

「ひので」3つの観測機器の連携による 相乗効果

原 弘久

SOLAR-B推進室・国立天文台

「ひので」に搭載されている観測装置



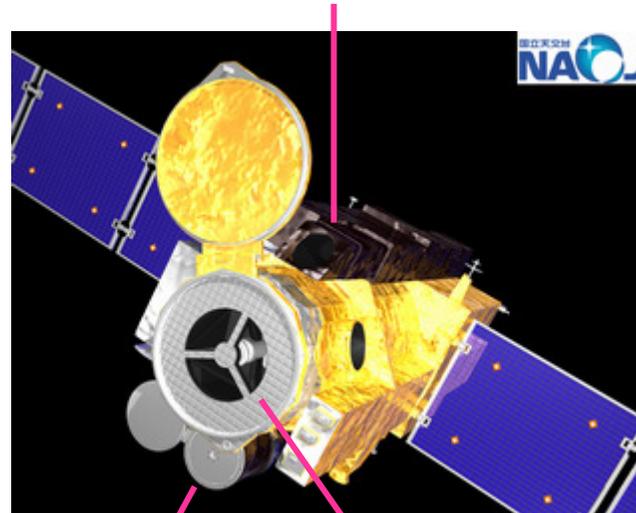
「ひので」衛星

「ひので」衛星:

- ・6000Kの光球から 10^6 Kのコロナまでの
全ての太陽外層大気の詳細連続観測が可能

- ・「ひので」には3つの観測装置が搭載

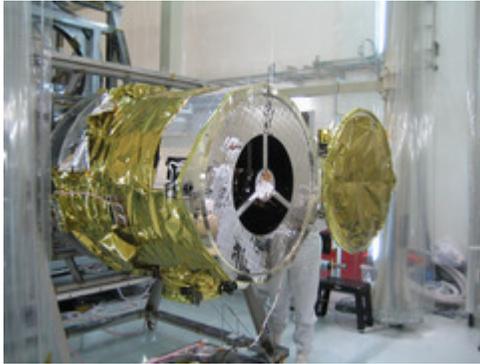
極端紫外線撮像分光装置 (EIS)



X線望遠鏡 (XRT)

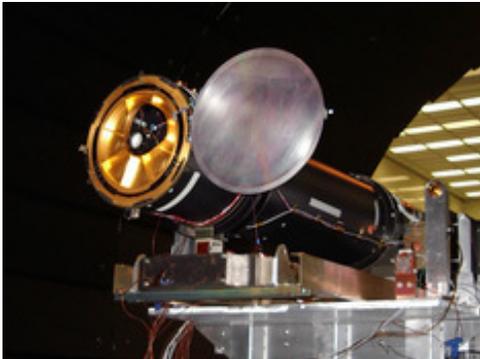
可視光・磁場望遠鏡 (SOT)

「ひので」搭載観測装置の特徴



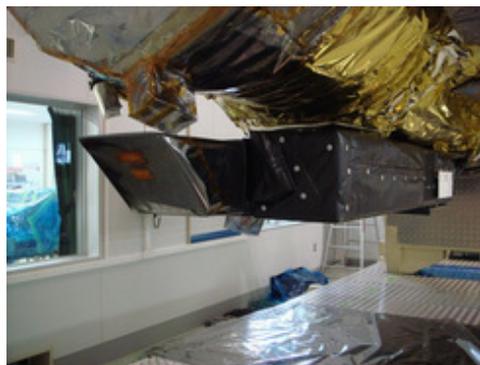
可視光・磁場望遠鏡 (SOT)

- 0.2-0.3秒角の高解像度
- 光球と彩層の構造を観測
- 時間的に安定した解像度と磁気構造を詳細に観測可能



X線望遠鏡 (XRT)

