

# 生存圏としての太陽地球環境

浅井 歩

(京都大学宇宙総合学研究ユニット)

第6回宇宙総合学研究ユニットシンポジウム

2013年2月2日@京都大学



京都大学  
KYOTO UNIVERSITY

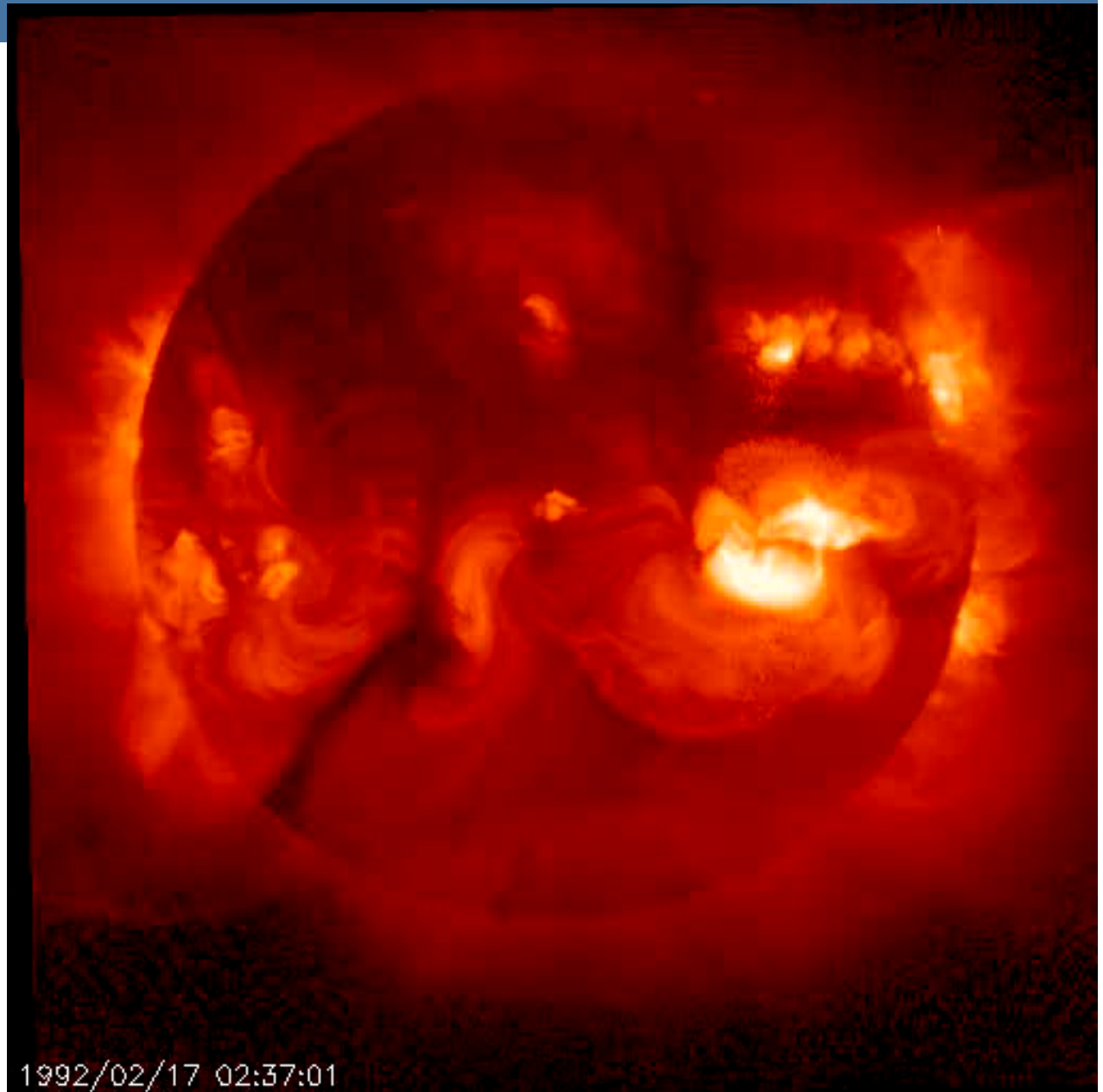


# 講演内容

- 太陽面爆発(フレア)
- 宇宙嵐と地球への影響
- 宇宙天気
- 太陽活動周期(地球気候への影響)

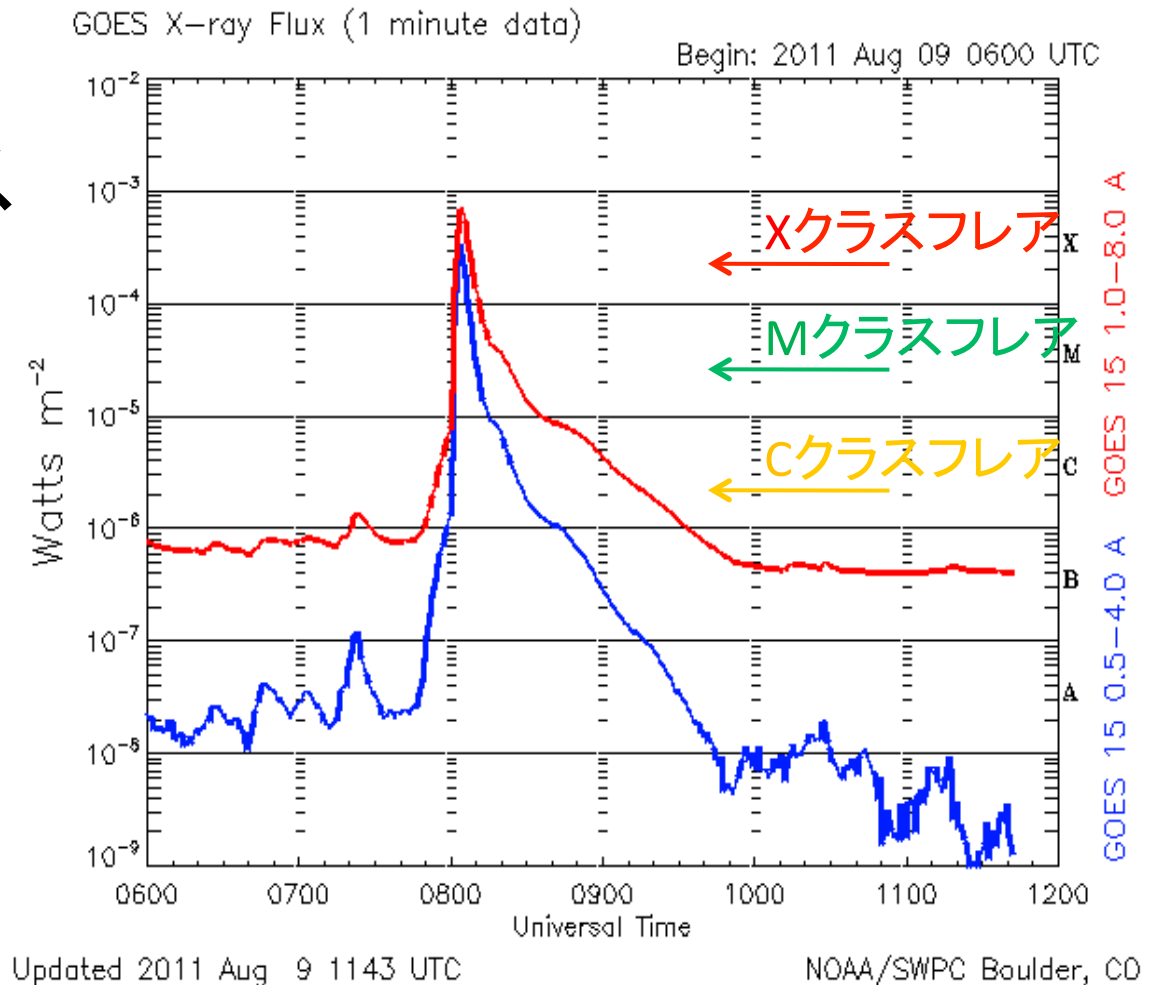
# フレアとは(X線)

- 「ようこう」  
衛星・軟X線望  
遠鏡による太  
陽全面像ムー  
ビー
- 短時間の増光  
がフレア
  - フレアはコロ  
ナで発生する  
爆発現象
- = 大量のX線が放  
出されている



# フレアとは

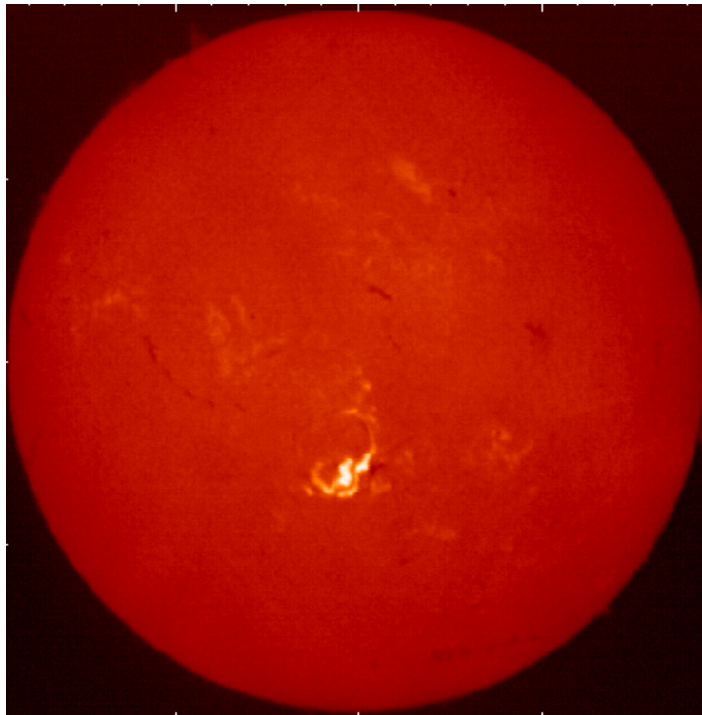
- 放射されるX線の強度によりクラス分けされている
- 巨大フレア
  - Xクラスフレア
- 中規模フレア
  - Mクラスフレア
- 小規模フレア
  - Cクラスフレア



