

太陽観測衛星 Solar-C: 紫外線極紫外線高感度分光望遠鏡 (Solar-C_EUVST)

① 計画の概要

宇宙に如何に高温プラズマが作られ、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ため、この衛星計画は、太陽表面から太陽コロナ・惑星間空間までのエネルギーと質量の輸送を理解し、宇宙プラズマ中で普遍的に起きている基礎物理過程を検証する。太陽の磁気活動は、基本となる微細な構造間で受け渡される磁気エネルギーを源泉とし、彩層やコロナという高温の大気を形成し、太陽面の大規模爆発現象から惑星間空間を乱す擾乱を生み出すと考えられている。これらの成因を理解するため、基本となる磁気構造を広範な温度領域で追跡し、それらの運動や相互作用を通して、磁気エネルギーの輸送過程や散逸過程を定量化することを目的としている。観測装置として極端紫外線域の高分散撮像分光器を用い、太陽を長時間観測できる太陽同期極軌道から、太陽大気の彩層から太陽コロナに到る温度領域を隙間なく観測する。太陽大気全体に亘り、プラズマのダイナミックな現象に追従するため、観測装置は以前に飛翔のものに較べておよそ1桁以上の性能（空間・時間分解能、波長範囲）向上を見込む。本計画は、「ひのとり」「ようこう」「ひので」に続く我が国4番目の太陽観測衛星として、2020年代の半ばにJAXA公募型小型衛星として実現することを目指す計画である。日本の太陽研究者コミュニティが第一優先で取り組む計画であり、米国・欧州からの参加を得て実現する国際プロジェクトである。

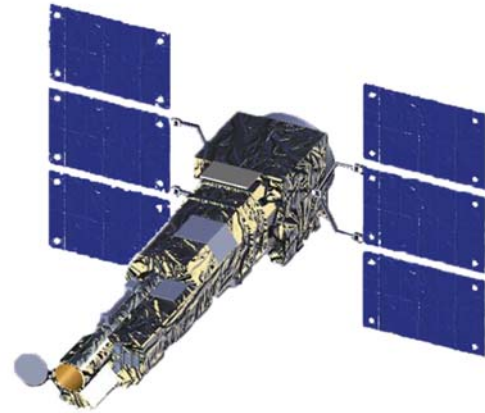


図1 衛星外観

② 学術的な意義

本計画には太陽物理学の科学的優先度を反映した2つの側面がある。一つは、太陽で起きている多くの物理現象が宇宙で起きている物理現象に敷衍することができることである。太陽大気を構成する微細磁場構造を起因とする多様な太陽活動現象は、宇宙に普遍的に見られる磁気プラズマのダイナミクスのいわば雛形である。本計画で得られる洞察や知見は、天体プラズマで起きている物理現象を理解するために重要である基礎物理過程の洞察や知見に展開され、天体物理学の幅広い分野へ応用することができる。二つ目は、太陽の磁場構造やそこで起きる大規模な活動が、太陽系空間や地球磁気圏を介して地球周辺の宇宙空間環境（宇宙天気）を支配している点である。先進的な人工衛星や測位技術(GPS)など宇宙に基盤をおく技術への依存度が増え続けている現在、この宇宙空間環境の変動が直接、我々の日常生活にも結びついている。本計画は、地球環境、社会環境に直接影響を与える太陽からの大規模噴出や太陽風の起源と動力学に関する知見を大きく発展させるものである。太陽面における大規模な爆発現象やそれに伴う噴出物など、この影響が地球に到達した場合、地球周辺の宇宙環境を乱すことになるため、現象の発生を物理的により確度をもって予測できるようになると、この現象が社会インフラへ与える影響についても軽減することができることになろう。さらに、宇宙プラズマの基礎物理及び太陽の地球環境への影響の理解は、35億年前に地球に生命が誕生した際の太陽地球環境の理解に発展させることができる。本計画はどのようにして地球に生命が誕生したかの理解にもつながる。

