太陽活動と
宇宙天気予報

浅井　歩
京都大学宇宙総合学研究ユニット

第4回宇宙ユニットシンポジウム
人類はなぜ宇宙へ行くのか～宇宙生存学における課題～
2011年3月5日

京都大学
KYOTO UNIVERSITY

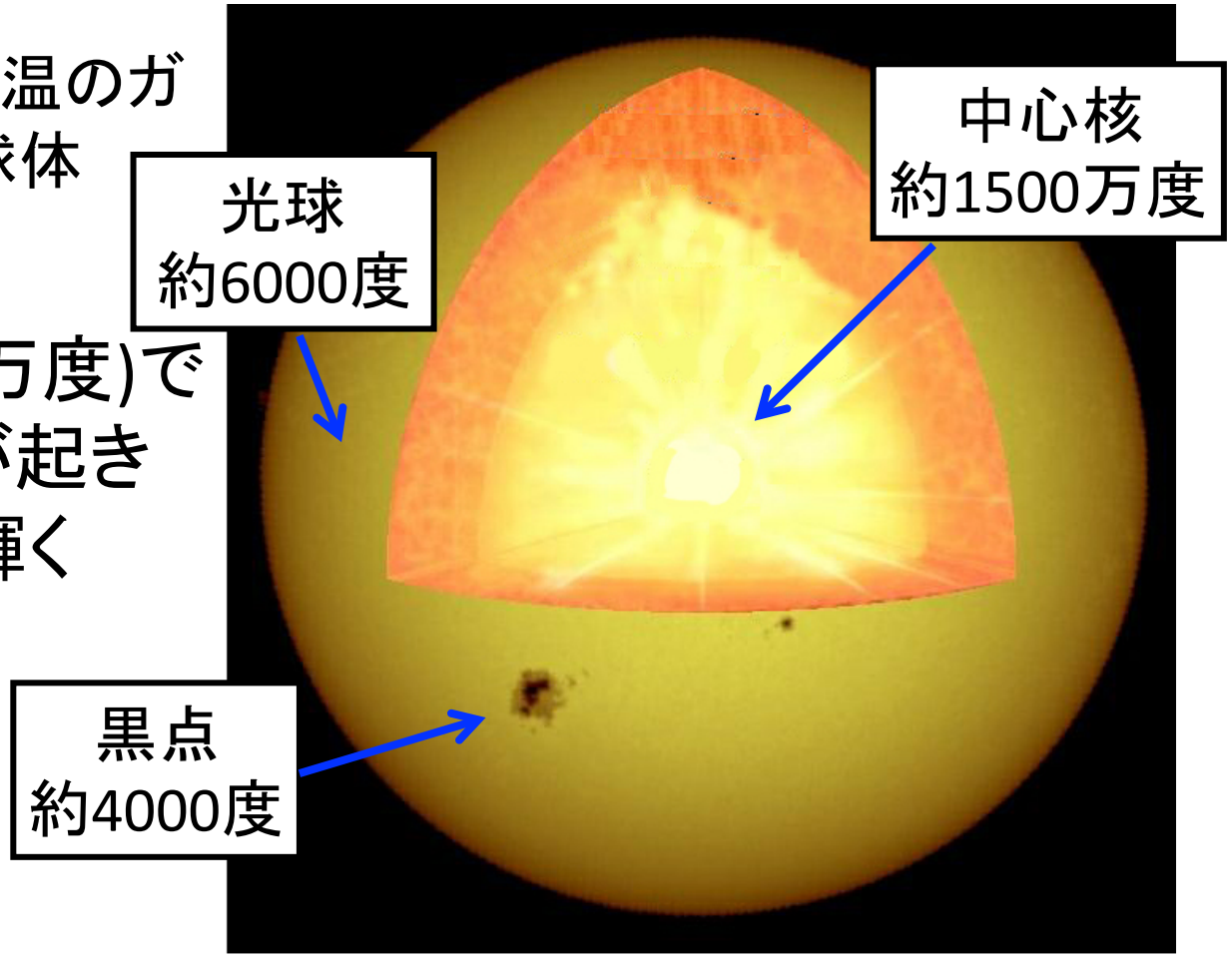
宇宙ユニット

母なる星、太陽

- 地球上の生命は、太陽からの恩恵を受けている
- 宇宙進出において、太陽の存在はますます無視できない
  - 突発的に発生する太陽面活動現象
  - 太陽地球環境への影響を支配
- 宇宙天気予報

太陽の構造

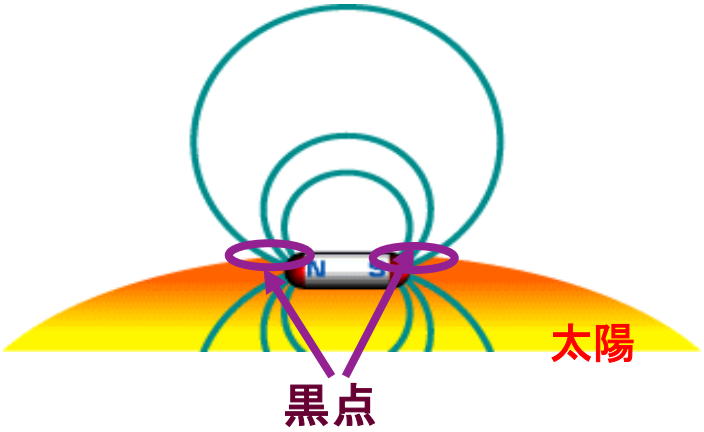
- 太陽
  - 電気を帯びた高温のガス(プラズマ)の球体
- 太陽内部
  - 中心核(1500万度)で核融合反応が起きていることで輝く

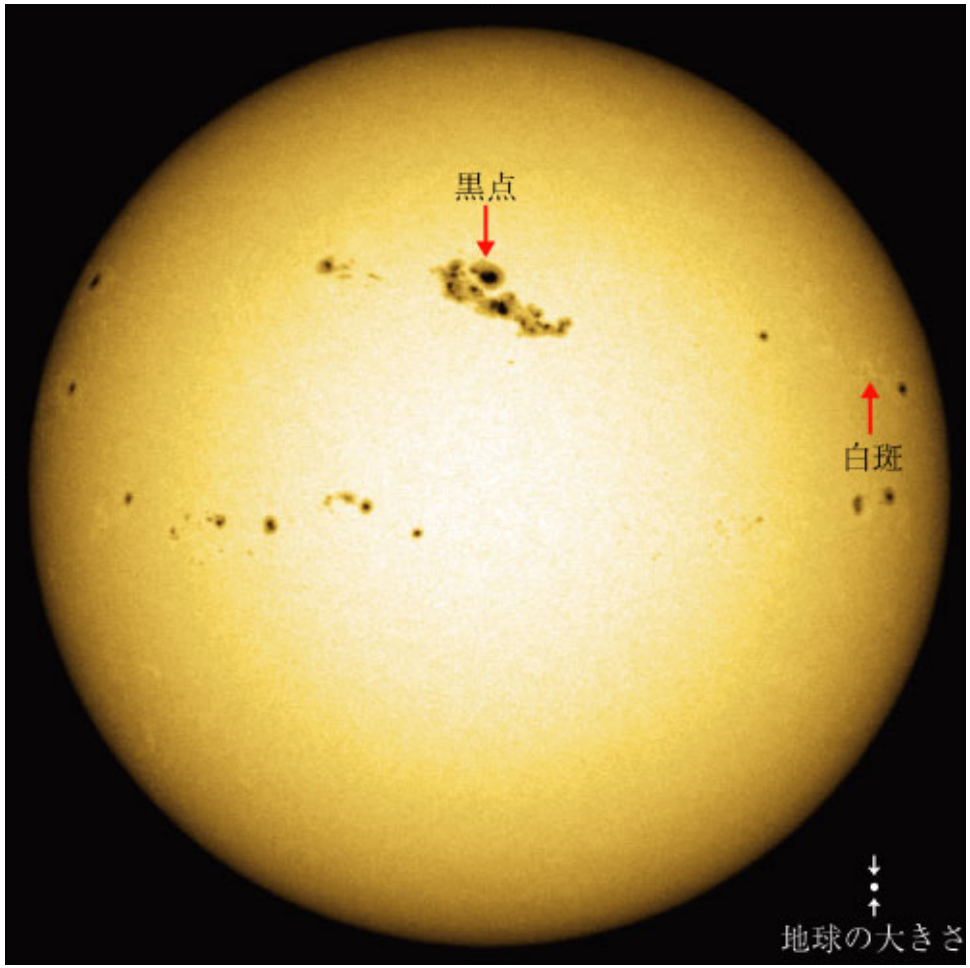


太陽の内部構造

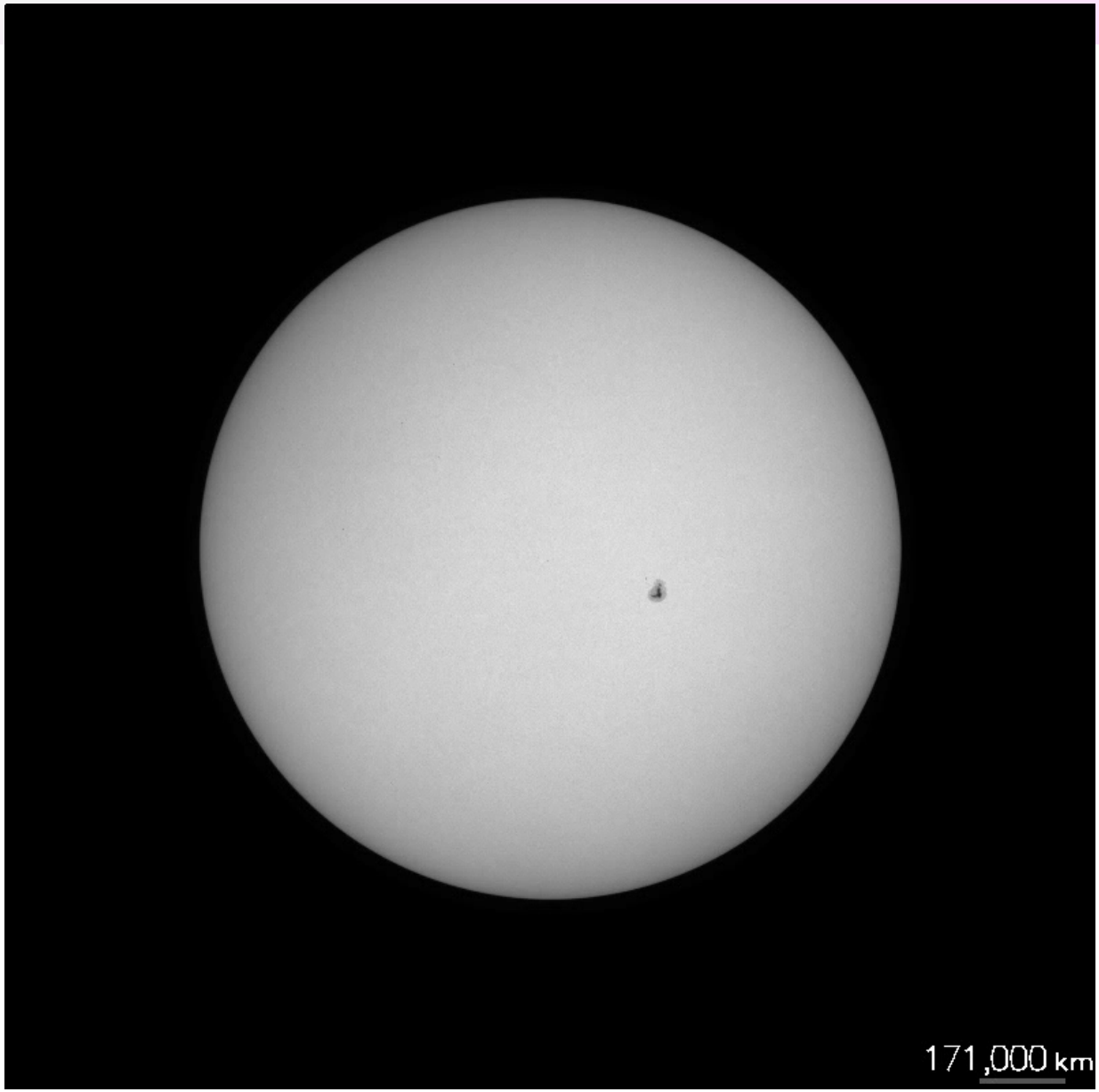
光球-目で見た時の太陽の表面

- 6000度のプラズマ
- 黒点が見える
- 黒点=磁力線の切り口(磁場の強い領域)

