIB2/GSTOS-1 プロジェクトにおける開発経緯と現状について述べます。

### **Arduino 互換ミッション OBC 用のソフトウェア開発**

堀口 淳史・橋本 論・中澤 賢人・久保田 晃弘(多摩美術大学)

オープンソースハードウェア Arduino 互換の極限環境用の汎用ミッション OBC「Morikawa」の、ライブラリおよびアプリケーションソフトの開発について報告する。Arduino は、クリエイティブ・コーディングのためのデファクト・スタンダードのデバイスのひとつとして、世界の多くの美術/デザイン系の大学で広く教育用、作品制作用に用いられている。Morikawa は、2 月 28 日に H-IIA で相乗り打上げ予定の芸術衛星 INVADER に搭載されており、Morikawa アプリケーションのひとつである INVADER VM(仮想機械)を用いることで、地上からアップロードした任意のコードを実行することができる。Morikawa にはカメラモジュールや音声合成 LSI などの拡張が可能で、このボードを衛星のみならず、気球や深宇宙ペイロード、潜水船などに搭載可能な極限環境用の汎用ミッション OBC に発展させていくことで、デザイナーやアーティスト、DIY ホビイスト等へと利用者の裾野を拡げていきたい。

### **スーパーハイビジョン(8K)を実現した超高速デジタル信号処理技術について**

佐野 道則(アストロデザイン株式会社)

NHK が推進しているスーパーハイビジョン(3300 万 ピクセル)の開発に、開発当

初から携わってきております。メモリメディアに'SSD'を用い、超高速大容量信号処理を可能にし、非圧縮処理技術により超高精細なデータ処理を可能にした技術を紹介します。

## 『どこでも運用システム』の開発状況（第二報）

永松 弘行(宇宙科学研究所)

衛星の定常運用における運用者の負担軽減を主目的に、自動運用システムを開発、宇宙科学研究所の相模原局を用いた試験運用を実施中です。また、自動運用システムの機能を補完・拡張するための遠隔運用システムも開発・試験運用中です。試験運用に用いた初期型の遠隔運用システムは、特定の機種に依存する構造になっており、汎用性が低いものでした。システムの汎用性向上を目指し、HTML5/Javascript ベースのシステムとして再構築するとともに、衛星・地上局データベースからシステムに用いるコードを自動生成する仕組み(スクリプト)を導入し、コーディングの負担を大幅に軽減しました。このシステムは、衛星試験時のパラメータ入力や試験結果確認にも適用可能で、比較的短期に現場への導入が可能と考えています。本発表では、「どこでも運用システム」の開発状況について、報告します。

## 2. データ処理

### 国際宇宙ステーション搭載超高層大気撮像観測ミッション ISS-IMAP のデータ処理

齊藤 昭則 (京都大学)、山崎 敦 (JAXA/ISAS)、坂野井 健 (東北大学)、吉川 一郎 (東京大学)

国際宇宙ステーション日本実験棟船外プラットフォームに2012年に搭載された超高層大気撮像観測ミッション ISS-IMAP は、中間圏・熱圏・電離圏・プラズマ圏の撮像観測を行っている。日陰部分においてほぼ連続的にデータを取得し、1日遅れでデータの一次処理を行なっている。

講演では、ISS-IMAP のデータ処理の流れ、データ利用の仕組みについて報告する。

### JEM-GLIMS ミッションにおけるデータ処理と今後の発展

佐藤 光輝(北大)、牛尾 知雄、森本 健志、山崎 敦、鈴木 睦

JEM-GLIMS ミッションは2007年から開発が開始され、2012年に7月に HTV3

号機によって ISS に輸送された後、JEM-曝露部に設置された。このミッションの目的は、ISS から雷放電とその上空で発生する放電発光現象を真上から観測することにある。現在まで順調に観測を継続しており、大量のテレメトリデータが地上装置に毎日ダウンリンクされている。この大量データを JAXA と大学研究者グループが共同で処理をしており、それぞれの機関が担う役割は明確に区別されている。