③ 国内外の動向と当該研究計画の位置づけ

太陽観測衛星「ひので」は、太陽大気が無数の小さな磁気構造の集合体であり、それらが極めてダイナミックに変化していることを明らかにした。しかし、その中にはまだ解像されないより小スケールの構造が存在することもわかった。高温で活動的な太陽外層大気を発現させる機構は、その本質的な部分でまだ謎に満ちている。この解明に不可欠な観測は、光球からコロナの構造を空間・時間分解した精密な物理計測である。IRIS衛星(NASA、2013年)は彩層の高解像紫外線分光を実現したが、対象は狭い温度領域である。HI-Cロケットは高解像画像からコロナ中にサブ秒角の構造が存在することを示したが、数分間の観測で時間発展を追跡できない。ハワイに建設中の大型太陽望遠鏡(DKIST)は、光球彩層観測の超高解像観測を開始する。2025年前後にParker Solar Probe(NASA)とSolar Orbiter(ESA)が太陽に接近し太陽観測を実施する。本計画はこれらと同時期に遷移層・コロナの高解像度分光観測をおこなう唯一の計画であり、太陽表面と内部惑星間空間とのつながりを理解する上で必要不可欠なデータを提供する。

④ 実施機関と実施体制

本計画は日本が主導し、米国と欧州各国から参加を得て実施する。国内は、JAXA(宇宙科学研究所)と国立天文台が中核となり、衛星および観測望遠鏡EUVSTを開発する。JAXA(宇宙科学研究所)が本計画の全般を統括して推進し、「ひので」搭載望遠鏡の開発実績がある国立天文台は、EUVST望遠鏡部の開発を主導、また衛星システムや海外が主導する分光器の開発にも貢献する。飛翔後の衛星科学運用は宇宙科学研究所において、国立天文台や全国の大学研究者の協力を得て実施される。データの較正や解析を行う環境を全国の研究者に提供するサイエンスセンターを名古屋大学宇宙地球環境研究所が運営する。京都大学理学

研究科附属天文台は、EUVST と協働して行う国内外の地上観測をコーディネートする。また、東京大学理学系研究科の研究グループは、全国の理論研究者を取りまとめて、EUVST の観測データを解釈する上で重要となる数値計算の連携を主導する。

本計画はこれまで宇宙科学研究所の宇宙理学委員会のもとで組織された「SOLAR-C ワーキンググループ」が主体となって概念検討や開発研究を進め、2018年7月に宇宙科学研究所による評価で公募型小型衛星#3/#4の候補に選ばれた。2019年3月、プリプロジェクト候補選定審査を終了し、2019年度から「ミッション定義段階 (Pre phase A2)」の活動を行うために、宇宙科学研究所内に正式な準備チームが形成される。国立天文台は、2009年から台内プロジェクトとして「SOLAR-C 準備室」を設置し、SOLAR-C ワーキンググループの主たる構成メンバーとして本計画の検討を行ってきた。今後 JAXA におけるフェーズアップに応じて EUVST の開発に特化した「SOLAR-C プロジェクト」を改めて組織し、実験開発設備の提供を含め、国立天文台は責任機関として本計画を推進することになる。

⑤ 所要経費

本計画は、日本 (JAXA) が主導する国際ミッションとして開発実施される。日本は、シナジー・イプシロンロケットの調達、衛星システムの開発、搭載観測装置である EUVST の望遠鏡部分を中心としたハードウェア開発を行う。EUVST の開発において、米国 (NASA) および欧州各国 (ESA およびドイツ・フランス・英国・イタリアの宇宙機関) が国際協力のもとで分光器コンポーネントの一部を開発して、日本の望遠鏡に搭載する計画である。このような開発分担の中で、日本が支出する経費の総額は、162 億円 (予備費 8 億円を含む) である。この内訳は、建設費 157 億円 (予備費 8 億円を含む) と、ノミナル 2 カ年の軌道上運用を行うために必要になる運営費 5 億円である。建設費の内訳は、衛星システムの開発として 43 億円、EUVST 望遠鏡の開発として 35 億円、システム総合試験および射場における打ち上げ・軌道上初期運用として 11 億円、およびロケット調達として 60 億円である。この日本の支出経費の他に、分光器を分担製作する米国および欧州各国が総額 \$65M を負担する予定である。

