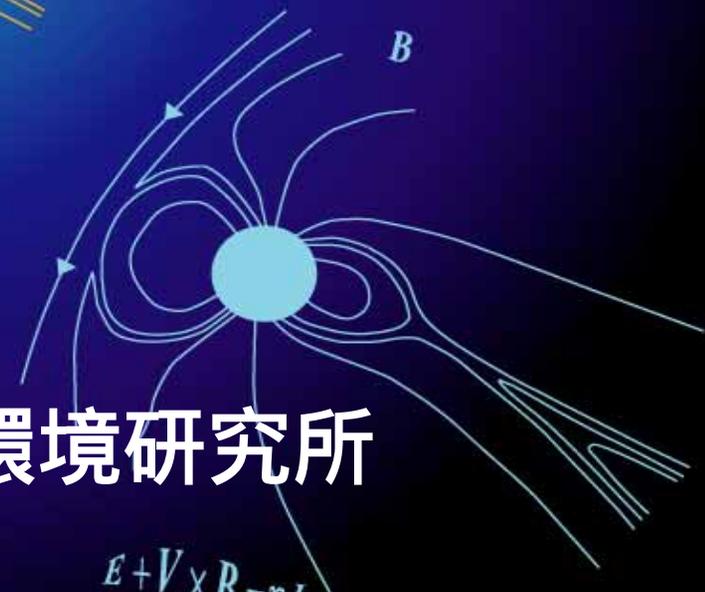


# 地球周辺環境

- ジオスペースから水循環まで -

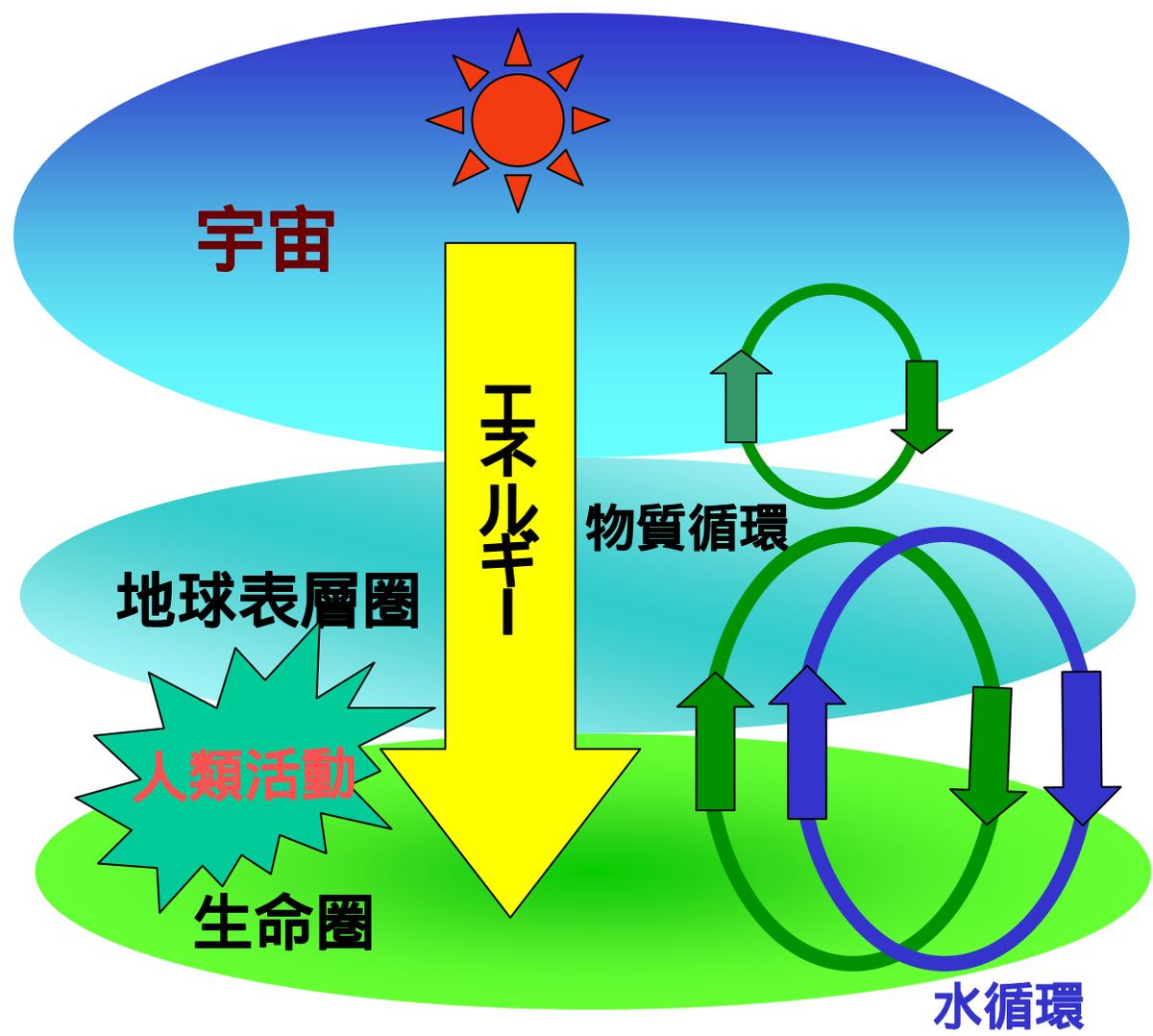


$$\rho \frac{dV}{dt} = -\nabla P + \mathbf{J} \times \mathbf{B}$$
$$\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} = -\nabla \times \mathbf{E}$$
$$\mathbf{E} + \mathbf{V} \times \mathbf{B} = 0$$



小島正宜  
名古屋大学太陽地球環境研究所  
(STE研)