講演では、データの取得、処理、配信の現状を報告すると共に、今後の発展性について紹介する。

### **あけぼの VLF 波動長期観測データ解析の現状と将来計画**

笠原 禎也、後藤 由貴、大池 悠太 (金沢大学)

あけぼの衛星はまもなく打ち上げから 25 年を迎えようとしている。同衛星搭載の VLF 波動観測装置はいまも順調に観測を続けており、その長期観測データは、磁気圏物理の解明に重要な役割を果たしている。同装置は、デジタルデータに加えてアナログ波形計測も行っているが、膨大に蓄積されたアナログ波形データは取り扱いの困難さから、網羅的な解析が困難であった。本講演では、アナログデータ解析の現状報告を中心に、これまでに蓄積された大容量波動観測データの解析から期待される新しいサイエンスについて紹介する。

### **スーパーコンピュータを活用した高効率な地球観測データ処理の実現**

齋藤 紀男 (JAXA)

地球環境のモニタリングや防災／減災等に活用されている地球観測データであるが、衛星の増加、運用期間の長期化によりデータが年々蓄積され、その処理に要する計算機の規模も大きくなっている。また、衛星の運用停止後にもデータの再処理（パラメータの変更やアルゴリズムの更新による）が必要となり、地上システムの維持管理にかかる負担は増大する一方である。

今回、JAXA 全体として計算機リソースを効率的に使い、併せて、高性能計算機を活用することでユーザーへのサービス向上へ繋げる施策の一環として、JAXA スーパーコンピュータシステムを地球観測データの処理に活用する試みを行った。データには現在まで 10 年間にわたり蓄積されている AMSR-E を使い、スーパーコンピュータの利用により大きな効果が期待できるという結果が得られた。まず、処理データの同一性検証の結果より、OS やプロセッサに依存する課題と対応策、

アルゴリズムのモデルに依存する課題と対応策等を抽出した。処理性能の評価結果では、従来は約 14 か月を要していた全データの再処理を 20 日程度で完了することが可能となり、ユーザーへデータを提供する待ち期間を大幅に短縮することでユーザーサービスを向上できることが確認された。

これらの結果に加え、プログラム移植およびデータ検証作業を効率化するための提案を発表する。

### **GPU を使った Non-voigt 吸収線形計算の高速化**

眞子 直弘 (千葉大・CEReS)、鈴木 睦 (ISAS/JAXA)、佐野 琢己 (ISAS/JAXA)、今井 弘二 (ISAS/JAXA)、尾関 博之 (東邦大)、光田 千紘 (富士通 FIP)、塩谷 雅人 (京大・RISH)

超伝導サブミリ波リム放射サウンダ (SMILES; Superconducting Submillimeter-Wave Limb Emission Sounder) は超伝導ミクサを用いたヘテロダイン受信機を搭載し、成層圏・中間圏における O<sub>3</sub>、HCl 等の微量分子の情報に富んだ輝度温度スペクトルをこれまでにない精度で測定した。このような高精度データの解析では従来さほど問題でなかった吸収線の Voigt 線形からのズレの影響が無視できない。そこで SMILES では Voigt 線形の代わりに Speed-dependent Voigt 線形の導入を検討している。CPU を使った通常の計算方法では計算時間が掛かりすぎて実装が困難であったが、最近発展が著しい GPU を使って並列計算を行うと、CPU に比べて 30 倍程度高速に計算できることが分かった。

### **ALMA 用新高速データ解析ライブラリ Sakura の開発**

中里 剛(国立天文台)

我々は、大規模データを高速に処理するためのデータ解析ライブラリ Sakura (仮称) の開発を進めている。現在は ALMA をターゲットとして開発を進めており、将来的にはより汎用的なデータ解析ライブラリとして公開することを計画している。Sakura ではベクトル演算 (SIMD) を最大限活用して処理の高速化を図り、さらにスレッドセーフな実装によりアプリケーションレベルでの並列化をサポートする。

これまでの開発で、単一電波望遠鏡データの解析に最低限必要な機能の実装を完了し、それらの機能をベースとした性能評価用アプリケーションを作成した。ALMA 向けの解析ソフトウェア CASA とパフォーマンスを比較した結果、Sakura

