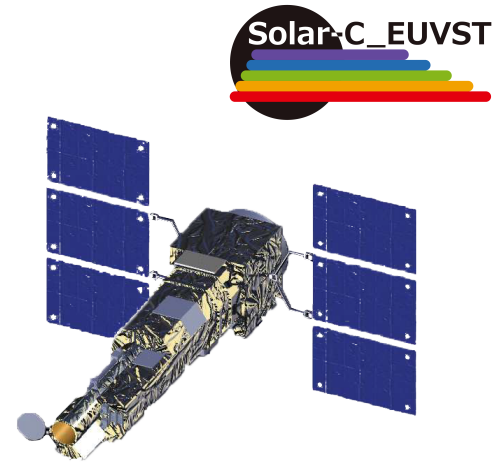


第21回 宇宙科学シンポジウム リモート開催
2021年1月6日～1月7日

S5-004

SOLAR-C (EUVST) の進捗状況



清水 敏文 (ISAS/JAXA)

鳥海 森、鄭 祥子、備後 博生 (ISAS/JAXA)、原 弘久、末松 芳法、勝川 行雄、久保 雅仁、石川 遼子、都築 俊宏、納富 良文、篠田 一也、渡邊 鉄哉(NAOJ)、今田 晋亮、草野完也、増田 智 (名大)、川手 朋子(核融合研/NAOJ)、横山 央明、長谷川 隆祥(東大)、一本 潔、永田 伸一、浅井 歩 (京大)、渡邊 恭子(防衛大)、飯田 佑輔(新潟大)、峯杉 賢治、宮崎康行、後藤 健、太刀川 純孝、小川 博之、松崎恵一、福田 盛介、伊藤 琢博、岡田 則夫、中坪 俊一、西野 徹雄、山崎 敦、村上 豪、橋本 樹明、坂井 真一郎 (ISAS/JAXA)、小原 新吾、木本 雄吾、島崎 一紀、山中 理代、宮崎 英治 (JAXA研開)、津野 克彦(理研)、ほかSolar-C(EUVST)プリプロジェクト候補チーム

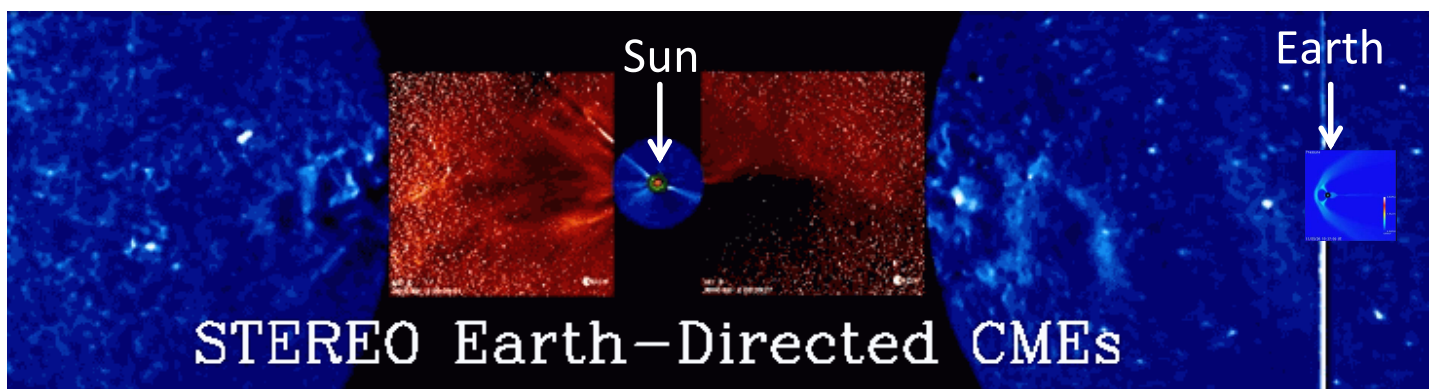
SOLAR-C (EUVST)@第21回宇宙科学シンポジウム

1

ミッションの意義・研究状況



- ミッションの意義
 - 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。



ミッションの科学目的

ブラックボックスな“物理過程”の理解には、エネルギー注入と解放の間で、エネルギーや物質がどのように輸送され、また解放の現場を捉えて、何が起きているかを診断すること。