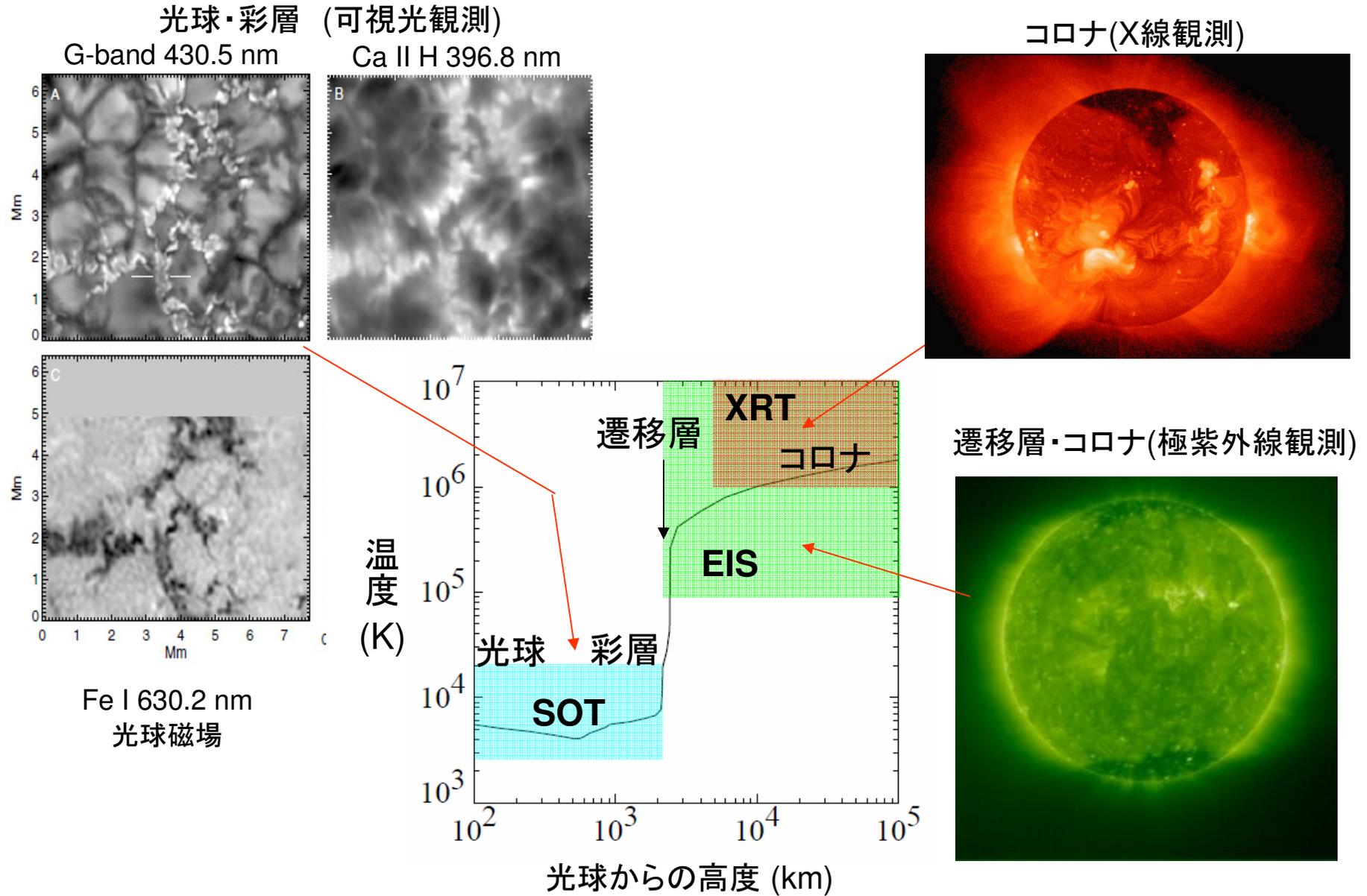
- 幅広い温度域を観測可能(「ようこう」より広い)
- 2秒角の解像度でコロナの変化を捉えることが可能
- 高温のコロナ(300万度から1000万度以上)をこの解像度で観測するのは初めて
- 太陽面爆発フレアを自動検出し最適の観測に切り替え可能



極端紫外線分光撮像装置 (EIS)

- 一桁向上した感度で幅広い温度域の輝線を同時に観測
- 2秒角の解像度で遷移層とコロナの精密診断
- 遷移層やコロナの温度や密度情報を取得
- 激しく運動する構造の速度情報も取得可能

「ひので」3機器が観測する太陽大気範囲

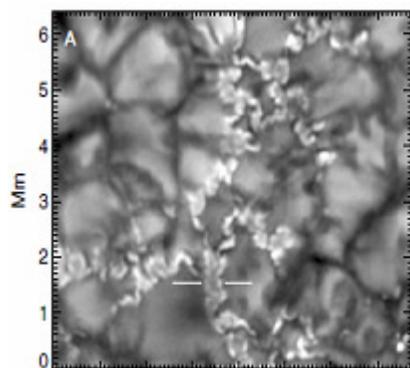


3観測機器の連携による相乗効果

- 「ひので」に搭載されている観測装置
 - 個々の装置で新しい成果が得られる最高性能装置
 - 設計初期から**3つの装置の連携で最大の成果が得られる**ように考慮して個々の装置性能を設定
- 「ひので」が解明を目指している“**謎**”の中で、
 - (1) **10^6 Kのコロナがどのようにして生成されるのか**
 - (2) 太陽面爆発フレアがどのようにして発生するのかという難しい問いに答えるには**3観測機器の密な連携が必要**

コロナ生成メカニズム:これまでの理解

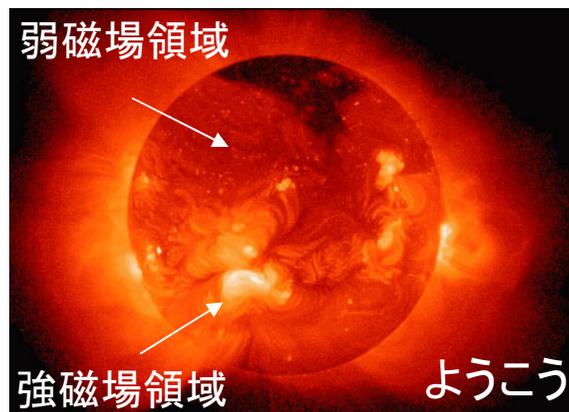
- コロナ生成のエネルギー源は光球での対流運動
- 下層の6000Kの光球よりもコロナは高温(>10⁶ K)
→ コロナ高度へのエネルギーの輸送と散逸
- 光球磁場の強い上空のコロナはより明るい
→ 強磁場領域ほど大きい加熱量
- コロナ形状は光球より延びる磁力線形状を反映
→ 磁場を介在したコロナ生成機構の存在
- 黒点暗部上空のコロナは暗い
→ 磁場が強すぎるとコロナ生成が抑制