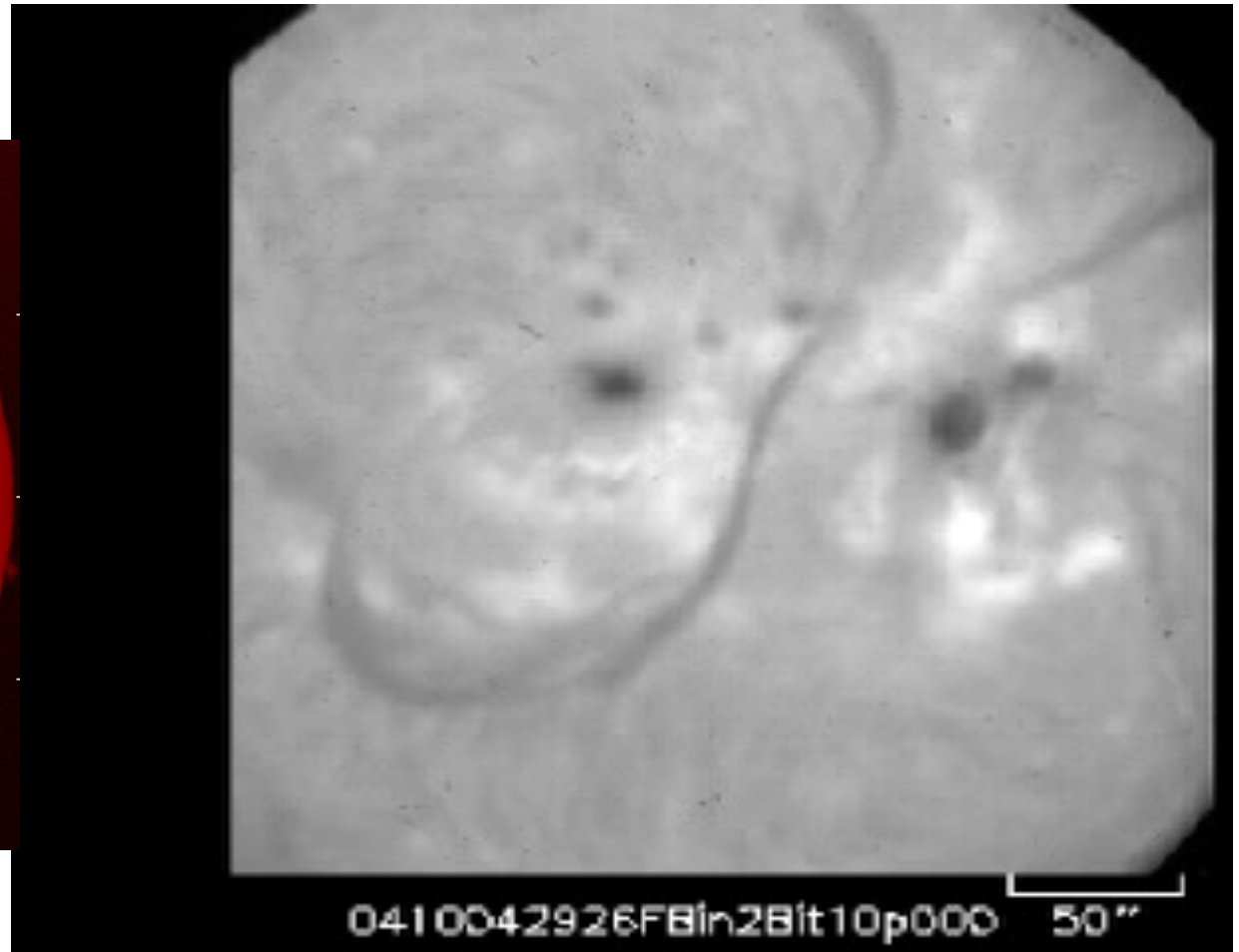


# フレアとは(H $\alpha$ 線)

- 飛騨天文台で撮影された、2001年4月10日の巨大フレアのH $\alpha$ 線ムービー



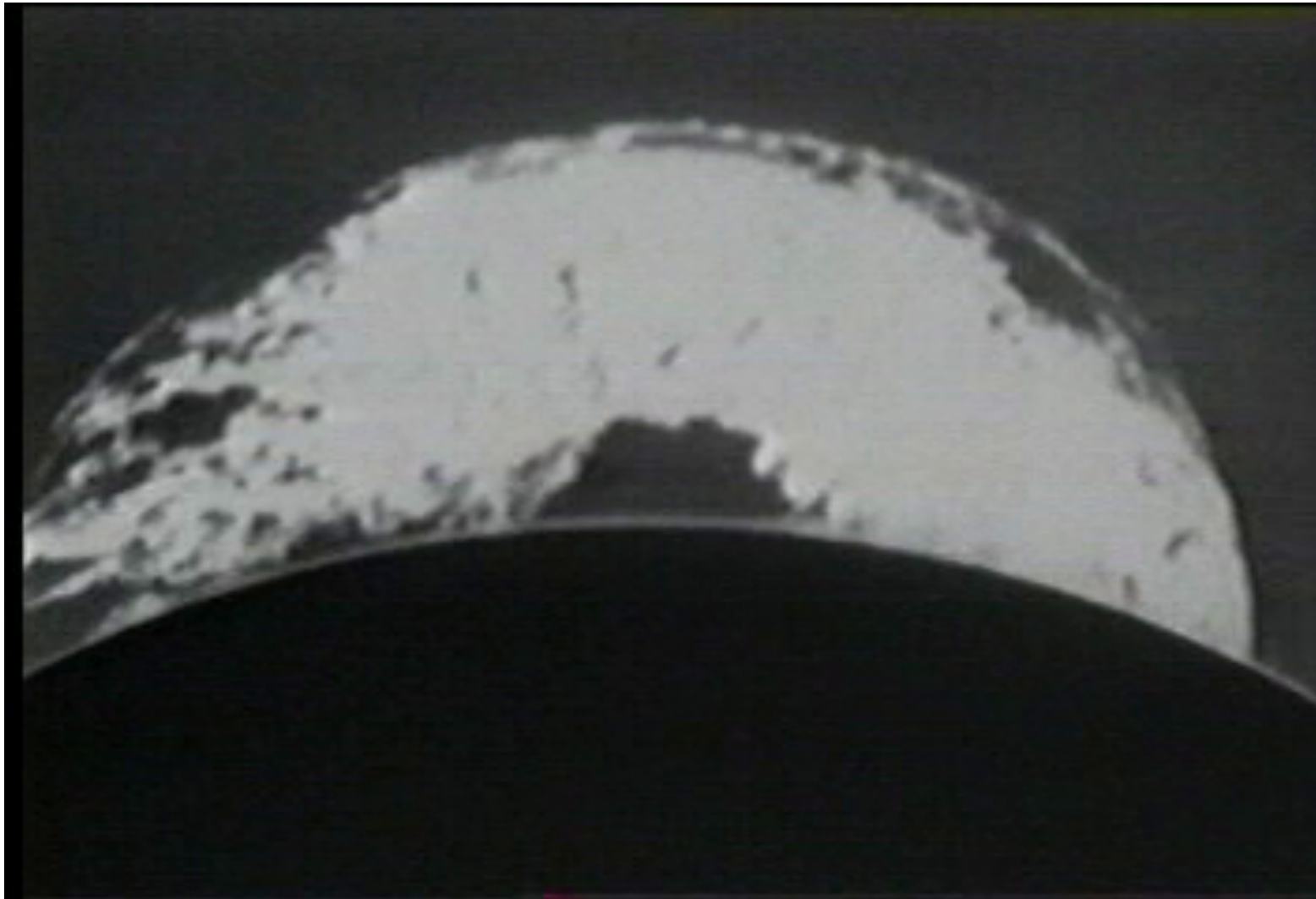
太陽H $\alpha$ 線全面画像  
(飛騨天文台FMT)



フレアのH $\alpha$ 線ムービー(飛騨天文台DST)

# フレアに伴う噴出現象

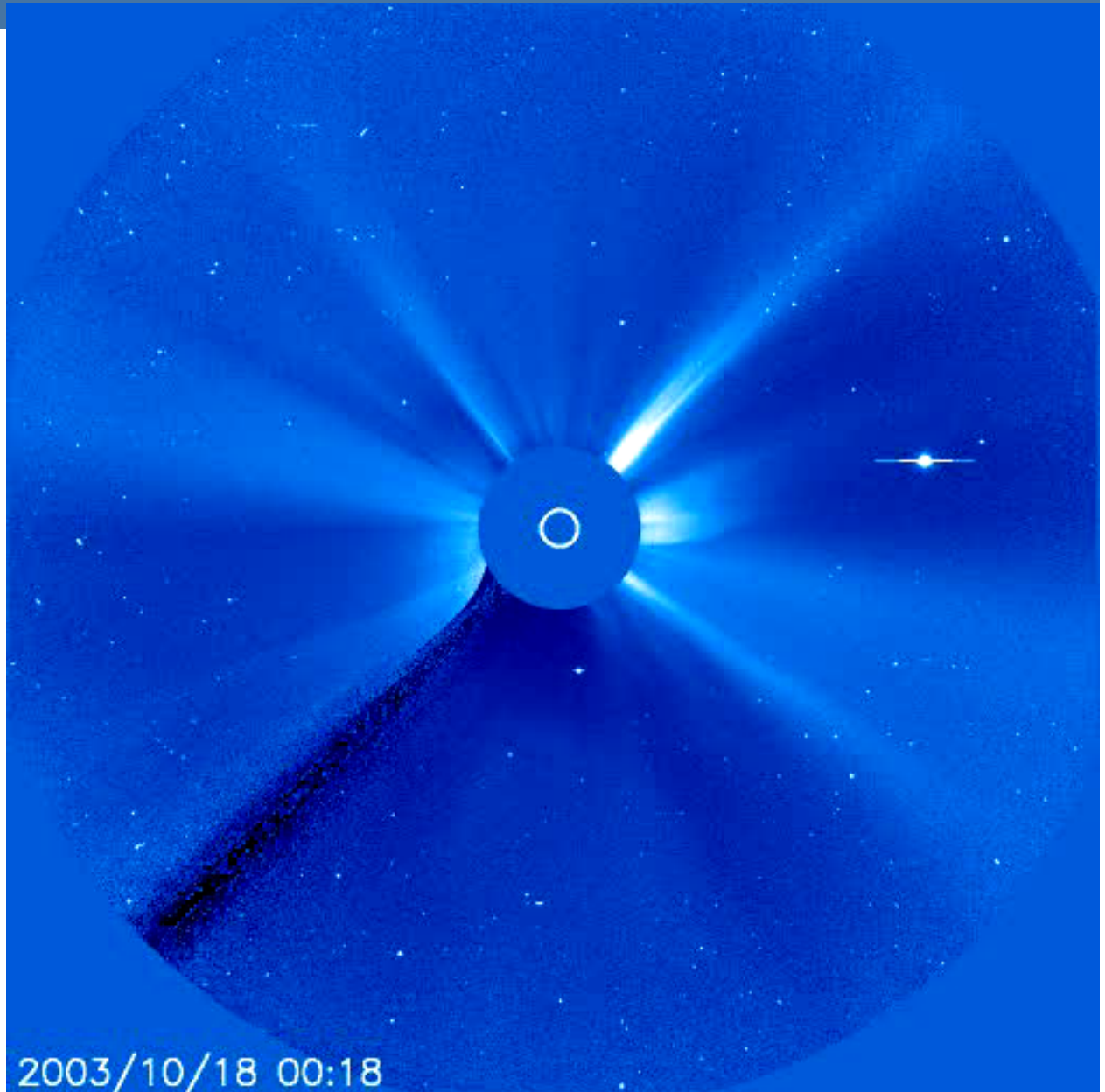
- 1946年6月4日に発生した観測史上最大のプロミネンス噴出現象(米国・HAO観測所でのH $\alpha$ 線観測)