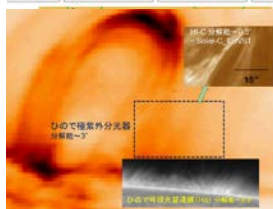
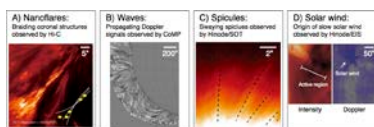
- 目的1：太陽大気・太陽風の形成を導く基礎物理過程を解明する。

A) ナノフレアのコロナ加熱への寄与を定量化

B) 波による散逸のコロナ加熱への寄与を定量化

C) 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

D) 太陽風の流源と加速機構の理解

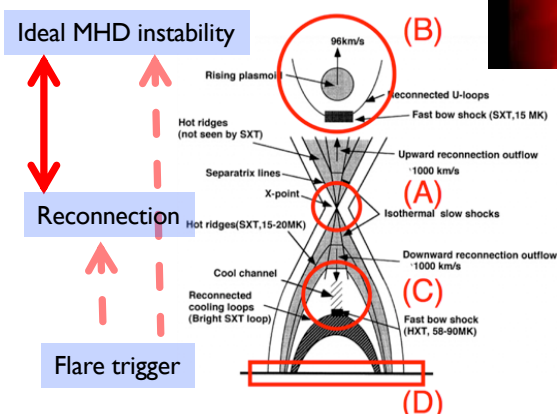
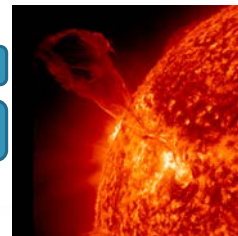


SOLAR-C (EUVST)@第21回宇宙科学シンポジウム

- 目的2：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。

A), C) 磁気リコネクション機構の高速化の理解

B), D) フレアや噴出に至るエネルギー蓄積とトリガーの理解



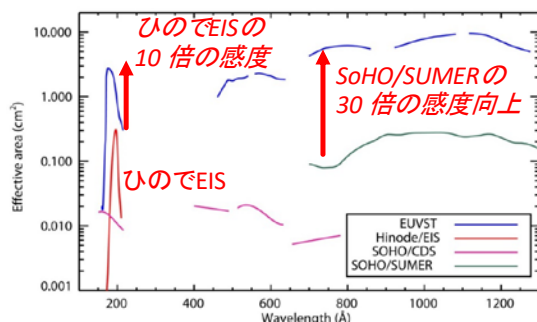
3

ミッションの独自性

目的達成には、以下の3つの要素を同時に実現する世界初のEUV分光望遠鏡、が有効。

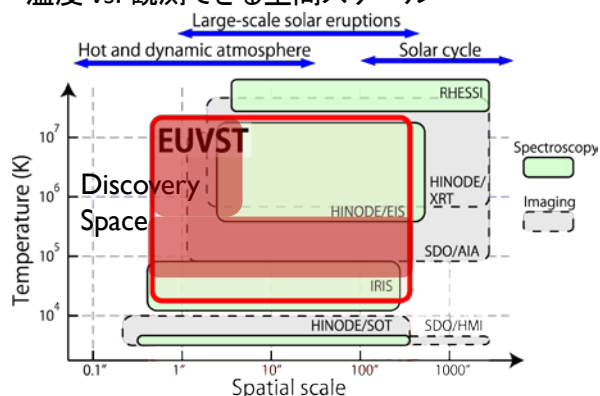
- A) 3桁以上の温度帯域 (彩層(2万度)からコロナ(100-2000万度))にわたる太陽大気的全温度層を同時に隙間なく観測できる能力
- B) 10-30倍の感度向上して、観測する現象に高空間・時間分解能で追従できる能力
- C) 基礎物理過程を診断できる分光情報(速度, 温度, 密度等)を獲得できる能力