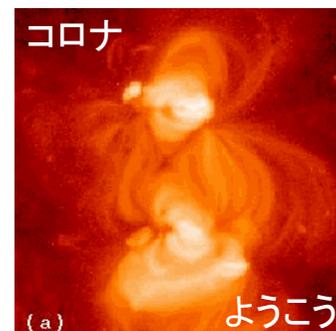
Berger et al. (2004)より

← 光球の対流運動が
コロナを加熱する
エンジン

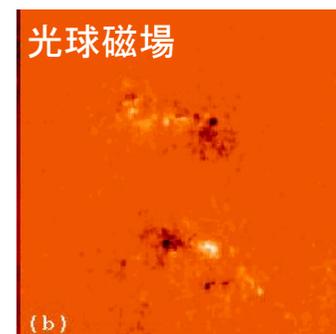
→ 強磁場領域上空
のコロナは明るい



Gary(1997)より



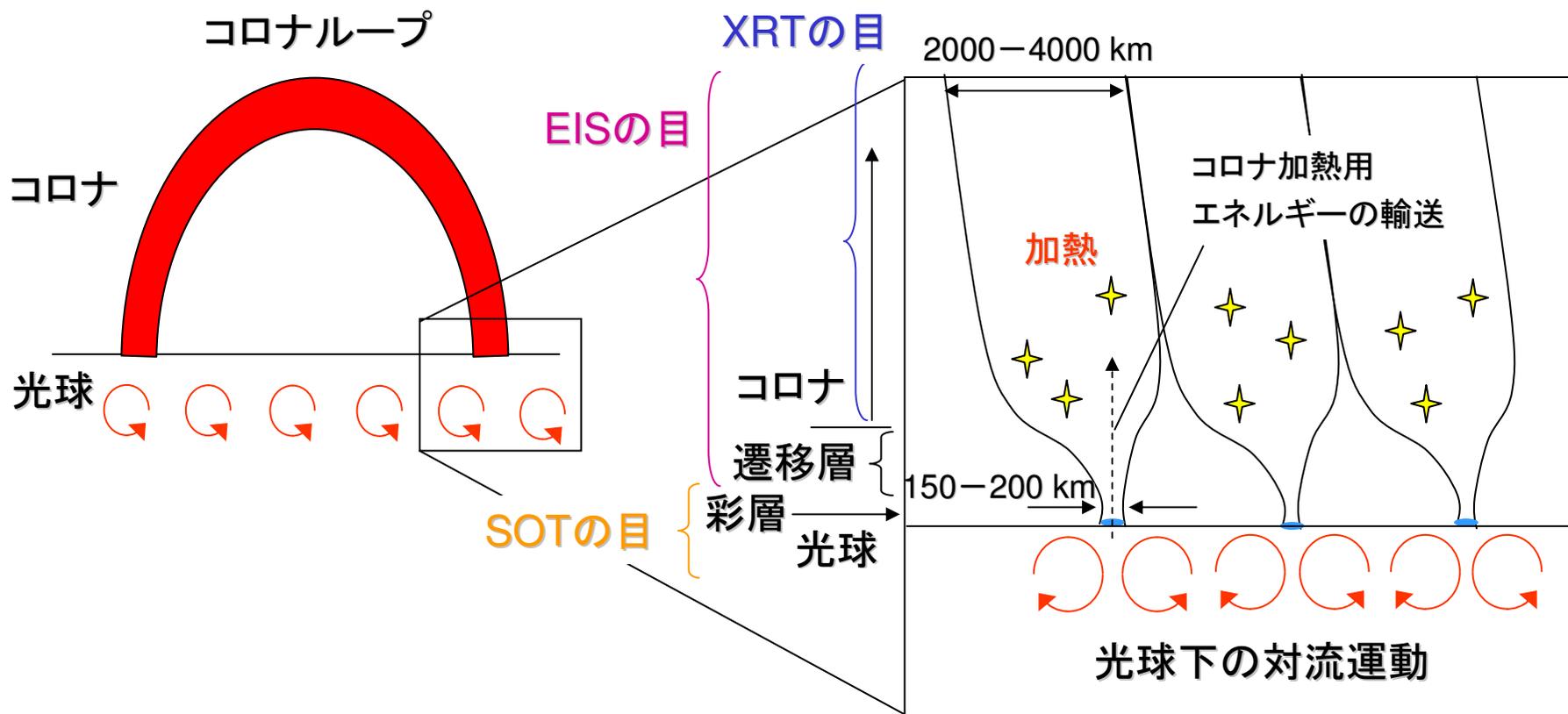
光球磁場より推定さ
れたコロナの磁力線



コロナ生成メカニズム:「ひので」3機器の連携

- **SOT: 光球上の磁気構造の運動の様子を観測**
→ 上空に注入されるエネルギー量とエネルギー輸送方法を調べる
[加熱に使用可能なエネルギー量を知る]
- **XRT: X線輝度上昇や温度・密度上昇を観測**
→ コロナが加熱される場所を調べる
[加熱場所・エネルギー量を知る]
- **EIS: コロナ物質の運動をドップラー速度として観測**
→ 加熱領域のダイナミクスを調べる
[加熱過程のコロナの運動から加熱過程の物理に迫る]
- このような連携プレーを行うことで、コロナ生成について、
光球からコロナへのエネルギー注入、コロナでのエネルギー解放、
コロナの加熱という全ての過程を理解する
→ 「ひので」にのみ可能なユニークなアプローチ