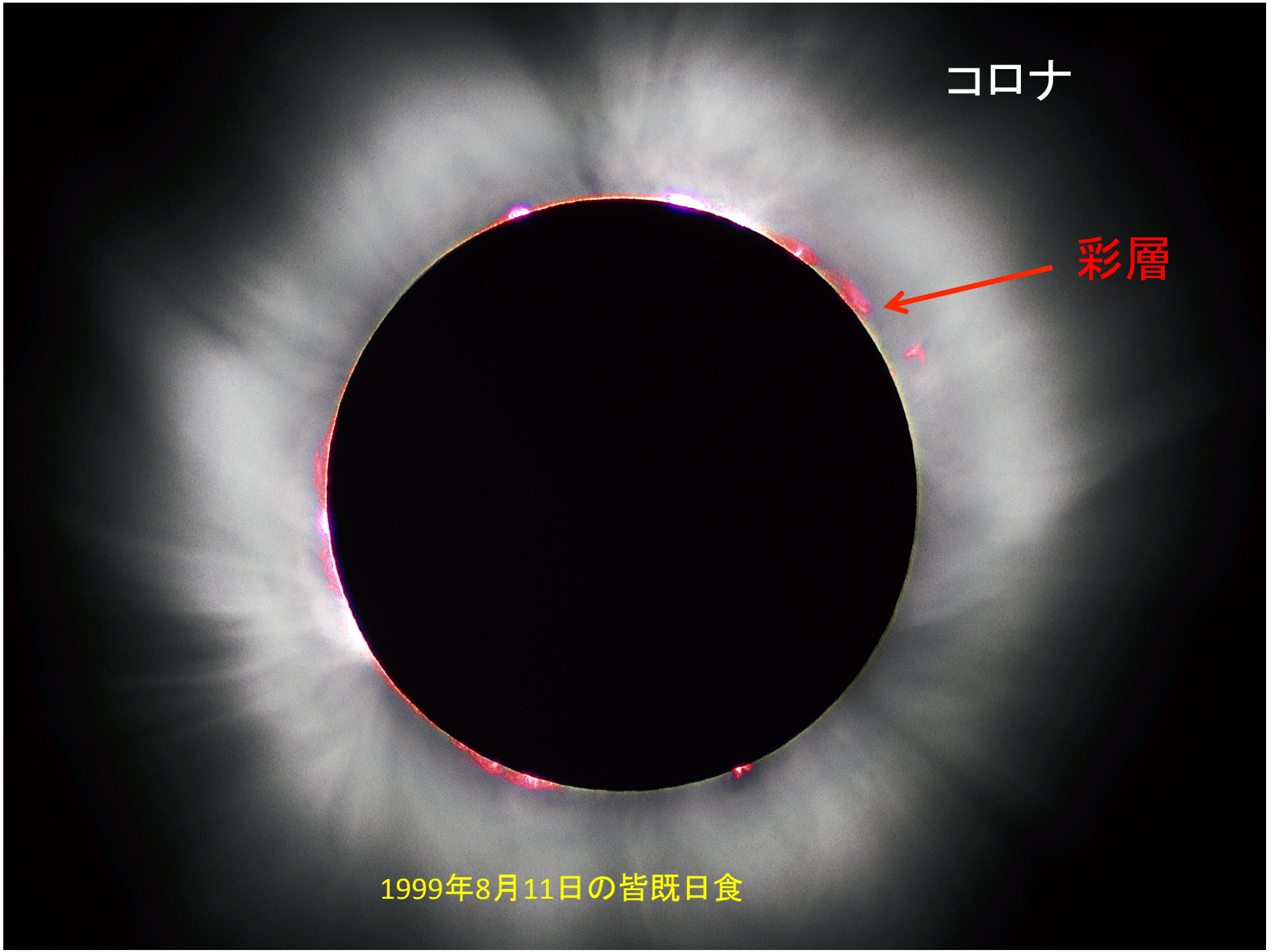




「ひので」衛星による太陽観測



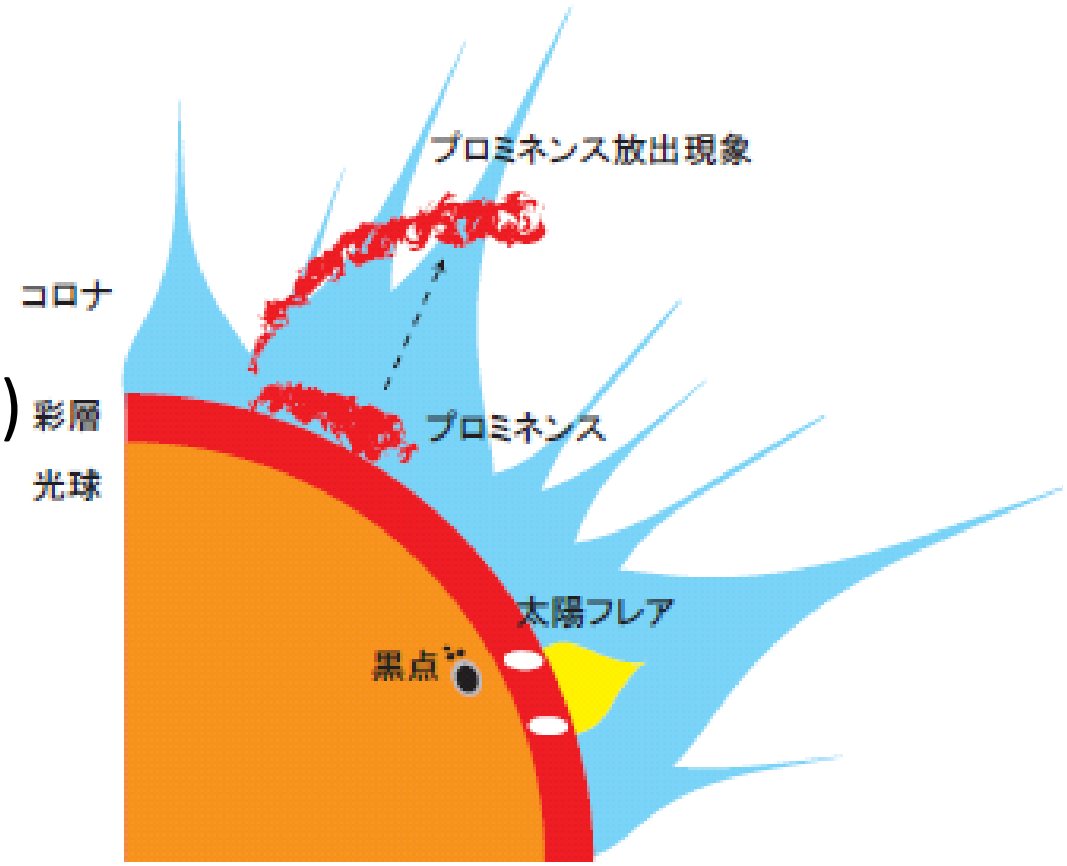
NAOJ/JAXA


コロナ
彩層
1999年8月11日の皆既日食

太陽の構造

- 太陽の大気
  - 光球(6000度)
  - 彩層(1万度)
  - コロナ(100万度以上)
- 太陽の熱源は中心

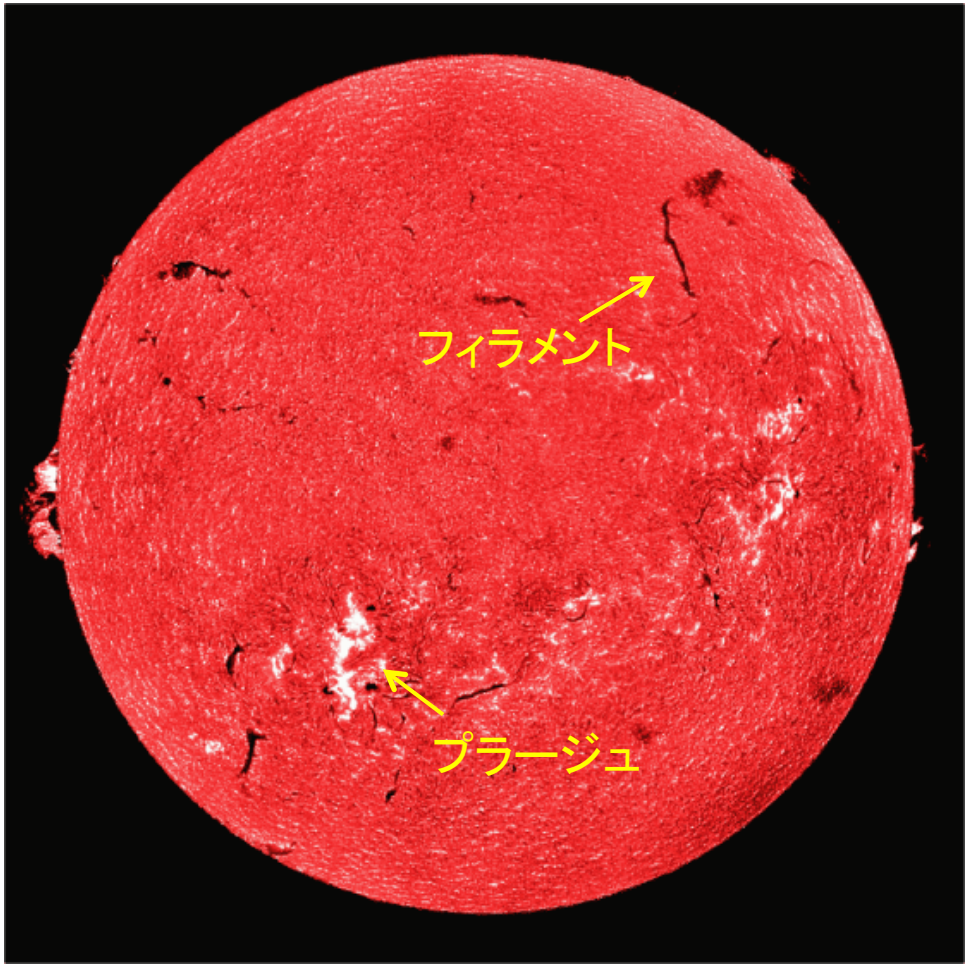
←上空に行くほど(熱源から離れるのに)高温になるのはなぜ?(コロナ加熱問題)



太陽の大気の様子

彩層-光球から少し上の大気層

- 光球より2000km上空
- Hα線(水素のスペクトル線)で良く観測される
- 1万度のプラズマ
- プラージュ、フィラメント、プロミネンス…変化に富んだ構造を示す

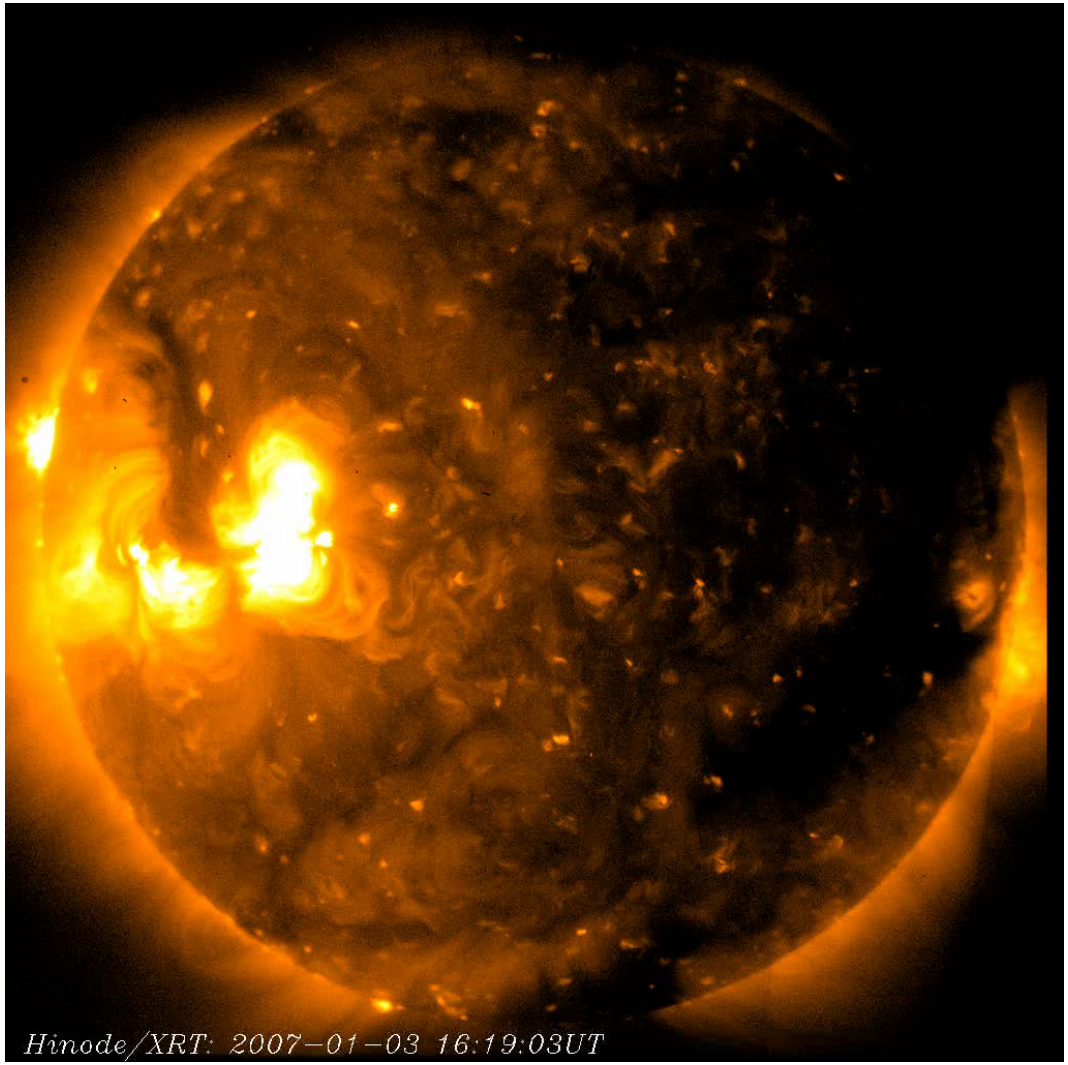


京都大学飛騨天文台SMART望遠鏡

コロナ-太陽の外層大気

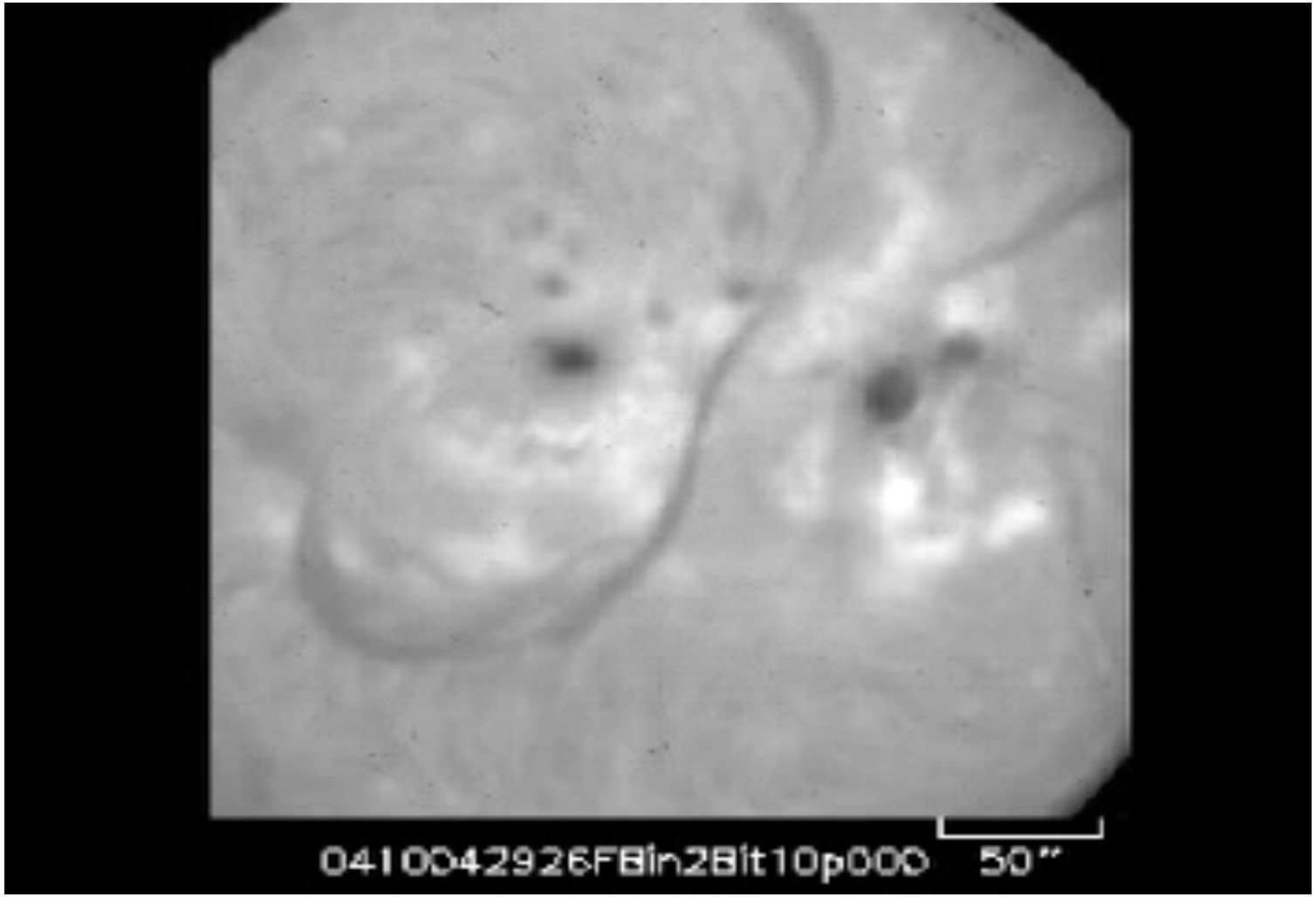
- 200万度プラズマ
- 何もないところは暗く、黒点の近くでは明るく光り輝いて見える

