

# 太陽風が吹くと誰がもうかる？ 太陽と地球の不思議な関係

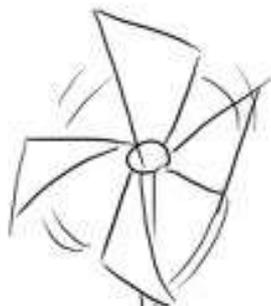
門倉 昭

国立極地研究所  
宙空圏研究グループ

# 「風が吹けば桶屋が儲かる」

1. 風が吹くと、
2. 砂が目に入り
3. 目の見えない人が増え
4. 盲人の職業として、三味線を弾く人が増え
5. 三味線を作るための猫の皮が足りなくなり
6. 猫が捕まえられて、少なくなり
7. ネズミが増えて、桶をかじると
8. 桶が足りなくなり
9. 桶屋が儲かる。

# 「風が吹けば桶屋が儲かる」



風が吹く



大風で土ぼこりが立つ



目が、目があ〜！！



目が見えなくてもできる三味線弾きを習い始める。



猫皮が足りなくなり、猫が大量に殺される。



猫が減ってきて、ネズミが増える



ネズミは桶をかじる



桶の需要が上がる

需要 ↑



桶屋が儲かる

# 「太陽風が吹くと誰が儲かる？」

1. 太陽風が吹くと、

2.

3.

4.

5.

6.

7.

8.

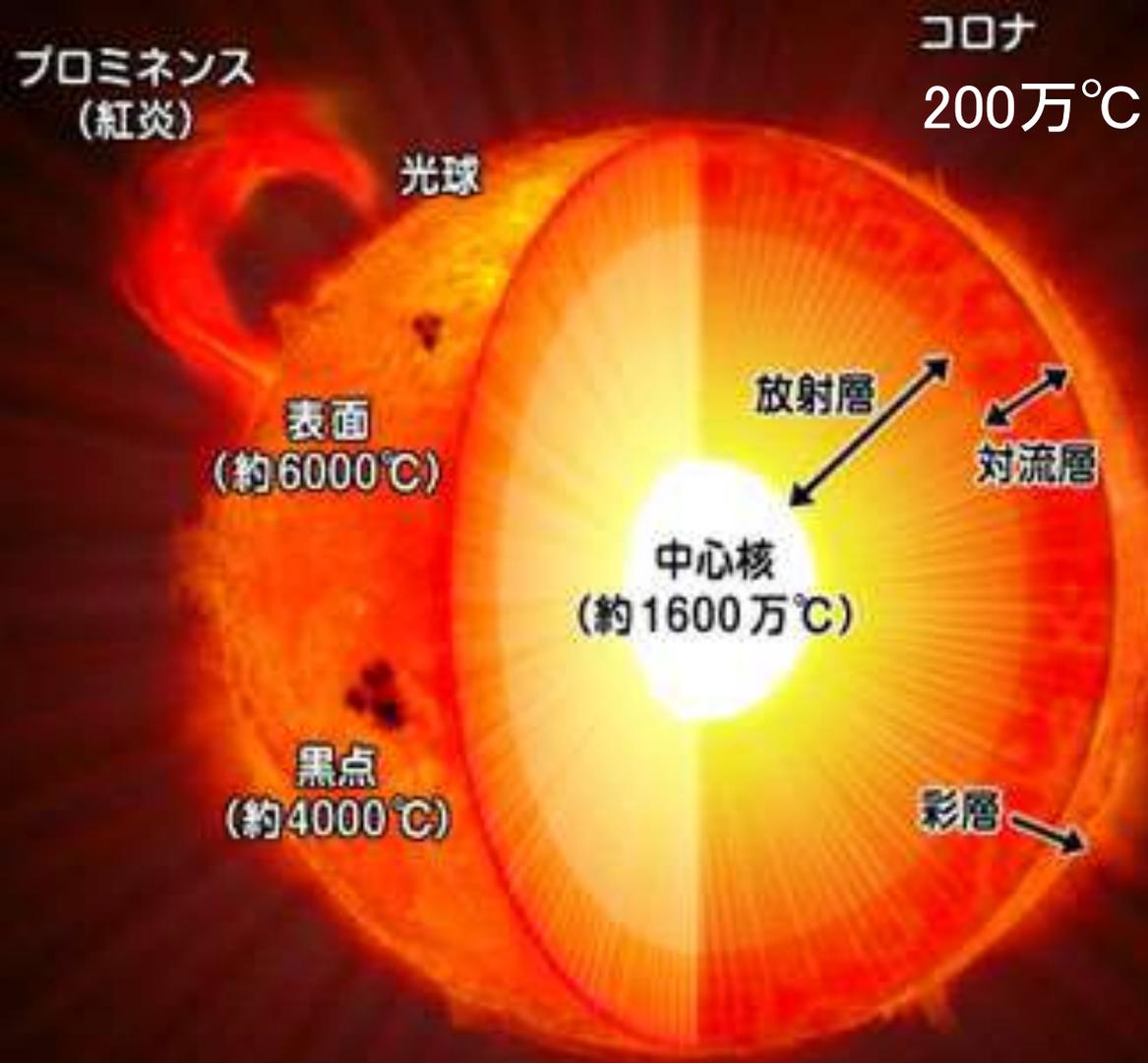
が儲かる。

# 太陽

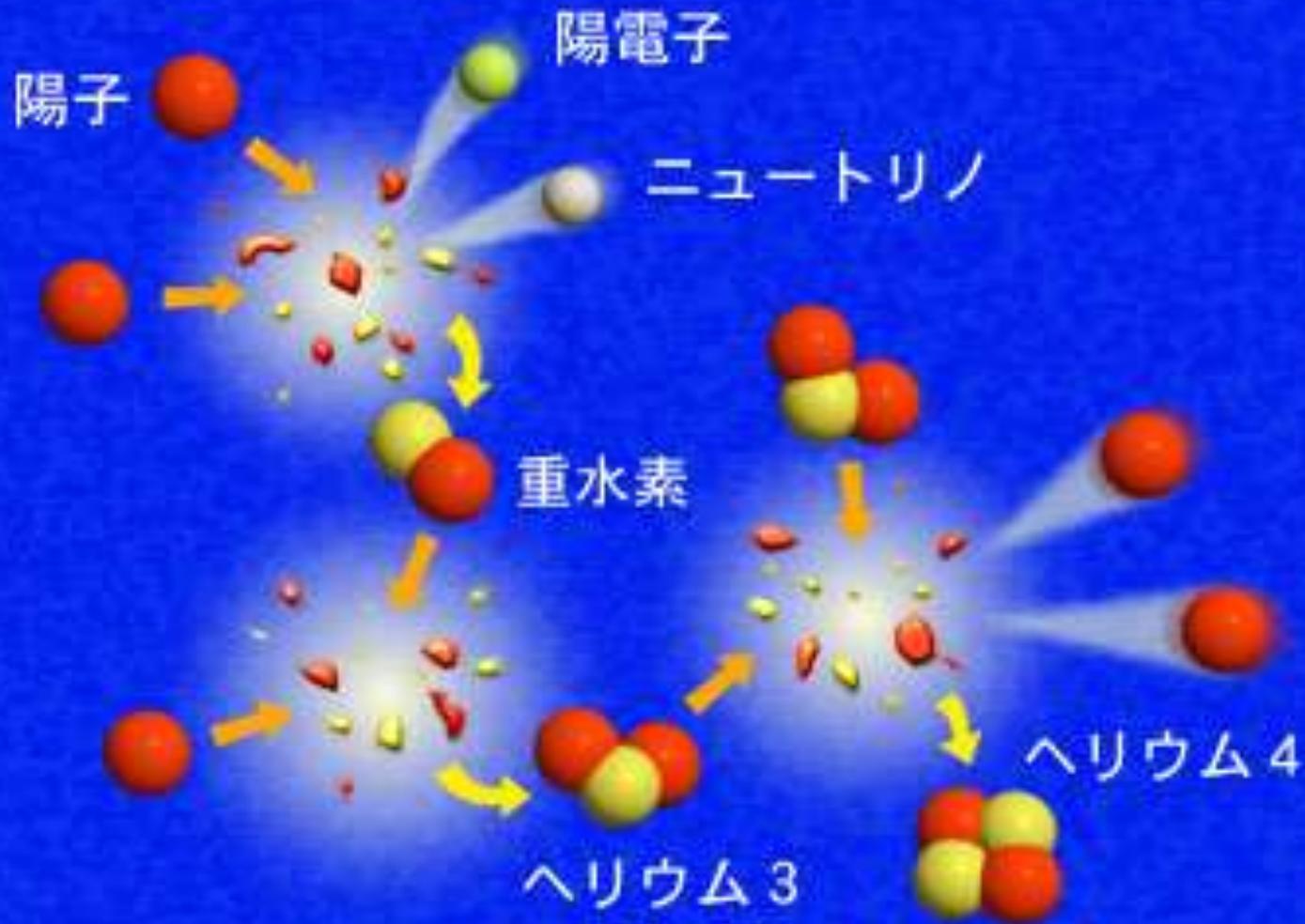
- 恒星、太陽系の中心、年齢約46億年
- 半径：約70万km（地球の約110倍）
- 重さ：約 $2 \times 10^{30}$  kg  
（地球の約33万倍、太陽系全体の99.86%）
- 地球から太陽までの距離：約1億5千万km  
（1天文単位、光の速さで約8.3分）
- 自転周期：25.38日（地球から見て約27日）
- 主成分：水素（73.46%）、ヘリウム（24.85%）