有効面積 vs. 観測波長

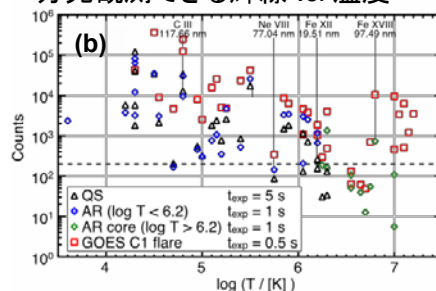


SOLAR-C (EUVST)@第21回宇宙科学シンポジウム

温度 vs. 観測できる空間スケール



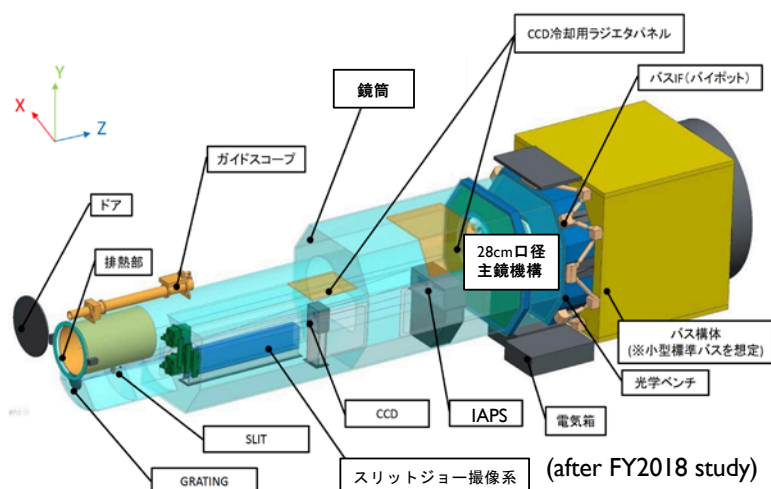
分光観測できる輝線 vs. 温度



4

ミッション構成概要

- 小型衛星バス上に、極端紫外線高感度分光望遠鏡 EUVST (EUV high-throughput Spectroscopic Telescope)を搭載し、イプシロンロケットで打ち上げる。
- 日本は、EUVST全体構造(鏡筒)と主鏡機構(口径28cm指向駆動可能な単鏡)および衛星バス、ロケットを担当する。EUVSTの分光器コンポーネントは、米国・欧州諸国が国際協力のもと担当する。



SOLAR-C (EUVST)@第21回宇宙科学シンポジウム

観測波長: 17-21.5nm,
46-128nm
→ 1万度~1500万度の全温度層を隙間なくカバー
空間分解能: 0.4"
観測視野: 300"x280"
時間分解能: 0.5s (最短)

