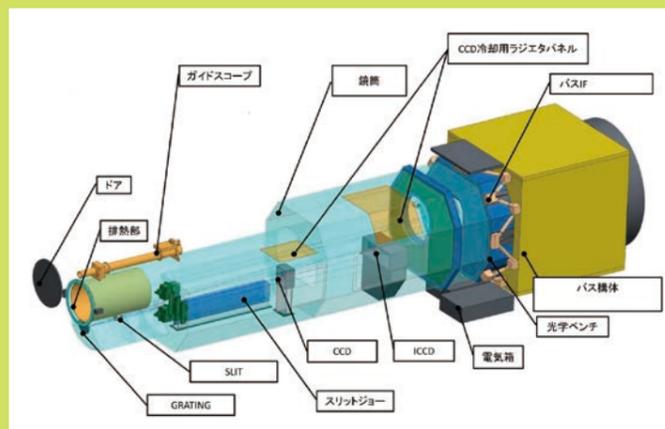


Solar-C_EUVST 概要

Solar-C_EUVSTは、宇宙航空研究開発機構(JAXA)宇宙科学研究所のイプシロンロケットで打ち上げをめざす小型衛星です。国立天文台はJAXA宇宙科学研究所と協力し、また、アメリカ、ヨーロッパの機関と共同で観測装置の開発を進めています。

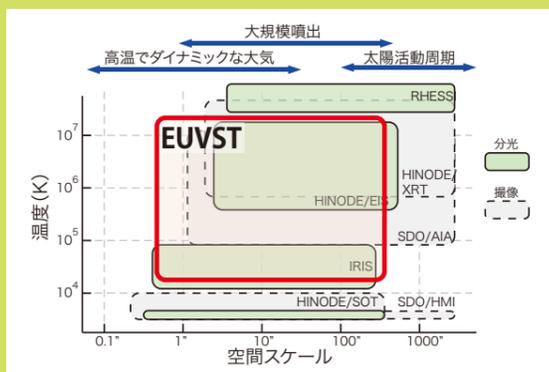
EUVSTは、口径28cmのオフセット主鏡で太陽の紫外線像をスリット面上に結像させ、スリットを通過した光を回折格子で波長方向に分散させて、CCD及びIAPS(Intensified APS)センサでスペクトルを記録します(図6)。図7に示すように、彩層温度(1万度)からコロナ・フレア温度(100-1000万度)をシームレスに高空間分解能(0.4秒角)で捉えるという、分光観測で世界で初めての性能を持ちます。また、光学素子を主鏡と回折格子のみにすることで、従来の装置に比べ10-20倍の有効面積(図8)を実現し、高い時間分解能の分光観測を様々な輝線(図9)で可能にします。

軌道:太陽同期極軌道
重量:464.5kg
打ち上げ予定時期:2020年代半ば

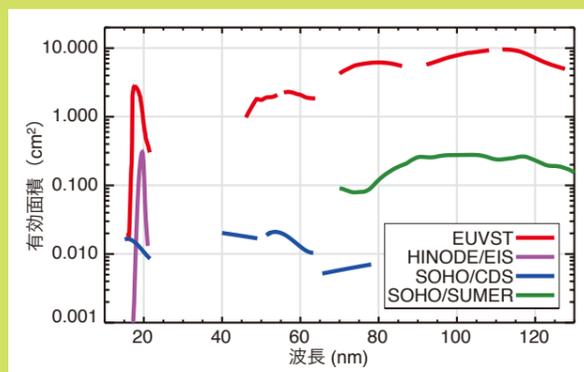


● 図6 観測装置EUVST ©国立天文台/JAXA (Solar-C WG)

