

京都精華大学 2015年前期

# 自然科学論

担当教員：磯部洋明

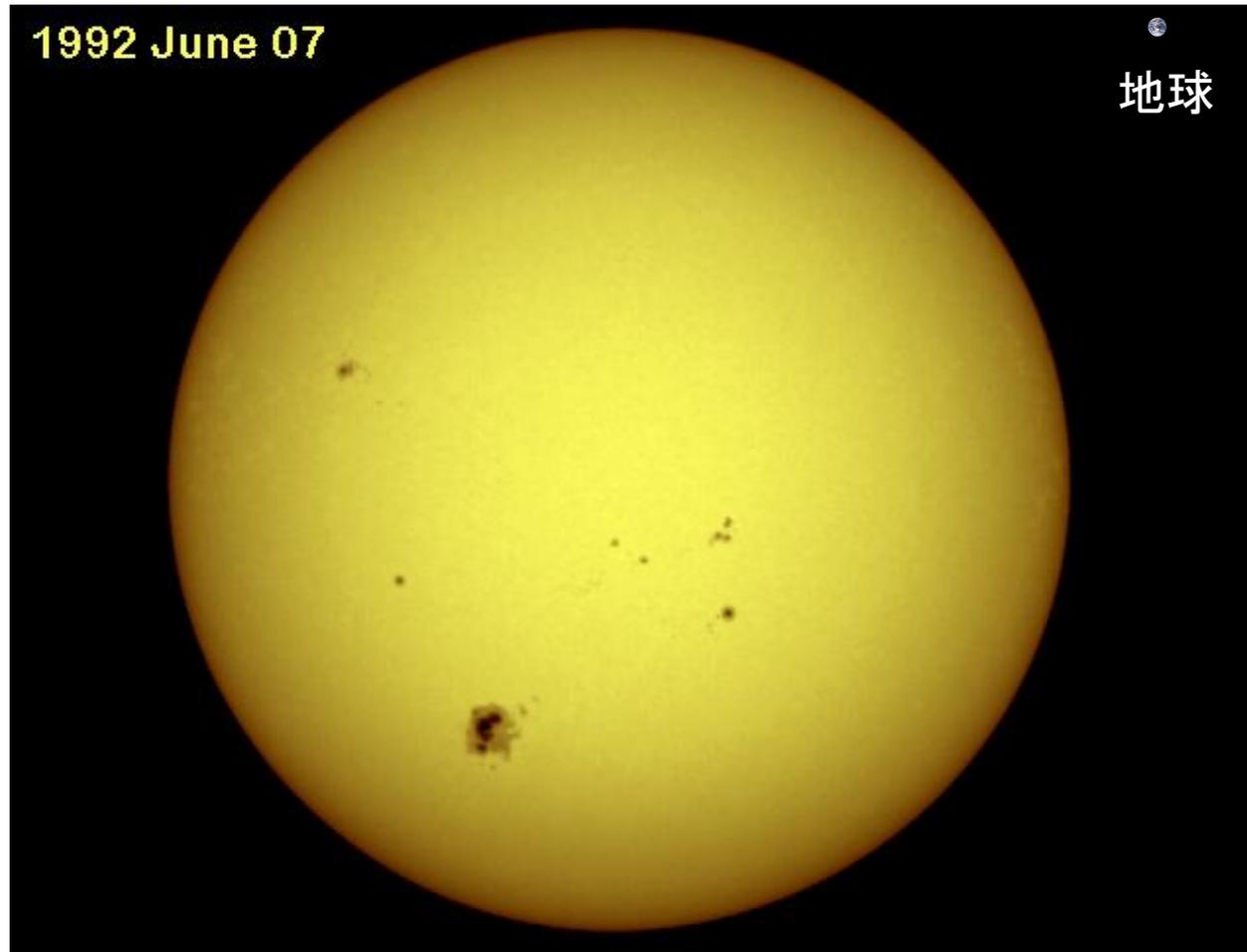
京都大学大学院総合生存学館准教授

京都精華大学・非常勤講師

第6回「太陽と地球の関係」

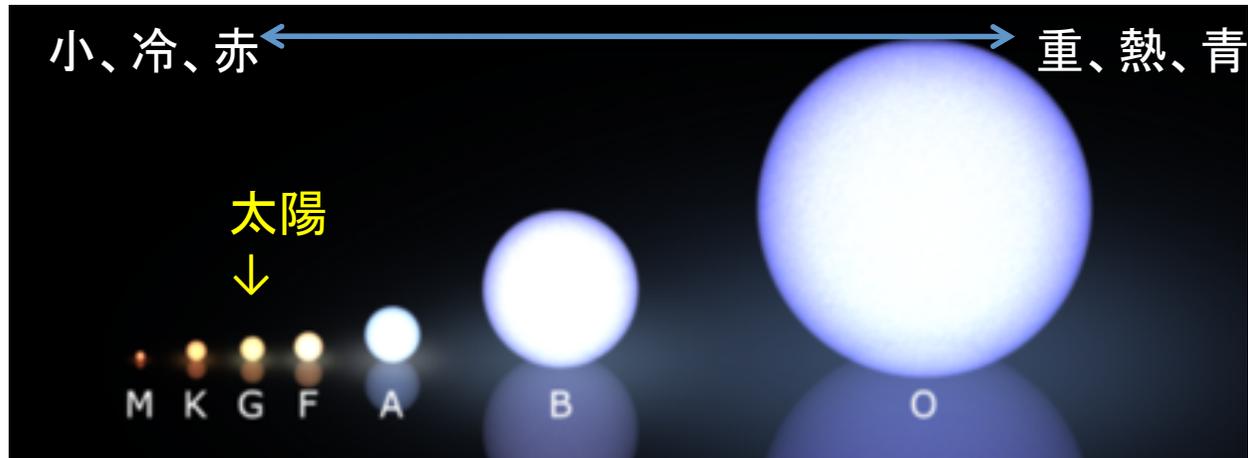
2015年5月26日

# 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

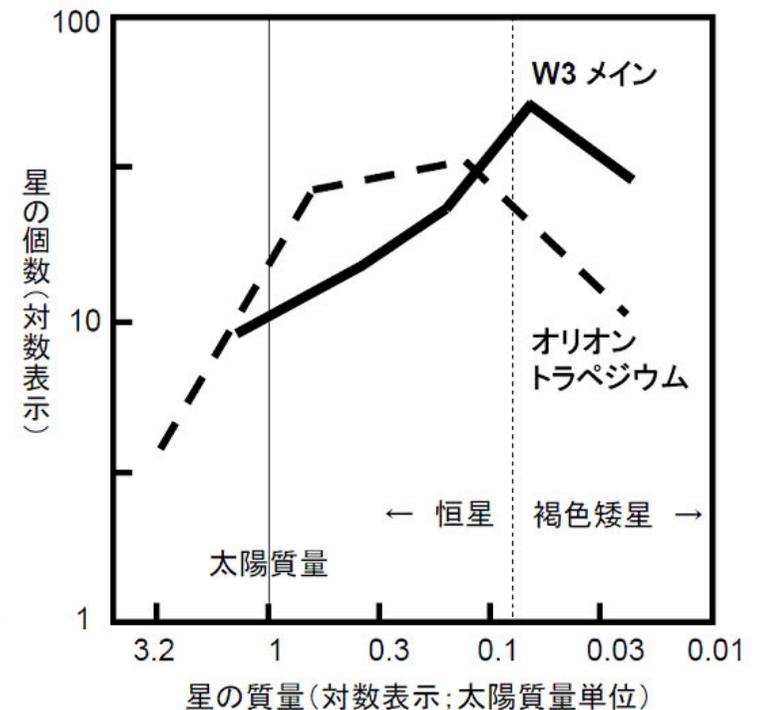
# 太陽はありふれた恒星の一つ



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。

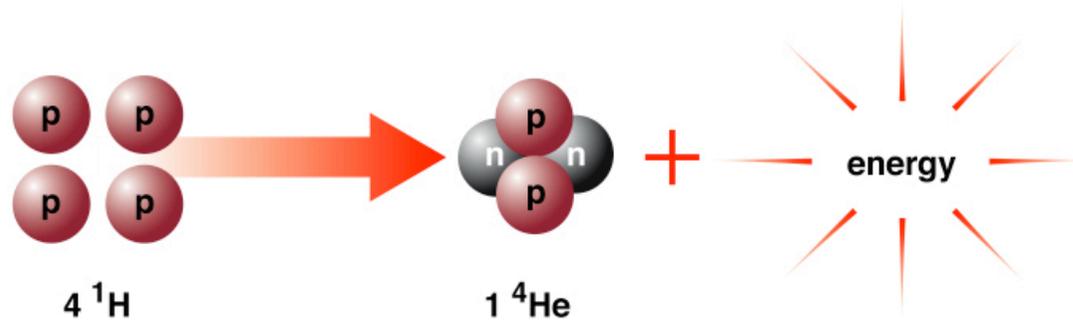
小さな星ほど多い。



国立天文台HPより

# 太陽のエネルギー源...核融合

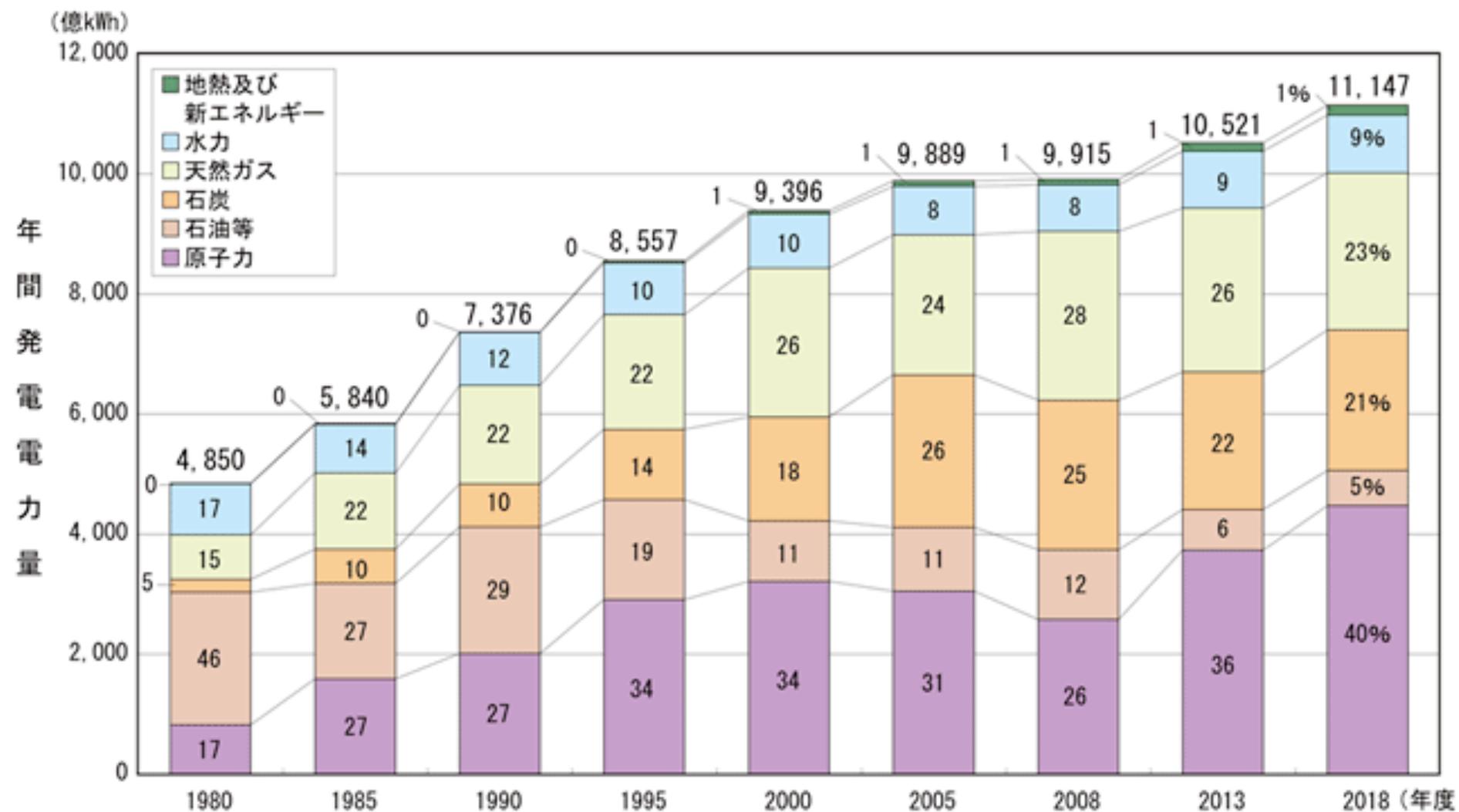
水素の原子核4つがくっついてヘリウム原子核を作る  
この時、質量(重さ)が少しだけ(約0.7%)減る。



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 (%)