# 21COE 太陽・地球・生命圏相互作用系の変動学

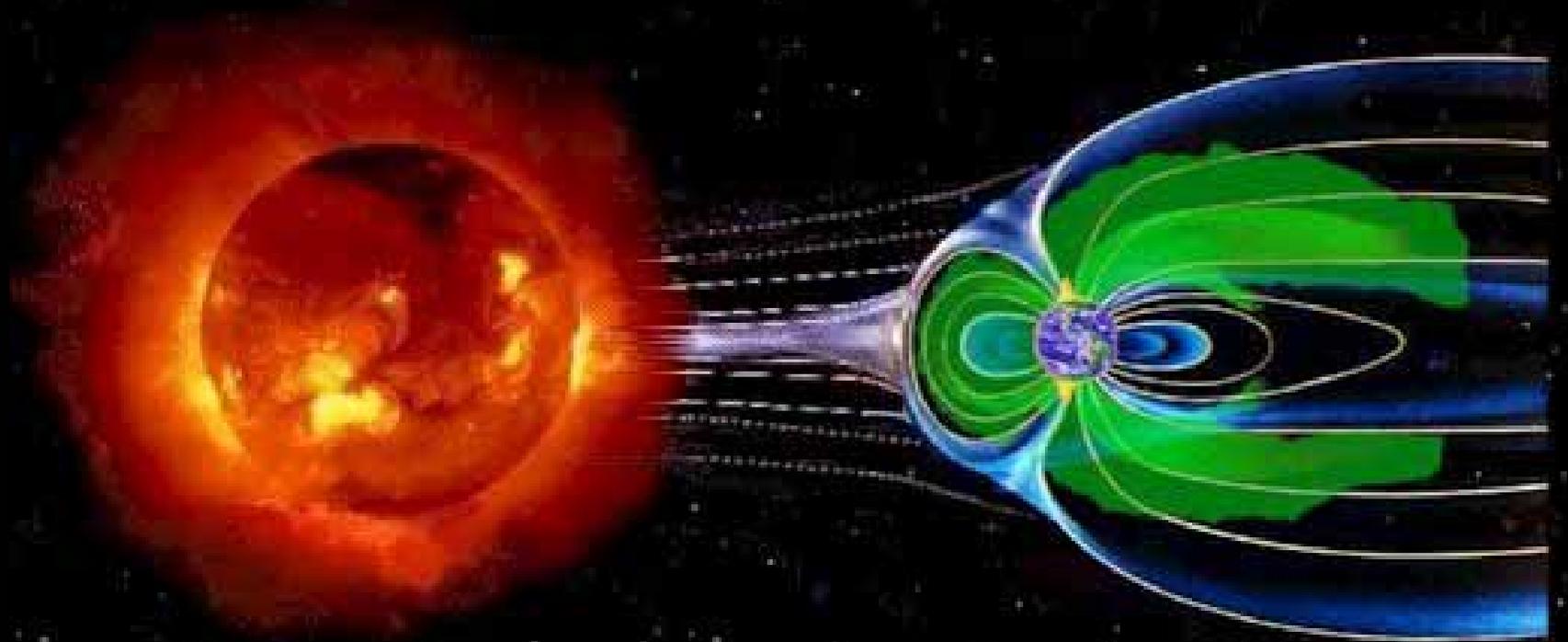


エネルギー  
水  
物質循環過程  
を通して  
相互作用する  
システム

環境学研究科・地球環境科学専攻 太陽地球環境研究所  