5

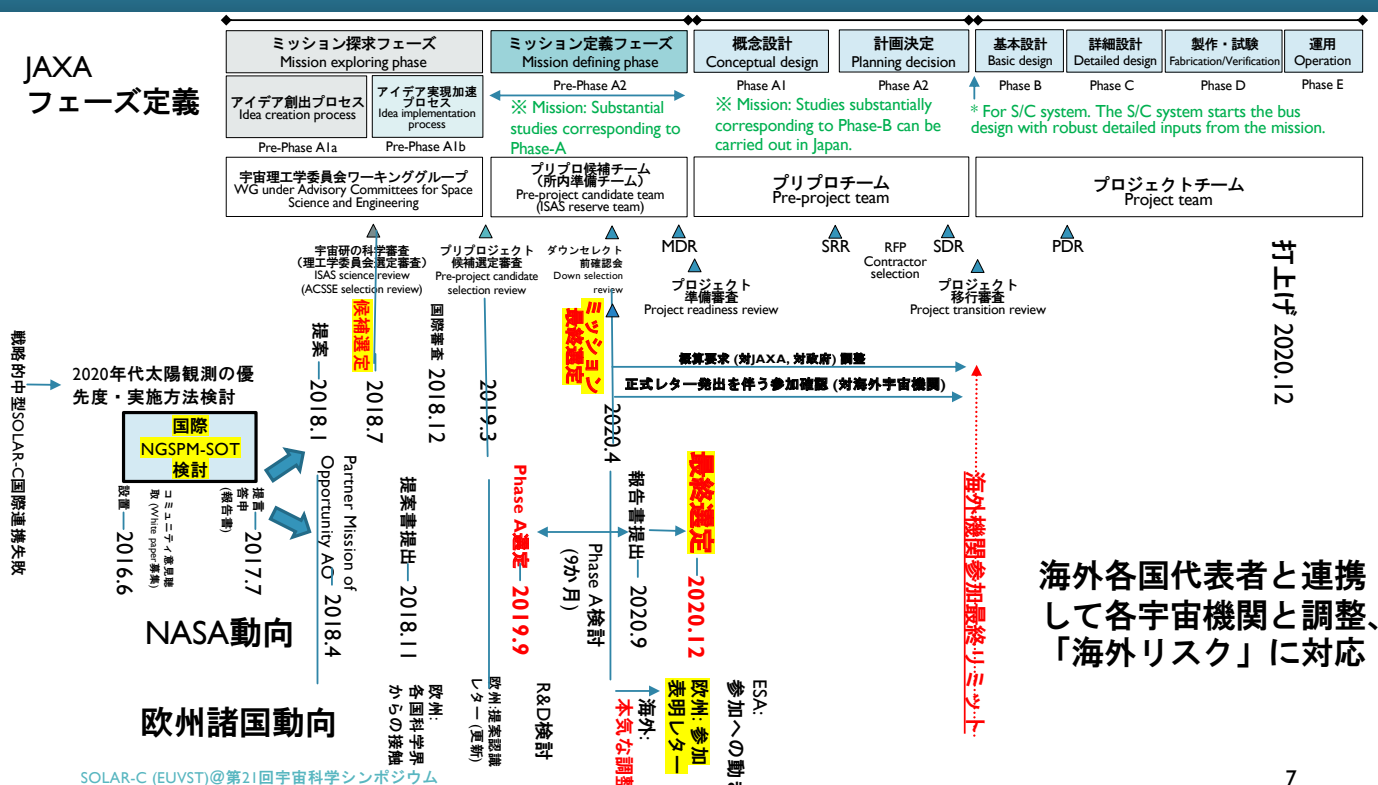
JAXAにおけるミッション立上げ状況

2018.07	「平成29年度公募型小型計画・宇宙科学ミッションコンセプト提案」において、宇宙理学委員会・宇宙工学委員会による科学審査結果、HiZ-GUNDAMと共に選定され、アイデア実現加速プロセス (Pre-Phase A1b) に進む。
<<ISAS: 2019年末までにMDR/準備審査の判断(所内確認, 最終選定)を実施>>	
2018.12	国際科学審査の実施
2019.03	「プリプロジェクト候補選定審査」と受審し、「ミッション定義段階」(Pre-Phase A2) への移行が可能と判断される。
2019.05	CML4確認会: CML4 黄信号1件(2019.07青信号化)、他全項目青信号を確認。
2019.12-2020.02	「Solar-C_EUVSTコスト評価小委員会」(PO室長) によるコスト評価 「公募型小型4号機 プリプロジェクト候補ダウンセレクション前審査」を受審。検討達成状況の確認が行われ、現時点におけるダウンセレクション候補として妥当であると結論される。
2020.04	公募型小型4号機としてミッション選定される。
2020.05	政府宇宙科学・探査小委員会に報告され、工程表に掲載される。

SOLAR-C (EUVST)@第21回宇宙科学シンポジウム

6

国際協力体制の構築



7

次世代太陽ミッション(NGSPM)提言

- Next Generation Solar Physics Mission (NGSPM) – Science Objectives Team (日米欧14名の検討チーム) が、2020年代の優先すべき太陽研究課題・観測装置・実施方法を検討し、提言をJAXA/NASA/ESAに2017年に答申。
 - チームは、戦略中型Solar-Cの国際協力不首尾への対応として、太陽系科学研究系主幹とNASA太陽圏部門長らの調整により設立された。
 - 提言書は、宇宙機関の動き、研究コミュニティの尖鋭化議論のドライバー。

NGSPM提言:
優先度の高い雛形の観測装置

- 0.3" coronal/TR spectrograph (T-9)
外部大気に渡る隙間ない温度プラズマ診断
- 0.2"-0.6" coronal imager (T-7)
超高解像度のコロナ撮像
- 0.1" – 0.3" chromospheric imager and magnetograph (T-4)
0.1" photospheric magnetograph (T-1)
0.1" chromospheric spectrograph (T-5)
彩層の磁場・速度場

2020年中盤に小型・中型ミッションの constellation (国際連携)で実現させる

公募型小型として Solar-C (EUVST)

NASA MIDEEX ミッション等に期待

偏光分光観測の実証:
CLASPI/2 (UV), 大気球 Sunrise-3(1m)
地上大型望遠鏡 DKIST(4m)との協働
→ 1m級宇宙望遠鏡は2030年代への検討事項