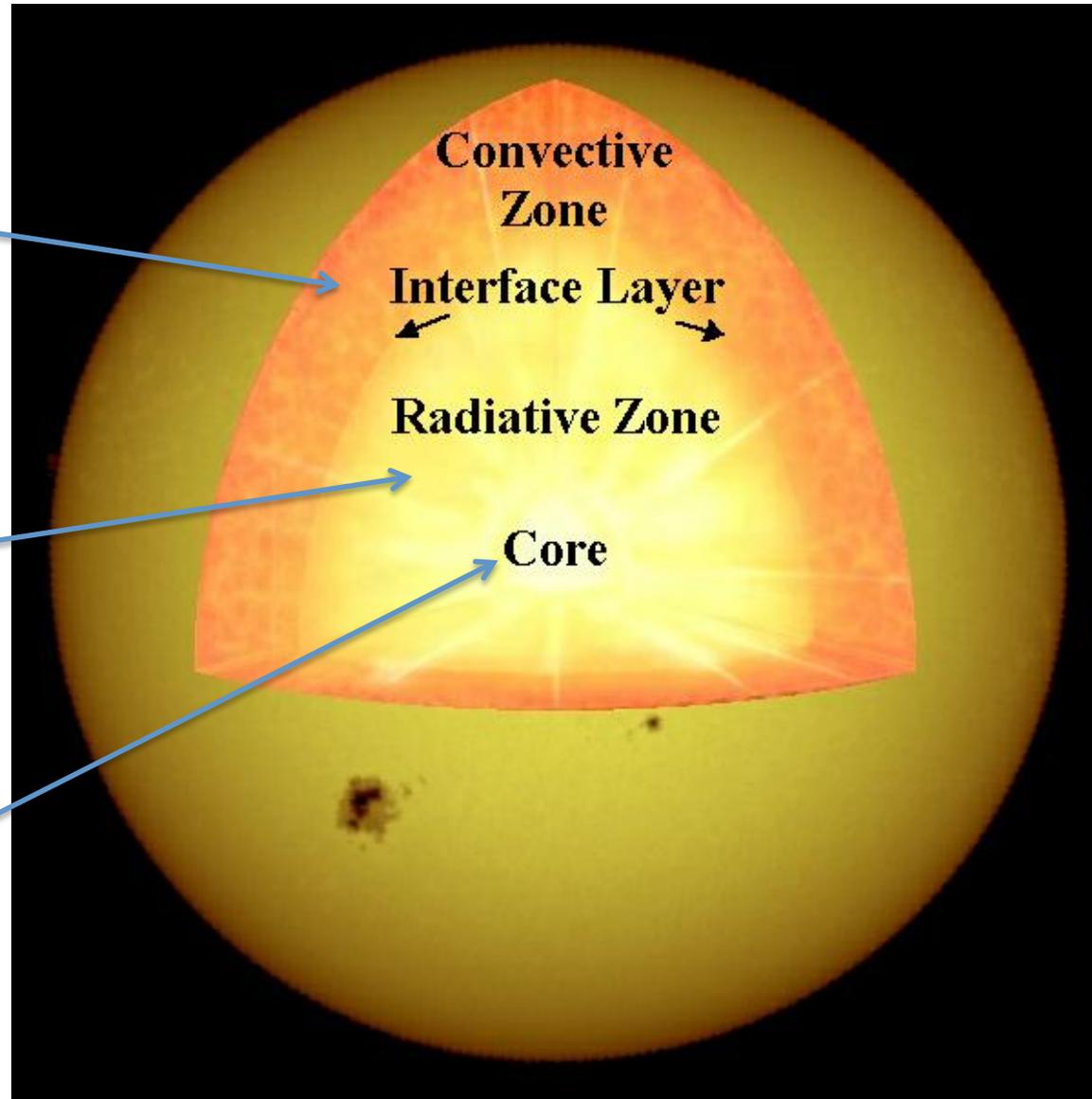
- 日本の使用電力は年間1兆キロワット時
- $E=mc^2$ で計算すると約40kg ...ほぼ人間1人分で年間電力を賄える
  
- ちなみに1兆キロワット時という量は
  - ≈ マグニチュード9の地震のエネルギー
  - ≈ お茶碗3兆杯分のカロリー
  - 国民一人、1日当たりになると、約18000キロカロリー...食べ物で取るカロリーの数倍程度

# 太陽の内部

対流層  
(ガスの流れでエネルギーを外に運ぶ)

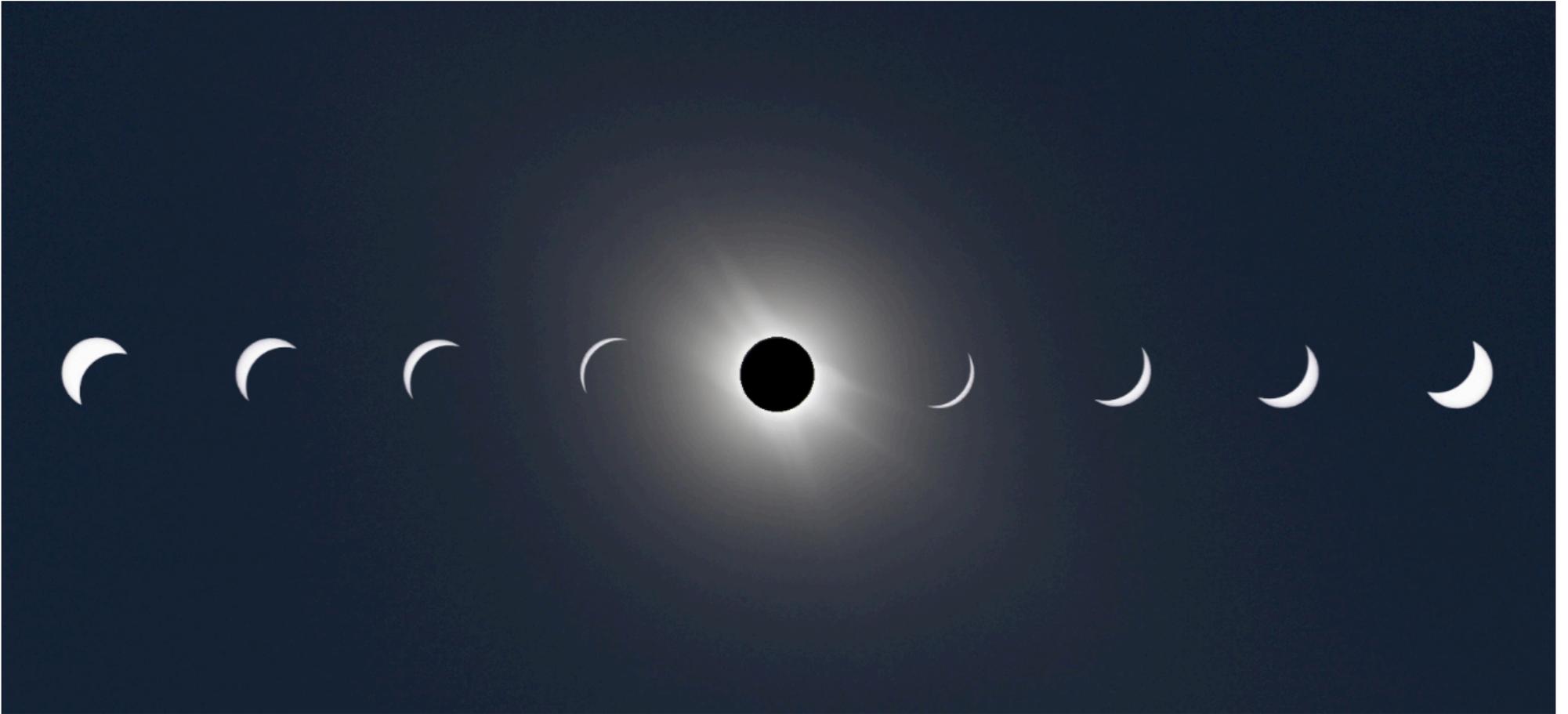
放射層  
(光でエネルギーを外に運ぶ)

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)

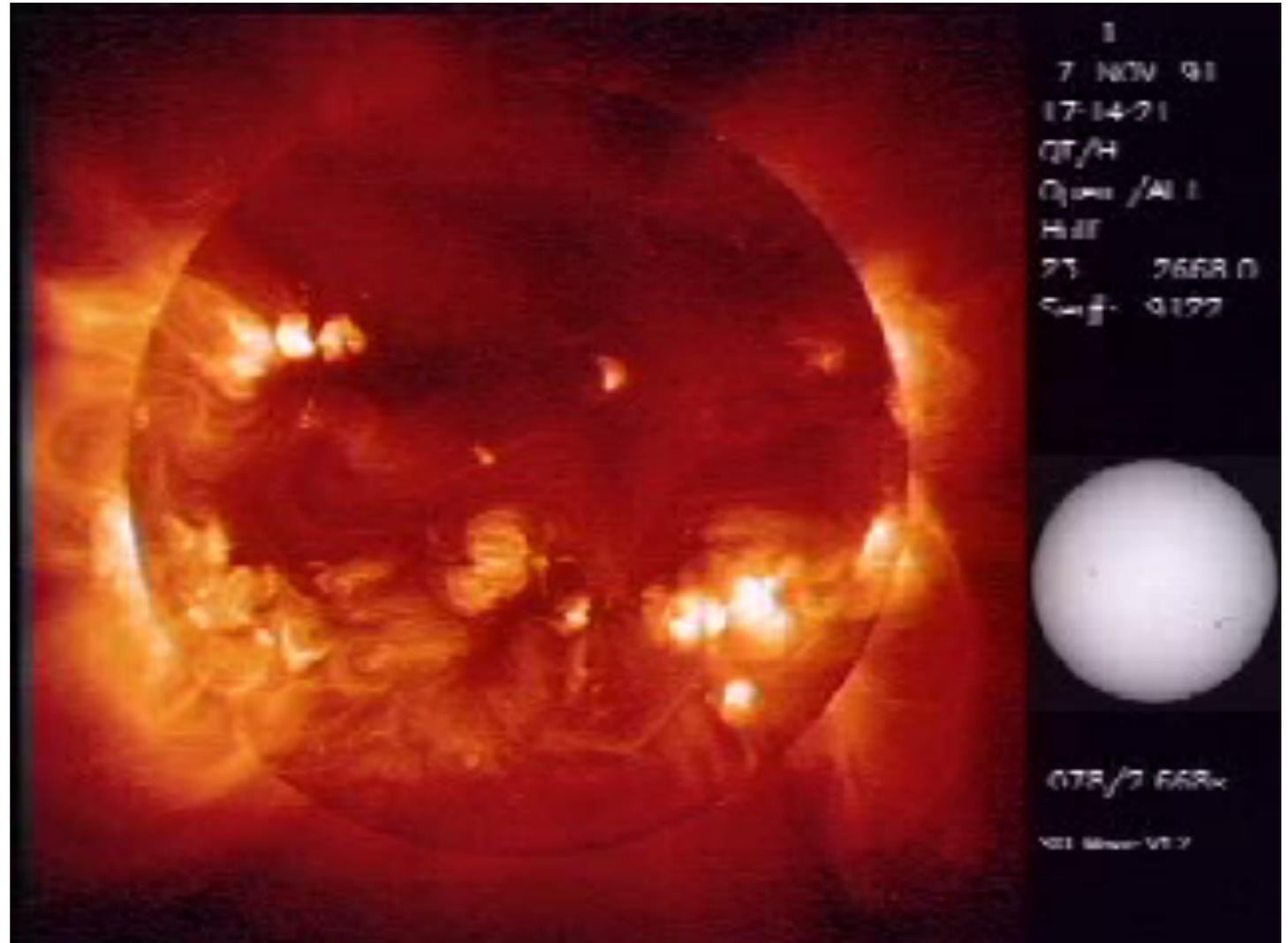


太陽の表面は6000度。その外側になぜ100万度の超高温大気があるのかは今も完全には分かっていない(少し分かり始めている)

