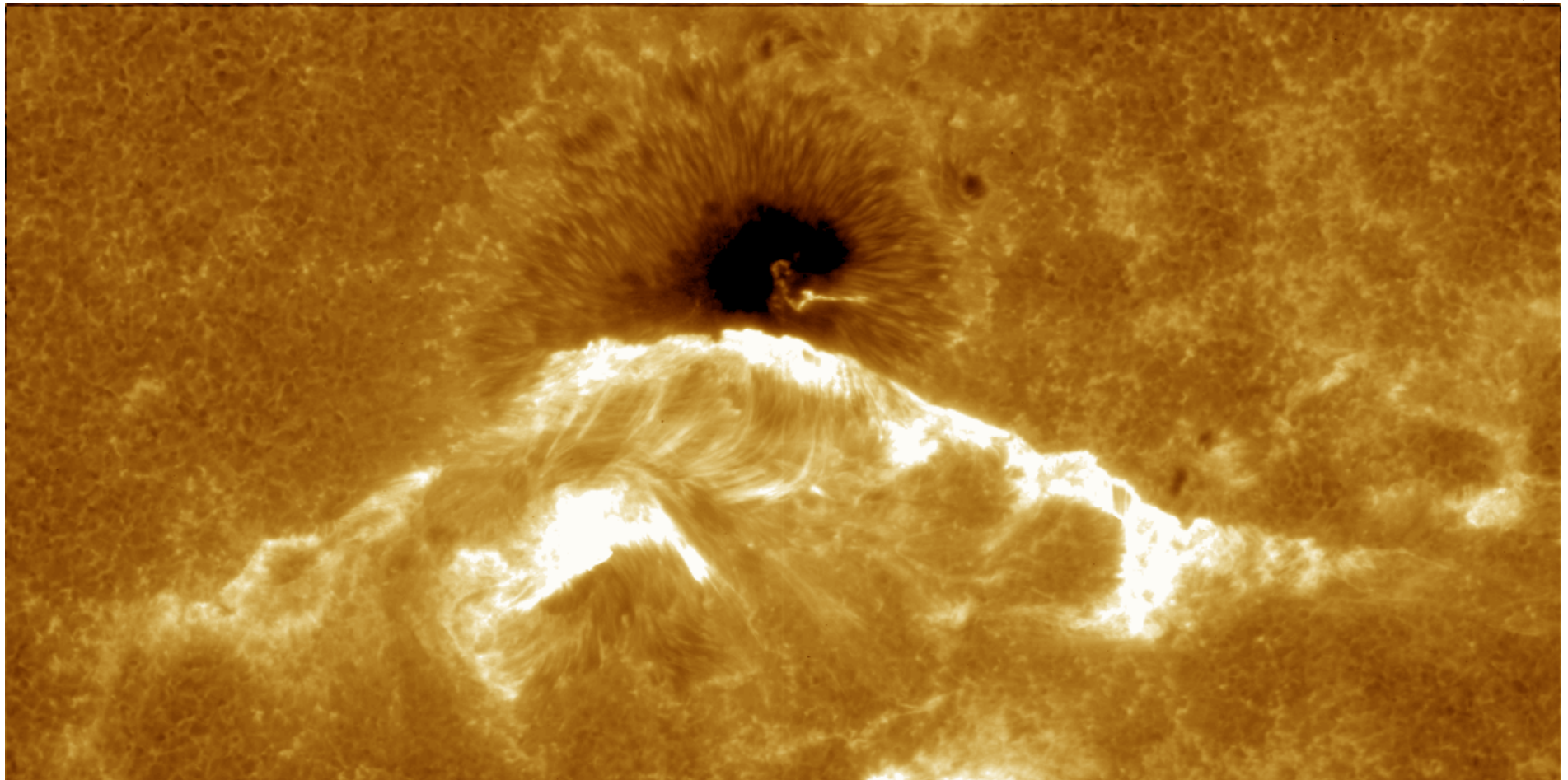


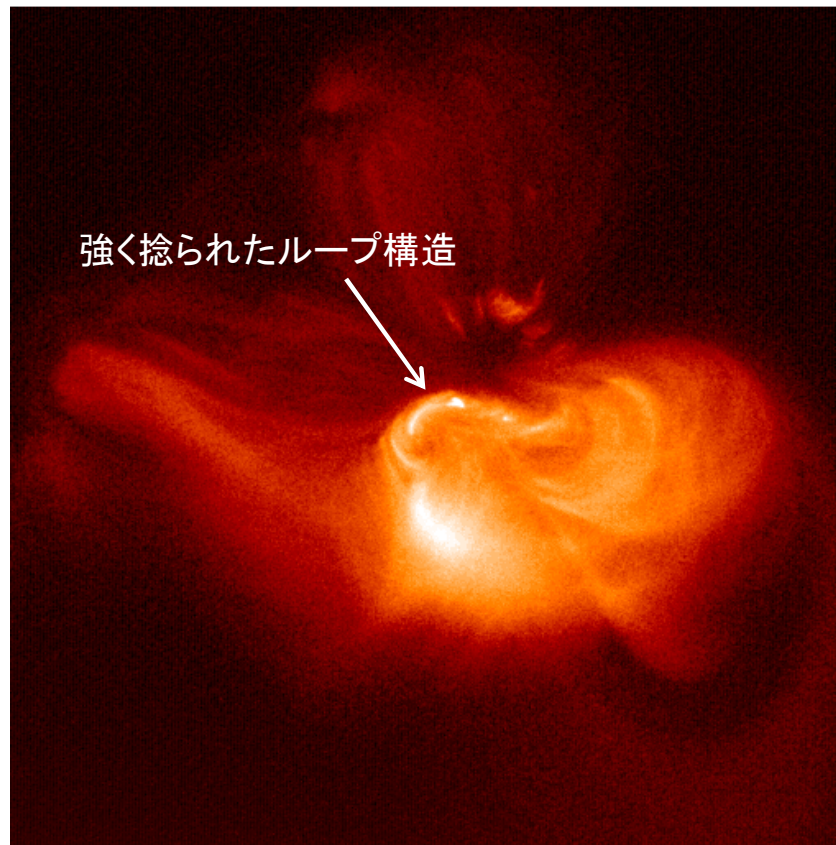
(1)黒点暗部を踏み潰して侵入するフレアリボン

「ひので」可視光・磁場望遠鏡(SOT)により、これまでで最も高い分解能で観測された太陽フレア画像。SOTでは、太陽表面上の150kmの大きさのものまで分解することができる。下の図はカルシウムH線で観測されたフレアの様子であり、光球よりも上層にある彩層大気を見ている。「フレアリボン」と呼ばれる、明るく細長い2筋の領域がフレアの進行とともに成長し、磁場強度の強い黒点内部にまで侵入する様子や、リボンをつなぐ細いループ構造が鮮明に見て取れる(より詳細な説明は3、4頁を参照)。