ベースのアプリケーションは、CASAによる単一電波望遠鏡データの解析に比べて最大20倍の高速化を達成できた。この結果は処理開始時および完了時のI/Oにかかる時間を含めた比較になっており、I/Oを除いた解析処理のみに注目すれば、高速化の度合いはさらに大きくなる。高速化の要因としては、ベクトル化および並列化の効果に加え、パイプライン処理によってI/Oやデータのコピーをできる限り低減した効果も大きい。

以上より、SakuraをALMAのデータ解析ソフトウェアの一部として使う意義は大きいと考える。

### 3. アーカイブ・アプリケーション開発

太陽地球系科学分野のデータ利用について：ERGサイエンスセンターの取り組みから桂華 邦裕(1)、三好 由純(1)、関 華奈子(1)、堀 智昭(1)、宮下 幸長(1)、小路 真史(1)、瀬川 朋紀(1)、田中 良昌(2)、篠原 育(3)、ERGサイエンスセンタータスクチーム  
(1) 名古屋大学太陽地球環境研究所、(2) 国立極地研究所、(3) ISAS/JAXA

地球近傍宇宙空間で科学観測を行う人工衛星の数は直近10年間で大きく増加した。過去衛星のデータの復元や長寿衛星の増加も含めると、総科学データ量はこれまでにない速さで増加している。それにより、複数衛星のデータや地上・シミュレーションを含めた総合解析が必須である太陽地球系科学分野では、さらに効率的にデータ解析を行う必要が出てきている。

本講演では、太陽風、惑星間空間、惑星電磁気圏の基礎研究において科学データがどのように利用されているか、近年の状況を報告する。また、2015年度打ち上げ予定のERG衛星ミッションにおいて、統合解析の効率と科学成果を最大化すべく開発を進めているデータ解析環境を紹介する。

#### 月周回衛星「かぐや」のデータアーカイブおよび解析処理システム

石原 吉明(JSPEC)・増田 宏一(JSPEC)・大嶽 久志(JSPEC)・晴山 慎(聖マリアンナ医科大)・北條 勝己(C-SODA)・舘野 直樹(宇宙フォーラム)・中村 良介(産総研)

2007年9月14日に打ち上げられ、2009年6月11日に制御落下により運用を終えた、月周回衛星「かぐや」には、各種カメラをはじめとして様々な理学観測機器およびハイビジョンカメラが搭載された。

これらの観測装置によりもたらされた膨大なデータを校正・解析し、理学研究

や将来月探査検討に供するために、「かぐやデータアーカイブ」を整備している。また、探査データ利用に不慣れな研究者のデータ利用に際する敷居を下げるべく、「かぐや統合解析デジタルデータセット」の開発や、他機関と共同でウェブベースのデータ解析基盤開発を進めている。さらに、教育普及や一般へのアウトリーチを目的として「かぐや画像ギャラリー」や「かぐや 3D ムーンナビ」を整備しコンテンツの充実に務めてきた。

本講演では、「かぐや」の「かぐやデータアーカイブ」を中心に、アーカイブや解析処理システムの現状について報告したい。

## かぐや搭載スペクトルプロファイラデータ分析のための地理情報システム～「月光」～

林 洋平<sup>1</sup>、小川 佳子<sup>2</sup>、平田 成<sup>2</sup>、寺藪 淳也<sup>2</sup>、出村 裕英<sup>2</sup>、松永 恒雄<sup>3</sup>、山本 聡<sup>3</sup>、大竹 真紀子<sup>4</sup>、大嶽 久志<sup>4</sup>

1 産総研、2 会津大、3 国環研、4 ISAS/JAXA

月探査機 **Kaguya** によるリモートセンシングにより多量の科学情報がもたらされた。これらの情報は、データ構造を熟知しているプロジェクト関係者を除いては利用することが難しい。また、関係者であっても必要とするデータを瞬時に検索／表示することは容易ではない。そこで著者らは、**Kaguya** が収集した数多くあるデータのうちスペクトルプロファイラ(SP)データに限定し、データ閲覧を容易にするウェブ GIS アプリケーション「月光」を開発した。このアプリケーションではウェブブラウザを通じてリアルタイムで SP データの観測点および同時観測画像を月面の画像上に表示することができる。個々の観測点のデータは、メタデータとともに反射率などをグラフで確認することができる。データセットは全球をカバーしている。現在はデータ閲覧に限られるが、各種解析をその場で行えるようなツールへ発展させていきたい。