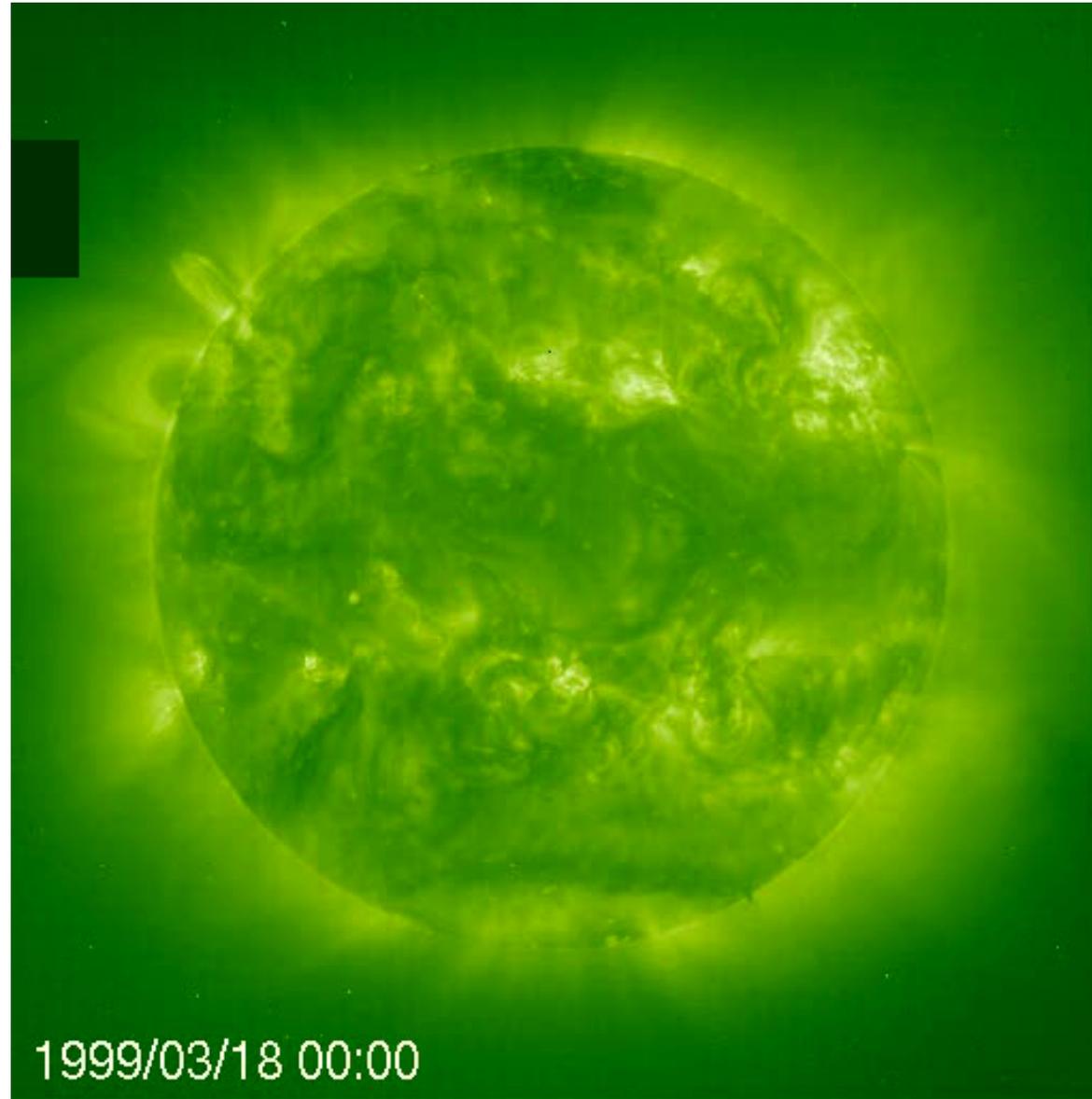
# エックス線で見た太陽

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

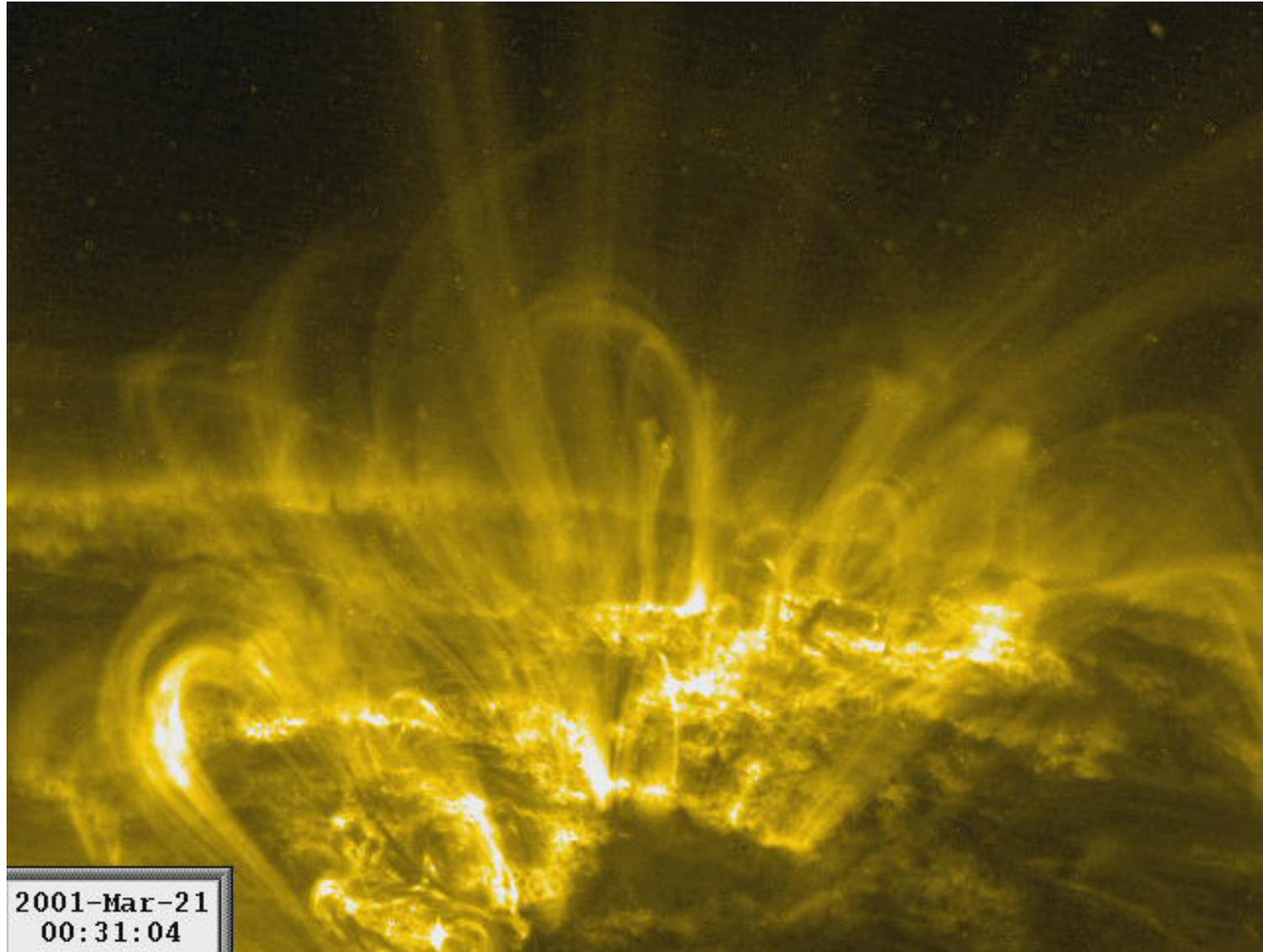


# 紫外線で見た太陽



SOHO衛星/EIT

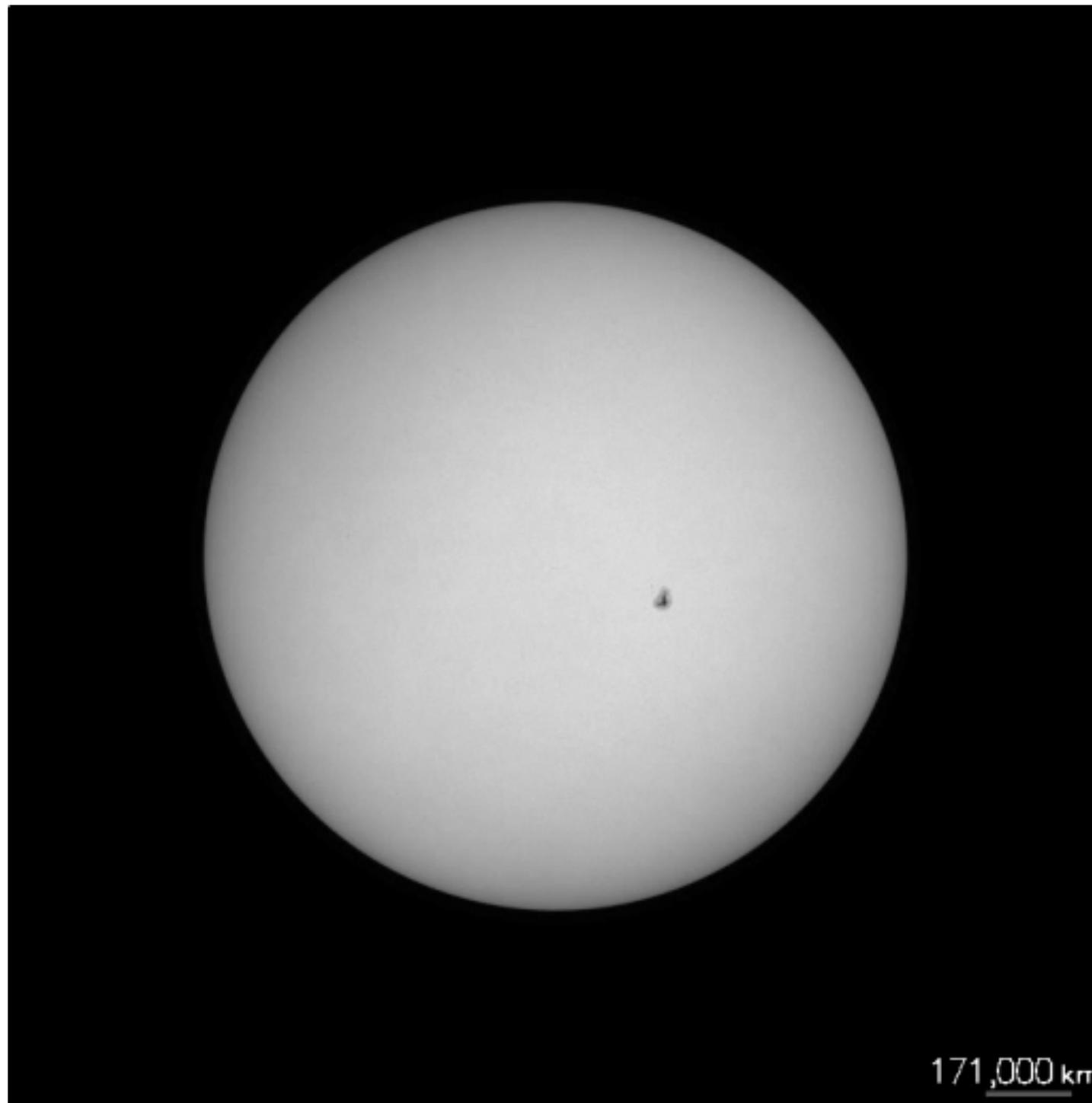
# 紫外線で見えたコロナ



TRACE衛星

2001-Mar-21  
00:31:04

# 黒点



Movie by  
T. J. Okamoto

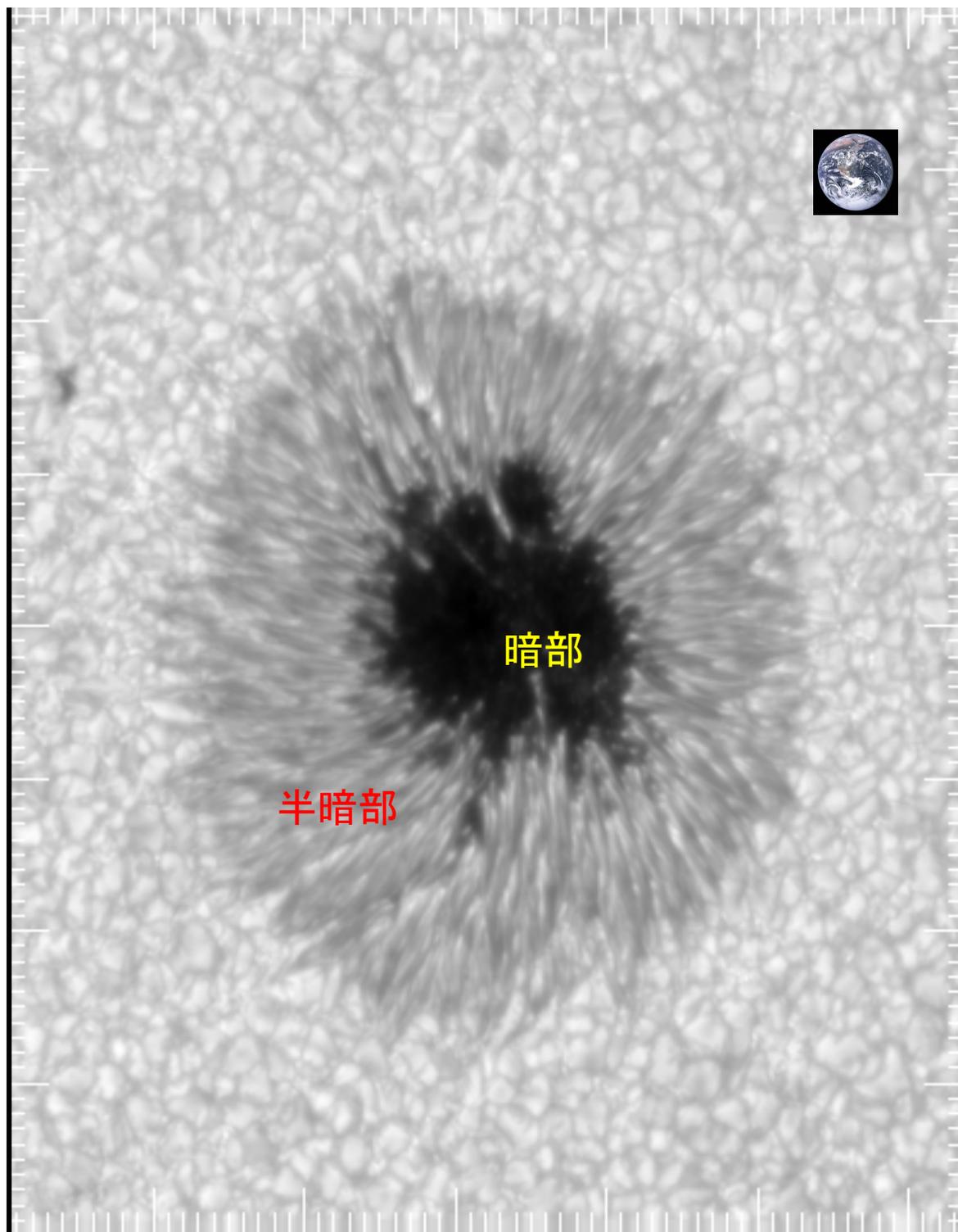
171,000 km

# 黒点の構造

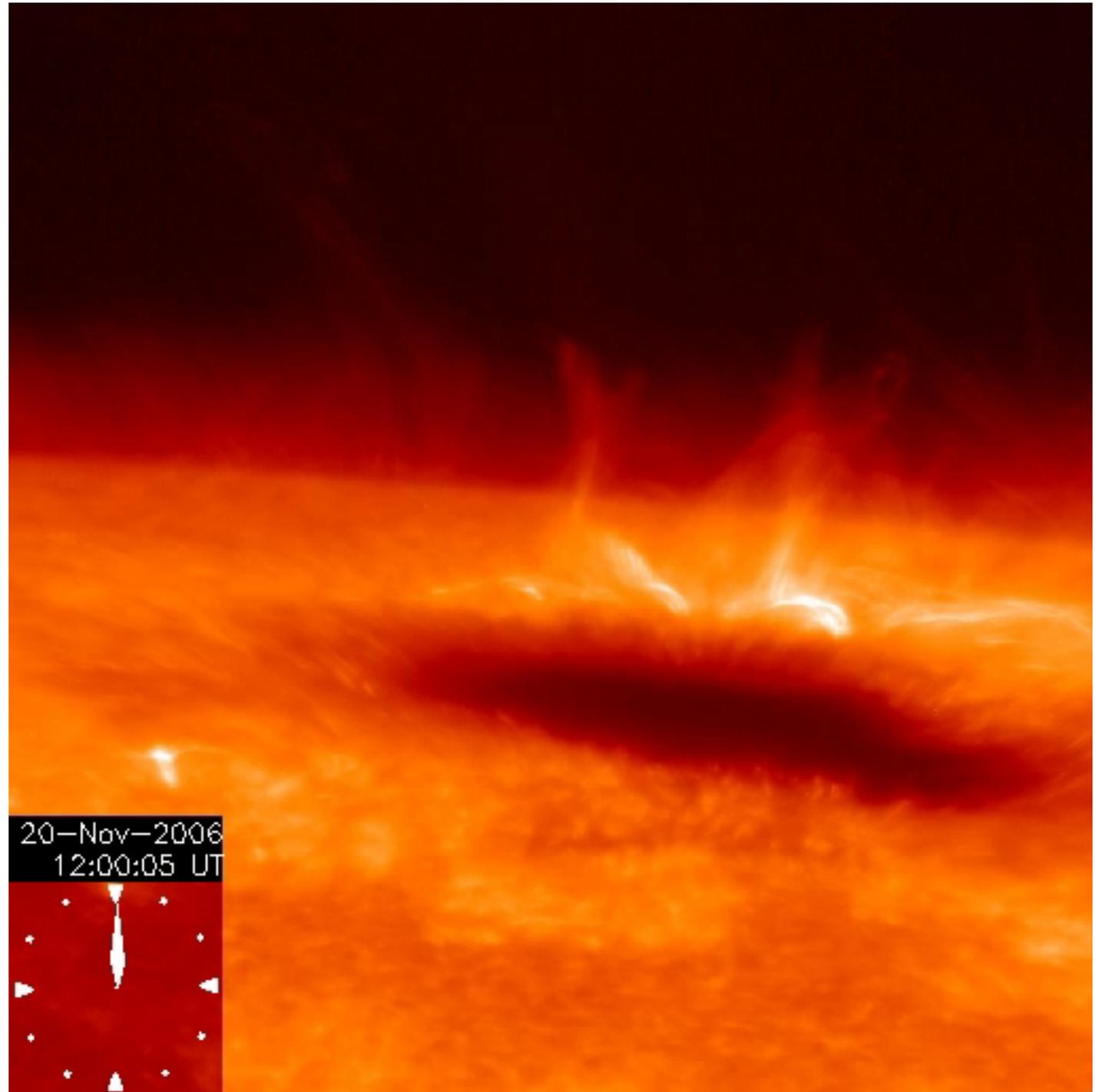


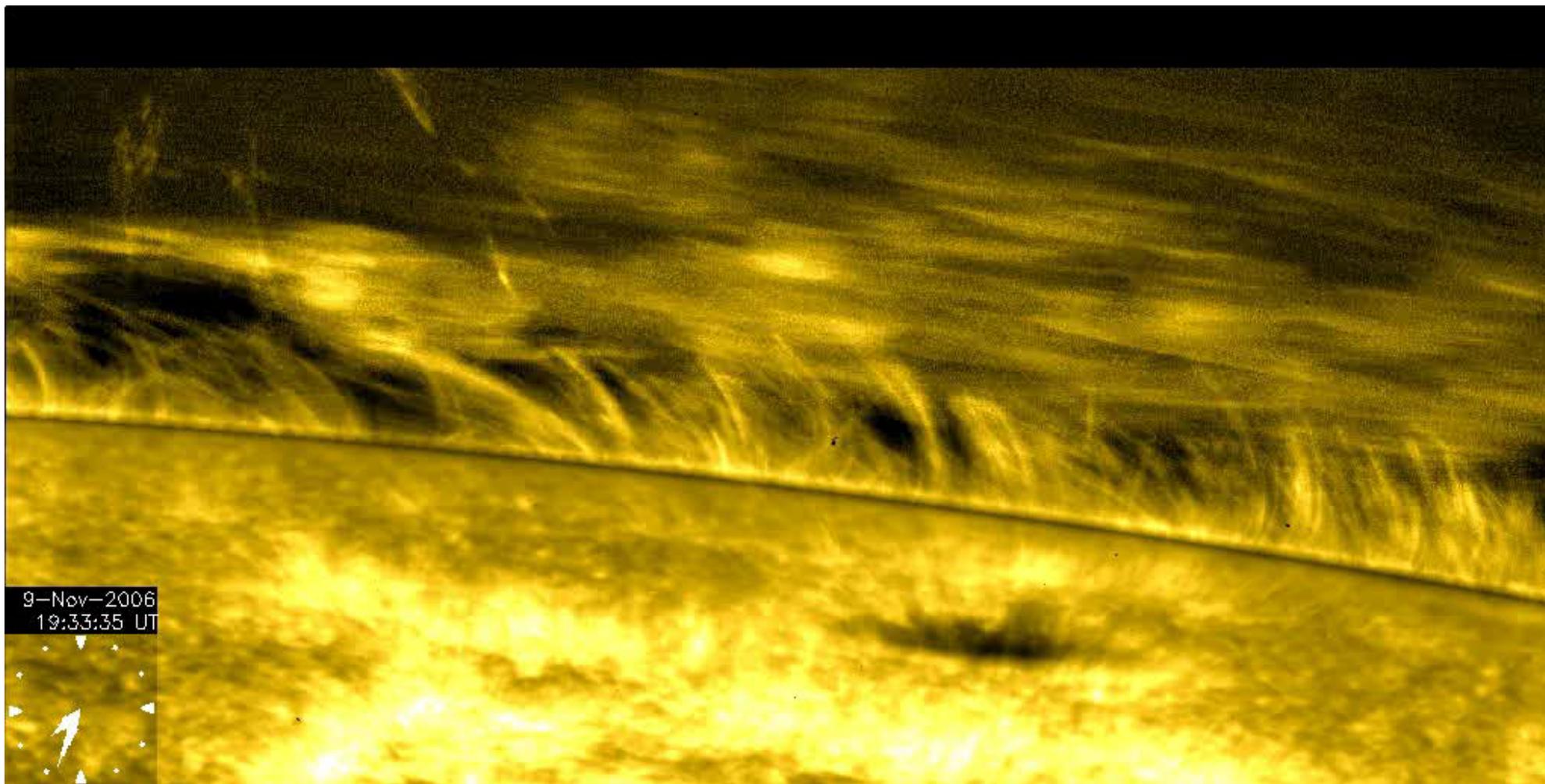
黒点暗部の温度は約4000度。周囲(6000度)より冷たいので暗くみえる。