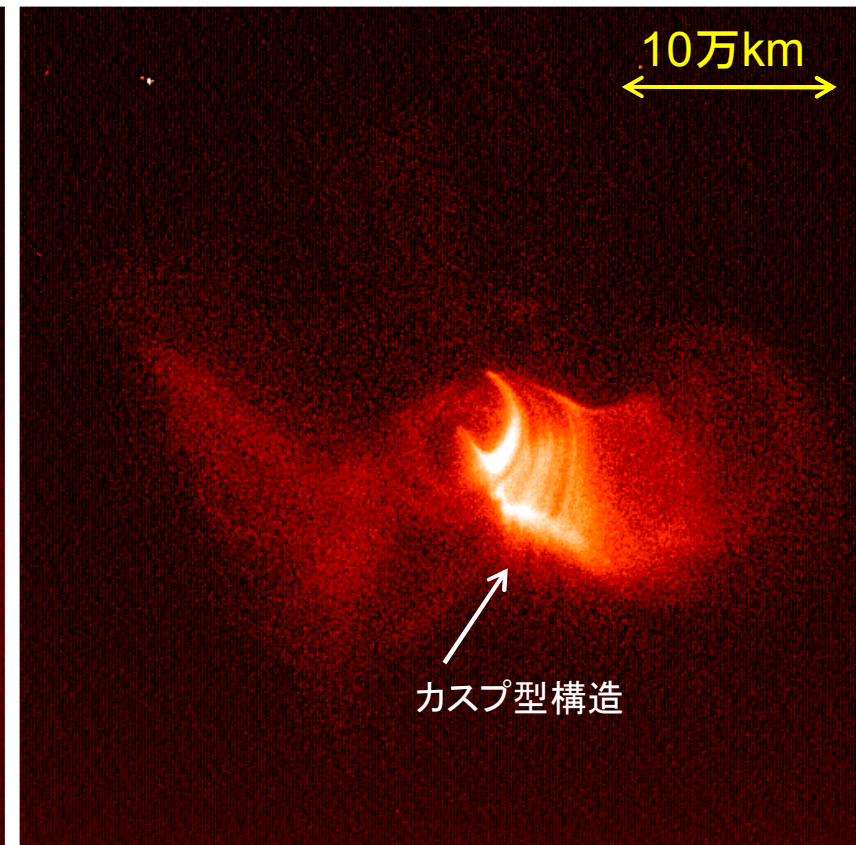
5万km



(2)コロナの磁場構造のダイナミックな変化を観測



02:06:18 UT*



05:15:07 UT

*UT : 世界標準時

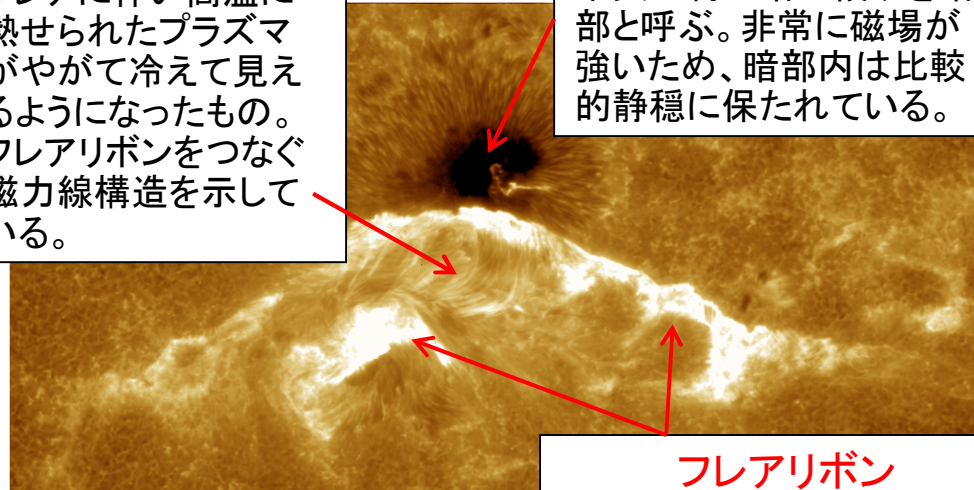
上図は「ひので」X線望遠鏡(XRT)で観測された、2006年12月13日のフレア発生前後の様子を示したものである。XRTは前代機の「ようこう」軟X線望遠鏡ではとらえられなかった、コロナの微細な磁場構造まで鮮明に映し出している。画面中央付近の明るい場所がフレアを中心領域である。この領域にはフレア前(左図)に、強く捻じ曲げられたようなループ構造が見られるが、フレア発生後(右図)は緩やかなループ構造へと変化している。「捻られたループ構造」は、磁場のエネルギーが蓄えられている証拠であり、またフレア後に緩やかなループになったということで、磁場のエネルギーが解放されたことを示唆している(詳細な解説は3、4頁)。フレアの後半ではろうそくのような「カスプ型」構造が見られ、磁気リコネクションが発生していることを明瞭に示している。

