

京都精華大学 2015年前期

# 自然科学論

担当教員：磯部洋明

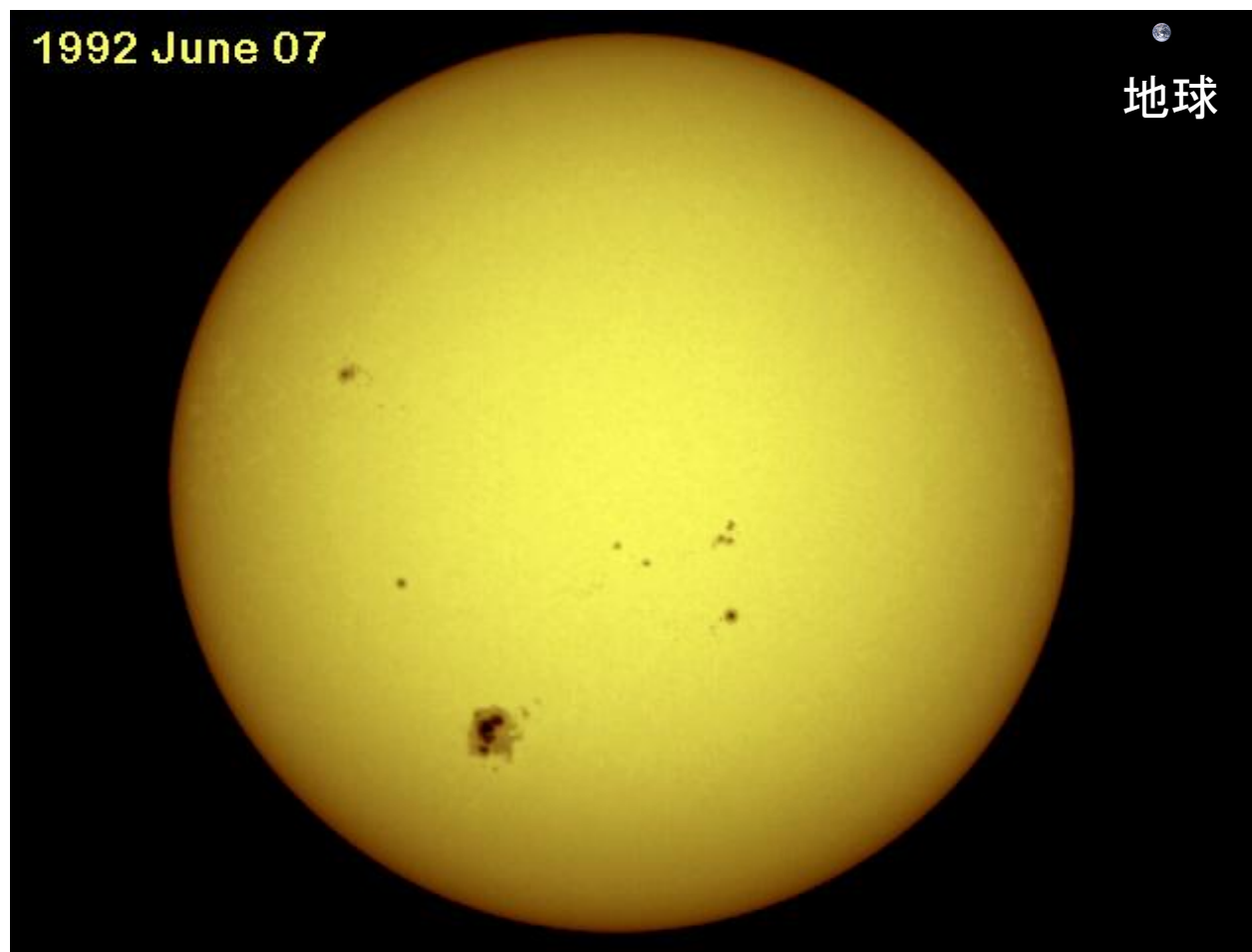
京都大学大学院総合生存学館准教授

京都精華大学・非常勤講師

第6回「太陽と地球の関係」

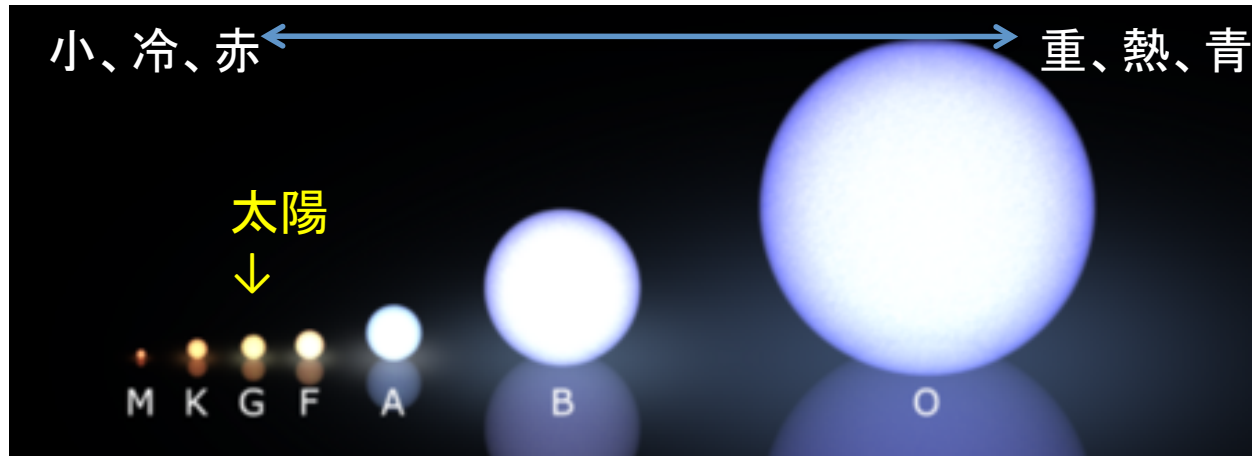
2015年5月26日

# 太陽



表面の温度  $\approx 6000$ 度、質量  $\approx 10^{30}$ kg (地球の約20万倍)、  
直径  $\approx 140$ 万km (地球の約100倍)、年齢  $\approx$  約45億歳

# 太陽はありふれた恒星の一つ

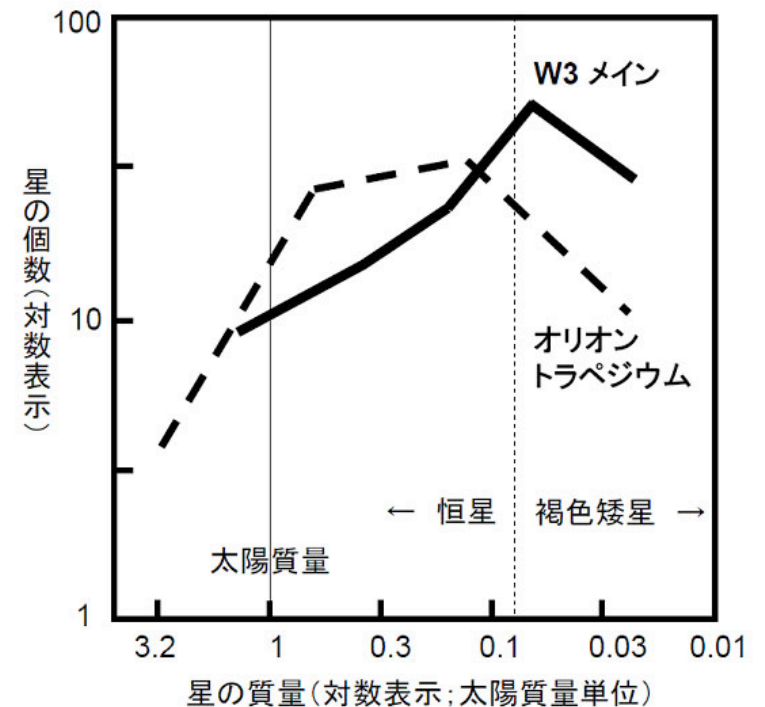


水素の核融合で光る星(主系列星)

星の明るさ、色は重さで決まる。

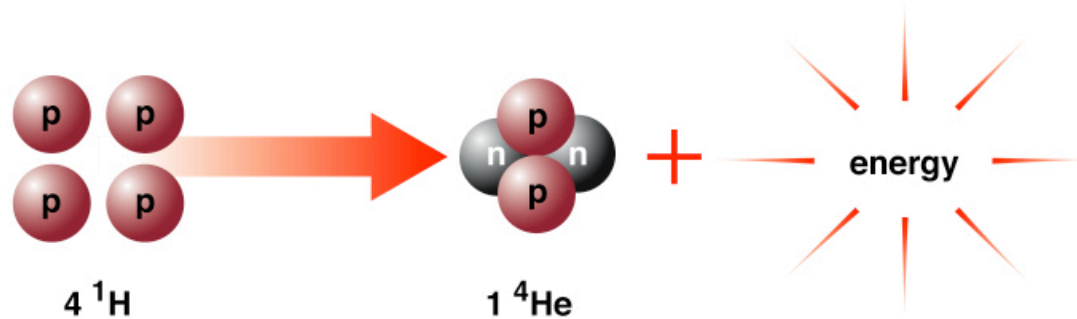
小さな星ほど多い。

国立天文台HPより



# 太陽のエネルギー源...核融合

水素の原子核4つがくっついてヘリウム原子核を作る  
この時、質量(重さ)が少しだけ(約0.7%)減る。

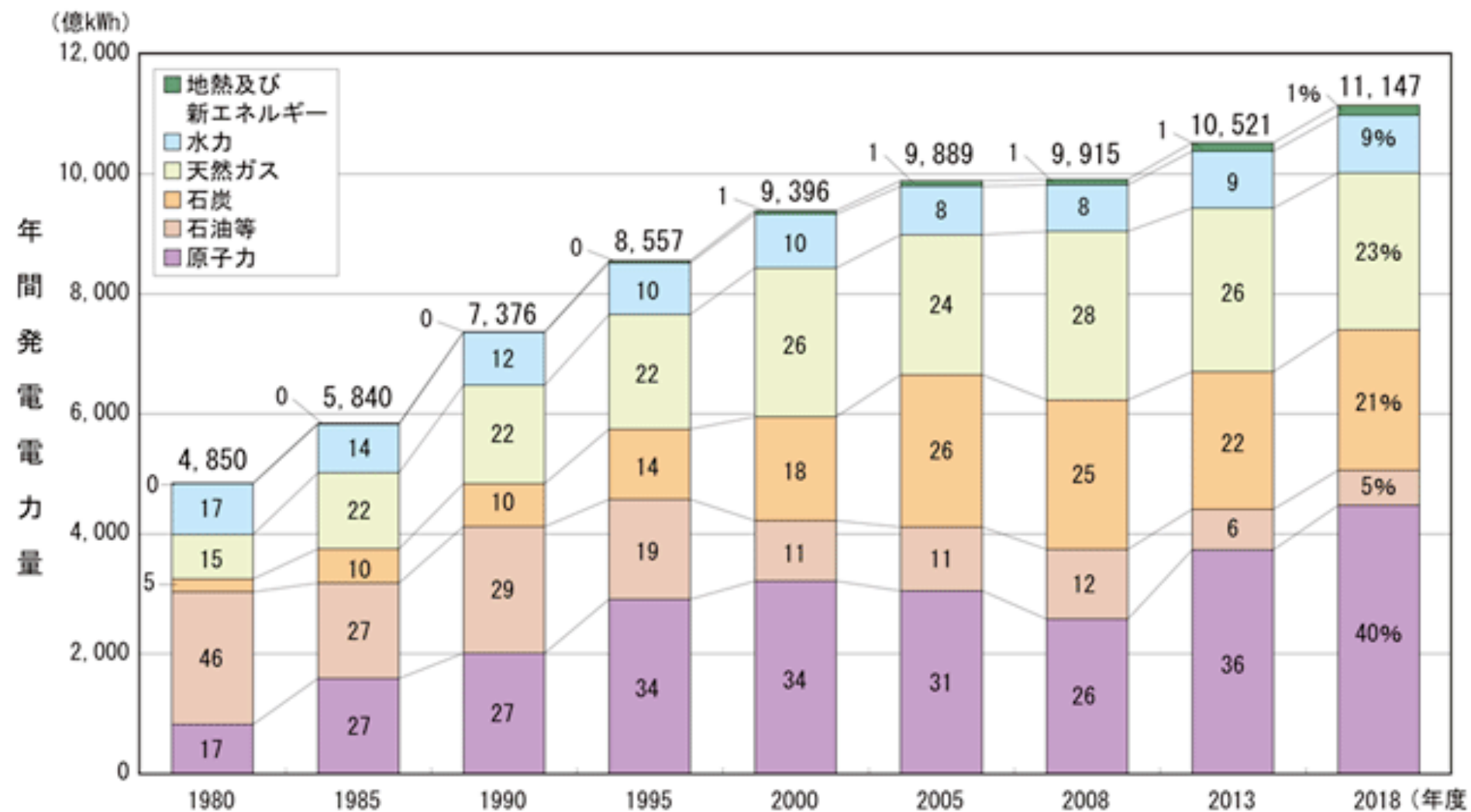


Copyright © Addison Wesley

質量はエネルギーと等価  $E = mc^2$   
減った質量分のエネルギーが光として放出される



# 電源別発電電力量の実績および見通し



(注) 石油等にはLPG、その他ガスおよび瀝青質混合物を含む  
 四捨五入の関係で合計値が合わない場合がある  
 発電電力量は10電力会社の合計値 (受電を含む)  
 グラフ内の数値は構成比 (%)