# コロナ質量放出(CME)

- 太陽からの猛烈な風
- 大量のプラズマ(電気を帯びたガス)が放出される

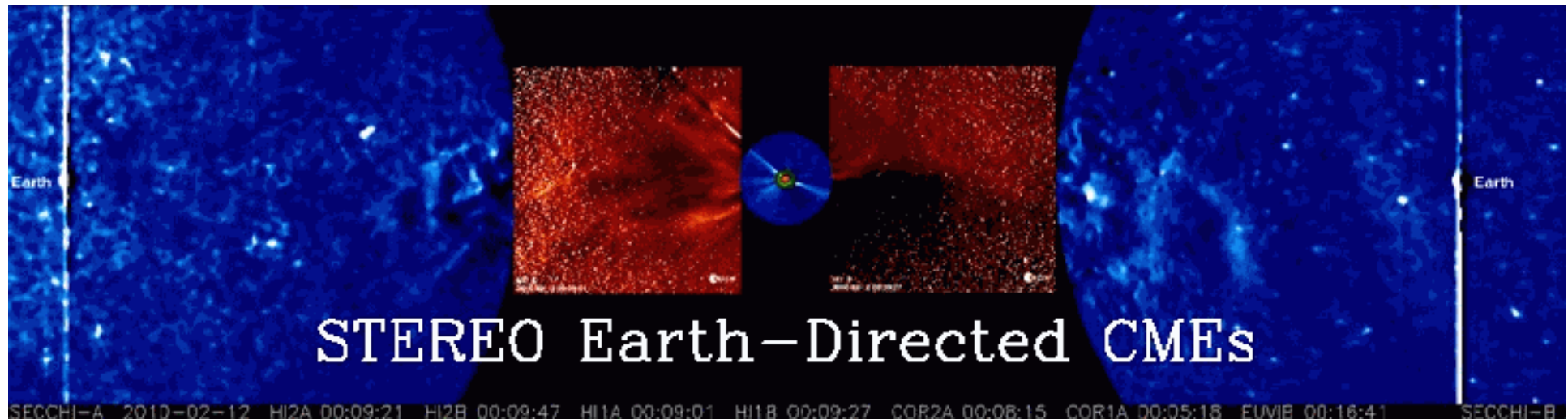
SOHO衛星LASCO  
(NASA/ESA)



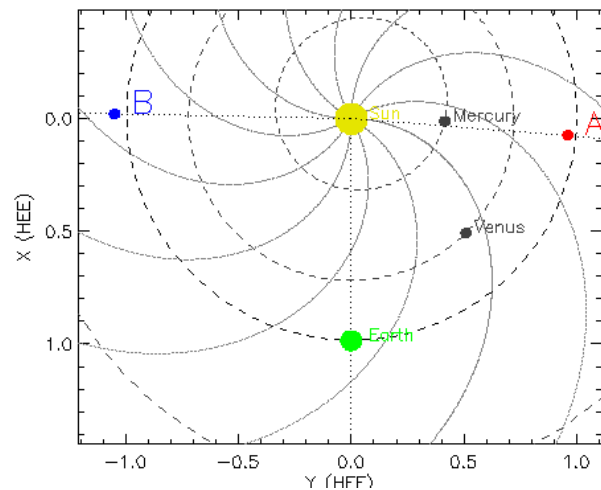
2003/10/18 00:18

# 太陽嵐の地球への影響

- 太陽嵐に襲われる地球…



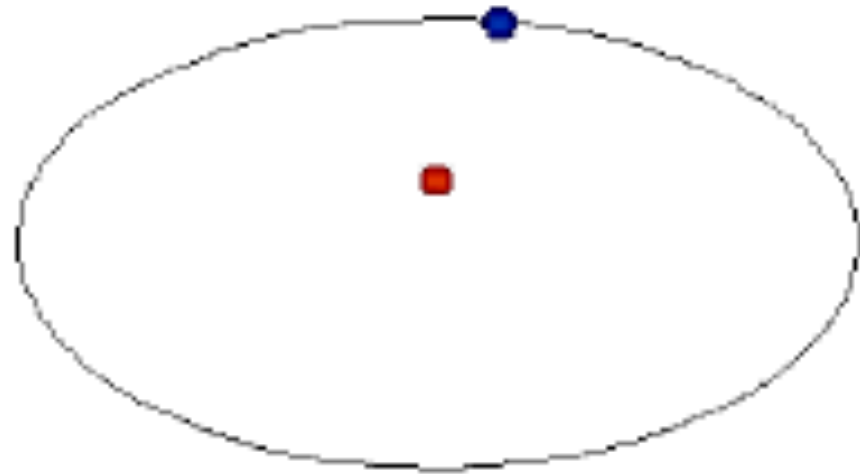
STEREO (ESA/NASA)



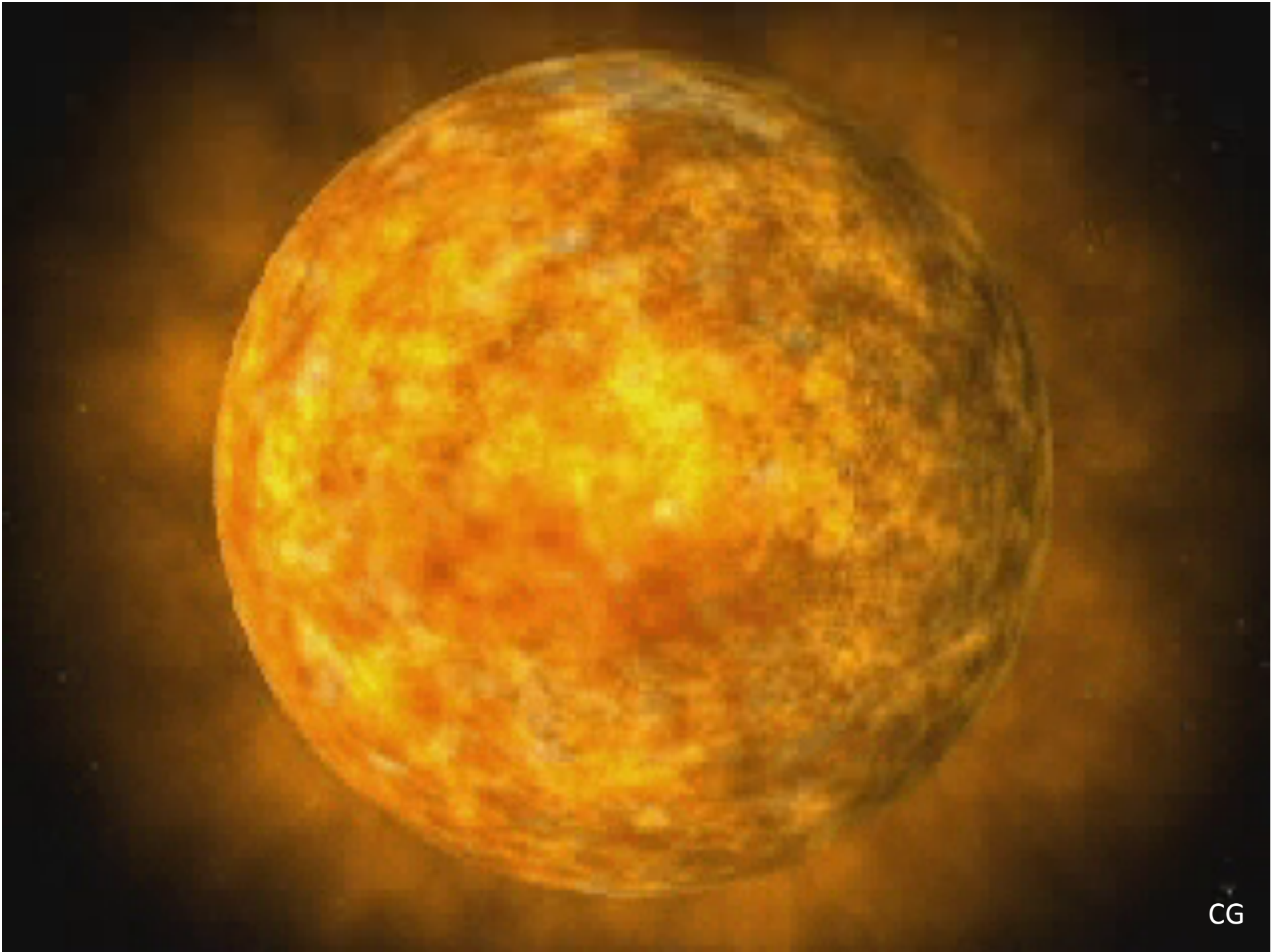
STEREO衛星により、太陽から地球までの擾乱の伝播を「外から」観測することができる

# 太陽嵐の地球への影響

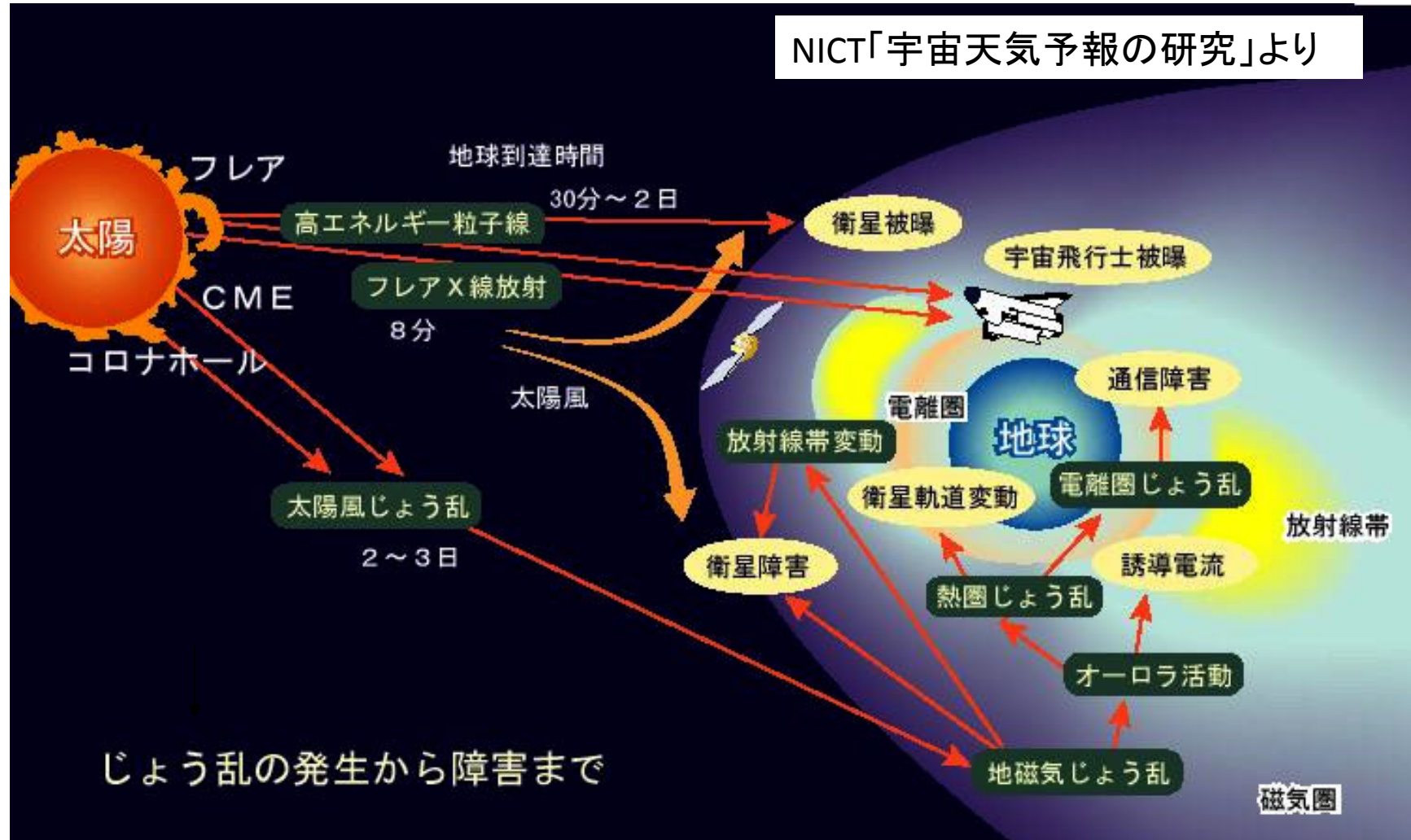
- 観測データに基づくコロナ質量放出の惑星間空間での振る舞い
- 赤-太陽
- 青-地球