コロナ生成メカニズム:「ひので」3機器の連携



3つの目の連携でコロナ加熱の現場を詳しく見ます

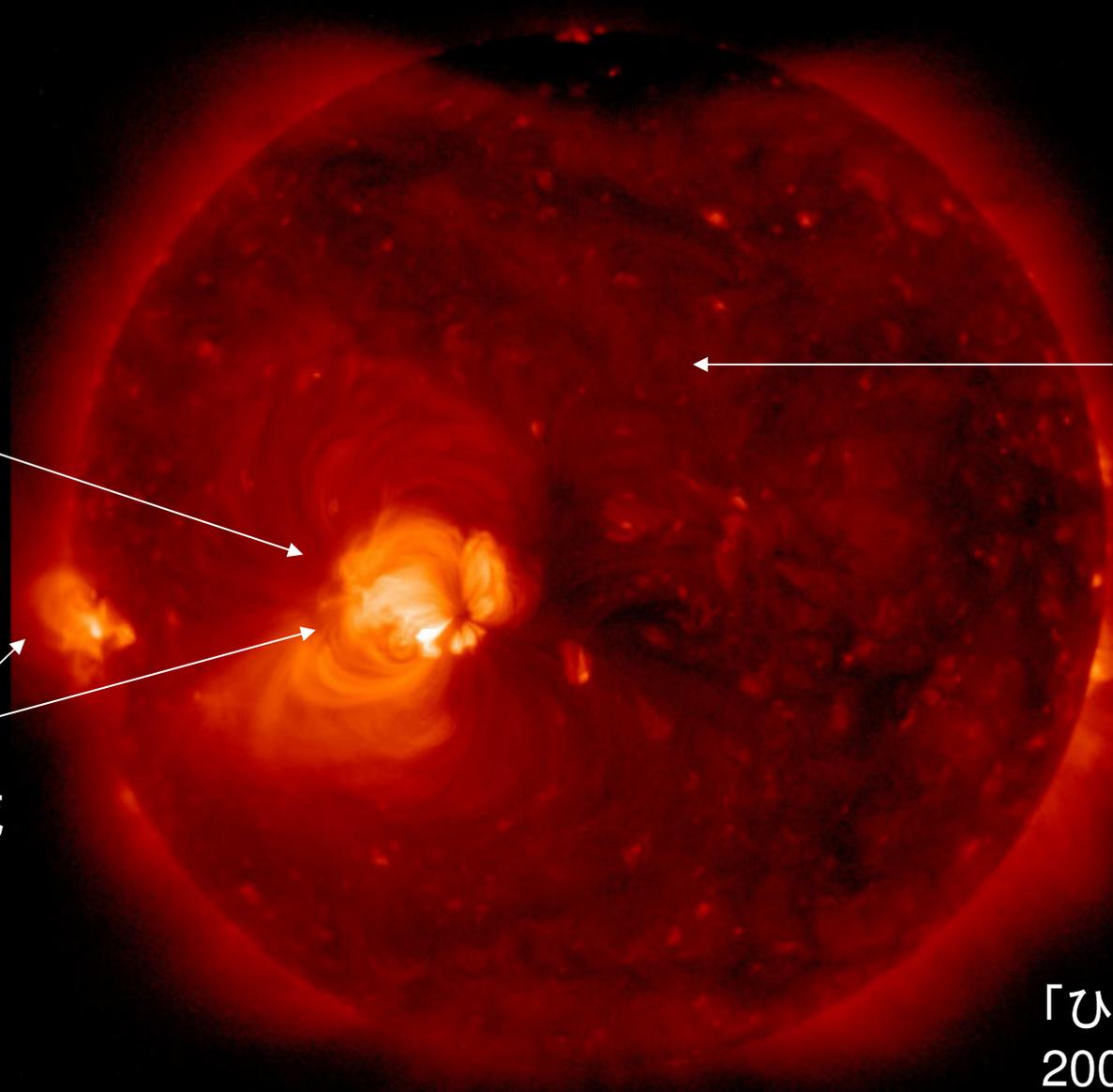
連携観測に向けた「ひので」試験観測例の紹介

この領域を
3機器で
試験観測

強磁場領域

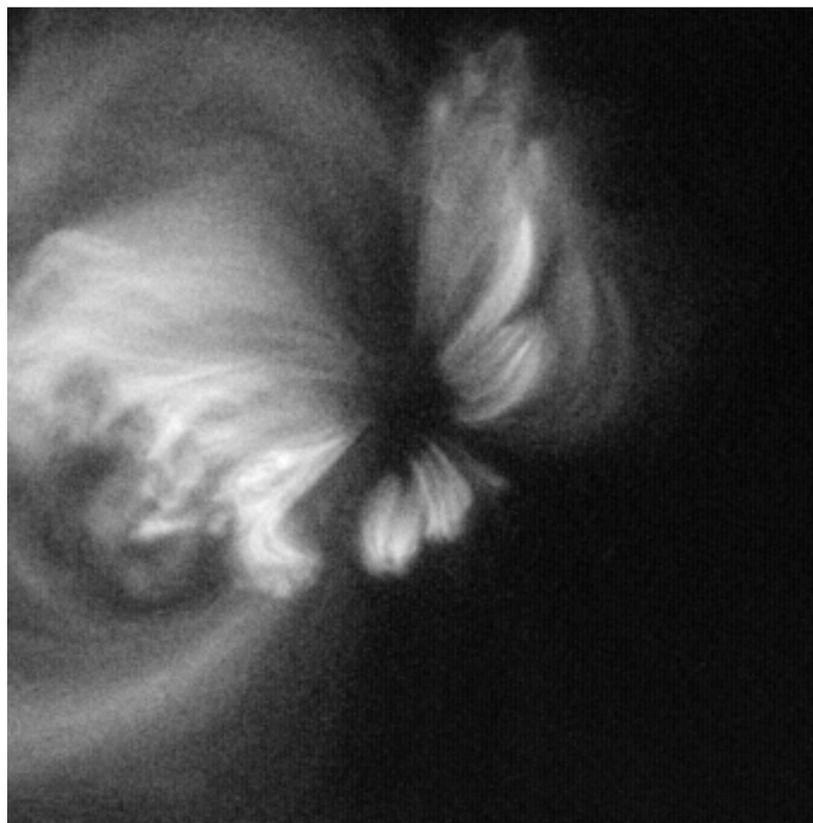
弱磁場領域

「ひので」X線画像
2006年11月13日

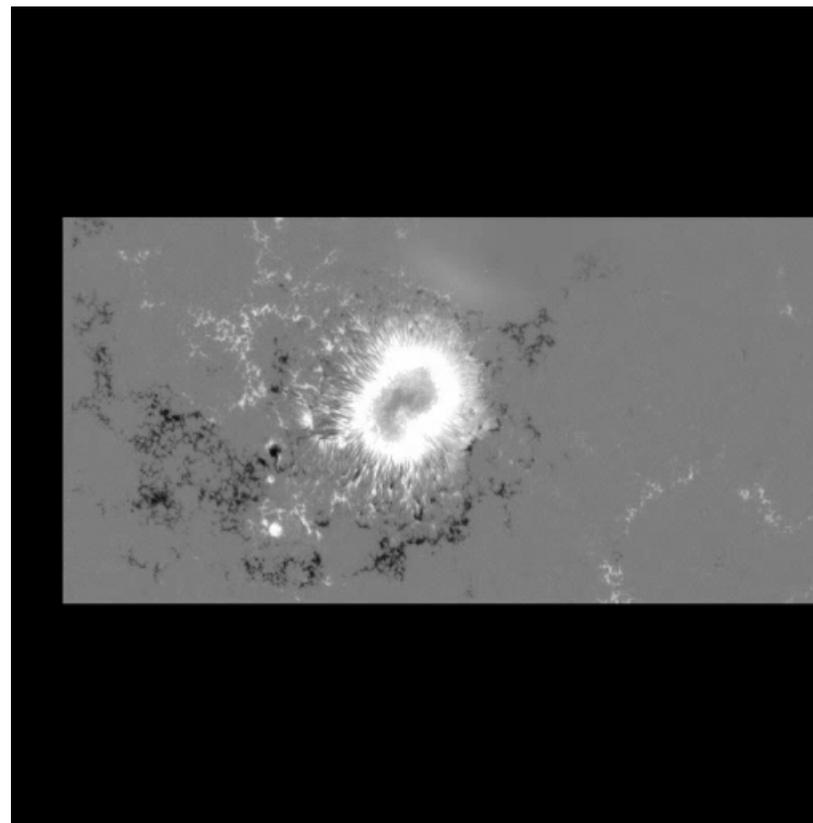