= 高温のプラズマがたくさんある領域



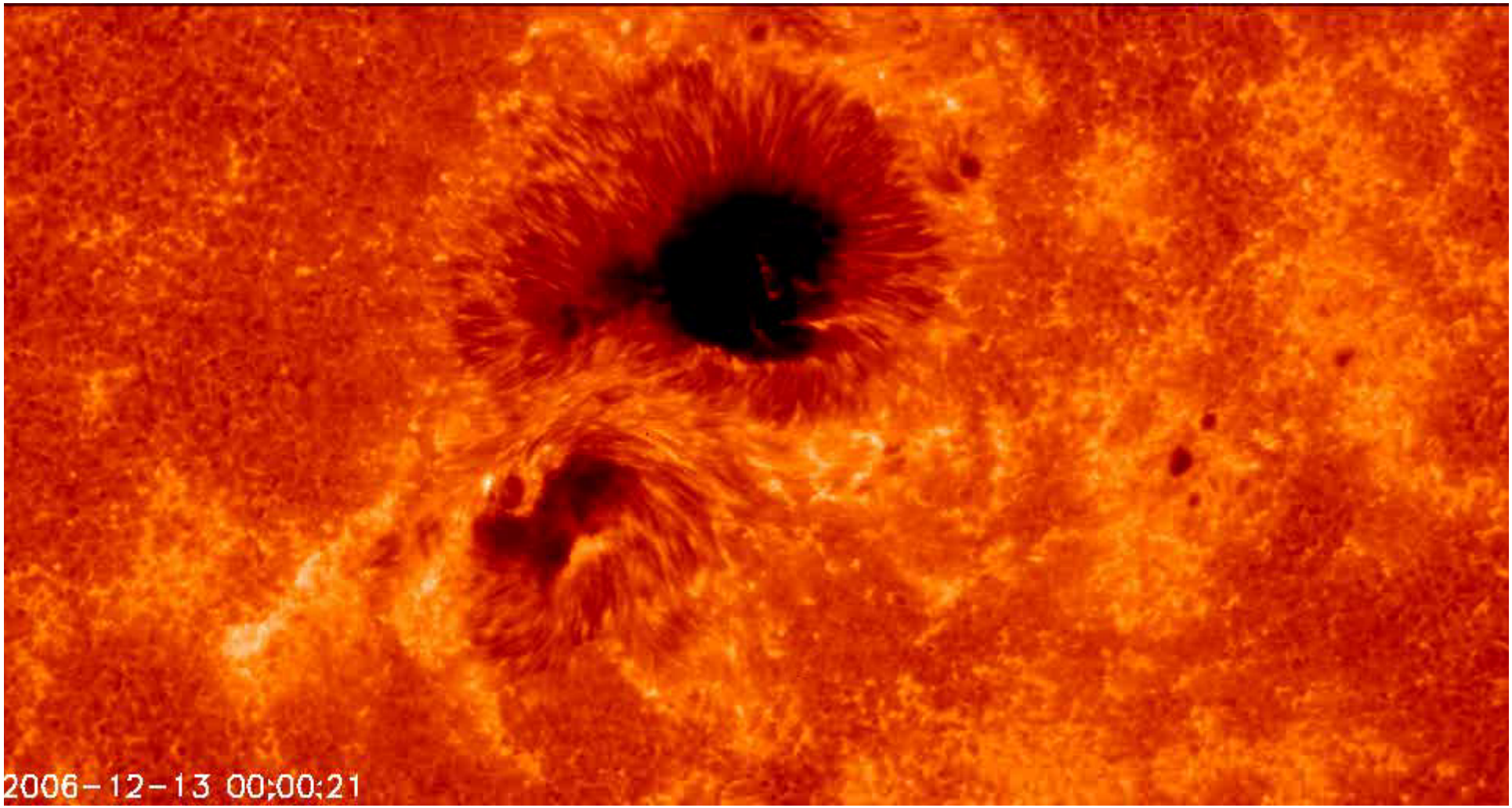
NAOJ/JAXA

太陽表面の大爆発 – フレア



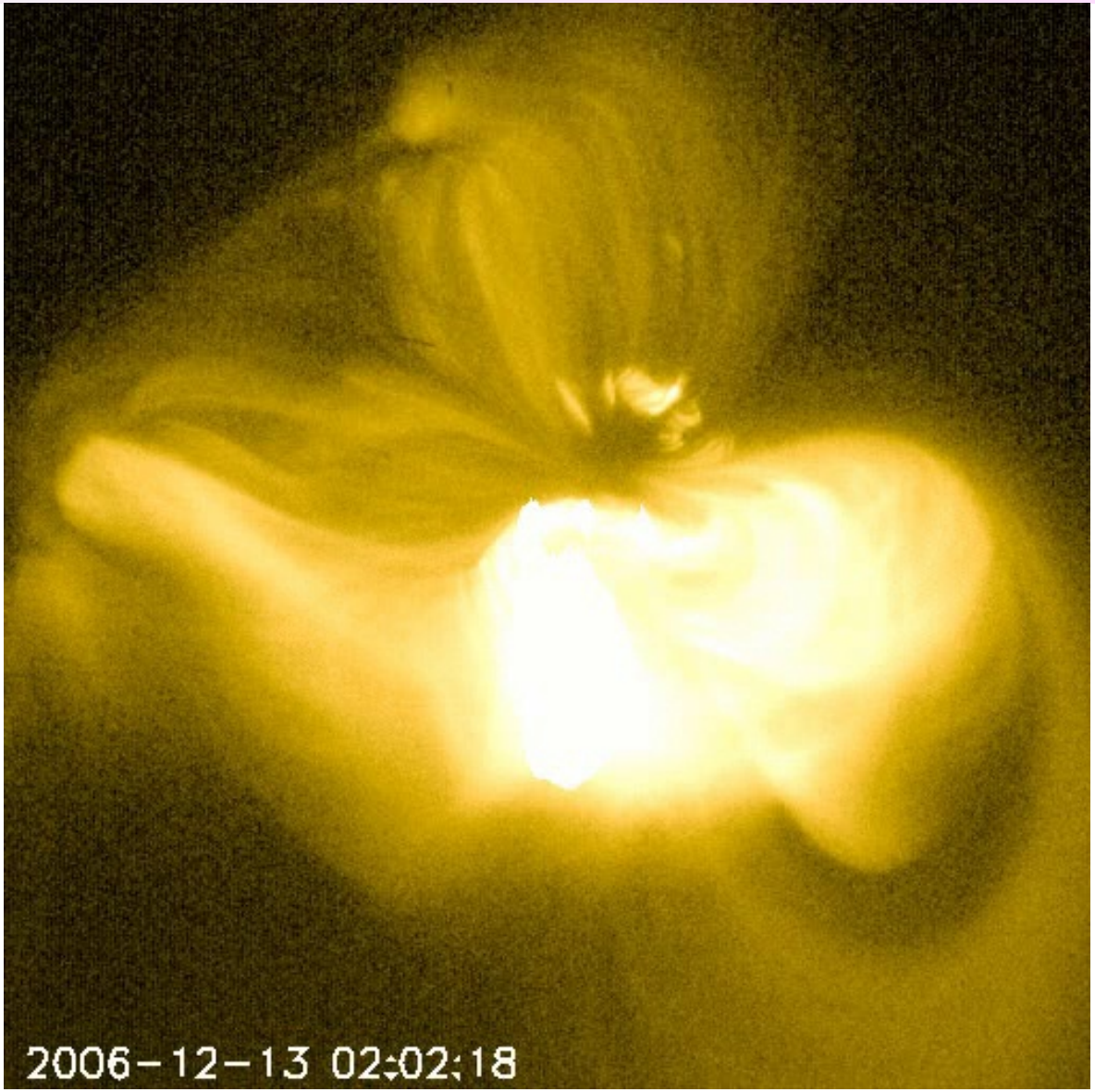
京都大学飛騨天文台DST望遠鏡・2001年4月10日のフレア

太陽表面の大爆発 – フレア



NAOJ/JAXA・2006年12月13日のフレア

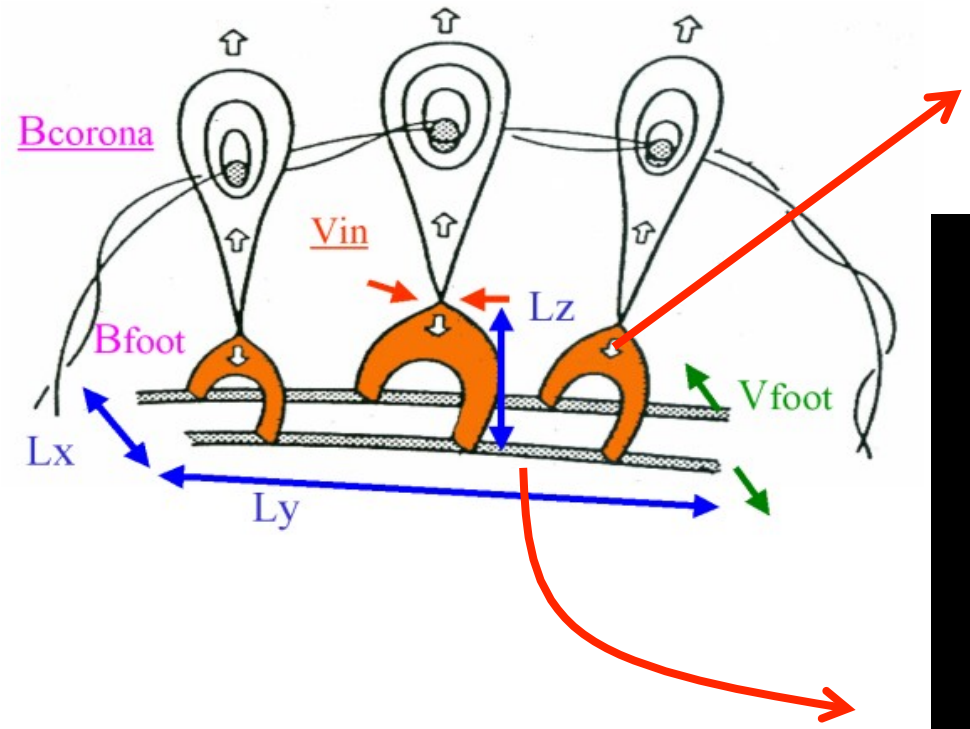
太陽表面の大爆発 – フレア

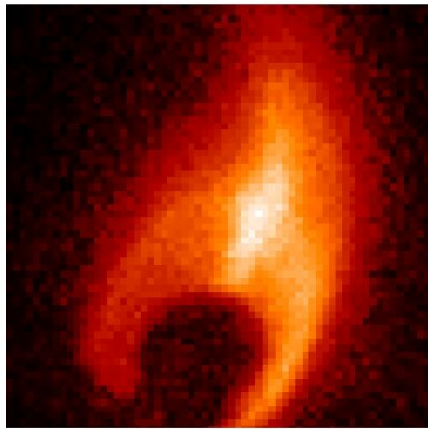


NAOJ/JAXA・
2006年12月
13日のフレア

太陽フレア

- 磁場のエネルギーが解放される。10^{25}J(ジュール)