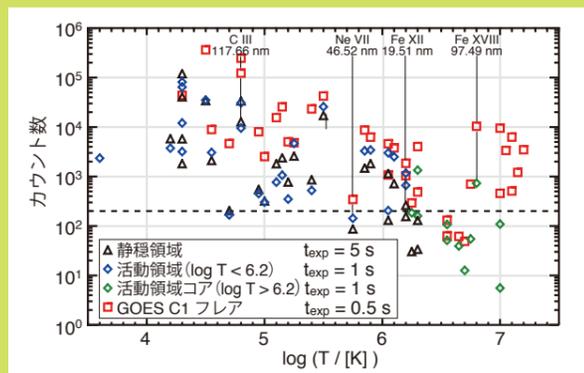
Solar-C_EUVSTの優位性



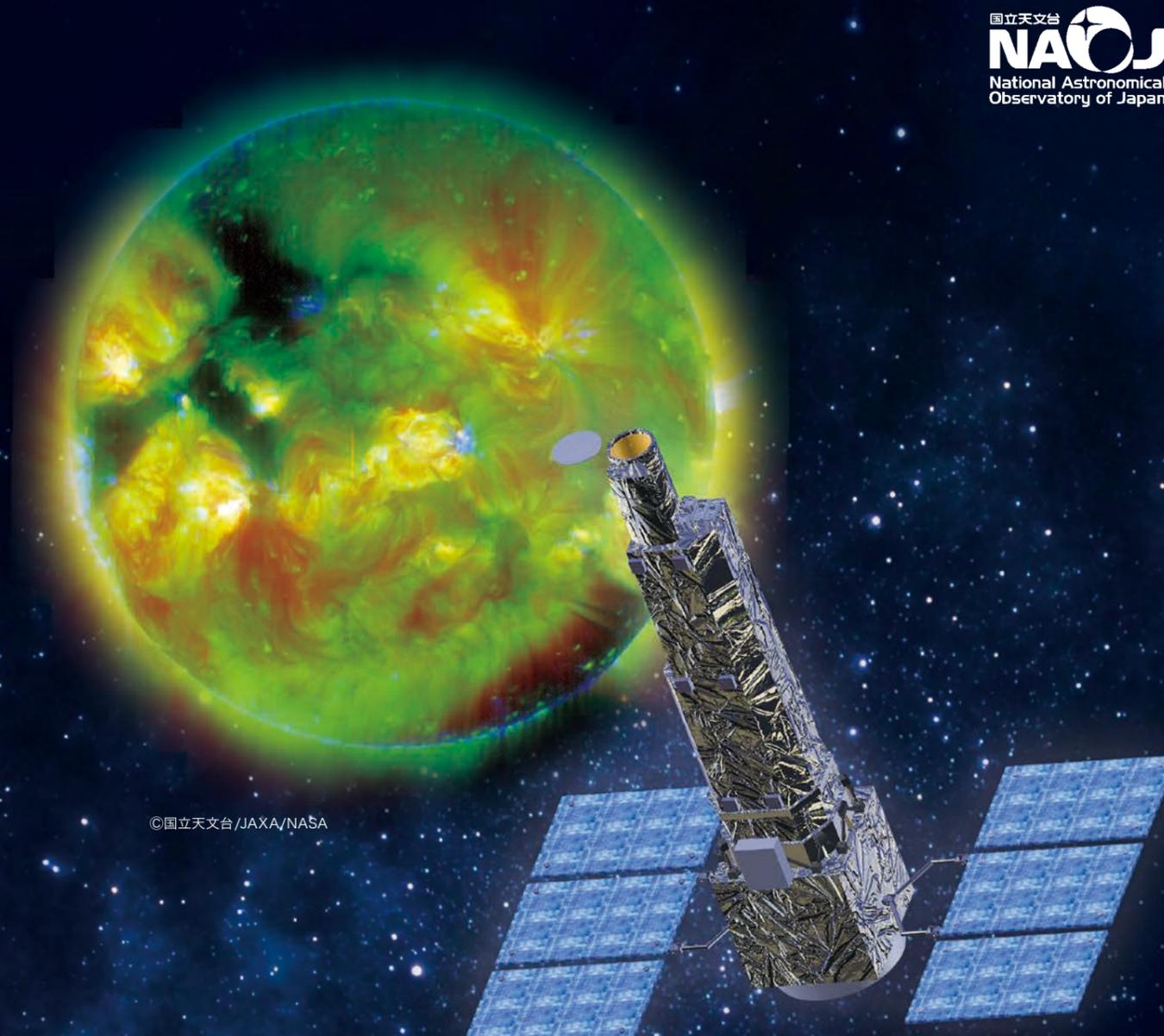
● 図7 Solar-C_EUVSTがカバーする観測温度範囲および空間スケール。彩層からコロナまで隙間なく、0.4秒角の空間分解能で280秒角の視野を分光観測可能という、従来にない優位性を持つ。
(©国立天文台/JAXA (Solar-C WG))