「ひので」で見た 光球異極磁場間を結ぶコロナループ群

XRT 画像(コロナ)



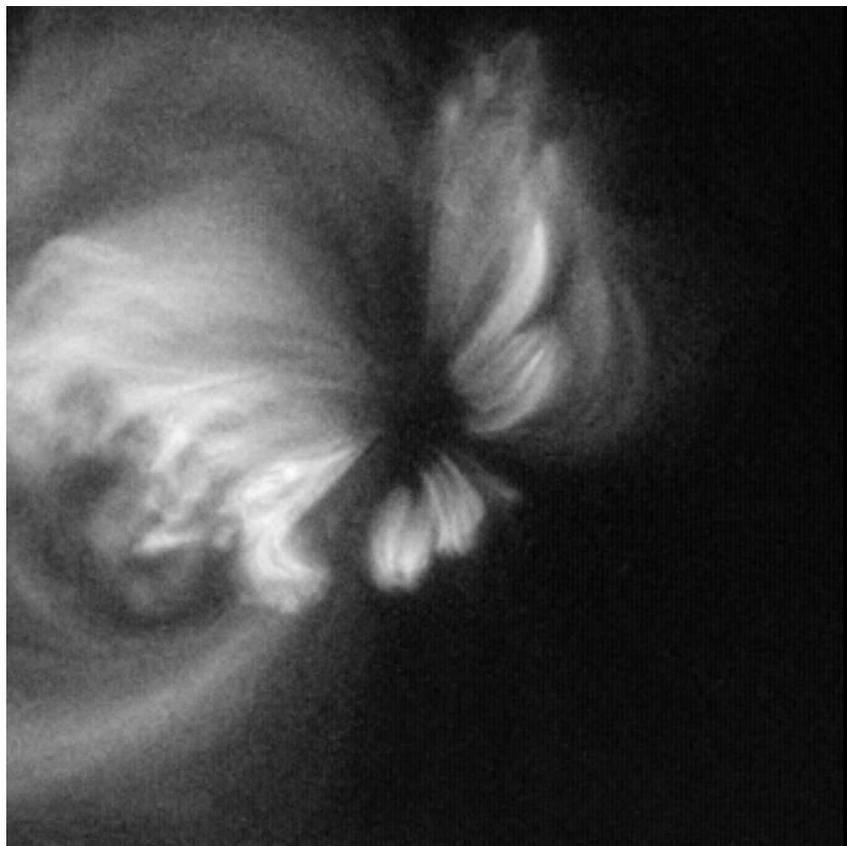
SOT 画像(光球磁場)



磁場の図： 白色がN極、黒色がS極の磁極を表現

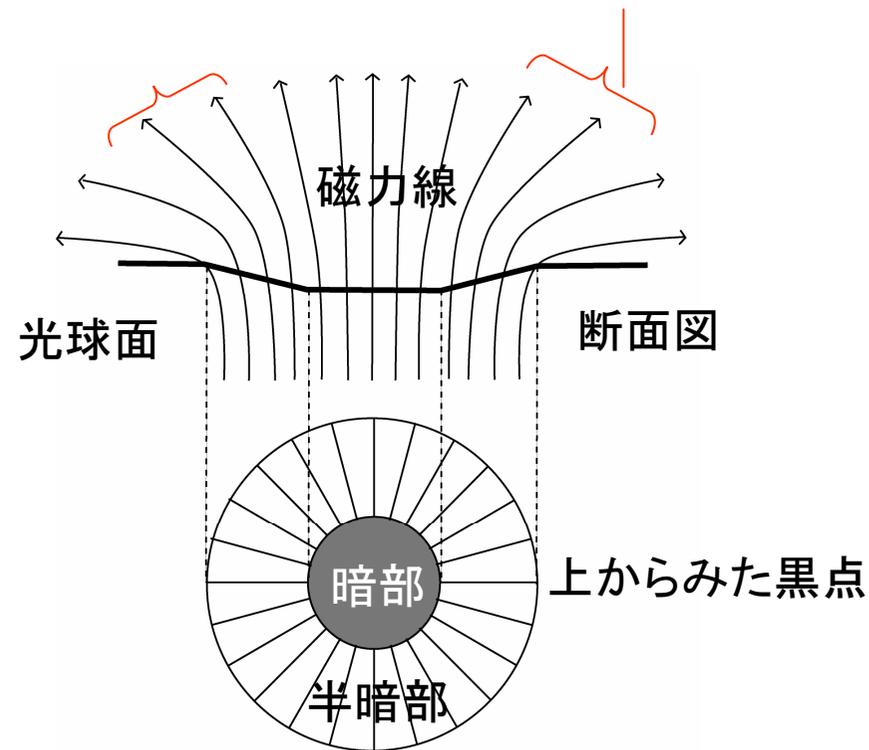
光球のN極、S極をつなぐコロナループ群が鮮明に観測されています。これだけの解像度があれば、光球磁場の運動との対応をとることは比較的容易です。

