



高感度太陽紫外線分光観測衛星 (SOLAR-C) プロジェクト移行審査の結果について

資料85-2

科学技術・学術審議会
研究計画・評価分科会
宇宙開発利用部会
(第85回)2024.4.9

令和6（2024）年4月9日

国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構

理事 國中 均

高感度太陽紫外線分光観測衛星プロジェクトマネージャ 清水 敏文

本資料の位置付け

- 宇宙開発利用部会におけるプロジェクト事前評価について

JAXA自らが実施した研究開発プロジェクトの評価結果について、目的、目標、開発方針、開発計画、成果等についての調査審議を行う。
※ JAXAは、プロジェクトの企画立案と実施に責任を有する立場から、JAXA自らが評価実施主体となって評価を行うことを基本とする。

「宇宙開発利用部会における研究開発課題等の評価の進め方について」
(令和5年4月28日宇宙開発利用部会決定)

- 当報告は、宇宙開発利用部会が実施フェーズ移行に際して実施する「事前評価」に資するものである。
- JAXAが実施した高感度太陽紫外線分光観測衛星（以下、「SOLAR-C」）に係るプロジェクト移行審査（令和6年2月13日）について、審査における主たる項目を以下に示す。
 - ① プロジェクト目標・成功基準の妥当性
 - ② 実施体制、資金計画、スケジュールの妥当性
 - ③ リスク識別とその対応策の妥当性
- 本資料では、これらの審査項目の内容について1～3章に、JAXAのプロジェクト移行審査の判定について4章に示す。

1. プロジェクト目標の設定
 - 1.1 研究背景
 - 1.2 プロジェクト目的・目標
 - 1.3 成功基準
2. SOLAR-Cの概要
 - 2.1 衛星システム
 - 2.2 観測装置サブシステム
3. 開発計画
 - 3.1 実施体制
 - 3.2 資金計画及びスケジュール
 - 3.3 リスク識別・対処方策
4. プロジェクト移行審査まとめ

1. プロジェクト目標の設定

1.1 研究背景: 太陽をなぜ観測し研究するのか? (1/2)



皆既日食：太陽の周りを包む大気「コロナ」を見ることができる

- 私たちにとって最も身近な天体「太陽」。地球の生命を育む、母なる存在である。
- 一方で、太陽の表面では「太陽フレア」と呼ばれる爆発現象が頻繁に起きている。この太陽フレアは、無線通信障害やGPS精度低下など、私たちの生活に大きな悪影響を及ぼす可能性がある。このことから、太陽は私たちにとって警戒すべき存在でもある。
- 太陽の外層大気「コロナ」は100万度以上の超高温に加熱され、そこからは超音速のガスが流出する(太陽風)。すなわち、私たちの地球を含む太陽系の星々は、この「コロナ」からの太陽風を受けながら存在している。
- これらの現象は地球に住む私たちの暮らしに密接に関わっているが、なぜこのような現象が起きるか?については、未だ説明できていない。

令和6年4月9日第85回宇宙開発利用部会

太陽フレアで想定される被害

大規模な太陽フレアが2週間連続で発生
電気を帯びた粒子を含むガスや強いX線など

- ・防災無線などが断続的に使えず
- ・携帯電話が昼間に最大数時間程度使えず
- ・GPS精度低下でナビアプリなどが使いつらく
- ・気象衛星の利用制限で天気予報の精度が低下
- ・電力設備が未対策の場合、広域停電が発生

(下) 2003/10/30 読売新聞夕刊

「磁気嵐」世界で猛威
「ワシントン」並み被害
「ま」が運用休止に追い込

【ワシントン＝笹沢教二】まれるなど、障害が発生し
二十八日に太陽表面で爆発
三十年で最大規模の過発
「フレア」が発生した影響
で、強力な磁気嵐が二十九
日から世界各地を襲い、日
本の宇宙航空研究開発機構
のデータ中継技術衛星「こ
ま」が運用休止に追い込
まれている。
磁気嵐は高エネルギーの
粒子が地球に到達し電離層
を乱す現象。米海洋大気局
と航空宇宙局によると、三
十日以降も通信障害などが
続く恐れがある。カナダで
は高緯度地域を飛行する航
空機の通信にも障害が発生
した。ほかに磁気嵐の影響
を受けている。

で、米南部テキサス州で珍
しいオーロラが観測され
た。北海道でも二十九日夜
に赤いオーロラが観測され

(上下) 2022/4/27 読売新聞オンライン #1

新聞 社会 政治 経済 スポーツ 国際 地域 科学・IT エンタメ・文化

ホーム > ニュース > 経済

携帯電話が不通・広域停電・GPS精度低下... 100年に1回の「太陽フレア」に警戒を

2022/04/27 10:00

この記事をストックする

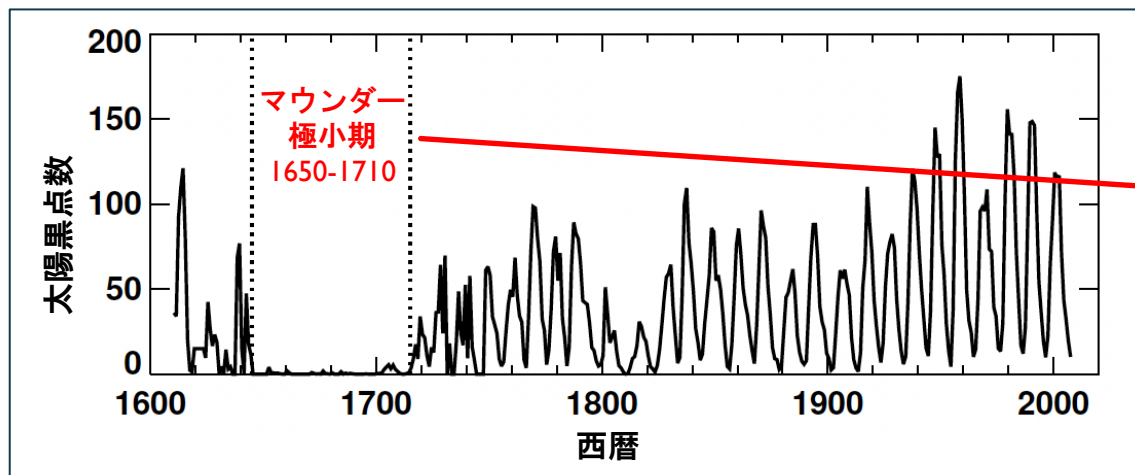
通信障害などをもたらす恐れのある太陽表面の爆発現象「太陽フレア」について、総務省の有識者会議は26日、被害想定や対策を盛り込んだ報告書案をまとめた。最悪のケースでは、一時的に携帯電話が使えなくなるほか、広域停電が発生する可能性もあると指摘し、企業や行政に注意を促す警報制度の強化が必要だと指摘した。

#1 読売新聞社 <https://www.yomiuri.co.jp/economy/20220426-OYT1T50241/>

太陽フレアの影響を報じる報道。過去にはJAXA衛星の被害もたびたび生じた

1. プロジェクト目標の設定

1.1 研究背景: 太陽をなぜ観測し研究するのか? (2/2)



Hathaway (2015) に加筆



ホンディウス「凍るテムズ川」(1677年) ロンドン博物館所蔵

黒点数は11年の周期で増減し、それに伴ってフレアやオーロラの発生数も増減する



一方、マウンダー極小期に代表されるように、黒点が生じない期間が長期にわたり発生し、また地球の気候（寒冷化）との関連性が指摘されている

- より広い視点では、太陽は“不変”な存在ではなく、現在の私たちの理解からは予想し得ない“変動”が生じている。
- 太陽の活動のメカニズムを知ることができれば、現代の生活に役立つだけでなく、過去の太陽の姿を知り、将来の太陽がどうなるか？を予測することができるようになると期待される。また、過去の太陽の姿を知ることができれば、地球の生命がどのように誕生したか？を理解することに役立つ。

