

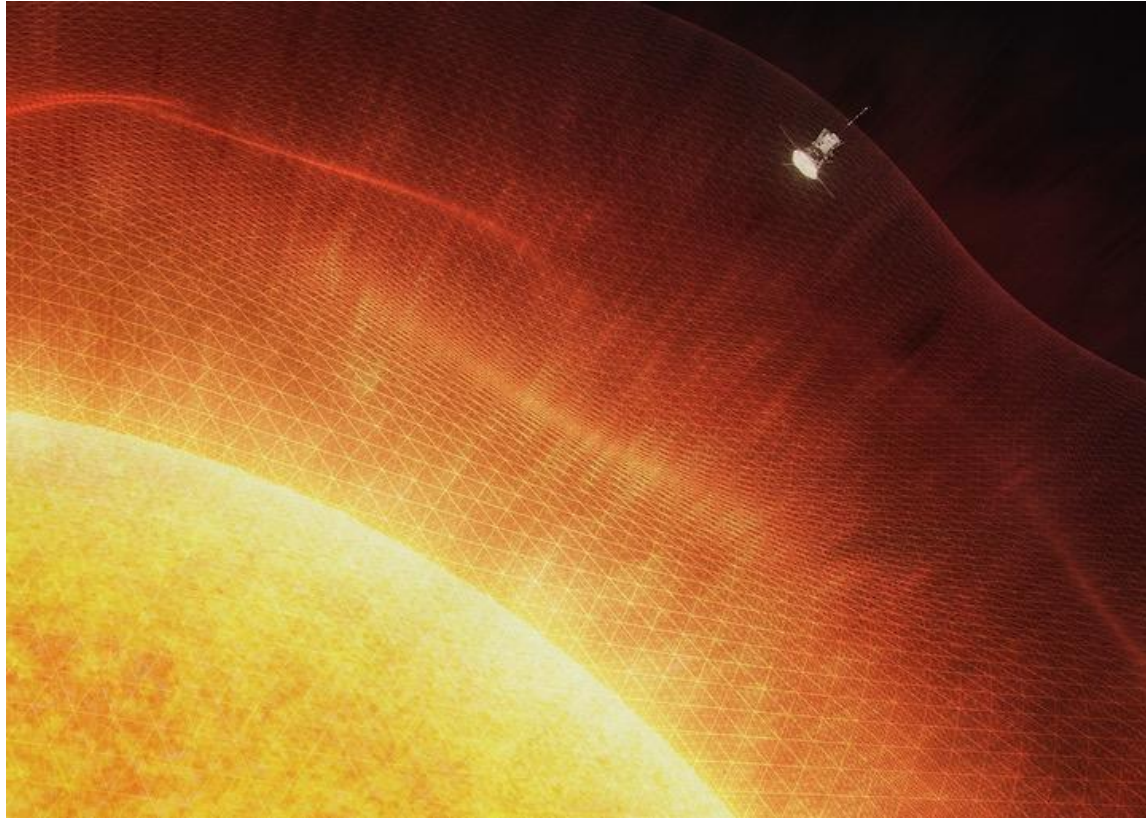
太陽圏サイエンスセンター 計画について

2022年2月18日

篠原 育¹，三好 由純²，清水 敏文¹，村上 豪¹，増田 智²

1 JAXA宇宙科学研究所

2 名古屋大学宇宙地球環境研究所