ひので衛星X線画像

# 太陽の構造

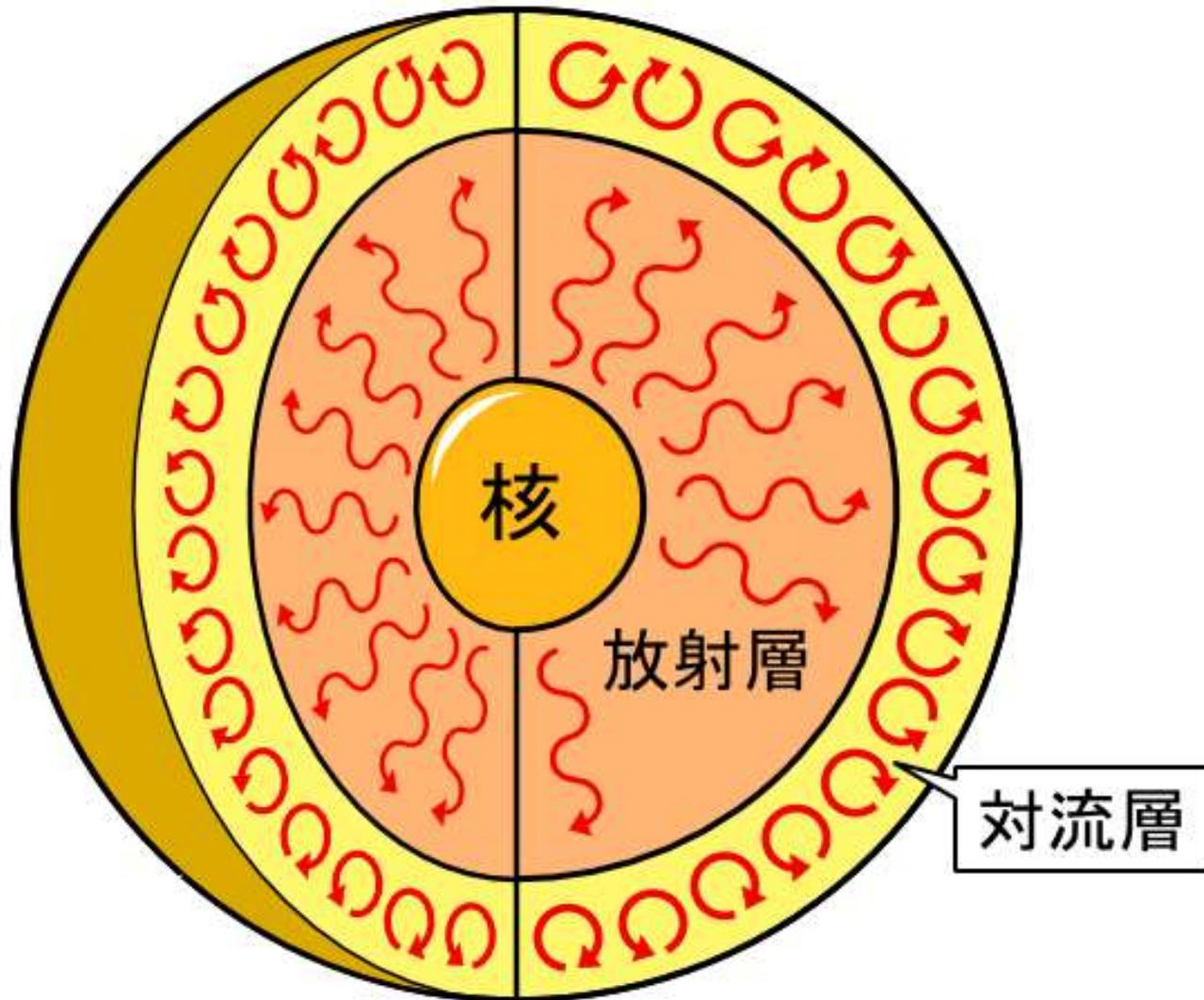


# 太陽のエネルギー源

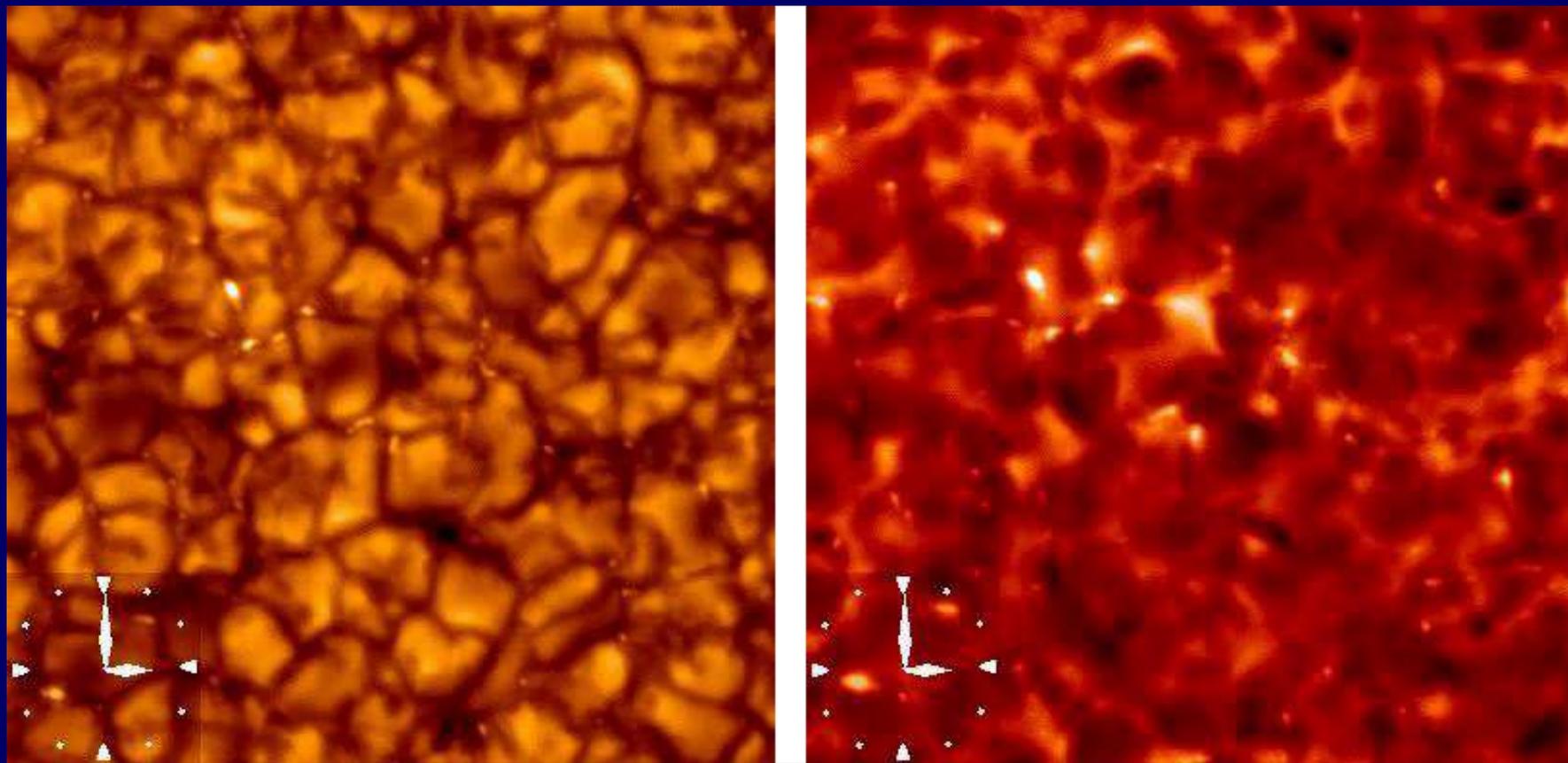


太陽中心部での核融合反応

# 太陽内部の構造

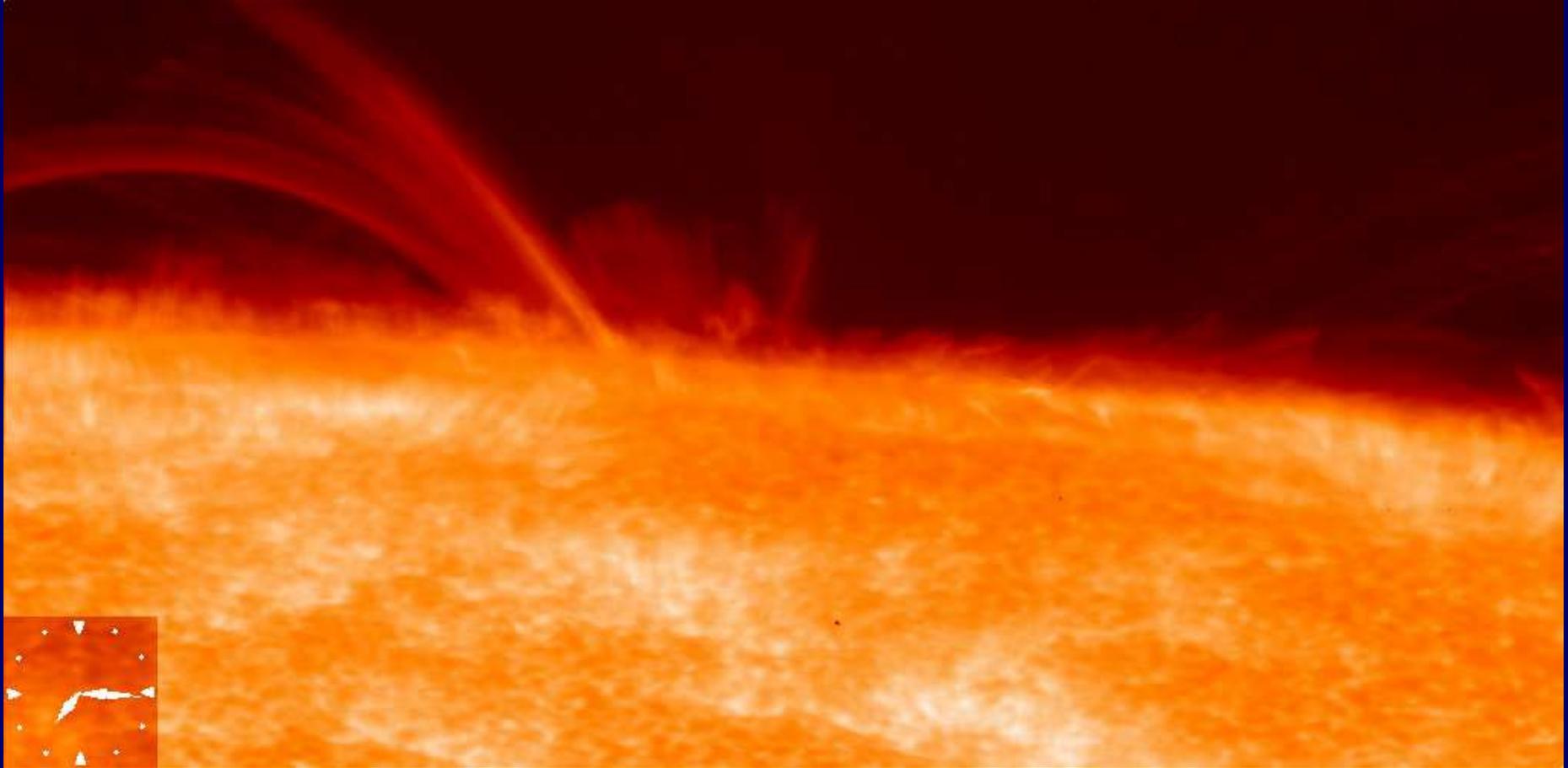


# 太陽表面：光球と彩層



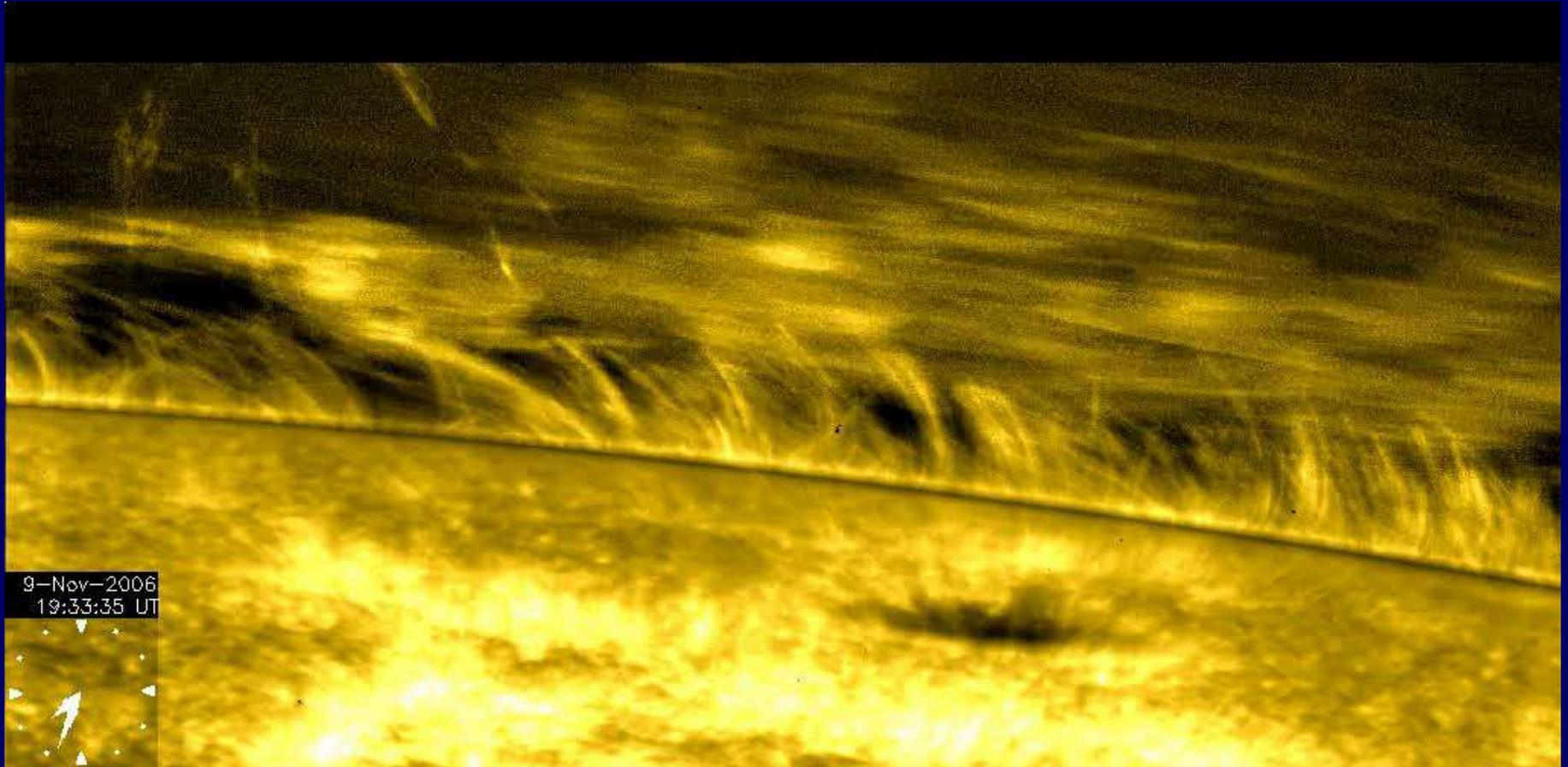
「ひので」衛星 可視光・磁場望遠鏡画像

# 太陽表面：光球と彩層



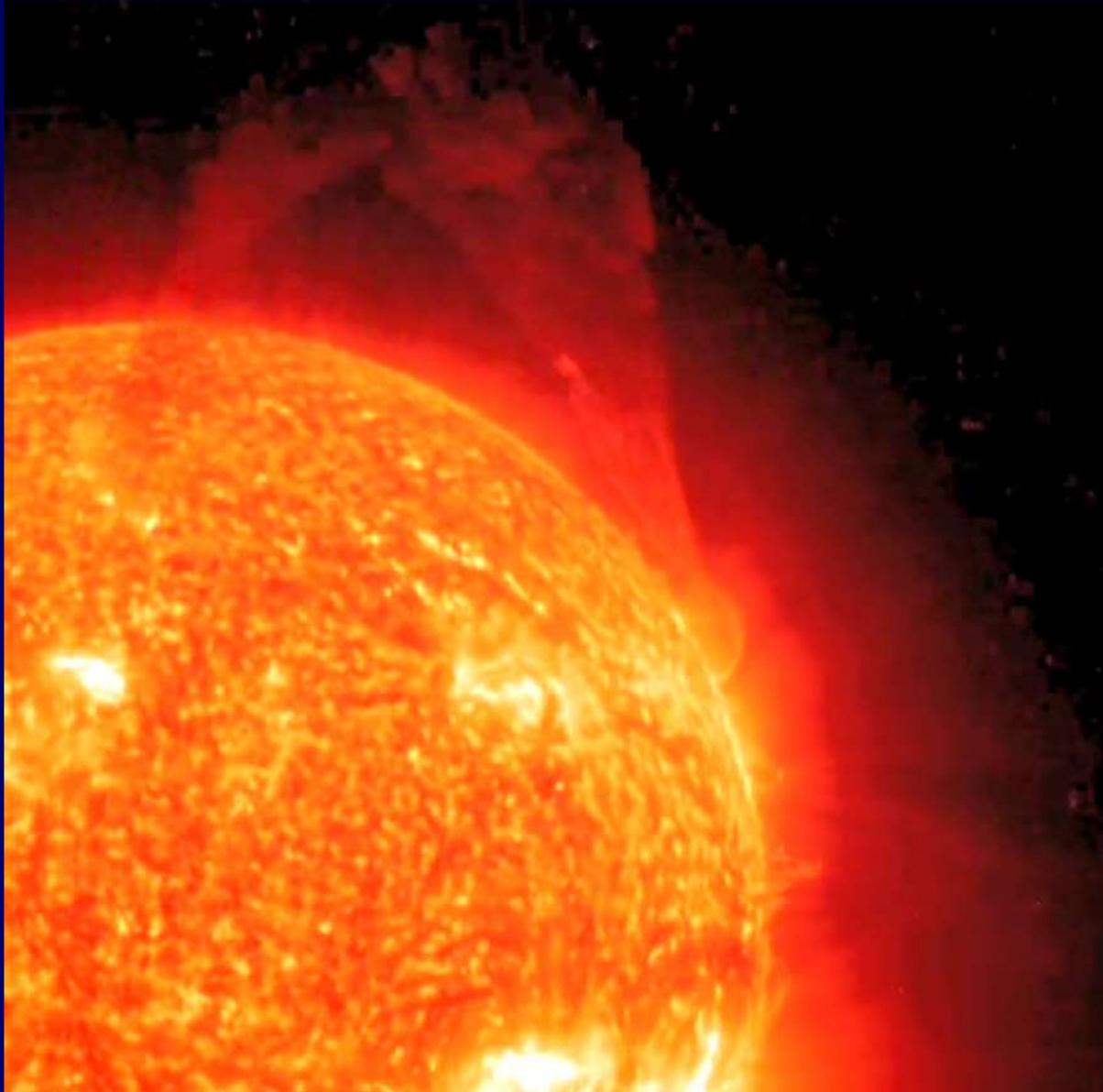
「ひので」衛星 可視光・磁場望遠鏡画像

# 太陽表面：光球と彩層



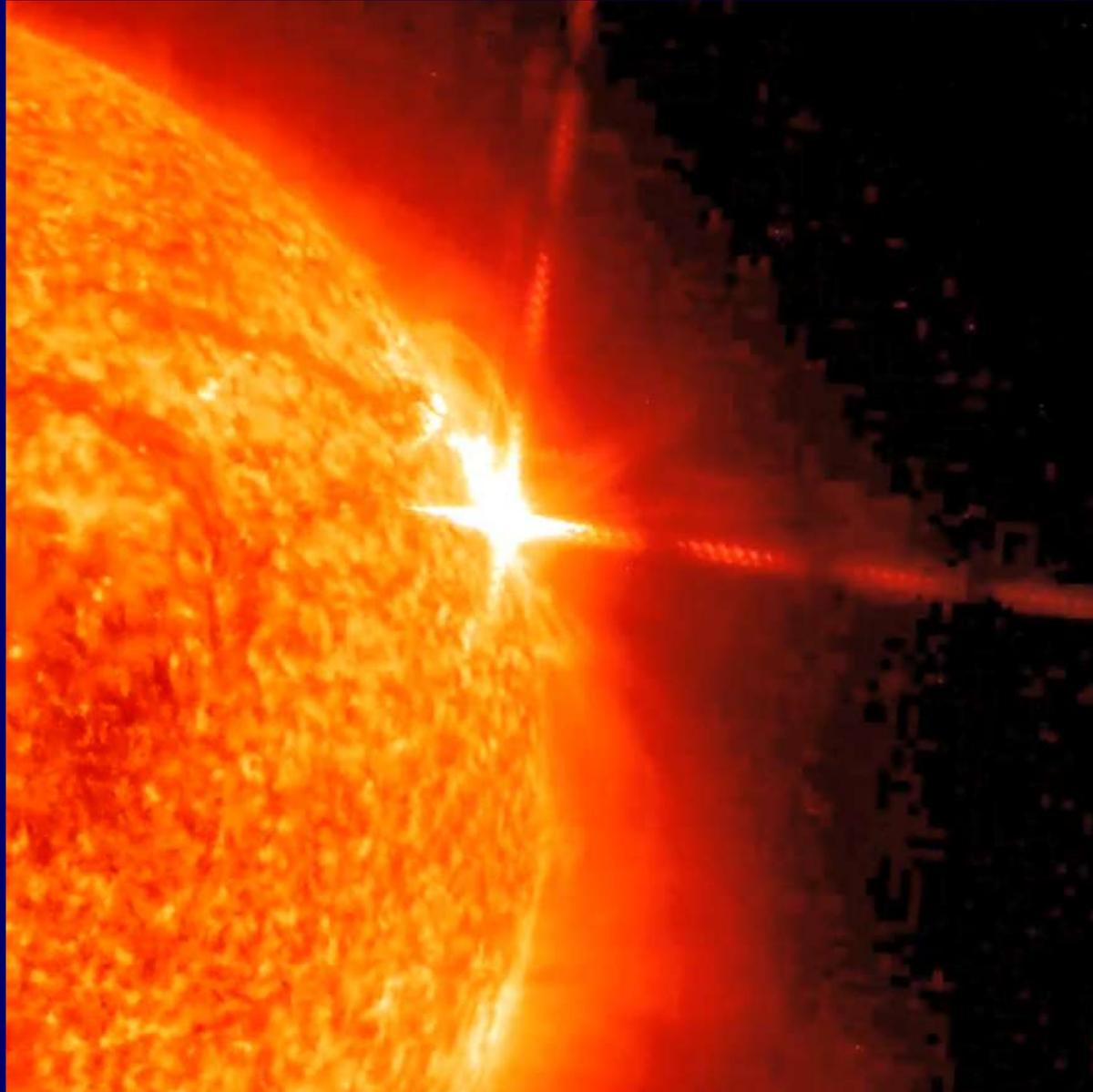
「ひので」衛星 可視光・磁場望遠鏡画像

# 太陽表面現象：プロミネンス（紅炎）



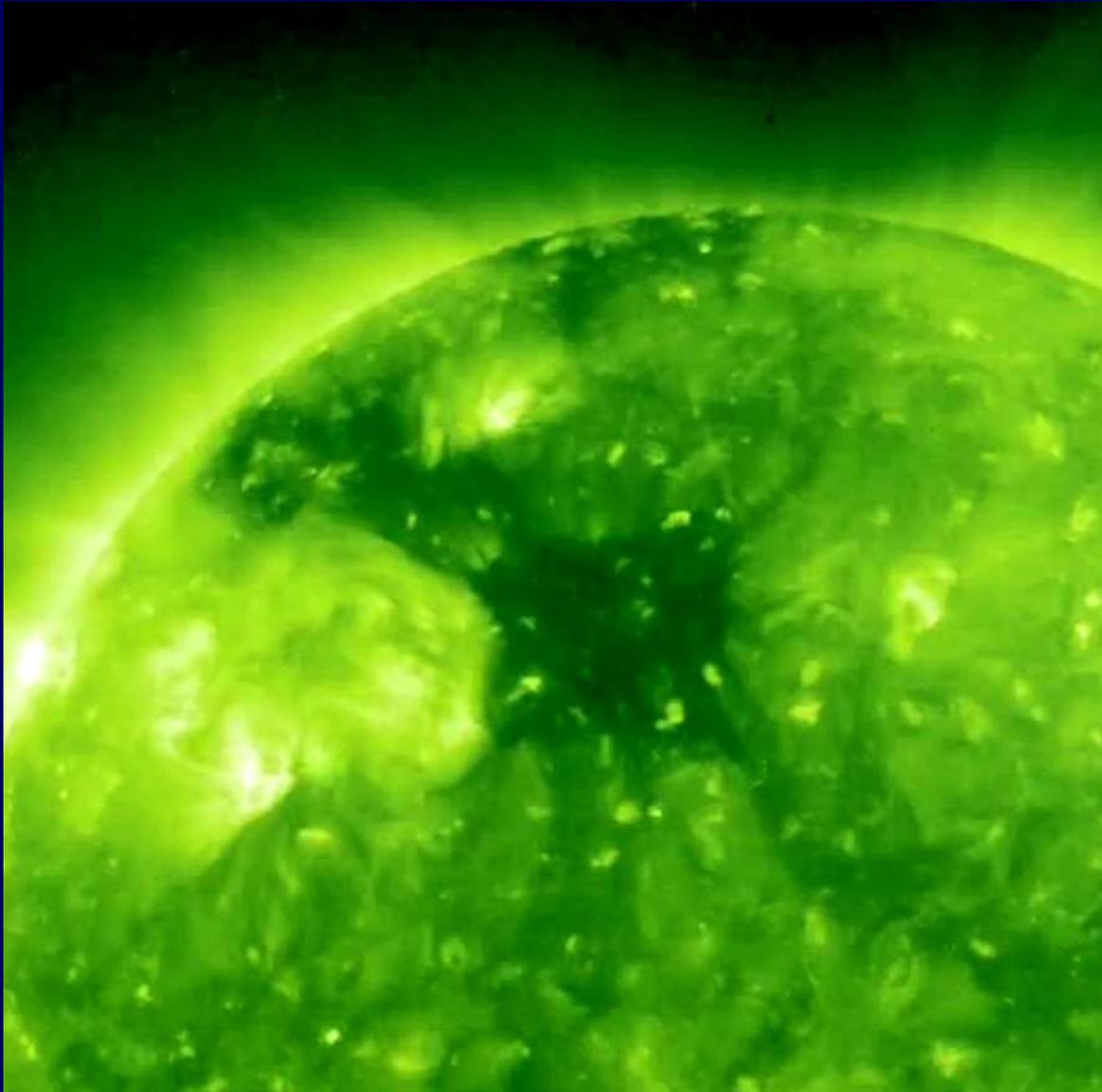
STEREO衛星

# 太陽表面現象：フレア（爆発）



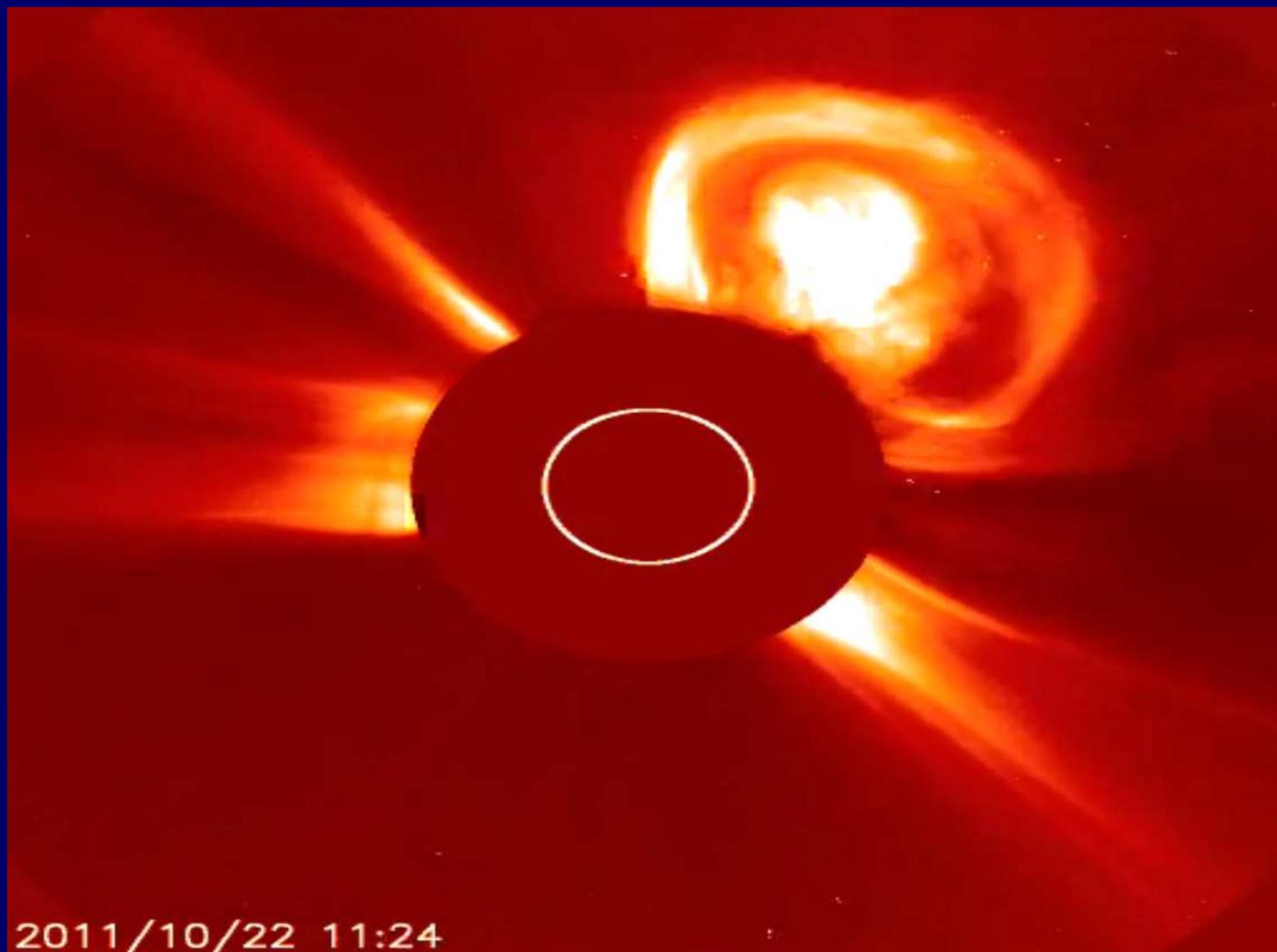
STEREO衛星

# 太陽表面現象：コロナホール



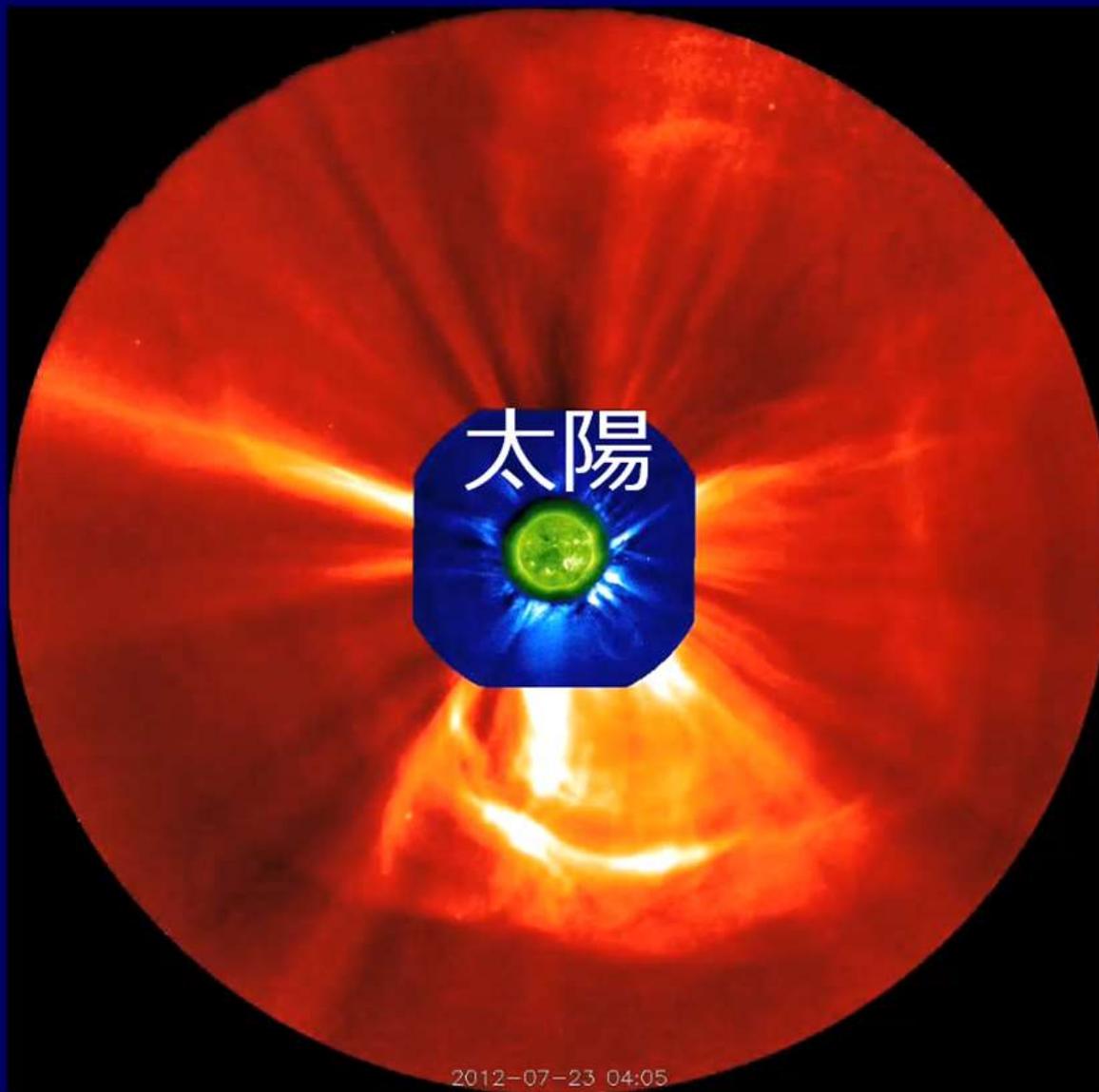