SOT・XRTで見た巨大フレア

SOT: 可視光・磁場望遠鏡
XRT: X線望遠鏡

ポストフレアループ

フレアに伴い高温に熱せられたプラズマがやがて冷えて見えるようになったもの。フレアリボンをつなぐ磁力線構造を示している。



SOT望遠鏡によるカルシウムH線画像

太陽黒点

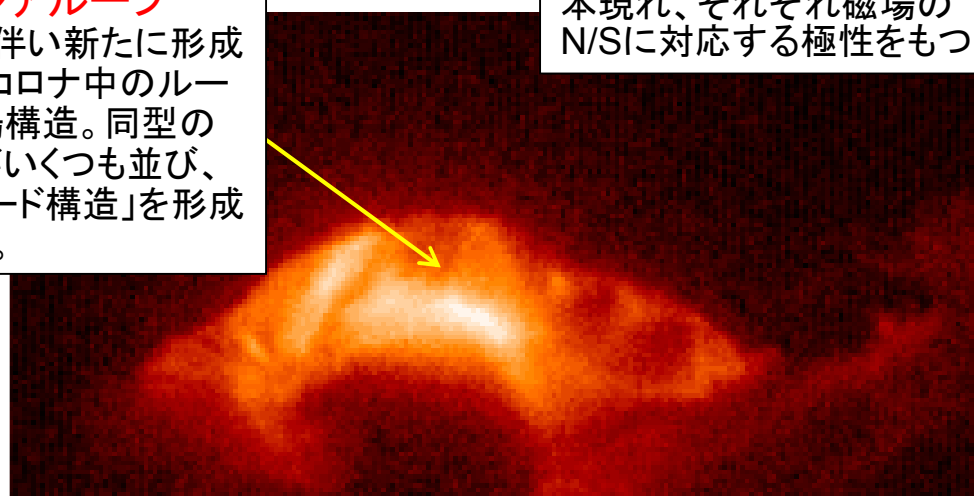
中央の特に暗い領域を暗部と呼ぶ。非常に磁場が強いため、暗部内は比較的静穏に保たれている。