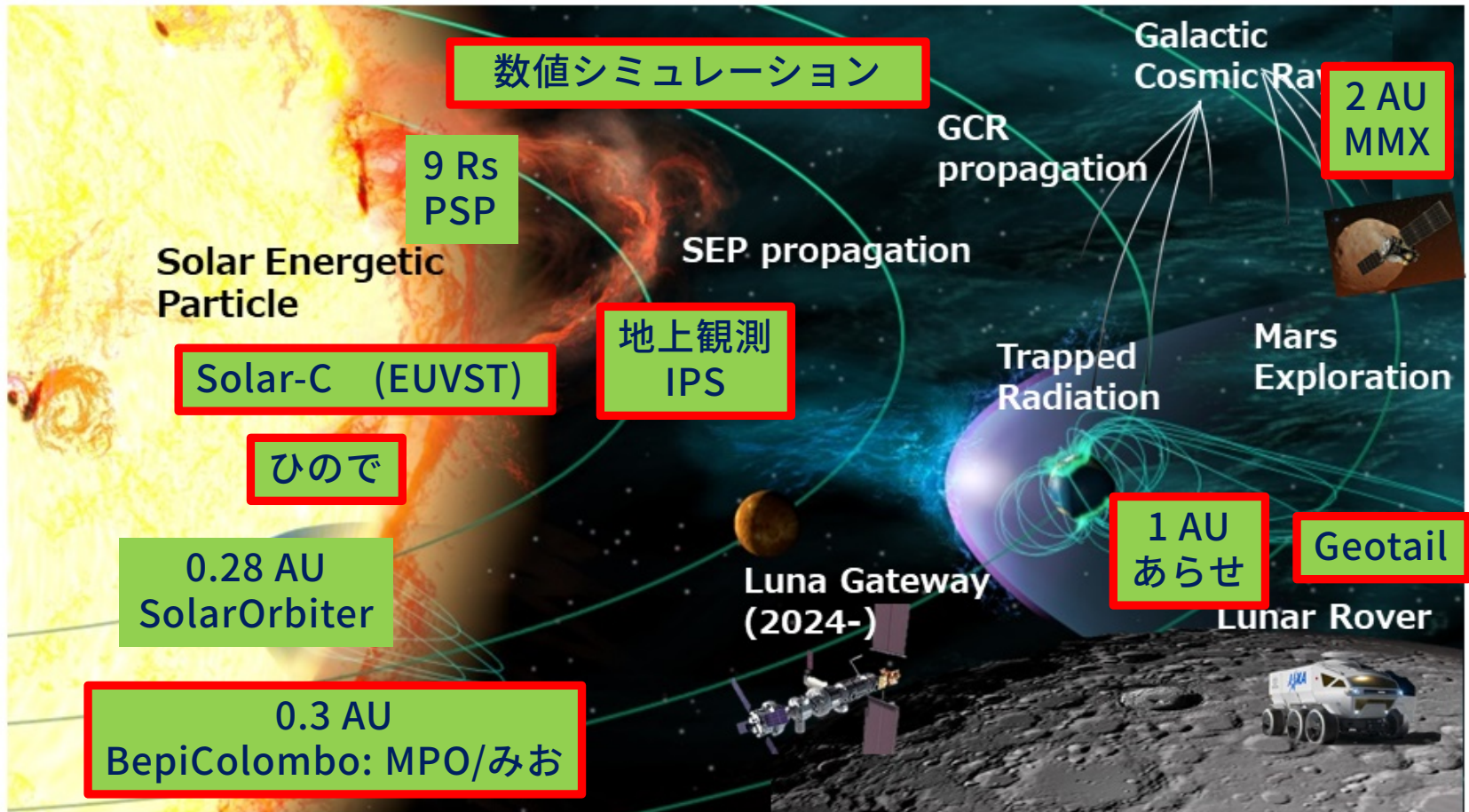


歴史上初めて、探査機が太陽に「触れた」

＜2018年8月に打ち上げられたNASAの太陽探査機「パーカー・ソーラー・プローブ」が、コロナに入り、太陽に「触れた」ことが報告された＞ News Week 日本語 2021年12月16日