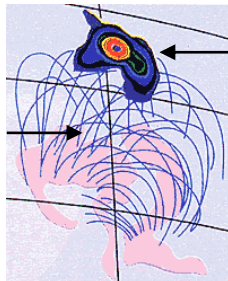
1. プロジェクト目標の設定

1.1 研究背景: 日本における太陽観測衛星の歴史

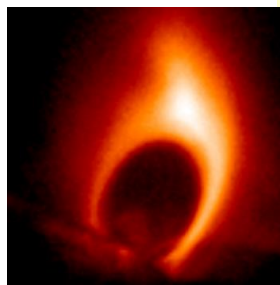
今までに実現した太陽観測衛星により進展した太陽大気・フレアの理解に基づき、SOLAR-Cミッションが定義されている。

	Hinotori/ASTRO-A 1981 Feb	Yohkoh/SOLAR-A 1991 Aug	Hinode/SOLAR-B 2006 Sep	SOLAR-C 2028
科学課題	太陽フレアで発生する高エネルギー粒子の理解	太陽大気(コロナ)の熱的プラズマとそこで起きるフレアに伴う高エネルギー粒子の理解	太陽表面磁場の運動及びそれに伴うコロナ・フレアプラズマの運動・加熱の理解	コロナ・フレアの振る舞いが起きる仕組みやその背景にある基礎物理過程の理解
キーワード	高エネルギー粒子*	磁気再結合(リコネクション)	磁氣的活動	磁氣的結合大気
主な搭載観測装置	硬X線撮像装置 X線分光装置	軟X線望遠鏡 硬X線望遠鏡	可視光・磁場望遠鏡 軟X線望遠鏡・極紫外線装置	極端紫外線高感度分光望遠鏡
科学成果	フレアの初期に発生する高エネルギー粒子の生成過程を理解するために硬X線発生場所を初めて明らかに	太陽フレアは磁気再結合過程であることを確証し、多様な構造・ダイナミックな変動に満ちたコロナを明らかに	コロナ加熱やフレアの主役である磁力線の太陽表面での特性・運動とその出力である振る舞いの特性が明らかに	[1.2, 1.3章に期待される科学成果等を記載]
次衛星の立案において鍵と考えられた科学課題	熱的プラズマ*と高エネルギー粒子との関係は未解明	フレアやダイナミックなコロナを造る磁氣的起源は未解明	コロナの振る舞いが起きる仕組みやその背景にある基礎物理過程は未解明	

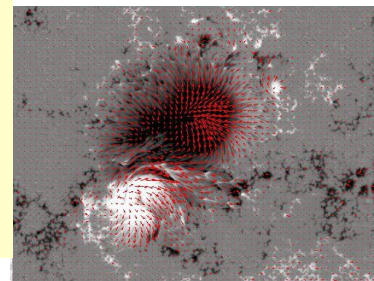
（地上観測による推定磁力線構造）



爆発初期のX線像がはじめて得られた。



太陽フレアの立体構造とその時間経過の理解が大きく深まった。



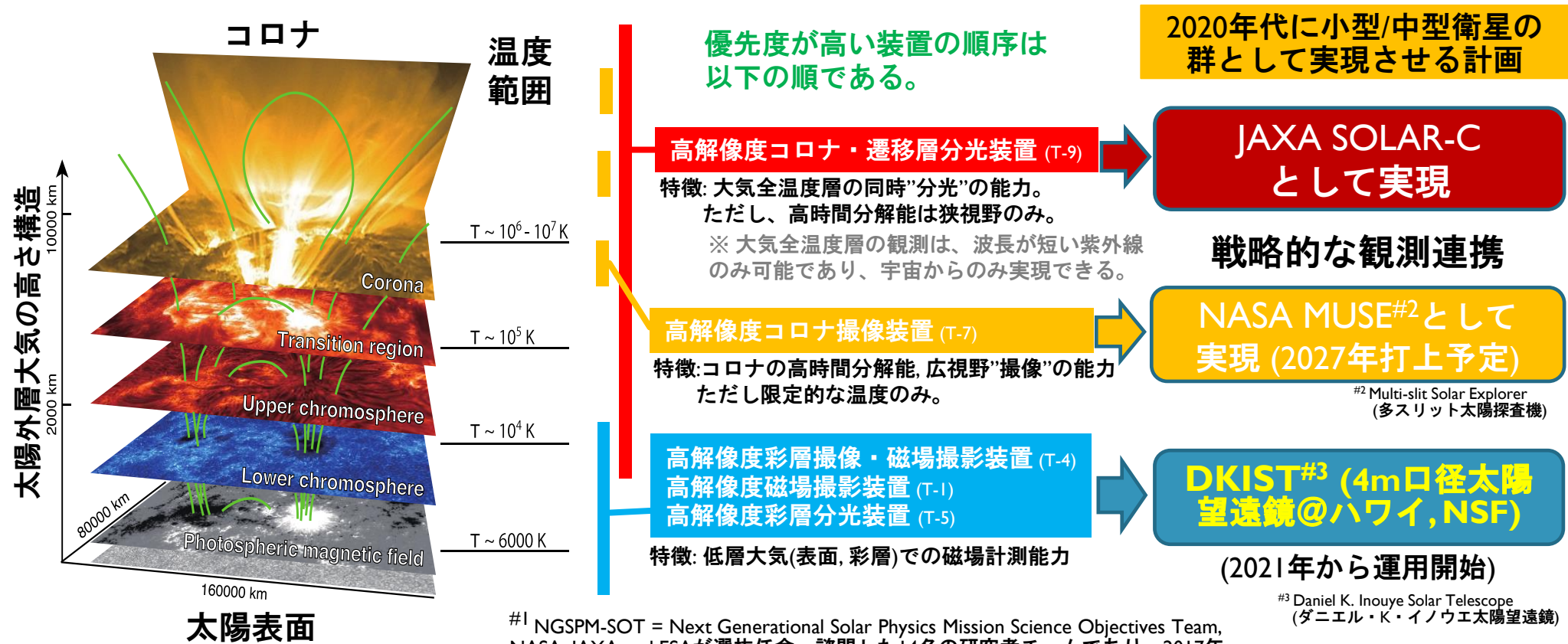
コロナ加熱・太陽フレアの主役である磁力線ループの太陽表面での動きが始めて見えた。

1. プロジェクト目標の設定

1.1 研究背景: 世界における位置付け (1/2)

(I) 高分解能太陽観測

- NGSPM-SOT^{#1} 報告書にて、2020年代に推進すべき太陽プラズマ研究に最も有効で実現優先度が高い観測装置として3種類の高分解能観測装置が示された。研究コミュニティ主導でその実現方法や各宇宙機関への提案・調整が実施され、小型/中型衛星の群での形で実現させることとなった。



#1 NGSPM-SOT = Next Generational Solar Physics Mission Science Objectives Team, NASA, JAXA and ESAが選抜任命・諮問した14名の研究者チームであり、2017年7月に報告書が答申として提出された。



(2022打上
げ, 中国)



(2023打上
げ, インド)

1. プロジェクト目標の設定

1.1 研究背景: 世界における位置付け (2/2)



(2) 太陽圏探査

MUSE (2027~)
高解像度コロナ
撮像観測 (NASA)



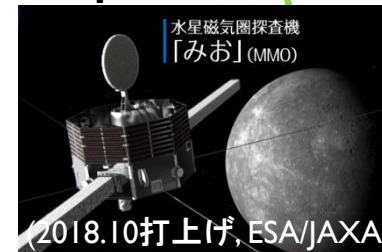
PUNCH (2025~)
(NASA)
5太陽半径以遠の
コロナ偏光観測

Parker Solar Probe



8.9太陽半径距離
(最接近観測 2025~)

BepiColombo/Mio (MMO)



65-100太陽半径距離 @水星軌道
(2025~)

戦略的
観測
連携

“その場”観測

表面磁場の
高解像度観測
(2021-)



DKIST
(NSF)

SOLAR-C
(FY2028~, JAXA)



60太陽半径距離 (最接近時),
24度傾斜角位置 (2027~)

コロナ撮像・分光、表面磁場観測
(テレメ制限, 低時間分解能)