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

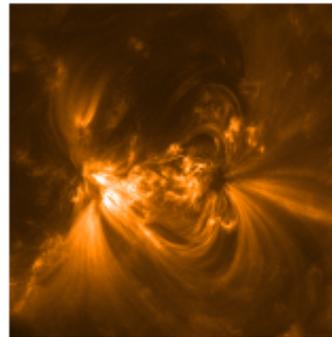
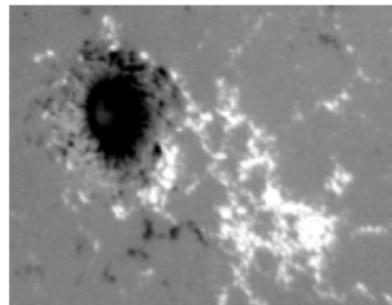
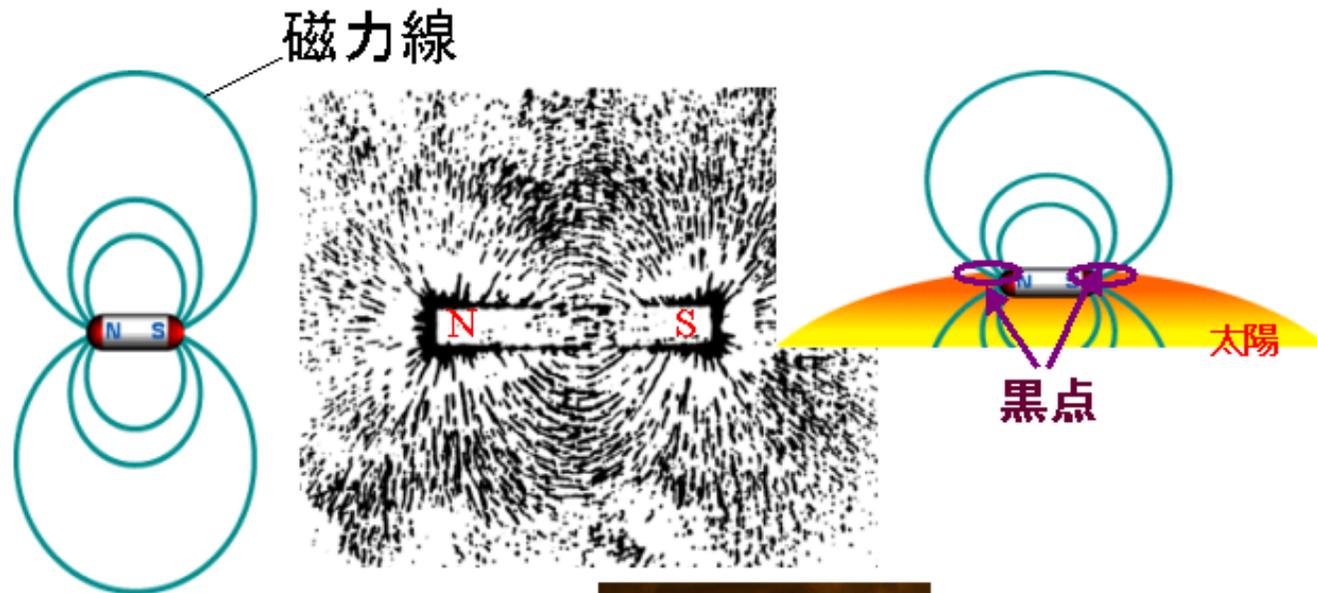




プロミネンス(紅炎) ... 100万度のコロナにうかぶ1万度のガス  
スピキュール ... 太陽の表面から吹き出すジェット

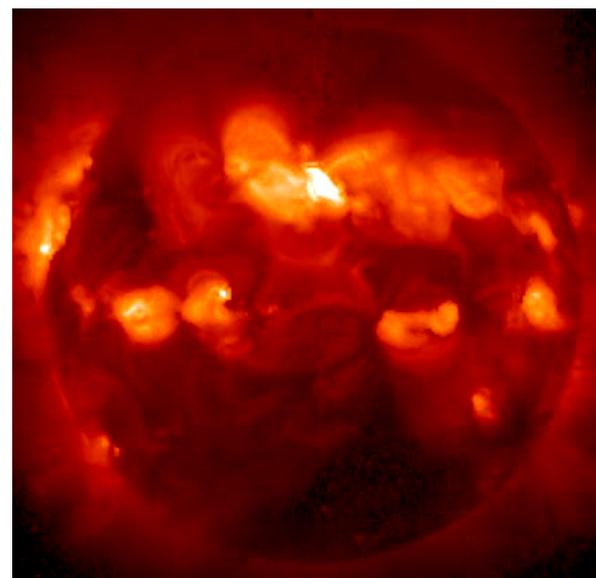
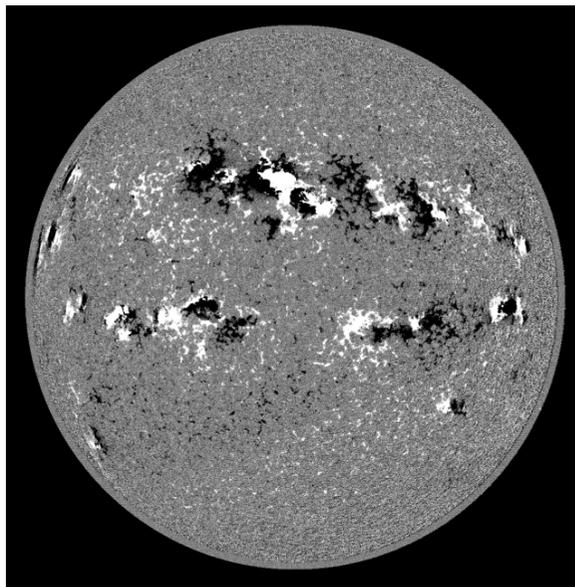
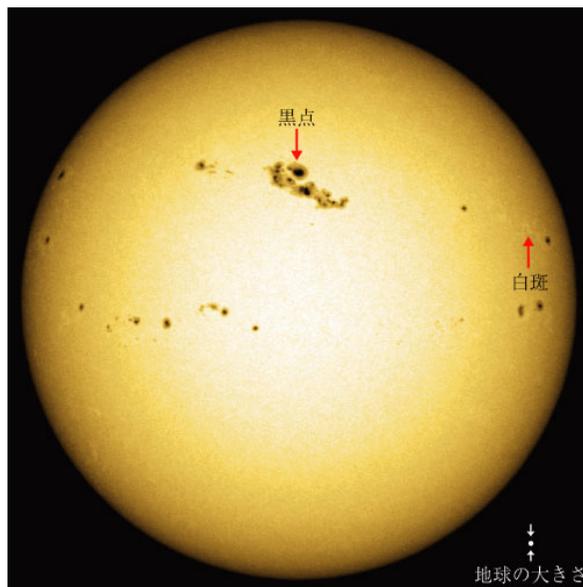
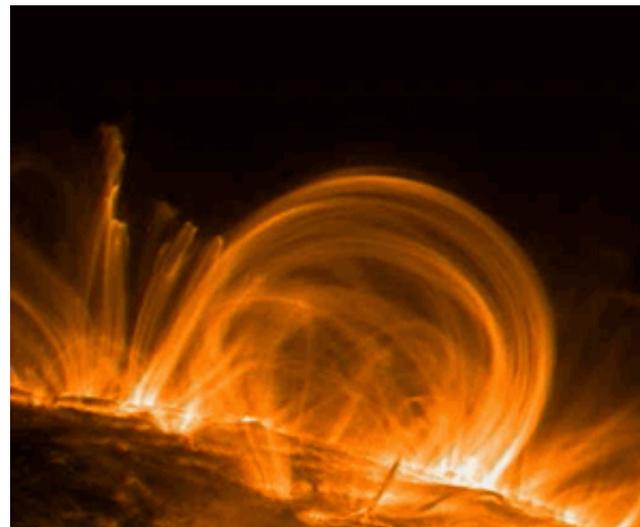
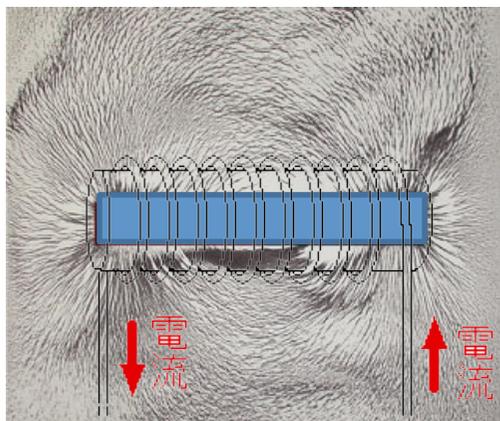
# 黒点の正体は大きな磁石