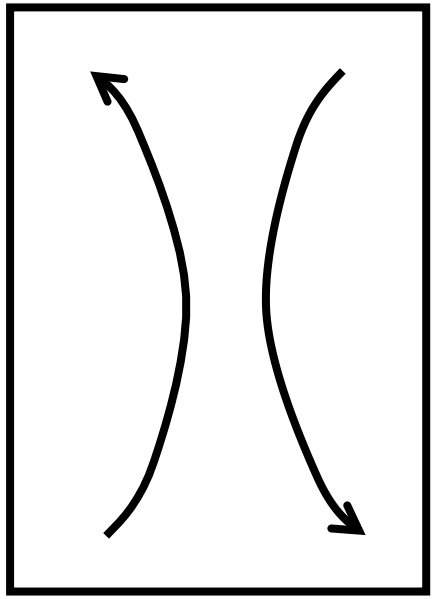
←X線

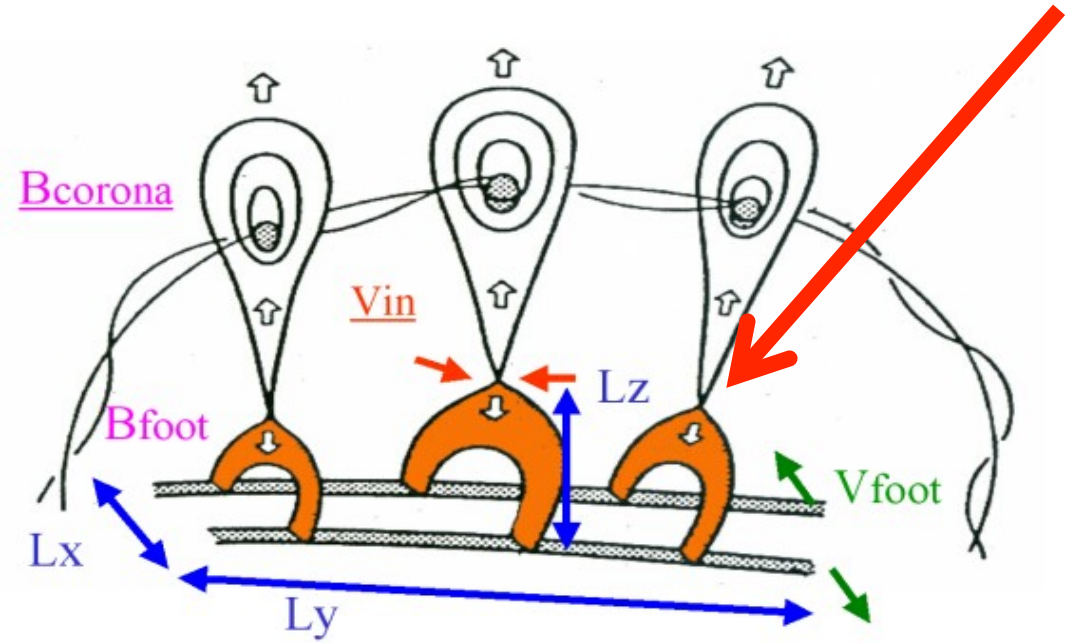
→Hα線

太陽フレアと磁気リコネクション

磁気リコネクション

- 磁力線のつなぎ替えにより磁気エネルギーを解放(パチンコ効果)
- フレアに付随する様々な現象を説明可能

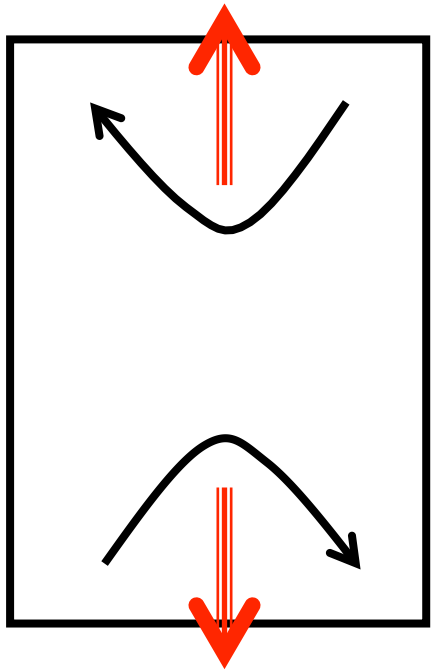


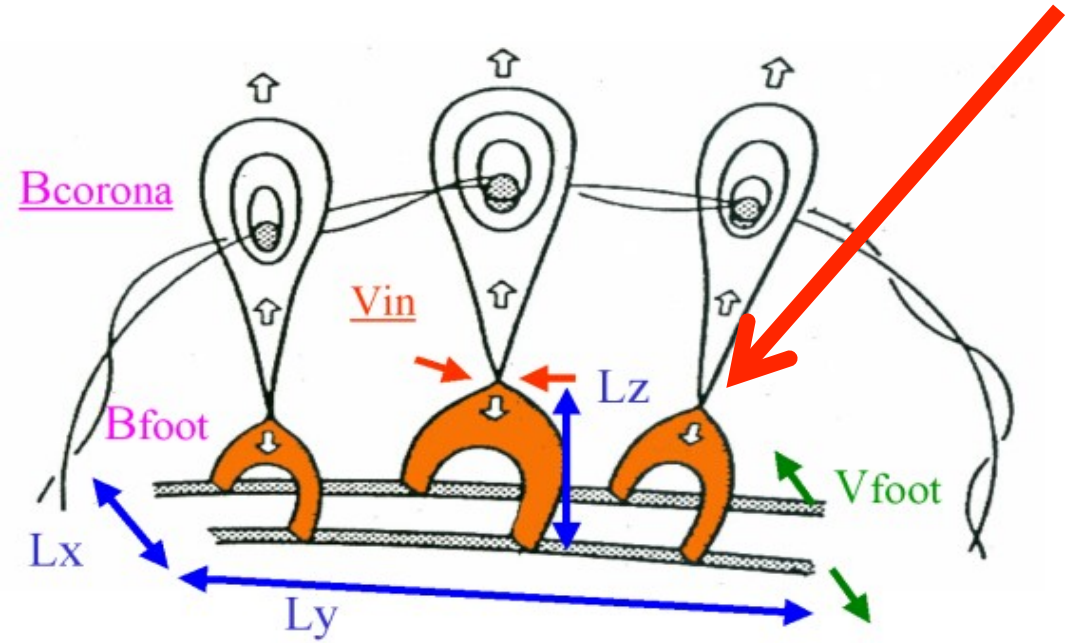


太陽フレアと磁気リコネクション

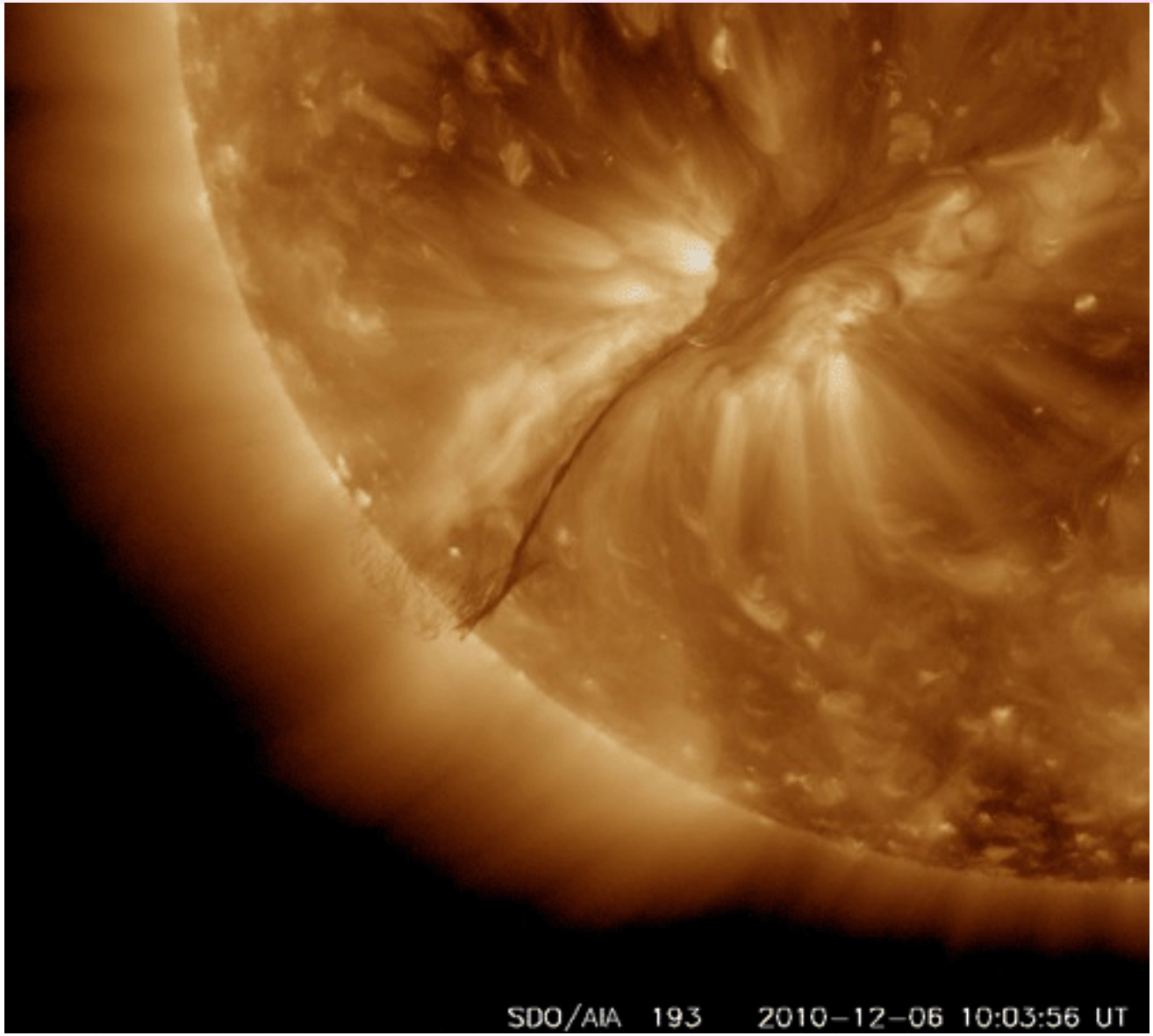
磁気リコネクション

- 磁力線のつなぎ替えにより磁気エネルギーを解放(パチンコ効果)
- フレアに付随する様々な現象を説明可能



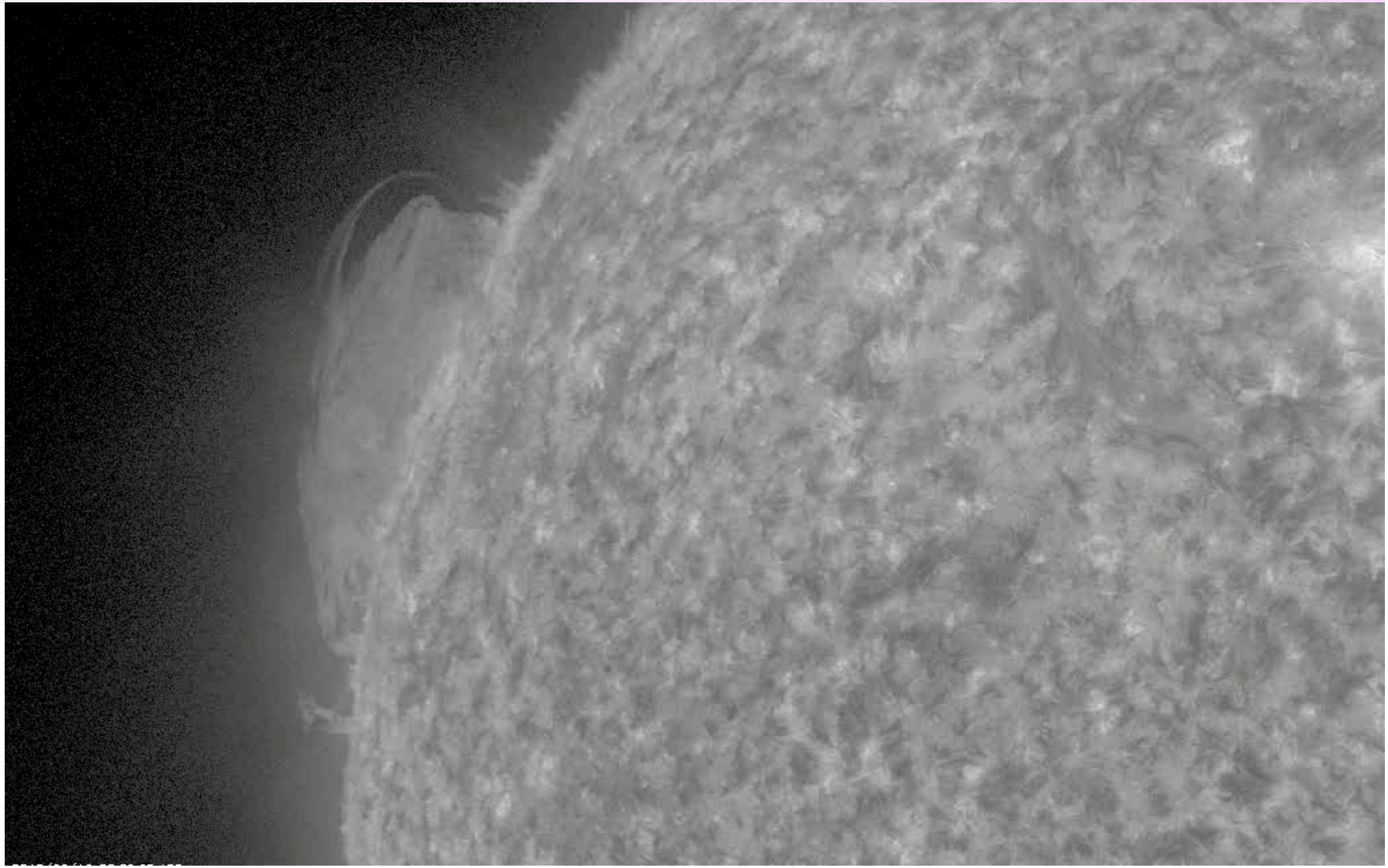


フィラメント噴出現象



NASA

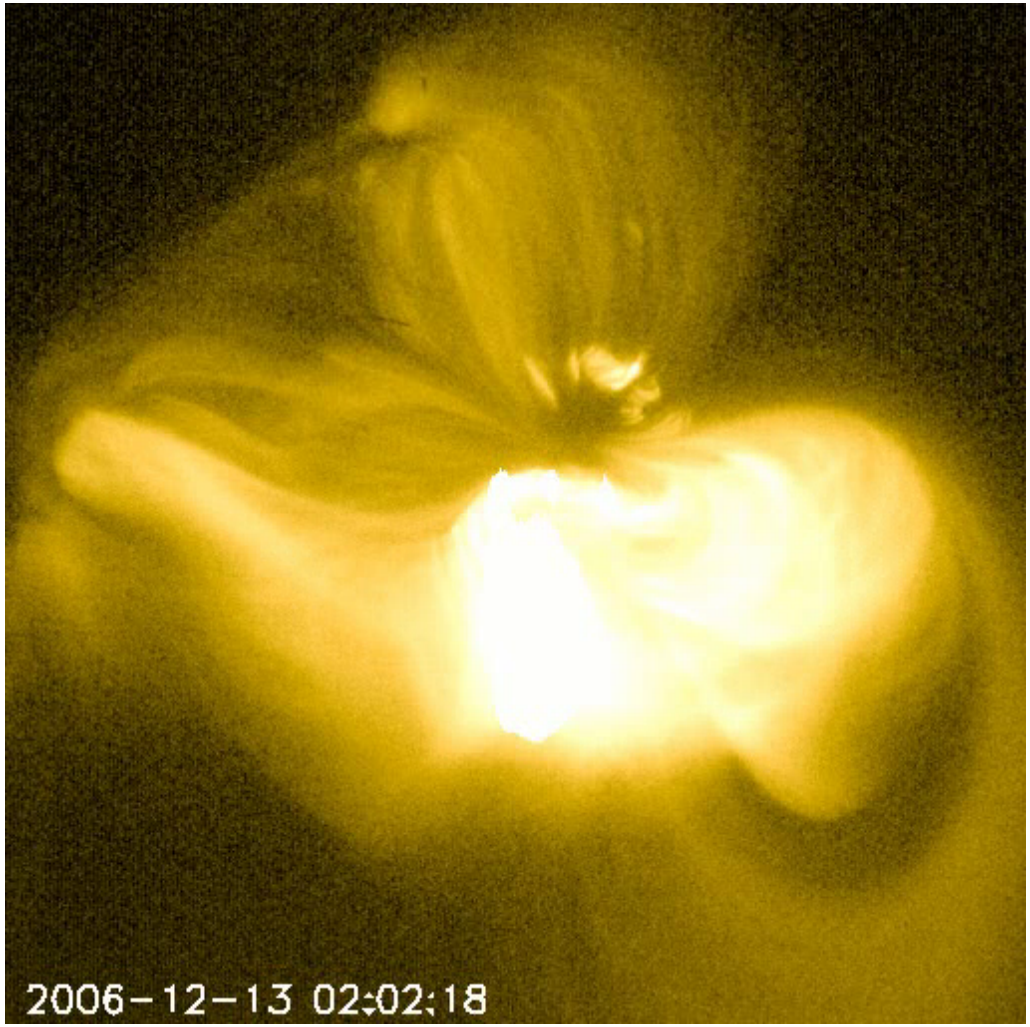
フィラメント噴出現象



NASA・2010年6月20日のフィラメント噴出

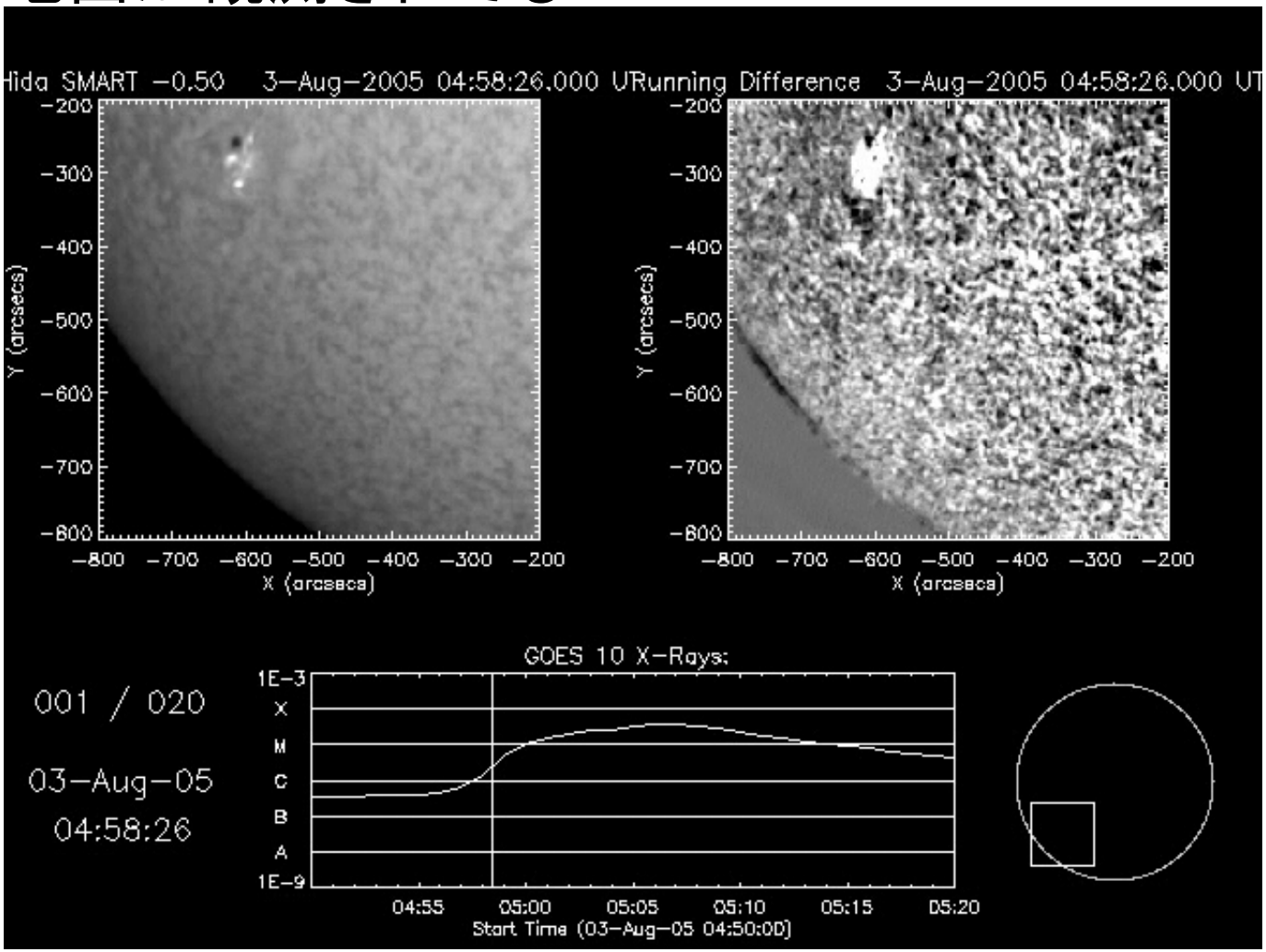
太陽フレアに付随する衝撃波の観測

- 激しいエネルギー解放により、衝撃波が発生
- コロナ中を伝播
- X線やHα線などで波動現象として観測される



飛騨SMART望遠鏡による
モートン波観測

- コロナを伝播する衝撃波と下層大気である彩層との接地面が観測されてる

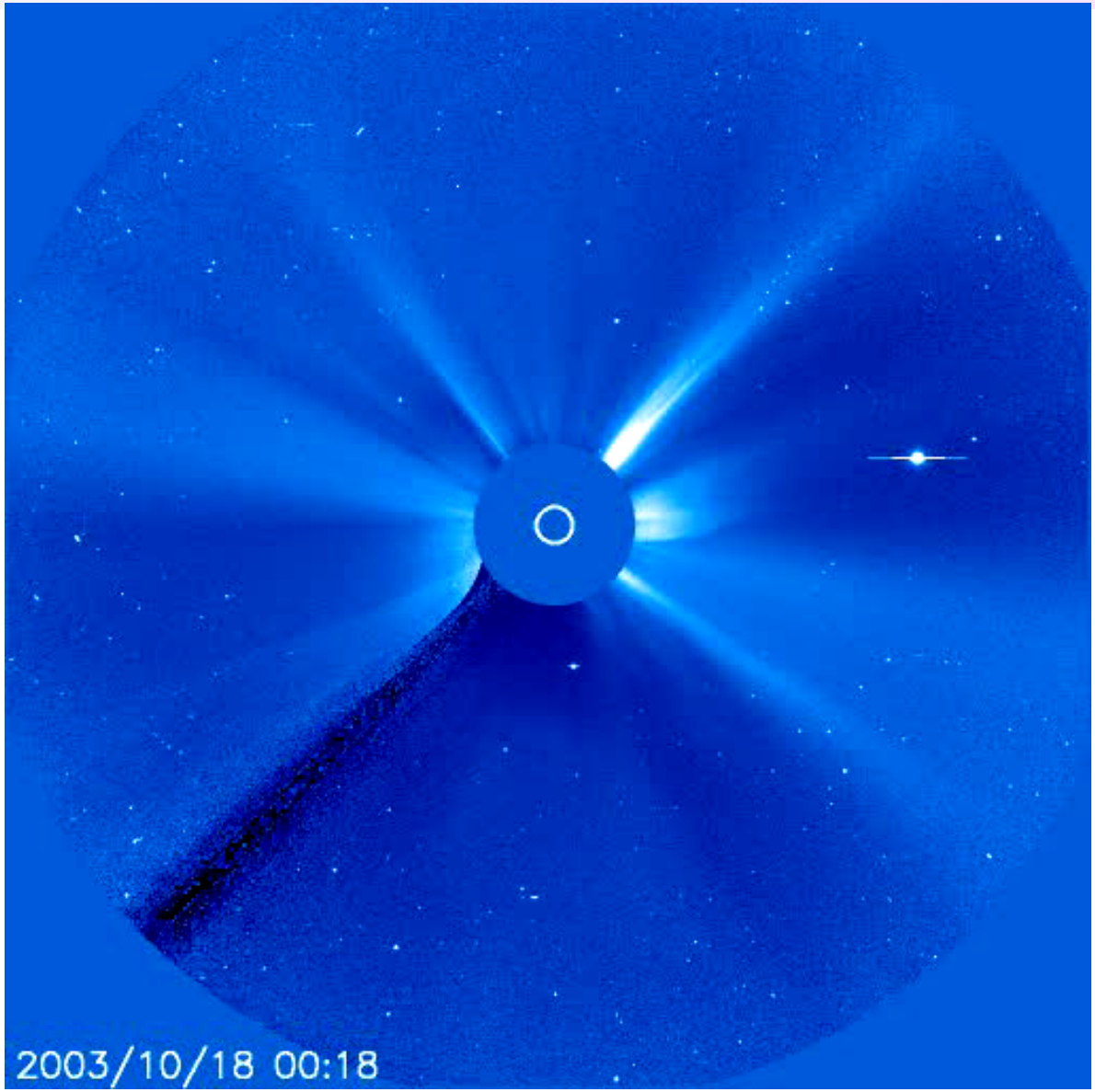


太陽フレアが起きると

- 大量の光(電磁波)が出る(フレア)
- 大量のプラズマ(ガス)が放出される
- 衝撃波も起きる

→宇宙空間(惑星間空間・太陽地球環境)には
どのような影響を及ぼすのか?