STEREO衛星

# コロナ質量放出 (Coronal Mass Ejection)



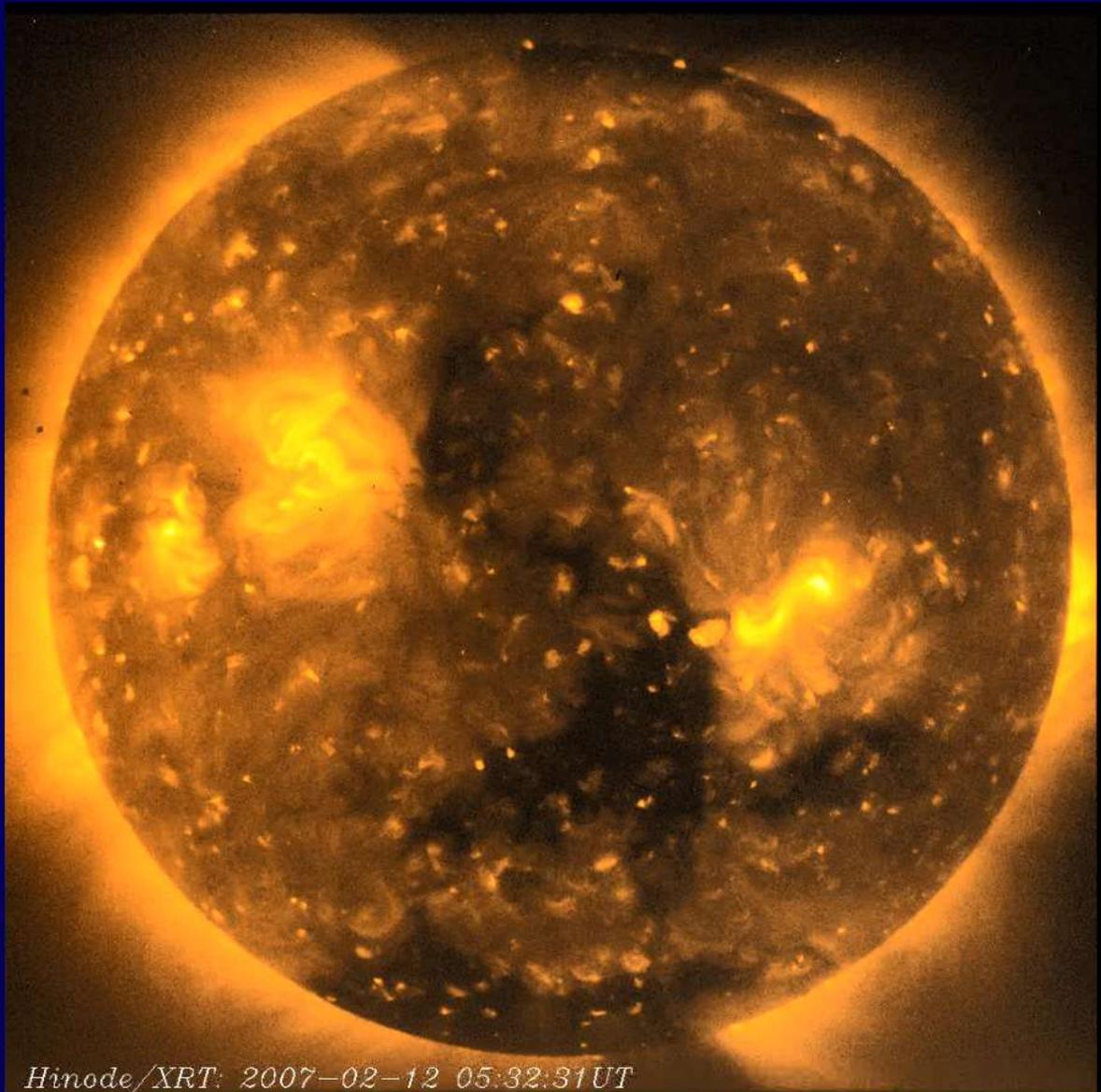
SOHO衛星

# コロナ質量放出 (Coronal Mass Ejection)



STEREO衛星

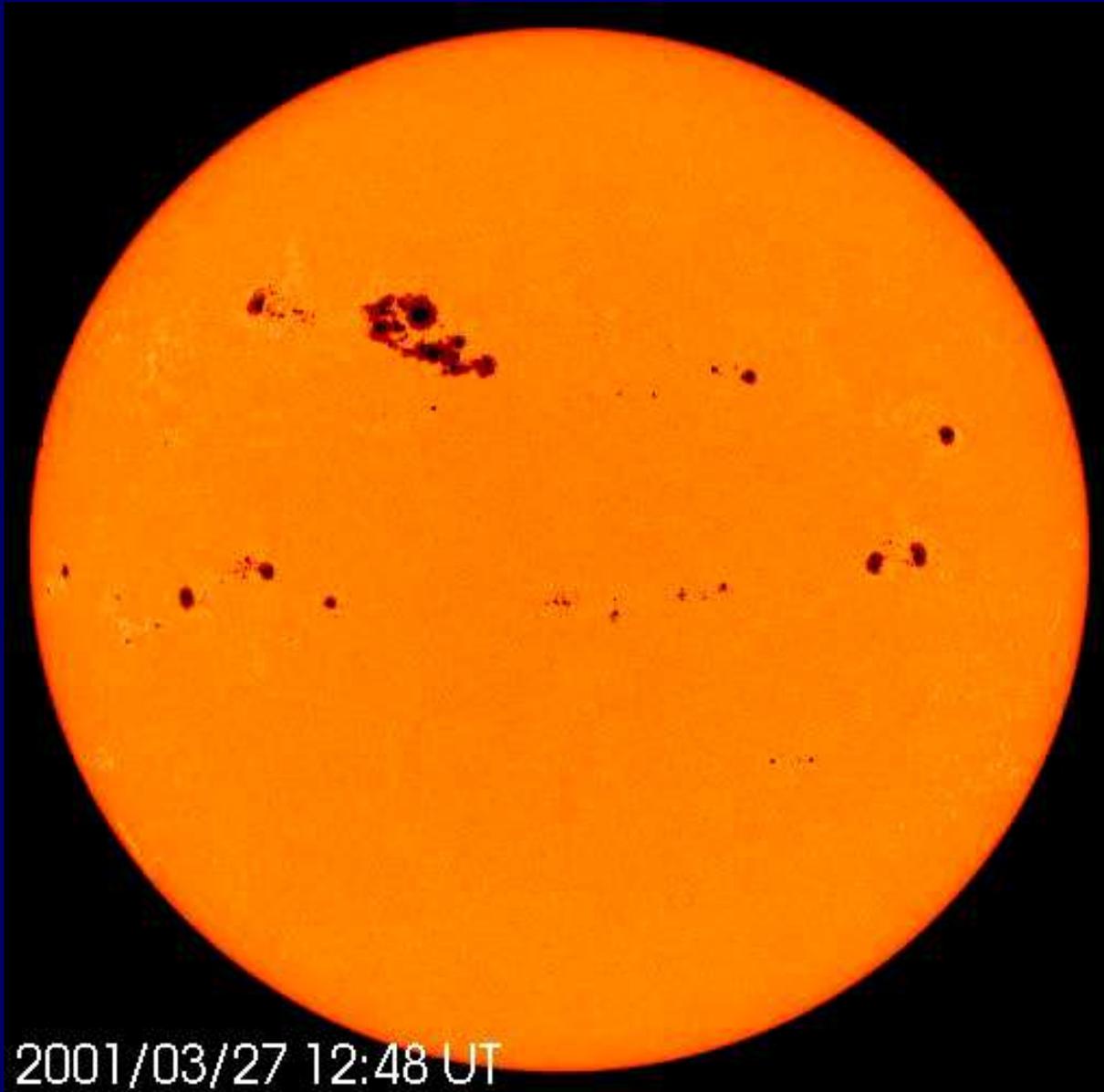
# 太陽は自転している（約27日周期）



Hinode/XRT: 2007-02-12 05:32:31UT

ひので衛星

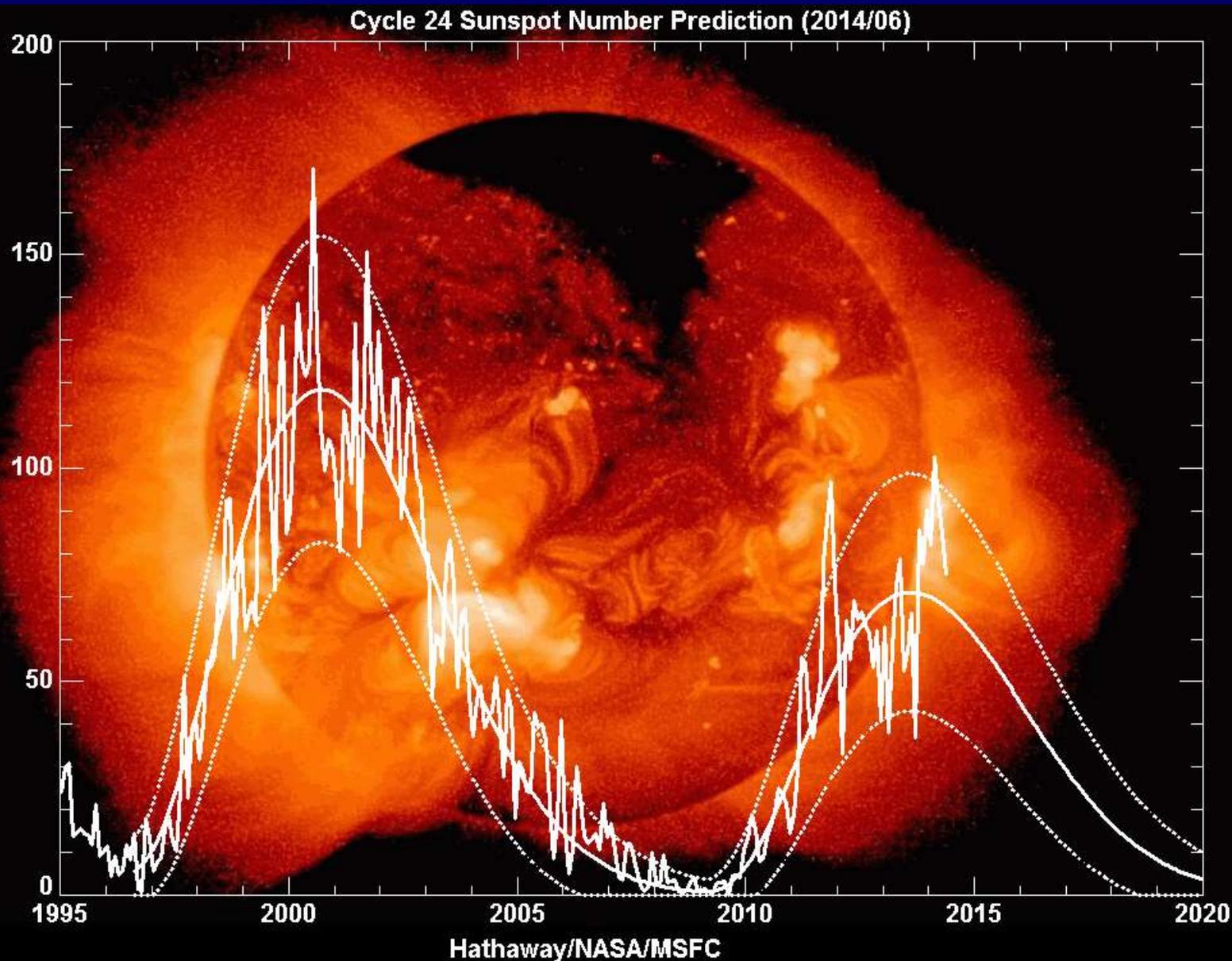
# 黑点 (Sunspot)



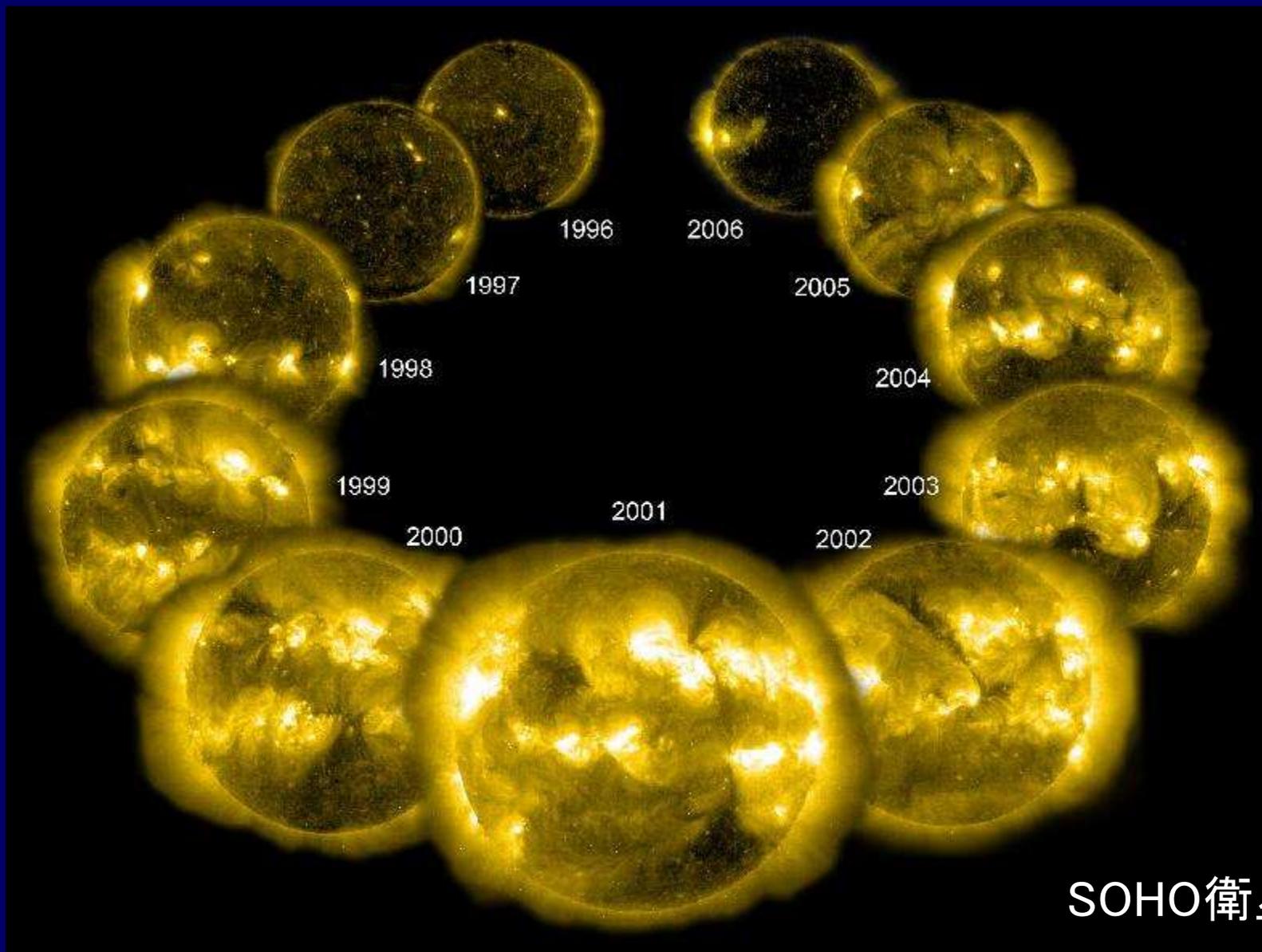
2001/03/27 12:48 UT

SOHO衛星

# 黒点数の変化(11年周期)

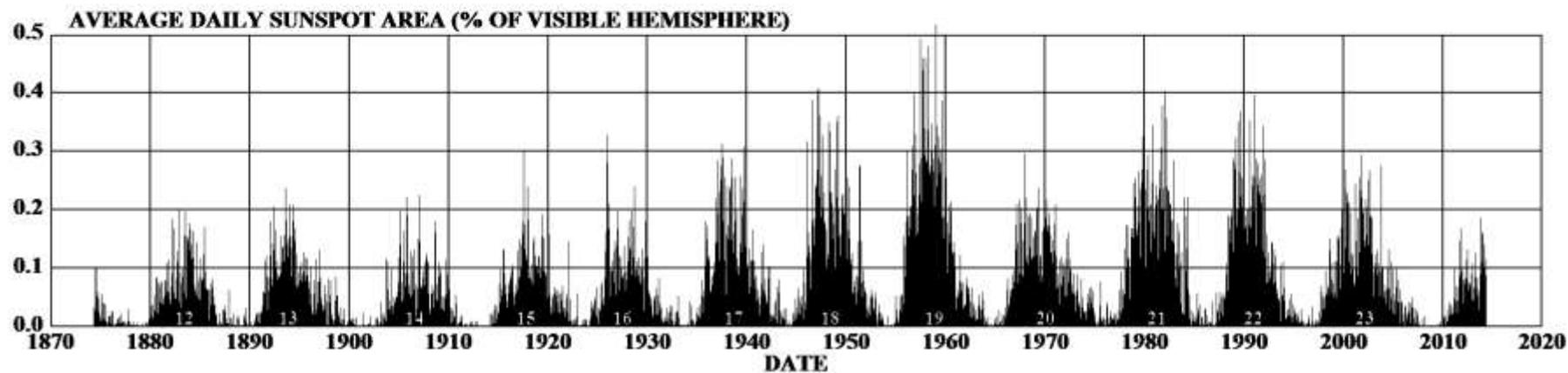
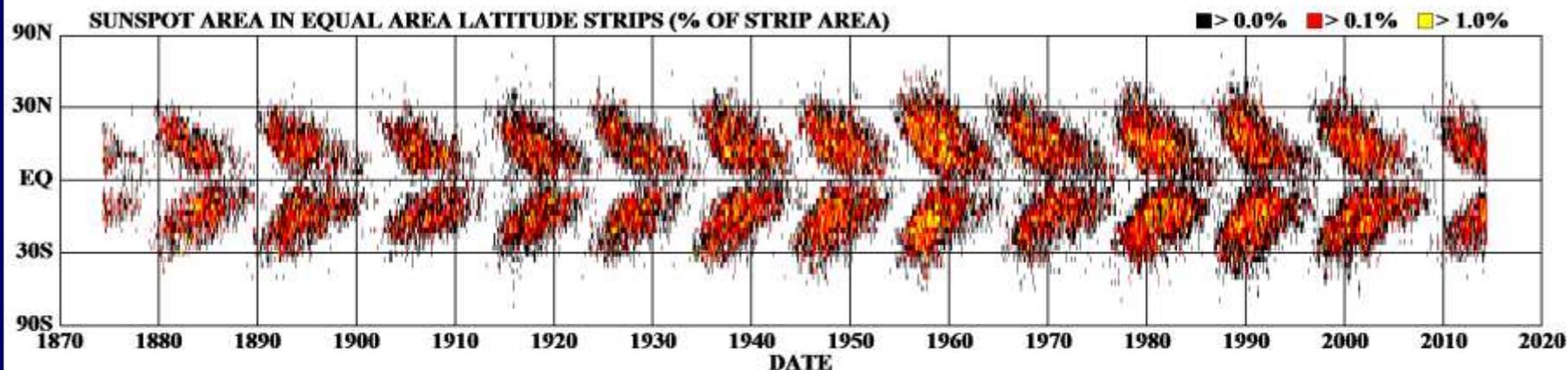


# 太陽活動の変化(11年周期)

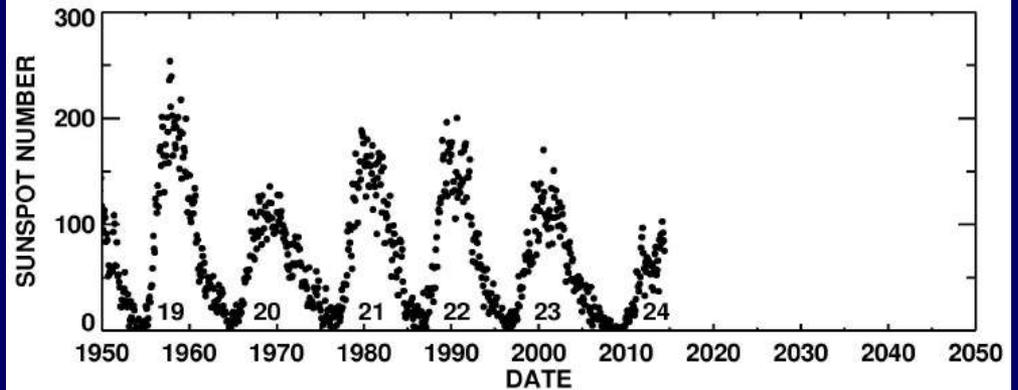
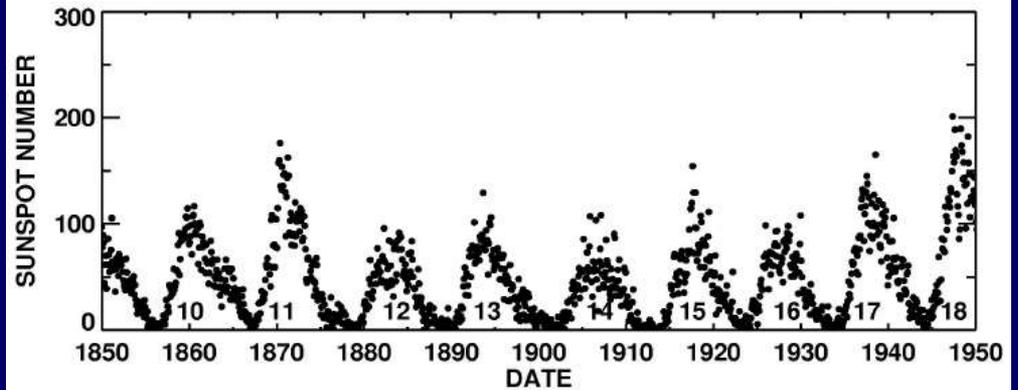
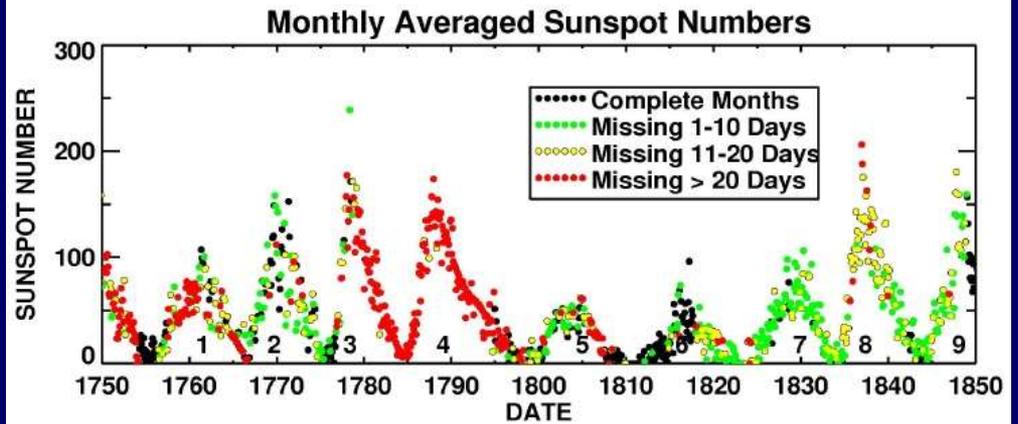