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

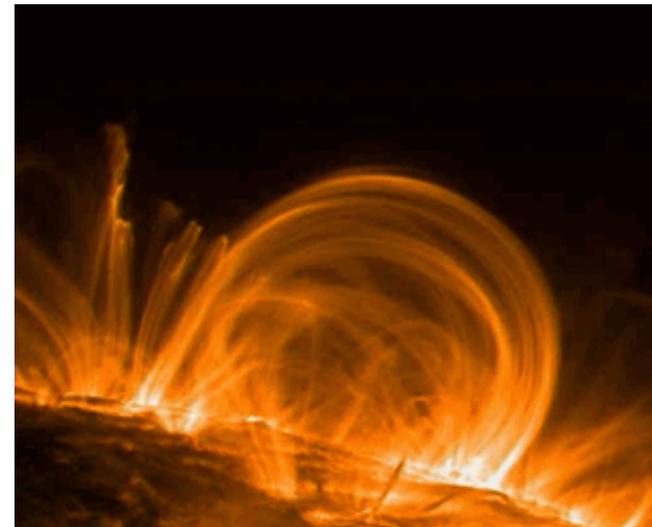
⇒ 磁場ができる (電磁石の原理)

⇒ 鍋に電流が流れる (電磁誘導の原理)

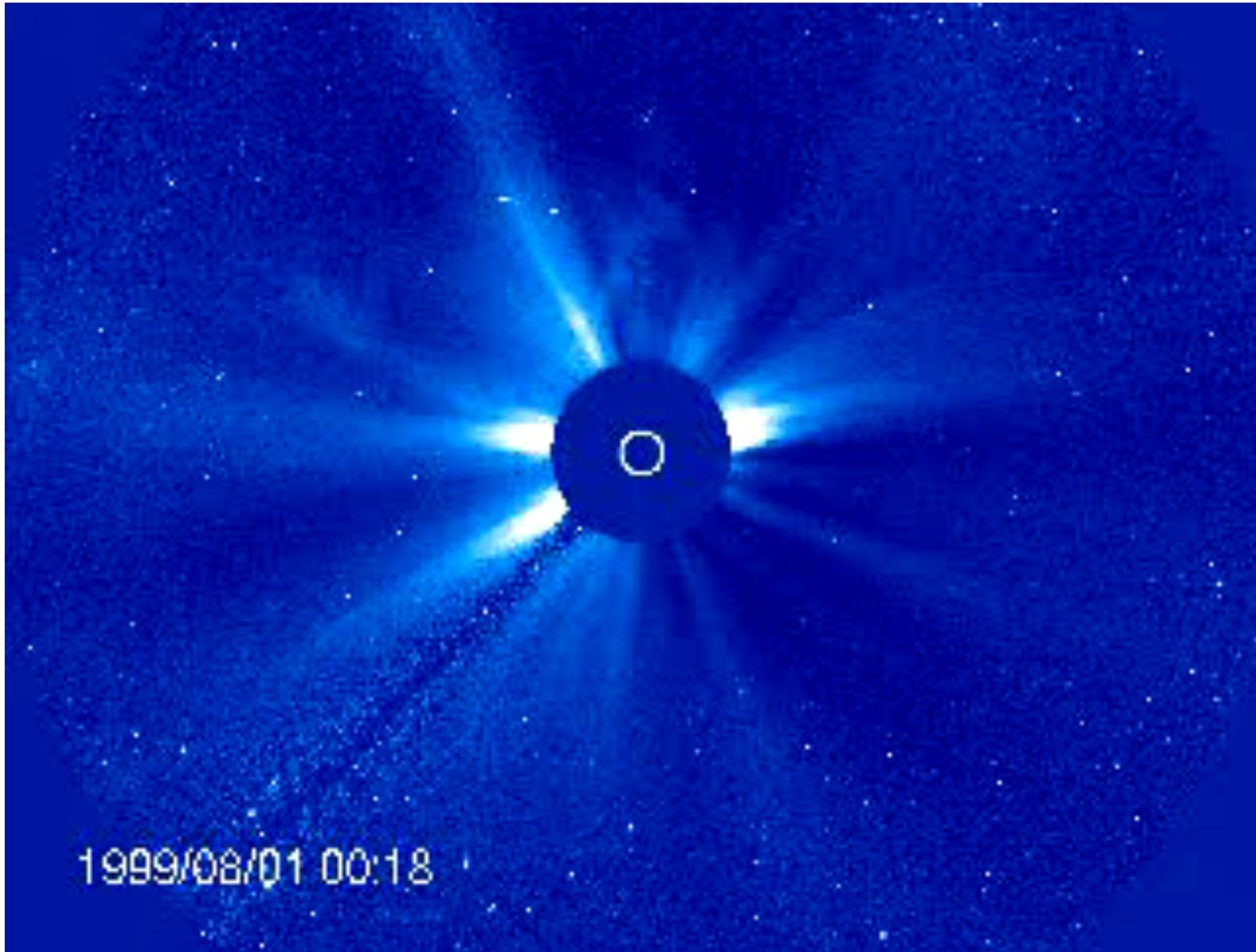
⇒ 電流が電気抵抗により熱化 (電気ストーブ)

太陽では:

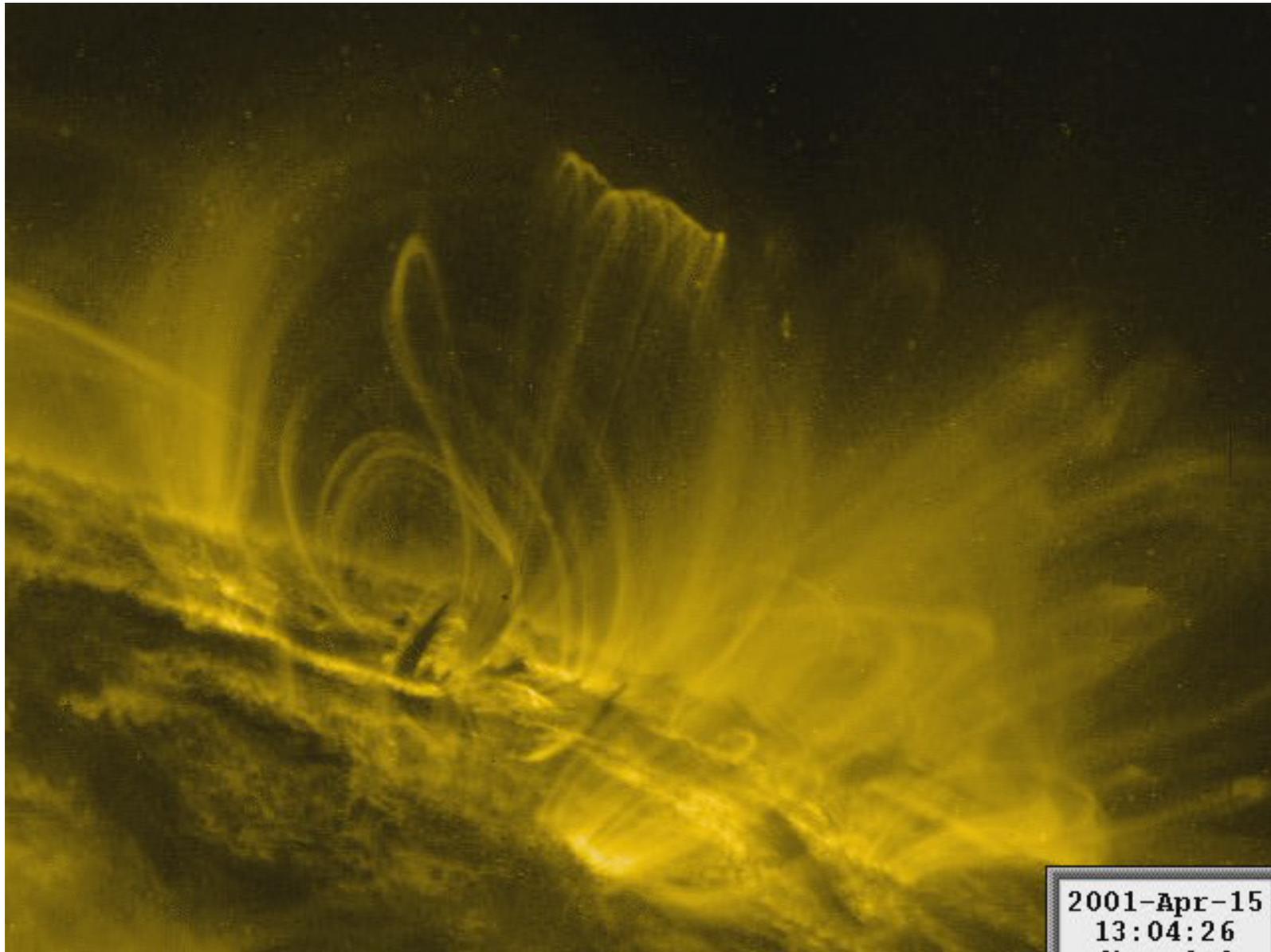
太陽表面のガスの運動 (電流)  
が磁場を介してコロナに電流を流し、  
その電流のエネルギーが熱に変わる