● 図8 Solar-C_EUVSTとこれまでの観測装置の有効面積の比較
(©国立天文台/JAXA (Solar-C WG))



● 図9 観測されるEUV輝線について、さまざまな観測対象に対して期待される各スペクトル線の光子のカウント数(count/arcsec², t_{exp}:露出時間)。点線は2km/sの速度分解能を達成するのに必要なカウント数を表す。
(©国立天文台/JAXA (Solar-C WG))



©国立天文台/JAXA/NASA

©国立天文台/JAXA (Solar-C WG)

プラズマに満ちた宇宙はどのようにつくられ、進化したのか？
太陽はどのように地球や惑星に影響を及ぼしているのか？

高温のコロナや太陽風はどうやってつくられるのか？
太陽フレアは、いつ、どのようにして起こるのか？

2020年代半ばの打ち上げを目指すSolar-C_EUVSTは、
彩層からコロナまでを広い温度帯にわたって隙間なく分光観測し、
物質とエネルギーの流れをとらえることで、これらの謎に迫ります。

次期太陽観測衛星

Solar-C_EUVST

国立天文台SOLAR-Cプロジェクト

<https://solar-c.nao.ac.jp>

お問い合わせはこちらへ

contact@solar.nao.ac.jp

David H. Brooks et al., High Spatial Resolution Observations of Loops in the Solar Corona, ApJL, 772:L19 (5pp), 2013 August 1.; Matsumoto T. et al., Connecting the Sun and the Solar Wind: The First 2.5-Dimensional Self-Consistent MHD Simulation under the Alfvén Wave Scenario, ApJ, 749:8 (5pp), 2012 April 10.; Harra L. K. et al., Outflows at the Edges of Active Regions: Contribution to Solar Wind Formation?, ApJ, 676: L147-L150, 2008 April 1.; Tsuneta S., Moving Plasmoid and Formation of the Neutral Sheet in a Solar Flare, ApJ, 483:507-514, 1997 July 1.; Fig 5(A) is reproduced from [Shibayama T. et al., Fast magnetic reconnection supported by sporadic small-scale Petschek-type shocks, Physics of Plasmas, vol. 22, 100706, 2015 October.], with the permission of AIP Publishing.; Liu W. et al., Plasmoid Ejections and Loop Contractions in an Eruptive M7.7 Solar Flare: Evidence of Particle Acceleration and Heating in Magnetic Reconnection Outflows, ApJ, 767:168 (18pp), 2013 April 20.; Imada S. et al., Evidence for Hot Fast Flow above a Solar Flare Arcade, ApJL, 776:L11 (5pp), 2013 October 10.

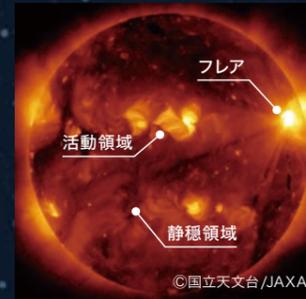
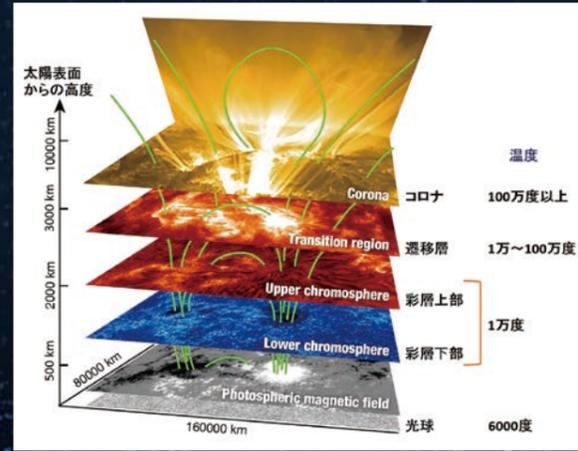
Solar-C_EUVSTが挑む太陽の謎

1 高温のコロナや太陽風はどうやってつくられるのか？

太陽表面の温度が約6000度であるのに対し、上空のコロナは100万度以上と強く加熱されています(図1)。しかし、なぜコロナがこれほど加熱されているのかはよく分かっていません。また、太陽からはつねに「太陽風」として荷電粒子が流出していますが、その加速メカニズムにも謎が残されています。