コロナ質量放出現象/
太陽高エネルギー粒子の発生

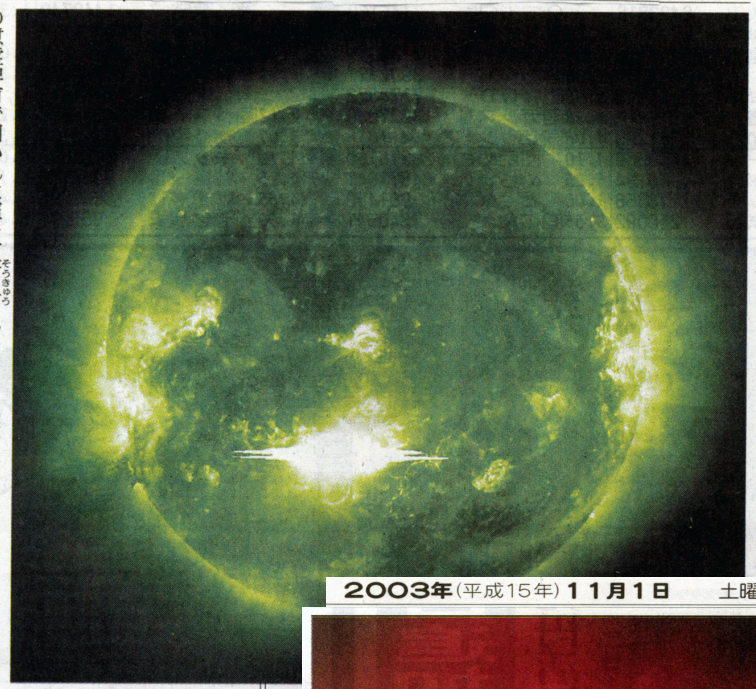


2003年10月～11月
太陽がものすごく活
発だったころの太陽
周辺の様子

SOHO(NASA/ESA)

2003年10月28日の太陽面爆発(太陽フレア)とそれによる磁気嵐

朝日新聞
2003年(平成15年)10月29日 水曜日

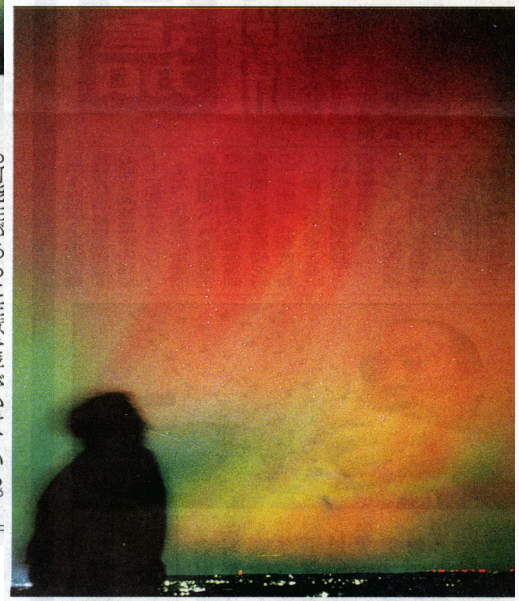


解散式があった。遺体発見後も事務局だけ日本国民救援会に残し、慰霊の旅や裁判の経過報告を続けてきたが、裁判も大詰めを迎え、14年間の活動に幕を下ろした。

堤さんが弁護団に加わった事件のうち、残っていた最後の労働裁判が9月、解決した。

競馬予想会社が3億円脱税容疑

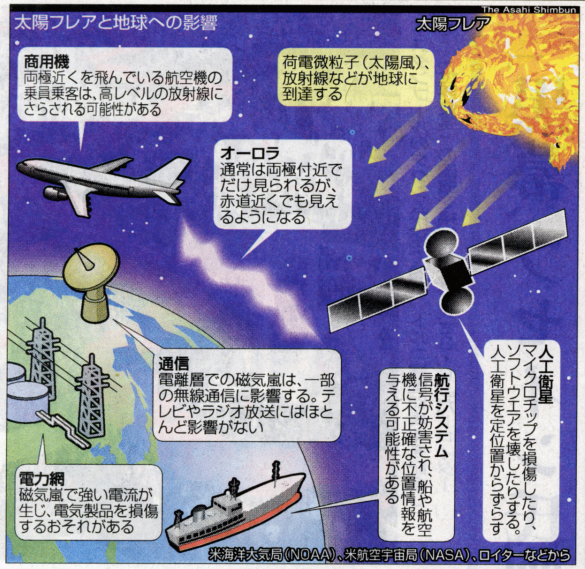
2003年(平成15年)11月1日 土曜日



オーロラ NY州でも

太陽表面での爆発（フレア）により、米ニューヨーク州ポンペイ（北緯43度）で30日夜（日本時間31日午前）、観測されたオーロラ＝写真、AP。通信総合研究所によると、日本では29日夜以降、茨城県里美村、山梨県長坂町、長野県原村など、ほぼ北緯36度以北の地域で観測。日本で広範囲に肉眼で見えたのは89年以来14年ぶり。

朝日新聞（夕刊） 2003年(平成15年)10月30日 木曜日 42235号 （日刊）



太陽の「嵐」、地球直撃

14年ぶり「大爆発」 微粒子、磁場乱

テキサスでオーロ

【ワシントン＝村山知博】米海洋大気局（NOAA）は29日、前日に太陽の表面で起きた巨大な爆発（フレア）のあおりで、高速で飛んできた大量の荷電微粒子の「嵐」が地球を直撃したと発表した。「嵐」は14年ぶりとなる最大級規模。低緯度地域でもオーロラが観測されたほか、地球の磁場が乱されて起こる「磁気嵐」で一部の航空機の無線通信などに障害が出た。

今回のフレアに伴って、電気を帯びた微粒子が時速800万キロの猛スピードで飛散。約19時間後の米東部時間29日午前1時すぎ（日本時間同日午後3時すぎ）、太陽から1億5千万キロの距離にある地球に到達した。

カナダでは北緯57度以上の高緯度域を飛ぶ航空機と通信の一部に障害が出たが、飛行に支障はなかった。NOAAによると、北緯32度のテキサス州エルパソでもオーロラが観測された。北海道十勝支庁陸別町の銀河の森天文台（北緯43・5度）では29日夜、うっすらとしたオーロラが見え、高感度フィルムの長時間露光で薄い赤色が撮影された。オーストラリアの南緯32度付近でも30日未明に「乳白色の光」のオーロラが観測された。

オーロラは荷電微粒子が大気と衝突する現象。通常だと両極付近で見られるため、オーロラは見られない。

米航空宇宙局（NASA）によると、地上約400キロ上空の軌道を飛ぶ国際宇宙ステーション（ISS）は20分間ほど飛行し、ステーションの場所に避難した。影響はない。

一方、米北極極大期に磁場が爆発するのがフレアやX線や荷電粒子宇宙空間に放出される。荷電微粒子

キーワード

太陽の活動 太陽はほぼ11年周期で激しく活動する極大期を繰り返している。今回の極大期のピークは3年前だったが、先週ごろから急に活発化した。

朝日新聞 夕刊
© 朝日新聞社 2003年
発行所 〒104-8011 東京都中央区築地5丁目3番2号
朝日新聞東京本社
電話 03-3545-0131

越の寒中梅
新潟銘醸株式会社 新潟県小千谷市東栄1-8-39
TEL0258(83)2025
http://www.sake-no-choja.com

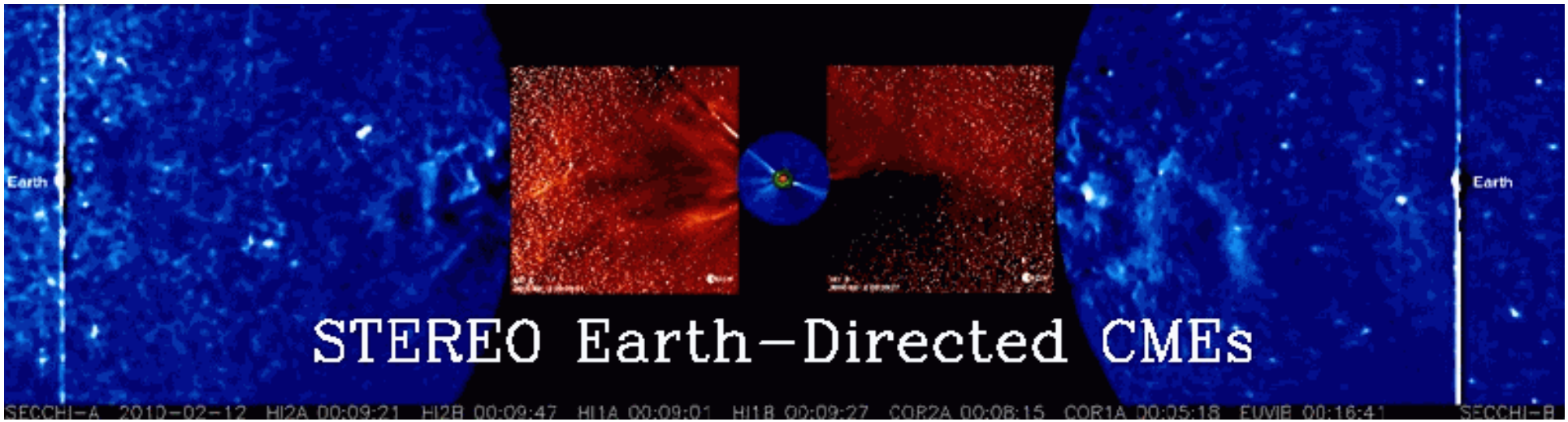
人生凝視の作を撮り続けた小津安二郎生誕100年のNY上映会に静かな人気と関心（文化面）。