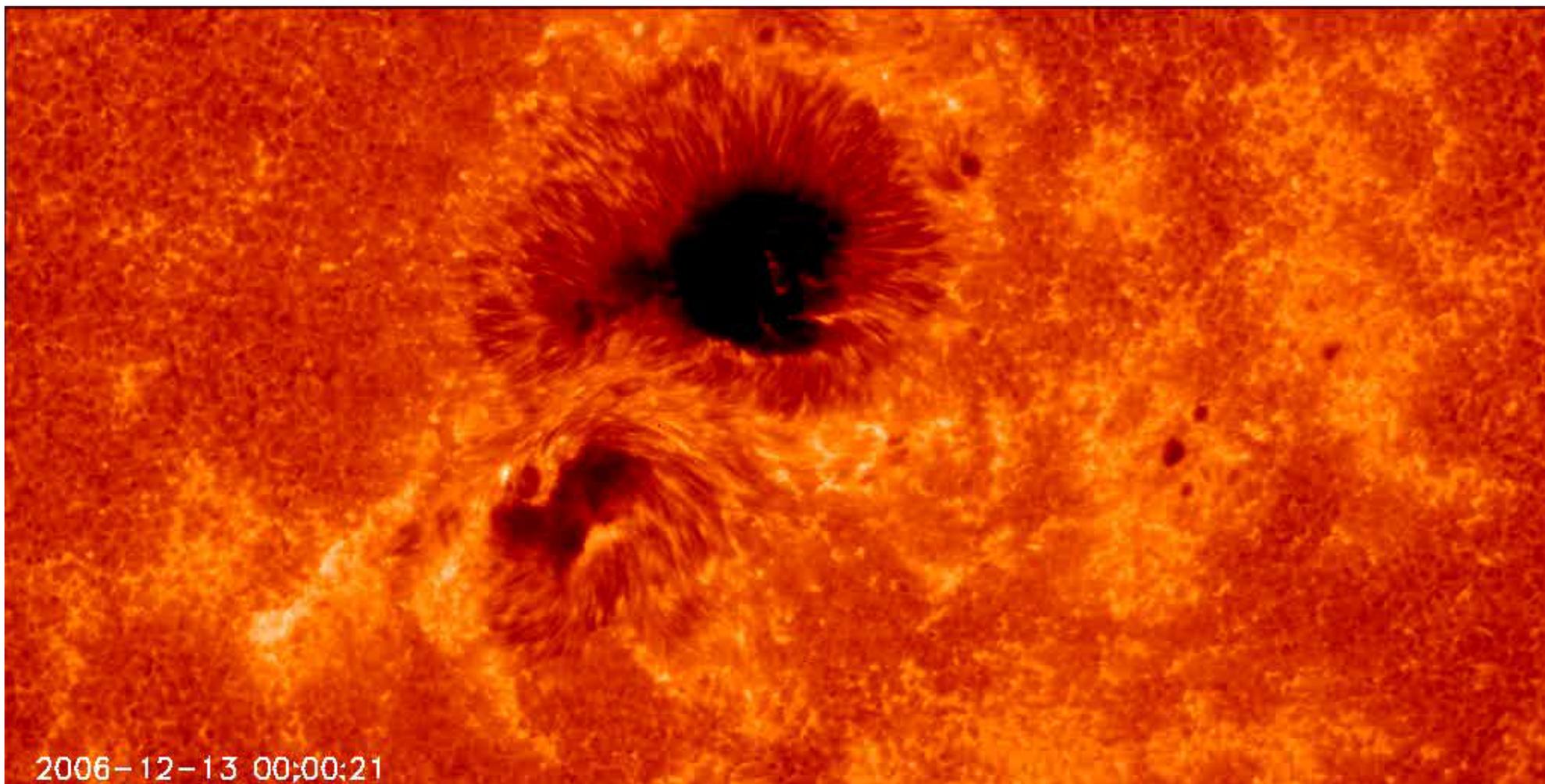


# 太陽からふく風

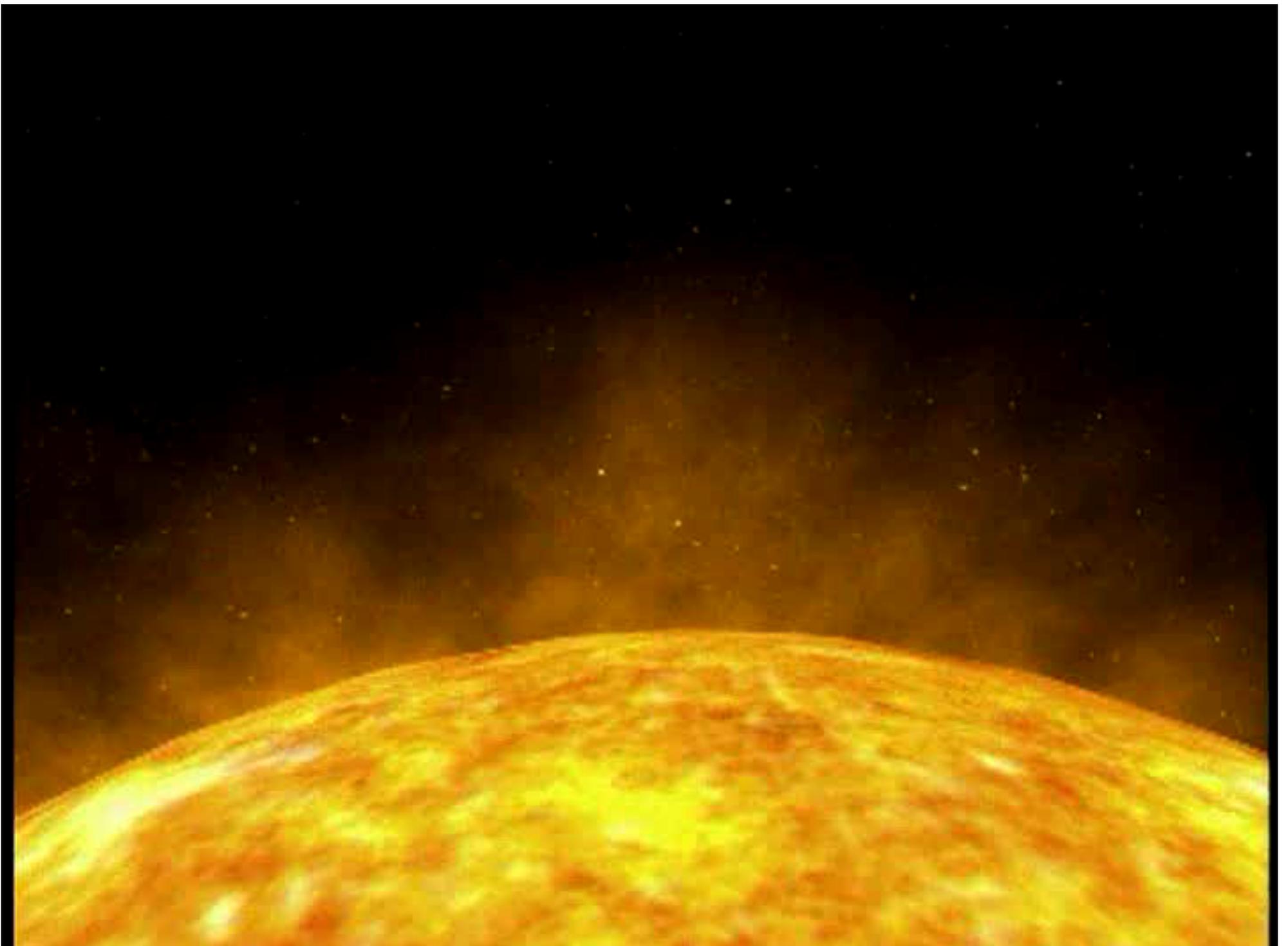


# 太陽フレア

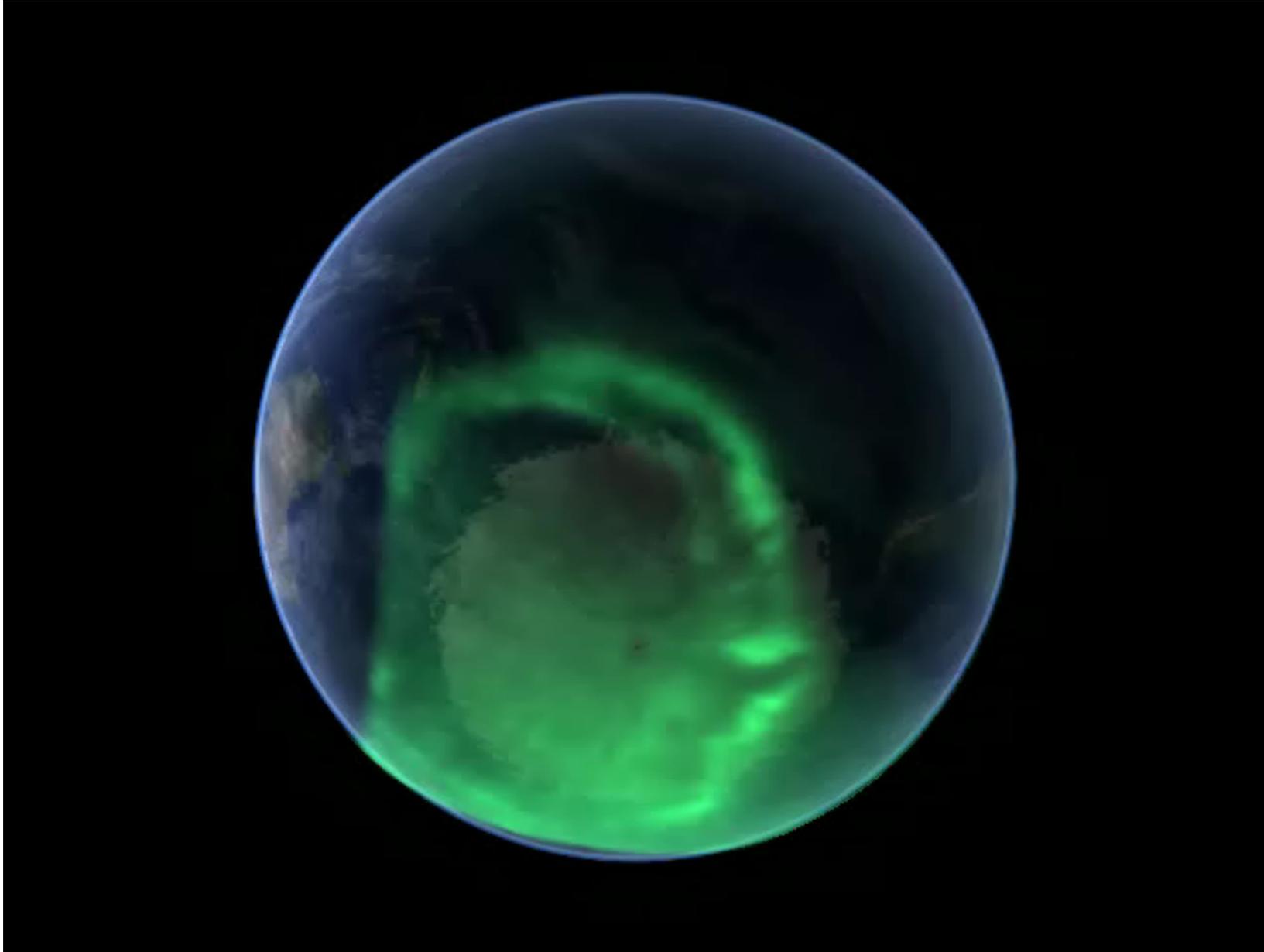




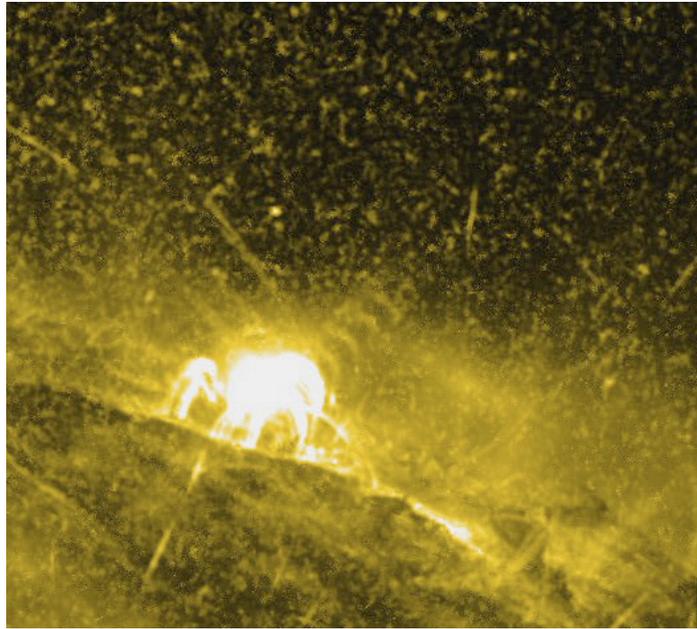
2006年12月13日の大フレア



# 宇宙から見たオーロラ

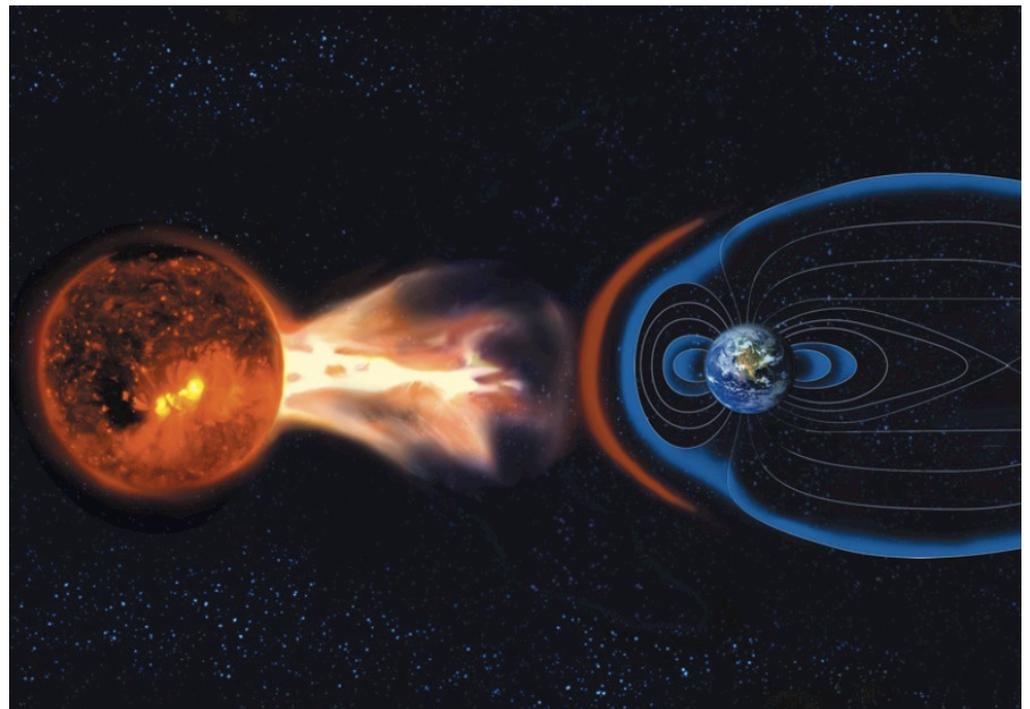


# フレアやコロナ質量放出が起きると



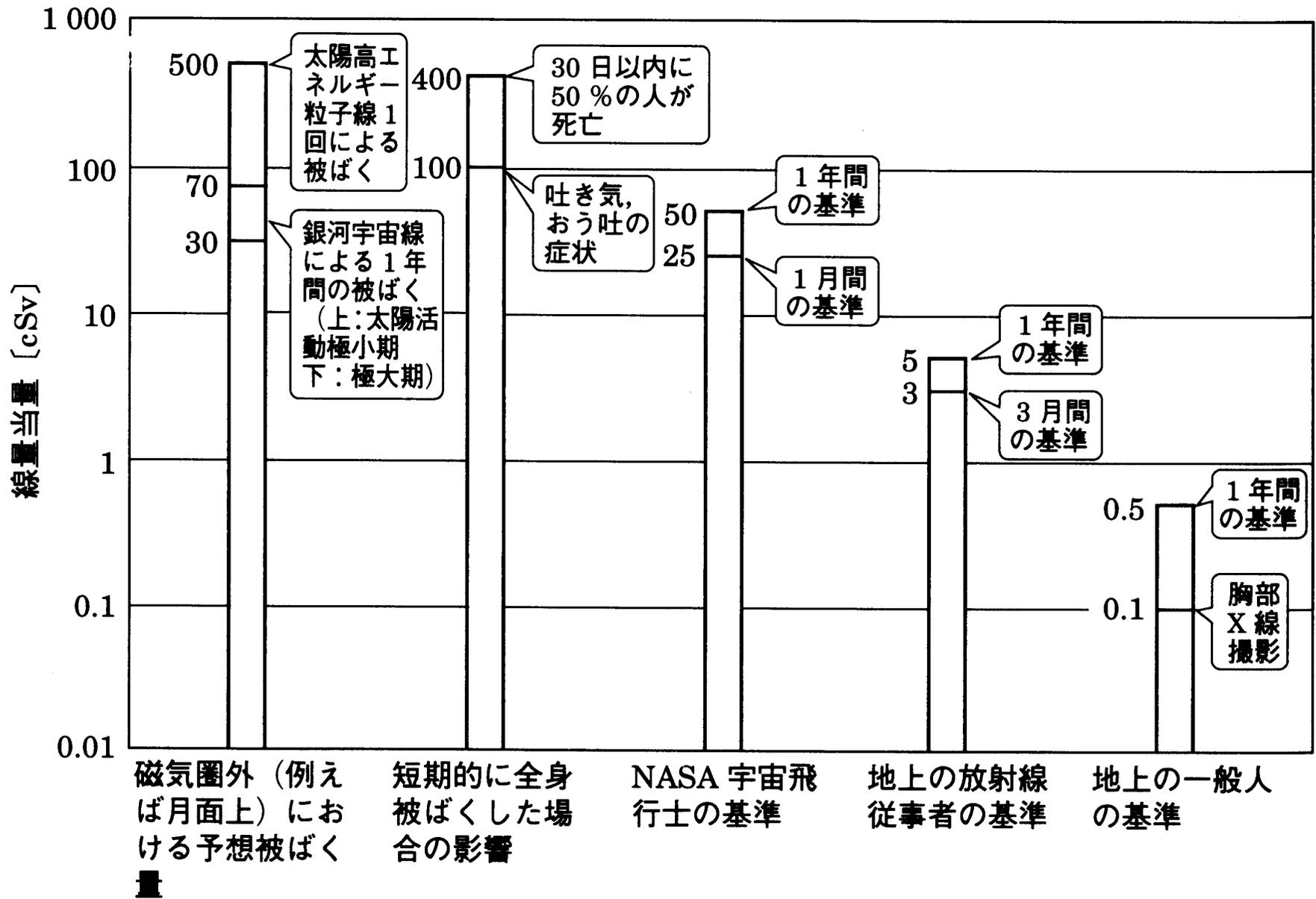
太陽フレアに伴う高エネルギー放射線  
=>宇宙飛行士の被爆  
人工衛星の故障