フレアリボン

細長く明るい構造のため、「リボン」と呼ばれる。フレアループの足元。典型的には2本現れ、それぞれ磁場のN/Sに対応する極性をもつ。

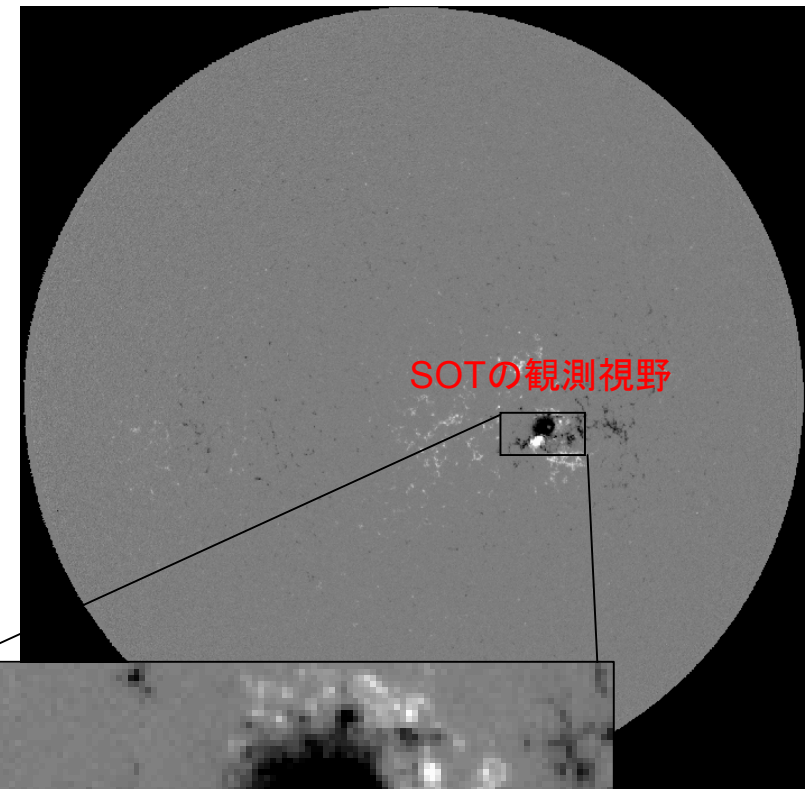
フレアループ

フレアに伴い新たに形成された、コロナ中のループ状磁場構造。同型のループがいくつも並び、「アーケード構造」を形成している。

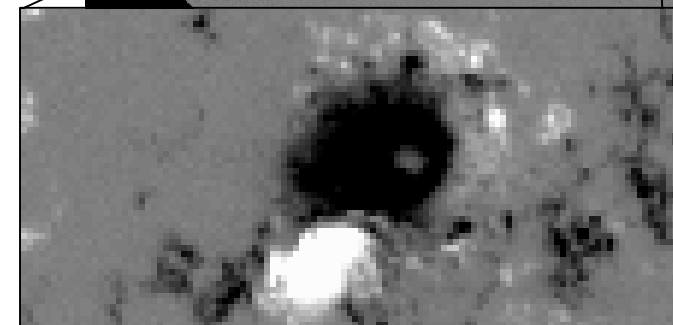


XRTによるX線画像

SOHO衛星MDIで観測された、太陽全面の磁場画像



SOTの観測視野

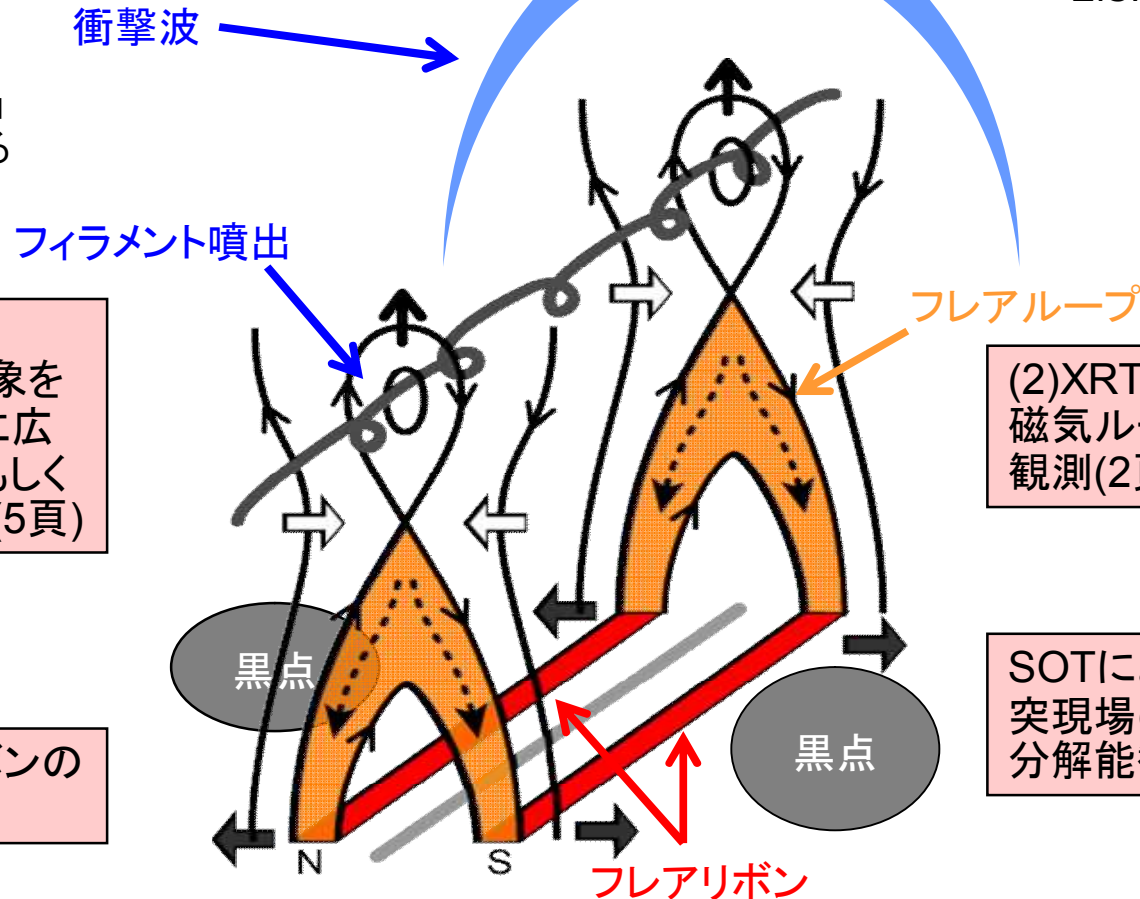


SOHO衛星MDIによる磁場画像

「ひので」3機器でとらえた巨大フレア(概念図と解説)