# 黒点の長期変動

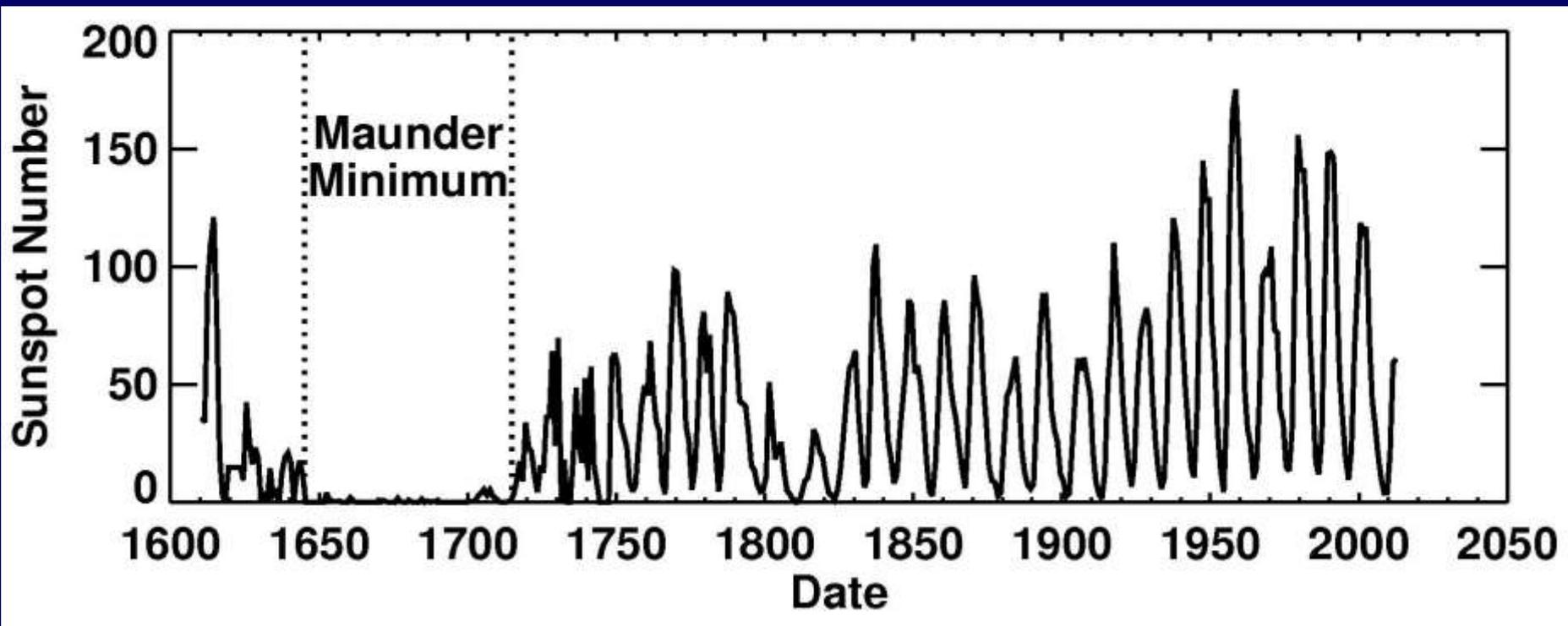
## DAILY SUNSPOT AREA AVERAGED OVER INDIVIDUAL SOLAR ROTATIONS



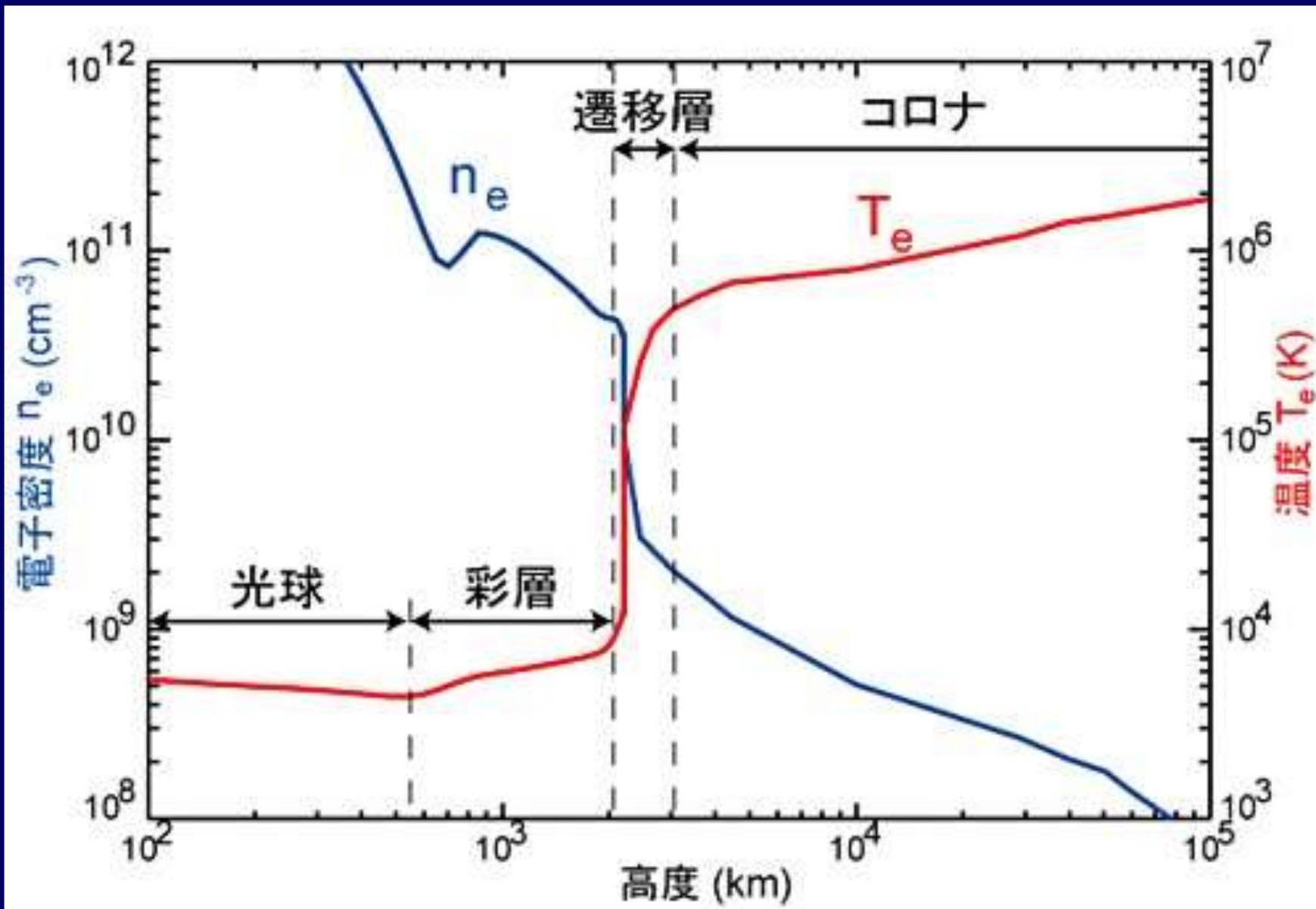
# 黒点の 長期変動



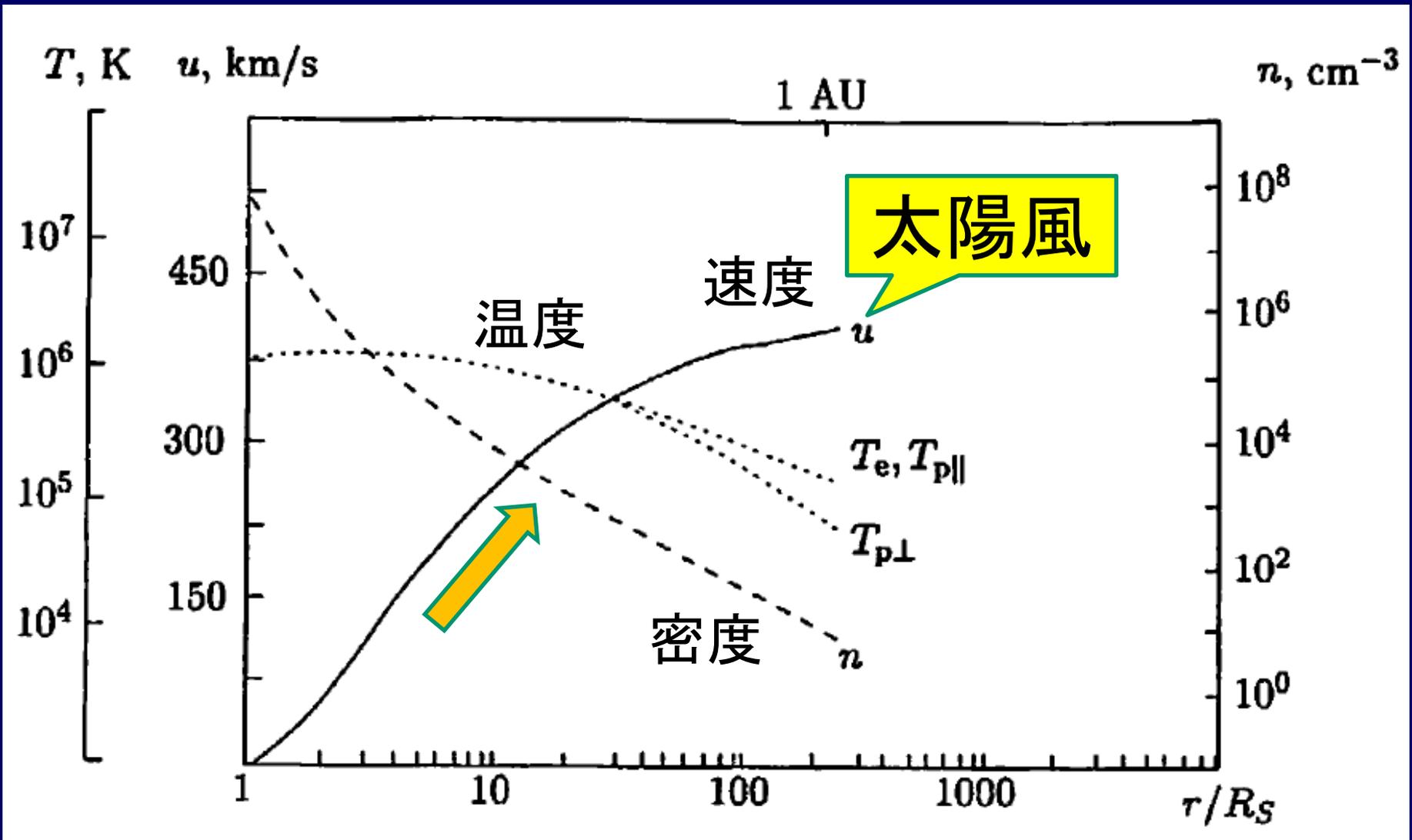
# 黒点の長期変動



# 太陽外側の温度と密度



# 太陽外側の温度と密度と速度



# 太陽風 (solar wind)

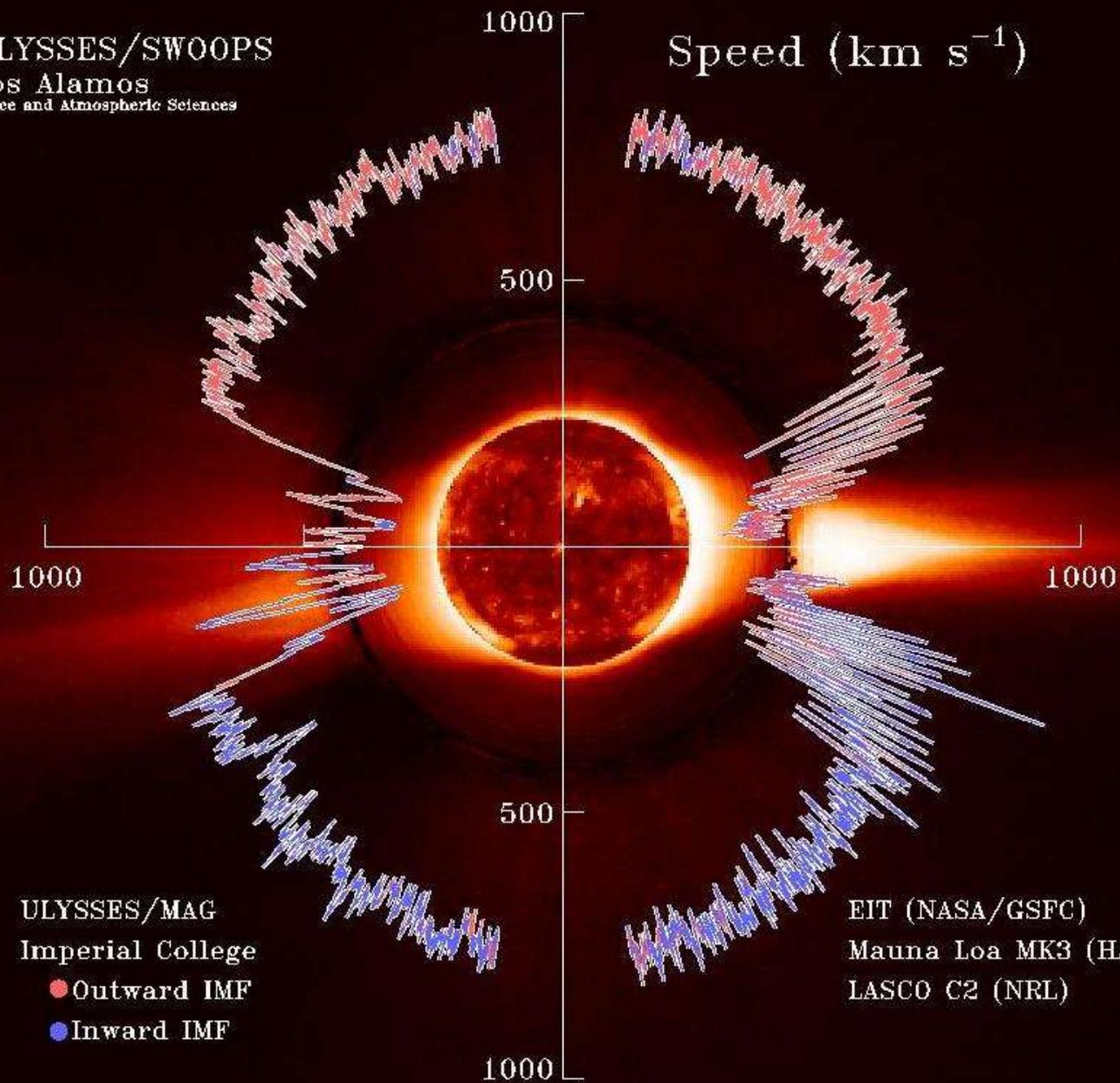


- 太陽のコロナが外側に流れ出したもの
- 主成分：  
水素が完全に電離したプラズマ  
陽子 ( $H^+$ )、電子

日蝕の時のコロナ

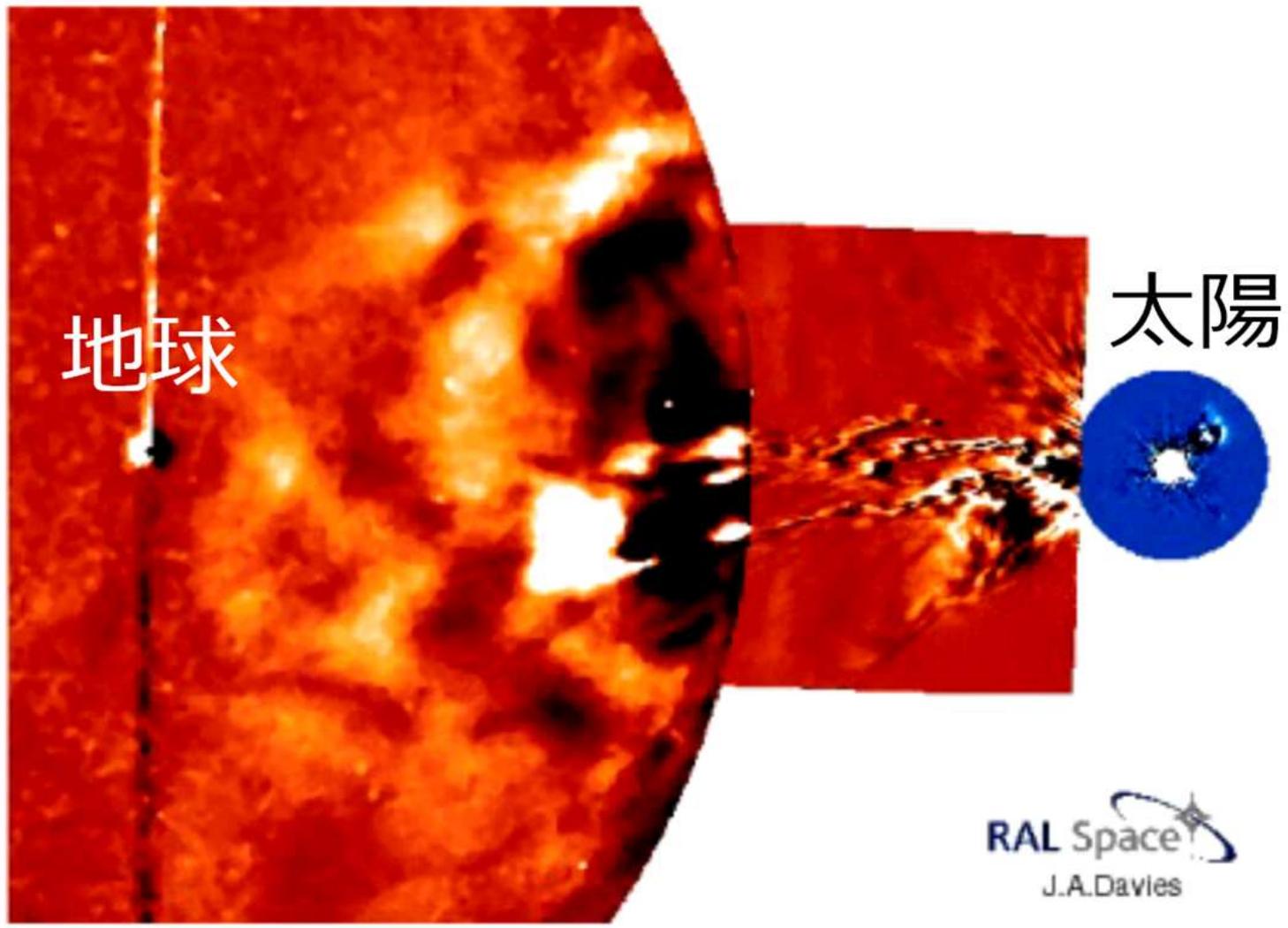
# 太陽風 速度

ULYSSES/SWOOPS  
Los Alamos  
Space and Atmospheric Sciences

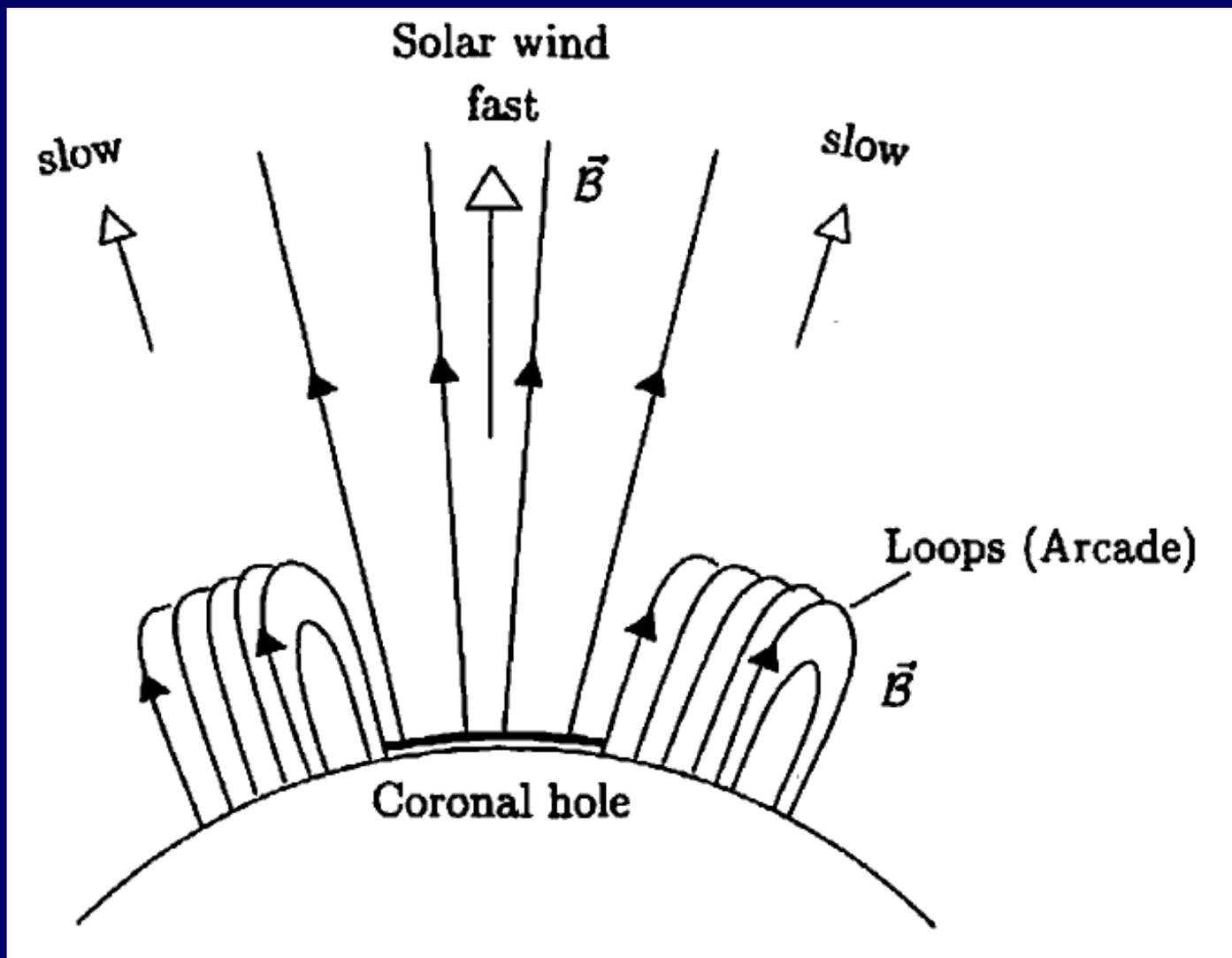


# 太陽コロナ放出 Coronal Mass Ejection

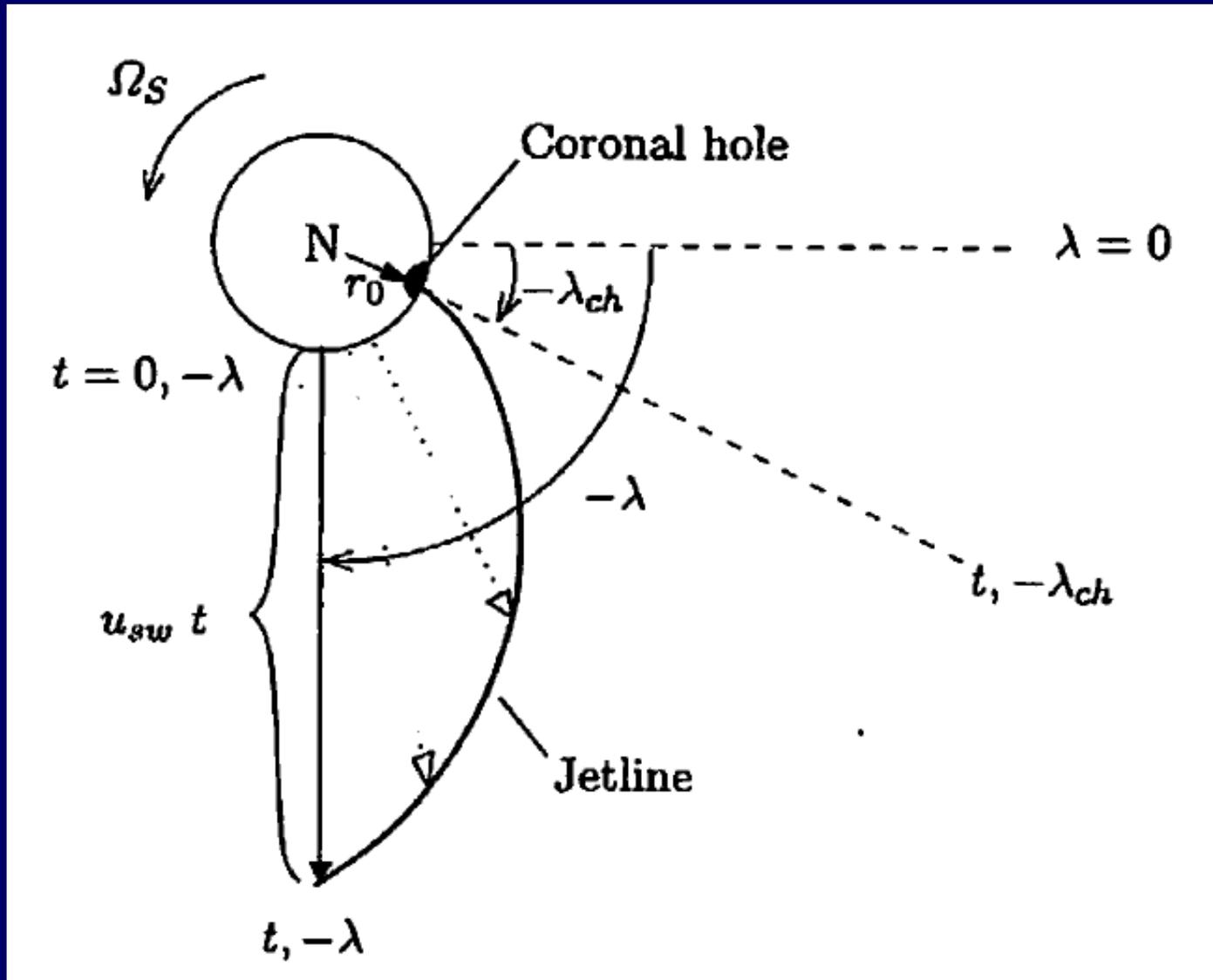
STEREO-A/SECCHI  
2011-06-08 13:30UT



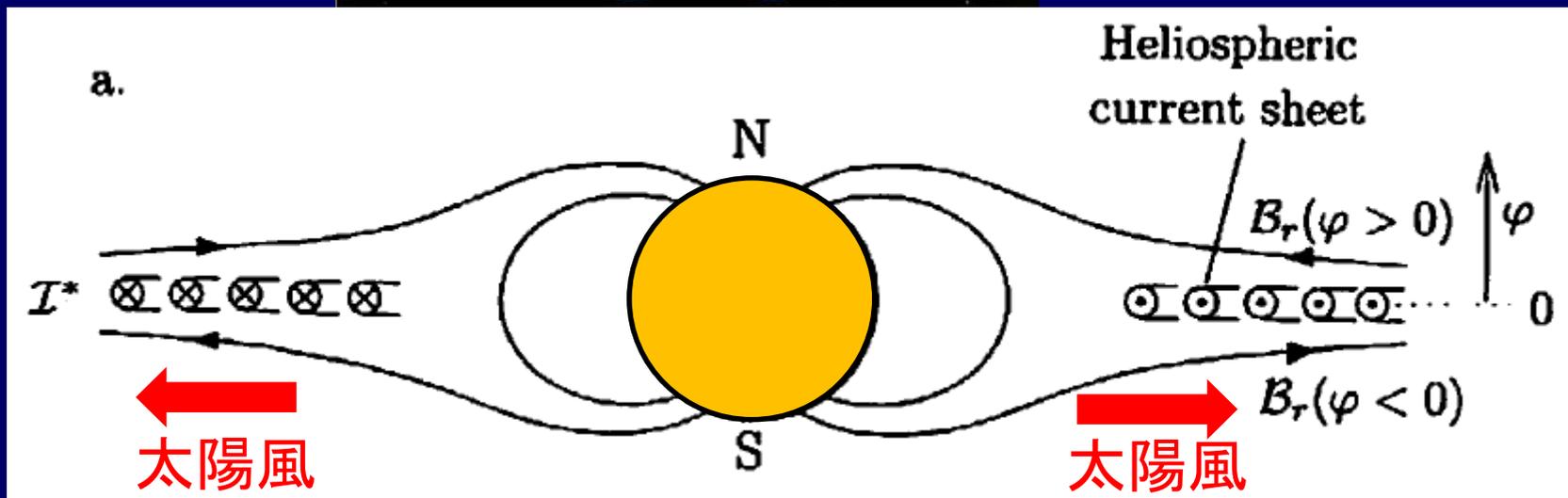
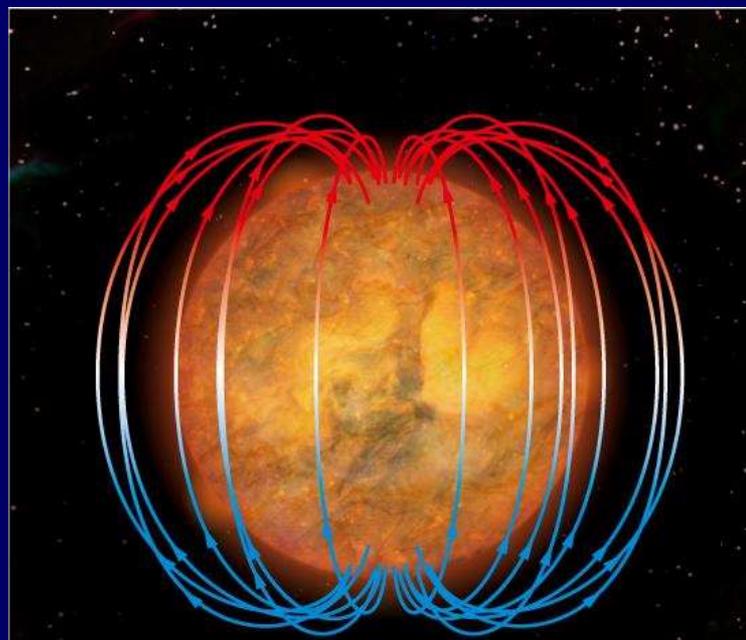
# 太陽風と太陽磁場