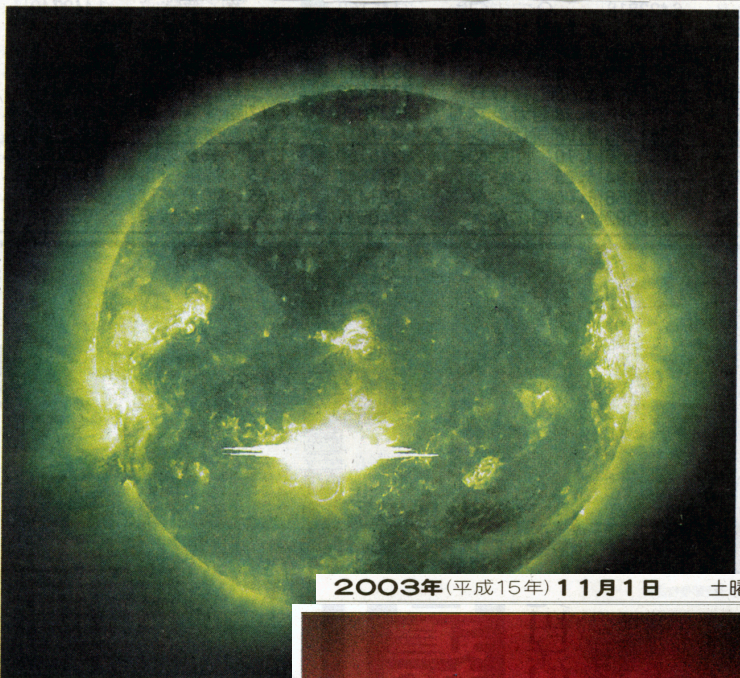


# 太陽活動は地球環境に様々な被害をもたらす→「宇宙天気予報」が必要





# 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



2003年(平成15年)11月1日 土曜日

の慰霊碑前で開かれた眞村晋吉さん(38)は4年前一魂を雪の下にまぎらさず

「公」を求めると「活動は続いた。」

競馬予想会社が3億円脱税容疑

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。

る可能性があること注意を呼びかけている。



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、茨城県原村、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。



# 太陽の「嵐」、地球直撃

## 14年ぶり「大爆発」 微粒子、磁場乱

【ワシントン山知博】米海洋気象局(NOA)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年ぶりの最大規模。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等に障害が出た。

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。NOA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、うすらとオーロラが見え、高度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「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して発生する現象。通常は南北極付近のみ、オーロラ帯で見られるが、今回のフレアは極大期に近づき、磁場が爆発的に乱れるのがフレアの特徴。今回のフレアは3年前に匹敵する規模だが、先週ごろから急に活発化している。

## テキサスでオーロラ

朝日新聞 夕刊

©朝日新聞社 2003年

〒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 新潟工場(新潟県) 1-5-59

TEL 025-256-5333

http://www.sake-no-choja.com

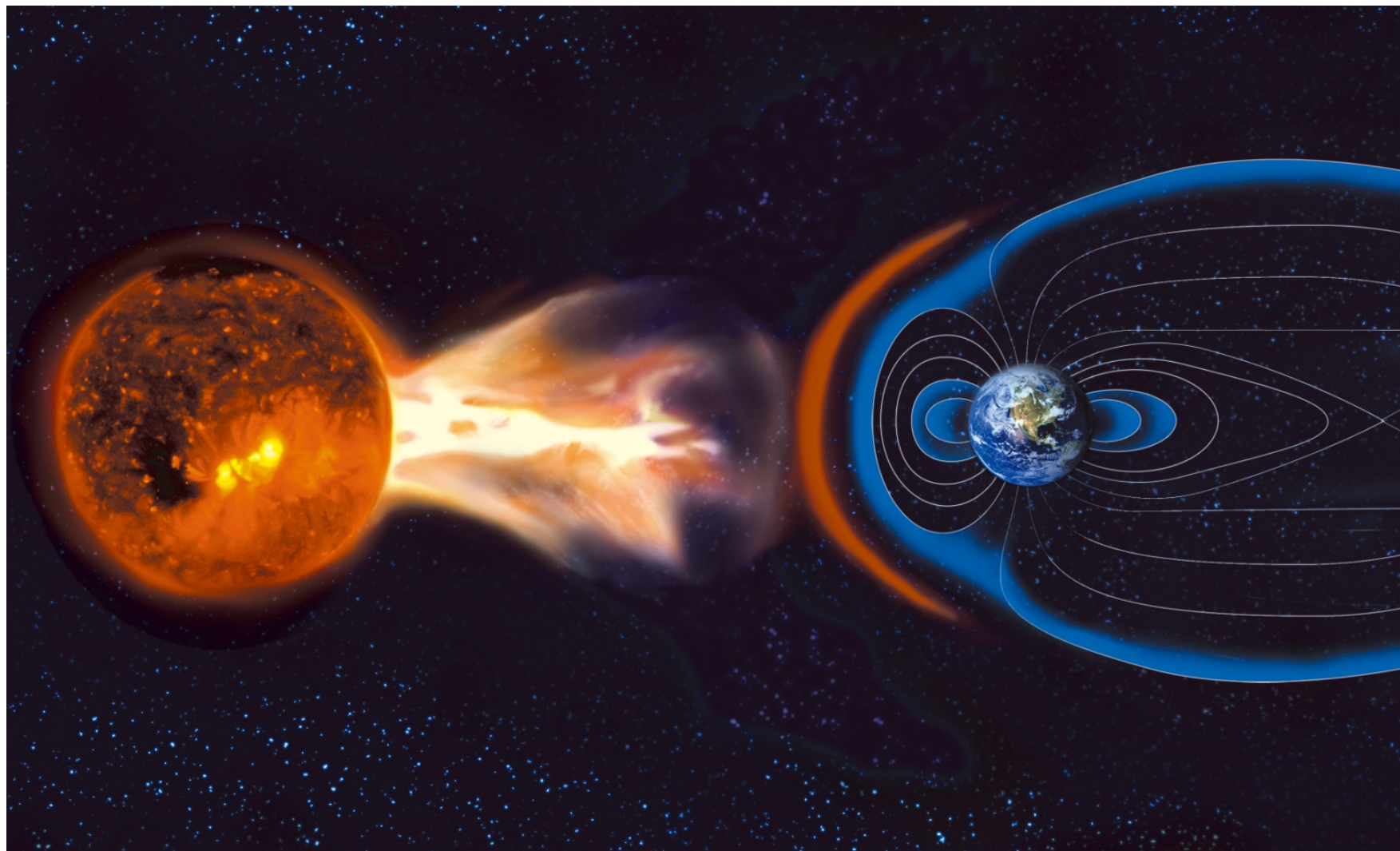
人生凝視の作を振り続けた小津安二郎生誕100年のNY上映会に静かな人気と関心(文化面)

「いつまでも若いもん」の邪魔(とるこ)はな(1) (麦秋)

「欲言や切りやにやが、まアええ方じやよ」(「東京物語」)



# 地球磁気圏-磁気のバリア



# 太陽からの放射線

## ISSにおける被ばく

特段何もしなくても年間2mSv程度の被ばくを受けている

表. 国際宇宙ステーションに滞在する飛行士が太陽の静穏時及び1972年8月規模のフレア発生時に受けると推定される線量値; JAXAによるモデル計算結果.

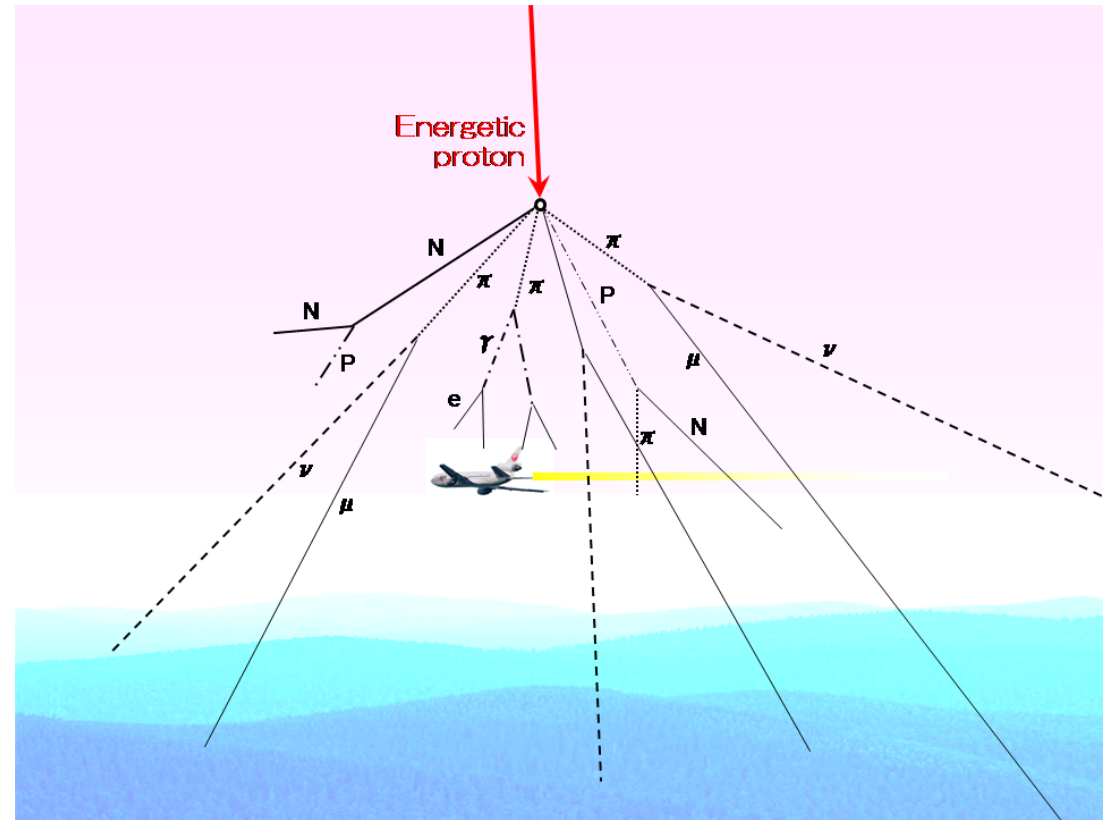
	国際宇宙ステーション 中の線量 [mSv]	船外活動での線量 [mSv]
--	--------------------------	-------------------

「10年に1度」の大フレアが起きた時に船外活動している宇宙飛行士が浴びる放射線量: 4Sv(30日以内に50%の人が無くなる量)

骨髄等価線量	0.55	5.0	1.5	26
水晶体等価線量	1.2	17	15	190
皮膚等価線量	0.77	10	6.5	150
精巣等価線量	0.61	6.1	1.8	35
卵巣等価線量	0.42	2.8	0.92	9.5

# 太陽からの放射線

- 航空機高度では、放射線量がおよそ地表の10~100倍(高緯度を航行する場合)
- パリ-サンフランシスコ間のフライトで、4.5mSvになることも(通常は0.06mSv)
- もっと大きなフレア(超巨大フレア:スーパーフレア)は起きるのか？



→答えは次の講演で

# 宇宙天気研究

- 太陽フレアやフレアにより発生する擾乱のことをきちんと理解する
  - 太陽・磁気圏・地球大気の観測を充実
- 擾乱による影響を評価し、備える
  - 宇宙機への影響評価、社会インフラへの影響評価

# 太陽をモニター(監視)する

- 飛騨天文台・SMART望遠鏡

<http://www.hida.kyoto-u.ac.jp/SMART/>

The screenshot shows a Mozilla Firefox browser window displaying the SMART T1 solar image archive for February 7, 2010. The page title is "SMART T1 images on 20100207". The main content area features five columns of solar images, each labeled with a different H-alpha filter: "H-alpha - 0.8 A", "H-alpha - 0.5 A", "H-alpha center", "H-alpha + 0.5 A", and "H-alpha + 0.8 A". Below each image are three buttons: "Javascript Movie", "Download FITS files", and "Download JPEG files". At the bottom of the page, there are sections for "Calibration Data" (with a "Download Calibration data" button) and "Observation Log". The browser's address bar shows the URL "http://www.hida.kyoto-u.ac.jp/SMART/daily/10Feb/daily/images\_20100207.htn". The Windows taskbar at the bottom shows the system tray with the date "2/7/2010" and time "10:00 AM".