## DARTS/AKARI 全天マップ画像検索機能の開発

吉野 彰(宇宙科学研究所)、稲田 久里子、松崎 恵一、山内 千里

DARTS(<http://darts.jaxa.jp/>)は、JAXA の様々な科学衛星のデータを研究用に公開するデータアーカイブシステムであり、宇宙科学研究所科学衛星運用・データ利用

センター(C-SODA)が運用している。我々は現在、赤外線天文衛星「あかり」の全天サーベイ観測によって得られた2次元画像(全天マップ)を公開するための検索機能付きウェブインターフェースを開発している。1つのマップ画像は数度平方程度の天域をカバーし、多数のマップ画像で全天球面をカバーしている。本検索では、ユーザーに指定された領域を一部でも含む画像ファイルを全て結果に返すことを目的とする。そこで、各画像内を多数の格子点で分割して直交座標系で表し、その座標値をデータベースに登録するという方法を採用した。この方法は、HEALPixのような外部の領域分割ライブラリも不要で、天の両極が特異点にならないため容易に実装でき、かつ高速検索が可能という利点を持つ。ユーザーは馴染みのある赤道座標系・黄道座標系・銀河座標系での検索が可能である。

本講演では開発目標、格子点検索の設計、試作版の実装、将来構想について詳細を述べる。

### **STARS touch : 時系列衛星観測データ Web アプリ**

村田健史(情報通信研究機構)

NICTサイエンスクラウドでは、時系列観測データの融合WebアプリケーションとしてSTARS touch(仮称)を開発している。GEOTAIL衛星データのSTARS touchについて紹介し、これからの発展について議論する。

### **動的HTMLを利用した分野横断研究へのアプローチ**

今井 弘二、海老沢 研(宇宙科学研究所)、眞子 直弘(千葉大・CEReS)

様々な現象が複雑に絡み合う太陽地球環境を一つの系として理解するためには、宇宙・地球観測のあらゆるデータを用いた総合的な研究を行う必要がある。我々は動的HTMLの技術を利用し、太陽地球環境の中で起きる物理・化学素過程を、様々な時間・空間スケールに分解し、ある事象の発生による他への影響を容易に特定するウェブサービスを構築している。本発表では、そのサービスの開発状況や今後の開発計画について報告する。

### **全天X線監視装置「MAXI」のデータアーカイブの開発**

中川友進(1)、海老沢研(1)、中平聡志(1)、上野史郎(1)、富田洋(1)、木村公(1)、杉崎睦(2)、芹野素子(2)、三原建弘(2)、根来均(3)

(1) 宇宙航空研究開発機構、(2) 理化学研究所、(3) 日本大学

全天X線監視装置「MAXI」は2009年7月に打ち上げられ、国際宇宙ステーションの「きぼう」日本実験棟の船外実験プラットフォームに搭載されている。X線突発変動天体の発見・速報、および全天のX線天体の定常的な監視を目的としており、2015年3月まで運用が認められている。観測データを全世界の科学者が容易に利用できることを目的として、データ公開を進めている。2011年11月に開始したWebインタフェースを用いたオンデマンドデータの公開に続き、データを恒久的に後世に残すためのデータアーカイブの開発を進めている。

データアーカイブの開発の現状、および今後の計画について発表する。

#### 4. データ解析、データサイエンス

##### スーパー・ナイキスト周波数事象の解析

柴橋 博資 (東大・理)

遠方の天体から地上もしくは衛星の観測装置までの光路長は、地球もしくは衛星の公転によって変動する。この効果を打ち消すために、観測データの取得時刻は、太陽系重心での時刻に変換して記録される。そのため、観測装置の時刻系では時間等間隔でサンプリングしていても、観測データの記録は時間等間隔ではない。