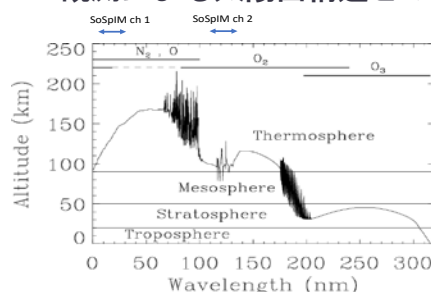
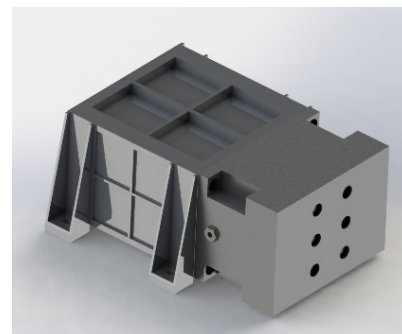
SOLAR-C (EUVST)@第21回宇宙科学シンポジウム

8

EUV SPECTRAL IRRADIANCE MONITORの搭載



- プログラム的目的: 海外リスクの低減 (バックアップとしてのスイス参画)
- EUV分光望遠鏡EUVSTの軌道上校正の目的
- 宇宙天気研究: 科学的目的の付加
 - EUV光の速い時間変化の計測から、フレアを駆動する機構の理解
 - 太陽EUV光放射の地球高層大気 (熱圏・中間圏)への影響
- スイス・世界放射センター・ダボス物理気象観測所による働きにより、Swiss Space OfficeよりPhase A & B funding確定
- ESA PROBA-2/LYRAからの発展版
 - Channel 1: 170-215 Å --- 電離圏/熱圏
 - Channel 2: 1115-1275 Å (Ly α) --- 中間圏・成層圏
 - 空間的に分解されたEUVST観測による太陽面構造との対応



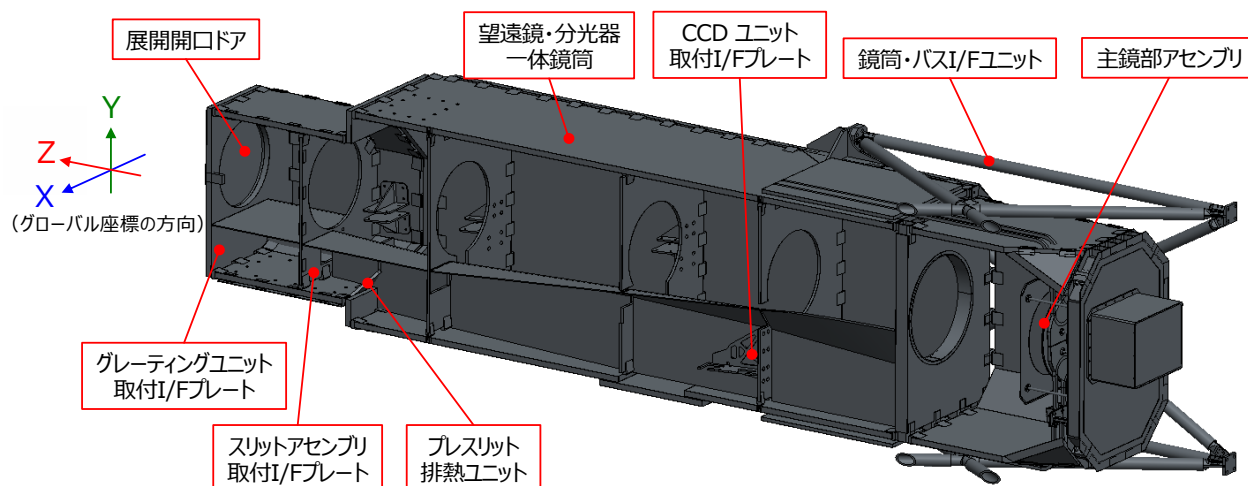
SOLAR-C (EUVST)@第21回宇宙科学シンポジウム

9

技術的リスクの低減活動 (1/2)



- 2019年度検討で絞り込んだクリティカルな課題(優先検討事項)の解決を中心に、複雑な機構や大型構造体からなる望遠鏡のクリティカルな技術的・システムの成立性を確認し、リスク低減化を図っている。