コロナのない黒点暗部上空



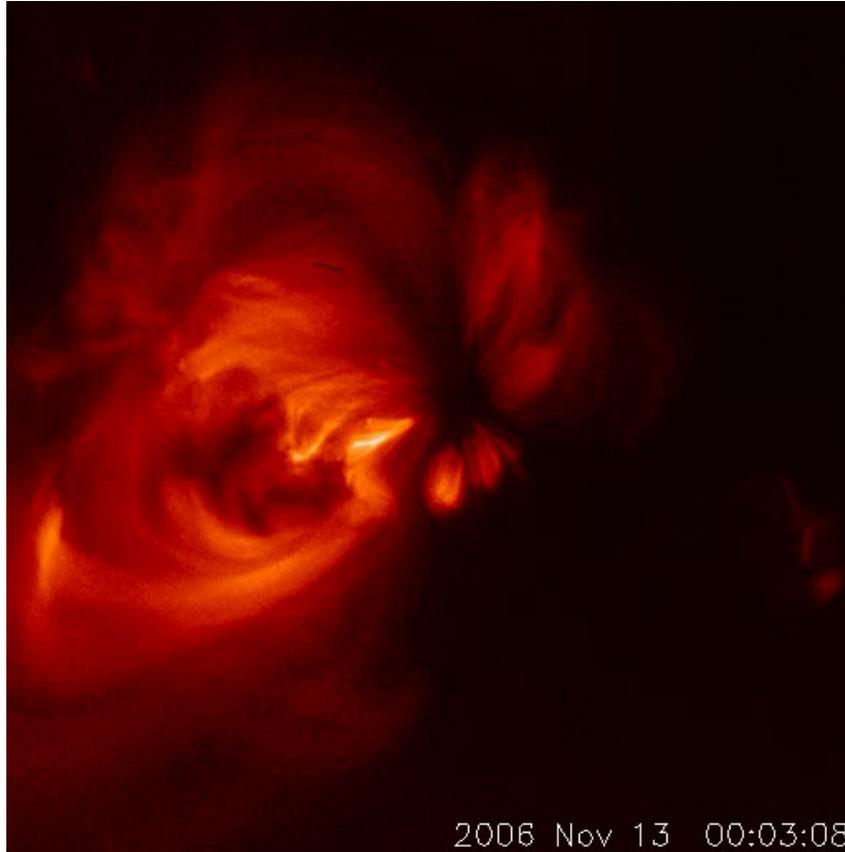
ムービーの説明：
「ひので」
X線画像→Gバンド画像→X線画像の順で巡回

コロナループとして延びていく磁力線構造



左の図から、黒点暗部上空にはコロナがないことがよく分かります。磁場が強いということだけではコロナが作れないことを示しています。

コロナループごとのエネルギー解放



「ひので」XRTによる
活動領域コロナの連続観測

コロナループ単位で加熱されている
様子がよく分かります。

一つ一つのループの加熱される原因
がコロナの下にある光球磁場の動き
から読み取れることを期待しています。

コロナ中での増光(=加熱)に対応する光球磁場の動きはどのようになっている？
という点については次回以降の記者発表までのお楽しみとさせていただきます。

EISで見たコロナ：多温度ループの集合体

温度(正確には電離度)の異なる輝線で見た

遷移層

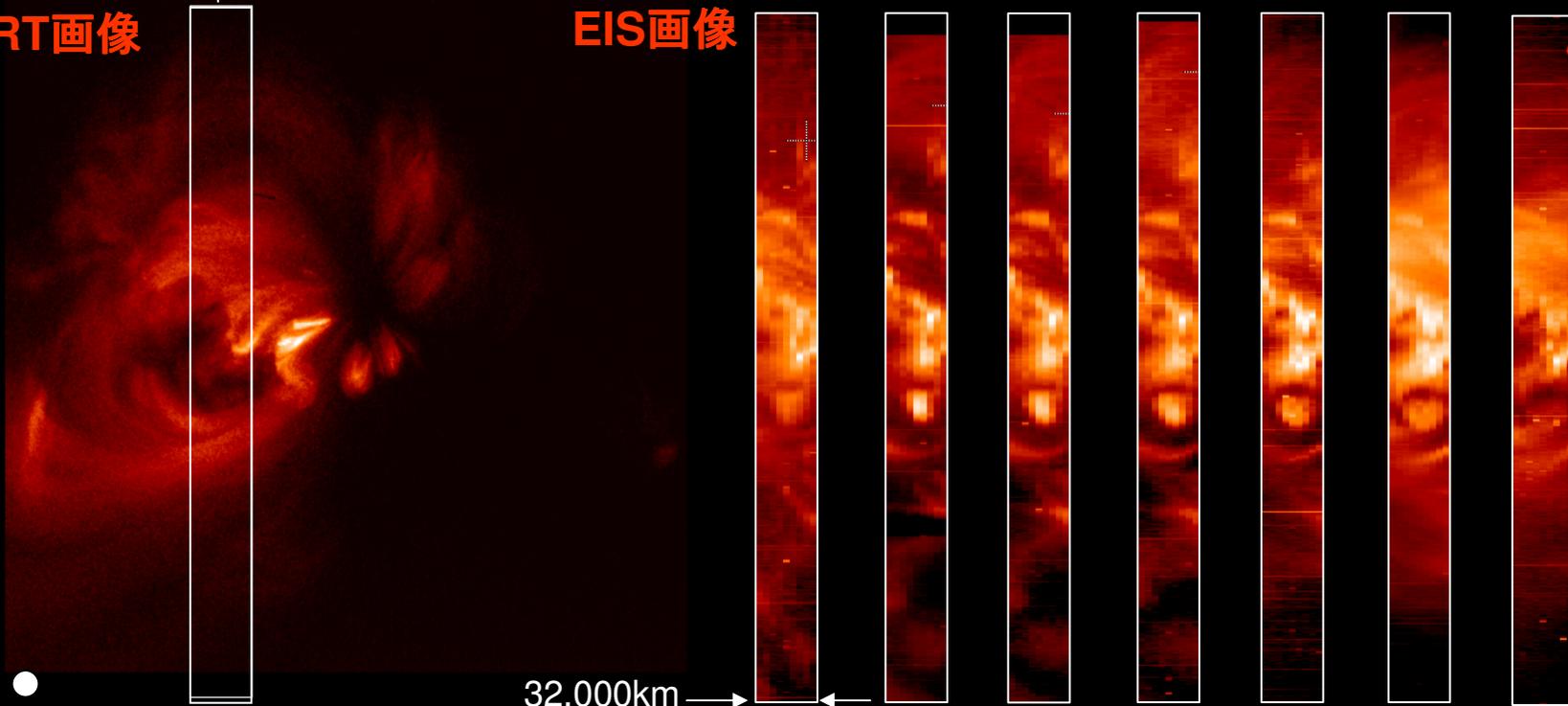
コロナ

EIS試験観測領域(白枠)
(横方向はEIS実効視野の約1/10)