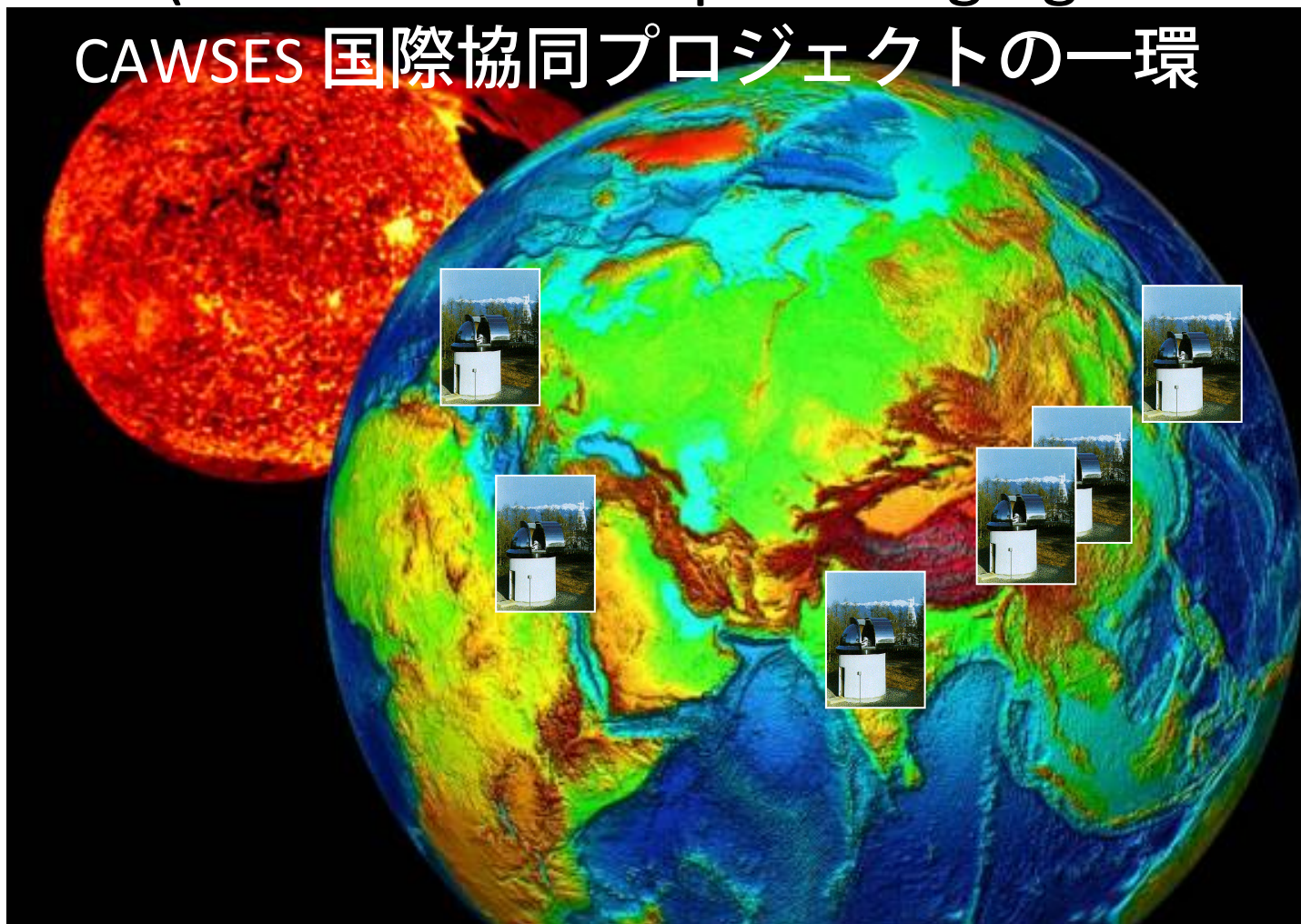




# CHAINプロジェクトの推進

CHAIN (Continuous H Alpha Imaging Network)

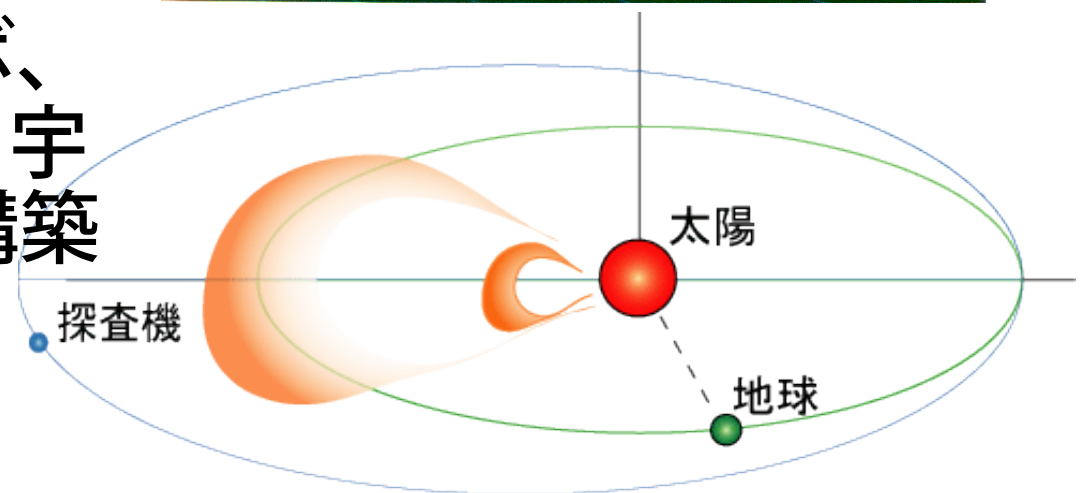
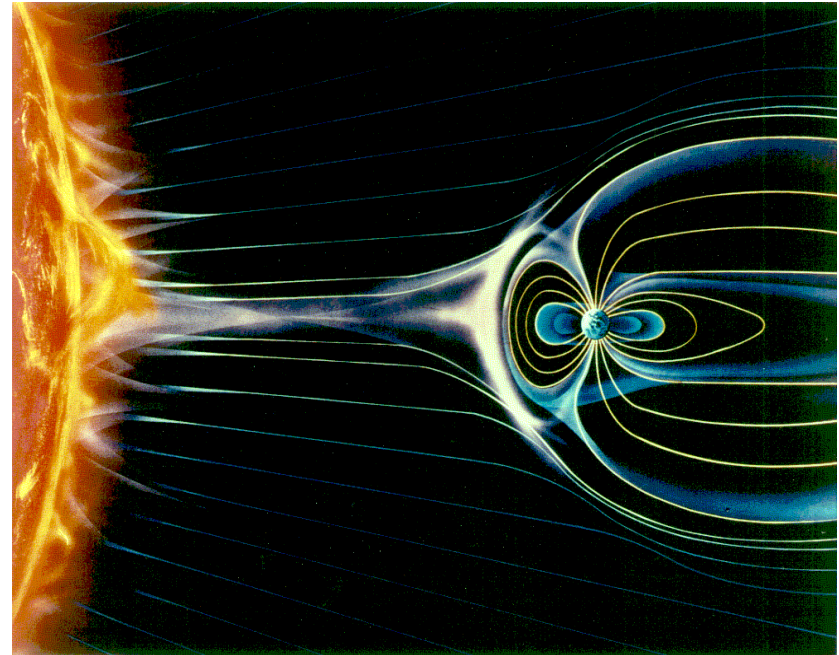
CAWSES 国際協同プロジェクトの一環



国際協力により太陽の24時間連続観測を目指す

# 探査機への宇宙天気

- 太陽フレア/CMEの惑星間空間への影響  
→地球周辺的环境がほとんど
- 地球周辺にない人工衛星・探査機(例あかつき、ベピ・コロンボ、はやぶさ2)に対する宇宙天気アラートの構築が必要



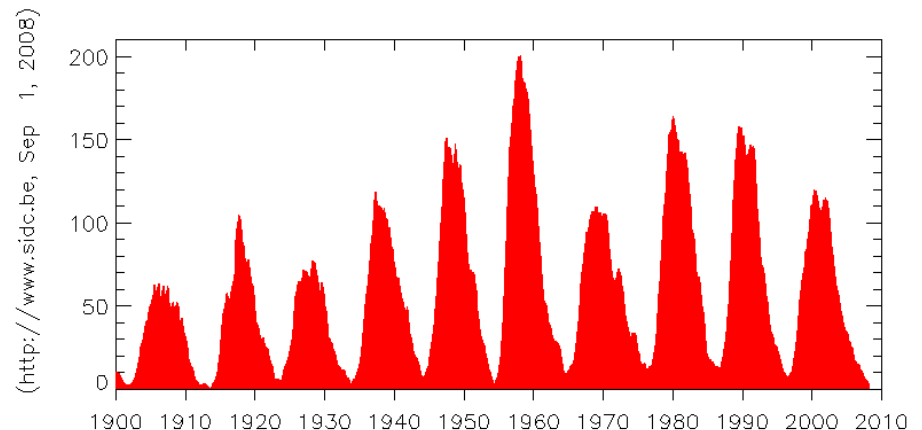
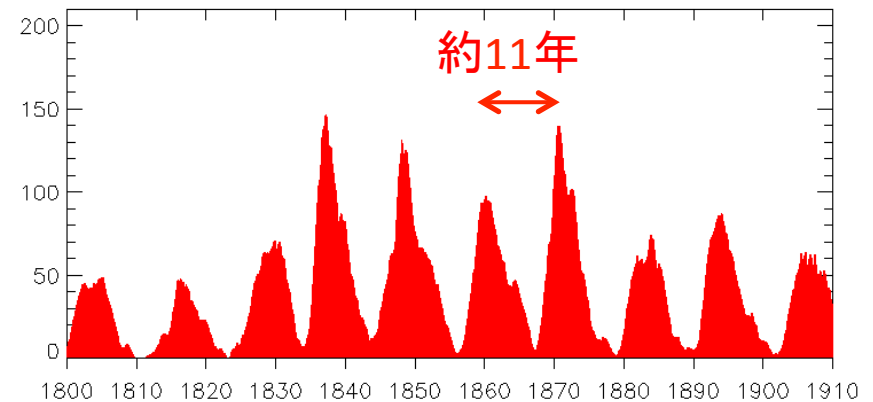
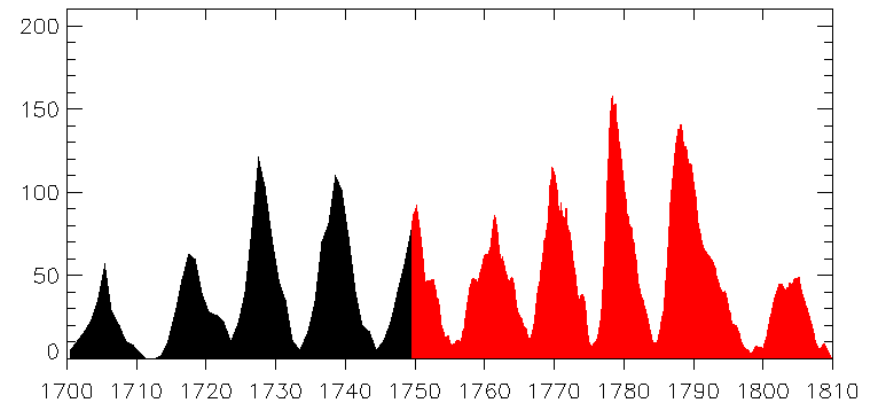
(c) Tomoko Nakagawa