地球水循環研究センター 年代測定総合研究センター

# ジオスペース

高温のプラズマの満たす空間



# ジオスペース

太陽コロナ

$10^8/\text{cc}$   
100万度

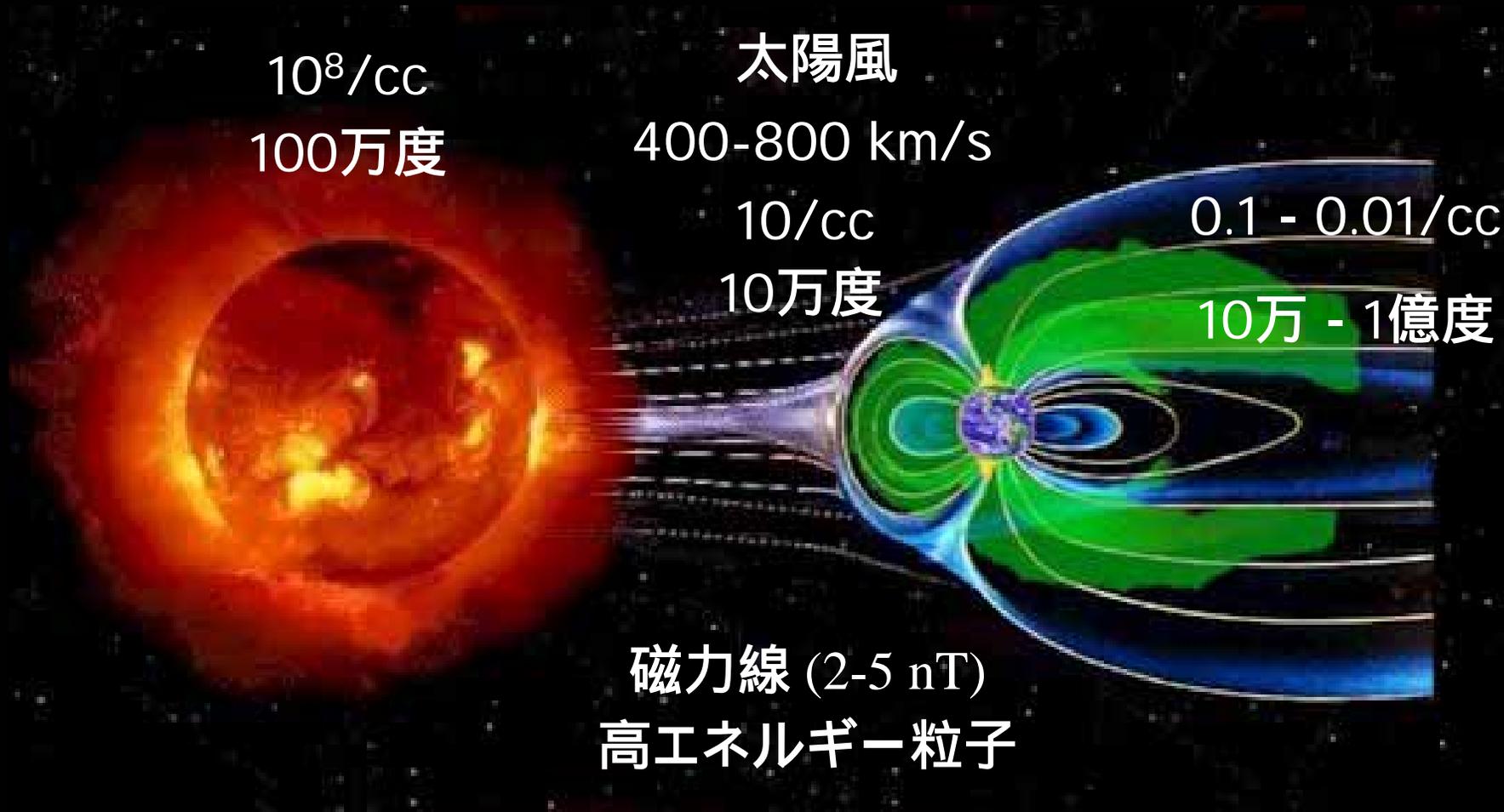