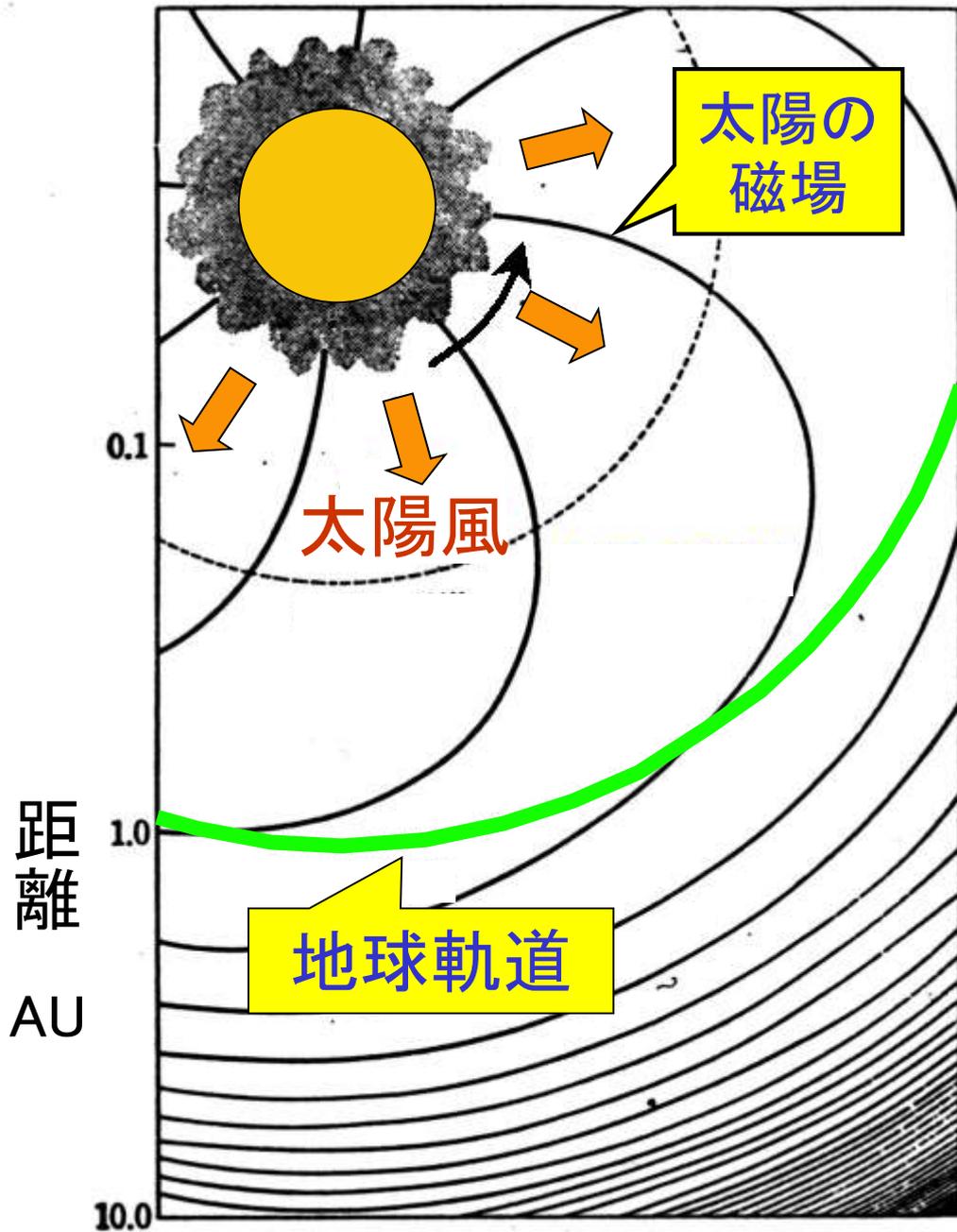


# 太陽風と太陽磁場



# 太陽風と太陽磁場





太陽風は太陽の磁場を外側に引き出す

地球の近くでは:

風速: 400~500 km/s

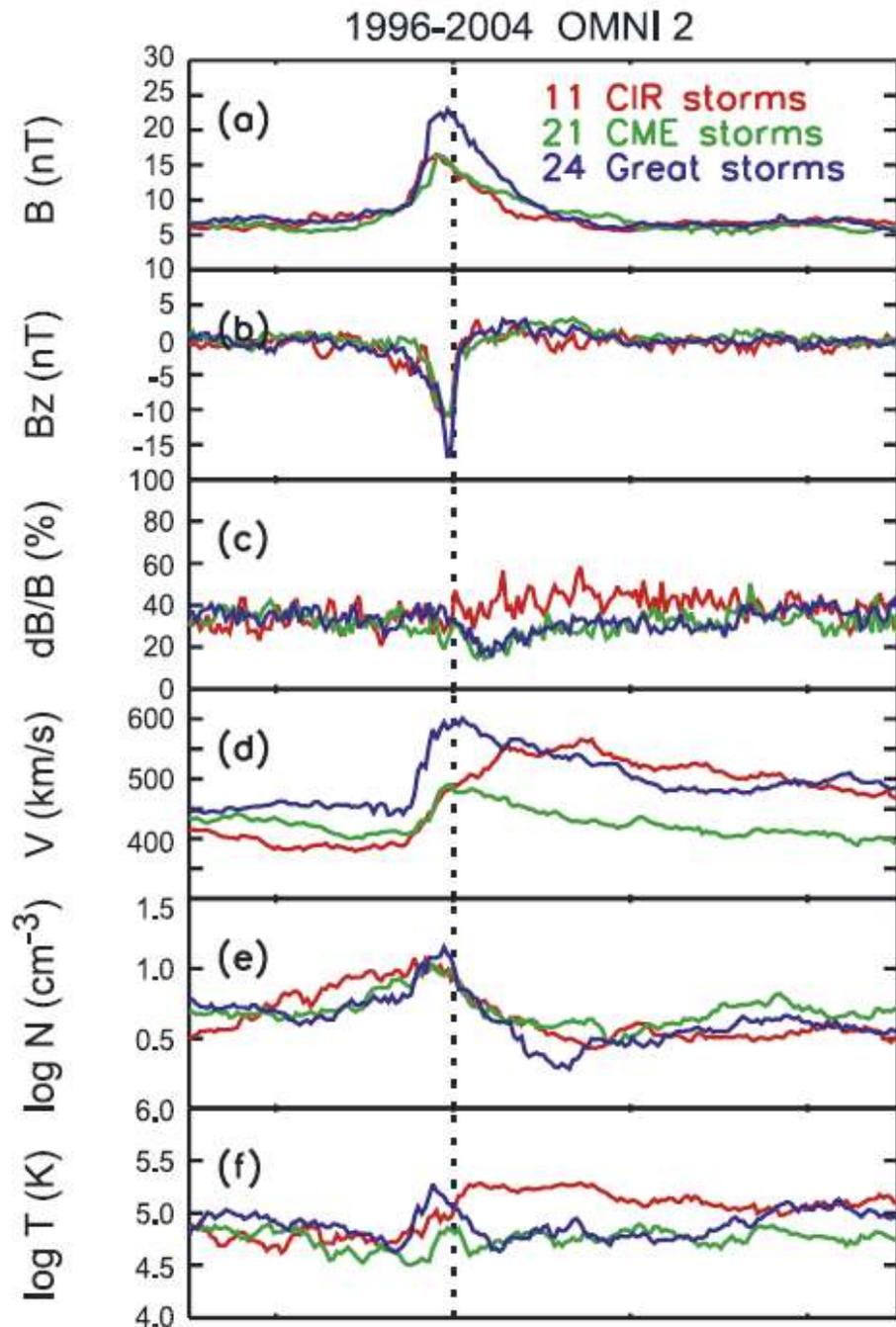
密度: 2~5 個/cm<sup>3</sup>

温度: 10万度

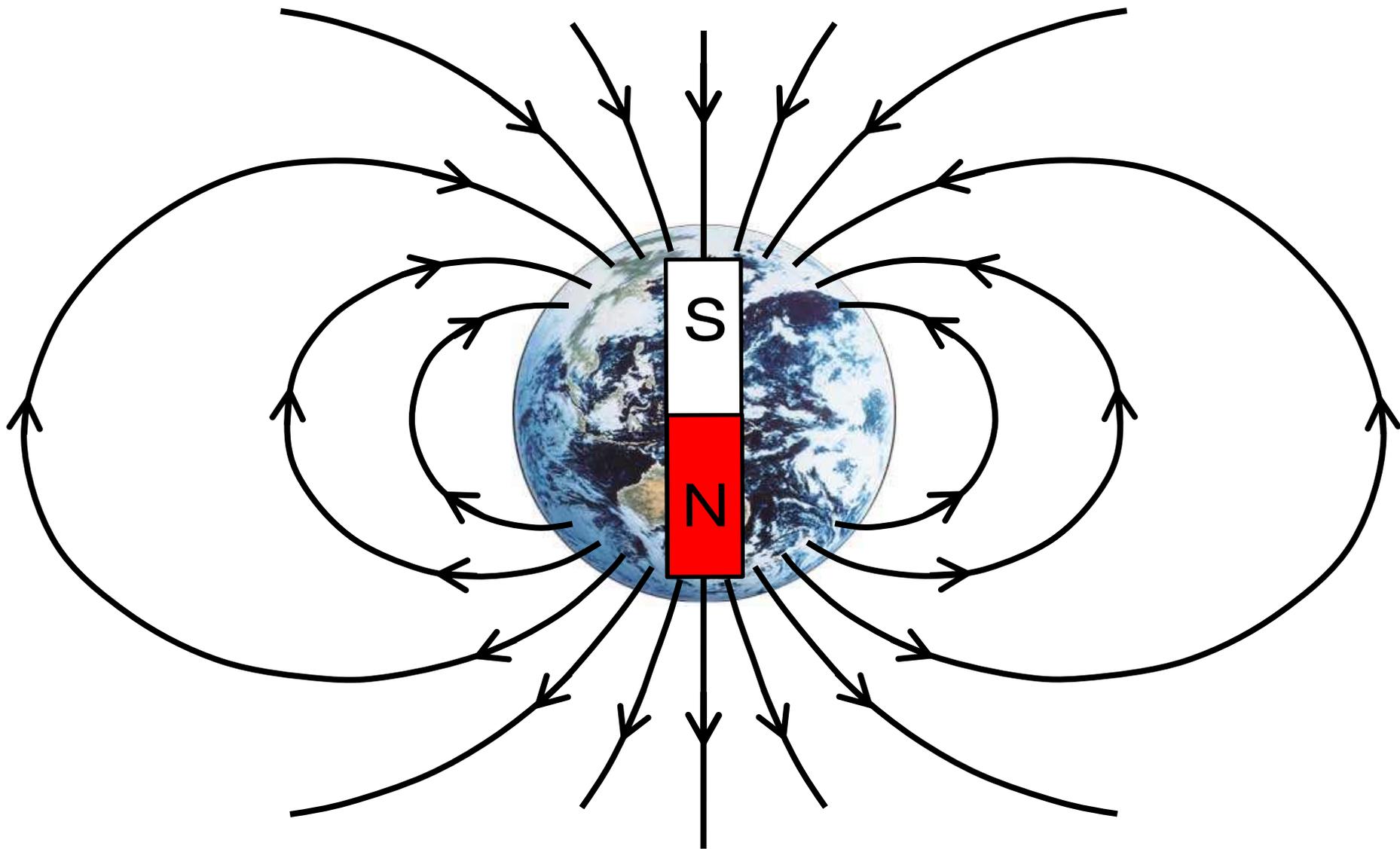
磁場: 2~5 nT

(地上の磁場の1/10000)

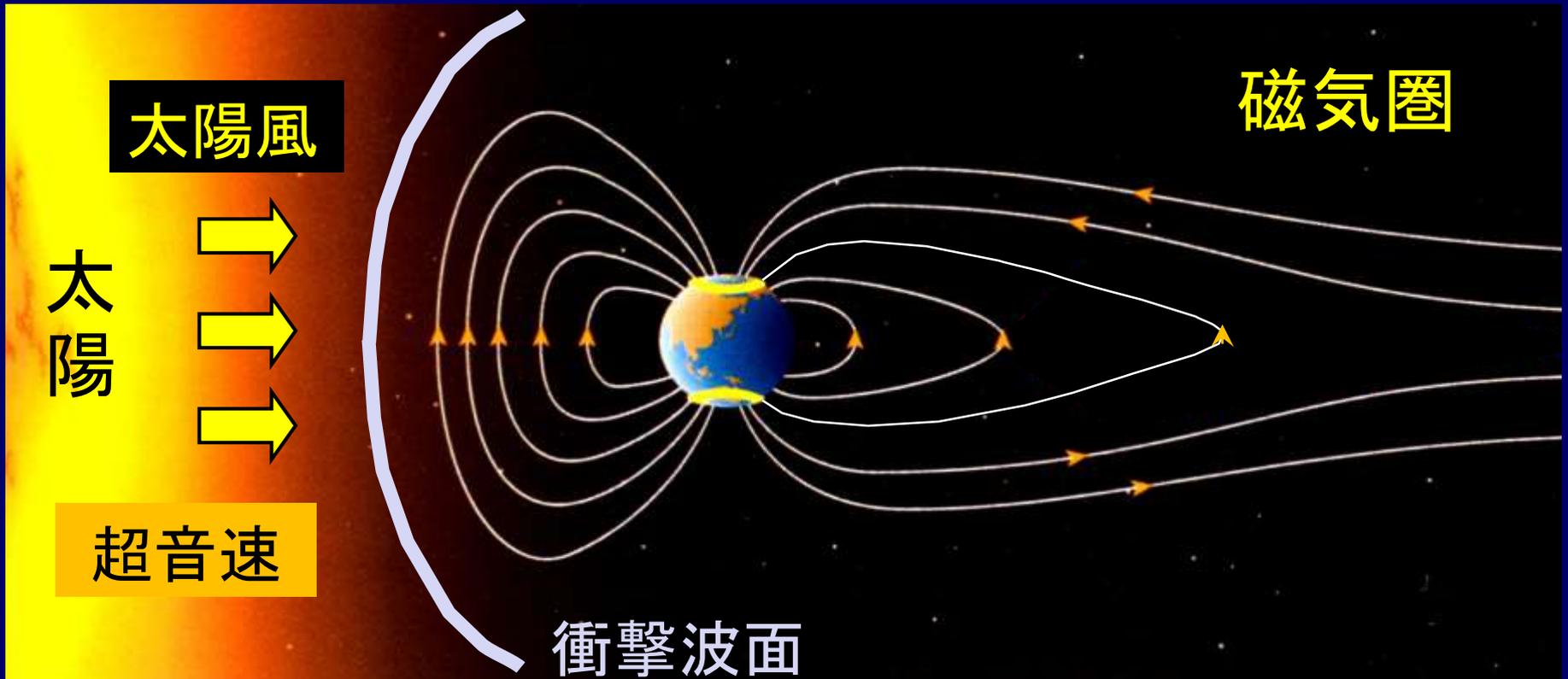
# コロナ質量放出 (CME)の時の 太陽風の変化



# 地球の磁場



# 太陽風と地球磁場



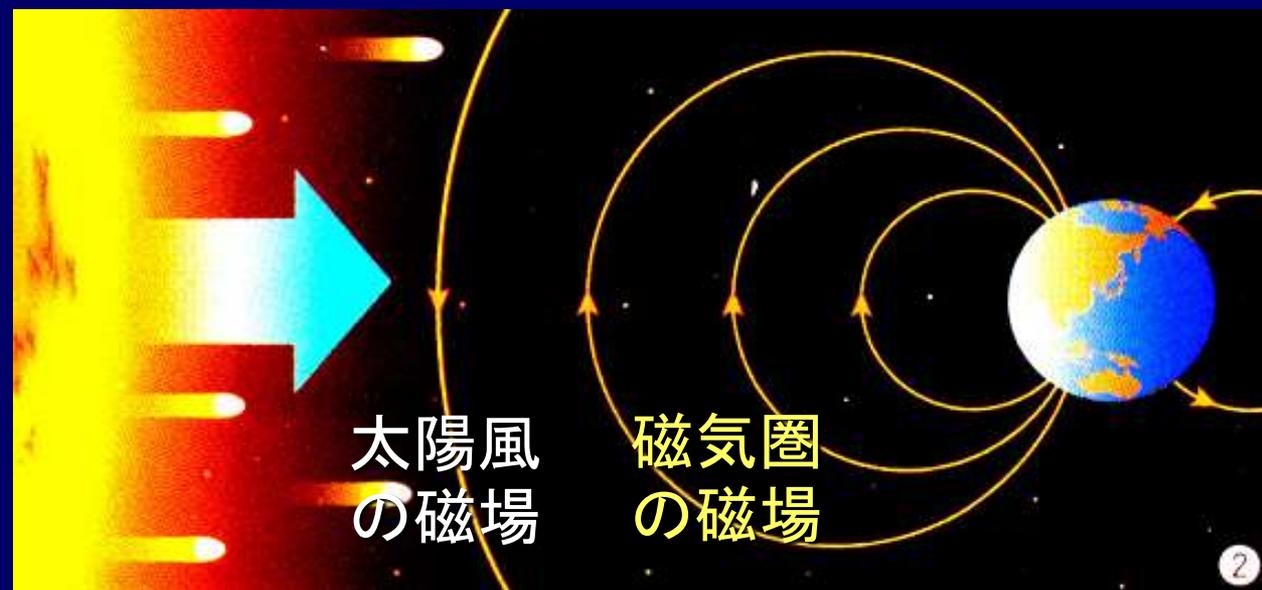
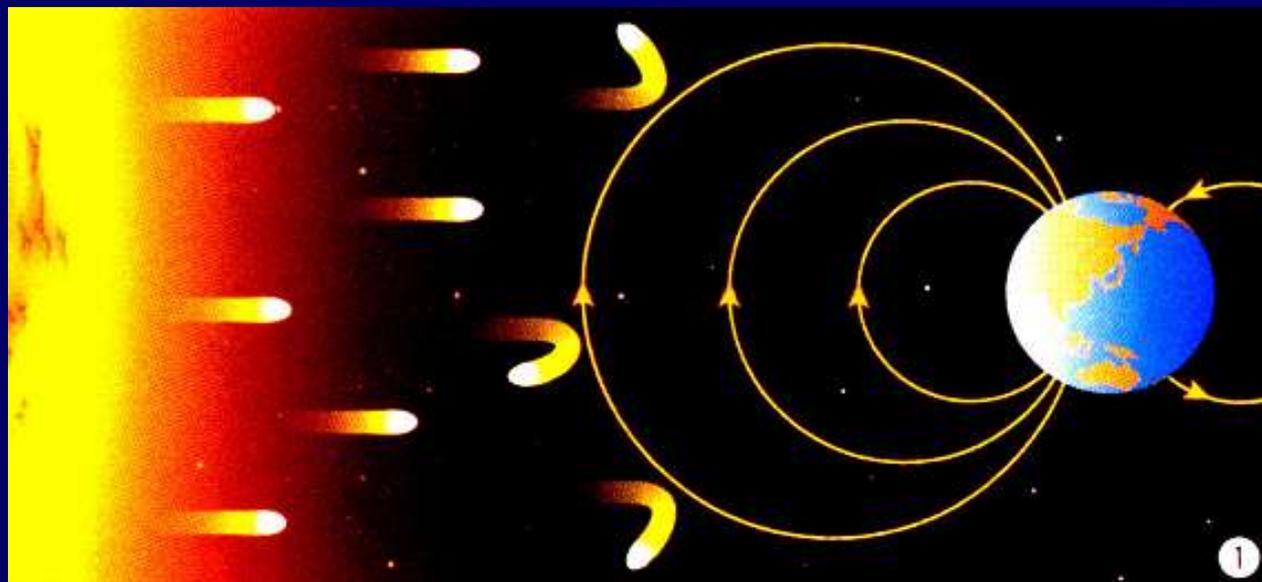
磁気圏：太陽風から地球を守るシェルター

# 太陽風の磁場が重要

太陽風の磁場がないと...