SOLAR-Cは、太陽表面の高解像度観測 (DKIST, 米国)と内部太陽圏の探査観測 (Parker Solar Probe, Solar Orbiter, BepiColombo等)を物理的に結び付けることを可能にする分光診断を提供できる唯一のミッション。

青の向こうの虹を探る

次期太陽観測衛星 SOLAR-C



地球

太陽フレア
プラズマ噴出

太陽コロナ
太陽風

私たちの暮らしに密接に関わる「太陽」を理解するために、これまでにない高性能な観測を実現する

ミッションが目指すこと

太陽大気・フレアがどのように生じるか理解を深め、太陽が地球や太陽系に及ぼす影響を解明することで、太陽系や生命の起源にも迫る

日本が主導する国際ミッション

宇宙望遠鏡による高分解能太陽観測の実現実績において強みを持つ日本が主導し、米欧の国際協力を得て、世界初になる性能を持つ紫外線望遠鏡を実現

期待されるアウトカム

SOLAR-Cによって太陽の理解を進めることで、宇宙天気予報の高度化や物理学の知識拡大に貢献。さらには過去や将来の太陽活動の推測により生命誕生当時の太陽地球環境の理解が可能に

1. プロジェクト目標の設定

1.2 プロジェクト目的・目標: ミッション目的

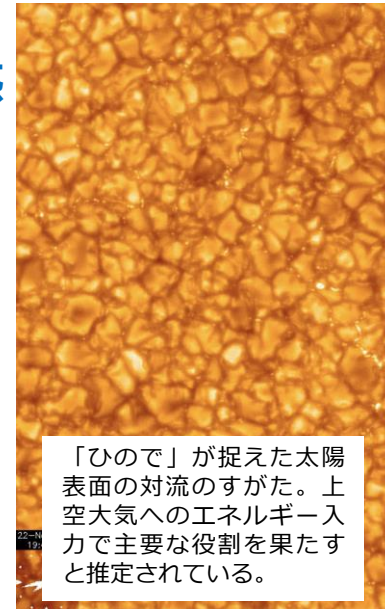


■ ミッションの目的・意義

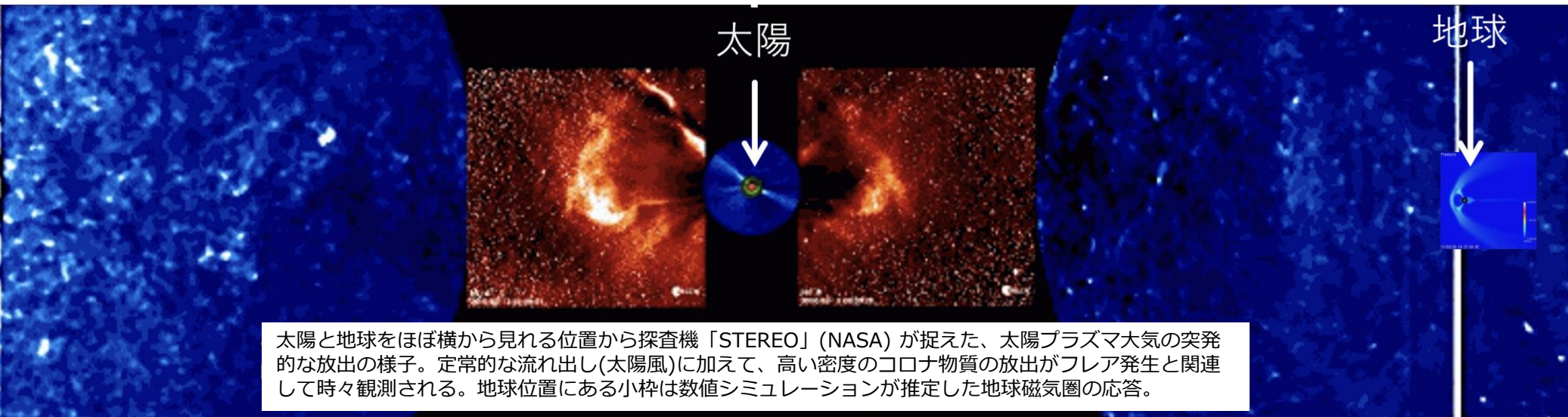
- 1) 宇宙に如何に高温プラズマが作られ、2) 太陽が如何にして地球や惑星に影響を及ぼしているのか、という命題を探求するミッション。

■ 今までの研究状況

- これまでの太陽観測によって、1) 太陽プラズマ大気は定常的な成分(高温コロナ形成と太陽風の流れ出し)と突発的な成分(フレア等爆発的エネルギー解放)で構成、2) 大気へのエネルギー入力とその解放(出力)の振舞い、を明らかにしてきた。
- その振る舞いが起きる仕組みやその背景にある基礎物理過程は、謎のまま、つまりブラックボックスである。



「ひので」が捉えた太陽表面の対流のすがた。上空大気へのエネルギー入力で主要な役割を果たすと推定されている。



太陽と地球をほぼ横から見られる位置から探査機「STEREO」(NASA)が捉えた、太陽プラズマ大気の突発的な放出の様子。定常的な流れ出し(太陽風)に加えて、高い密度のコロナ物質の放出がフレア発生と関連して時々観測される。地球位置にある小枠は数値シミュレーションが推定した地球磁気圏の応答。

1. プロジェクト目標の設定

1.2 プロジェクト目的・目標: 科学目標



ブラックボックスな”物理過程”の理解には、エネルギー注入・散逸領域の間でエネルギーや物質がどのように輸送され、さらに散逸の現場での物理量変化が診断できる観測が重要。

■ 目標 I : 太陽大気・太陽風の形成を導く基礎物理過程を解明する。

SO-I-1) ナノフレアのコロナ加熱への寄与を定量化

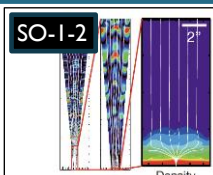
SO-I-2) 波による散逸のコロナ加熱への寄与を定量化

SO-I-3) 彩層微細構造(スピキュール)の形成機構とコロナ加熱への寄与を定量化

SO-I-4) 太陽風の流源と加速機構の理解



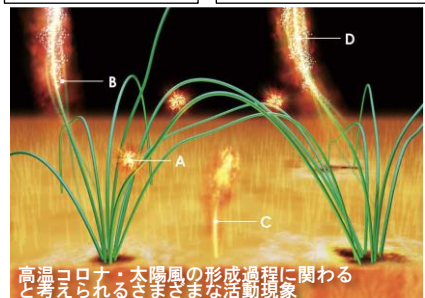
A: ナノフレアがつく
るコロナ微細構造



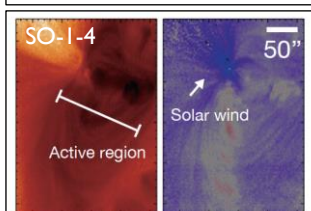
B: シミュレーションが
予測する励起された波



C: ひのてが太陽縁で捉えた
彩層微細構造



高温コロナ: 太陽風の形成過程に関わ
ると考えられるさまざまな活動現象



強度 ドップラー速度
D: ひのてが捉えた低速太陽風
流源の候補

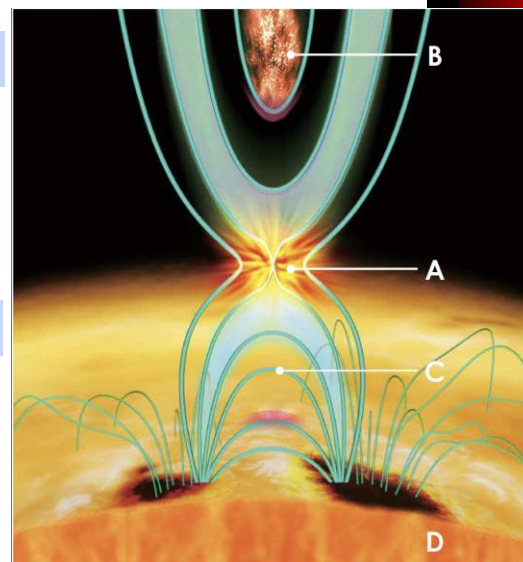
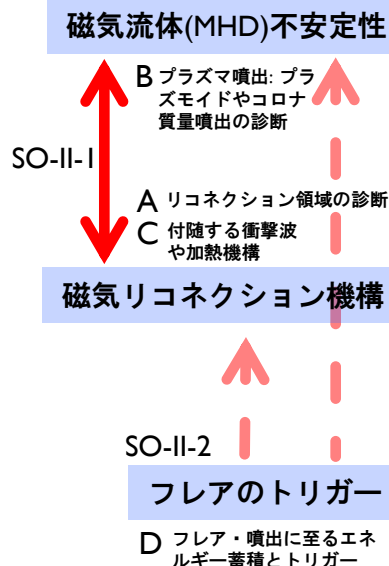
A,B,D: © AAS; C: © NAOJ/JAXA