「いつまでも若いもんの邪魔しとることはない」（「麦秋」）

「欲言や切りゃにゃが、まァええ方じゃよ」（「東京物語」）

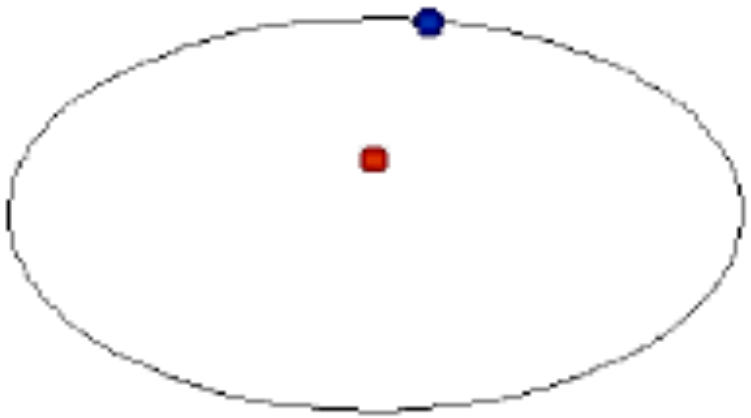
太陽活動の地球への影響

- 太陽表面で太陽フレアや質量放出現象が起きると…



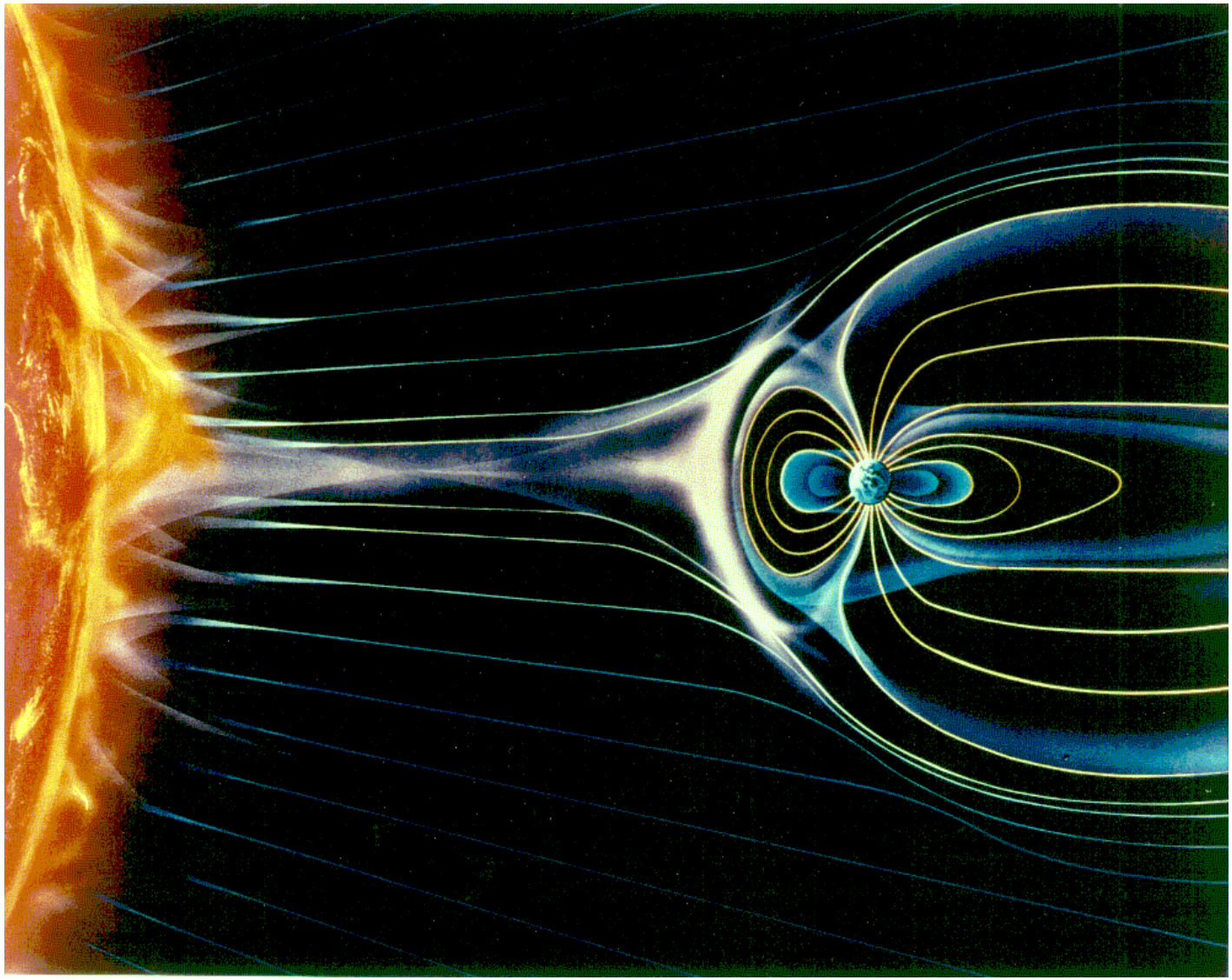
惑星間空間でのコロナ質量放出現象

- 観測データに基づくコロナ質量放出の惑星間空間での振る舞い
- 赤-太陽
- 青-地球

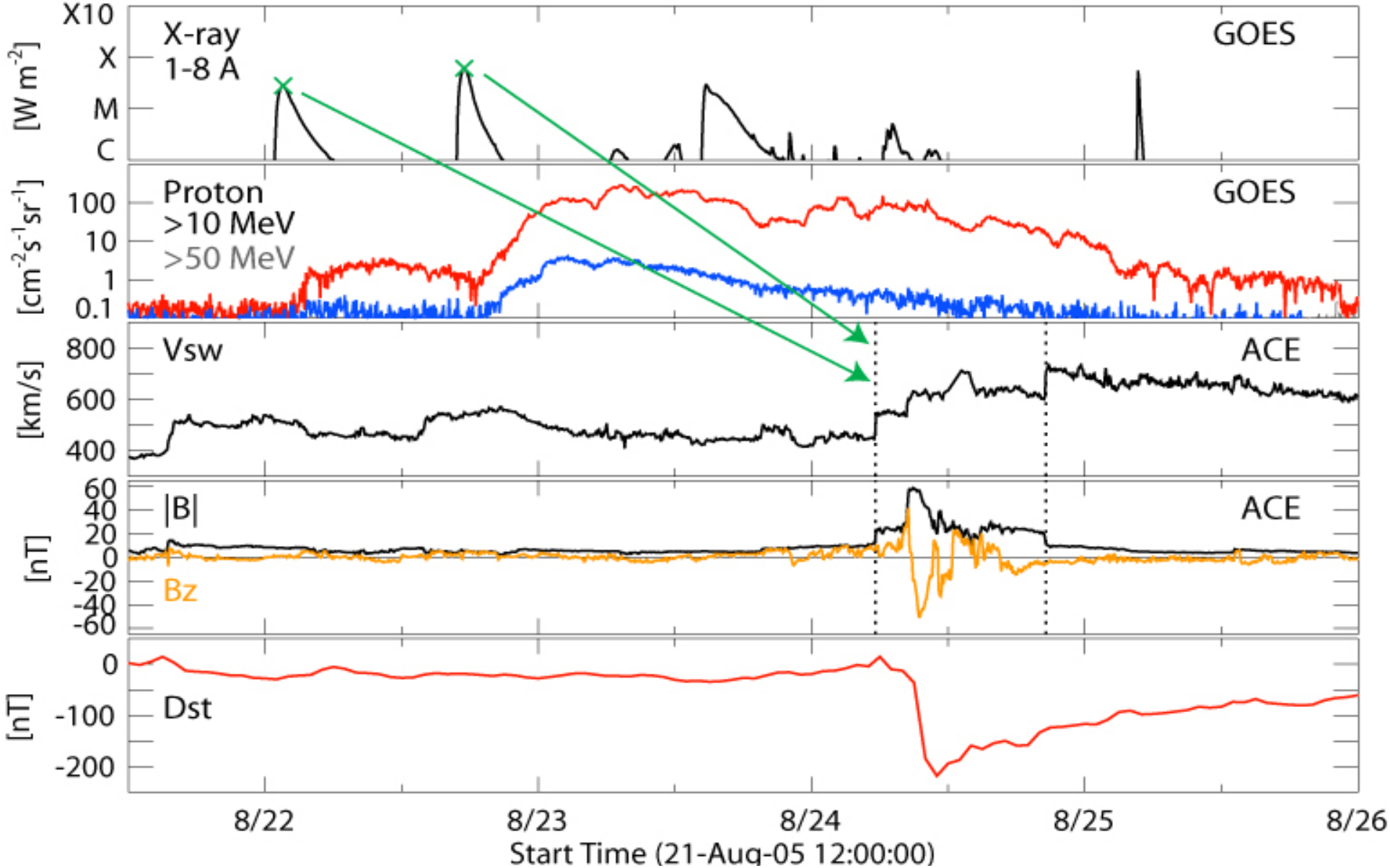


米国・Jackson博士による

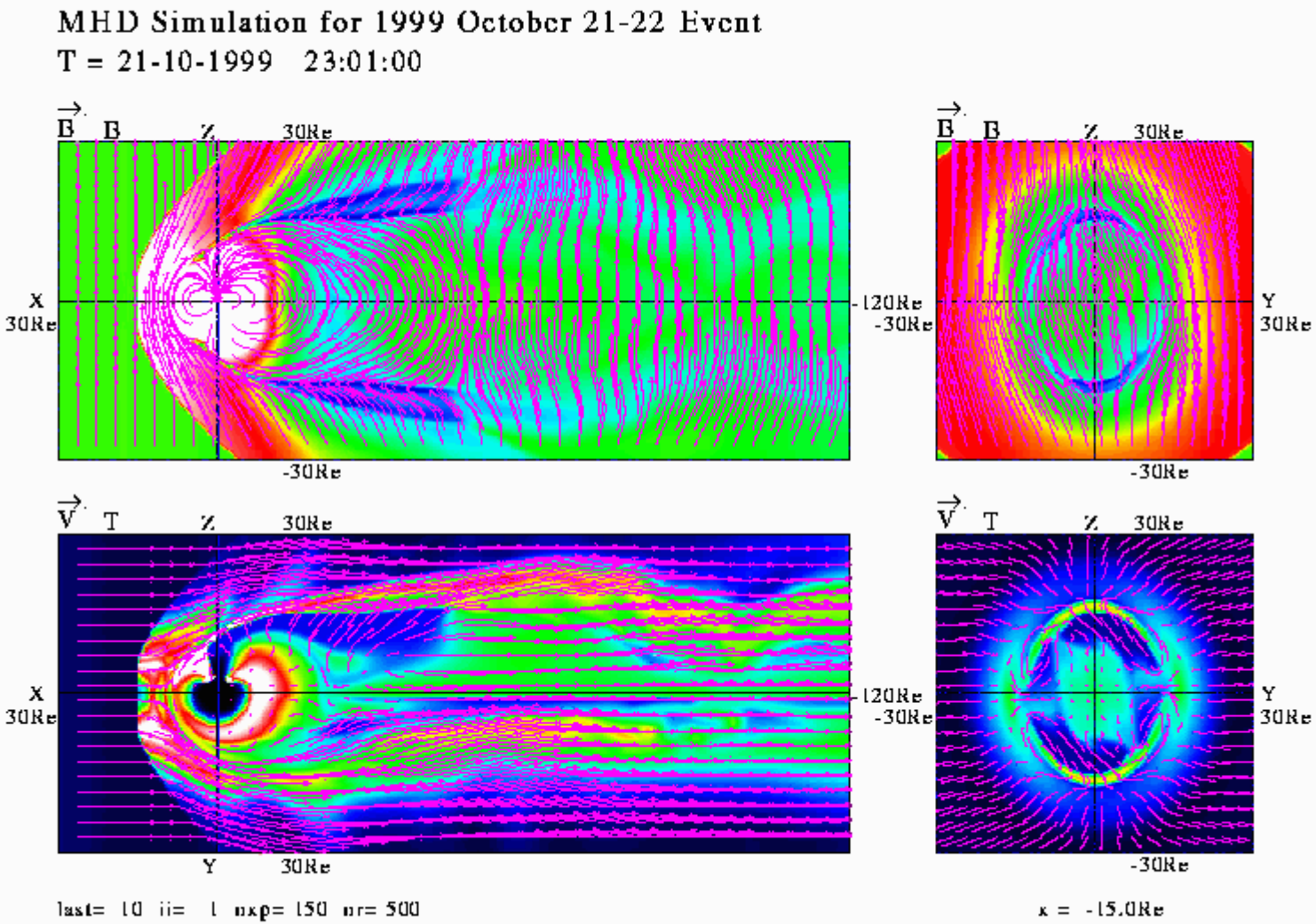
地球磁気圏-磁気のバリア



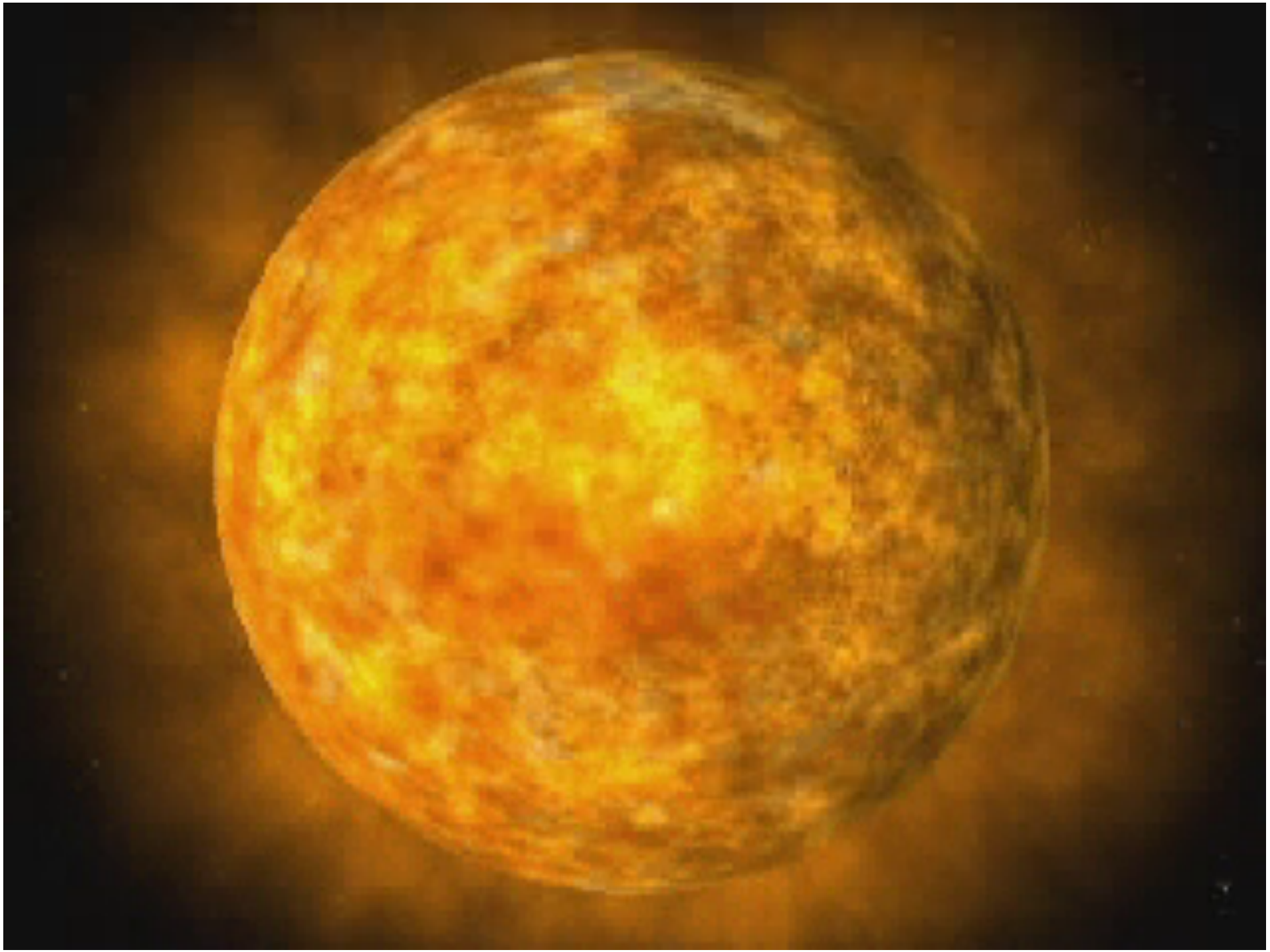
フレアが磁気嵐を引き起こすまで



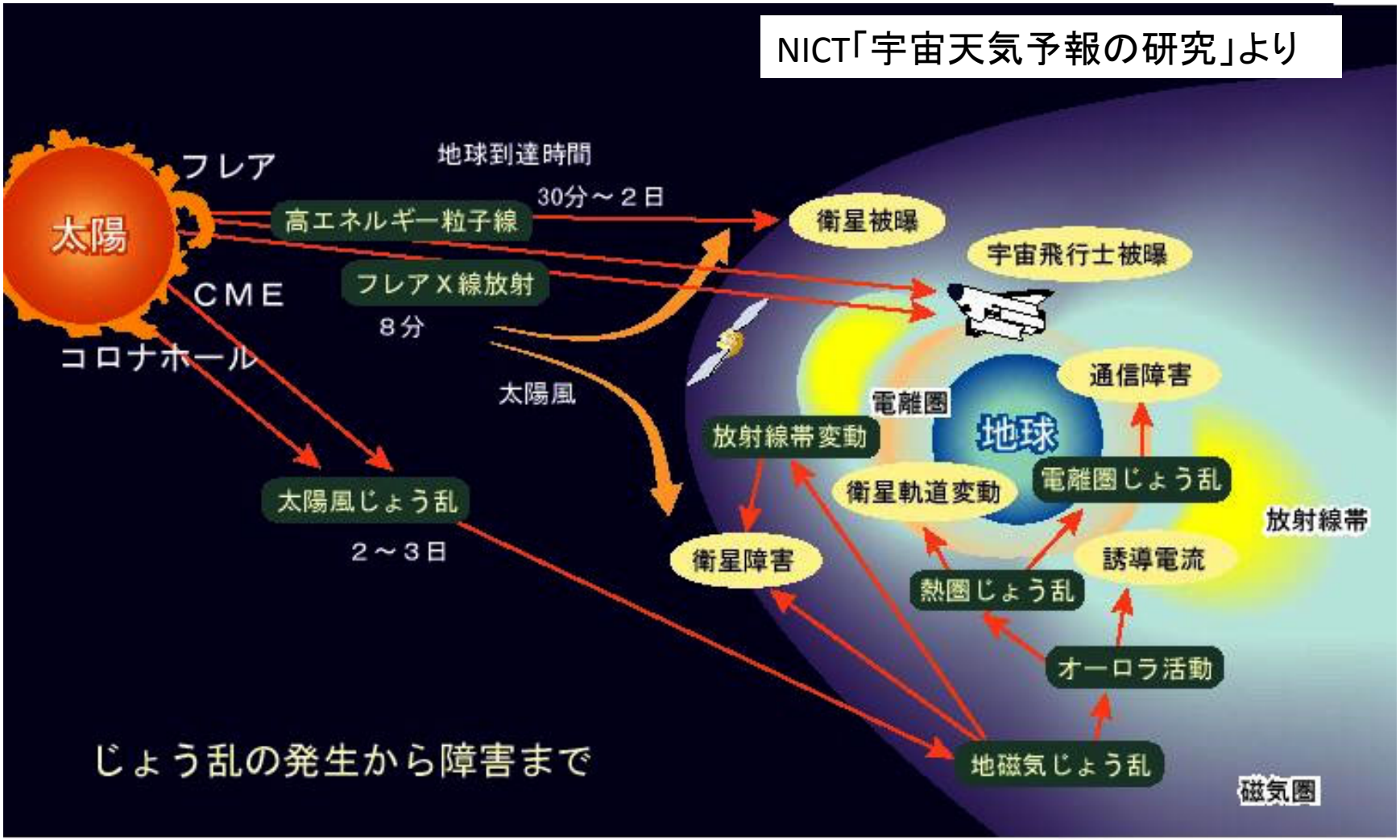
惑星間空間擾乱による地磁気の変動



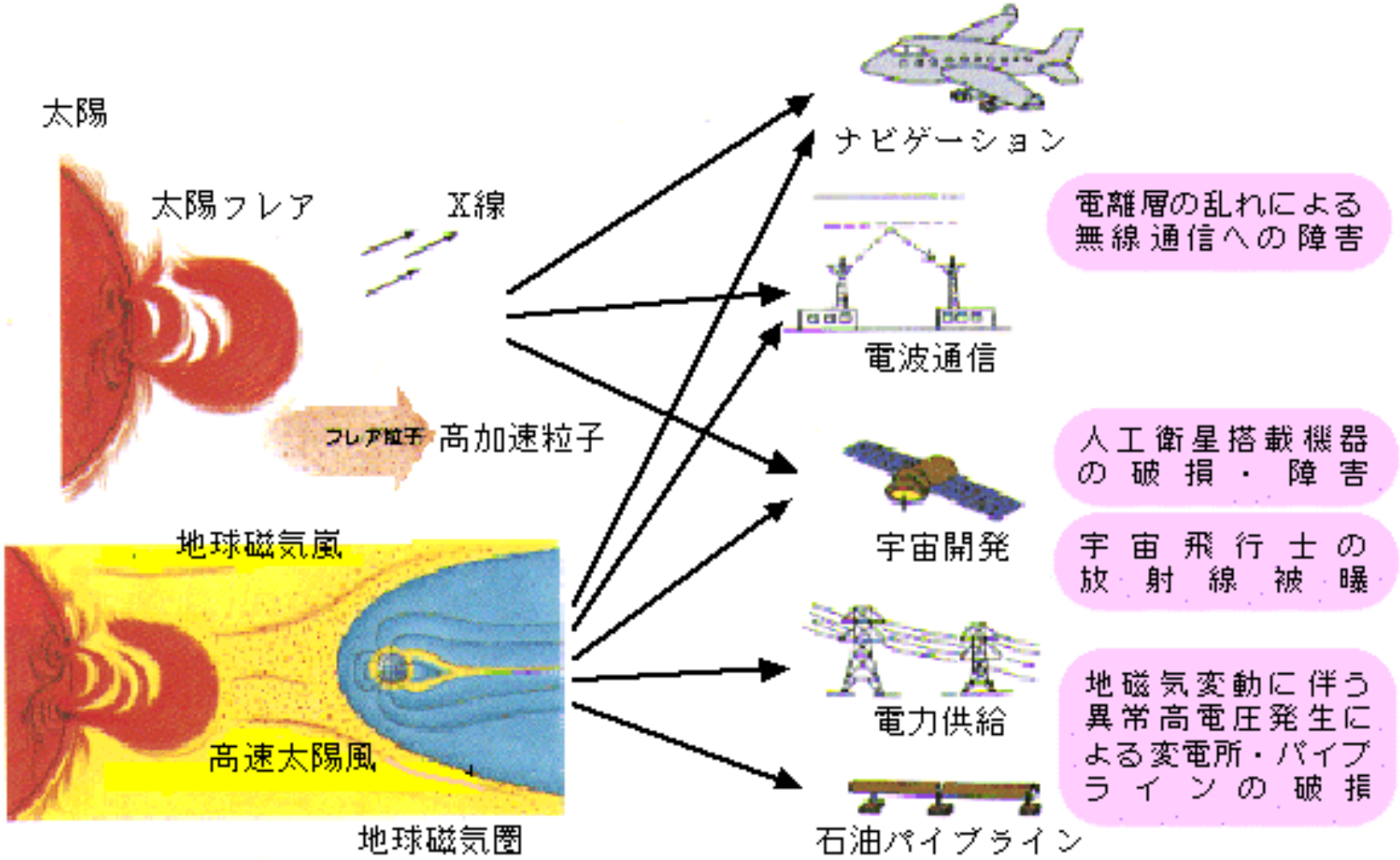
名古屋大学
荻野さんより



太陽活動の地球への影響



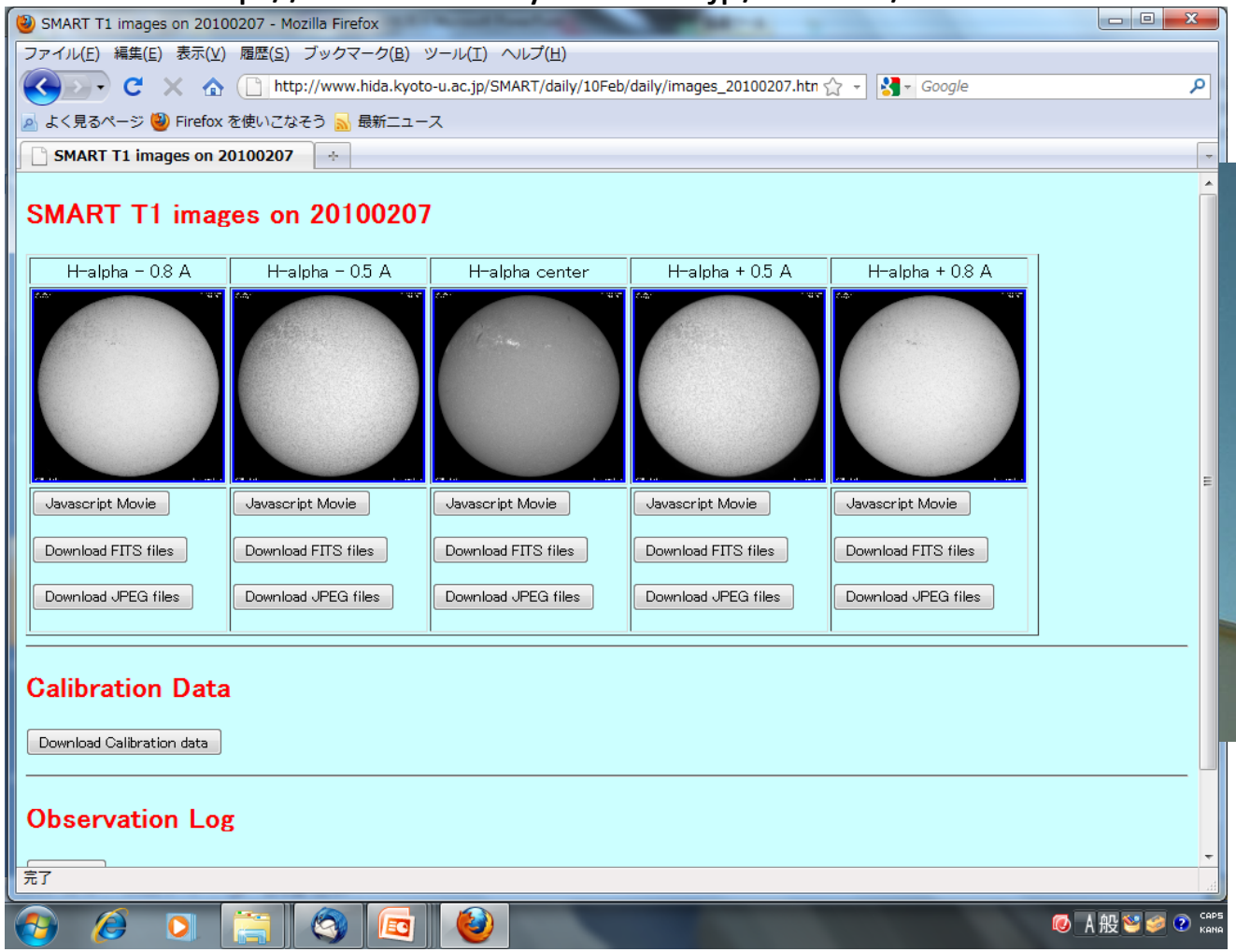
太陽の活動は現代の情報化・ＩＴ化した文明社会に多大な影響を与えます。



太陽面爆発現象のメカニズムの解明、太陽活動(宇宙天気)を予測する観測技術の開発、太陽活動を生み出す内部メカニズムの解明、が国際的な急務となっています。

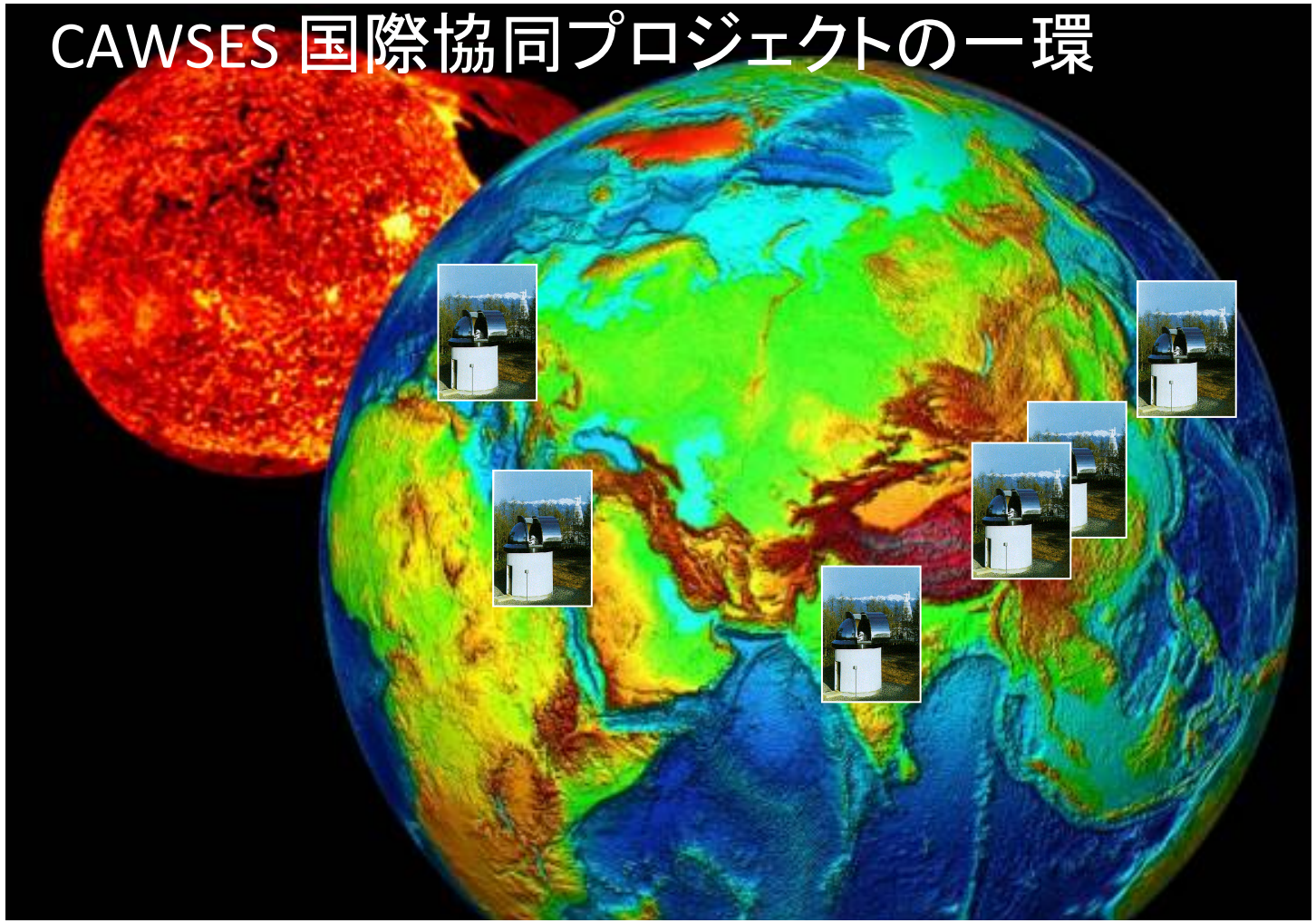
太陽をモニターする