鏡筒構造の衛星取付I/Fの再考: 軽量&高剛性化
プレスリット排熱、迷光仕切板等の構造詳細化
海外開発コンポ搭載のためのI/F明確化

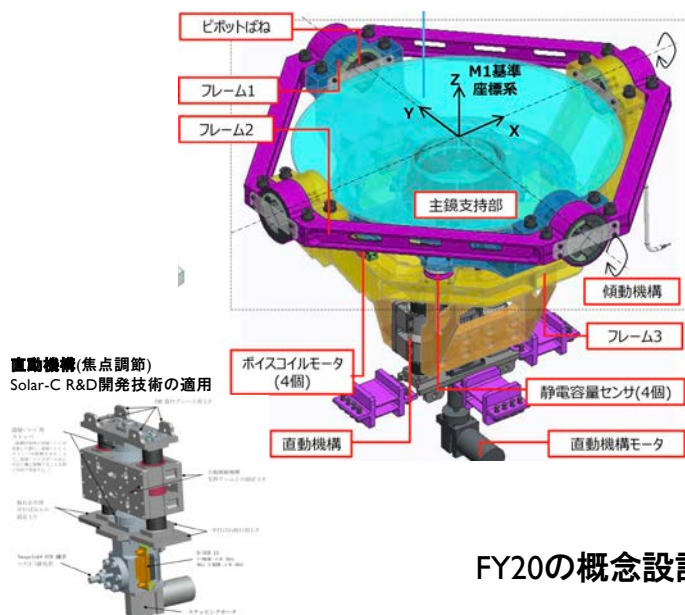
SOLAR-C (EUVST)@第21回宇宙科学シンポジウム

10

技術的リクスの低減活動 (2/2)

Solar-C_EUVST

■ EUVST軽量化主鏡アセンブリの課題に対する成立性



主鏡熱変形低減化検討

太陽光を受け鏡表面は約100°C。
主鏡の表裏に発生する温度勾配による熱変形を最小にする軽量化ミラー設計
空間分解能0.4"に対するマージン確保

主鏡傾動機構・ロンチロック機構検討

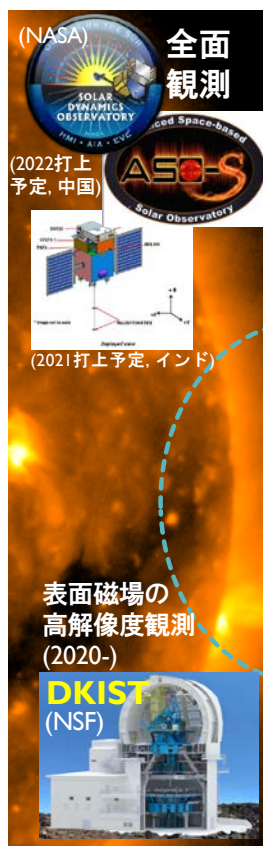
直動機構の可搬重量制限を満たす主鏡傾動機構の大幅な軽量化
主鏡傾動機構のロンチロック

FY20の概念設計結果に基づき、FY21にBBM (=EM)品製作に

→ 詳細は、Solar-C(EUVST)ポスター講演10件を見てください。

SOLAR-C (EUVST)@第21回宇宙科学シンポジウム

11



世界における位置付け CONNECTING THE SUN TO THE INNER HELIOSPHERE (2025-)

Solar-C_EUVST



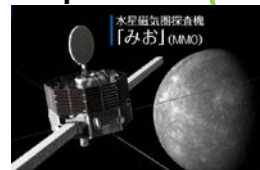
Solar-C(EUVST)
(2026~)



Parker Solar Probe



BepiColombo/Mio (MMO)



65Rs - 100 Rs @水星軌道 (2025~)

“その場”観測



60Rs (最接近), 20度傾斜角位置
(2026~)