コロナの加熱のメカニズムとしては、微細なフレア(爆発現象)がたくさん起きることでコロナを加熱するという「ナノフレア説」と、磁力線を伝わる波が上空へエネルギーを運び、コロナで熱に変わるといふ「波動加熱説」が提案されています。加えて近年、太陽表面とコロナをつなぐ「スピキュール」が、コロナへ物質とエネルギーを輸送している可能性が考えられています。これらのメカニズムは、太陽風の起源や加速メカニズムにも直接結びついています。太陽観測衛星「ひので」は、コロナ中の磁力線を伝わる「アルヴェン波」の存在や、磁力線の根元付近に太陽風の流出源がある可能性を示しま

した。今後は、静穏領域や活動領域(図2)でナノフレアや波動がどれくらいの割合で加熱に寄与しているか、定量的に調べることが重要です。

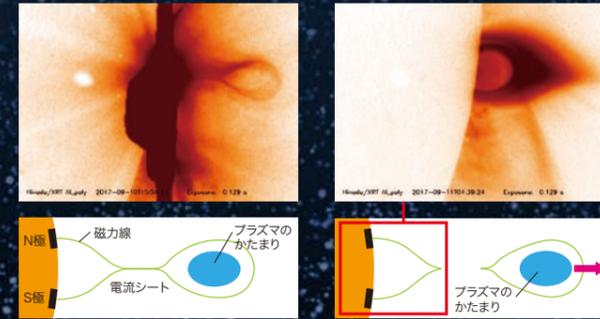


●図2 「ひので」X線望遠鏡がとらえた太陽コロナの構造と活動現象

●図1 磁場により結合した太陽大気構造
 コロナ:高温の上層大気。
 遷移層:彩層とその上空のコロナをつなぐ薄い大気構造。
 彩層:光球の上空2000kmくらいまでの大気構造。
 光球:可視光で見える太陽の表面。
 (太陽画像:国立天文台/JAXA、NASA/SDO)

太陽系内で最大の爆発現象である太陽フレア(図2)は、向きの異なる磁力線同士がつなぎ替わるプロセス(磁気リコネクション:図3)を通じ、磁気エネルギーが熱エネルギーとプラズマの運動エネルギーに変換されることで生じると考えられています。磁気リコネクションは宇宙の様々なところで起こるプラズマの素過程であり、太陽フレアを観測することで磁気リコネクションの詳細を理解できます。「ひので」はフレアの磁気リコネクション領域をとらえましたが、より定量的な観測を行うには、感度、空間および時間分解能の向上が必要です。

また、太陽フレアが起きると、磁気プラズマの嵐や紫外線、X線、高エネルギー粒子が地球へ飛来することで私達の生活に影響が及ぶ可能性があるため、近年ではフレアがいつどのように発生するかを予測することがますます重要となっています。フレアを起こす黒点の成長や、フレアの駆動メカニズムを詳細に観測することで、高精度のフレア予測につなげる必要があります。

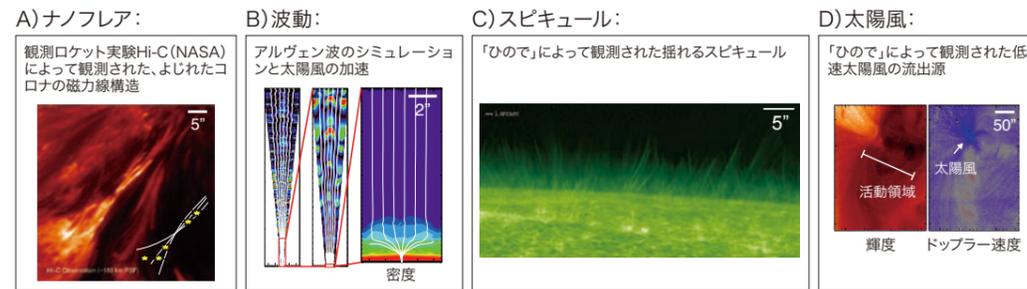


●図3 磁気リコネクションにより発生する太陽フレア。
 (上段)2017年9月11日に太陽の縁で起こったフレアを「ひので」がとらえた画像。
 (©MSU/国立天文台/JAXA)
 (下段)フレアにおける磁気リコネクションの様子を示した模式図。