- 飛騨天文台・SMART望遠鏡
  http://www.hida.kyoto-u.ac.jp/SMART/



CHAINプロジェクトの推進

CHAIN (Continuous H Alpha Imaging Network)

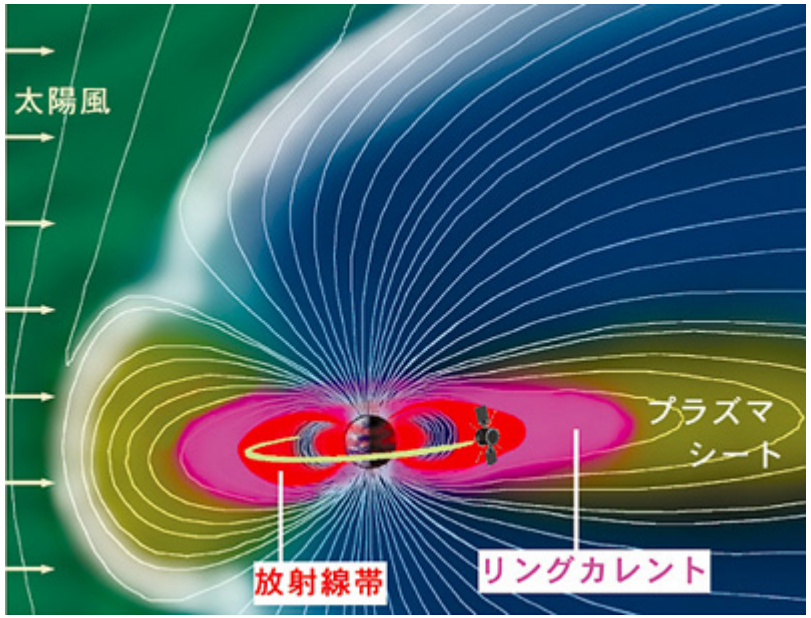


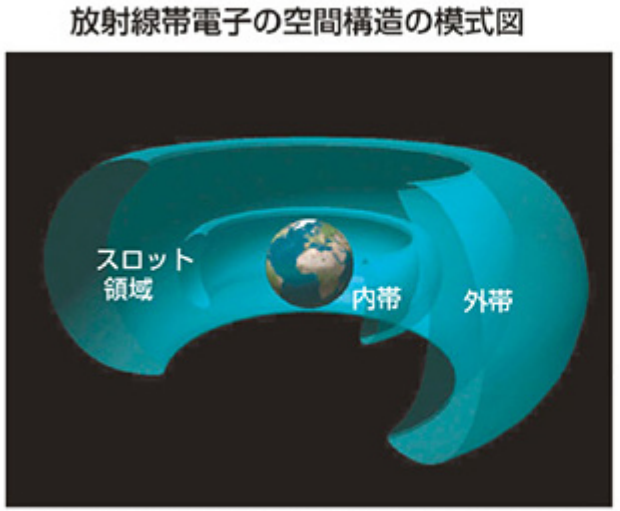
国際協力により太陽の24時間連続観測を目指す

数値的に再現する

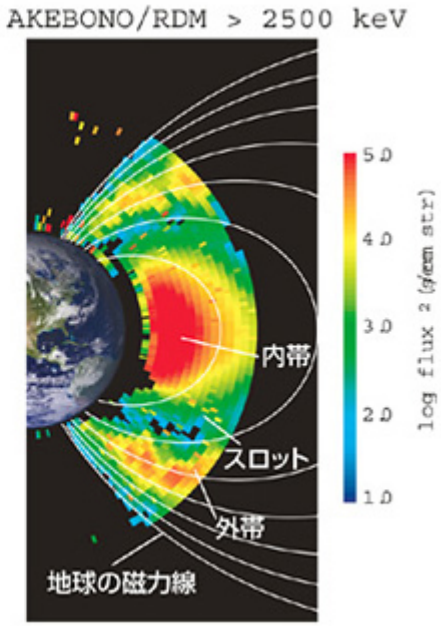
地球周辺の高エネルギー粒子(放射線)

- 太陽フレアに起因して飛来する
- 地球を取り囲む「放射線帯」=高エネルギー粒子のたまり場にあるもの





Courtesy of Windows to the Universe, http://www.windows.ucar.edu



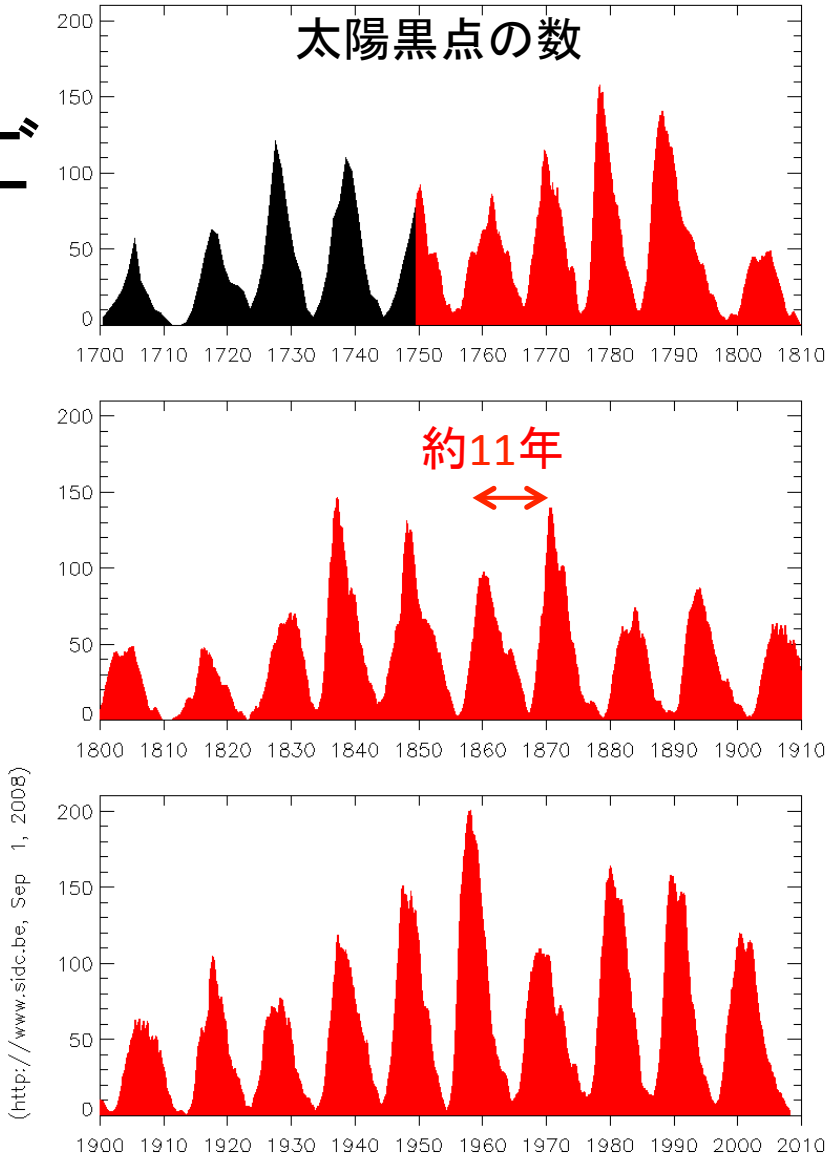
名古屋大学三好さんより

- 太陽系外(銀河系中心)から飛来するもの

太陽活動周期

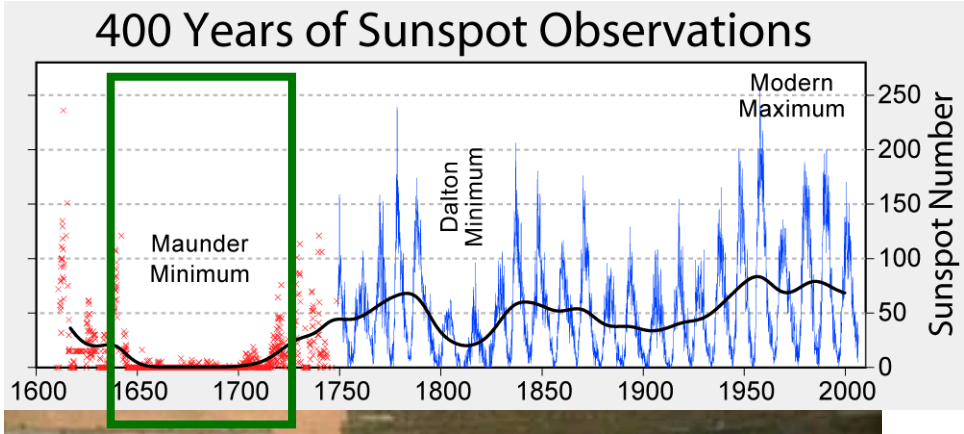
- 太陽黒点の数が約11年ごとに増減を繰り返す
- 太陽フレアなど活動現象の数も同じように変化

→太陽活動周期

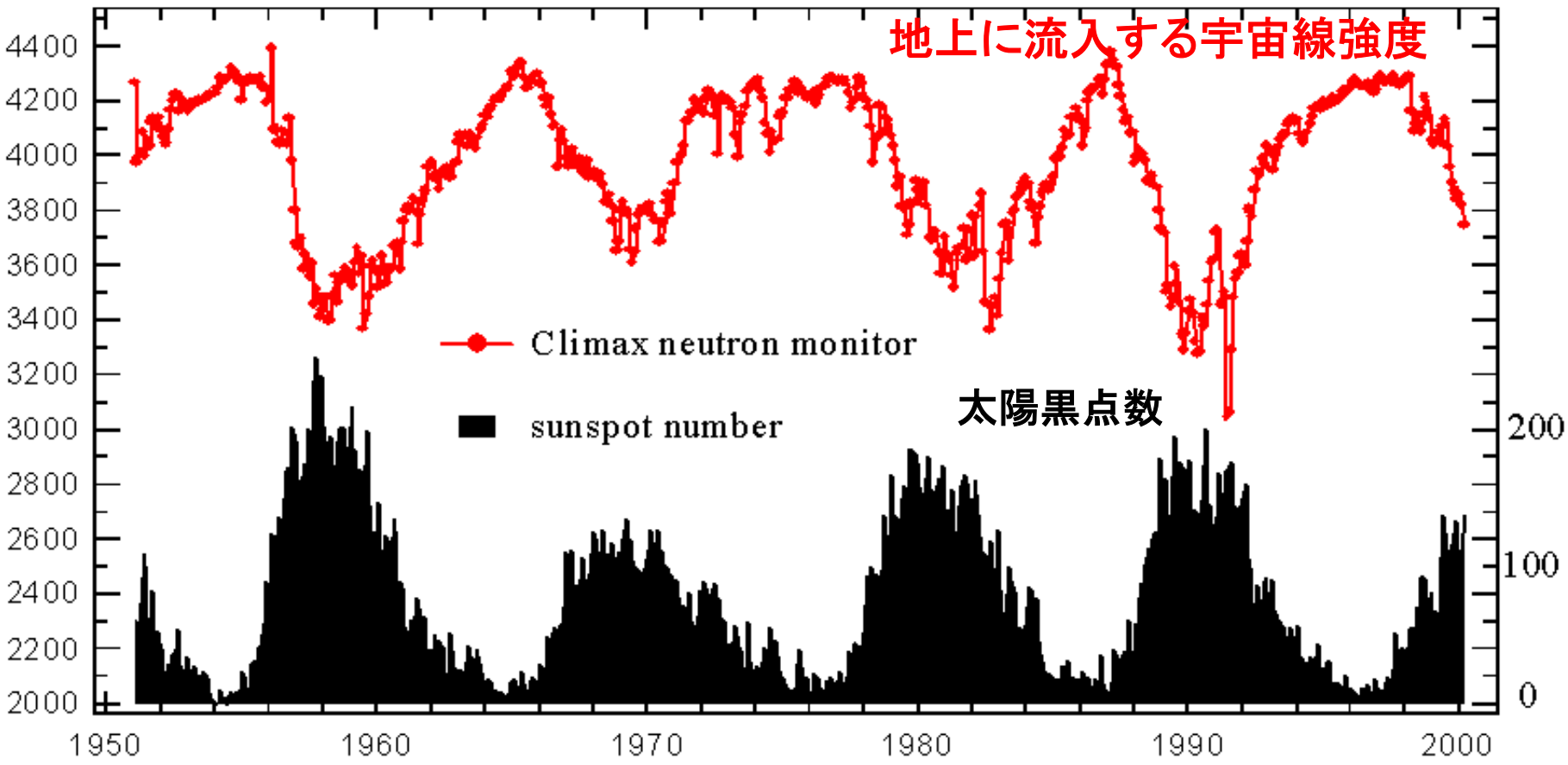


太陽活動の地球気候への影響

- 1645~1715年頃にかけて、太陽活動が極端に少ない磁気が続いた(マウンダー極小期)
- マウンダー極小期の太陽活動低下は、全世界的な寒冷化を引き起こしたと考えられている(ミニ氷河期)