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

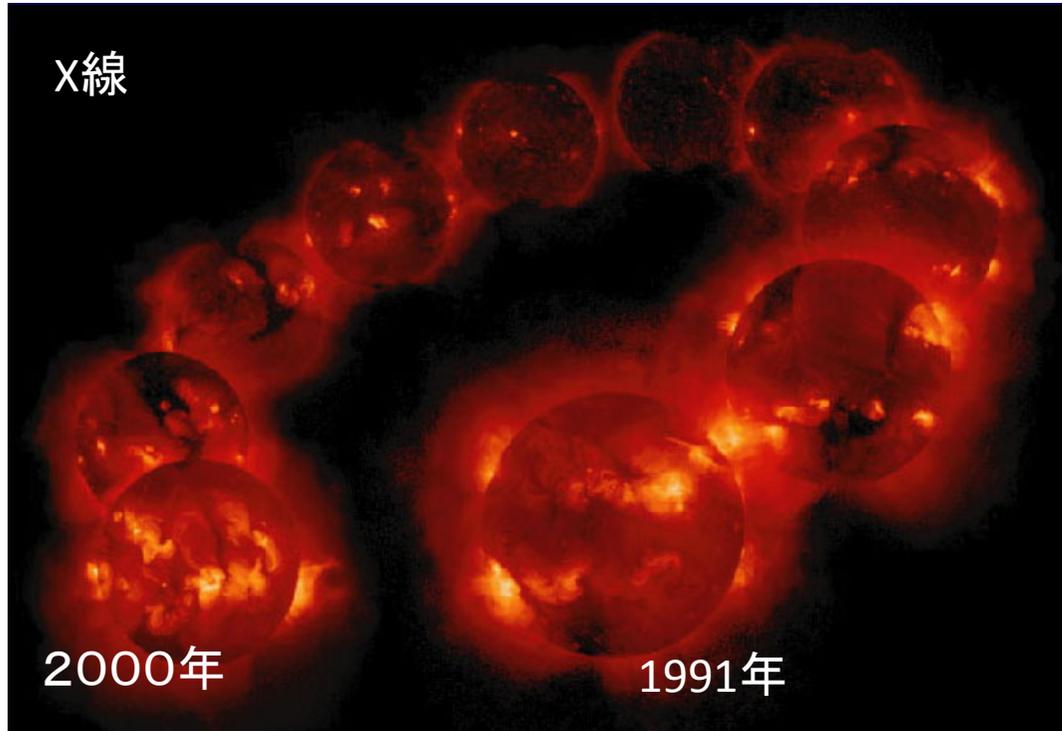




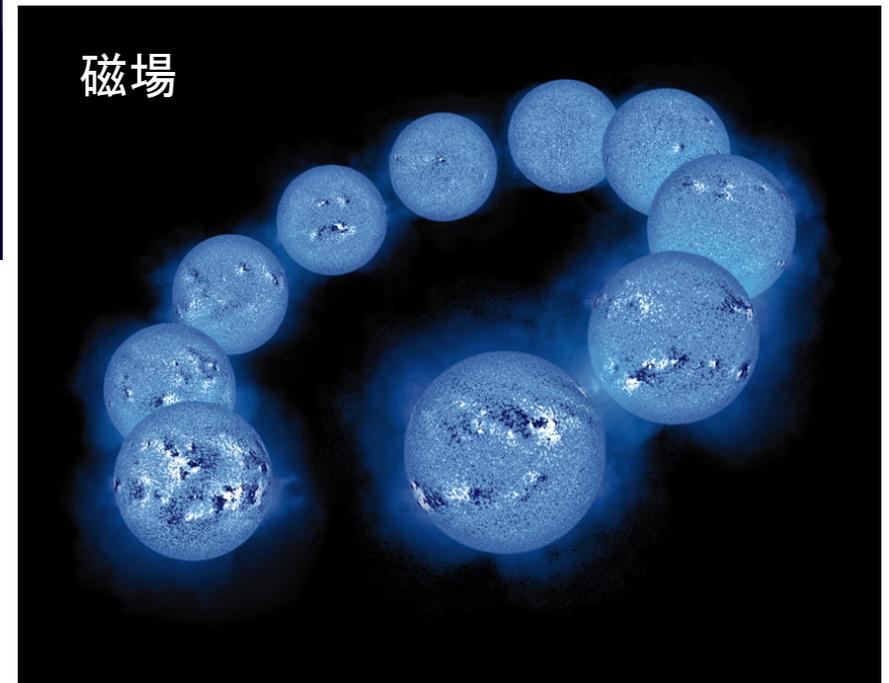
# 太陽放射線による被爆の危険性



# 太陽は11年ごとに変化する

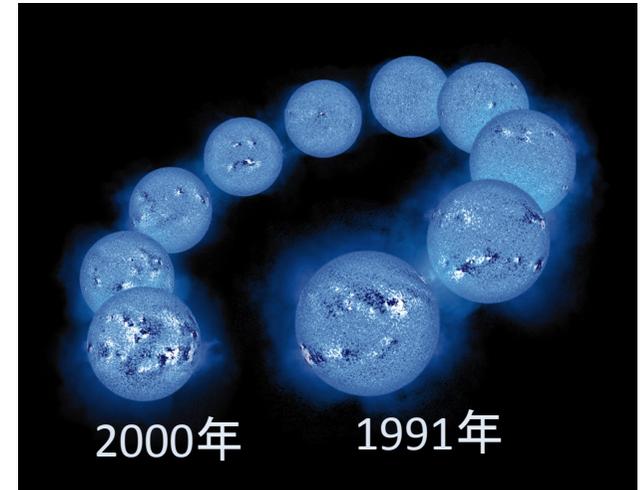
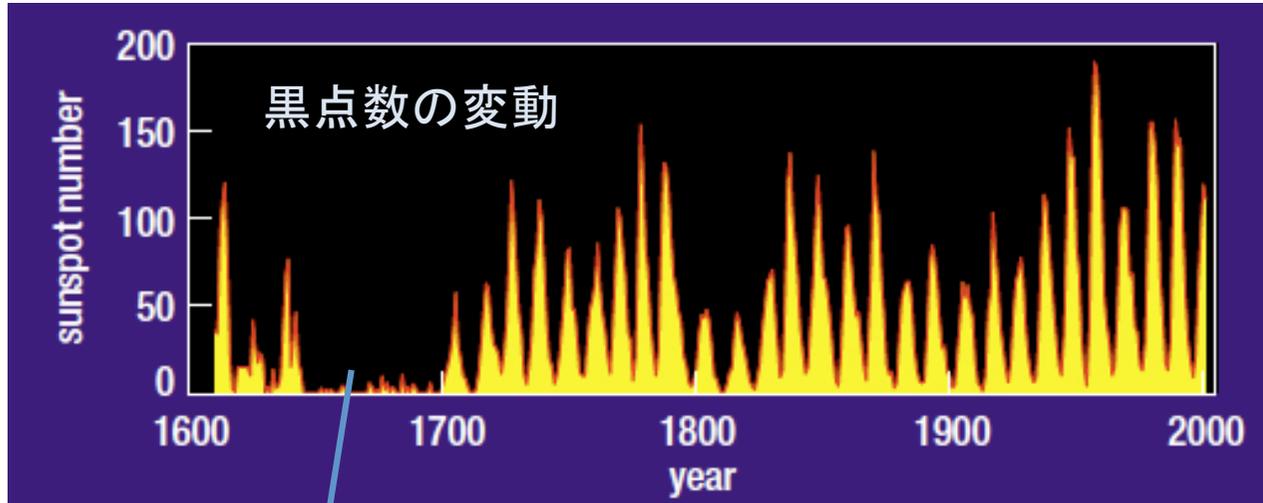