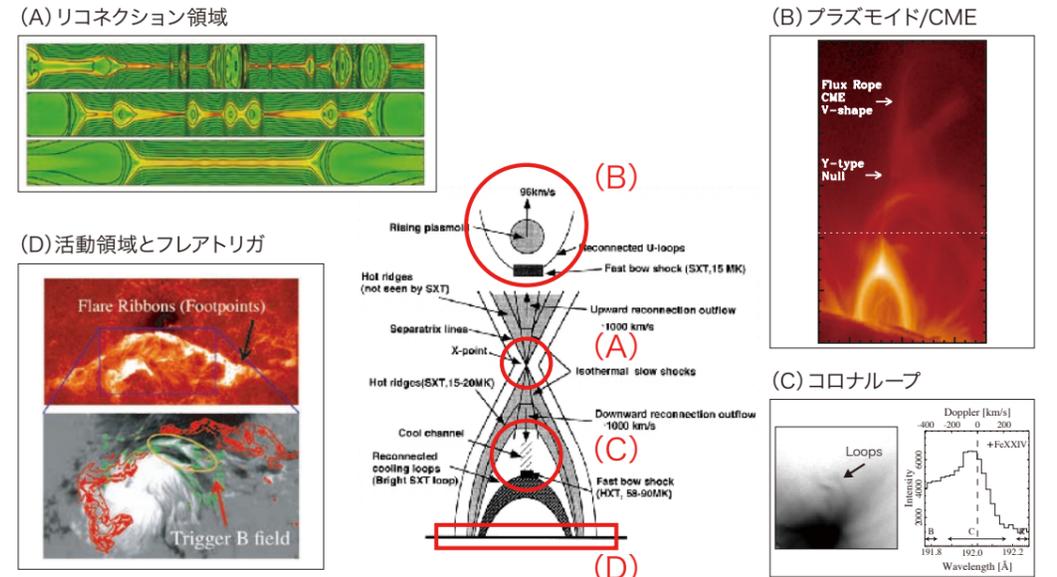
2 爆発現象フレアは、いつ、どこで起こるのか？

Solar-C_EUVSTのとりアプローチ

1. 彩層からコロナまでの太陽大気全温度形態を、同時に継ぎ目なく観測する。
2. 高い空間および時間分解能で太陽大気の要素構造を解像し、その進化を追跡する。
3. 太陽大気中で起こる素過程のダイナミクスについて分光情報を得る。



Solar-C_EUVSTの観測課題



●図5 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見る特性
 (Center, (B), (C)):©AAS. Reproduced with permission; (D):©国立天文台/JAXA)

1-1 「ナノフレア説」の検証

これまで観測できなかった 10^{24} - 10^{27} ergという微小なナノフレアについて、高精度の観測によって解放されるエネルギーを測定し、それらがコロナ加熱をまかなうのに足るだけの頻度で起こっているかを調べます。

1-2 「波動加熱説」の検証

異なる大気層を通してゆらぎの伝播を測定することにより、数百km/sの速度に達するアルヴェン波を検出します。また、それらが大気を加熱するプロセスを観測します。

1-3 スピキュールの形成と大気加熱

平均的な幅が300km程度と小さな彩層ジェットであるスピキュール(図4C)を1本1本分解して観測することで、スピキュールが運ぶエネルギーやコロナの応答を調べます。

1-4 太陽風の起源と加速過程

高感度の観測によって、暗い太陽風の流出領域(図4D)や、上空の加速領域における速度、温度、密度構造を測定し、太陽風の起源や加速過程を明らかにします。

2-1 高速磁気リコネクションの解明

太陽フレアでは、古典的な理論を上回る高速な磁気リコネクションが生じていると考えられています。太陽フレアの磁気リコネクション領域を詳細に観測することで、高速磁気リコネクションのメカニズムを解明します(図5A~C)。

2-2 フレアエネルギーの蓄積とフレアトリガの特定

太陽黒点の成長を長期間にわたって広い視野で監視し、フレアの前兆となるエネルギーの蓄積過程をとらえます。また、フレアの発生のかきかけとなる現象を観測し、高精度のフレア予測につなげます(図5D)。