電気事業連合会のHPより  
<http://www.fepec.or.jp/present/jigyuu/japan/index.html>

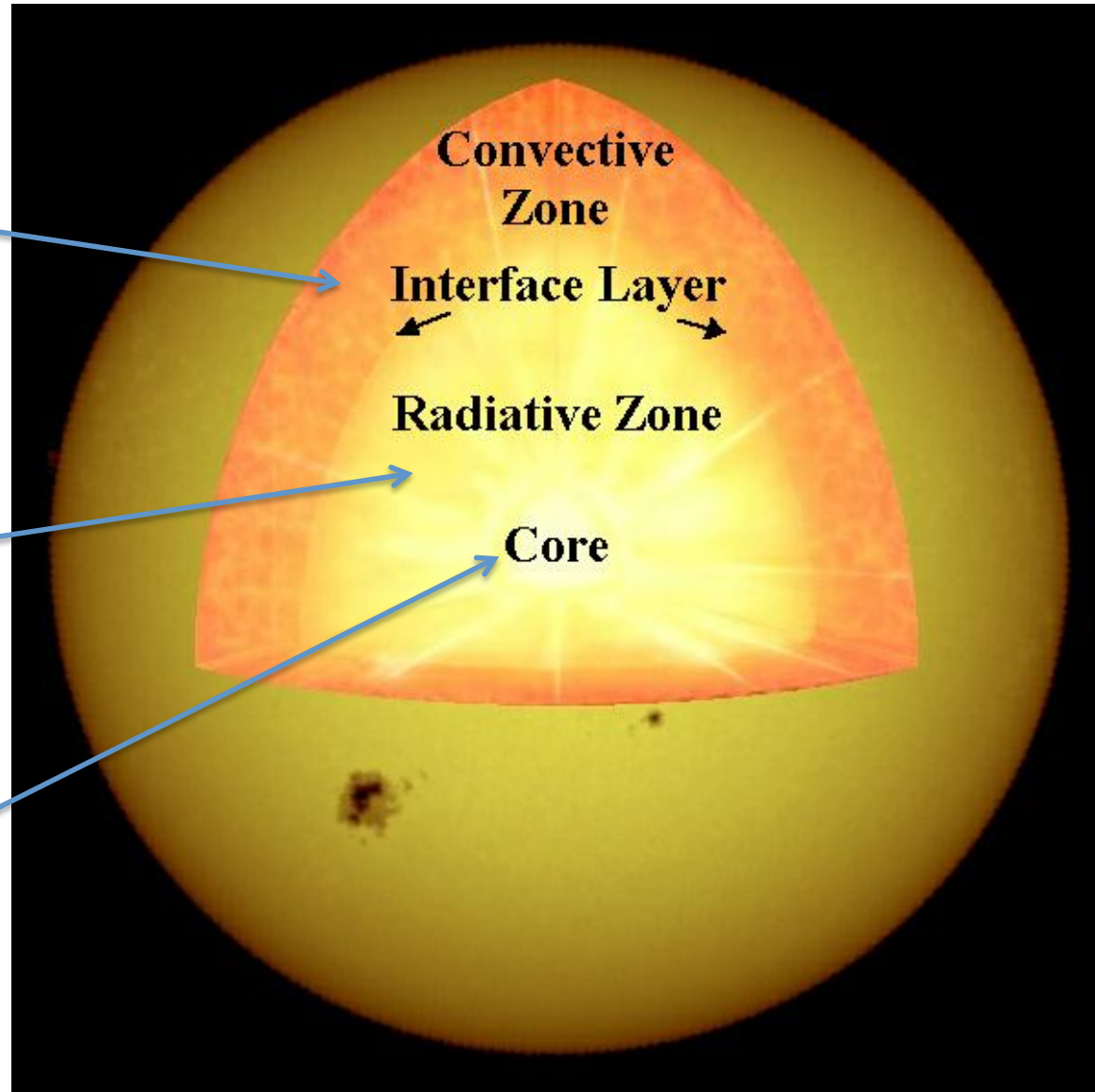
- 日本の使用電力は年間1兆キロワット時
- $E=mc^2$ で計算すると約40kg ...ほぼ人間1人で年間電力を賄える
  
- ちなみに1兆キロワット時という量は
  - ≈ マグニチュード9の地震のエネルギー
  - ≈ お茶碗3兆杯分のカロリー
  - 国民一人、1日当たりにすると、約18000キロカロリー...食べ物で取るカロリーの数倍程度

# 太陽の内部

対流層  
(ガスの流れでエネルギーを外に運ぶ)

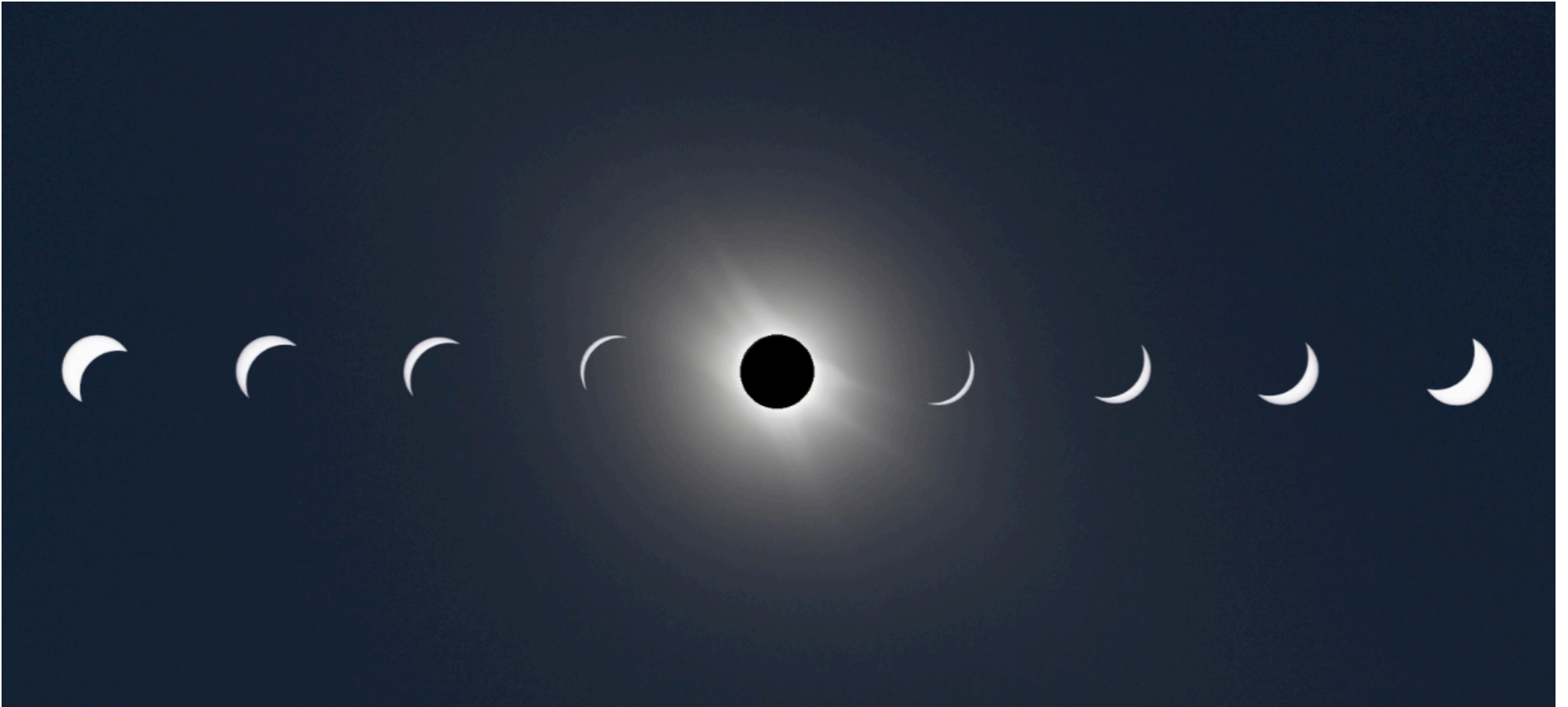
放射層  
(光でエネルギーを外に運ぶ)

コア  
(核融合が起きる場所。温度1500万度)



# コロナ: 100万度の超高温大気

2006年の皆既日食(トルコ)

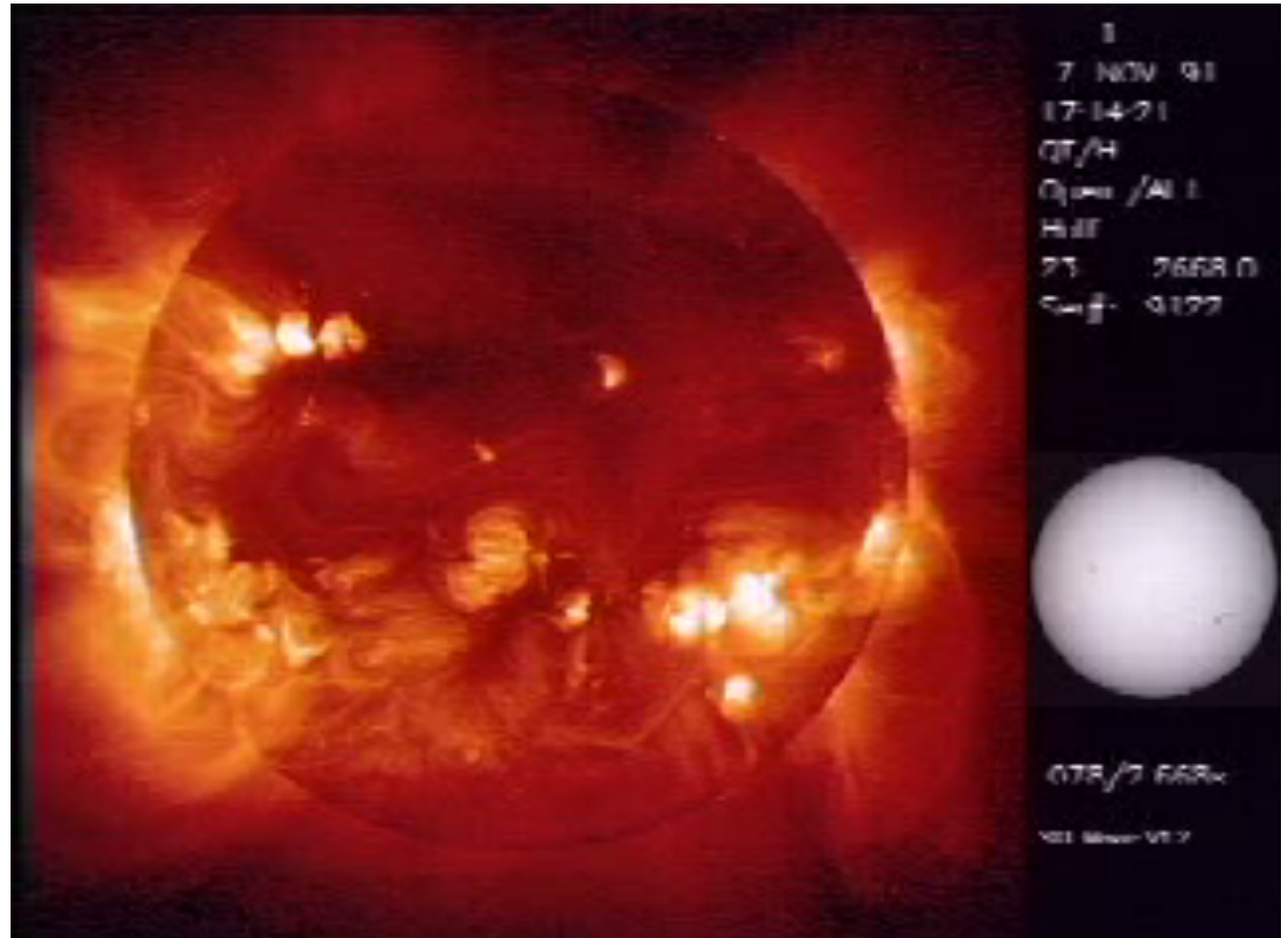


太陽の表面は6000度。その外側になぜ100万度の超高温大気があるのかは今も完全には分かっていない(少し分かり始めている)