令和6年4月9日第85回宇宙開発利用部会

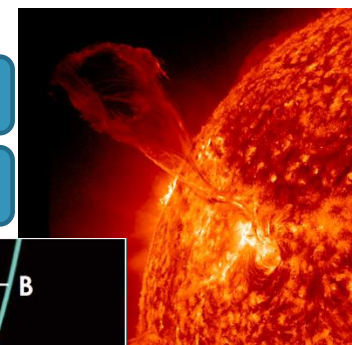
■ 目標 II : 太陽大気が不安定化しフレア・プラズマ噴出を引き起こす物理過程を解明する。

SO-II-1) 磁気リコネクション機構の高速化の理解

SO-II-2) フレアや噴出に至るエネルギー蓄積とトリガーの理解



太陽フレアの標準モデルと、観測および数値シミュレーションで推定される特徴的な構造



フレア発生に伴い観測
されたプラズマ噴出
© NASA/SDO

1. プロジェクト目標の設定

1.2 プロジェクト目的・目標: アウトカム (1/4)



過去の太陽および太陽地球環境の理解



過去の太陽大気形成過程
過去の太陽フレア

太古の地球環境
(~40億年前の生命誕生時)
太古の惑星環境
(~40億年前火星大気消失時)

SOLAR-Cの目的

現在の太陽および太陽地球環境の理解



科学課題I: 太陽大気形成過程
科学課題II: 太陽フレア

基礎物理 (ブラックボックス) の理解

フレア予報、太陽風予報等
宇宙天気予報に貢献

物理学の知識拡大に貢献

将来の太陽および太陽地球環境の理解



長期変動・極端現象の理解
将来の太陽大気形成過程
将来の太陽フレア

長期的な宇宙開発リスク
(火星や他の惑星)

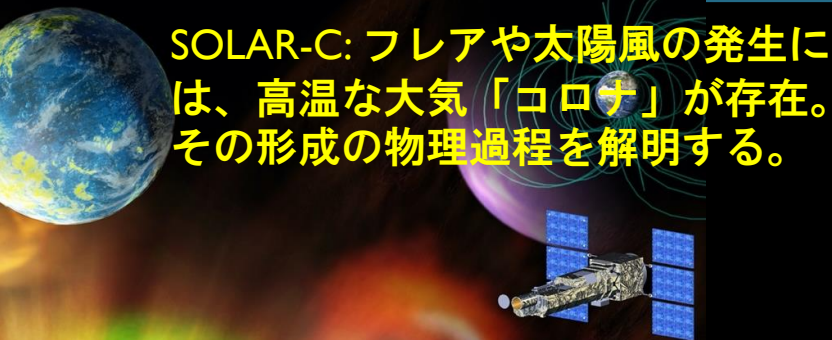
1. プロジェクト目標の設定

1.2 プロジェクト目的・目標: アウトカム (2/4)



どのように高温プラズマで満たされた宇宙が作られているのか？

- 太陽プラズマでの基礎物理過程のより深い理解は、宇宙の高温プラズマの理解やプラズマ物理学・原子物理学の知識を広げることにつながる。



SOLAR-C: フレアや太陽風の発生には、高温な大気「コロナ」が存在。その形成の物理過程を解明する。

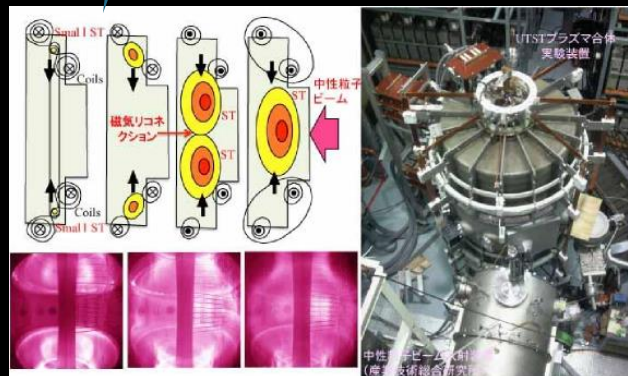
基礎物理過程（磁気リコネクション、波動の非線形的振舞い、衝撃波、プラズマ乱流、放射伝達、非平衡状態プラズマなど）の知見