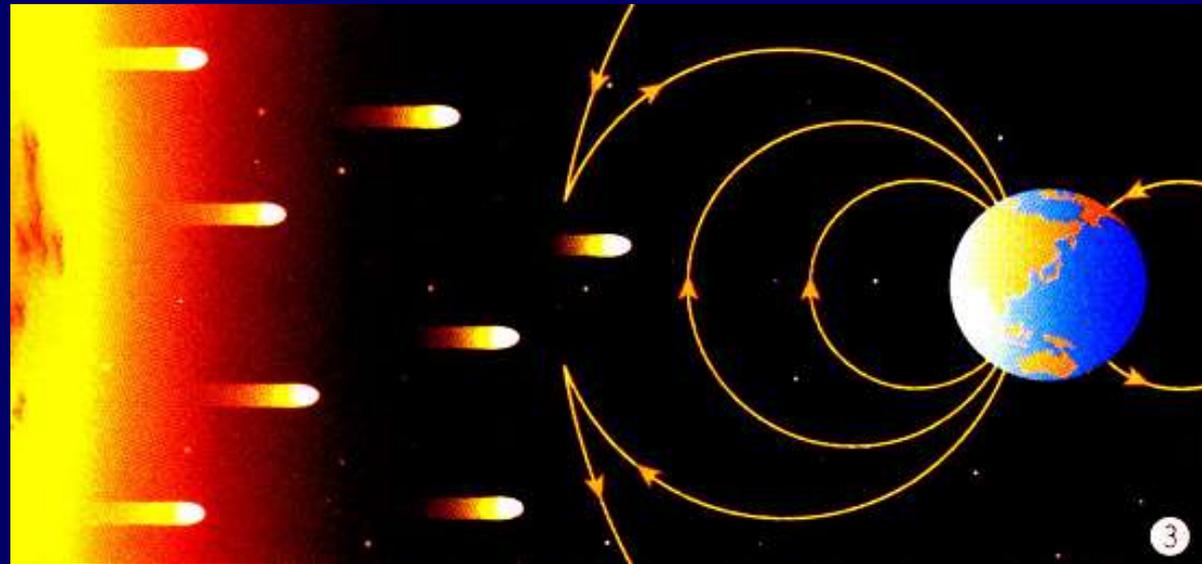
太陽風のプラズマは地球の磁場の中に入れない

もし、太陽風の磁場が南を向いていると...



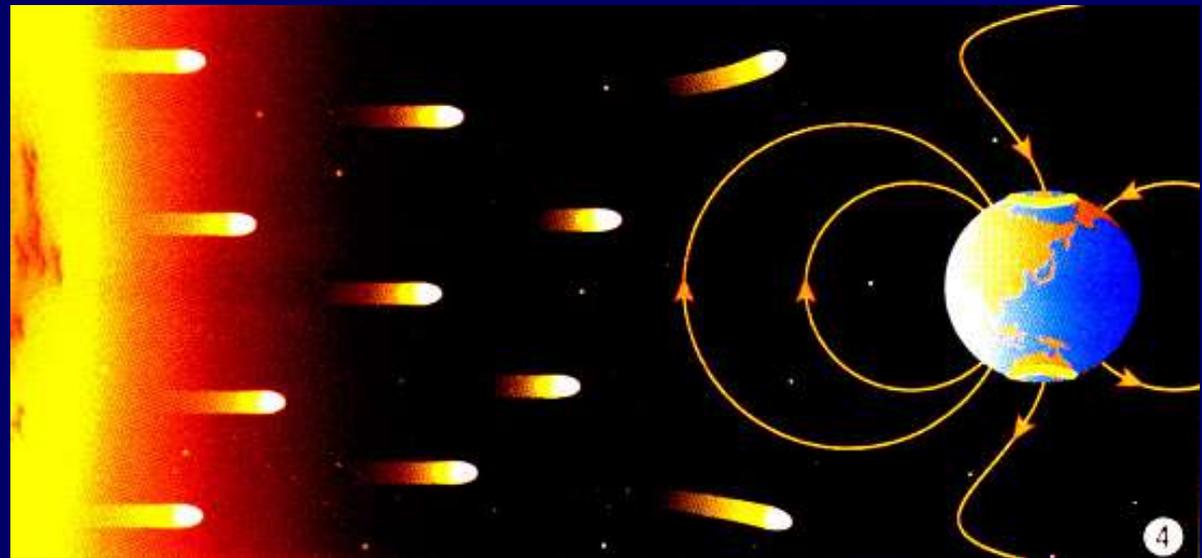
# 太陽風の磁場が南向きになると

太陽風の磁場と地球の磁場が  
つなぎ換わり...

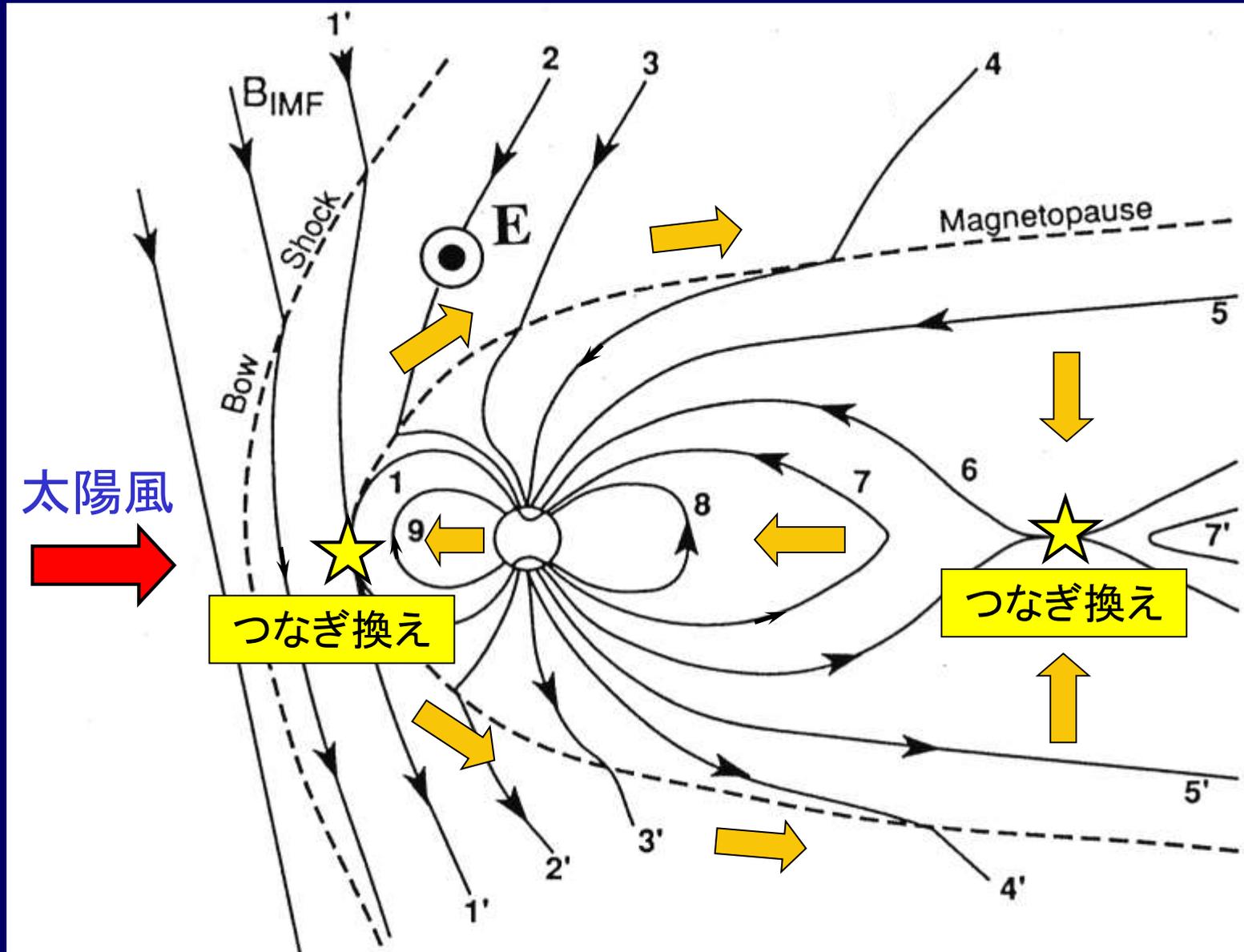


地球の磁場は夜側に  
剥ぎ取られてゆき

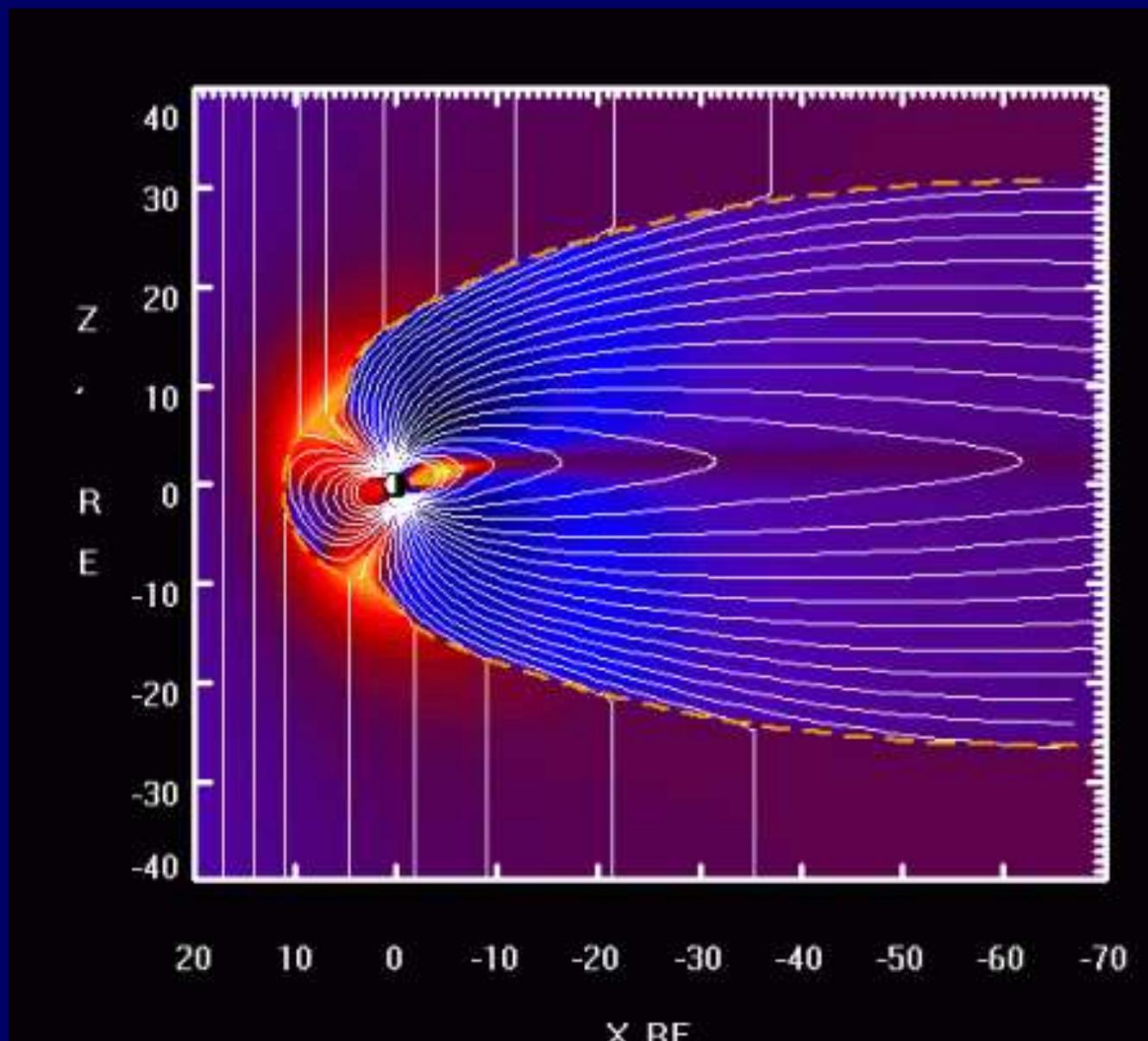
太陽風のプラズマは  
夜側から、磁気圏の  
中に入って来る。



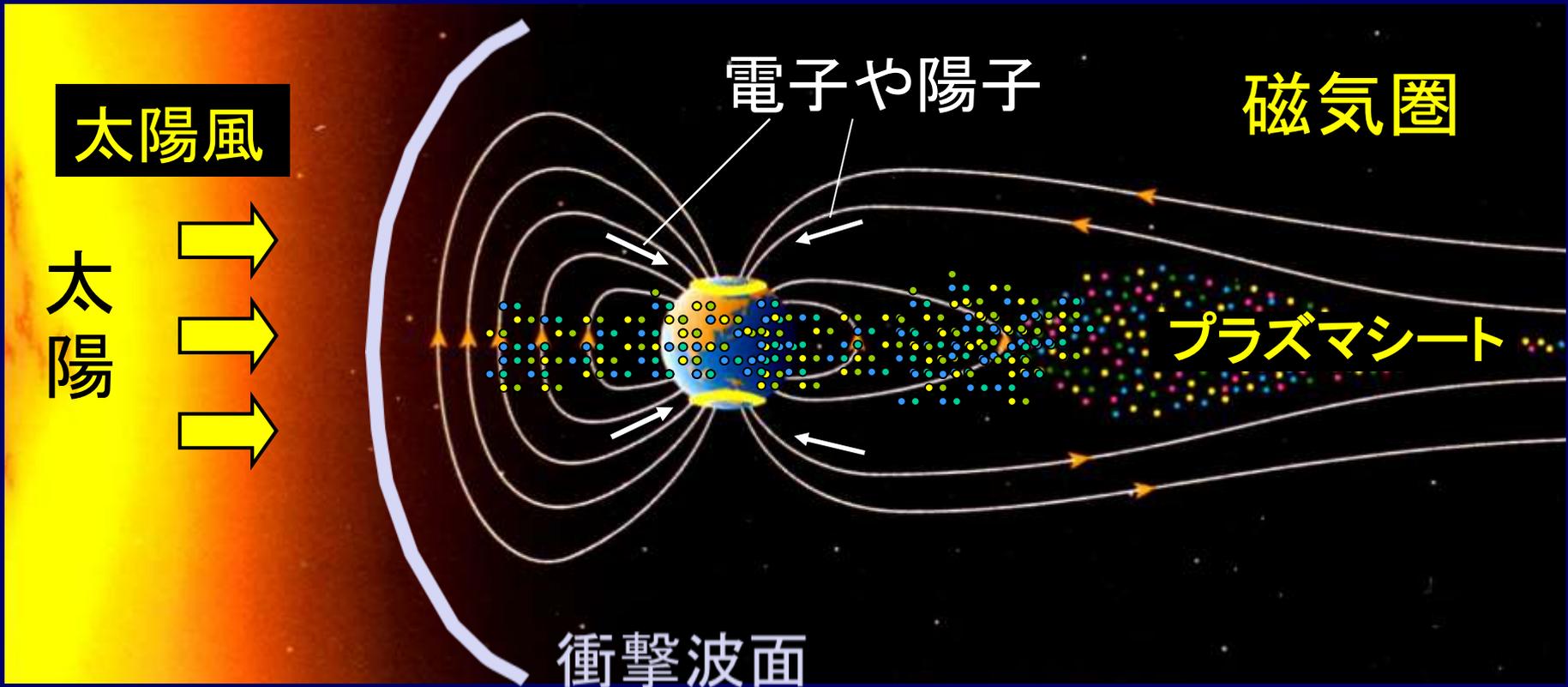
# つながり換わった磁力線の動き(磁気圏対流)



# つなぎ換わった磁力線の動き(モデル計算)

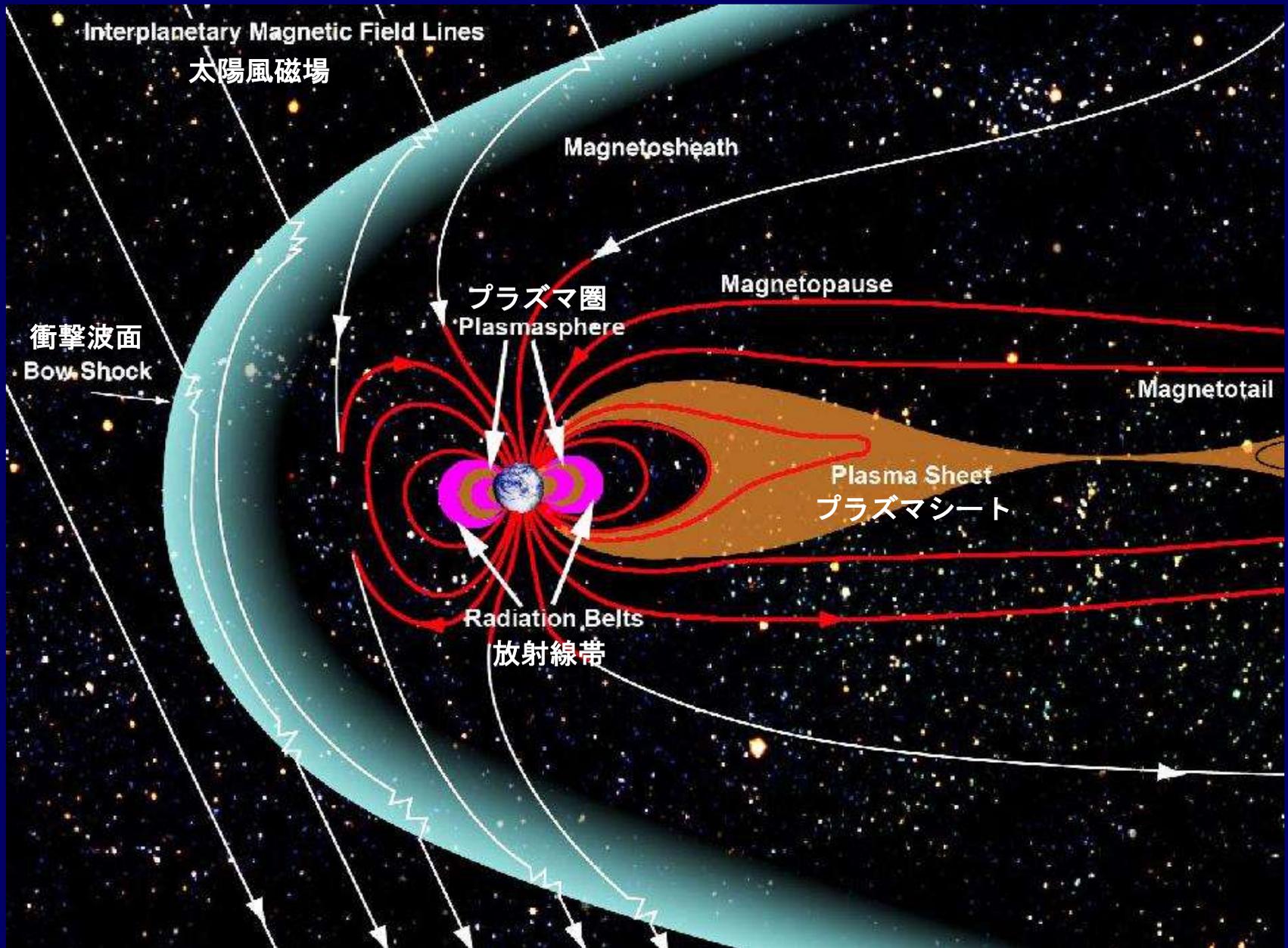


# 太陽風と地球磁場とオーロラ



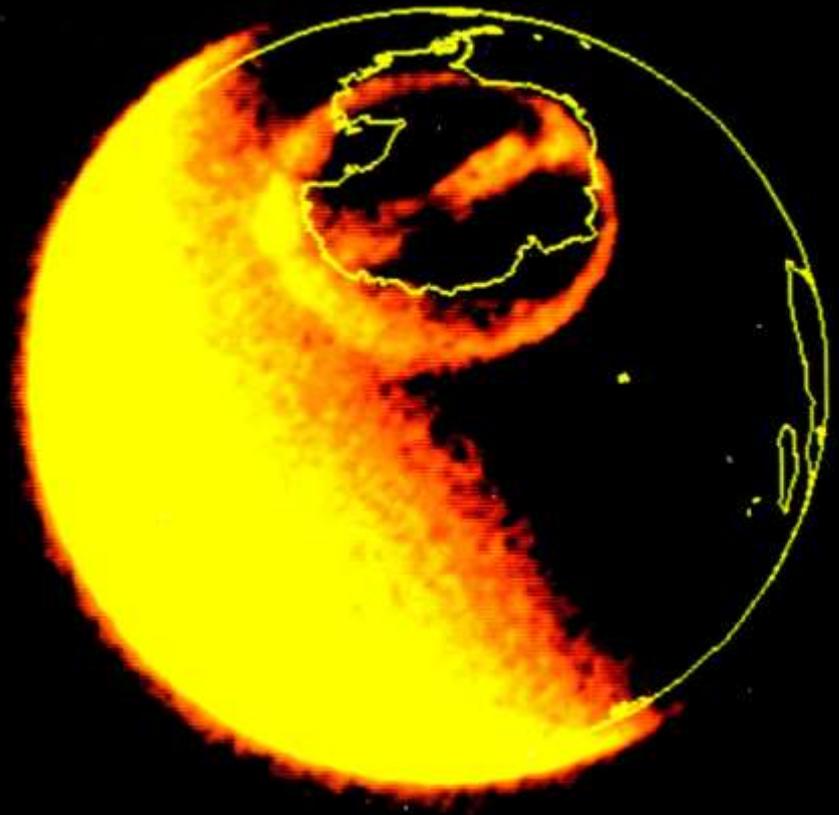
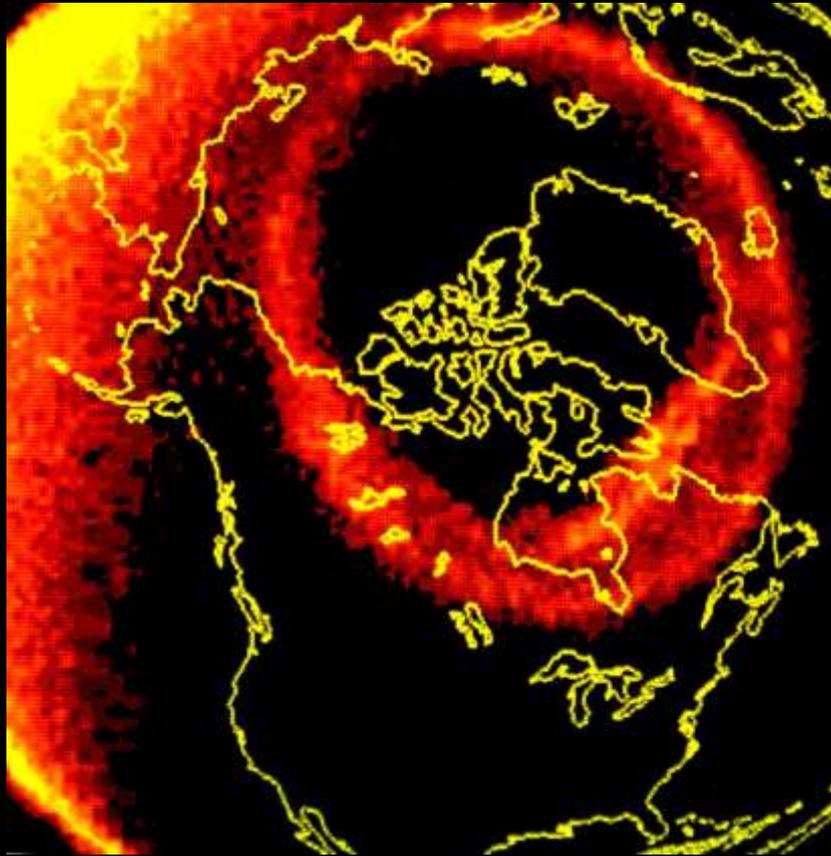
太陽風 → プラズマシート → 極域上空  
→ オーロラ