# エックス線で見た太陽

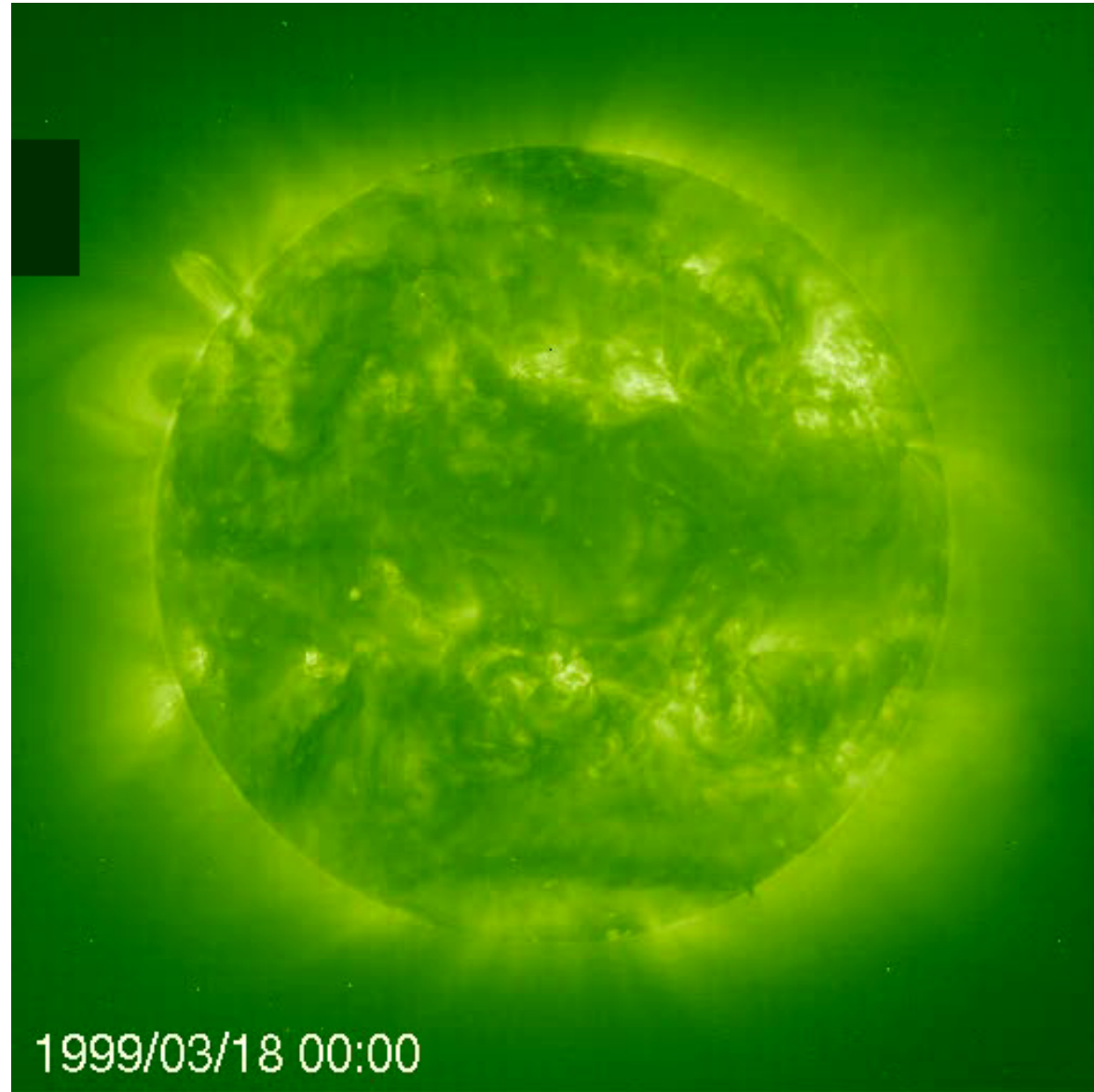
温度が100万  
度以上の**コロナ**

ピカッと光る  
のは、**太陽フレア**と呼ばれる  
爆発



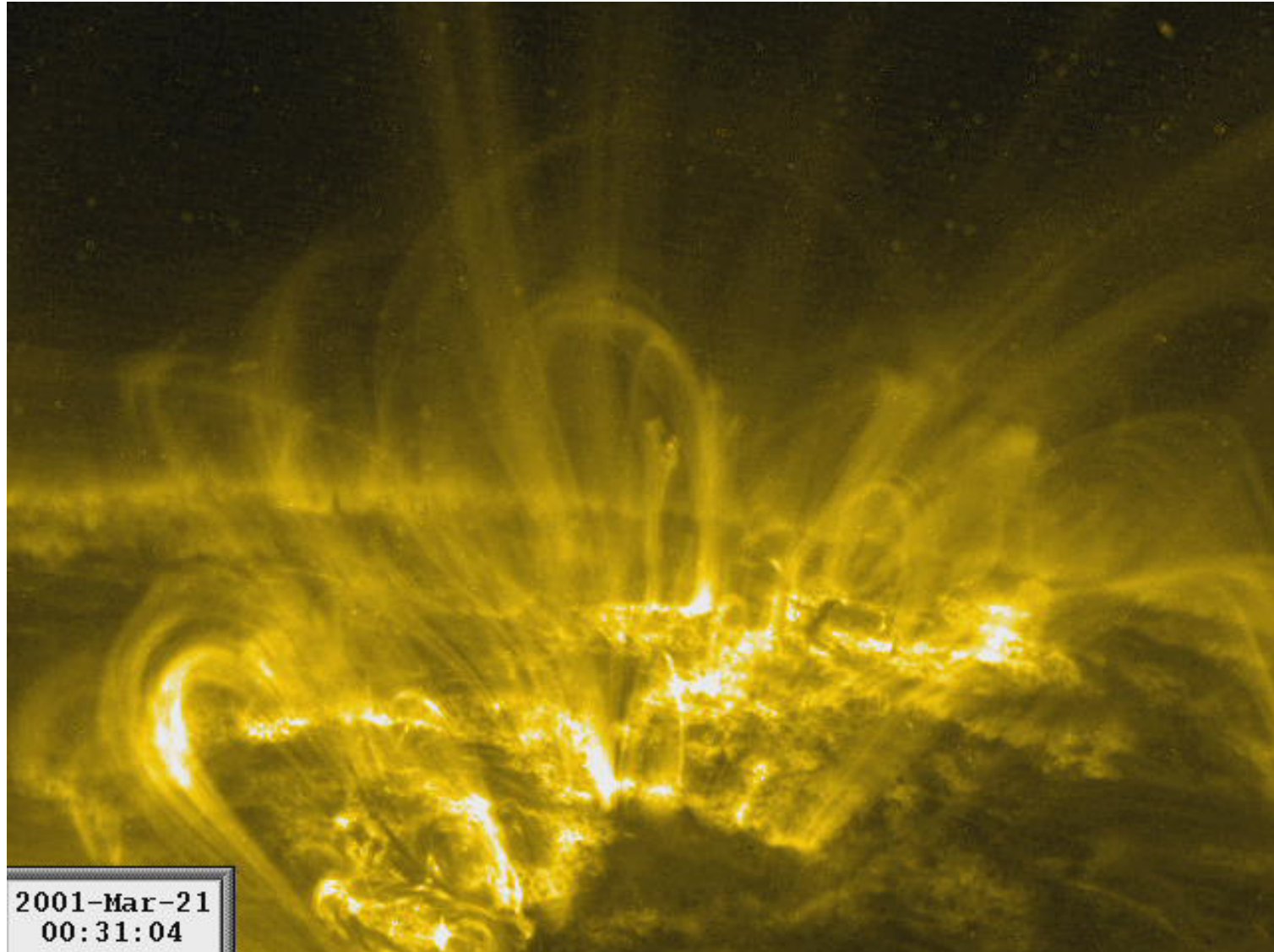


# 紫外線で見た太陽



SOHO衛星/EIT

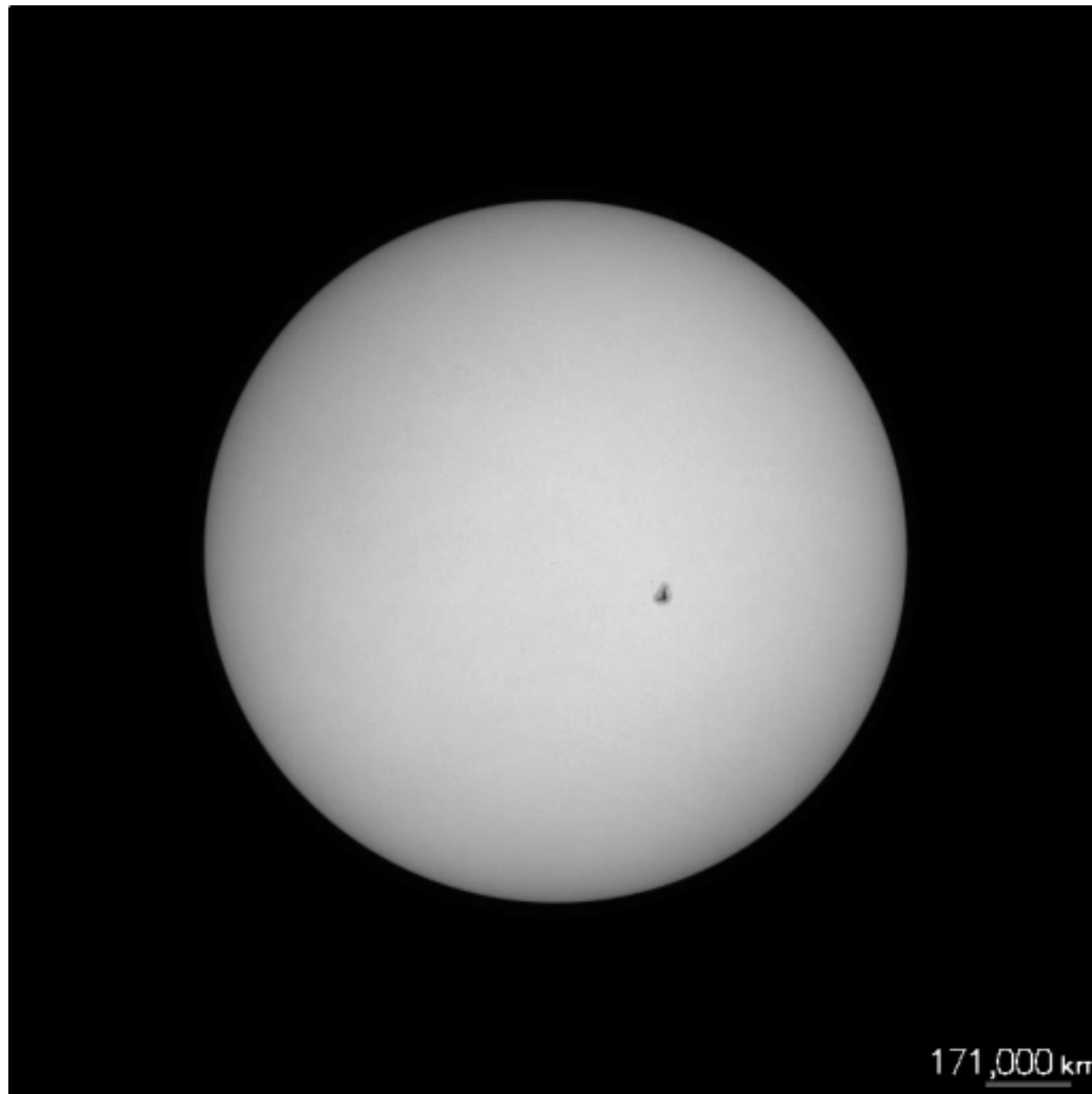
# 紫外線で見えたコロナ



TRACE衛星

2001-Mar-21  
00:31:04

# 黒点



Movie by  
T. J. Okamoto

171,000 km

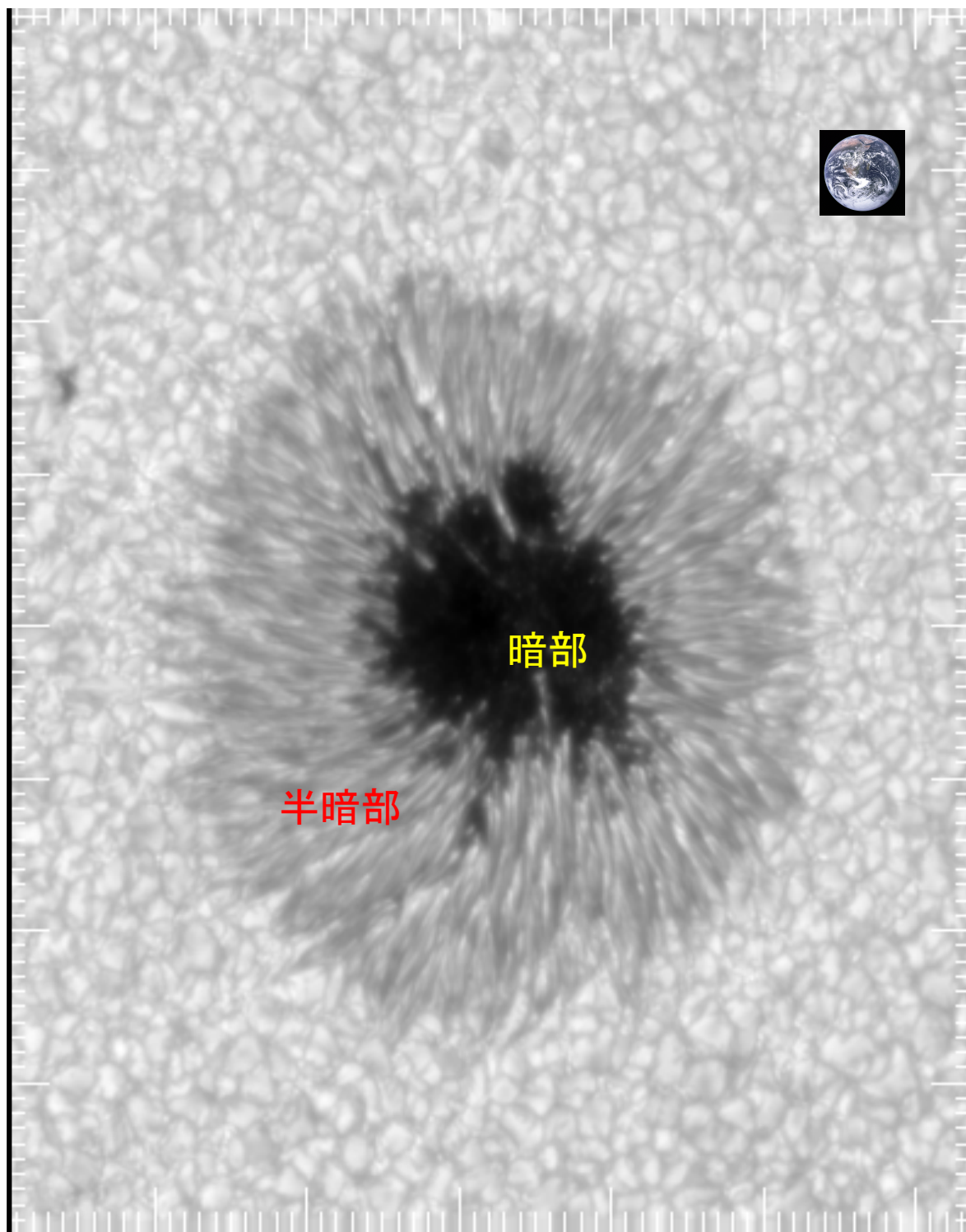


# 黒点の構造

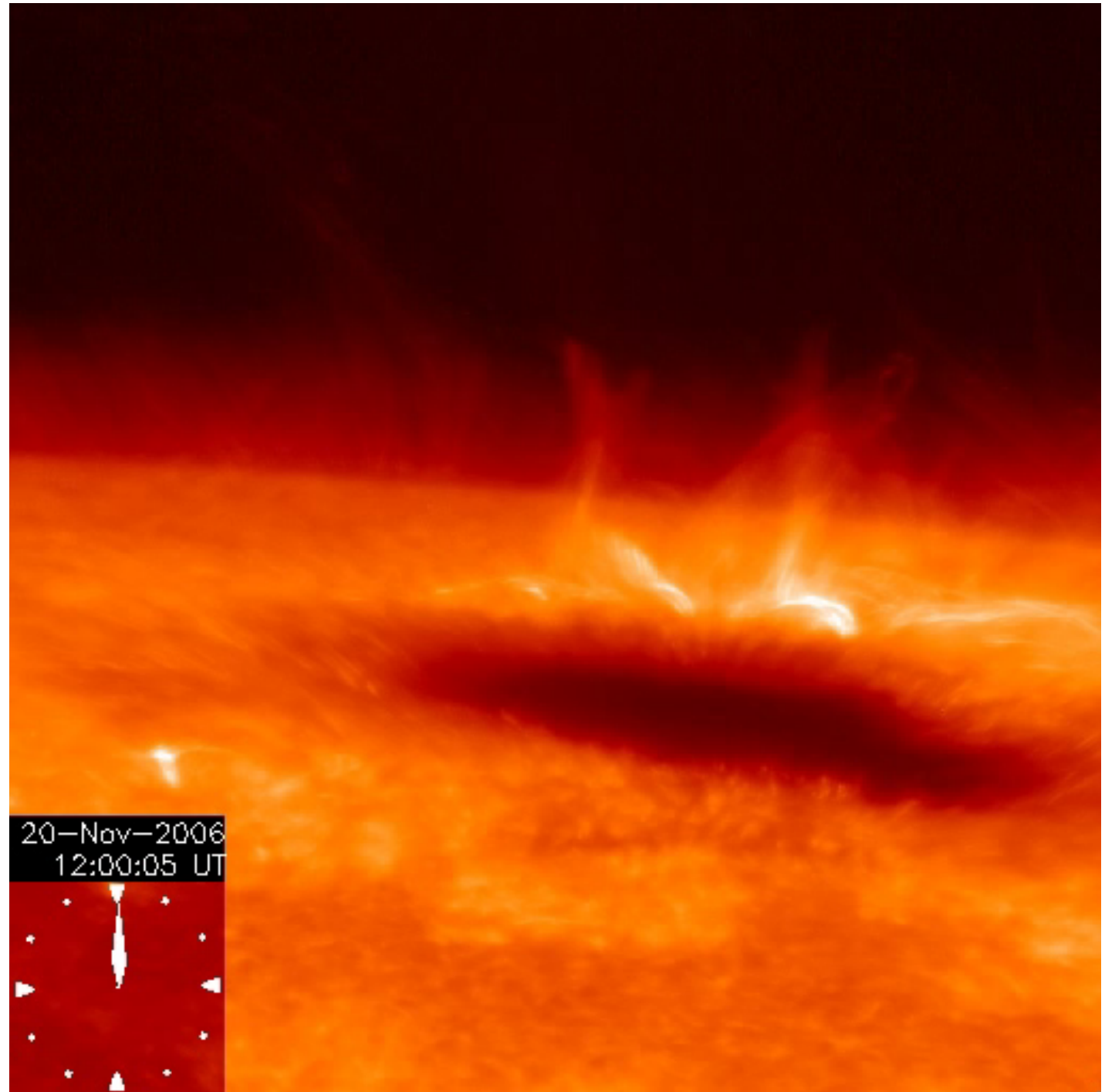


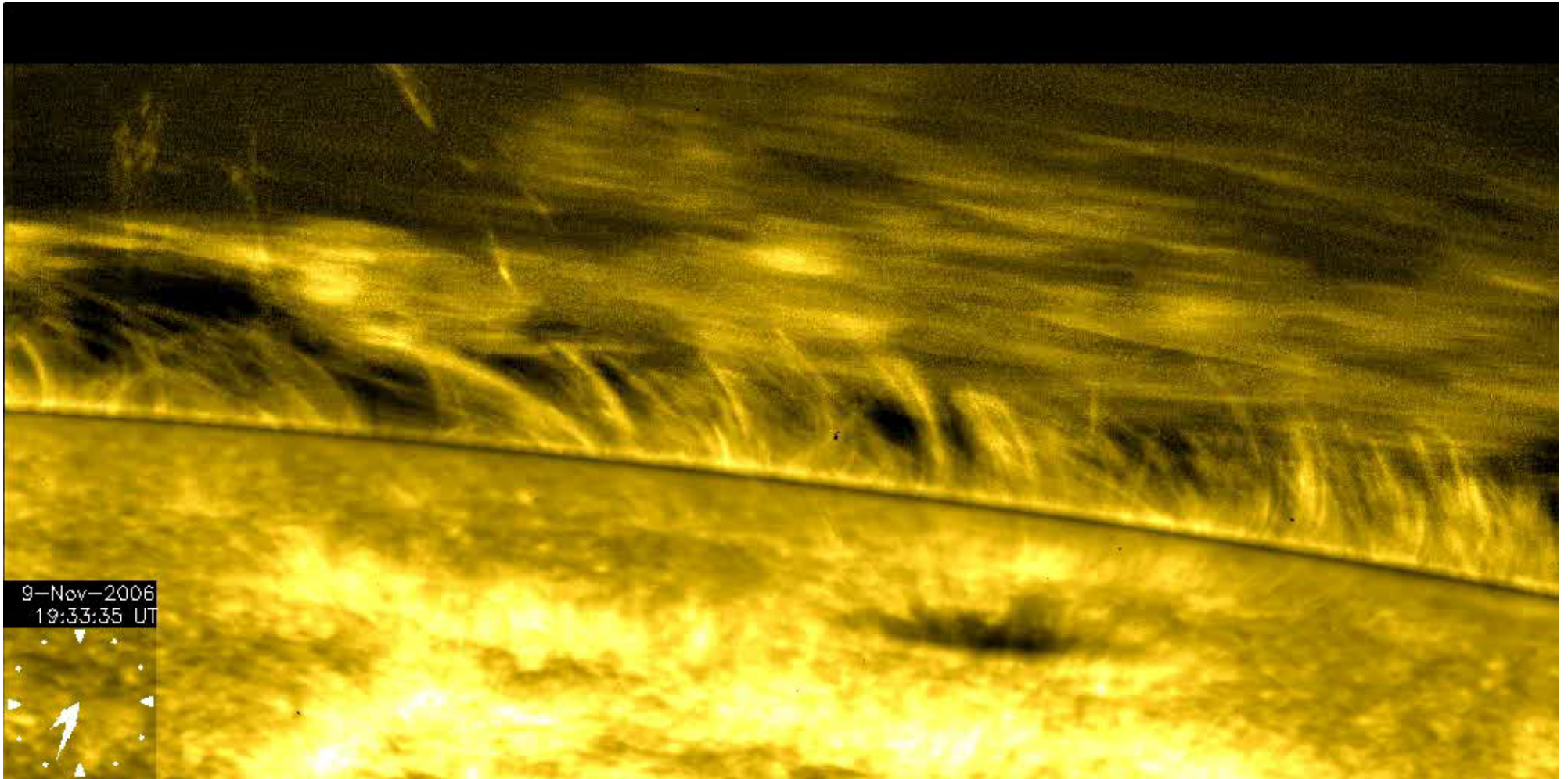
黒点暗部の温度は約4000度。周囲(6000度)より冷たいので暗くみえる。

ただし、黒点だけ取り出して夜空に置けば満月より明るい。



# 黒点の 周りの活 動現象



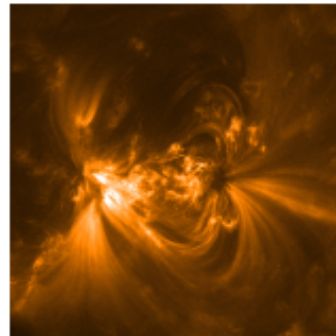