黒点の数が約11年で  
ふえたりへったりする



# 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



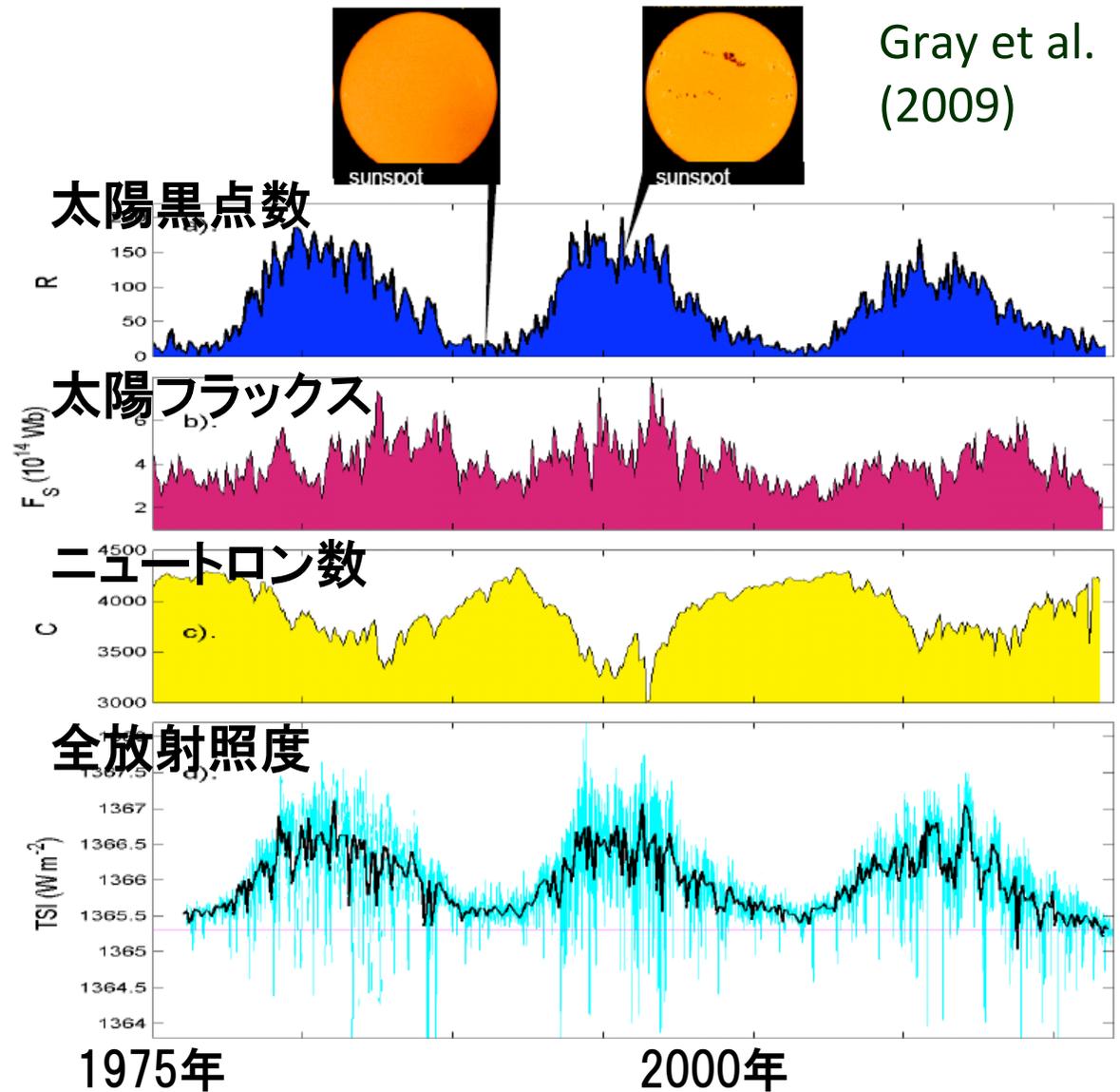
• 今から300年ちょっと前、黒点がほとんどない時があった

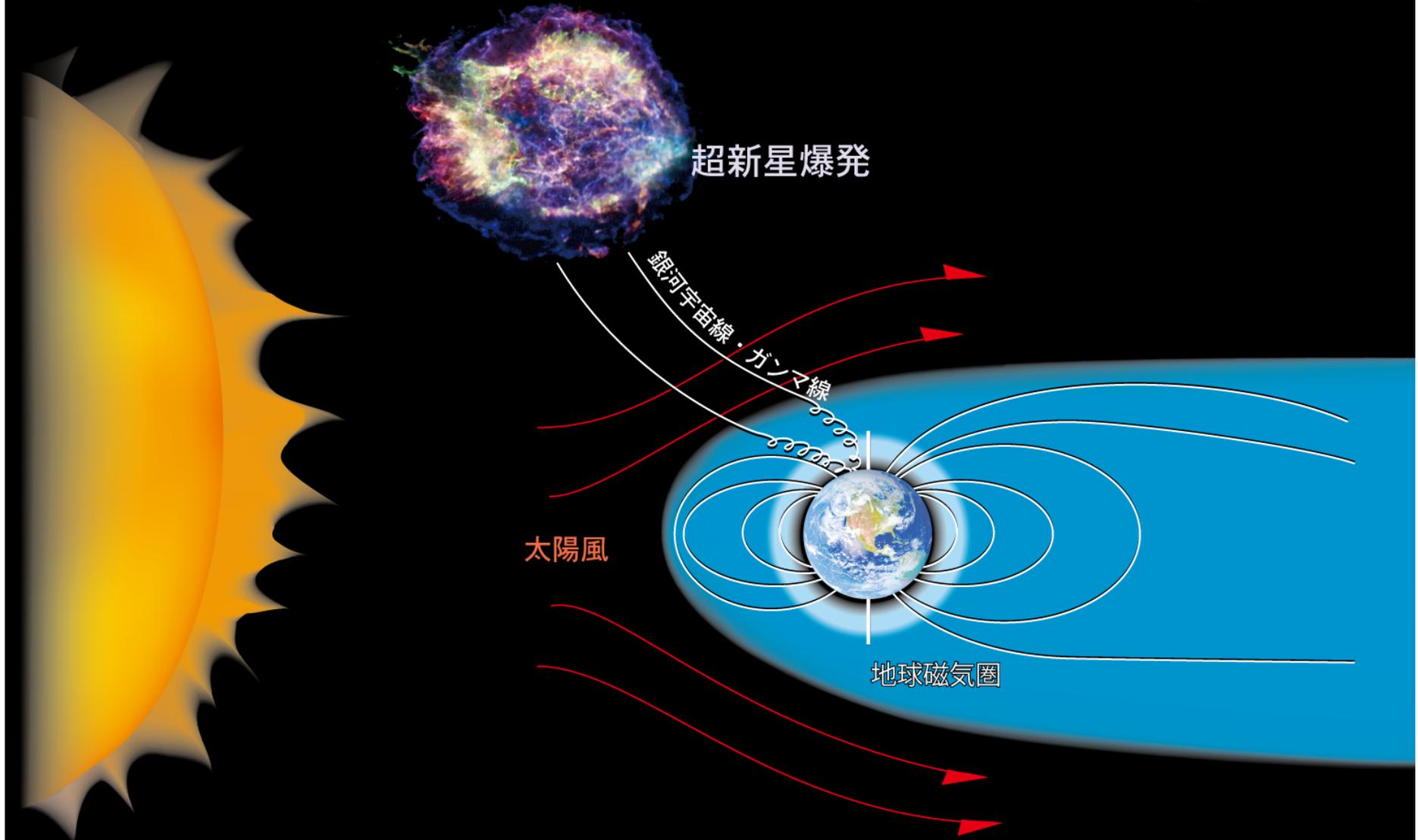
• そのころ地球はミニ氷河期(ひょうがき)だった

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

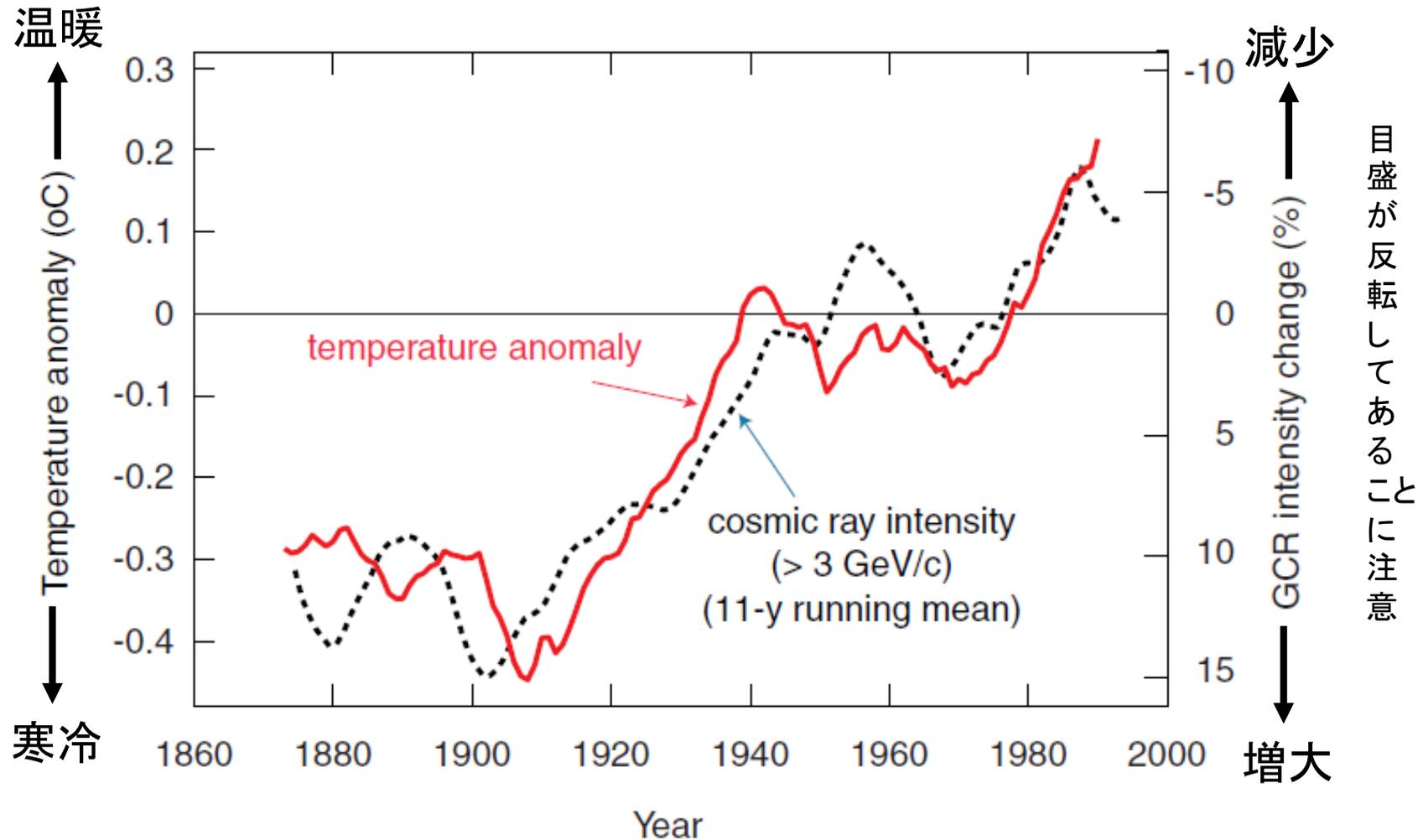
1. 全放射強度(明るさ)
2. 紫外線の変動
3. 銀河宇宙線の変動





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)



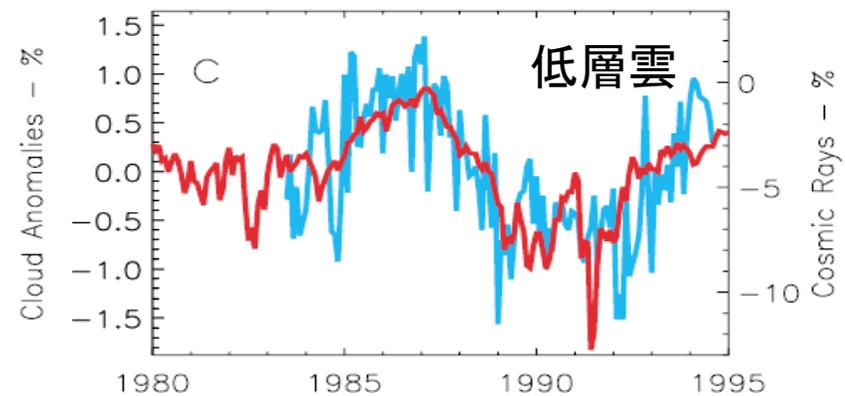
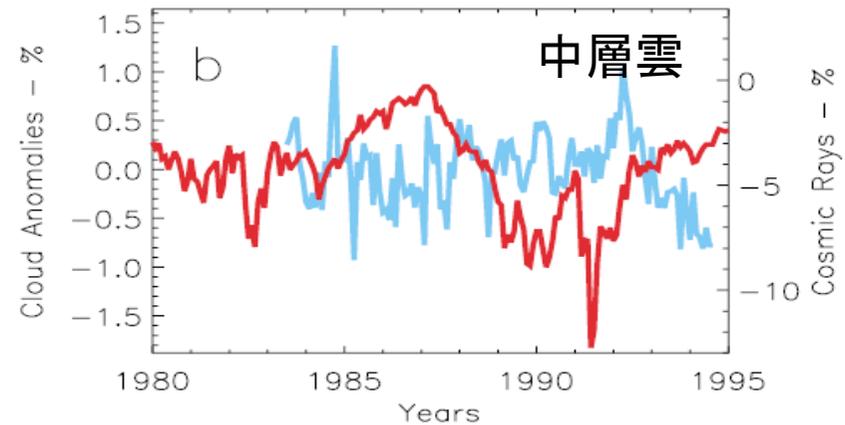
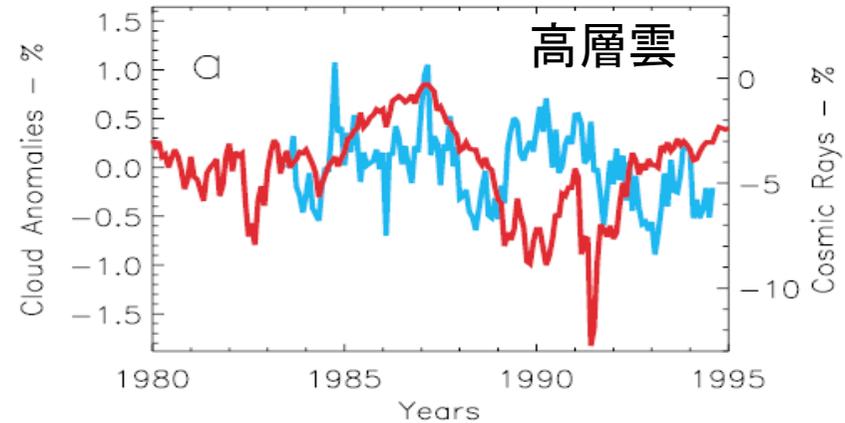
過去150年間、太陽活動は増大を続け、宇宙線は減少を続けていた。  
その傾向と温暖化の傾向は一致。

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

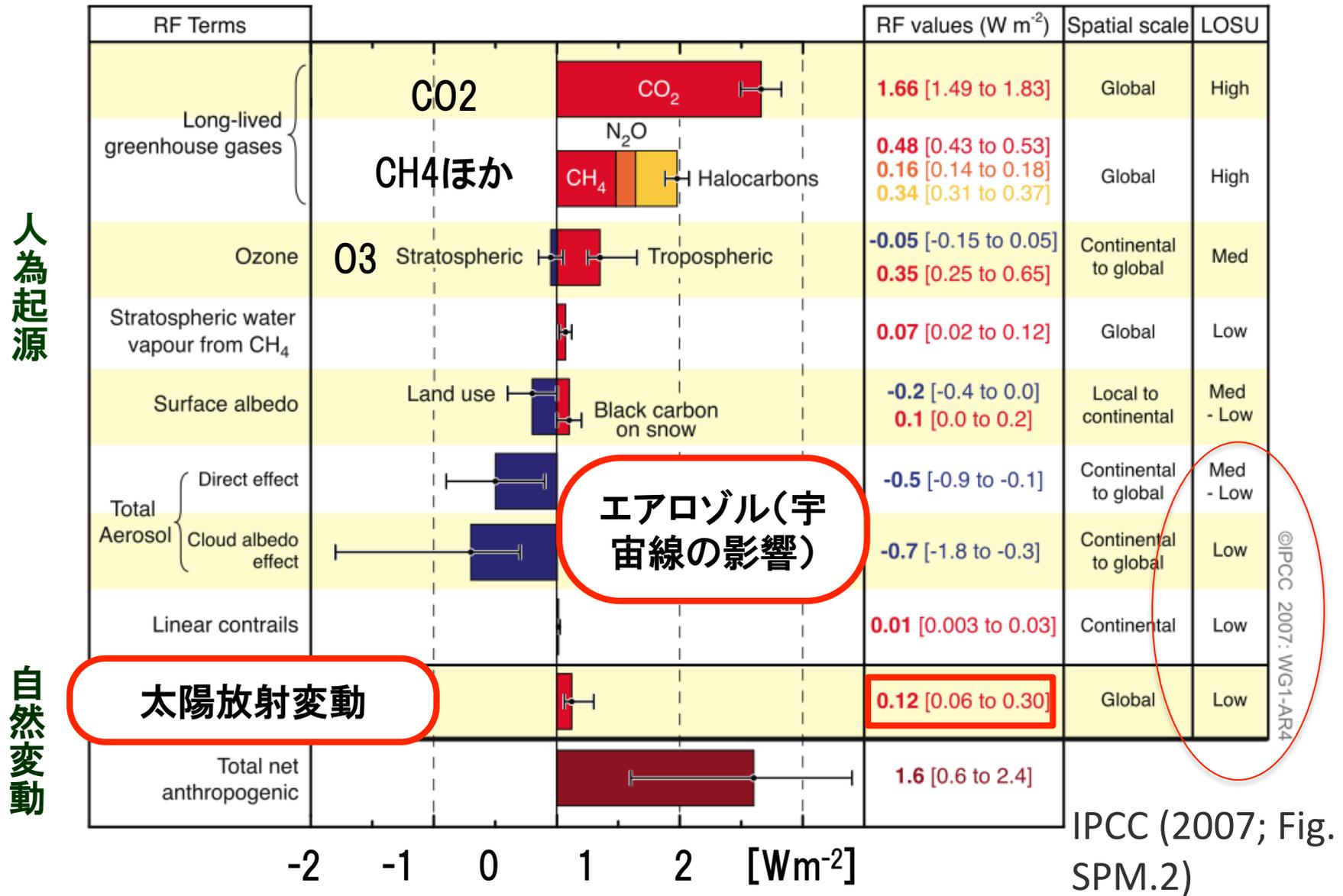
銀河宇宙線は、大気と衝突して雲が  
できる時に核となるエアロゾルを作  
る

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CO2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。
- CO2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。