⑥ 年次計画

本計画は、JAXA におけるミッション定義に従って以下の予定で実施する構想である。

- (1) 2019 年度 ミッション定義フェーズ (Pre Phase A2, 概念検討段階) として、本計画のミッションコンセプト検討・技術リスク低減活動・開発構造・調達方針・国際協力調整等、計画に向けた準備を進める。この最後には、ミッション最終選定およびミッション定義審査 (MDR) が予定される。予算は宇宙科学研究所基盤的経費や JAXA 加速経費が予定される。科学的な検討については、科研費等外部競争資金も使用される。
- (2) 2020 年度 概念設計・計画決定フェーズ (Phase A1/A2, プロジェクト構築段階) として、JAXA におけるプロジェクト準備の活動が行われ、システム要求審査 (SRR) ・システム定義審査 (SDR) やメーカ選定が予定される。EUVST は装置の基本設計を進める。またプロジェクト開始に向けた概算要求を行い、以降のプロジェクト活動は概算要求のもとで実施される。
- (3) 2021 年度～2024 年度 JAXA プロジェクト化により、衛星システムの開発を進める (Phase B/C/D)。EUVST は詳細設計や製作・試験が、衛星システム開発に先行する形で進める。
- (4) 射場における試験および打ち上げは、2025 年前半 (最速で 2024 年度末) に予定している。
- (5) 打ち上げ後、軌道上での性能評価を行ったのちに、2 年間のノミナル観測を行う (Phase E)。ノミナル観測の終了後に JAXA プロジェクト終了審査が行われる。
- (6) JAXA の観測運用延長審査により認められた場合に、後期運用として観測が継続される。上記のプロジェクト活動や科学成果創出に関わる観測および理論的研究活動を通じて、将来の宇宙科学や飛翔体を用いた観測研究を主導できる人材育成に寄与する。

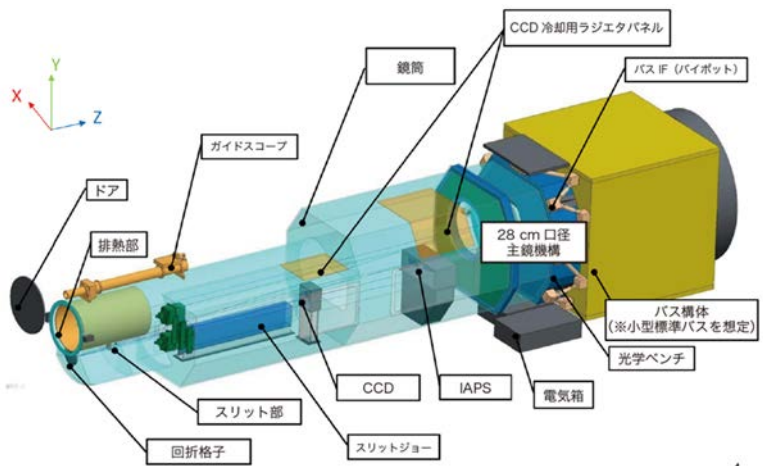


図2 観測装置 EUVST

⑦ 社会的価値

天文学の諸分野の中で、国民が実社会との関わりを感じやすいのが太陽の研究である。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ほか、太陽磁気活動が弱まった時期に地球が寒冷化したという事実があり、太陽の活動が実社会に与える影響は大きい。輻射や太陽風・コロナ質量放出を通じて、太陽圏に広がる太陽大気物理特性を理解することは、太陽系の生命や生命居住可能環境に関する条件を確定するにも重要である。これらの研究に大きく寄与する Solar-C_EUVST 計画は、単に知的な好奇心に基づいた価値に留まらず、国民生活になくてはならない高度化した社会的基盤の安全性の確保にとって必要な学術的な知見を得ることができ、国民に理解されやすいものとなっていると考えられる。また、本衛星計画における開発によって獲得される解像度の高い宇宙望遠鏡の技術や、衛星を指向方向に高精度に安定化する技術などについては、科学衛星のみならず、我が国の高分解能地球観測衛星、官需実用衛星等の高度化にも貢献することが見込まれる。

⑧ 本計画に関する連絡先

清水 敏文 (JAXA 宇宙科学研究所)