# 磁気圏



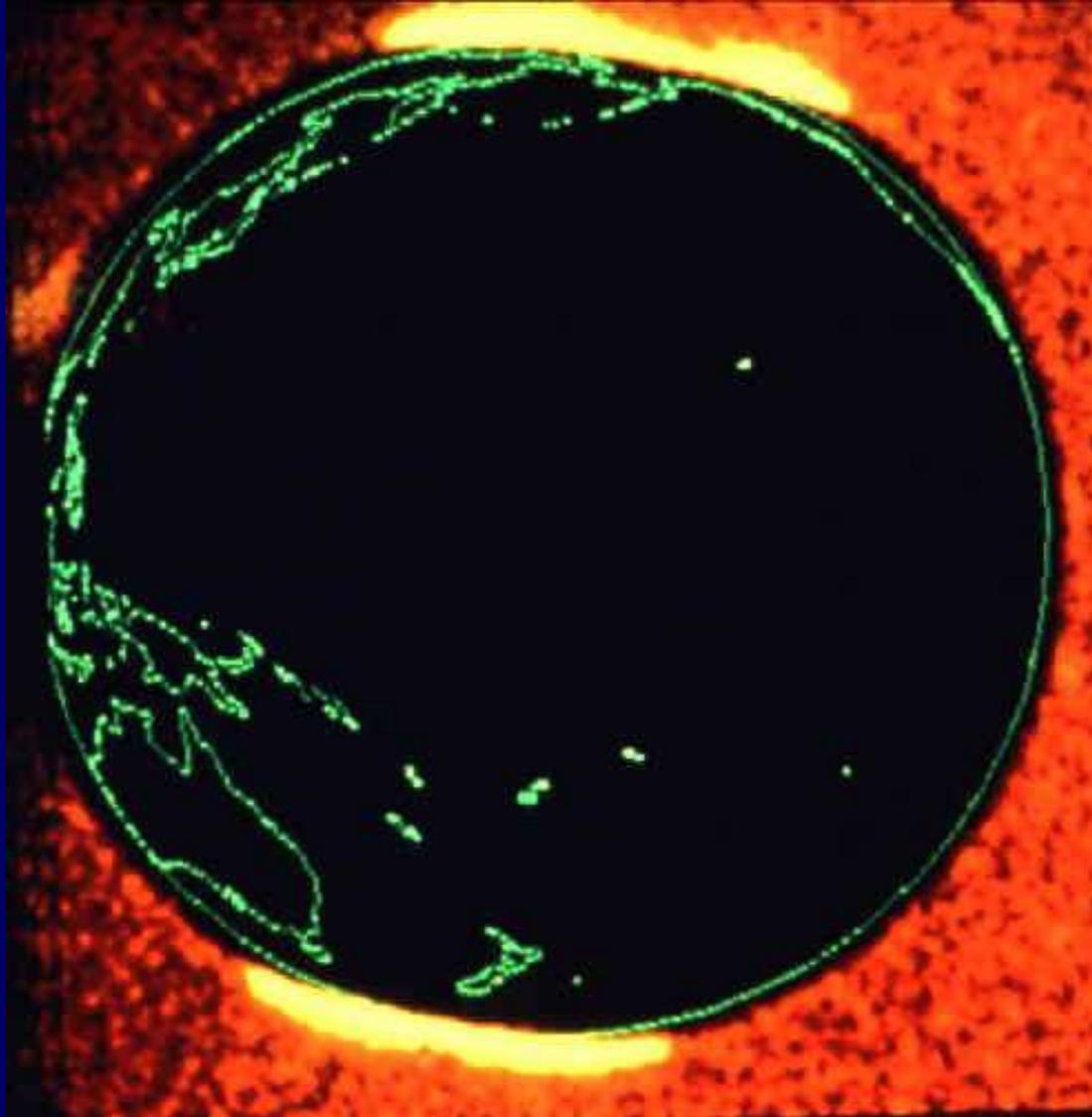


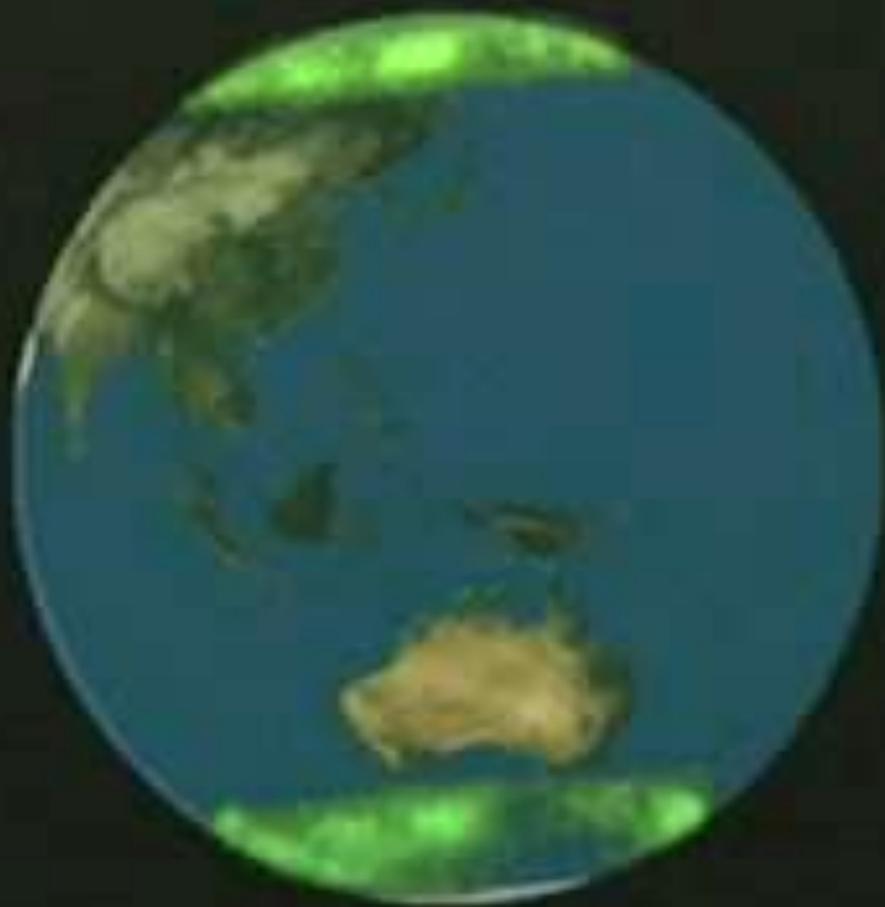
# オーロラオーバル: プラズマシートの投影



DE-1衛星紫外線カメラ

# DE-1 (Dynamics Explorer)衛星

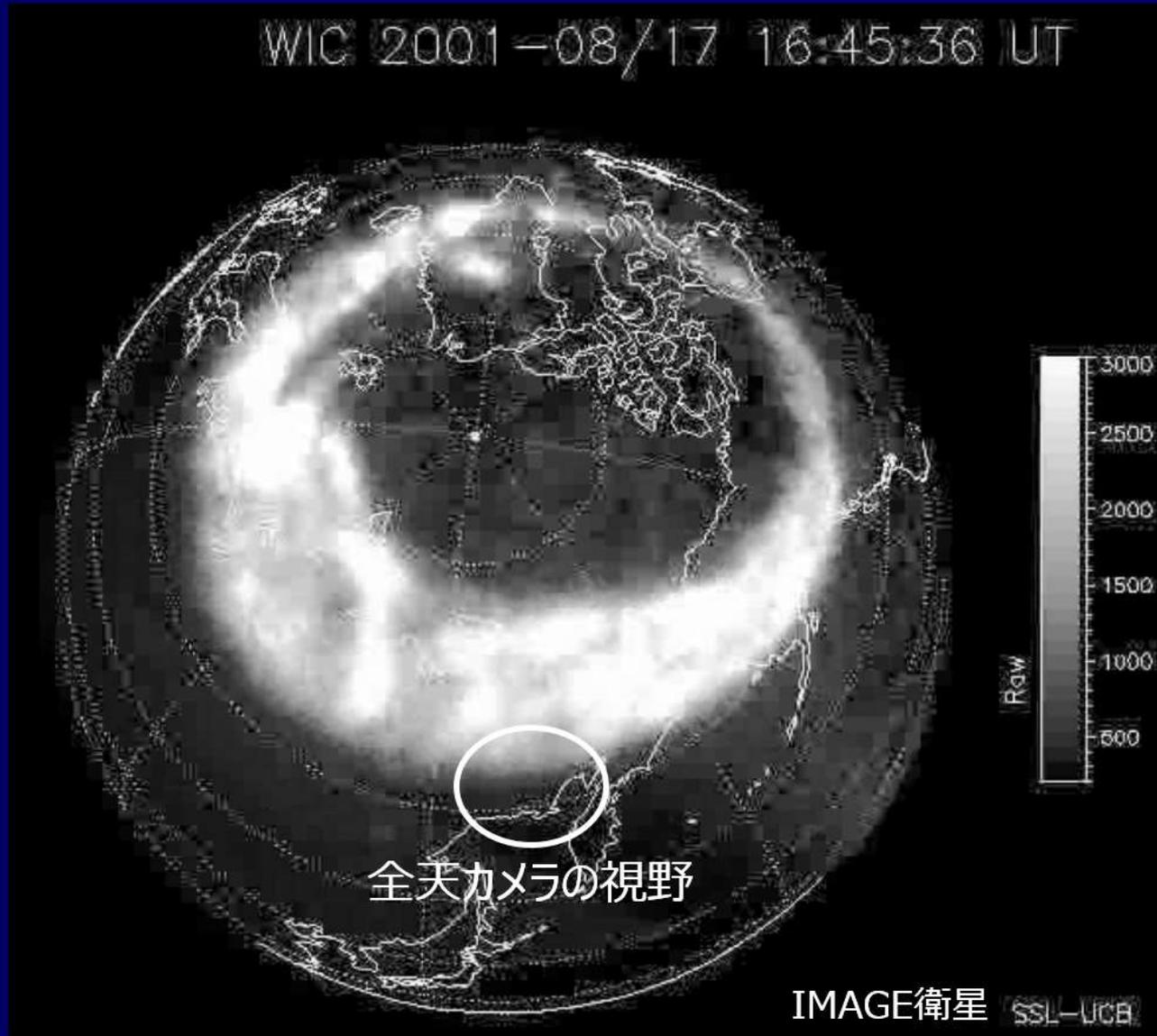




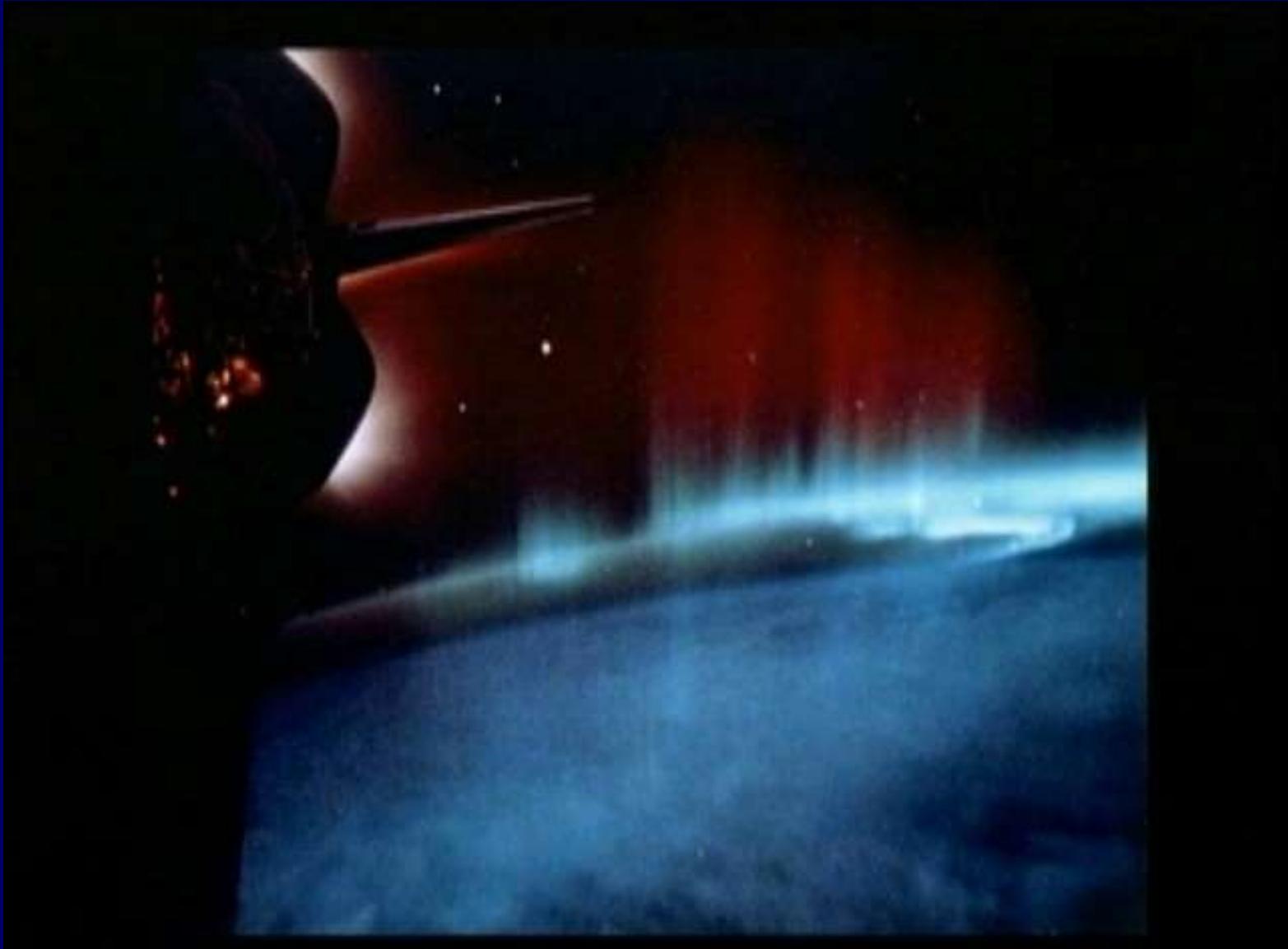
05 hi

Polar衛星

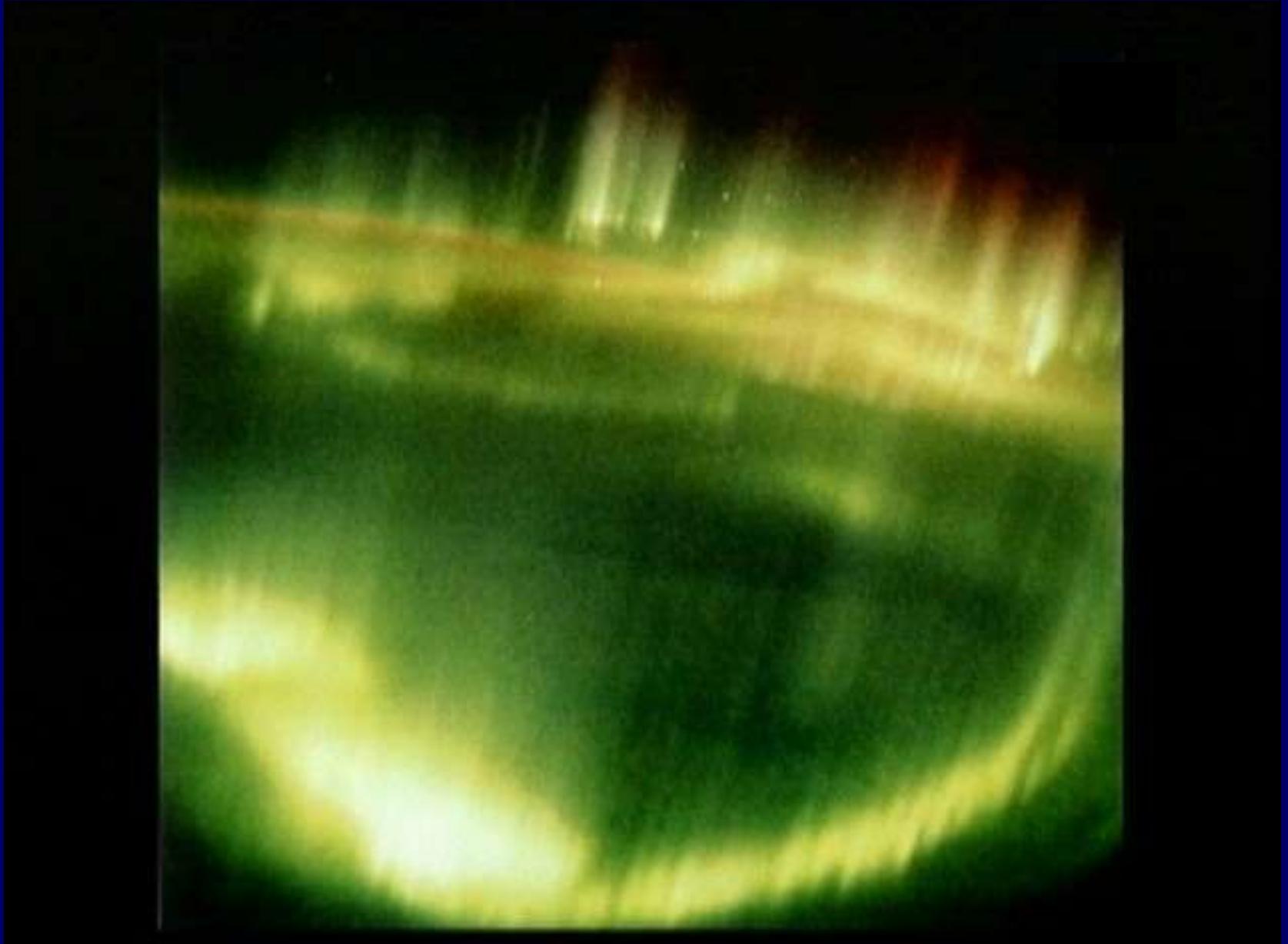
# 人工衛星から見たオーロラ嵐



# スペースシャトルから見たオーロラ



# スペースシャトルから見たオーロラ



# 国際スペースステーション (ISS)から見たオーロラ



# 昭和基地



# 昭和基地



# 昭和基地



# 昭和基地



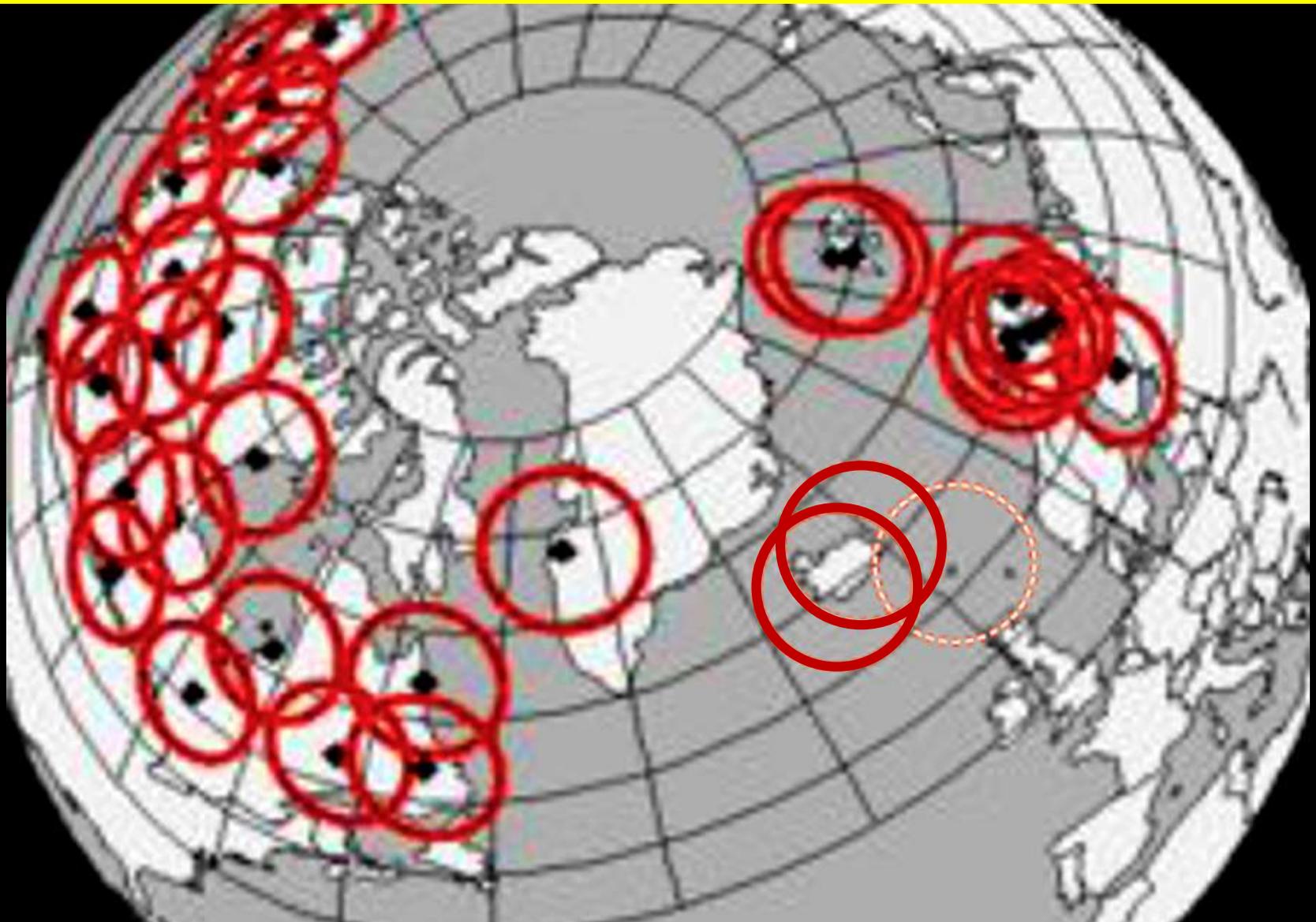


昭和基地

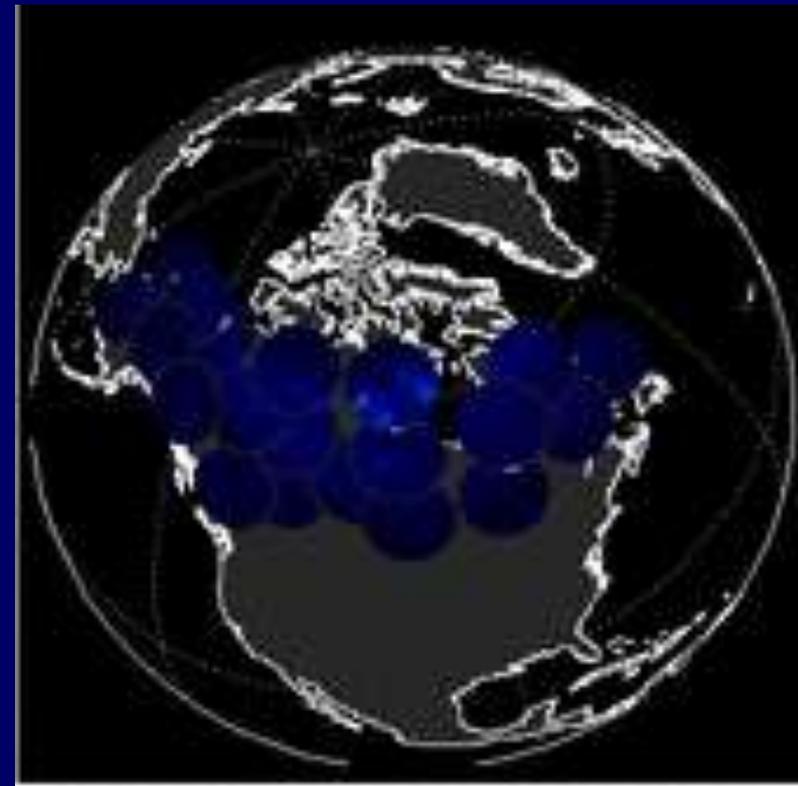
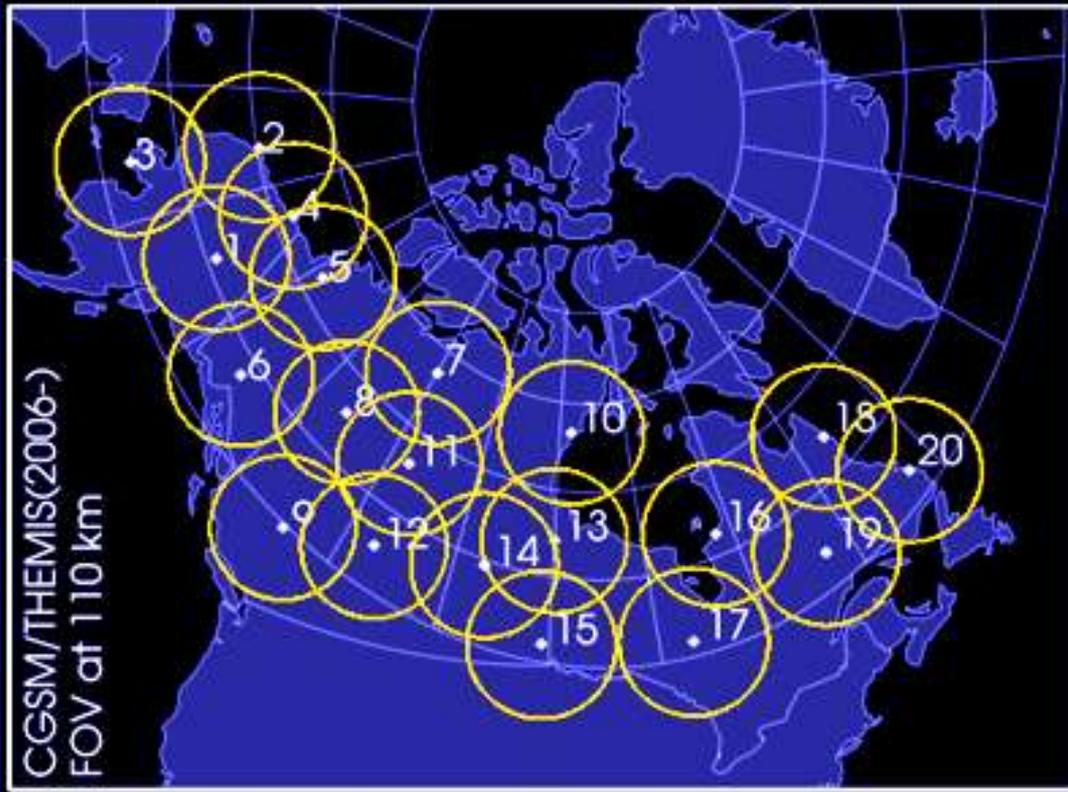