このような場合には、サンプリング周波数の  $1/2$  の周波数 (ナイキスト周波数) より高い振動現象であっても唯一的に真の振動周波数を検出同定出来ることを示し、ケプラー宇宙望遠鏡の観測データに適用して方法の有用性を実例をもって示す。

##### 弾性体モデルによるデータ接続 (ステッチング)

栗田 光樹夫(京都大学)

サーベイデータやモニターデータなどは複数の計測をつなぎ合わせることで、1回の測定範囲を拡張することができる。このデータの接続は重複領域のデータにおいて最尤になるように相互のデータを補正した後に行われる。しかし、この補正は一般的にはデータのシフトとティルト成分といった数自由度のみによる最尤法が用いられる。本発表では、データを弾性体とみなすことでデータのもつ全自由度を用いた最尤な結果の出力方法を提案する。

##### オーロラの出現・形状の予測に向けたオーロラの観測画像の分類とデータベース化

田中 孝宗(九州大学)、佐藤 由佳、田中 良昌、池田 大輔

オーロラの理解には、地磁気などの様々な時系列データに加え、画像などの多種



多様で膨大なデータの解析が必要である。本発表では、オーロラの解明に向けて、物理モデルを極力仮定しない、データ科学的なアプローチを採り、その最初の取り組みとして、地上から撮影したオーロラ画像の分類とデータベース化について紹介する。

### **ビッグデータ分析手法を用いた宇宙天気予報アルゴリズムの開発**

柴山 拓也(1), 磯部 洋明(1), 羽田 裕子(1), 村主 崇行(1), 柴田 一成(1), 根本 茂(1,2), 駒崎 健二 (2)

(1) 京都大学、(2) 株式会社ブロードバンド タワー

太陽フレア・コロナ質量放出の発生とその影響を予測・予報する宇宙天気予報の実現は、太陽物理学の大きな目標の一つである。このための手法の1つとして、黒点の形状などの観測される物理量とフレア発生の相関から経験則を導くというものがある。

しかし、近年の技術の発展に伴って衛星、地上ともに観測データの量は飛躍的に増大しており、全てのデータを研究者が直接見ることは事実上不可能になってきている。一方で、近年情報処理技術の分野ではいわゆるビッグデータ解析が急速に発展しており、並列分散処理による大量の非構造データの処理や機械学習の手法が社会の様々な分野で広く利用されるようになってきた。本研究の目的は、これらのビッグデータ分析手法を宇宙天気関連データに応用して、これまで人手で解析していたものとは質的に異なる量のデータを解析して機械学習にかけることにより (1) 経験則的な宇宙天気予報アルゴリズムの開発 (2) それによって今まで見過ごされていた新しい物理を発見することである。

まずは太陽面の視線方向磁場(SDO/HMI)のデータから、24 時間以内にフレアが発生するかどうかを予測する。そのために、太陽面磁場の画像データを 2 次元ウェーブレット変換して各基底の成分を積分したものを特徴量として機械学習を行うことで太陽フレアの発生を予測し、従来の宇宙天気研究との比較を行った。

将来的には、Dst 指数などの地磁気指数や衛星障害のデータも取り入れ、予測の対象としていきたい。

### **超高層物理学分野におけるデータ集約型の第4の科学に関する調査**

小山 幸伸(京都大学)

DOI や ORCID 等の識別子と、超高層物理学分野における IUGONET メタデー

タ・データベースとの連携について発表する。

### 「あかり」アーカイブデータを用いた近赤外線面輝度スペクトルの成分分離

津村 耕司(宇宙科学研究所)

赤外線天文衛星「あかり」搭載近赤外線カメラ **InfraRed Camera(IRC)**の分光データを用いて面輝度分光カタログを作成し公開した。赤外線面輝度の分光カタログは過去にほとんど例がなく、この規模の面輝度分光カタログは世界初である。また、本カタログを用いて赤外線面輝度スペクトルを、黄道光(**ZL**)、銀河系内拡散光(**DGL**)、銀河系外背景光(**EBL**)の**3**成分に分離する事に成功し、各成分ごとの解析から新たな科学的成果が得られた。本発表では、本研究における成分分離の手法と、各成分ごとに得られた科学的成果について紹介する。