<https://www.newsweekjapan.jp/stories/world/2021/12/post-97674.php>

2020年代の太陽圏：多様な観測体制の確立と太陽圏システム科学



- 2020年代は、内部太陽圏探査に多数の衛星が展開し、太陽圏システム科学推進にとって、貴重な探査機会。
- JAXAの衛星は、国際的なHeliosphere Observatoryの中で、各領域の重要な観測を担い太陽・太陽大気/惑星間空間/ジオスペース（月）と、太陽からの一連のつながりの各ポイントを観測。これらの一連の観測を有機的につなげ、太陽圏システムとしての研究を推進していくことが重要。
- 2020年代では、月ゲートウェイや火星探査など宇宙天気研究のニーズがジオスペースの外へも拡大し、SEPやGCRの研究の重要性が高まる。
- BepiColomboやMMXは、クルージング中も含めてSEPを太陽圏の様々な場所で計測し、重要な観測を担う。
- ISEEの地上からの電波観測にもとづく太陽風観測（IPS）や、太陽圏のグローバルモデリングとの連携によって、太陽面と太陽風構造の繋がり、地球や火星軌道への影響など、包括的な太陽圏研究の機会となる。

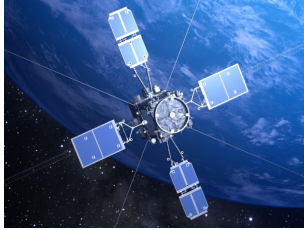
太陽圏サイエンスセンター計画提案の背景

- 宇宙科学の主要研究分野の1つである太陽圏システム科学分野（太陽科学，太陽-地球惑星系科学（以下，STP）分野）の2020年代は「ひので」、「Geotail」、「あらせ」，「みお」，Solar-C (EUVST) と衛星計画が続き，大きなサイエンスアウトプットが期待されている。
- 一方，世界的にも NASA Parker Solar Probe や ESA Solar Orbiter 等，太陽近傍の観測が充実し，太陽風加速から太陽風ダイナミクスまで太陽科学分野とSTP分野が強く協力して，太陽圏システムを理解しようという動きが加速している。
- 太陽科学とSTP分野の融合した太陽圏システム科学研究が急速に進みつつある世界の研究の流れに添い，日本でもこれらのミッションが同時に観測を実施する好機を活かしたい。
- 太陽圏システム科学として，太陽・STP分野の研究者が相互のデータを使って融合研究を展開することを可能とするデータ利用環境の整備が求められている。
- 太陽圏システム科学の複数の観測を有機的に繋ぐことに資する地上観測や数値シミュレーション・モデリング技術も発展しており，衛星・探査機ミッションと地上観測、数値シミュレーション・モデリングとの連携も強化する必要がある。
- 太陽圏システム科学の視点や最新の情報技術へ対応の必要性から，国際的なデータ標準化の動きが活発化している。国際的な研究コミュニティでは日本の貢献は強く期待されており，この活動をキャッチアップ・貢献する必要性がある。
- 太陽圏システム科学分野として，従来の太陽分野とSTP分野の領域を超えた人材育成も求められている。

太陽圏サイエンスセンターの概念図

JAXA宇宙科学研究所

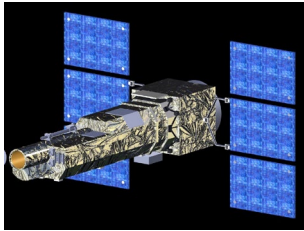
あらせ



みお



Solar-C
(EUVST)

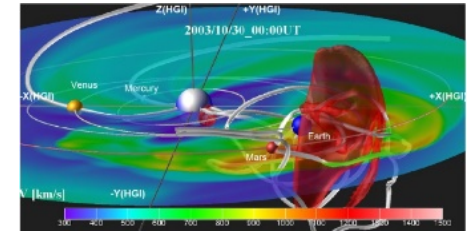


衛星・探査開発と運用
機器開発チームの統括
観測データの較正処理まで実施

名古屋大学宇宙地球環境研究所



地上観測（太陽風観測，
レーダー観測，光学観測）



数値シミュレーション，
数値モデリング，理論

太陽圏システム科学の高次
データ製造のノウハウの蓄
積，統合データ解析環境の
開発の実績

太陽圏 サイエンスセンター

- 付加価値を付けた高次科学データの製造と公開
- 各種データのシームレスな統合解析ツールの開発と公開
- 共同観測計画の立案
- 共同利用型データ解析環境の提供
- 国際的なデータ標準化活動への貢献
- 両機関による共同運営