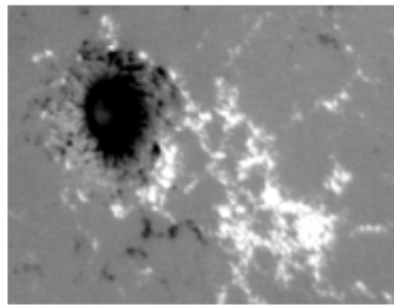
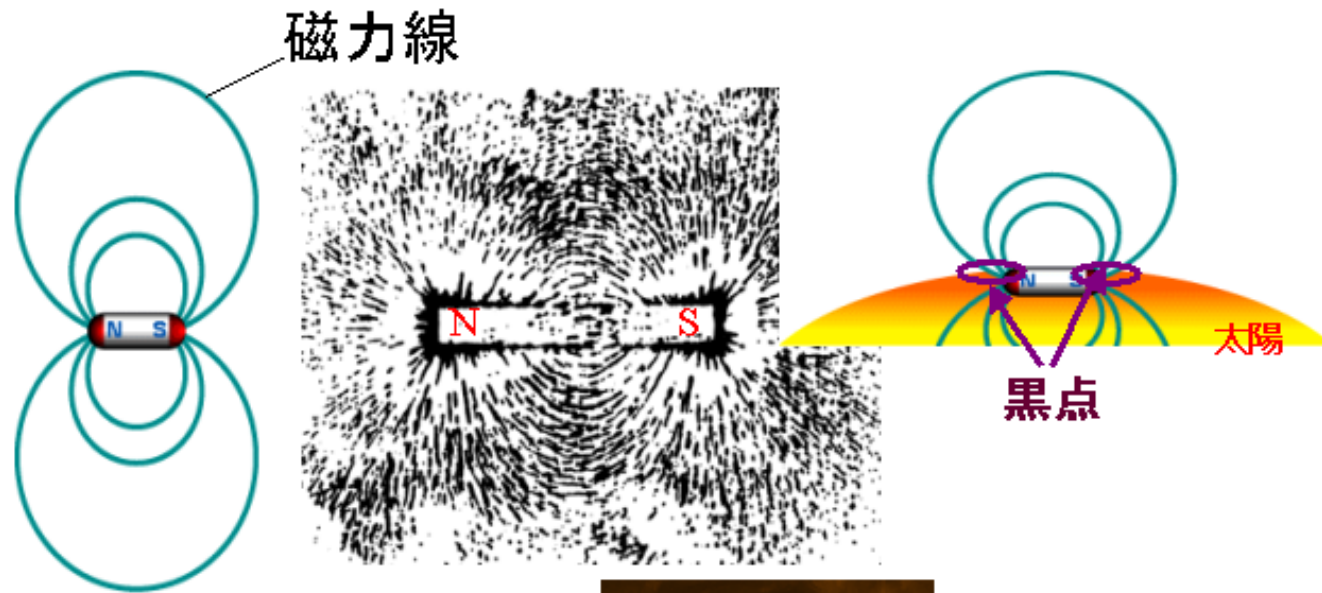


プロミネンス(紅炎) ... 100万度のコロナにうかぶ1万度のガス  
スピキュール ... 太陽の表面から吹き出すジェット



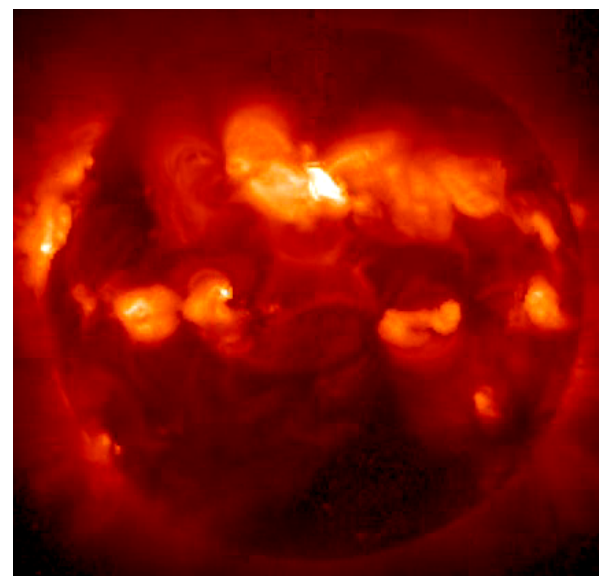
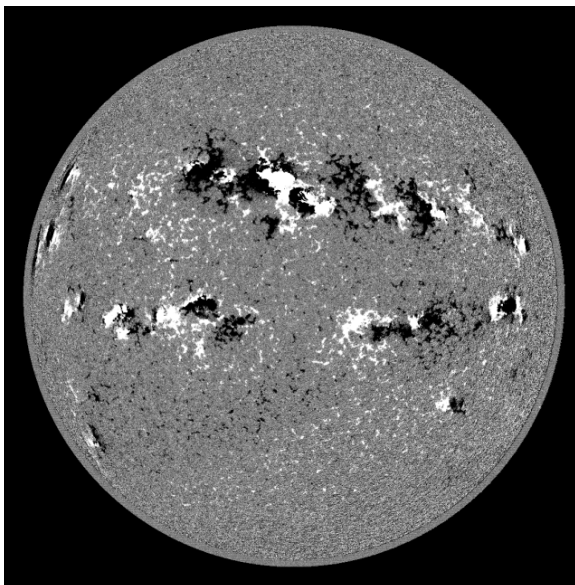
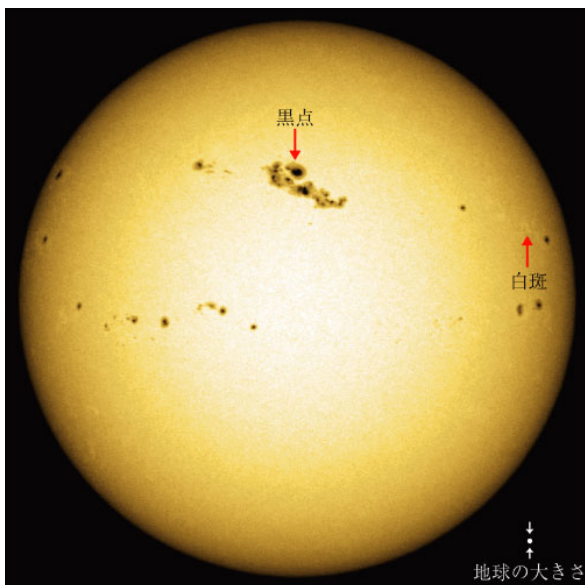
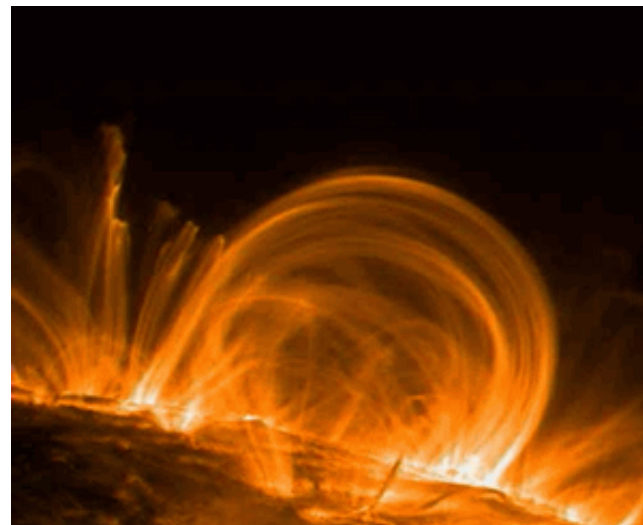
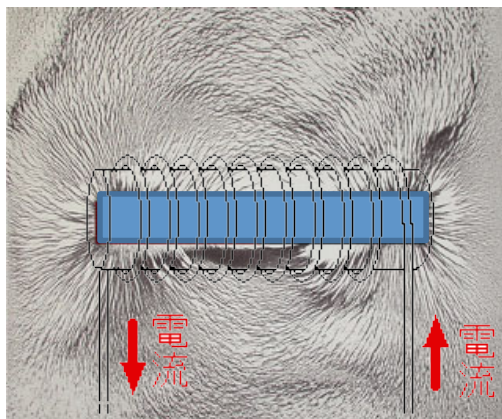
# 黒点の正体は大きな磁石

## 太陽磁場



—

# 太陽の表面は磁場に覆われている



# コロナの加熱～電磁調理器

関西電力のHPから



電磁調理器 (IH: Induction Heating)

調理器に電流を流す

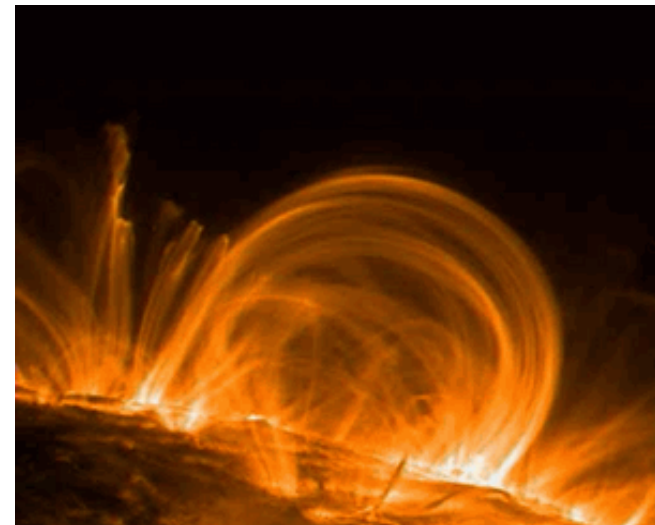
⇒ 磁場ができる (電磁石の原理)

⇒ 鍋に電流が流れる (電磁誘導の原理)

⇒ 電流が電気抵抗により熱化 (電気ストーブ)