衝撃波: フレアの爆発により、衝撃波が発生する。直接観測するのは大変難しい。
フィラメント噴出: フレアに伴い、莫大な量のプラズマがコロナから上層へと噴出されることがある。

フレア概念図



SOT: 可視光・磁場望遠鏡
XRT: X線望遠鏡
EIS: 極端紫外線撮像分光装置

(3)EISにより、秒速約700kmに達する噴出現象を発見。上方および側方に広がる超高速の噴出物、もしくは衝撃波の波面を観測(5頁)

(1)SOTによるフレアリボンの高分解能観測(1頁)

(2)XRTで2千万度Kの巨大磁気ループ(フレアループ)を観測(2頁)

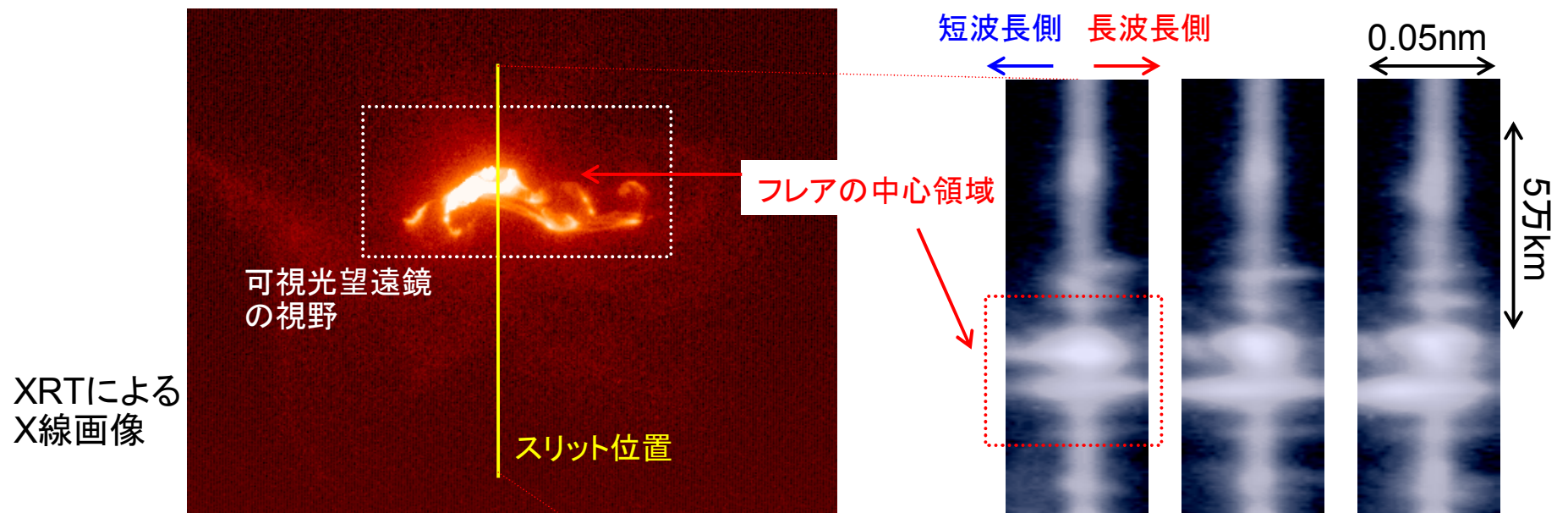
SOTによる2つの黒点の衝突現場の磁場ベクトルの高分解能観測(ムービー)

フレアループは磁気リコネクションすることによって新たに形成された、コロナ中のループ状構造。同型のループがいくつも並び、「アーケード構造」を形成することもしばしばある。フレアの発生直後には、フレアループがX線で太陽全体の1万倍の明るさで輝く。