イギリスのテムズ川が凍った様子

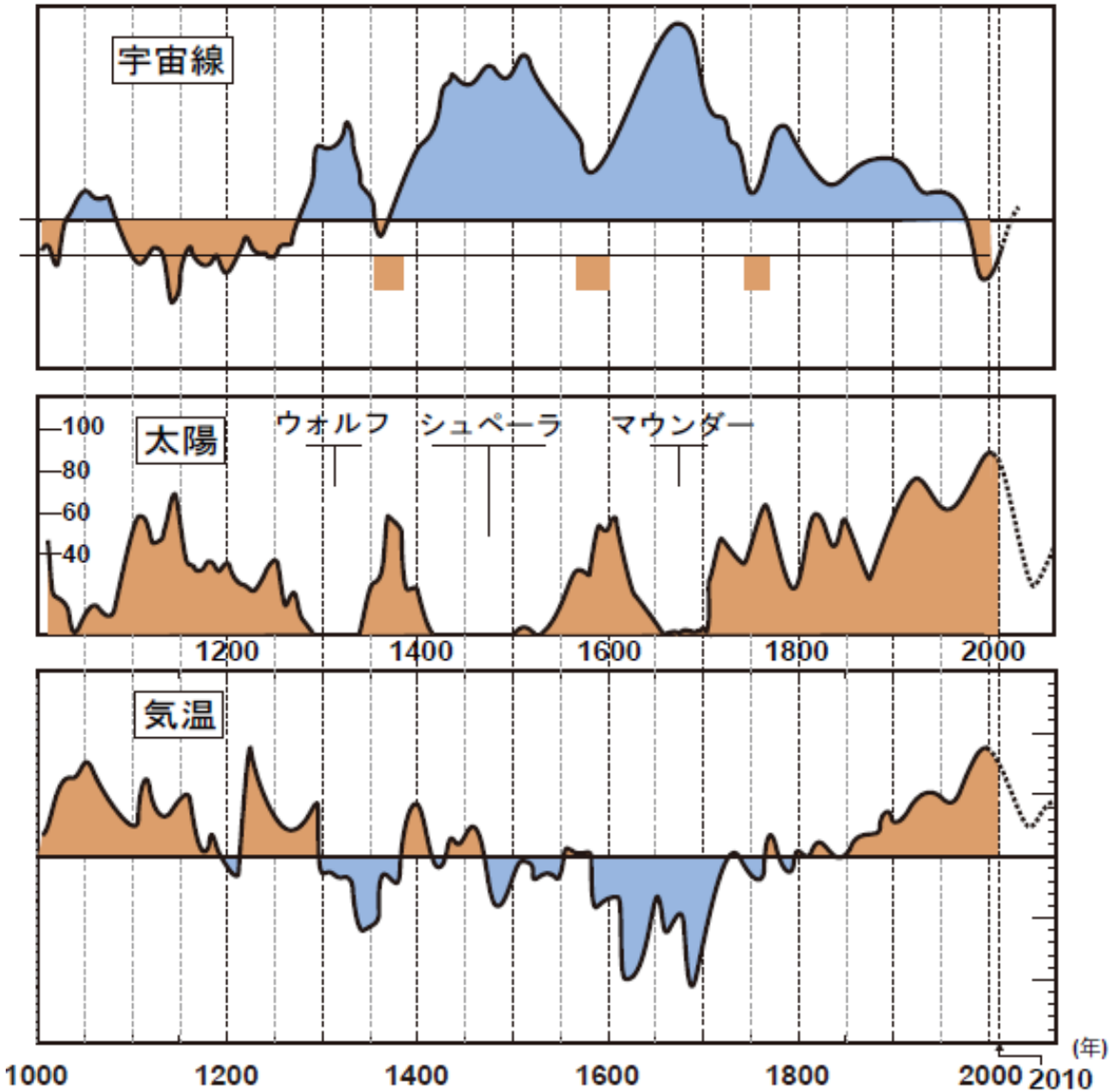


外から侵入した宇宙線粒子は太陽風によって運ばれる乱流によって散乱され外に押し流されている 。

太陽活動が活発化すると乱流レベルが上昇し、宇宙線は内部に侵入し難くなる。

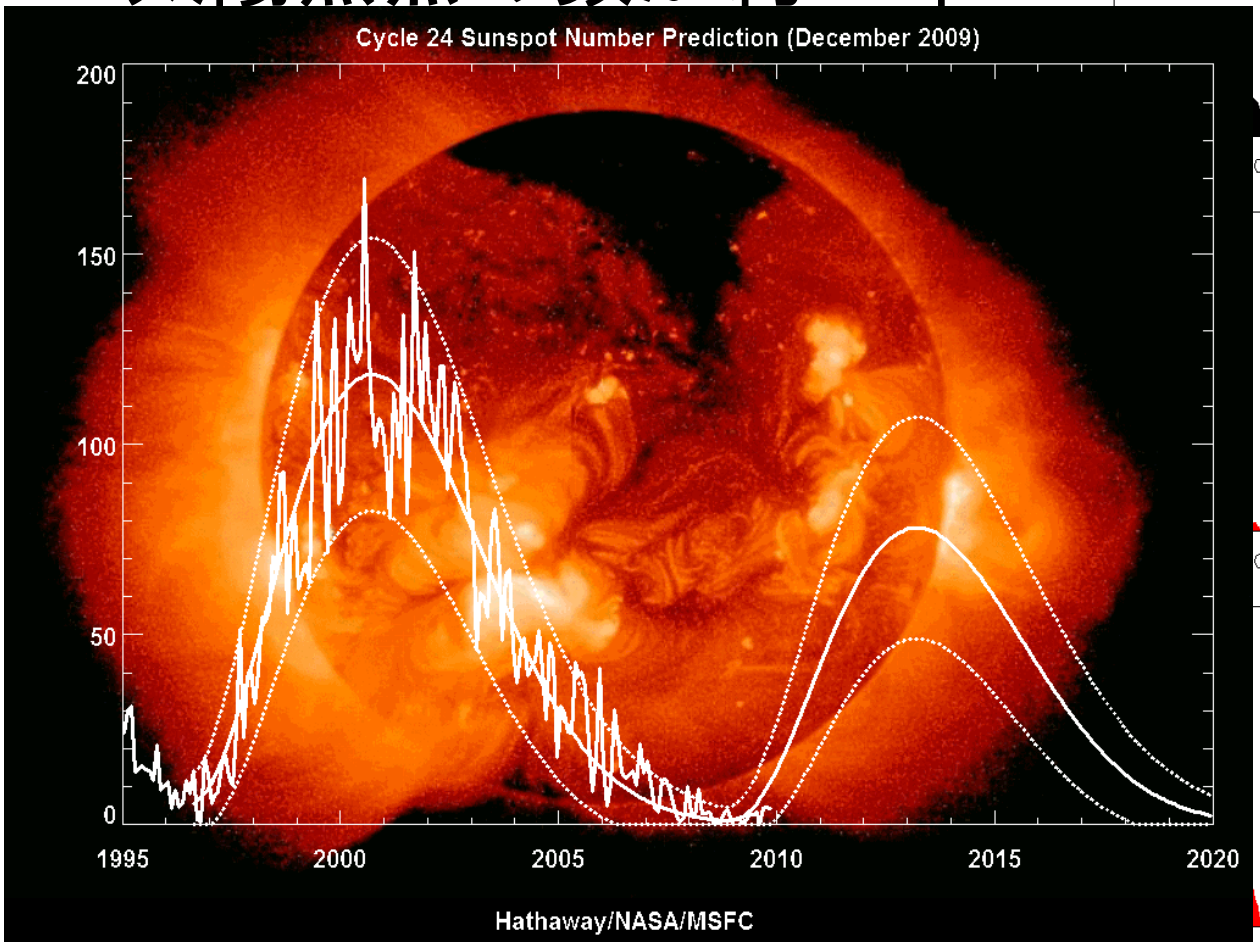
ここ1000年では?

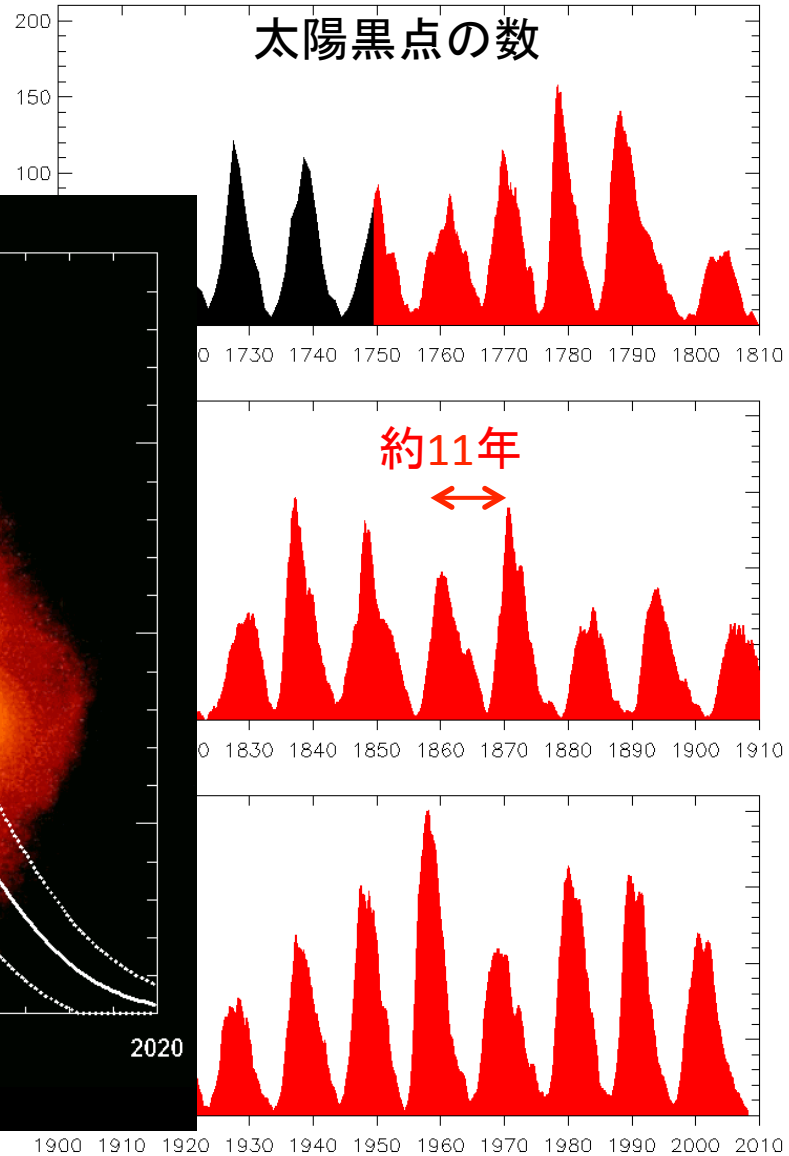
- 宇宙線(高エネルギー粒子)の量は太陽活動に逆比例
- 年輪や南極の氷に残る宇宙線の量から、過去1000年の宇宙線量を求める



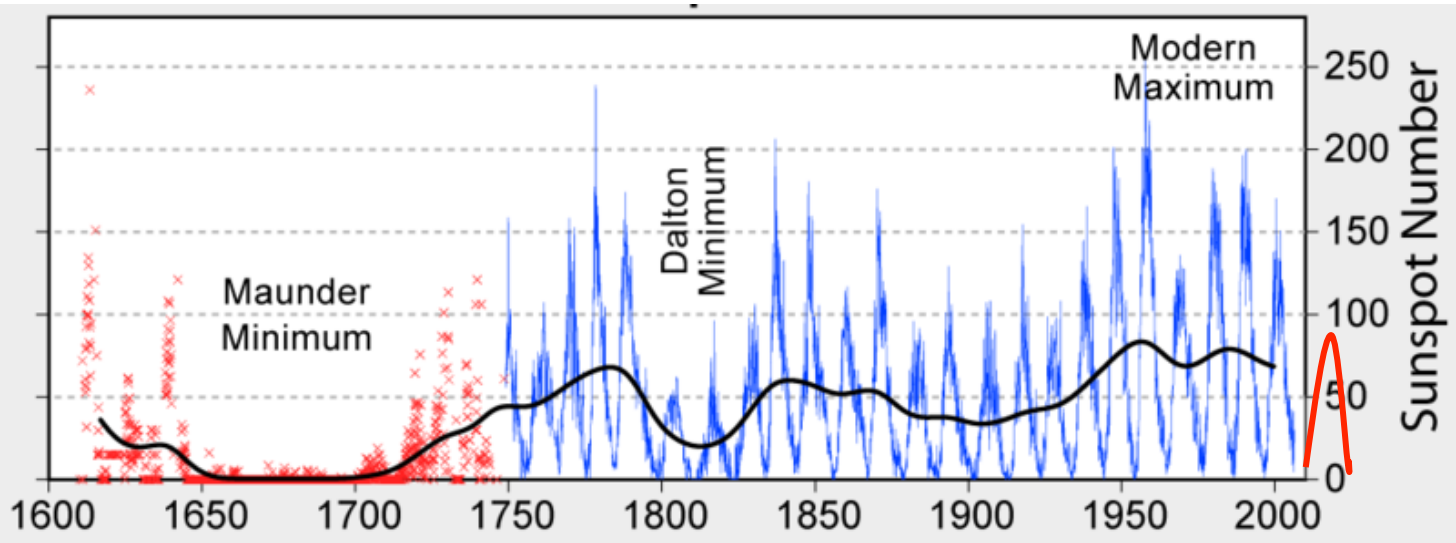
太陽活動周期

- 太陽黒点の数が約11年ご





この数年は100年に一度の異常黒点極小期

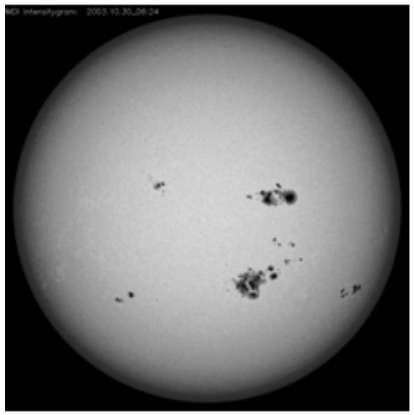


黒点数

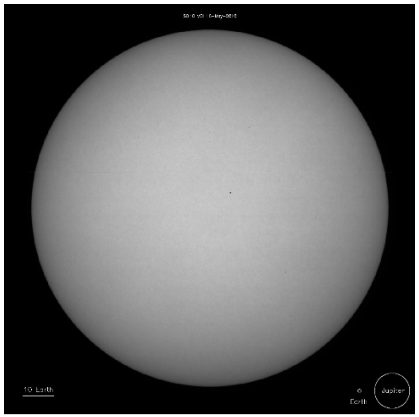
小氷期

17世紀頃、ロンドンのテムズ川は
毎年凍っていた

100年に一度の太陽・
宇宙天気研究の好機



2003年10月28日



2010年5月16日

母なる星、太陽

- 地球上の生命は、太陽からの恩恵を受けている
- 宇宙進出において、太陽の存在はますます無視できない
  - 突発的に発生する太陽面活動現象
  - 太陽地球環境への影響を支配
- 宇宙天気予報研究のさらなる推進が必要

母なる星(!?)、太陽

- 地球上の生命は、太陽からの恩恵を受けている
- 宇宙進出において、太陽の存在はますます無視できない
  - 突発的に発生する太陽面活動現象
  - 太陽地球環境への影響を支配
- 宇宙天気予報研究のさらなる推進が必要