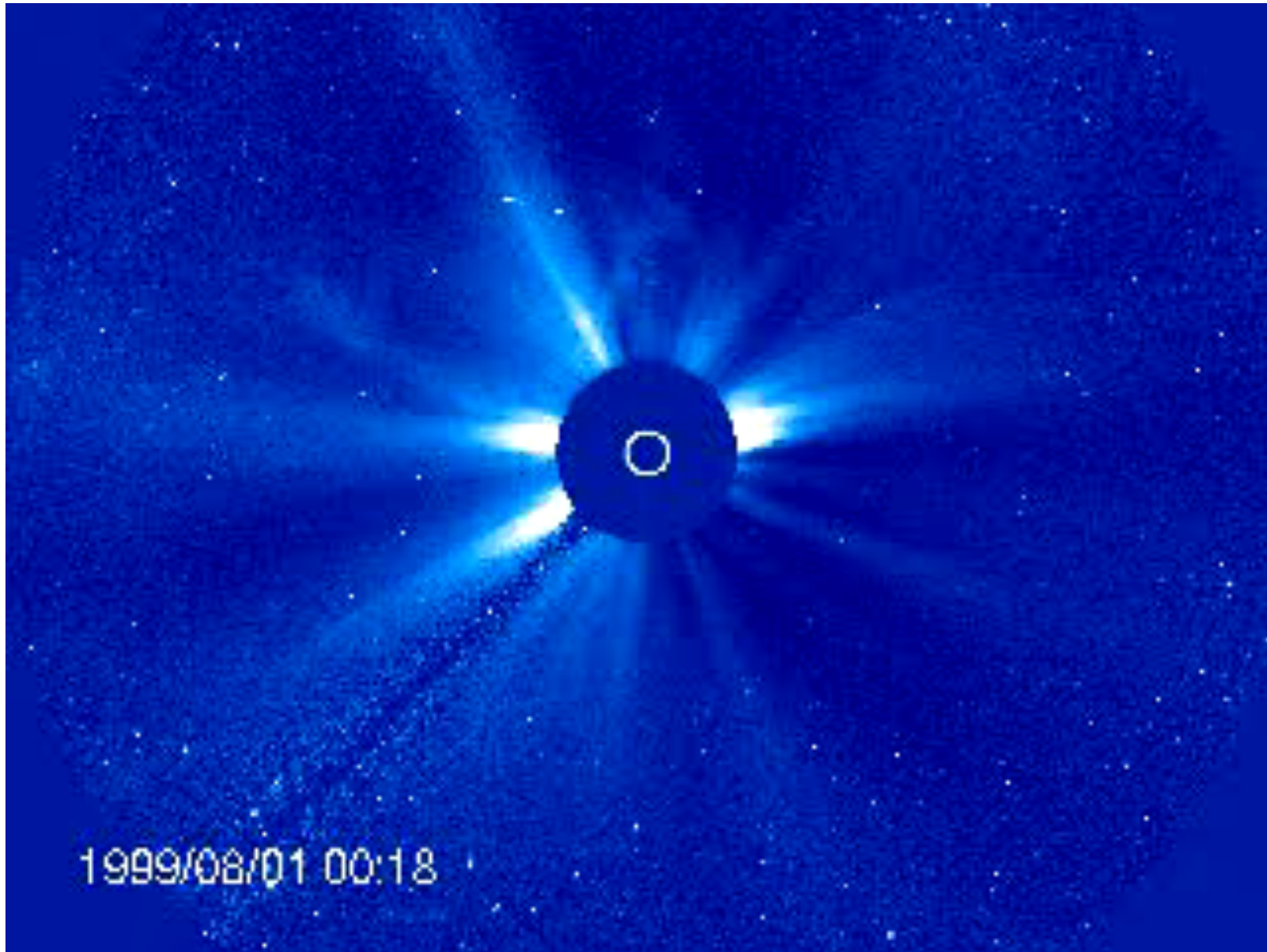
太陽では:

太陽表面のガスの運動 (電流)  
が磁場を介してコロナに電流を流し、  
その電流のエネルギーが熱に変わる

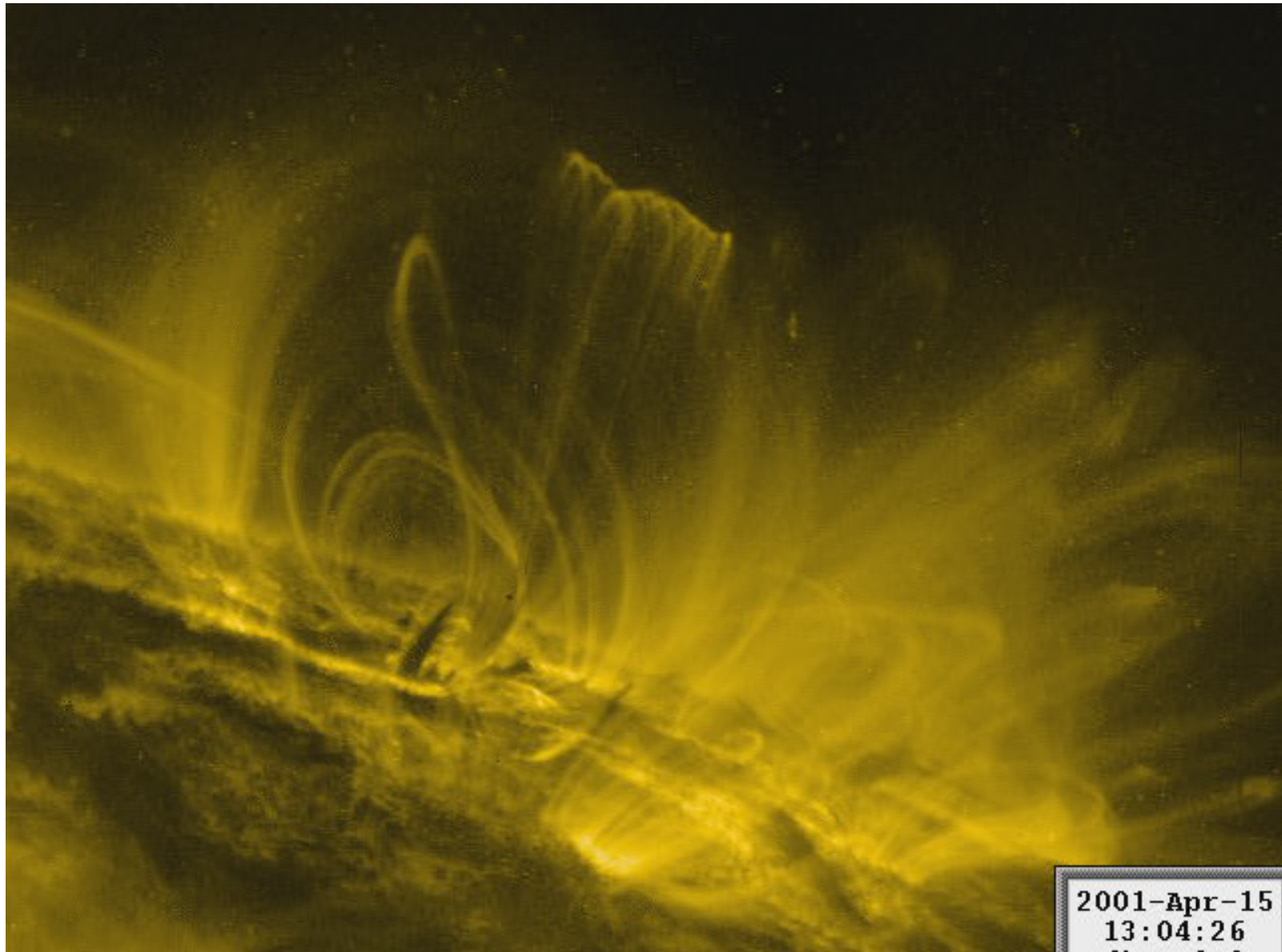




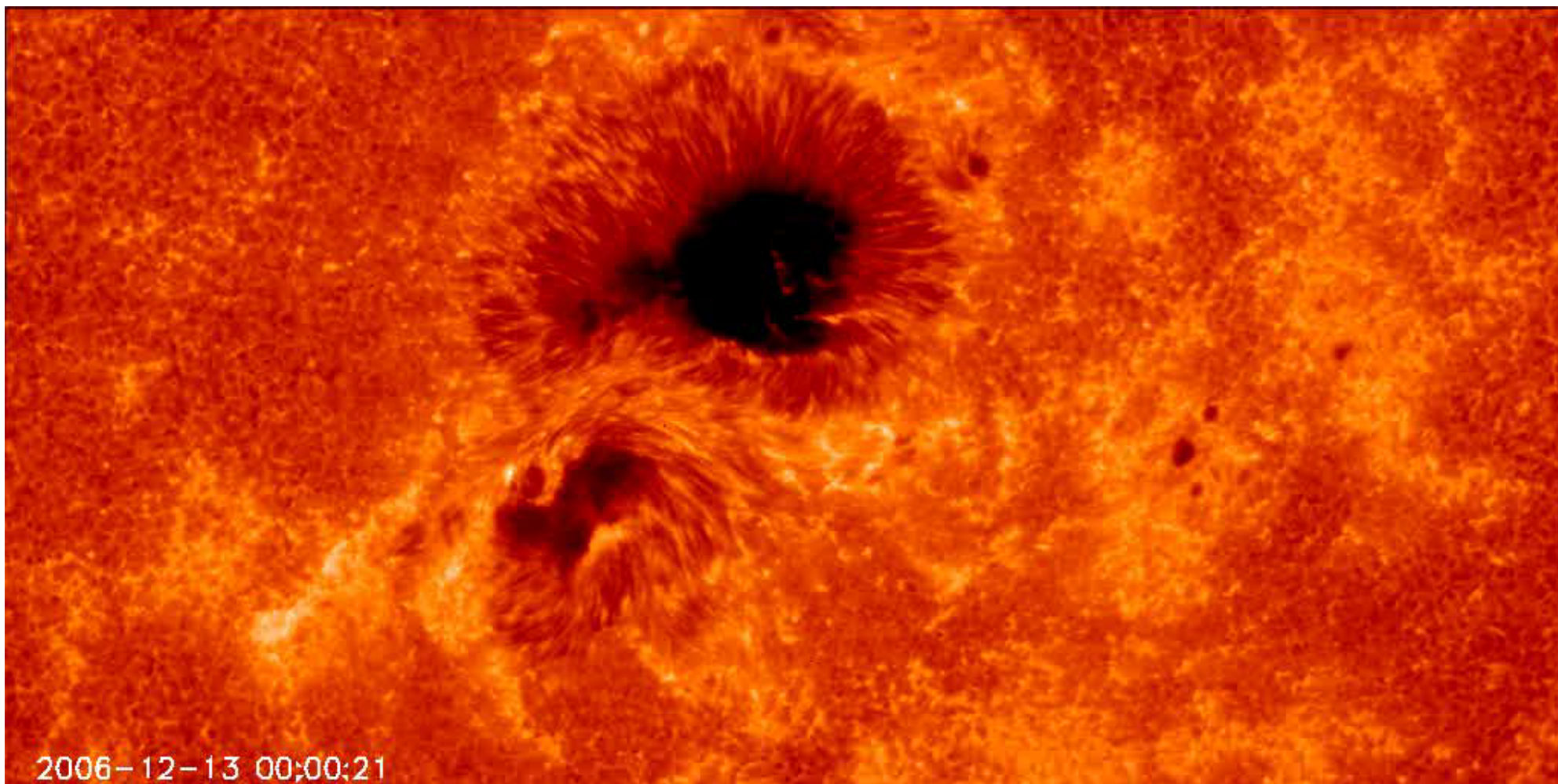
# 太陽からふく風



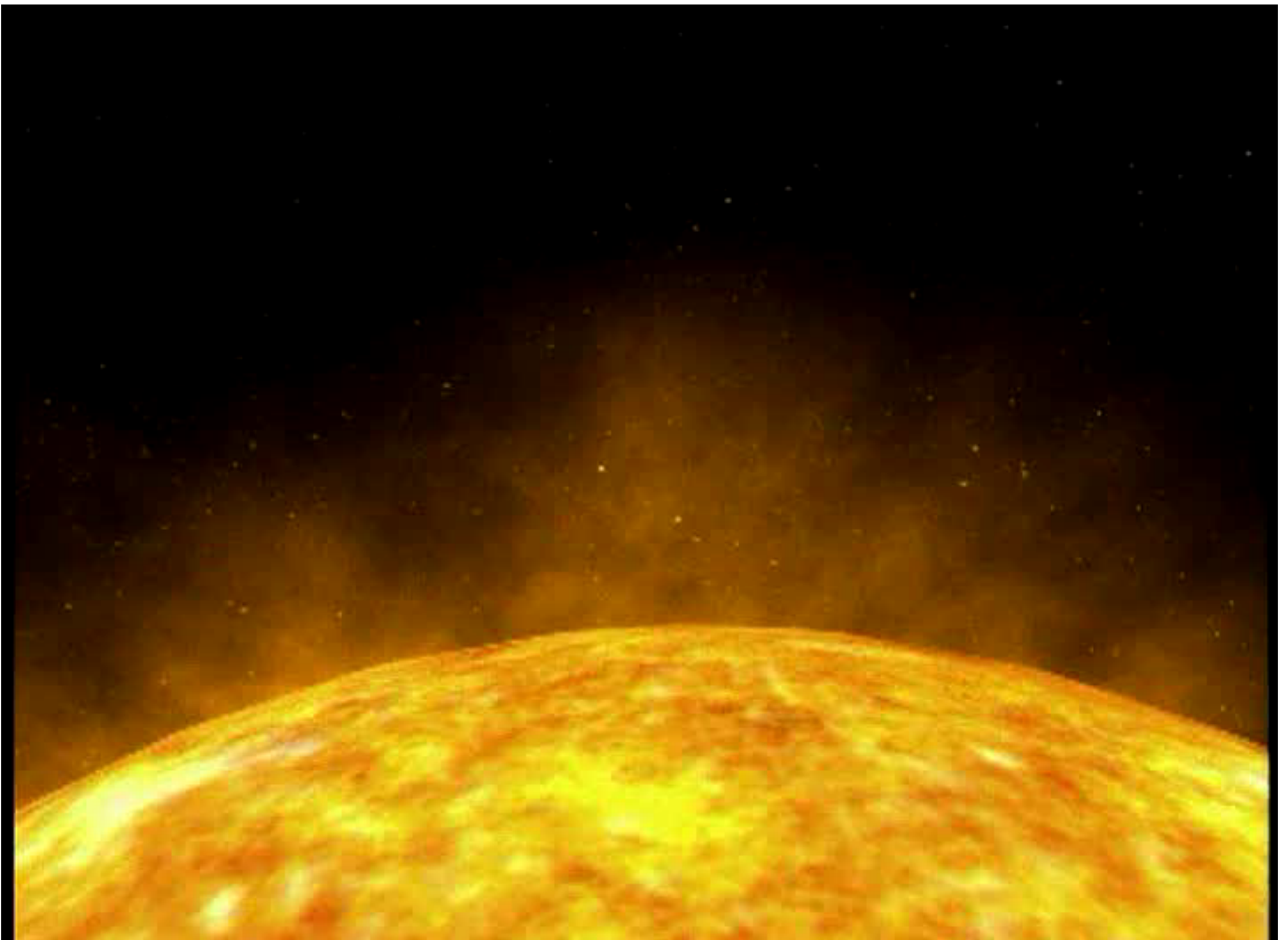
# 太陽フレア



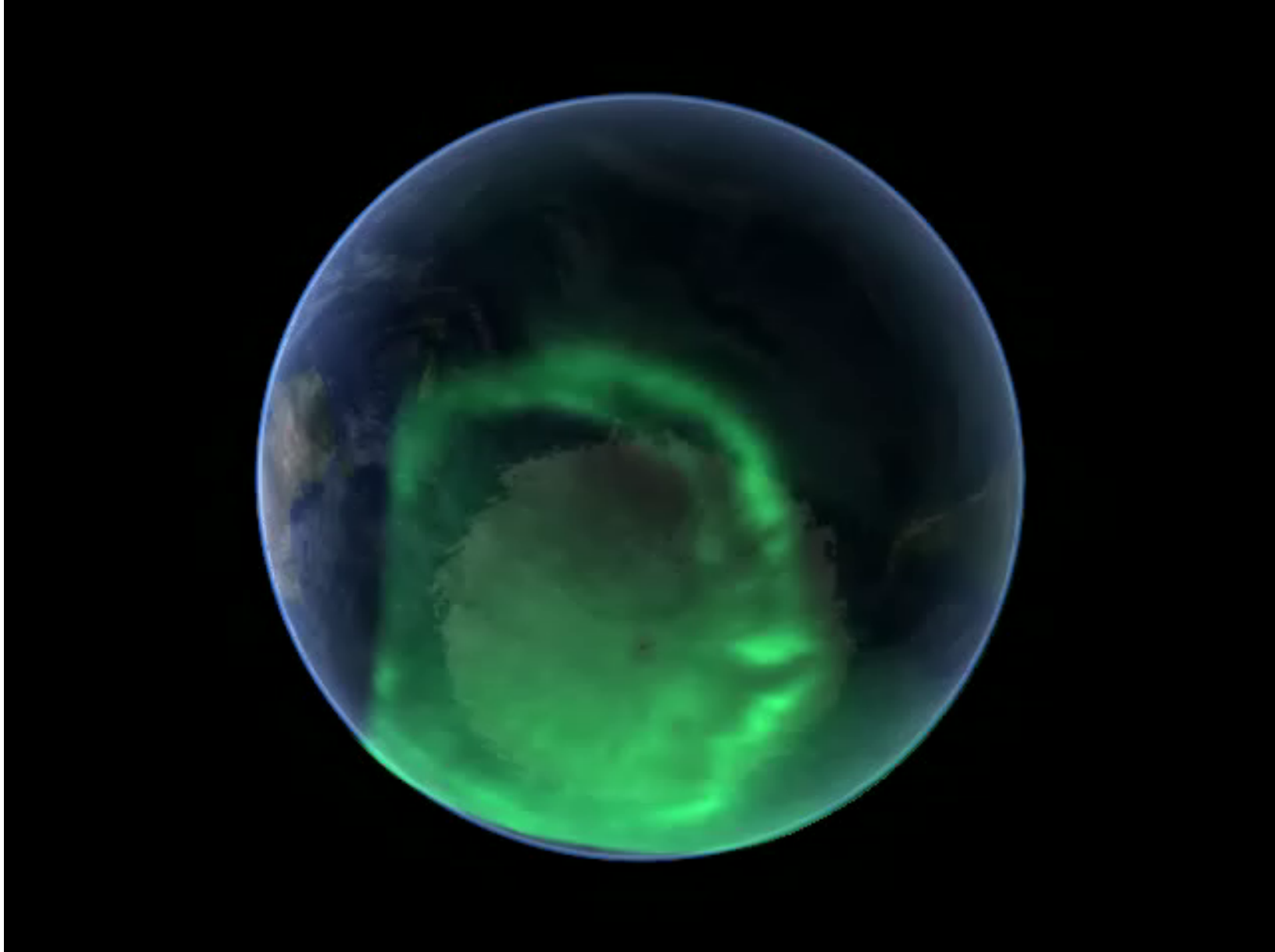




2006年12月13日の大フレア

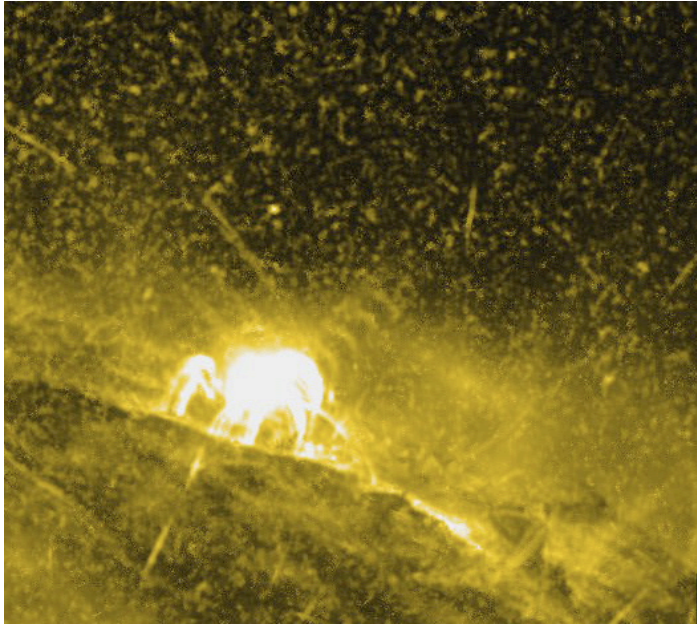


# 宇宙から見たオーロラ



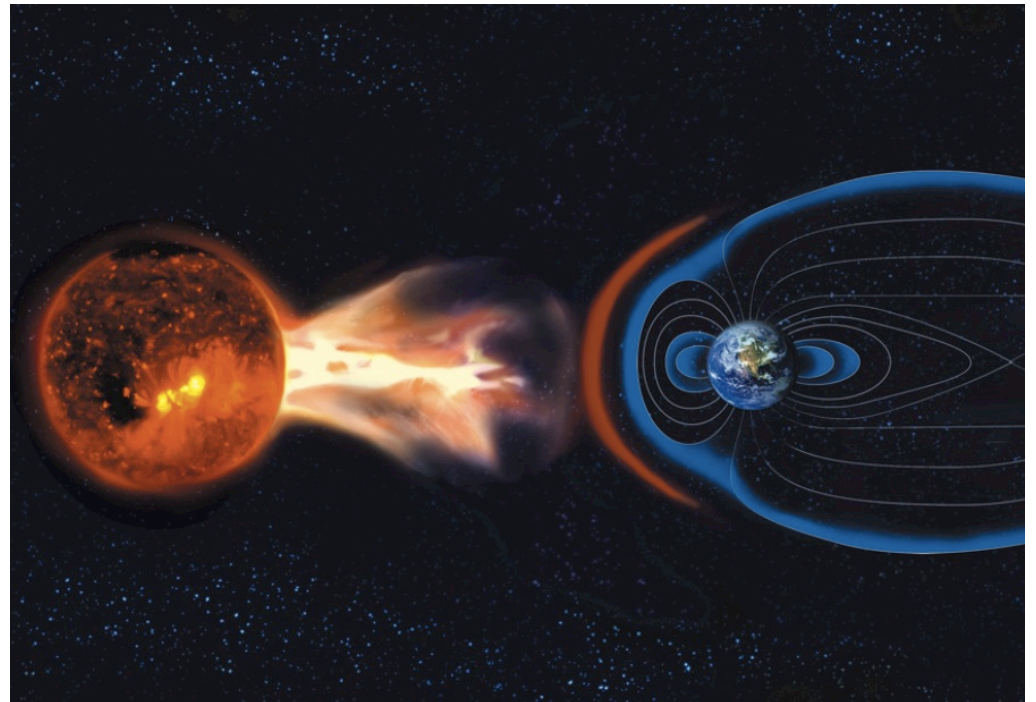


# フレアやコロナ質量放出が起きると



太陽フレアに伴う高エネルギー放射線  
=>宇宙飛行士の被爆  
人工衛星の故障

フレアに伴い噴出する磁気プラズマ  
(コロナ質量放出)  
=>磁気嵐、オーロラ  
通信障害  
送電線網、パイプラインの障害





# フレアがおきると大変。 これからは「宇宙の天気予報」

**太陽フレアと地球への影響**

**商用機**  
両極近くを飛んでいる航空機の乗員乗客は、高レベルの放射線にさらされる可能性がある

**荷電微粒子(太陽風)、放射線などが地球に到達する**

**オーロラ**  
通常は両極付近でだけ見られるが、赤道近くでも見えるようになる

**通信**  
電離層での磁気嵐は、一部の無線通信に影響する。テレビやラジオ放送にはほとんど影響がない

**電力網**  
磁気嵐で強い電流が生じ、電気製品を損傷するおそれがある

**航行システム**  
信号が妨害され、船や航空機に正確な位置情報を与える可能性がある

**人工衛星**  
マイクロチップを損傷したり、ソフトウェアを壊したりする。人工衛星を定位置からずらす

米海洋大気局(NOAA)、米航空宇宙局(NASA)、ロイターなどから

2003年10月30日 朝日新聞

2003年(平成15年)10月30日 木曜日

## 太陽の「嵐」、地球直撃

### 「14年ぶり」大爆発 微粒子、磁場乱す

【ワシントン】村山和博 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」が地球を直撃すると発表した。「嵐」は14年となる最大級規模。低緯度地域でもオーロラが観測されたほか、地球の磁気が乱されて起こる「磁気嵐」で一部の航路の無線通信などに障害が出た。

今回のフレアに伴って、飛行に支障はないが、電気を帯びた微粒子が時速30万kmの猛スピードで飛散。約19時間後の米東部時間21日午前1時すぎ(日本時間同日午後3時すぎ)、太陽から1億3千万km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、うすうすのオーロラが観測された。

米航空宇宙局(NASA)によると、約4000kmの軌道を回る国際宇宙ステーションでは、20分ほど飛行士2人がスレクション内の安全な場所に避難した。目立った影響はないという。

太陽フレアの影響で、人工衛星と地上の基地局との通信を立ち止めている宇宙航空研究開発機構のデータ中継技術衛星「こだま」は29日午前0時30分ごろから、一時的に機能を停止している。こだまは、現在電源系の異常はない。

国内でも観測 航空影響なし  
気象庁地磁気観測所(茨城県八郷町)によると、国内でも29日午後5時1分から30日午前0時までに、地上では、まだ人の約4倍から8倍も大きな磁気の乱れを観測した。

日本航空も全日空も国内内の航空会社の担当者は「報道で知り、警戒はしているが、今のところ安全の問題はない」と。海上保安庁によると、航行中の船舶にも影響はない。

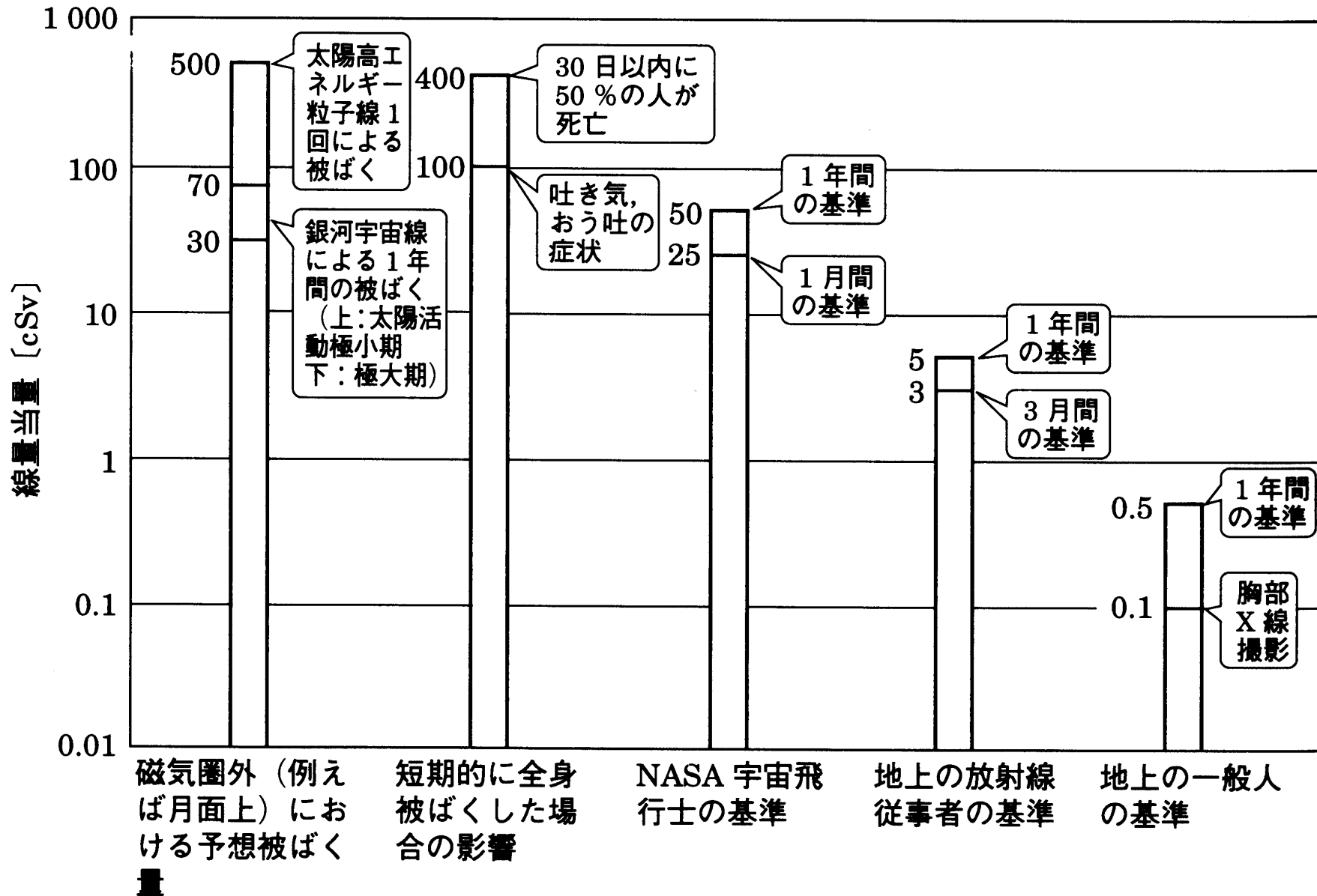
地球を取り巻く磁場が太陽の活動で激しく揺らぐと、磁場が爆発的に消滅する。この場合、オーロラや荷電微粒子などが宇宙空間に高速で放出し、荷電微粒子による放射線が地球に降り注ぐ。極大期に現れる黒点の数は11年周期で激しく変動する。今回の極大期は1989年から2000年にかけての「超極大期」と呼ばれる。この超極大期は、先週30年から急に活発化した。