宇宙に無数に存在する「恒星」の高温な大気形成過程の理解へと展開できる。さらには、「系外惑星」における宇宙天気の理解につながる。

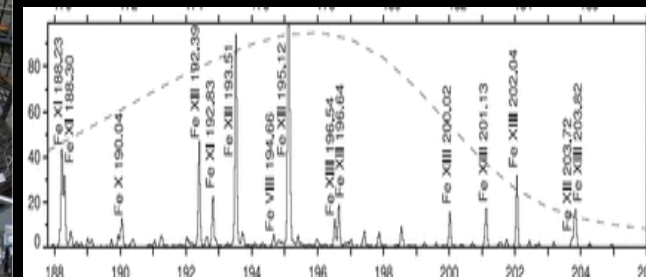
夜空で輝く無数の恒星



太陽物理学に限定されず、宇宙天体プラズマの理解や検証に広く活用され、さらにプラズマ物理学・原子物理学の知識を広げる。



東京大学UTSTプラズマ合体実験



太陽プラズマから発せられる極紫外線スペクトル線

Plasma Universe

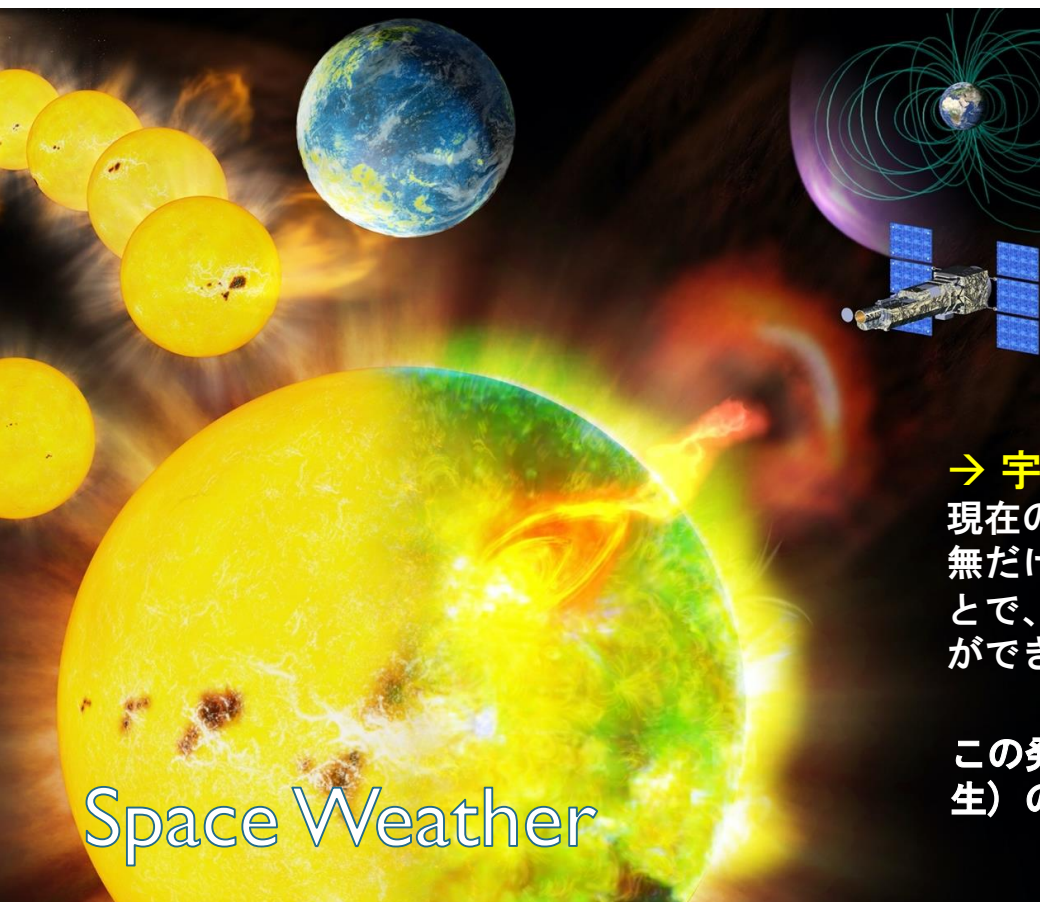
1. プロジェクト目標の設定

1.2 プロジェクト目的・目標: アウトカム (3/4)



太陽が如何にして地球や惑星に影響を及ぼしているのか？

- フレア爆発予測改良に必要なアルゴリズム構築など、宇宙天気研究を通じて (宇宙天気予報)、未来にわたる社会活動の持続可能性への理解につながる。



SOLAR-C: 関わりのある物理過程の理解深化

いつ、どこで、どの位の規模のフレア・CME
が起こるか？

- ・ フレア予測
- ・ コロナ質量放出 (CME) 予測

どこから、どのような太陽風が吹くか？

- ・ 太陽風予測

→ 宇宙天気(フレア発生)予測手法改善への貢献

現在の予測モデル (磁場構造の安定性解析に基づくフレア発生有無だけがわかる予測モデル)に、SOLAR-C観測的知見が加わることで、フレア爆発・噴出への発展の時間スケールや規模の予測ができるモデルに発展させることができると期待される。

この発展は、未来における太陽活動 (例えば、極端現象の発生) の予測に寄与、宇宙開発におけるリスク管理からも期待。

1. プロジェクト目標の設定

1.2 プロジェクト目的・目標: アウトカム (4/4)



約40億年前どんな宇宙天気環境のもとで地球に生命は誕生したのか？

- 現在の太陽で起きる物理機構のより深い理解が、過去の宇宙天気環境を推測し (宇宙気候学)、生命の起源の理解にも貢献する。

35~40億年前
の太陽



(明るい太陽)

- もし太陽の質量損失が非常に大きく、現在より5%重い太陽であったなら、
- ・ 35億年前の太陽は、現在と同程度の明るい太陽である。
 - ・ すなわち、現在のように地球環境は”温暖湿潤”な状況ができる。

(標準モデル)

- ・ 現在太陽の質量損失と同じと仮定すると、35億年前の太陽は現在とほぼ同じ質量で、暗い太陽 (現在の70%) となる。
- ・ この時、地球環境は”全球凍結”状態。この環境で、果たして生命は誕生できるのか？

現在の
太陽

前頁の応用例として、異なる磁場環境 (35億年前の太陽) における、太陽風やコロナ質量放出 (CME) の規模と頻度の推定。

- 過去の太陽で現在より1000倍多い質量損失は可能か
- ・ より激しい磁氣的活動 (スーパーフレア)
 - ・ より高速・高密度な太陽風

Faint Young Sun Paradox

1. プロジェクト目標の設定

1.2 プロジェクト目的・目標: アウトカム目標



- SOLAR-Cから得られるアウトカム (MO: Mission Outcomes)
 - (MO-1) 本計画で得られる知見は、「太陽」大気の定量的な理解を深め (時期: ~5yr)、さらに宇宙に無数に存在する「恒星」の高温な大気形成過程の理解へと展開する (時期: 5~10yr) ことで、宇宙に高温プラズマが如何に作られるかに答えることにつなげる。
 - (MO-2) 太陽表面での爆発的磁気活動によって、社会インフラである気象・通信衛星や発電システム等が影響を受けるなど、太陽の活動が実社会に与える影響は大きい。本計画で得られる知見は、フレア爆発・噴出の物理的理解を深め (時期: ~5yr)、フレア爆発の予測に必要なアルゴリズム構築に展開する (時期: 5~10yr) ことで、宇宙天気的研究による社会への貢献につなげる。
 - (MO-3) 分光による太陽観測で得ることができる基礎物理過程 (磁気リコネクション、波動の非線形的振舞い、衝撃波、プラズマ乱流、輻射伝達、非平衡状態プラズマなど) の知見は、太陽物理学に限定されず、宇宙天体プラズマの理解や検証に広く活用 (時期: 5~10yr) され、さらにプラズマ物理学・原子物理学の知識を広げる。
 - (MO-4) 本計画で得られる知見は、過去の宇宙天気環境 (太陽風, 輻射, フレア発生など) を推測することにも寄与し (時期: 5~10yr)、例えば、現在の太陽の70%の明るさしかなかった35億年前に地球で生命が生まれたパラドックス (Faint Young Sun Paradox) を解く助けが得られる。
 - (MO-5) 工学的には、イプシロンクラス衛星規模でサブ秒角観測を行うことを可能にする技術を獲得できる (時期: 10~yr)。
- ステークホルダは、太陽物理学および関連するさらに広範囲の宇宙科学コミュニティの研究者。MO-5は、同コミュニティに加え、開発貢献した開発企業。

1. プロジェクト目標の設定

1.3 成功基準 (1/2)



	ミニマム	フルサクセス	エクストラサクセス
科学目標 1 太陽大気と太陽風がどのような物理過程により形成されるのかを明らかにする	<p>(SC-M1) 太陽大気におけるエネルギー・質量輸送に関して新たな知見を得るため、これまでに無い空間(1500km)・時間(5秒)精度で遷移層からコロナまでを同時観測する。 <達成判断時期A></p> <p>(SC-M2) 取得した科学データは定められた期間の後、世界に公開する。 <達成判断時期A></p>	<p>(SC-F1) ナノフレア（微小爆発現象）および波動散逸の太陽コロナ加熱への寄与を定量的に評価するため、10^{25}ergのエネルギー識別能でコロナ中に生じるエネルギー解放現象を観測する。また、さまざまな大気層の間の物理的結合を定量的に評価するため、空間600km・時間4秒の精度で光球・彩層をコロナと同時撮像観測する。 <達成判断時期B></p> <p>(SC-F2) 彩層の構成要素であるスピキュールの形成過程およびコロナ加熱への寄与を定量的に評価するため、スピキュールを1本ごとに識別して彩層とコロナを同時分光観測する。 <達成判断時期B></p> <p>(SC-F3) 太陽風の起源領域を同定し上空の太陽風領域へのエネルギー・質量輸送を定量的に評価するため、空間600km・速度3km/sの精度で太陽風の起源の候補であるコロナホールを分光観測する。 <達成判断時期B></p>	<p>(SC-EI) さまざまな大気層の間の磁気的な関係性を定量的に評価するため、光球からコロナまでの全領域を、地上太陽望遠鏡と協調して同一対象を750kmより良い指向精度で、かつ空間300km・時間0.5秒の精度で、同時分光観測する。 <達成判断時期B></p>

緑色: アウトプット目標

1. プロジェクト目標の設定

1.3 成功基準 (2/2)