# 太陽活動周期

太陽黒点の数

- 太陽黒点の数は約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

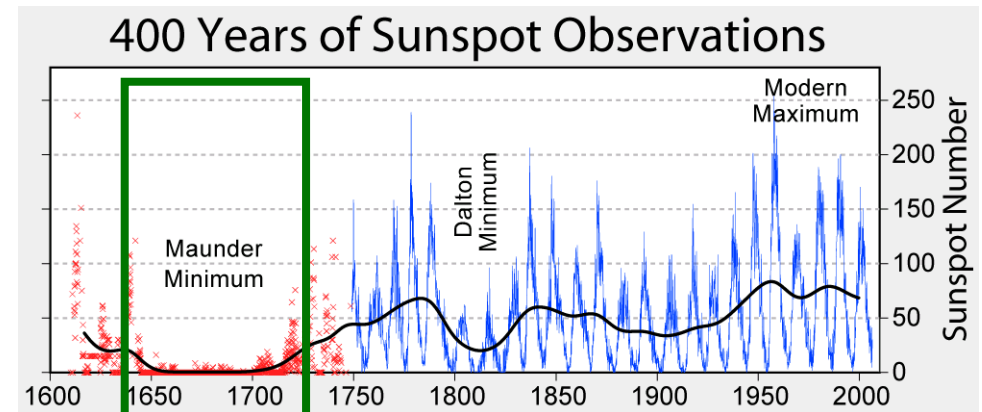


(<http://www.sidc.be>, Sep 1, 2008)

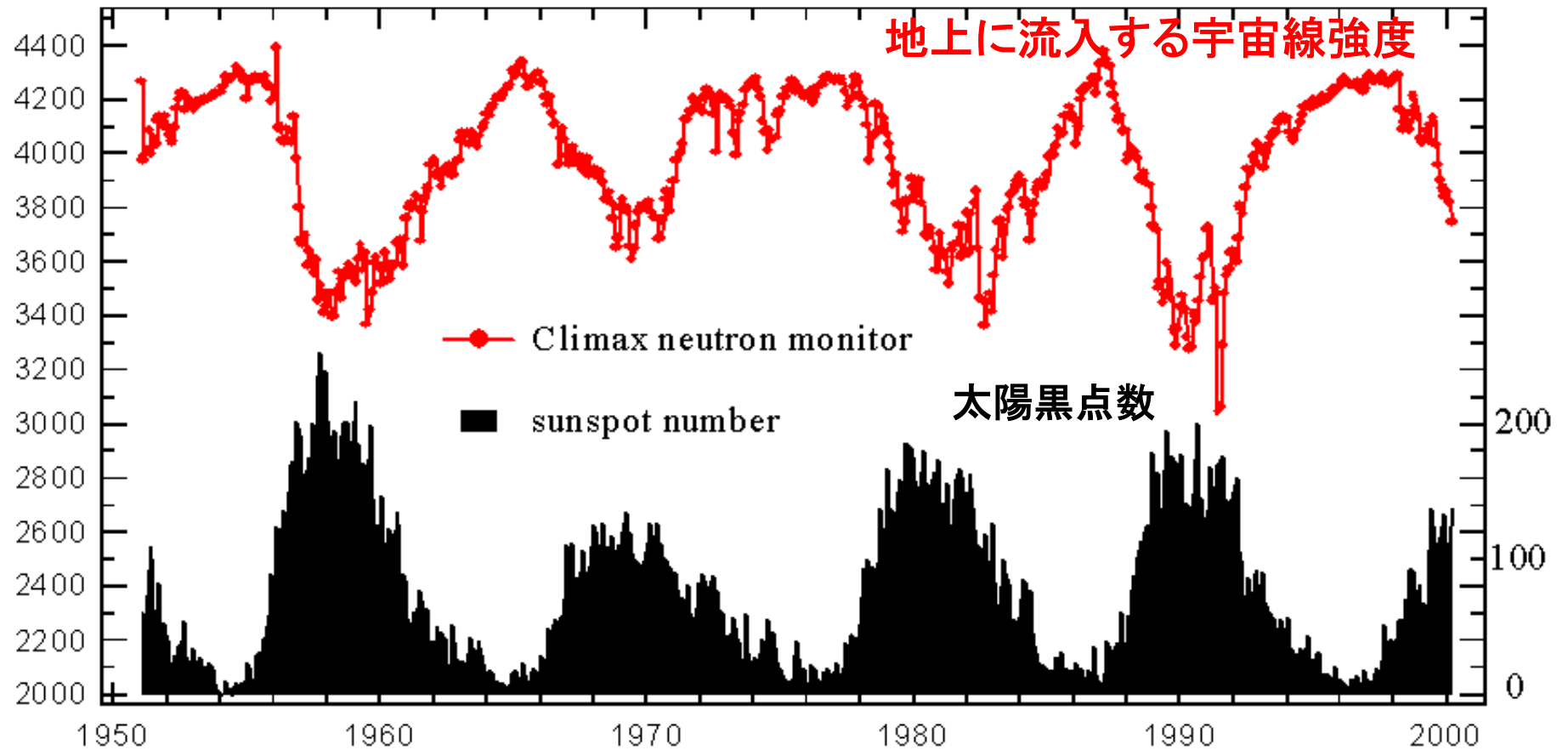


# 太陽活動の地球気候への影響

- 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

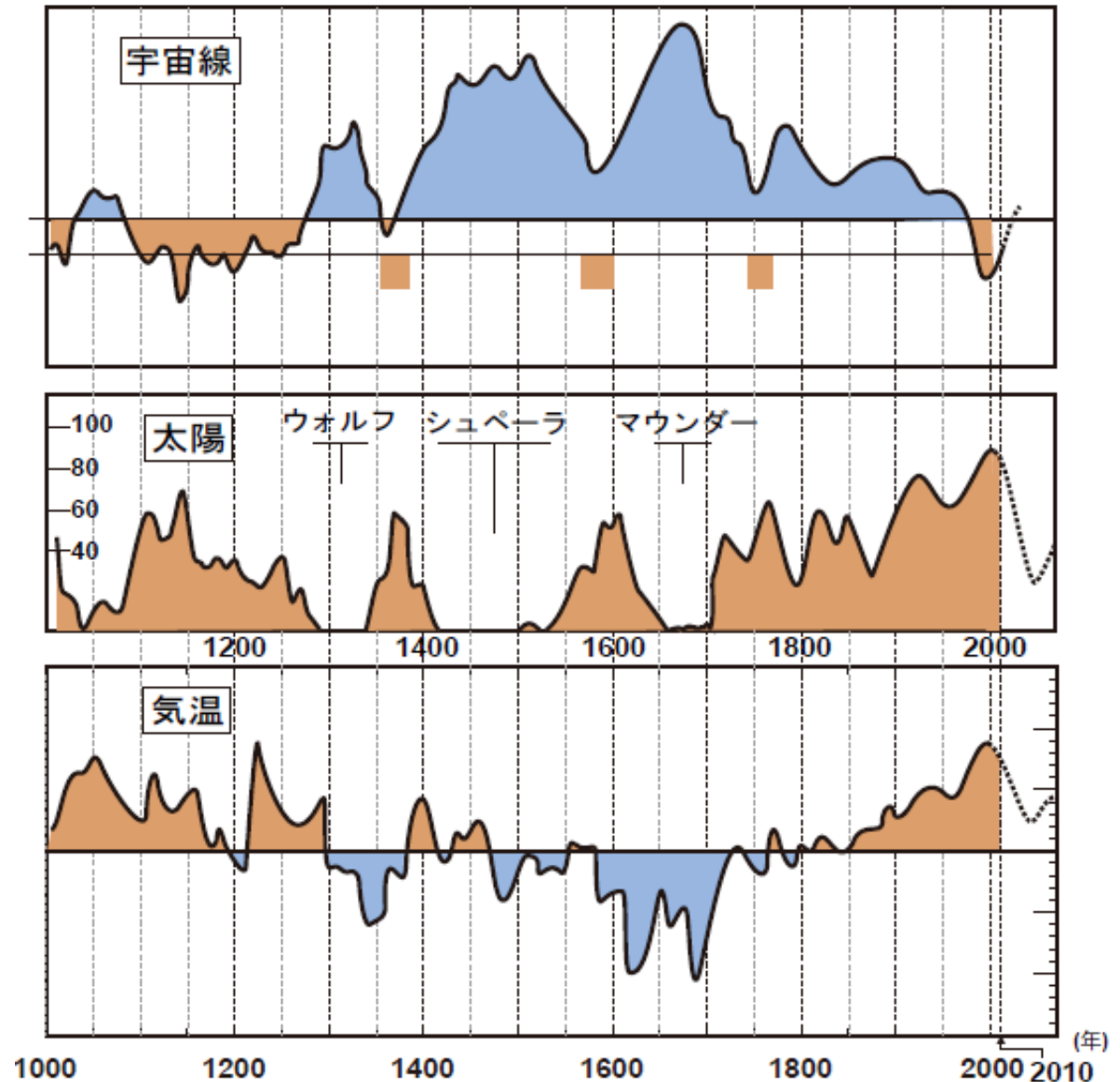


外から侵入した宇宙線粒子は太陽風によって運ばれる乱流によって散乱され外に押し流されている。

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。

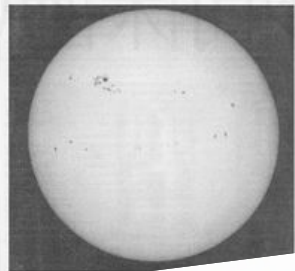
# ここ1000年では？

- 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





# 地球温暖化は太陽が原因?



### 「自然要因説」

### NPOが講演会

一般的に、産業活動などで排出される二酸化炭素など温室効果ガスが原因とされる温暖化。しかし、太陽の活動に起因する自然要因もある。講演会では松田幸雄博士(名古屋大)が、太陽が地球周辺の磁場と与える影響を計り、「自然要因説の本質」を語る。