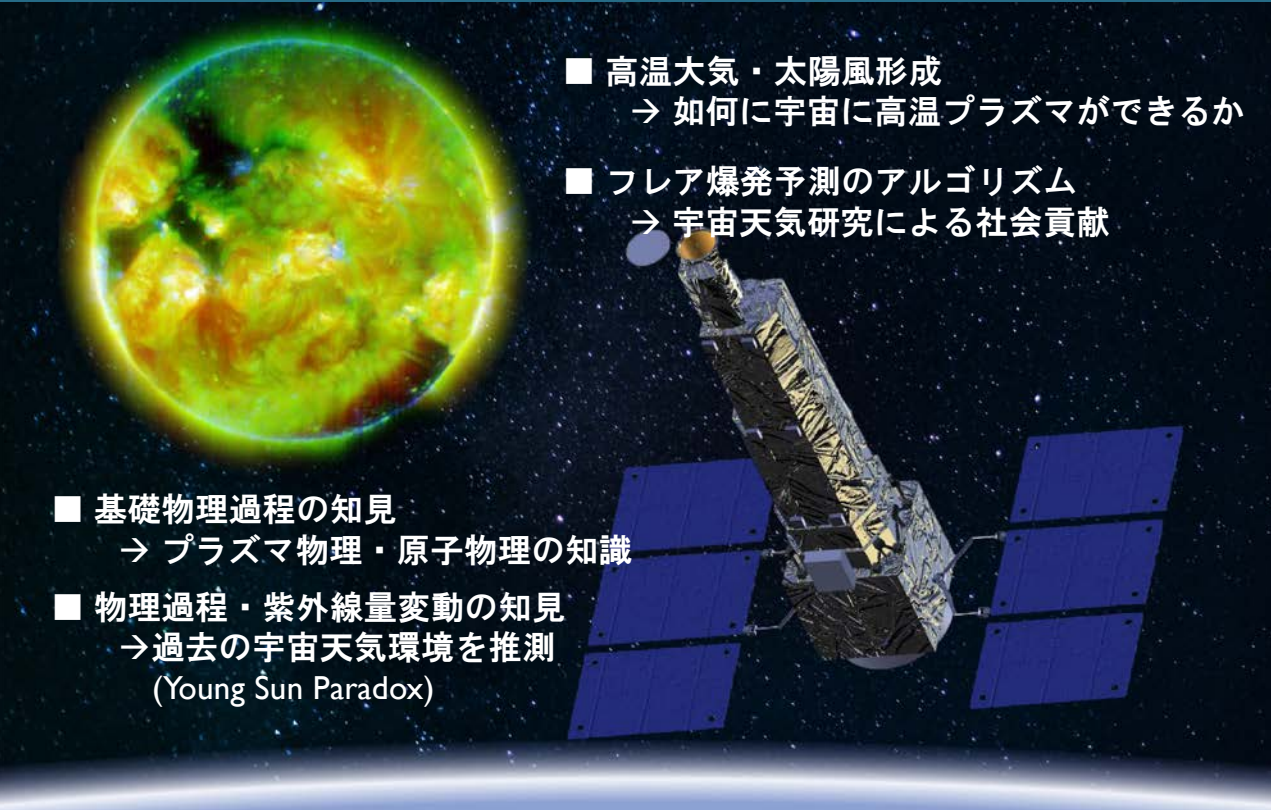
コロナ撮像・分光、表面磁場観測
(テレメ制限, 低時間分解能)

Solar-C (EUVST)は、太陽表面の高解像度観測 (米DKIST)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。

SOLAR-C (EUVST)@第21回宇宙科学シンポジウム

12

SOLAR-C(EUVST) ミッションのアウトカム

- 
- 高温大気・太陽風形成
→ 如何に宇宙に高温プラズマができるか
 - フレア爆発予測のアルゴリズム
→ 宇宙天気研究による社会貢献
 - 基礎物理過程の知見
→ プラズマ物理・原子物理の知識
 - 物理過程・紫外線量変動の知見
→ 過去の宇宙天気環境を推測
(Young Sun Paradox)

次期太陽観測衛星

Solar-C_EUVST JAXA Epsilon M-class mission

宇宙空間を満たすプラズマ環境がどのように作られ発展してきたか、さらには太陽が地球環境をはじめとした太陽圏環境にどのような影響を与えるか

Science objectives;

- 高温かつダイナミックな太陽大気がどのように形成されるのか？
- 太陽大気がどのように不安定になり、太陽フレア・コロナ質量放出を起こすのか？

他分野とのつながり

天文学

プラズマ物理学

地球物理学
(宇宙天気)

Strategy; エネルギー・質量輸送機構および散逸機構の定量的評価

Key features (not ever done);

- 観測温度範囲** (10^4 – 10^7 K)
太陽大気を一つの結合システムとして理解するため、全ての太陽大気層を抜けなく同じ空間分解能で観測する
- 高空間・時間分解能** (spatial $\sim 0.4''$, temporal ~ 1 sec)
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
- 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する