	ミニマム	フルサクセス	エクストラサクセス
科学目標 II 太陽大気がどのように不安定化し、太陽フレアやプラズマ噴出を引き起こすのかを明らかにする	(SC-M1) 太陽大気におけるエネルギー・質量輸送に関して新たな知見を得るため、 これまでに無い空間(1500km)・時間(5秒)精度で遷移層からコロナまでを同時観測する。 <達成判断時期A> (SC-M2) 取得した科学データは定められた期間の後、世界に公開する。 <達成判断時期A>	(SC-F4)フレアの 高いエネルギー解放効率を説明する高速磁気リコネクションに関して新たな知見を得るため、空間600kmの精度で磁気リコネクション領域を観測する。 <達成判断時期B> (SC-F5) フレア・噴出現象の駆動メカニズムおよびその発生高度を定量的に評価するため、速度3km/sの精度で活動領域の彩層からコロナまでを抜けなく同時観測する。 <達成判断時期B> (SC-F6) 活動領域が系全体としてどのように不安定化するのかを定量的に評価するため、フレアを生じる活動領域を彩層からコロナにおいて空間600km・速度3km/sの精度で数日間モニターする。さらに紫外線輻射強度の時間変動を高い時間(0.25秒)精度で観測する。 <達成判断時期B>	(SC-E2)フレア規模の違いで、フレアの物理プロセスや地球環境への影響に、どのような違いがあるか 新たな知見を得るため、多様な規模のフレアを100個以上観測する。 <達成判断時期B> (SC-E3)フレア発生と彩層および光球における磁氣的構造との関係性を定量的に評価するため、 地上太陽望遠鏡と協調観測し、同一の活動領域を750kmより良い指向精度で同時観測する。 <達成判断時期B>

緑色: アウトプット目標

令和6年4月9日第85回宇宙開発利用部会

<達成判断時期A> 定常観測開始1年後

<達成判断時期B> 定常観測開始2年後

1. プロジェクト目標の設定

1.3 成功基準: アプトプット目標とアウトカム目標



- プロジェクトは、これまでにない高性能な観測を実現するSOLAR-C衛星を軌道上来実現させて、取得する観測データを宇宙科学の研究者コミュニティに提供する。
- **プロジェクトの成功評価**は、前頁の「成功基準」において定義された質・量を有する科学データを取得する観測およびそのデータ公開をもって行う（「アプトプット目標」の設定）。
- アウトカムのステークホルダである宇宙科学の研究者コミュニティにて、提供データを用いてミッション目的・意義として掲げた命題が探求され、科学的成果が生まれる。科学的成果(**ミッションの成功**)の評価は、「アウトカム」として評価される。
- アウトカムの評価は、科学論文を出版しその内容を世界規模のコミュニティで吟味され評価されるため、最低でも5~10年の時間スケールがかかるが、打上げ後2年4ヶ月でシーズが出てくると期待される。
- これを考慮して、ミッション終了審査時に評価できる指標として、アウトプット目標の他に、「ショートタームのアウトカム目標」を以下に明示する。
 - (MO-1) SOLAR-Cによる太陽大気加熱メカニズムの相対的な寄与の定量性に関する知見を、太陽大気と太陽風の形成過程の理解を深める。
 - (MO-2) 太陽がいつ、どのように地球や他の惑星に擾乱を引き起こすかの解明に向けて、SOLAR-Cによるフレアを起こす活動領域内およびその周辺の物理的状態の定量性に関する知見を、太陽フレアおよび噴出現象の物理的プロセスの理解を深める。

2. SOLAR-Cの概要

2.1 衛星システム



軌道：太陽同期軌道（Dawn-Dusk軌道）

高度：600km

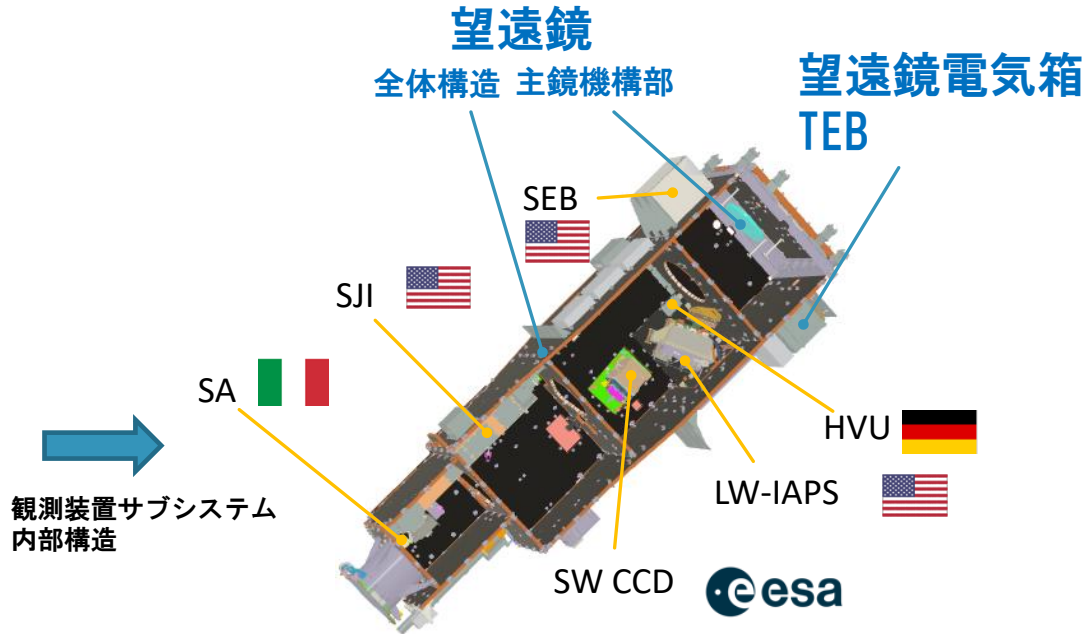
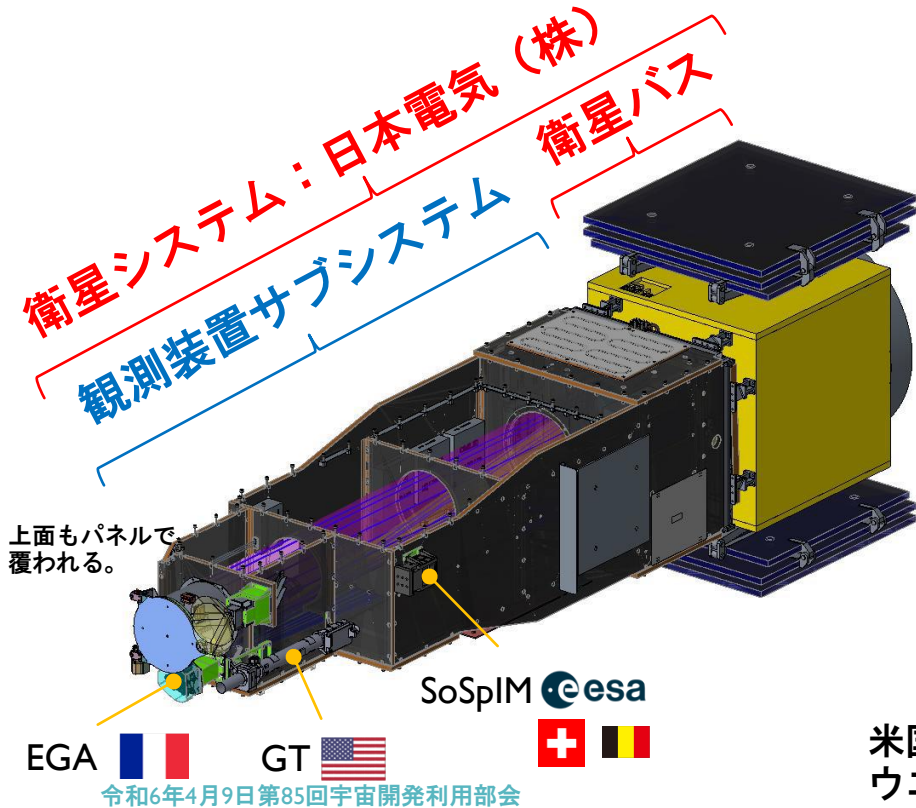
質量：600kg