## 5. データ可視化

### Google Earth 用ボリューム可視化ソフトウェア **VDVGE** による天体データの可視化

川原 慎太郎、杉山 徹、荒木 文明、高橋 桂子(海洋開発研究機構)

**Google Earth** 用ボリューム可視化ソフトウェア **VDVGE** による天体データの可視化事例を紹介する。**VDVGE** は、地球上の気象・気候に関する数値シミュレーションによって得られた流れや温度場等の**3**次元的な分布とその時間発展の様子を**Google Earth** 上に可視化し、広く一般社会へ向けて発信するためのプロジェクト「**EXTRAWING**」において開発されたソフトウェアであり、**GUI**による簡単な操作で**Google Earth** 上でのボリュームレンダリング風可視化表現が可能である。現在は、シミュレーションデータの外、気象衛星や気象レーダーなど観測データの可視化にも利用されており、**Google Earth** 上での異種データの同時表示による比較分析ツールとしても活用されている。本ソフトウェアは地球関連のデータの表現を目的として開発したものであるが、**Google Earth** 自身の機能で表示可能な地球、月、火星のみでなく、工夫により他の天体に関するデータの表現も可能である。

講演では、**VDVGE** を紹介するとともに、天体データへの適用事例として、月周回衛星「かぐや」による観測データを用いた可視化結果を紹介する。

### 「はやぶさ」の軌跡の可視化 - 小惑星イトカワ接近～タッチダウン -

三浦 昭、山本 幸生、吉川 真(宇宙科学研究所)

小惑星探査機「はやぶさ」のイトカワ周辺での軌跡を可視化した。10周年記念版、全天周ドーム版の製作について報告すると共に、タッチダウン付近でのはやぶさの挙動について、当時のデータや論文等から推測し、可視化する計画について述べる。

## 6. アウトリーチ、プラネタリウム

### デジタルドームシアターの国際的な動向と *Science of Large-scale Digital Immersive Media* の可能性について

木村かおる(科学技術館)

1923年にドイツで誕生したプラネタリウムは、現在、その使用目的によって機械式もしくはデジタル式、もしくはハイブリッド式と、選択範囲が広がってきています。その中でも、デジタルプラネタリウムの台頭は目覚ましく、この10年の間にデジタルドームシアターでは3D映像の提供も可能になり、解像度は8Kが主流になりつつあります。

このようなデジタルプラネタリウムシステムの多くには、過去の研究成果がデータセットとして搭載され、さらにリアルタイムで衛星画像にアクセスしてドーム内に表示することができるようになっていきます。

このような状況を踏まえ、プラネタリウム業界ではデジタルプラネタリウムシステムにおける、プレゼンテーション手法の開発や、異業種間の情報交換やコラボレーションを進めています。また欧米の研究機関とともに、E/POの一環としてデータの可視化とその活用方法について検討を始めています。

この発表では、プラネタリウムの変遷とデジタルプラネタリウムシステムを用いた取組みの紹介、および、サイエンスデータの可視化についての動向について紹介します。

### デジタル立体地球儀ダジック・アースによる地球科学・宇宙科学データの学校・科学館での利用

齊藤 昭則 (京都大学)

デジタル立体地球儀ダジック・アースは、球形のスクリーンを用いて簡単に地球や惑星等のデータを立体表示出来る仕組みであり、学校における授業、科学館での展示、研究機関でのアウトリーチ活動等で用いられ始めている。

講演では、ダジック・アースの概要を紹介し、地球科学・宇宙科学データの幅広い利用のための取り組みと、将来の展開について報告する。

### **デジタルプラネタリウムにおける宇宙観測データの活用**

#### **—葛飾区郷土と天文の博物館のプラネタリウム番組制作を事例として—**

井内 麻友美(葛飾区郷土と天文の博物館)

当館では、デジタルプラネタリウムを宇宙のシミュレーション装置として利用し、リアルタイム演出を基本としている。また、内外の宇宙観測データをデジタルプラネタリウム用データセットとして取り込み、オリジナル番組で活用を行っている。その事例、取り組みを紹介する。