研究分野の国内共同研究拠点を通して，分野全体のコミュニティの利用を促進
→ 更に「太陽圏システム科学の国際中核拠点」へ発展

ERGサイエンスセンター

「ERGサイエンスセンター」は名古屋大学と宇宙研との宇宙科学連携拠点としてマッチングファンド（相互にリソースを提供）にて運営される組織。
名古屋大学宇宙地球環境研究所に設置。

- 期待される機能
 - 高次科学データ(Level-2以上)の製造と公開
 - 統合解析ツールの開発と公開
 - 科学観測計画のプランニング

● 高次科学データの製造

➡ 科学データの公開

● 統合解析ツールの開発
科学データの可視化
/解析ツールの開発
(SPEDAS plugin)

➡ 統合解析ツールの公開
(連携地上観測データの
取り扱いによる統合
解析の実現)

● 科学観測のプランニング
と衛星観測への要求

➡ 衛星観測計画を
衛星運用チーム
にインプット

地上観測や数値モデル
との統合により
ERGの科学成果を拡大

地上観測や他衛星との
共同観測の効果的な実施

科学データマネジメントの目標・方針

- すべての観測データを一箇所で一元管理する。
 - 観測開始次第，最低限のデータを閲覧・解析可能になるように準備する。
 - 観測から数日以内に観測データの早見をweb上で確認できるようにする。
 - すべての観測データは，世界で標準的に使われるデータ解析ソフトウェア (SPEDAS) で利用できるようにする。
 - 連携地上観測データも衛星観測データと同様に利用できるようにする。
-
- データファイルは標準フォーマット (CDF) を採用する。
 - データサービスは， SPEDAS の load procedure, http (https) のみを準備する。データ公開には高度な検索機能は用意しない。 **(開発の省力化)**
 - 観測日から1年以内は国内サイエンスチームの優先利用期間とし，それ以降は世界中の研究者の利用を可能とする。 **(オープンデータ)**
 - データに関する情報は ERG サイエンスセンターの web ページに集約して，一元管理する。 **(情報の一元化)**
 - 較正テーブルをアップデートする等の理由でデータファイルを変更する場合は，バージョンアップしたデータとして新たに生成する。また，全てのバージョンのデータを保存する。 **(トレーサビリティの確保)**
 - 公開データには DOI を付与する。 **(Data citation への対応)**
 - プロジェクト終了後のデータの恒久アーカイブは宇宙研のシステムで実施。

「あらせ」衛星のデータマネジメントの結果

- データマネジメントの目標はほぼすべて達成できた。
- サイエンスセンター機能は非常に有効であった。
 - ERGサイエンスセンターを中心に、観測機器開発チームと協力することで、衛星開発時点から準備を進めることができた。
 - 統一した利用形態（SPEDASの利用）で観測運用開始直後からプロジェクトチーム内の利用が可能となり、また、ほぼ予定通りに世界の研究者へのデータ公開開始できた。
- 国内チームの研究者が直ぐにデータ利用を開始したことで、多くのフィードバックがかかり、データプロダクトの品質向上に繋がった。
- サイエンスセンターに人と情報を集約したことで、サイエンスセンターメンバーの（データマネジメント業務以外の）サイエンス研究活動が活性化した。
- サイエンスセンターのノウハウは、名古屋大学宇宙地球環境研究所を中心に、今後のミッションへ継承したい。