太陽の黒点数が増えず研究者らの関心を集めている。このたびは、NPO法人山形県空ネットワーキング(以下「山ネット」)が主催する「地球温暖化は太陽が原因か?」をテーマにした講演会を京都大(左京区)で開いた。講演会では松田幸雄博士(名古屋大)が、太陽が地球周辺の磁場と与える影響を計り、「自然要因説の本質」を語る。

# 太陽 元気なし



2009年(平成21年)3月22日(日曜日)

2009年  
3月22日  
日経新聞

## 地球に寒冷化の恐れ

### 活動期でも黒点増えぬまま

太陽の元気がない……。研究者が騒ぎ始めている。太陽の表面にシミのように見える黒点が、いっこうに増える気配がないからだ。黒点は太陽活動の指標で、活動が盛んになると増える。「このまま黒点が増えないと、地球が寒冷化しかねない」と心配する声も出ている。(長崎緑子)

# The Great Suspicious Sun

気候変動のもうひとつのシナリオ  
H. スペンスマルク/N. コールドー著  
笹井邦朗監修 青山洋訳

## 11年周期の黒点増えず

「あと1年続くと…」研究者警戒

計1ヶ月6日。1~6月の各月に観測されたのは、14日だけで、7、8の両月はそれぞれ2日にとどまった。

最近では1645~1715年ごろの約70年間に、太陽の黒点が増えず、地球の気温が低下したことが知られている。太陽の活動が停滞している状態を「マウンダー極小期」と呼ぶ。太陽の活動が停滞している状態を「マウンダー極小期」と呼ぶ。

2008年  
9月14日  
毎日新聞

# Science

## 黒点少なく太陽元気なし

11年周期に異変

太陽の活動が停滞している状態を「マウンダー極小期」と呼ぶ。太陽の活動が停滞している状態を「マウンダー極小期」と呼ぶ。

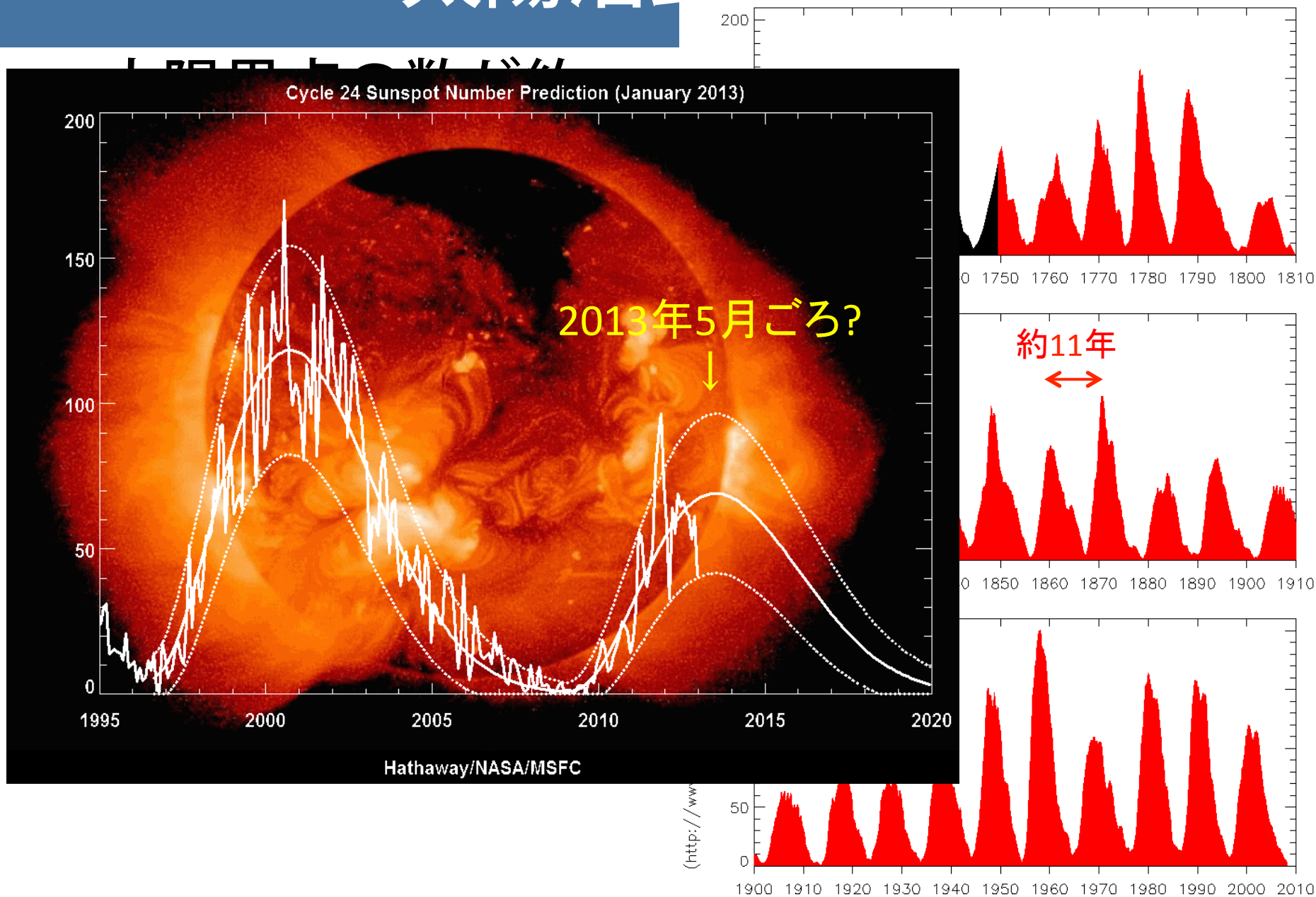
2008年  
11月21日  
朝日新聞

低温のため、暗く見える部分だ。太陽の活動が停滞している状態を「マウンダー極小期」と呼ぶ。太陽の活動が停滞している状態を「マウンダー極小期」と呼ぶ。

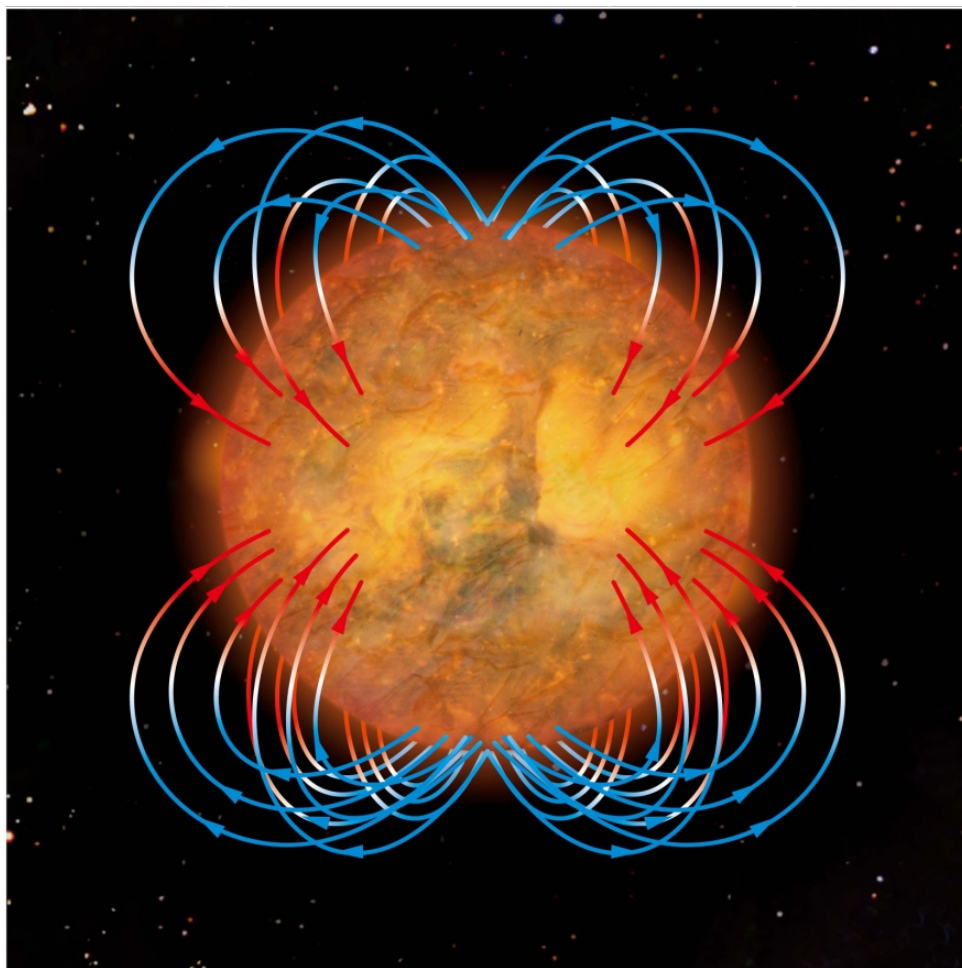


# 太陽活動周期

太陽黒点の数



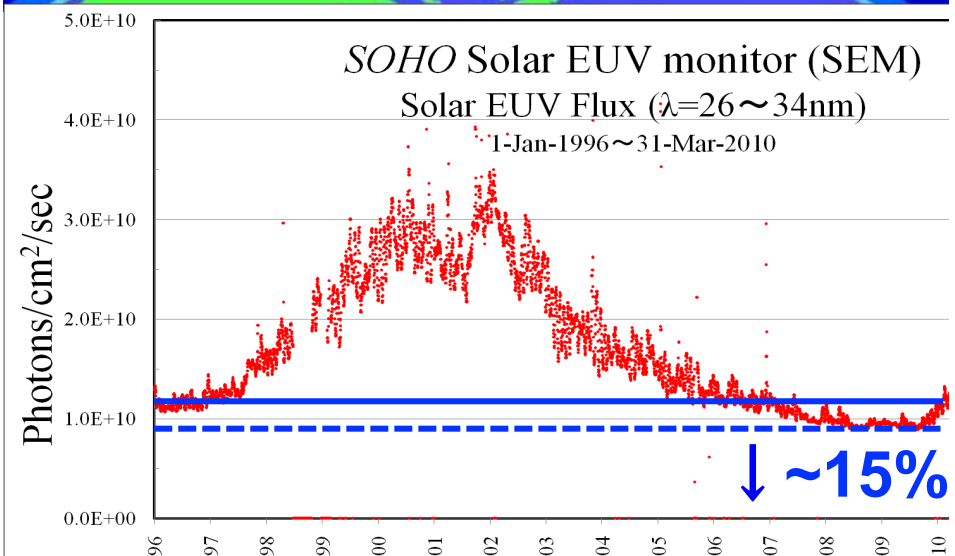
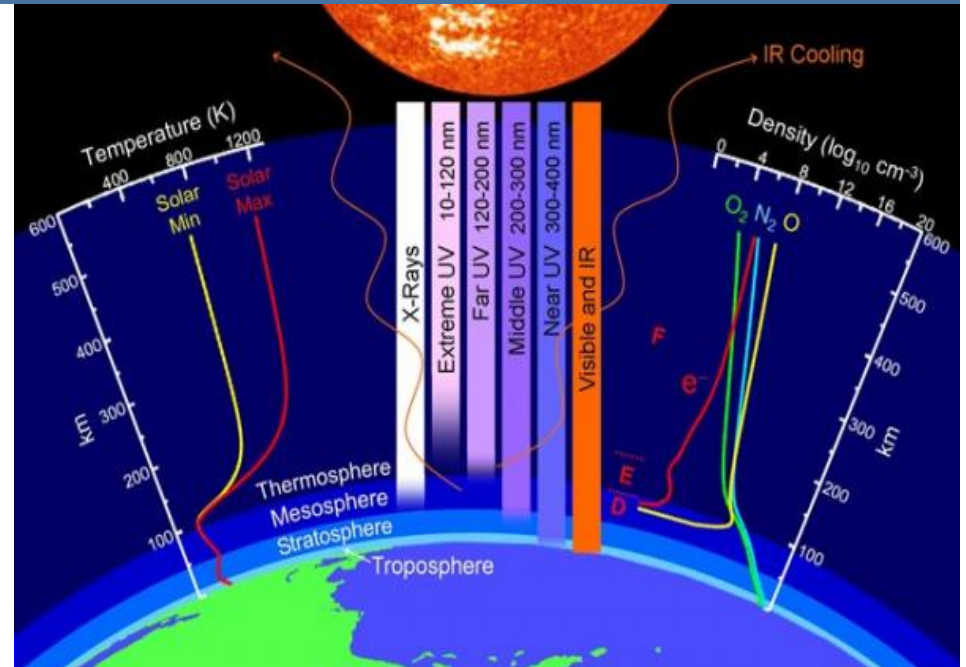
# 太陽極磁場の反転