打上げ：イプシロンSロケット

ミッション期間：2年4ヶ月

衛星システム企業が開発する衛星バスに観測装置サブシステム (EUVST) を搭載。

担当：三菱電機（株）



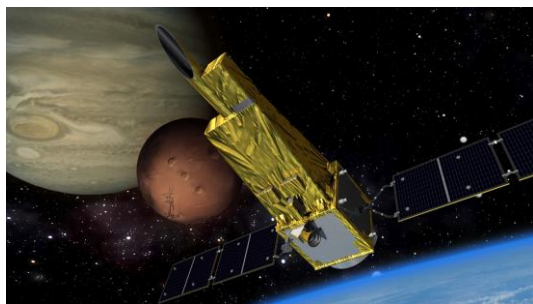
米国・欧州の宇宙機関が観測装置内に搭載するハードウェア提供やミッションデータ受信支援等で参加する

2. SOLAR-Cの概要

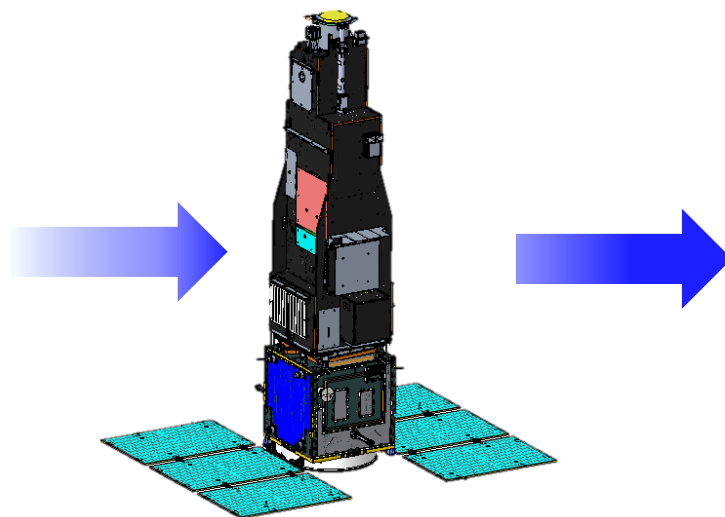
2.1 衛星システム



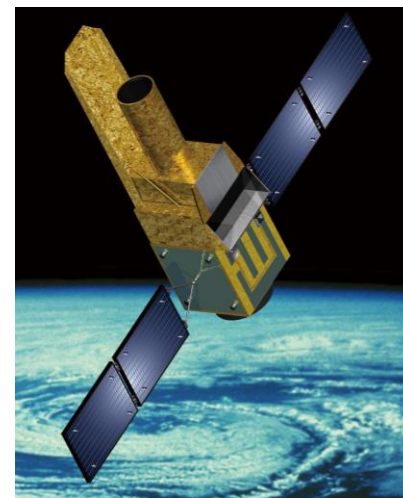
- 衛星バスは、惑星分光観測衛星「ひさき」で開発された小型科学衛星標準衛星バスをベースに、「SOLAR-C」が必要とする性能を持つ衛星バスとして開発。
- 「SOLAR-C」で獲得される新しい技術や開発体制と蓄積する小型衛星技術は、さらにその先の将来計画へ応用される。



2013年9月14日打上げ
惑星分光観測衛星「ひさき」



2028年度打上げ
高感度太陽紫外線分光観測衛星「SOLAR-C」



将来計画
赤外線位置天文観測衛星「JASMINE」

- これにより、2030年代の天文・惑星・地球観測ミッションを、高性能な小型衛星で実現して科学成果を創出していく。「SOLAR-C」のアウトカム目標MO-5 (p. 16)が目指す将来像である。

2. SOLAR-Cの概要

2.2 観測装置サブシステム



観測装置サブシステム: EUV分光望遠鏡 (EUVST#)

EUVST = EUV high-throughput Spectroscopic Telescope

ミッションの科学目標の達成に有効である、
3つの能力を同時に実現する高性能な観測を世界で初めて実現

A) 観測温度範囲 (プラズマ温度: 2万度から2,000万度)

太陽大気を一つの結合システムとして理解するため、全ての大気層を抜けなく同時に同じ空間分解能で観測する能力

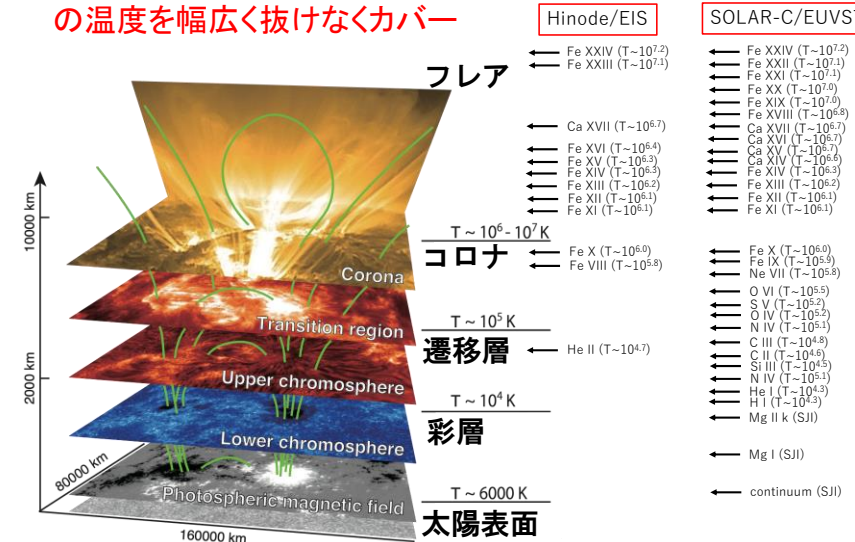
B) 高空間・時間分解能 (空間 ~ 0.4秒角, 時間 ~ 1秒)

物理過程を理解するため、太陽大気における基本構造を分解し、そこで起こる現象を追跡する能力。10-30倍の感度向上。

C) 物理量診断能力

分光診断することにより、密度、速度、温度、電離度、組成比などの物理量を定量的に評価できる能力

SOLAR-C: 太陽表面からコロナ・フレアまで 代表的な輝線
の温度を幅広く抜けなくカバー



これらの能力を持つことで、エネルギー注入・散逸領域の間でエネルギーや物質がどのようにに輸送され、さらに散逸の現場での物理量変化を診断することが初めて可能となる。

2. SOLAR-Cの概要

2.2 観測装置サブシステム



コロナ

「ひので」搭載の極紫外線装置
による分光観測から作成
空間分解能 約3秒角

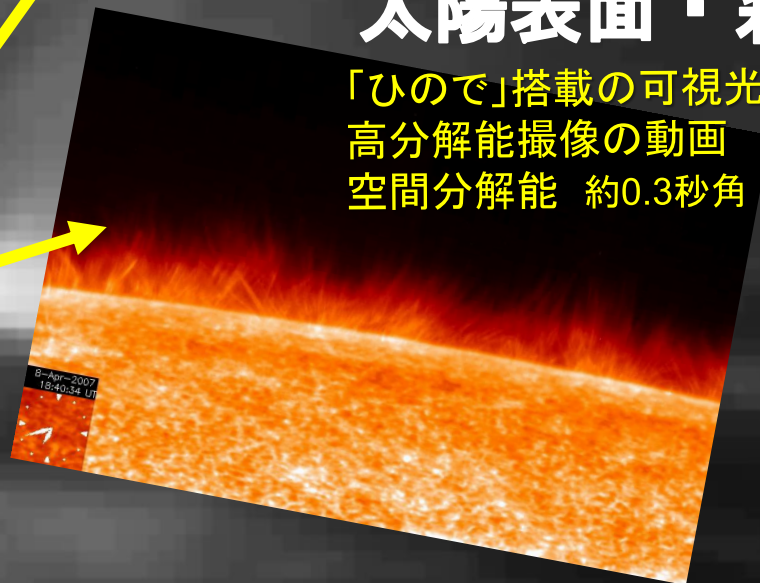
空間分解能が違い過ぎて、エネルギー
や物質の輸送や散逸の現場を分解する
ことが現在までの観測では困難である