太陽圏サイエンスセンター計画の概要と実現される将来像

- 2020年代の太陽圏システム科学分野を担う「ひので」、「Geotail」、「あらせ」、「みお」、Solar-C (EUVST) のミッションを包含する「**太陽圏サイエンスセンター**」を名古屋大学宇宙地球環境研究所（以下、ISEE）とJAXA宇宙科学研究所（以下、ISAS）、国立天文台の連携により設置する。
- 「**太陽圏サイエンスセンター**」では、2022～2027年度の6年間に以下の事業を実施し、太陽とSTP分野を融合した太陽圏システム科学の研究拠点としての研究基盤を構築する。
 - 各ミッションの観測データおよび関連する地上観測、数値シミュレーション・モデリングデータを有機的に結びつけ、各プロジェクトのハブとして融合研究を可能とする、太陽圏システム科学として付加価値を付けた高次データを整備する。また、国際的なデータ標準化活動に参画する。
 - 太陽圏システム科学の高次データ解析環境を整備することで、各ミッションの科学成果の拡大に寄与すると共に太陽・STP分野を融合研究を促進する。
 - 各種観測キャンペーンの立案をはじめ、国内外の太陽圏システムの多様な観測手段を有機的な連携させた観測計画を企画し、新たな科学成果の創出を目指す。
 - ミッションを横断して日本の太陽圏システム科学の幅広い成果創出を目指すと共に広い視野を持った人材育成を行う。
- 計画期間後には、「**太陽圏サイエンスセンター**」で構築された研究基盤を元に、将来の日本の太陽圏システム科学ミッションを協力して推進し、宇宙科学の持続的発展の一端を担うための努力を続ける。
 - 高次データ処理・データ解析環境開発や統合データ解析によるサイエンスの技術的・科学的ノウハウ・実績の集積を元に、将来の太陽圏科学ミッションのサイエンスセンター機能を担う。
 - 将来の太陽圏システムに関する科学戦略立案の中心としてその実現を先導する。また、将来を担う宇宙科学の人材育成に貢献し続ける。

太陽圏サイエンスセンターの業務概要

- 「基盤構築」「データ標準化」

高次科学データ整備と公開： データ処理パイプラインの構築と運用・データ公開

- 衛星・探査機観測

- 地上観測

- 数値シミュレーション



- サイエンスセンター

- ・ 「太陽圏システム科学として付加価値をつけた高次科学データ」の整備
- ・ 国際標準化対応



公開

FITS, CDF, PDS4などの国際標準データフォーマットで製造, 他観測との融合研究が容易

- 「基盤構築」データ解析ソフトウェア開発： 「太陽圏システム科学として太陽・STP分野融合研究を可能とする統合データ解析環境の開発

- サイエンスセンター

- ・ SolarSoft, SunPy, SPEDAS (IDL, Python)のソフトウェアのプラグインツールを開発
- ・ 数値シミュレーション・モデリングと観測データも統合してデータ解析を可能とする.
- ・ データ解析講習会を開催し, 統合データ解析を普及することを通して, 分野間データ利用を拡大する.

ひので/あらせの開発資産(ソフトウェア, パイプライン)を継承

- 「成果創出」ミッションを組み合わせた観測計画の立案： ミッション横通し, 国際共同観測の立案と実施

- プロジェクト+サイエンスセンター

- ・ 太陽, 太陽風, 地球惑星をつなぐミッション横通しのキャンペーン観測の立案とコーディネート
- ・ 第25太陽活動周期のフェーズをふまえた特色あるサイエンス計画の立案

太陽-惑星間空間-ジオスペース, 惑星圏をつなぐ観測のコーディネート

- 「人材育成」人材育成への貢献： 開発チームへの参加, ミッション計画の一翼を担う等による次代の人材育成

- プロジェクト+サイエンスセンター

- ・ データプロセッシング・ソフトウェアの開発, データの国際標準化活動や観測計画立案等への若手研究者の参加
- ・ 複数のミッションに精通した人材の育成, 将来の太陽圏サイエンスミッションの提案

太陽圏サイエンスセンター計画の達成目標

- [太陽圏システム科学を推進するための基盤構築]

太陽およびSTP分野の双方の研究者がシームレスに利用できる，太陽圏システム科学として付加価値の付いたデータプロダクトを整備する．また，太陽およびSTP分野間を横断した融合研究を可能とする，太陽圏システム科学の統合データ解析研究環境を整備．

- [データ標準化に向けた取り組み]