- 極磁場は11年で入れ替わる
- 北極の磁場だけ先に反転
- 太陽活動が低いことと関係がある?

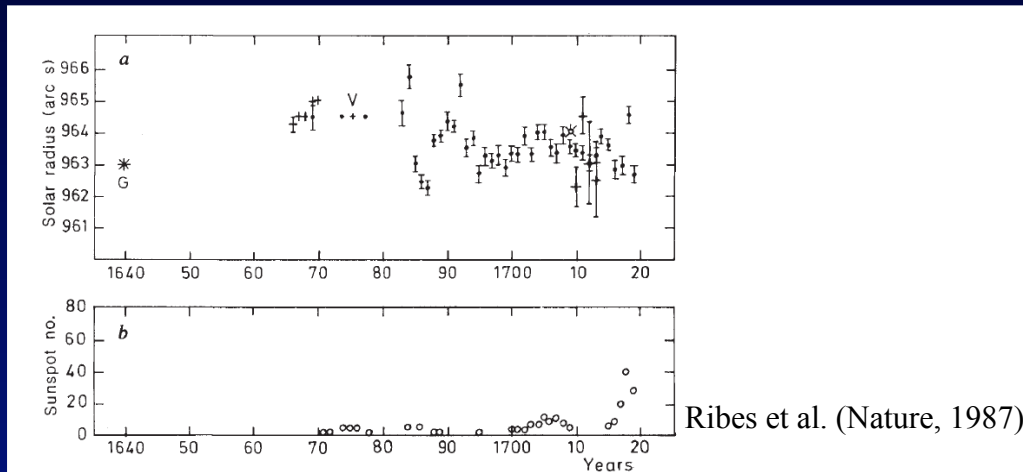
# 太陽活動と地球気候

- 地球は本当に寒冷化しちゃうの？
- 答えはまだわかっていないが、**その可能性はある**
- 太陽からの総放射量変動は小さいが、紫外線の変動は大きい  
→地球大気の研究者と  
の共同研究が必要!

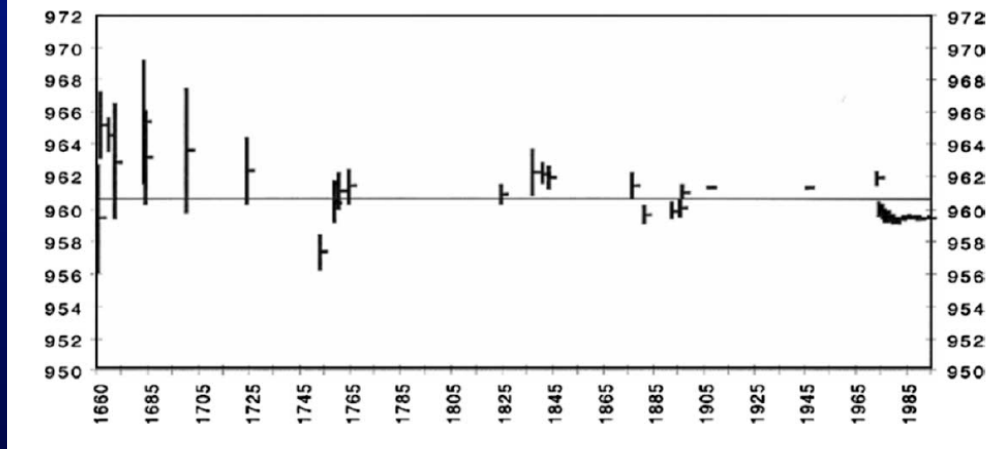


# 過去の太陽直径の観測の歴史

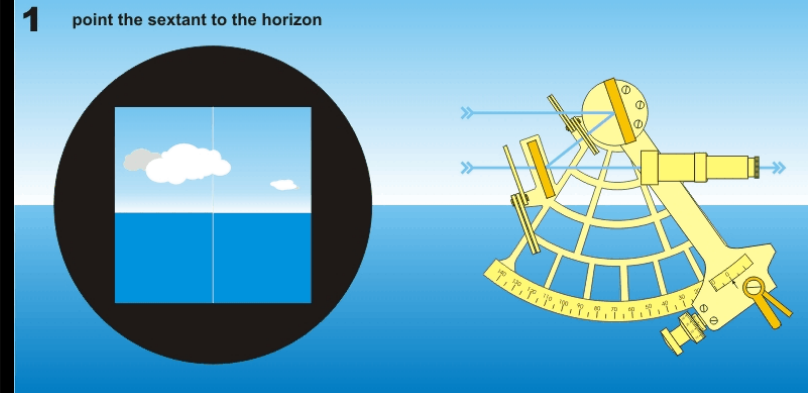
## マウンダー極小期から現在まで



Ribes et al. (Nature, 1987)



Thuiller et al. (Adv. Space Res., 2005)



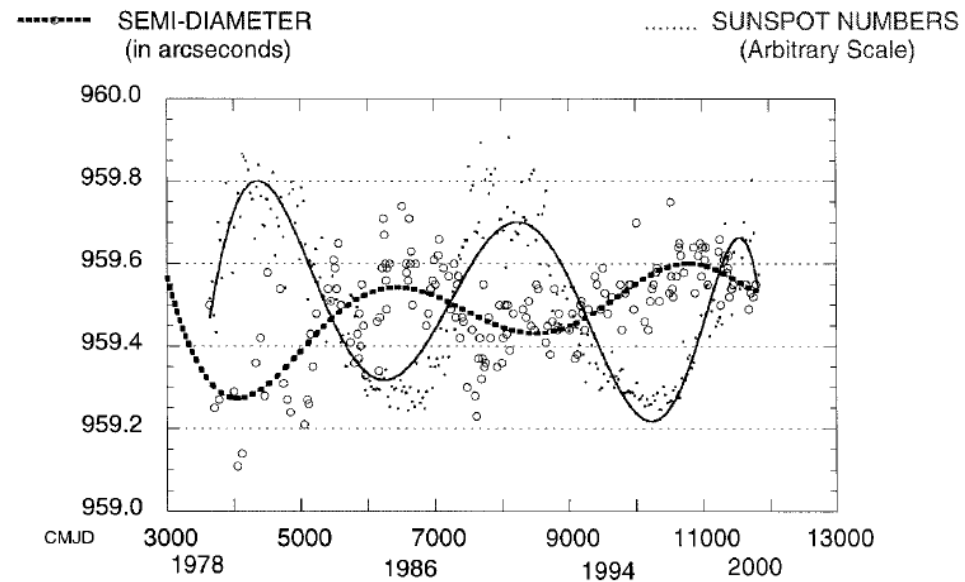
### 六分儀を使った太陽直径の観測

- マウンダー極小期の太陽活動は現在の極小期より低かった
- マウンダー極小期の太陽は現在の極小期より大きかった？

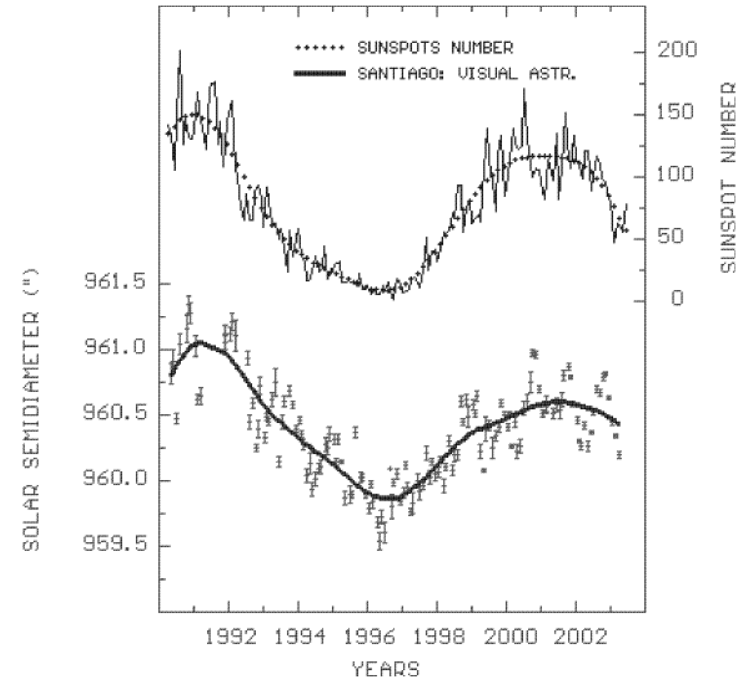
太陽の直径(半径)の変動について詳しく調べる必要性有り



# 近年の地上観測による太陽直径



Delmas & Laclare (Solar Phys., 2002)



Noel (A&A, 2004)

左図: 太陽半径は太陽活動(黒点周期)と逆相関

右図: 太陽直径は太陽活動(黒点周期)と正相関

## 太陽半径、変動幅の観測結果に不一致

大気のゆらぎのない宇宙空間から観測すべき

# 金環日食を用いた太陽の大きさ測定

- 金環日食が見える/見えないの限界線を決めることやベイリービーズを用いることで正確に太陽の半径を測定
  - $696,010\text{km} \pm 20\text{km}$  (暫定値)
  - 国際天文学連合の採用値 ( $=696,000\text{km} \pm 500\text{km}$ ) とほぼ同じ



京都大学花山天文台で撮影された  
金環日食(2012年5月21日)

# 生存圏としての太陽地球環境

- 地球上の生命は、太陽からの恩恵(影響)を受けている
  - 宇宙進出において、太陽の存在はますます重要となる
    - 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は、太陽が支配
- 宇宙天気研究の推進が必要
- 太陽活動周期の長期変動が地球の「気候」にも影響を及ぼしているかもしれない
- 宇宙気候研究の推進が必要