フレアリボンはフレアループの足元に当たる彩層の現象で、エネルギー解放に伴い発生した熱や高エネルギー粒子がこの層に突入することにより、明るく輝く。

(3)超音速の噴出現象をとらえた

EIS: 極端紫外線撮像分光装置
XRT: X線望遠鏡



右図は「ひので」極端紫外線撮像分光装置(EIS)で観測された、2006年12月13日のフレア領域近傍の極端紫外線スペクトルの時間変化である。中心を縦に走る明るい筋は14階電離した鉄の輝線(28.4nm付近)で、赤い矢印で示した中央上よりの明るい領域がフレアの中心領域である。スリット位置は上図のXRTによるX線画像内に示してある。

右図下の黄色の矢印で示した薄暗い構造が、フレアの進行と共に高速で下方に移動している様子が確認でき、その速度は秒速約700kmに達している。また短波長側に強く青方偏移(我々に向かう動きがあるとドップラー効果のため青側にシフトして見える)している(詳細な解説は4頁)。これは超高速の噴出物もしくは、フレアに伴い発生した衝撃波の波面が観測者側に向かっていているためと考えられる。この構造はフレアの中心領域と比べると非常に暗いが、EISが非常に高い感度を持っているため、初めて観測に成功した。

02:22:43 02:23:14 02:23:46
時刻は全て世界標準時

EISで観測された波長28.4nm付近
のスペクトルの時間変化

2006年12月13日の巨大フレアのまとめ

- 「ひので」可視光・磁場望遠鏡によるカルシウムH線画像で、黒点暗部を踏み潰すかのごとく侵入するフレアリボンの様子が、これまでにない高空間分解能でとらえられた。
- 「ひので」可視光・磁場望遠鏡による高空間分解能かつ精密な磁場観測画像により、フレアの生じた活動領域周辺で2つの黒点が衝突し、磁場構造を大きく捻る様子が鮮明に観測された。
- 「ひので」X線望遠鏡では、フレア前の捻られた磁気ループがフレア後に緩やかな構造へとダイナミックに変化する様が観測され、磁気リコネクションの証拠である「カスプ型構造」もはっきりと撮像された。
- 「ひので」極端紫外線撮像分光装置で、強く青方偏移しながら秒速約700kmにも達する超音速で移動する現象が観測された。これは超高速の噴出物もしくは、フレアに伴い発生した衝撃波の波面が観測者側に向かっているためと考えられる。このような事象が同等の撮像分光装置でとらえられたのは初めてである。

地球へのインパクト

- 2006年12月13日の巨大フレアに伴い、地球周辺環境でも磁気嵐やオーロラなど活発な現象が観測された。これは太陽フレアにより、莫大なプラズマと磁場が地球方向に向けて放出されたためである。
 - 秒速1千km近い超音速太陽風が発生し、地球磁気圏に激突。その結果、地球磁場が激しく変動し、地球磁気圏の圧縮や膨張が観測された。
 - 日本に近づく、オホーツク海上空のオーロラ活動に伴う現象が北海道で観測: オーロラは通常、高緯度地方で見られるが、磁気嵐と呼ばれる地磁気擾乱が激しく起きたときは、日本でも見られることがある。これまで、太陽活動極小期に北海道でオーロラ活動が観測された例は、ほとんどない。
- 文明の高度化と共に、太陽活動の人間生活への影響(宇宙飛行、送電システム、GPS、無線障害、気候変動)が大きくなりつつあり、「宇宙天気予報」の重要性が高まっている。
 - 宇宙天気予報とは: http://hinode.nao.ac.jp/PO/Space_weather/
 - 現時点では、「いつ」・「どこで」・「どの程度のエネルギー」を持ったフレアが起きるか予報できない。「ひので」衛星は、3つの異なる波長の望遠鏡の観測により、
 - 太陽活動の源である磁場が、太陽内部から湧き出てくる様子を詳細に捕らえ、
 - 太陽コロナ中で、磁気エネルギーがどのように蓄積されていくのかを調べ、
 - どのような状況のときにフレアが発生するのか、を明らかにすることができる。次の太陽極大期までおよそ4年。「ひので」は太陽活動の基礎研究により、太陽フレアの予報アルゴリズムの確立を目指す。

「ひので」は基礎研究を通して、太陽フレアの予報アルゴリズムの確立に貢献し、
爆発に満ちた太陽から人間生活を守ることができる