太陽の活動 太陽はほぼ11年周期で激しく揺らぐ。この場合、オーロラや荷電微粒子などが宇宙空間に高速で放出し、荷電微粒子による放射線が地球に降り注ぐ。極大期に現れる黒点の数は11年周期で激しく変動する。今回の極大期は1989年から2000年にかけての「超極大期」と呼ばれる。この超極大期は、先週30年から急に活発化した。

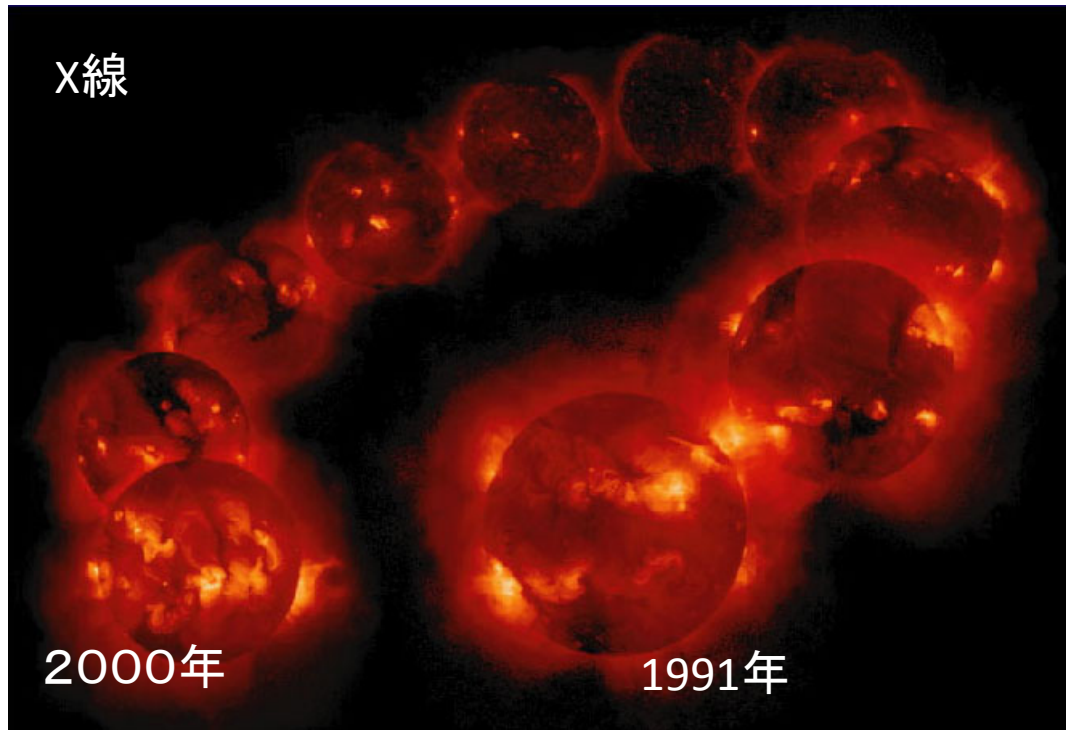
## テキサスでオーロラ ■飛行士避難



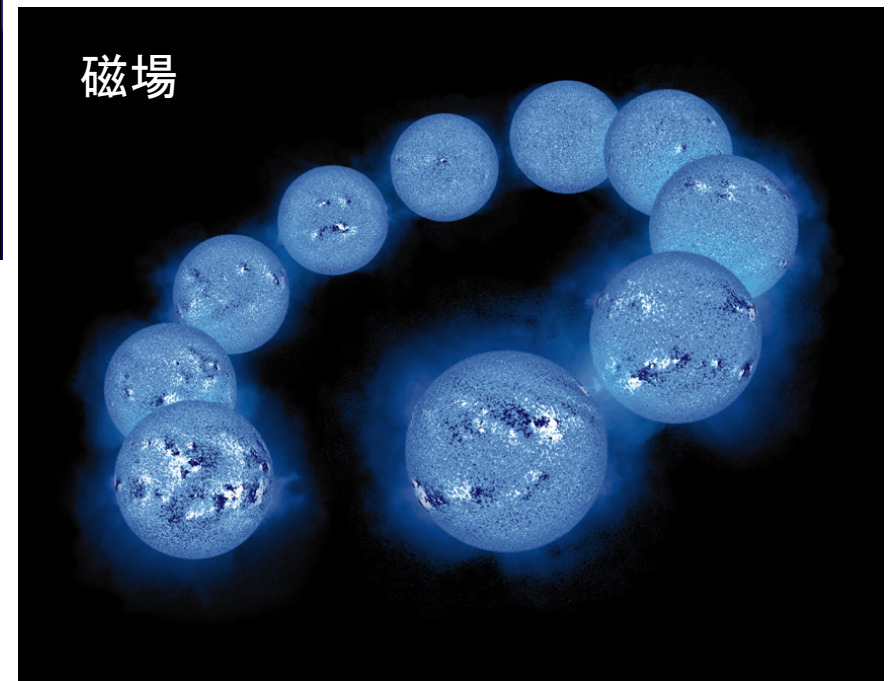
# 太陽放射線による被爆の危険性



# 太陽は11年ごとに変化する

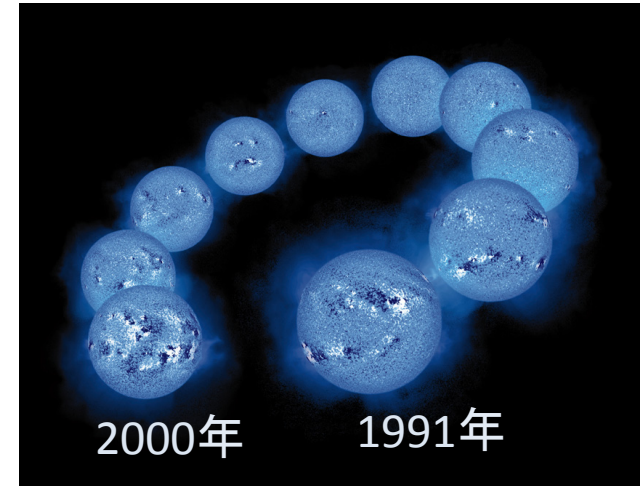
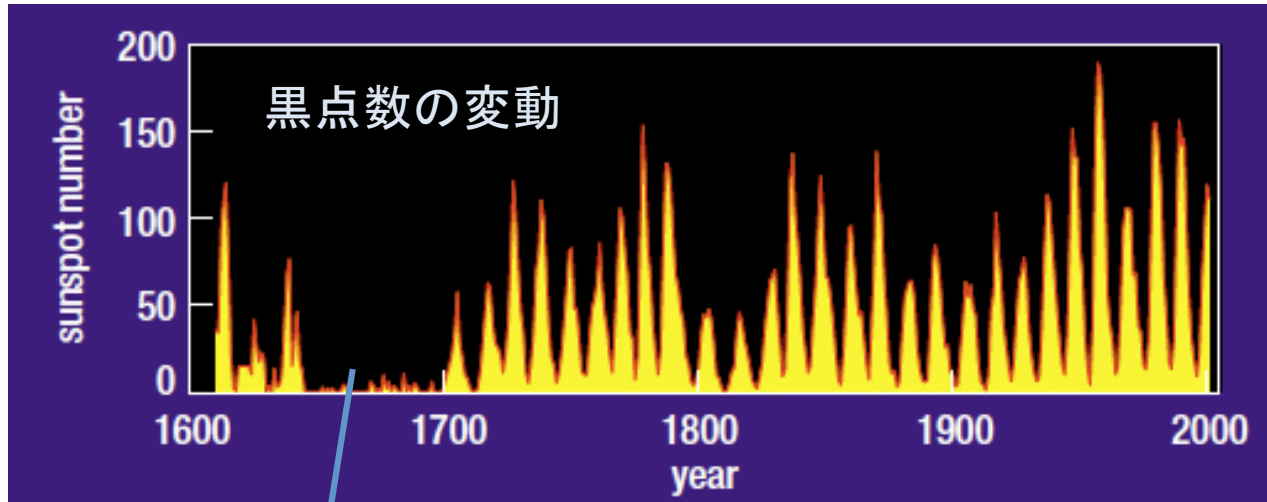