太陽表面・彩層

「ひので」搭載の可視光望遠鏡が取得した
高分解能撮像の動画
空間分解能 約0.3秒角

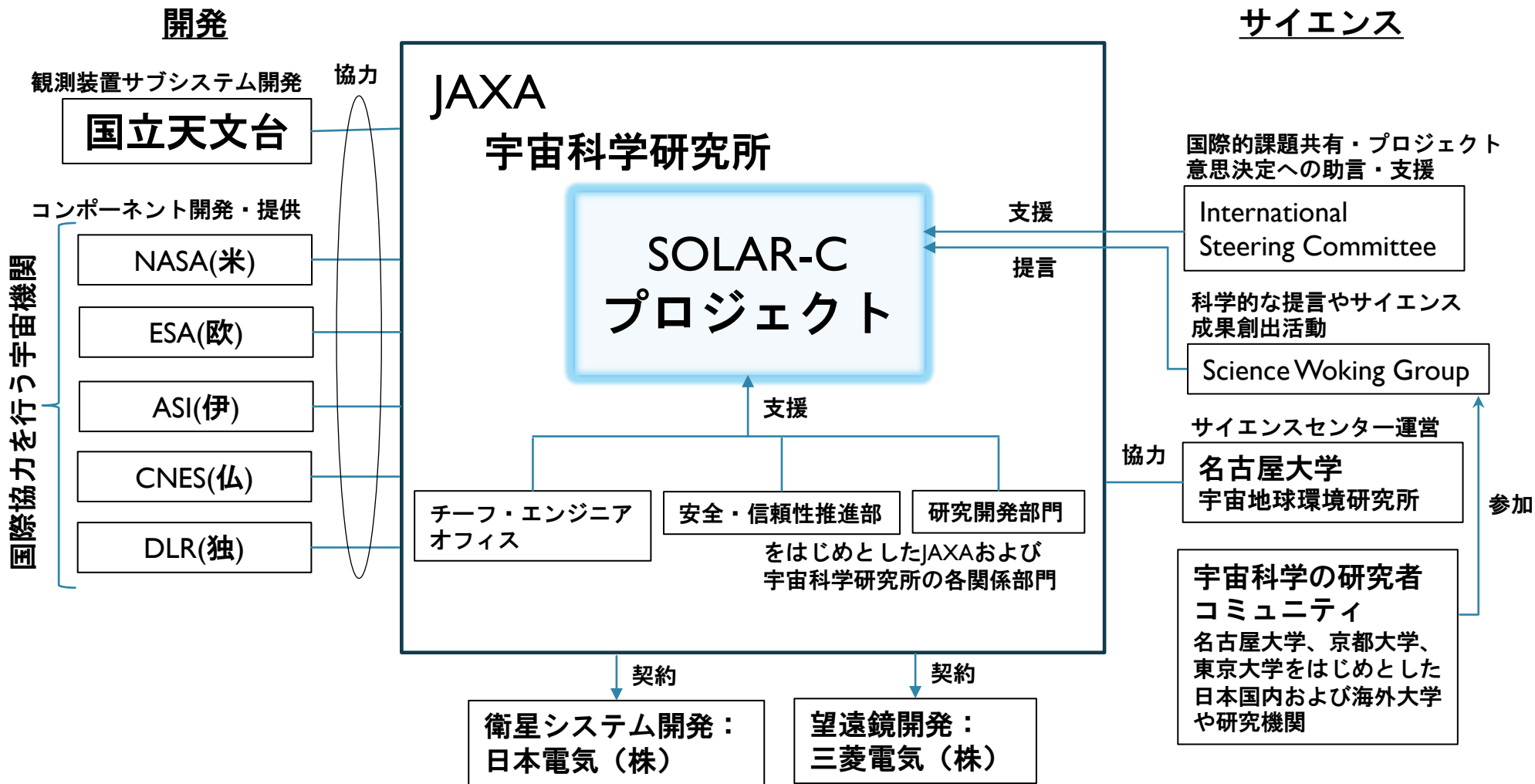
鮮明な画像・分光データ

SOLAR-C EUVSTは、「ひので」が太陽表面で
実現させた解像度を大気全層(コロナまで)に広
げ、さらに物理診断を可能にする。
空間分解能 0.4秒角 (面積比最大約50倍の向上)



3. 開発計画

3.1 実施体制



3. 開発計画

3.2 資金計画及びスケジュール



(1) 資金計画

SOLAR-Cプロジェクトに関する総開発費：225.2億円

(2) スケジュール

年度	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
マイルストーン	△ MDR △ プロジェクト準備審査 △ SRR	△ SDR △ プロジェクト移行審査	△ システムPDR	△ システムCDR			△ 打上げ △ 開発完了審査 △ 定常運用移行審査		
衛星システム	概念設計		基本設計	詳細設計	維持設計			初期運用	定常運用
			EM製作・試験		PFM製作・試験			射場作業	
観測装置サブシステム: EUVST	概念設計		基本設計	詳細設計	維持設計				
			EM製作・試験		PFM製作・試験				
地上系		衛星管制・ミッション運用系設備構築							定常運用

極大期(2025-26年頃)から徐々に太陽活動が下降する時期に打上げ・運用開始するため、上記スケジュールを可能な限り維持することが科学成果創出の最大化に寄与する。

3. 開発計画

3.3 リスク識別・対処方策



- リスク管理計画に基づき、リスクの識別・評価を実施。定期的に確認・監視し、リスクを低減。

■ リスクの評価

		発生の可能性		
		大	中	小
発生の影響度	大	A	A	B
	中	A	B	C
	小	B	C	C

発生の影響度

レベル	技術	スケジュール	コスト
小	軽微または影響なし	主要マイルストーンの1ヶ月以下の遅延または遅延なし	コスト増はない、または1千万以下
中	許容可能、次善の策あり	主要マイルストーンの1ヶ月～3ヶ月の遅延	コスト増が1千万～2億円
大	許容不可能	主要マイルストーンの3ヶ月以上の遅延	コスト増が2億円超過

発生の可能性

レベル	定義
小	発生の可能性は低く、このリスクは避けられる
中	発生の可能性があり、リスクを避けるための処置が必要である
大	発生の可能性は高く、代替手段が無い可能性がある

■ 主要なリスクと対応方針（抜粋要約）

No.	リスク項目	可能性	影響度	レベル	処置方針・状況
1	開発中のイプシロンSロケットとのインタフェースにおいて、 ・衛星に対するロケット搭載環境条件が現在よりも悪化すると衛星設計への影響が極めて大きい。 ・ロケットの打上げ能力に対し衛星質量のマーヅンを確保できない。	中	大	A	ロケットの開発状況を注視するとともに、柔結合解析を実施して余裕を確認する。
		大	中	A	設計進捗に伴い衛星質量とそのバラつきを低減し、ロケットと調整を進める。

4. プロジェクト移行審査のまとめ

- プロジェクトマネジメント規程・実施要領に従ってプロジェクト移行審査を実施し、プロジェクト実行フェーズへの移行可否について確認した。また、審査に先立ち、国民に向けたプロジェクトの意義・価値の説明について、外部評価委員からの評価を受け、説明内容が改善されていることを確認した。審査項目及び審査結果を以下に示す。

審査項目

(1) プロジェクト計画の妥当性

- ① プロジェクト目標・成功基準、範囲の妥当性
- ② 実施体制（機構外部を含む）及び人員計画の妥当性
- ③ 資金計画の妥当性
- ④ 開発スケジュールの妥当性
- ⑤ 調達マネジメント計画の妥当性
- ⑥ システムズエンジニアリングマネジメント計画の妥当性

(2) プロジェクトのリスク識別・対処方策の妥当性

- (3) 技術リスクの低減
- (4) 人材育成方針の妥当性
- (5) レッスンズラーンドの取り込み状況の妥当性
- (6) 教訓・知見の妥当性

■ 審査結果

上記の審査項目に沿って審査した結果、要処置事項を確実に処置することを条件に、**プロジェクト実行段階への移行は妥当**と判断した。