IHDEAなどの国際的なデータ標準化活動に参加・貢献．

- [異なる観測、シミュレーションを組み合わせた手法による成果創出の推進]

科学戦略にもとづく各探査機、地上観測の連携観測キャンペーンの立案と実施、各探査機、地上観測、数値シミュレーションを組み合わせた融合研究の推進

- [将来の人材育成]

太陽圏システム科学の広い視野を持つ人材育成の促進．

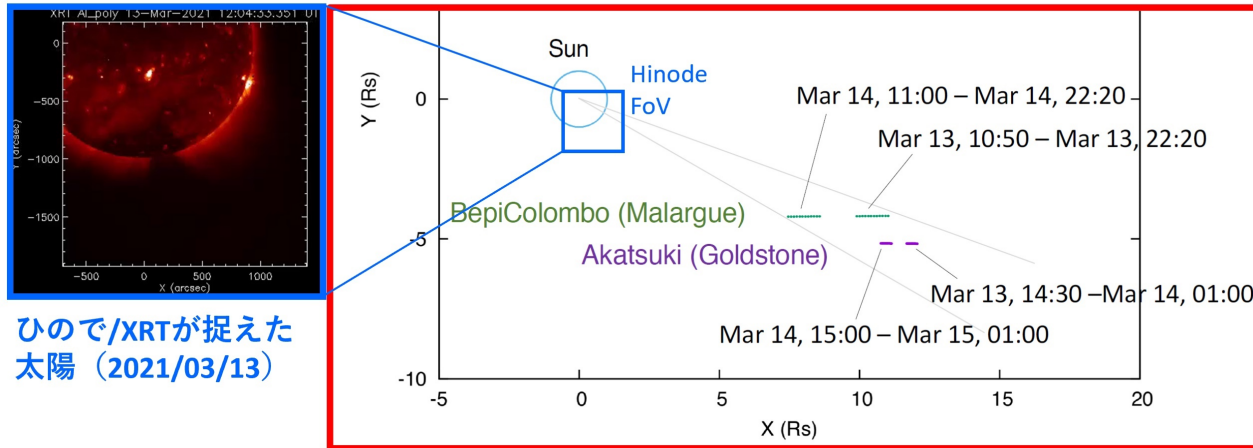
- [太陽圏システム科学の持続的な推進基盤整備]

本事業終了後、2030年代の太陽圏システム科学を持続的に推進するためのサイエンスセンター機能（高次データおよびデータ解析環境の維持・発展，科学戦略立案，連携観測企画）の技術的・科学的基盤を確立．

先行した取り組み

2021年3月の“BepiColombo”、“ひさき”、“ひので”の連携観測

地球から見た太陽、ベピコロンボ、あかつきの位置関係



ひので/XRTが捉えた太陽 (2021/03/13)

- 水星 (BepiColombo)と金星 (あかつき) が、地球から見て太陽の反対側に行くタイミングで、太陽コロナの電波遮蔽観測を実施
- 観測計画立案、事前の調整を経て、電波観測を実施 (あかつき、BepiColombo)。
- 事前に磁場構造を予測し、電波遮蔽の観測点付近を通る磁力線の根本を観測 (ひので)。

科学戦略の立案、観測キャンペーンのコーディネート、シミュレーションとの比較など太陽圏サイエンスセンターの実施項目に関連した経験を獲得

まとめ

- 2020年台の日本の太陽圏システム科学を牽引する3つのミッション「あらせ」，「みお」，Solar-C (EUVST)のサイエンスセンター機能を統合する「太陽圏サイエンスセンター」計画について概要をご紹介させて頂きました。
- 「太陽圏サイエンスセンター」では，単に各ミッションのデータ処理を個別に担当することだけではなく，ミッションをまたいだ研究，とくに太陽分野と太陽－地球惑星系科学分野を融合した研究を促進することを目的としています。
- 太陽圏システム科学として，あたらしい科学を切り拓く基盤としての役割を担えるように進めるように計画していますが，研究コミュニティと密接に協力しながら計画を進めたいと考えているので，ご協力をお願い致します。