輝線放射イオン He II Fe XI Fe XII Fe XIII Fe XIV Fe XV Fe XVI 注)
5万度 100万度 200万度 400万度 温度

XRT画像

EIS画像



地球の大きさ

異なった温度の輝線で見たコロナは少しずつ異なった顔つきをしています。コロナがいろいろな温度のループからなる集合体であることがわかります。

注) 原子記号の横に書かれたローマ数字は、輝線を放射するイオンが中性のときからローマ数字-1個分の電子が電離したイオンであることを意味します。Fe XVI は15個の電子が鉄原子から電離してしまったイオンを表します。

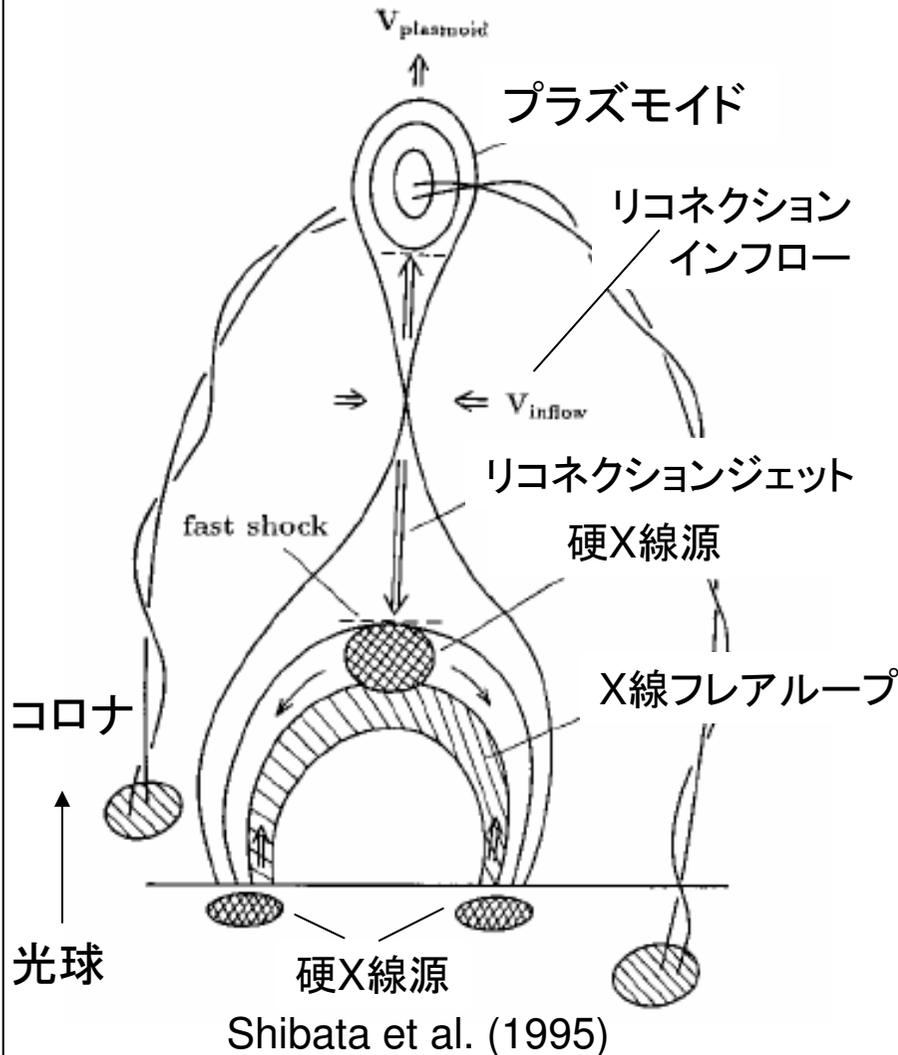
まとめ

- 「ひので」にはSOT,XRT,EISという世界最高性能機器が搭載
- 3機器で光球、彩層、遷移層、コロナの全領域をカバー
→ 太陽分野で最先端の研究が可能な24時間稼働の
軌道天文台
- 個々の装置で多くの成果が期待される
- 3機器の連携観測がなされれば、その相乗効果で
コロナはどのようにしてできるのかなどの謎の本質に迫れる
と「ひので」チームは確信