アイスランド

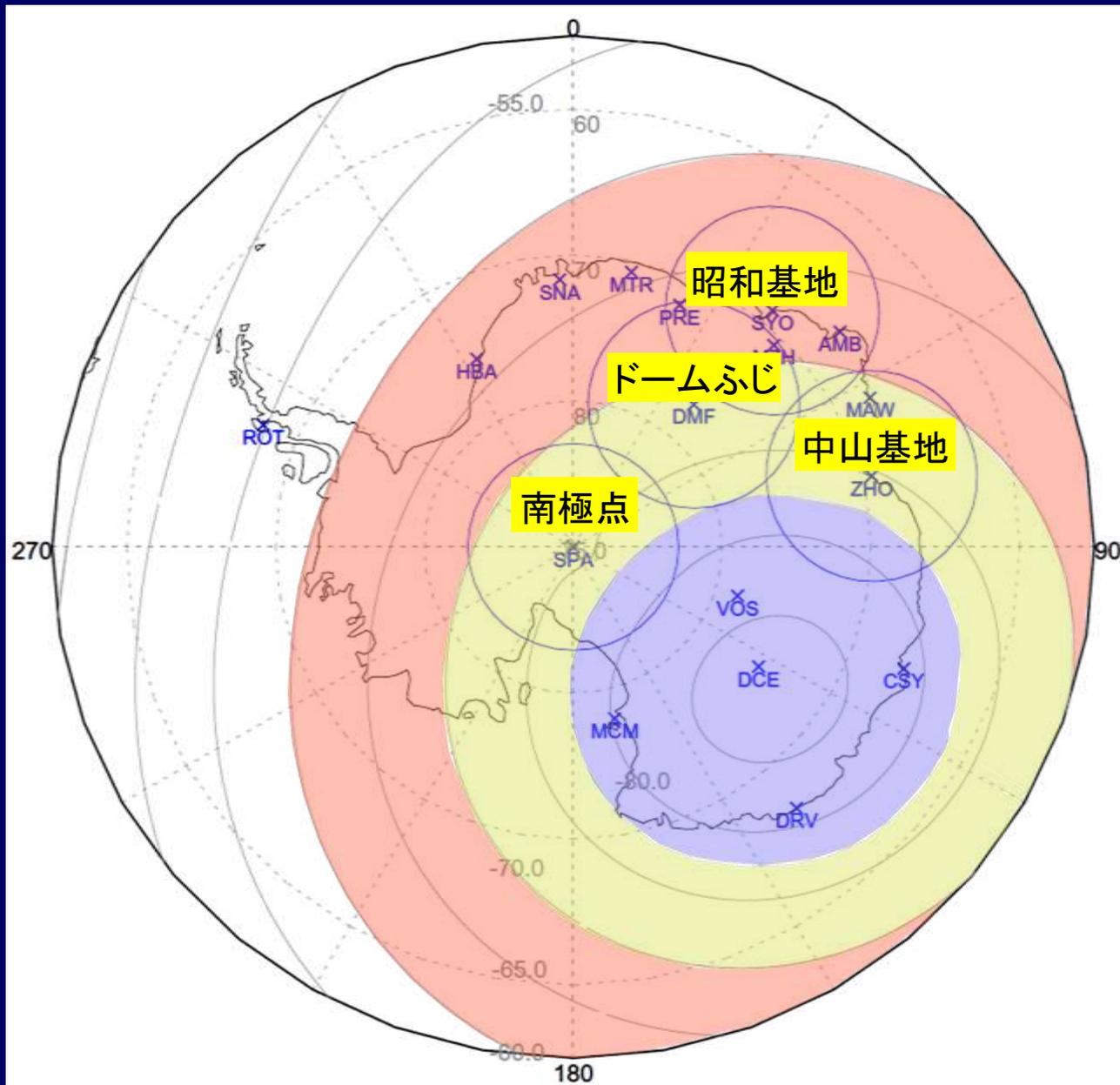
# 北半球のオーロラ観測点



# 北米のオーロラ観測点



# 南半球のオーロラ観測点

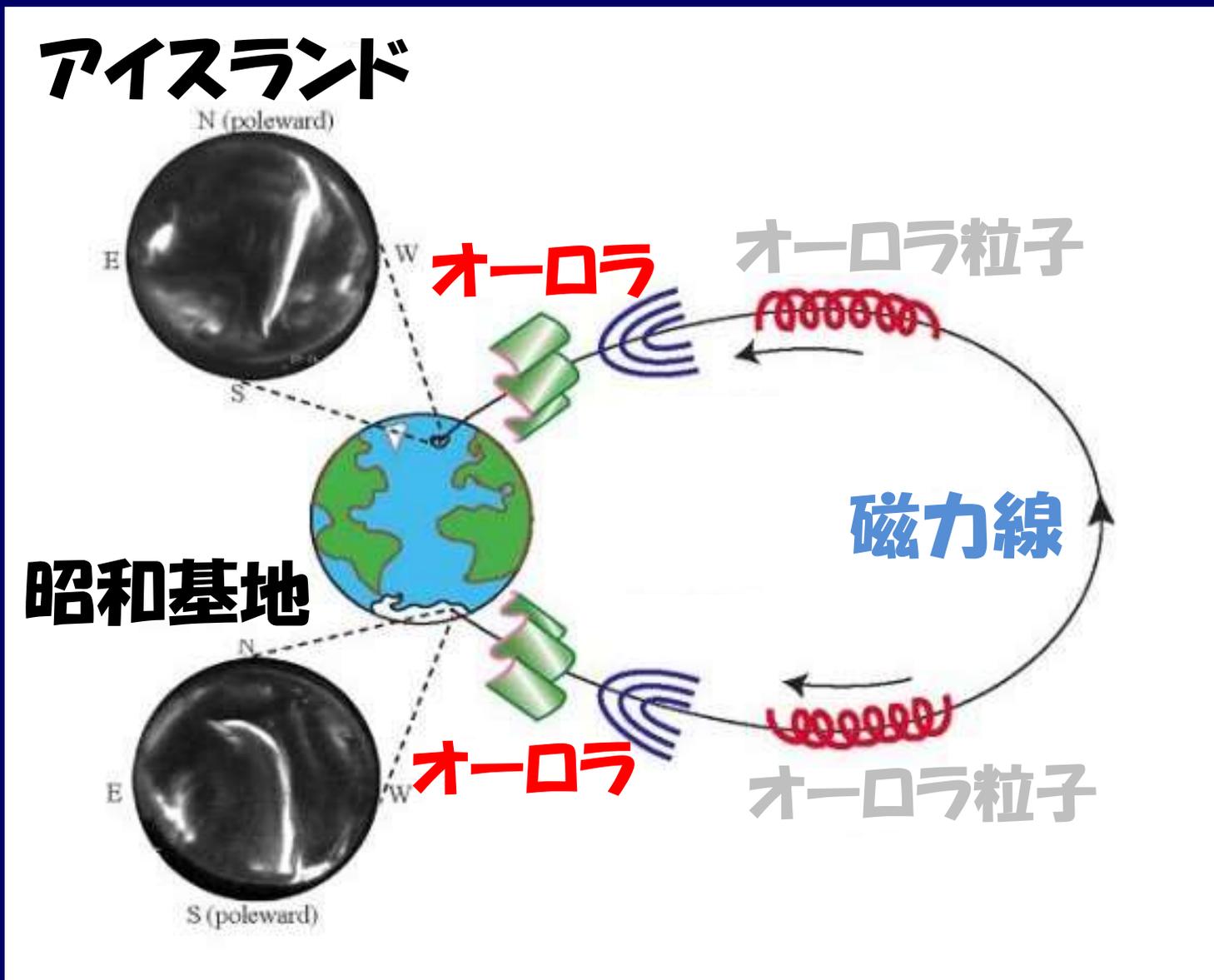


極冠域  
Tail Lobe

カस्प域, LLBL,  
HLBL, PSBL

オーロラ帯  
Plasma sheet

# 昭和基地～アイスランド同時観測



# 昭和基地～アイスランド観測点

アイスランド：Husafell



アイスランド：Tjornes

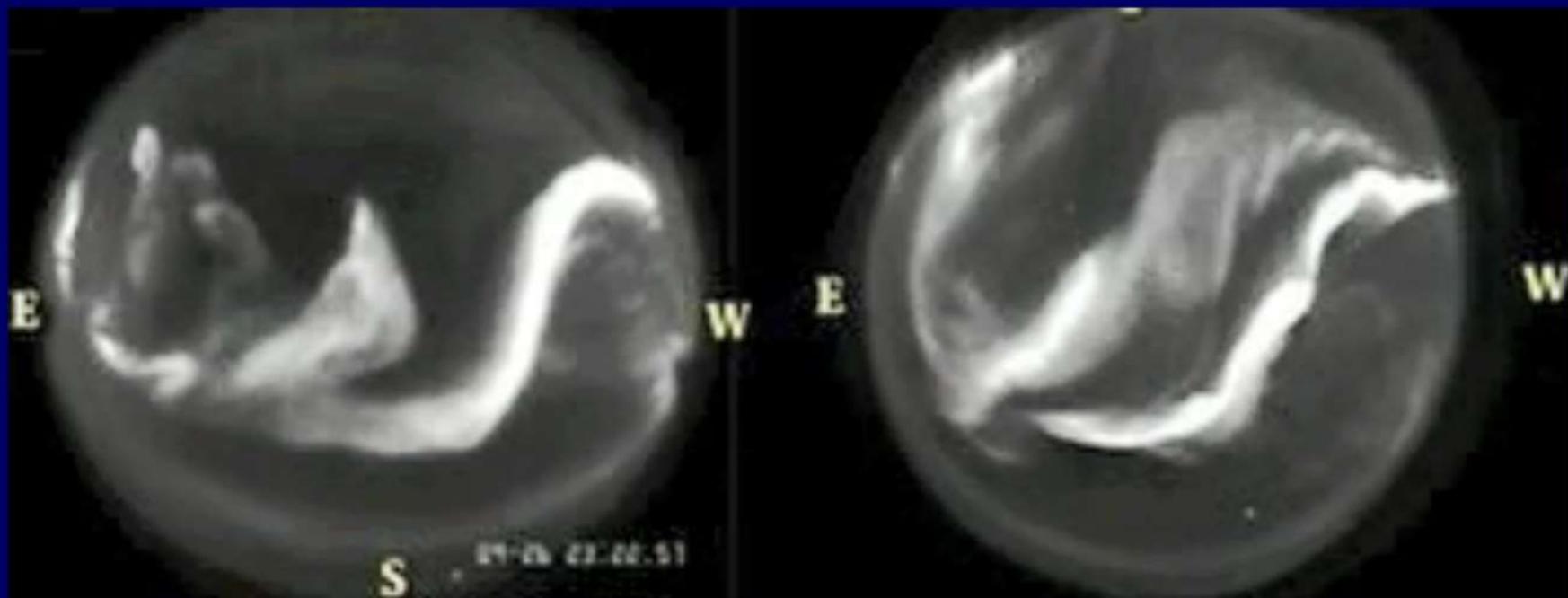


昭和基地



# 昭和基地とアイスランドで 同時に観測されたオーロラ嵐

2003年9月26日



アイスランド

昭和基地

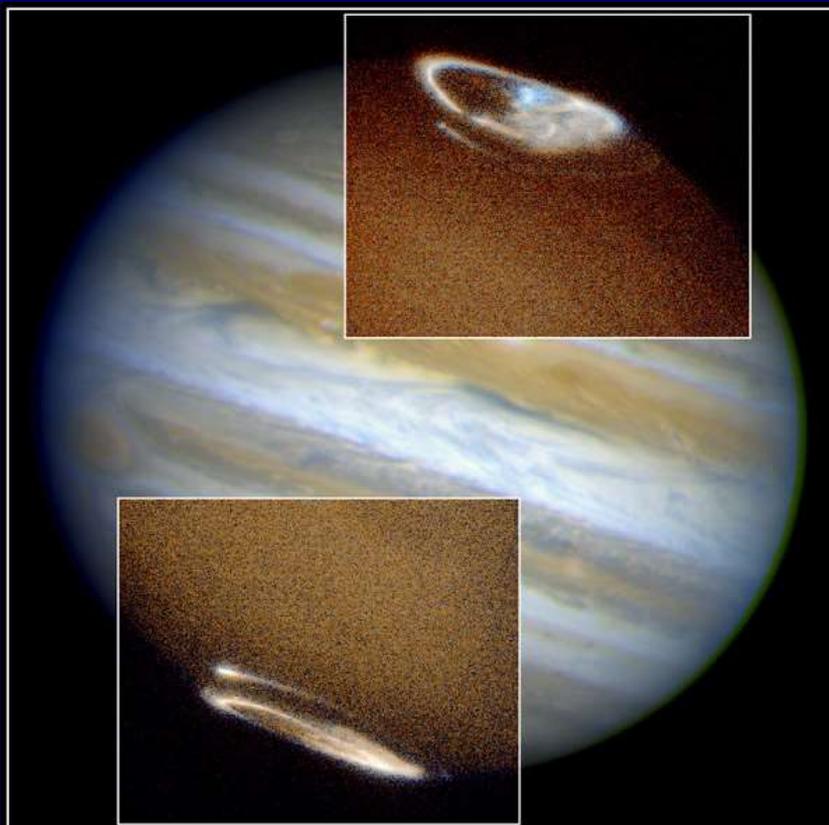
# 「太陽風が吹くと誰が儲かる？」

1. 太陽風が吹くと、
2. 太陽のプラズマと磁場が地球にやって来る
3. 磁気圏が作られる
4. 特に、南向きの磁場がやって来ると、
5. 磁気圏に太陽風のプラズマが入り込む
6. 磁力線に沿って電子や陽子が落ちてくる
7. 南極と北極にオーロラが現れる
8. オーロラ研究者の仕事がふえる(儲かる)。

# オーロラの変動～太陽風の変動

- 突発的な変動： 太陽フレア、コロナ放出
- 27日変動： 太陽の自転周期
- 季節変動： 地球の公転周期
- 11年変動： 太陽活動周期
- 22年変動： 太陽磁場反転周期
- 長期変動： 太陽活動長期変動

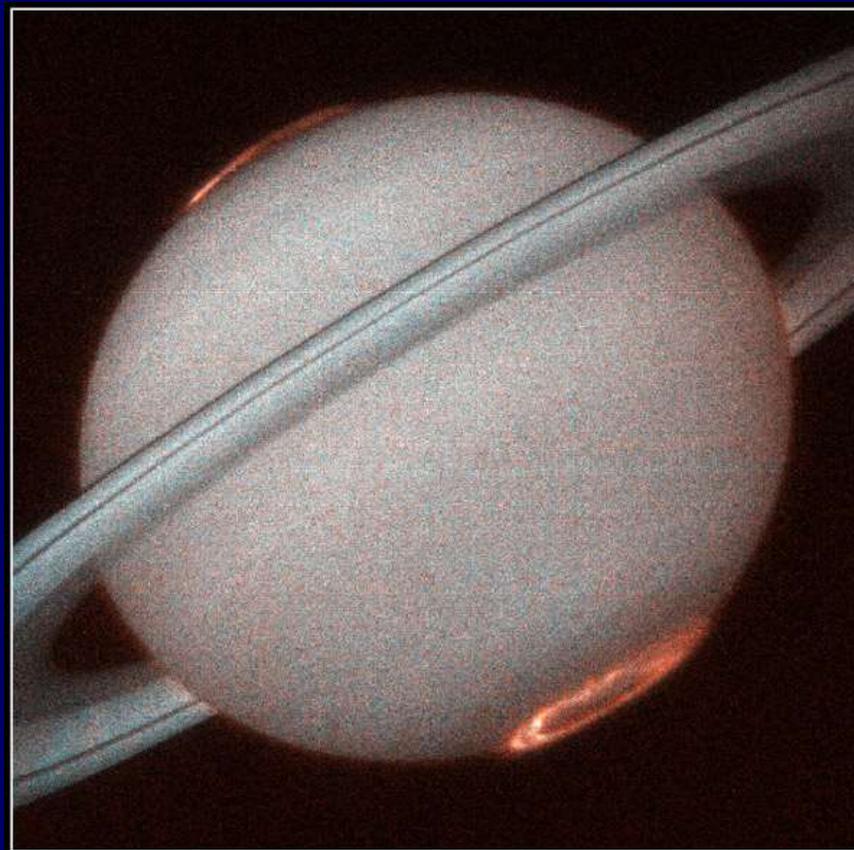
# 他の惑星のオーロラ



**Jupiter Aurora**

HST • STIS • WFPC2

PRC98-04 • ST ScI OPO • January 7, 1998  
J. Clarke (University of Michigan) and NASA



**Saturn Aurora**

HST • STIS

PRC98-05 • ST ScI OPO • January 7, 1998 • J. Trauger (JPL) and NASA

木星

土星

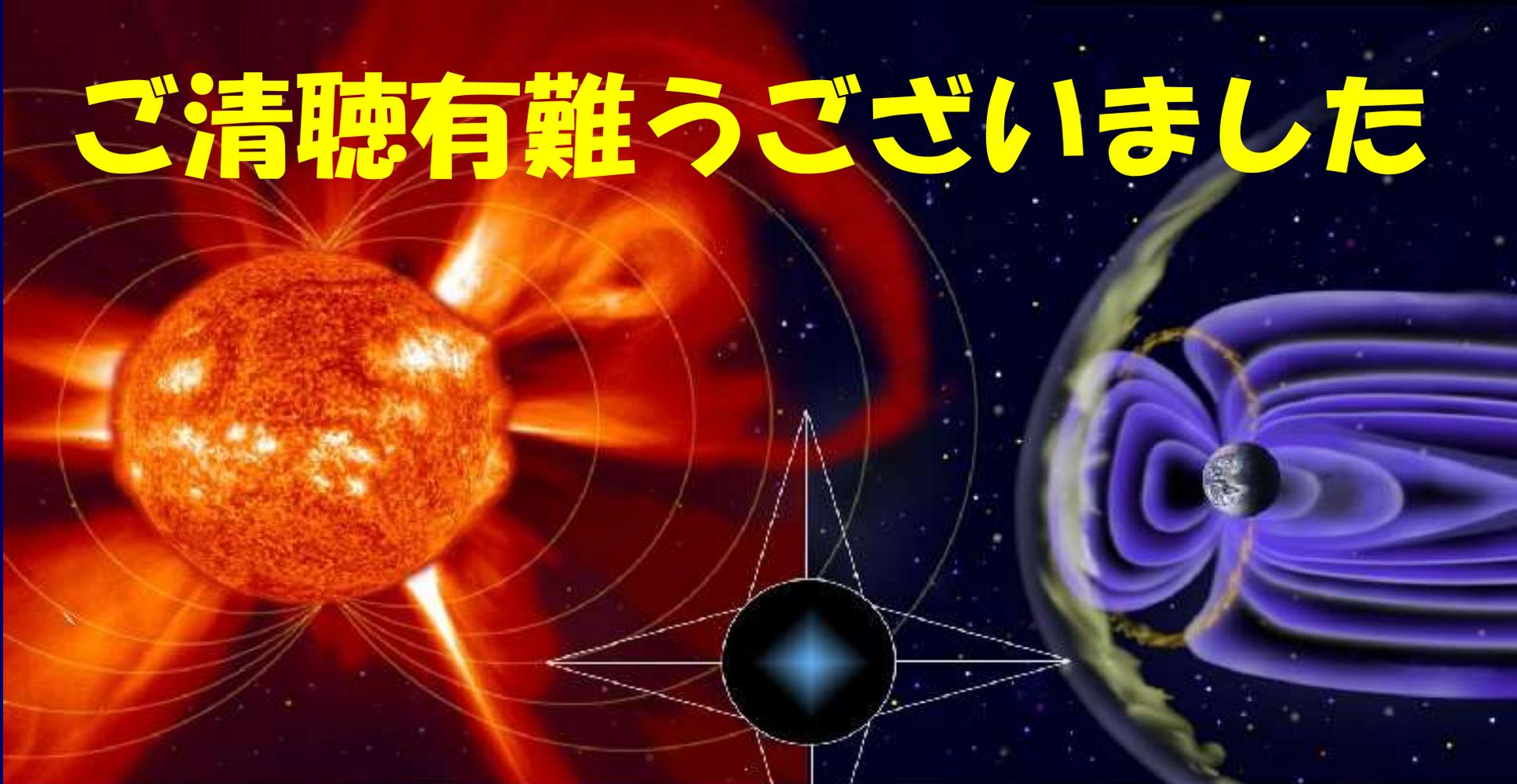
# 他の惑星との比較

惑星	$R_p$ (半径 : km)	磁気モーメント ( $\text{Am}^2$ )	赤道磁場 (nT)	自転軸と双極子軸のなす角	双極子軸の中心からのずれ	自転周期 (日)
水星	2,439	$4.8 \times 10^{19}$	330	$14^\circ$		58.65
金星	6,052	$< 8 \times 10^{17}$ *				243.0
地球	6,370	$7.7 \times 10^{22}$	30,000	$10.3^\circ$		1
火星	3,390	$< 1.7 \times 10^{17}$ *				1.026
木星	71,400	$1.5 \times 10^{27}$	420,000	$10^\circ$		0.415
土星	60,330	$4.3 \times 10^{25}$	21,000	$0^\circ$		0.455
天王星	25,600	$3.9 \times 10^{24}$	10,000-11,000	$60^\circ$	$0.33R_U$ **	0.72
海王星	24,765	$3.9 \times 10^{24}$	$> 100,000$ $< 10,000$	$47^\circ$	$0.48R_N$ **	0.673

\*火星と金星は固有磁場を持たない。

\*\*双極子成分の中心が惑星の回転軸から大きくずれているため、惑星表面赤道磁場は大きく変わる。

# ご清聴有難うございました



© 2015 NASA/JPL-Caltech

NASA