黒点の数が約11年で  
ふえたりへったりする



# 黒点の数と地球の気温

太陽黒点の変化



マウンダーミニмум



• 今から300年ちょっと前、黒点がほとんどない時があった

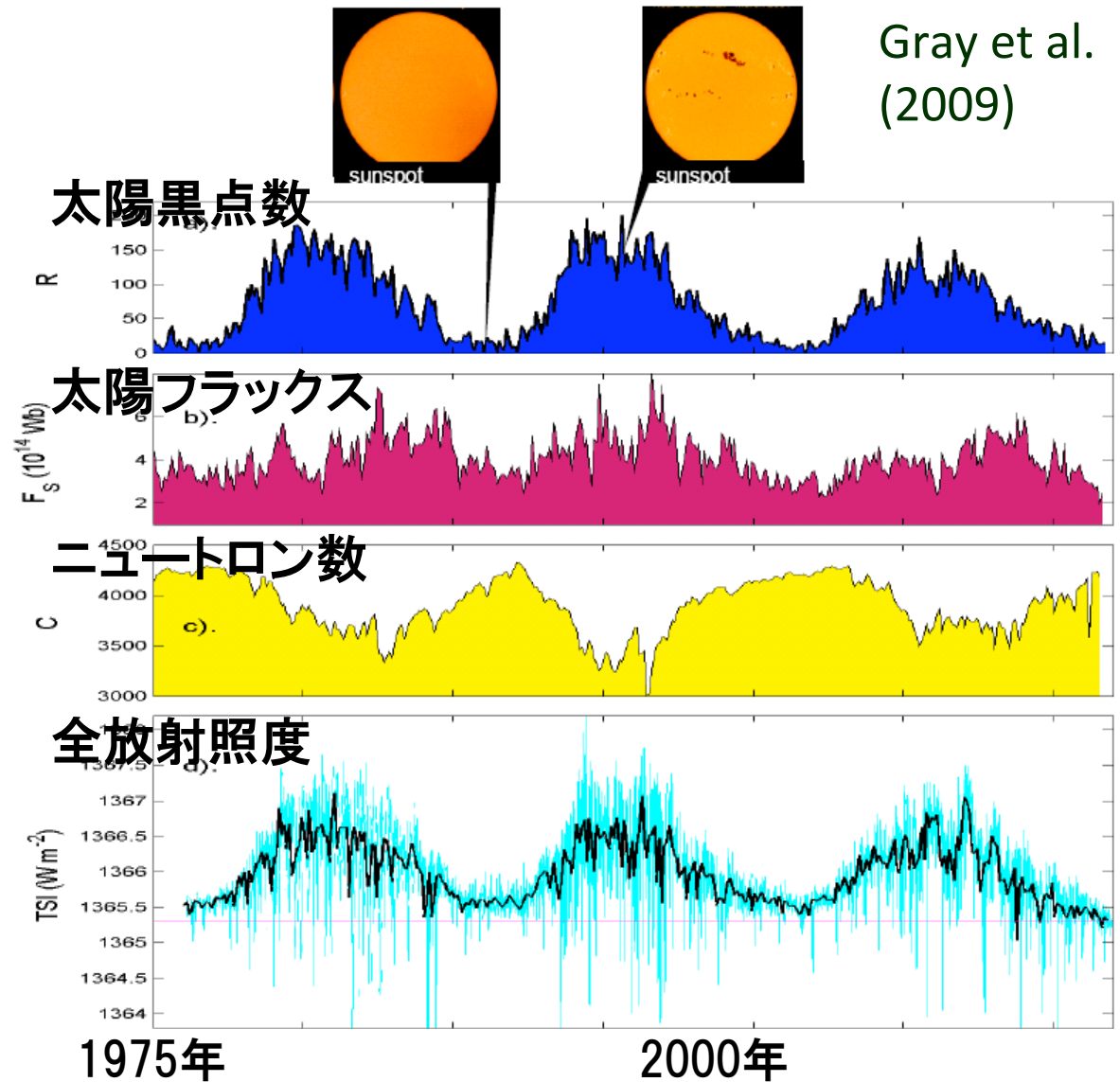
• そのころ地球はミニ氷河期(ひょうがき)だった

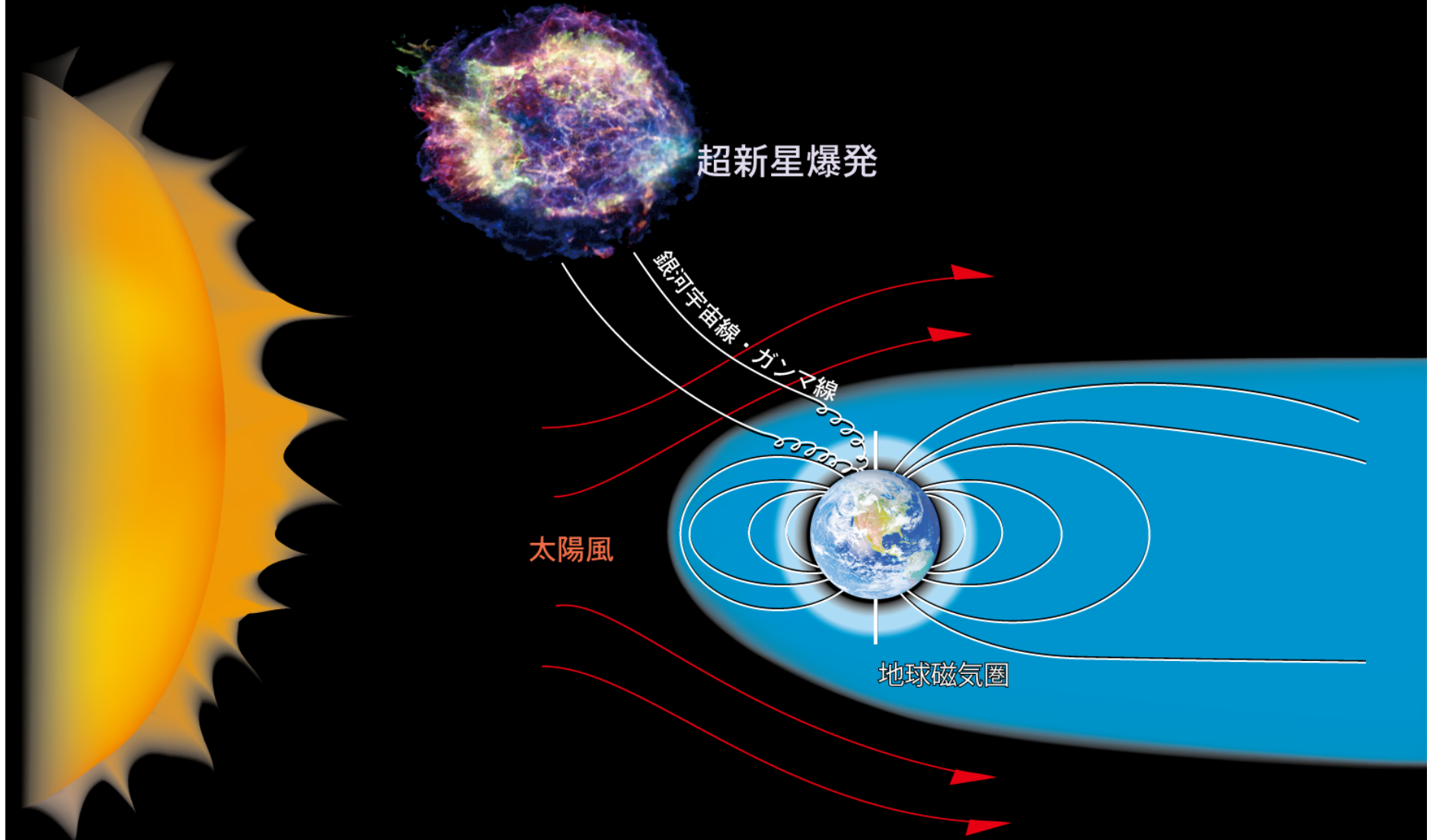
そのころのイギリスのテムズ川をかいた絵



# 太陽活動が地球の気候に 影響を与える可能性

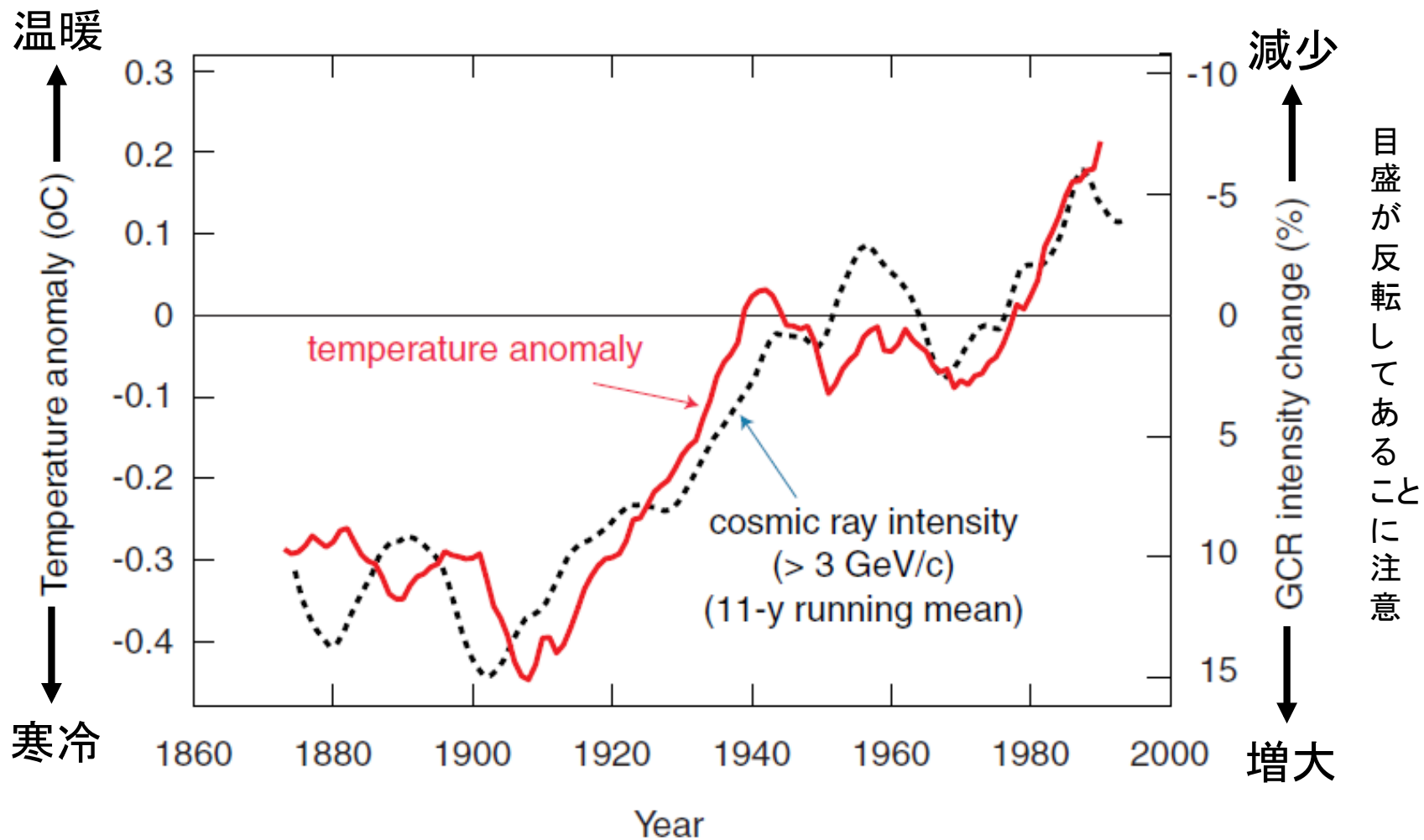
1. 全放射強度(明るさ)
2. 紫外線の変動
3. 銀河宇宙線の変動





超新星爆発でできた高エネルギー粒子(銀河宇宙線)が地球に降り注ぐ  
太陽黒点の磁場は、銀河宇宙線に対するバリアとして働く  
=>黒点が少ないと、宇宙線がたくさん降ってくる

Lockwood et al., *Nature* 399, 437- (1999)



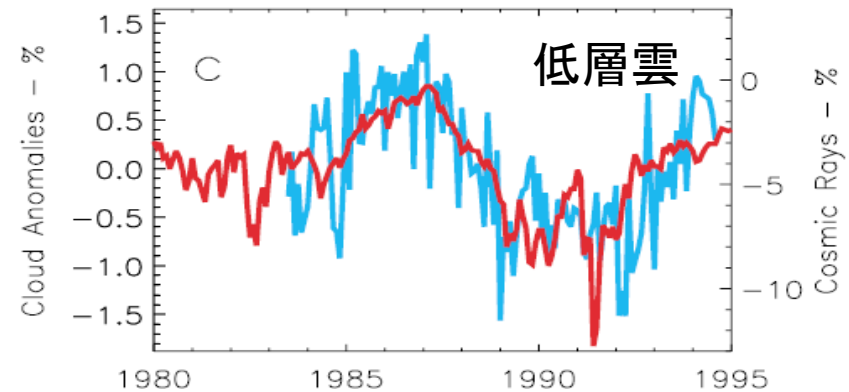
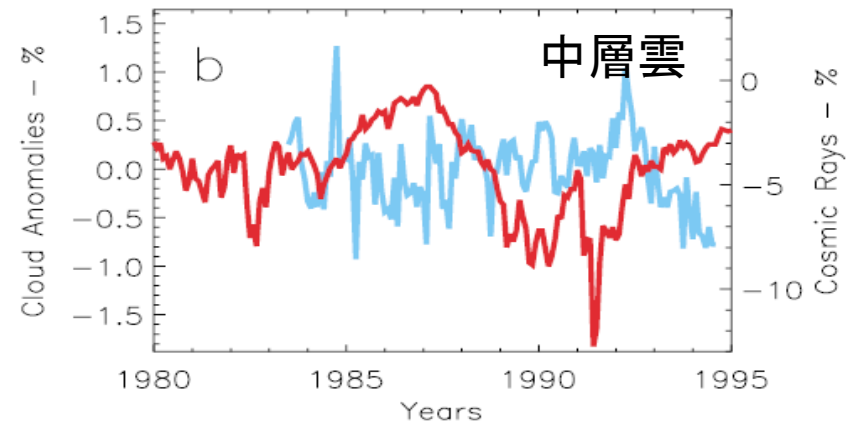
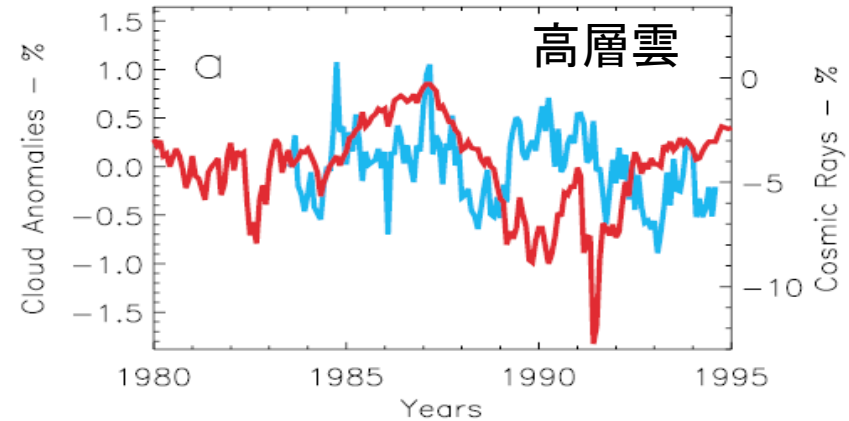
過去150年間、太陽活動は増大を続け、宇宙線は減少を続けていた。  
その傾向と温暖化の傾向は一致。

宇宙線と低層雲量にはよい相関がある  
(Svensmarkほか、2000)  
高層雲、中層雲では相関は見られない

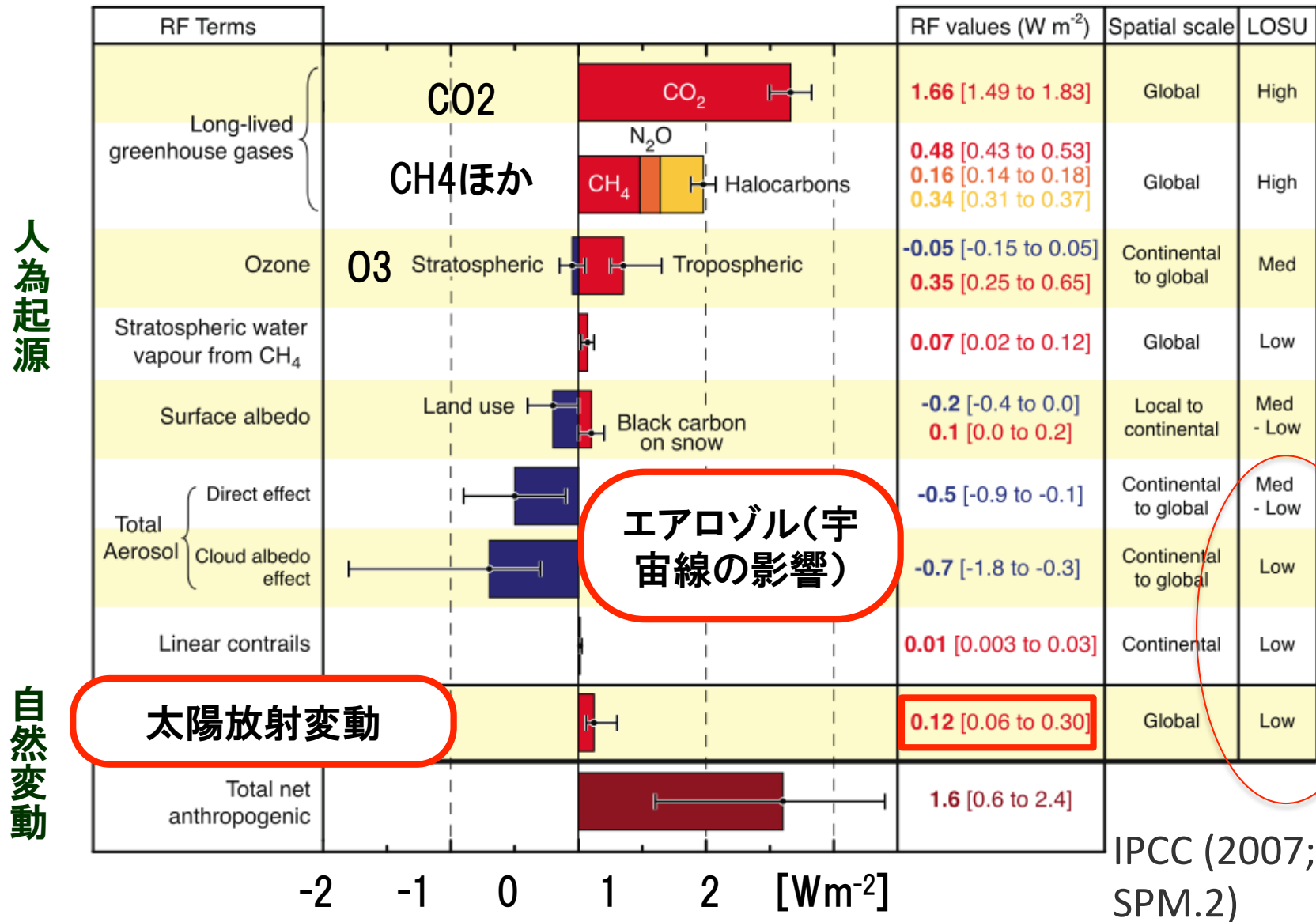
銀河宇宙線は、大気と衝突して雲が  
できる時に核となるエアロゾルを作  
る

銀河宇宙線が増えると低層雲が増  
える=>太陽光を反射して気温が  
下がる

...以上のようなメカニズムが提唱さ  
れているが、この効果が実際にどれ  
ほど効いているかは、まだよく分  
かっていない。



# 気候変動の要因(IPCC報告書より)



一番右のコラム、LOSU(Level Of Scientific Understanding)が低い要素が多くある  
 =気候変動にはまだよくわかっていない効果があるということ

# 地球温暖化問題にどう向き合うか

(以下は磯部の個人的な意見。よく考えて自分の意見を持って下さい。)

- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change; 気候変動に関する政府間パネル)は、人間が出したCO2により地球が温暖化している**可能性が高い**という結論をだした。
- 「証明した」わけではない。太陽活動の影響など、科学的にまだ分かっていないことも多い。一方、多くの科学者が集まって、CO2温暖化の可能性が大であるという結論を出したという事実は重い。
- 自然も社会も複雑。科学でも100%確実なことが言えることは少ない。しかし私たちの生活、あるいは政治では、「不確実なことがある」段階で、何らかの決断と行動起こす必要が時にある。温暖化はそのような問題の一つ。

- たとえCO<sub>2</sub>による温暖化が危惧されているほどでないにしても、化石燃料にいつまでも依存できないのは明らかなので、脱炭素社会を目指すという方向は正しいと思う。
- CO<sub>2</sub>の温暖化の有無に関らず、太陽と地球の環境は長期的視点で見れば必ず変動する。特に世界全体の食料生産を下げるという観点から、寒冷化は温暖化より深刻な自体を引き起こす可能性が高い。
- これからの世界に必要なのは、(人為的温暖化や生態系の破壊など)急激な環境変動をできるだけ抑えるという努力に加え、例え環境が変動してもそれに対応できるような社会を作ること。