補足資料

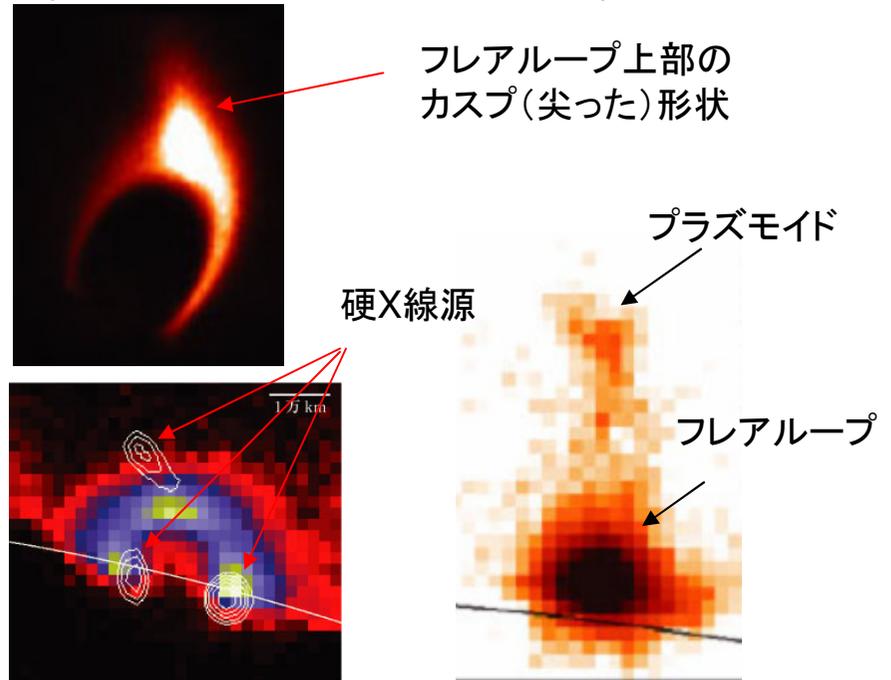
フレア発生メカニズム:これまで理解

「ようこう」衛星で得られたフレアの描像



「ようこう」衛星のコロナ観測の到達点 (左図参照)

- 太陽面爆発フレアがコロナ中で起こる磁気リコネクション(磁場のつながりかえ)を通して発生することが確実(ここでは詳細は述べません)

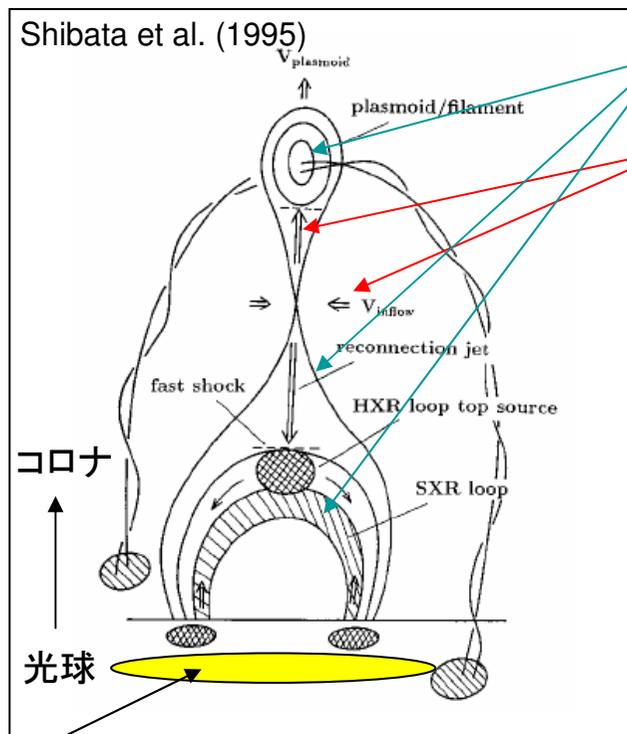


「ようこう」の観測結果より

フレア発生メカニズム：次のステップ

- 次のステップは、
どのようにして磁気リコネクションが開始されるのかという点と磁気リコネクション過程で重要となるパラメータを高精度に決定することが大きなテーマ
- 磁気リコネクション開始前、開始に至る過程を理解するには、コロナ中の磁場変化を光球の精密磁場観測とコロナ構造観測から総合的に調べていく必要があります。

「ひので」 フレア発生メカニズムへの新たな挑戦



コロナ部分の高解像度X線観測 (XRT)

磁気リコネクションに伴うプラズマ流の計測 (EIS)

フレア観測での3機器の連携

リコネクション発生
前のエネルギー
蓄積過程

(SOTで評価)

リコネクション開始

[周辺流の詳細観測]
(EISで評価)

フレアループ発生

フレア過程の
時間経過

(XRT, EIS, SOTで観測)

高精度光球磁場観測によるコロナ磁気
構造の推定とフレア発生条件の探索
(SOT) [他ではできないアプローチ]

数値シミュレーションとの連携

フレアループが発生するタイミングでの
詳細観測のため、「ひので」では、XRTで
検出したフレア位置をSOT・EISに通知
してSOT・EISの観測内容を切り替える
連携も可能