惑星間空間

太陽風  
400-800 km/s  
 $10/\text{cc}$   
10万度

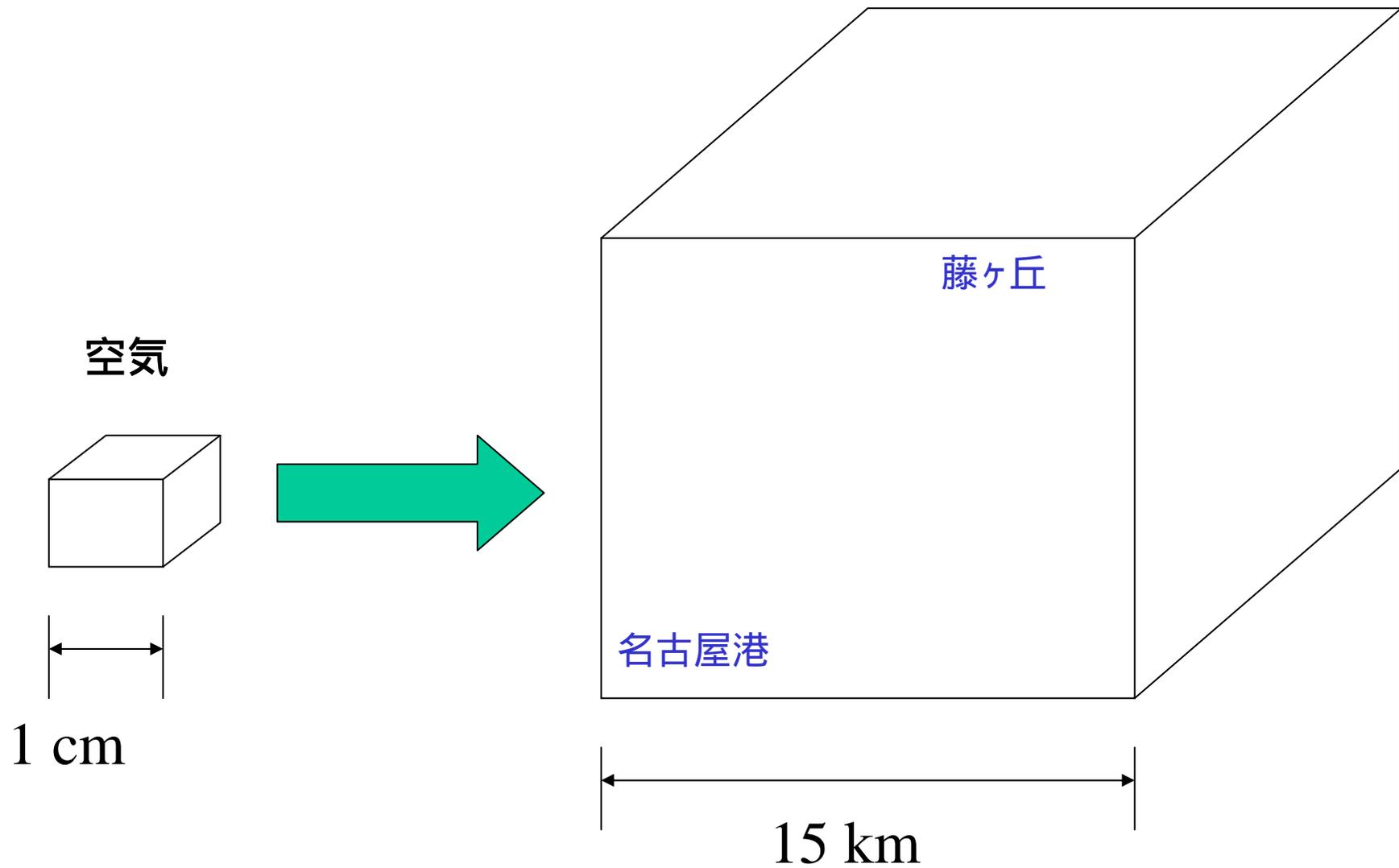
磁気圏

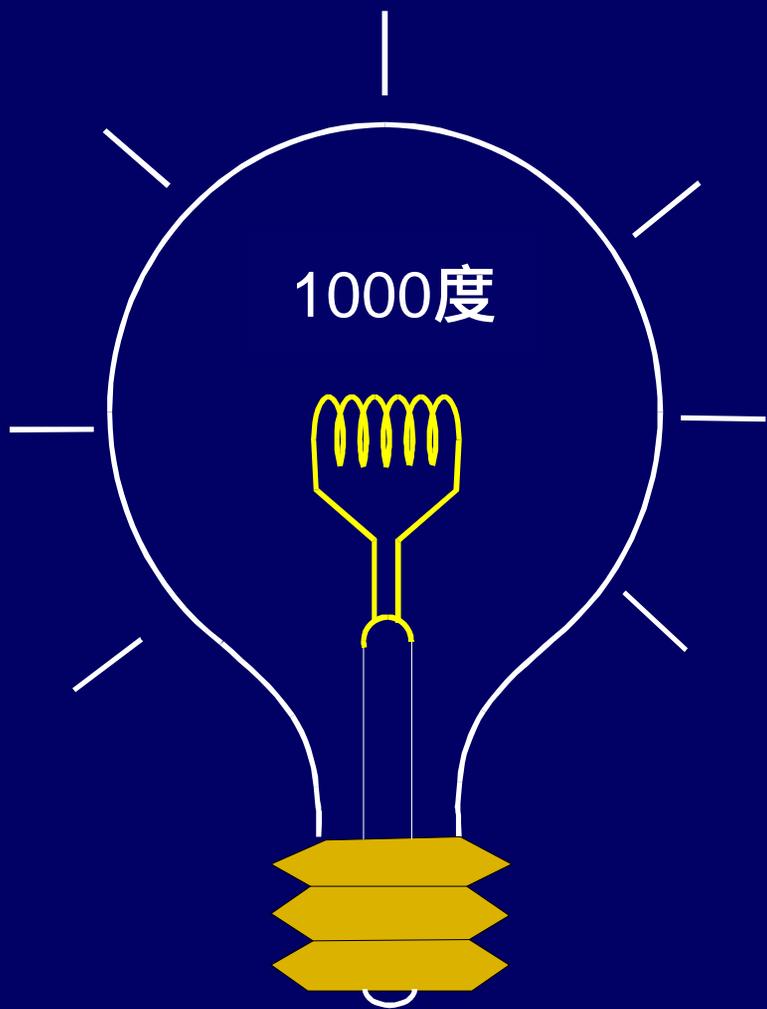
$0.1 - 0.01/\text{cc}$   
10万 - 1億度

磁力線 (2-5 nT)  
高エネルギー粒子

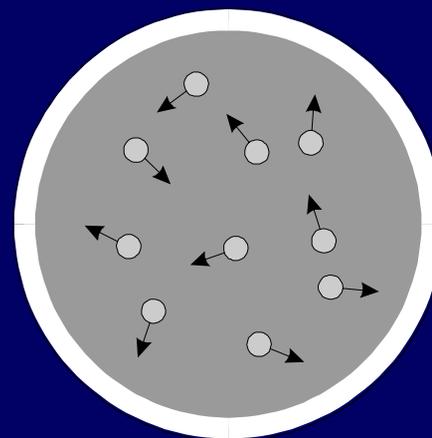


# 希薄な太陽風 電子 + 陽子 20個/cc





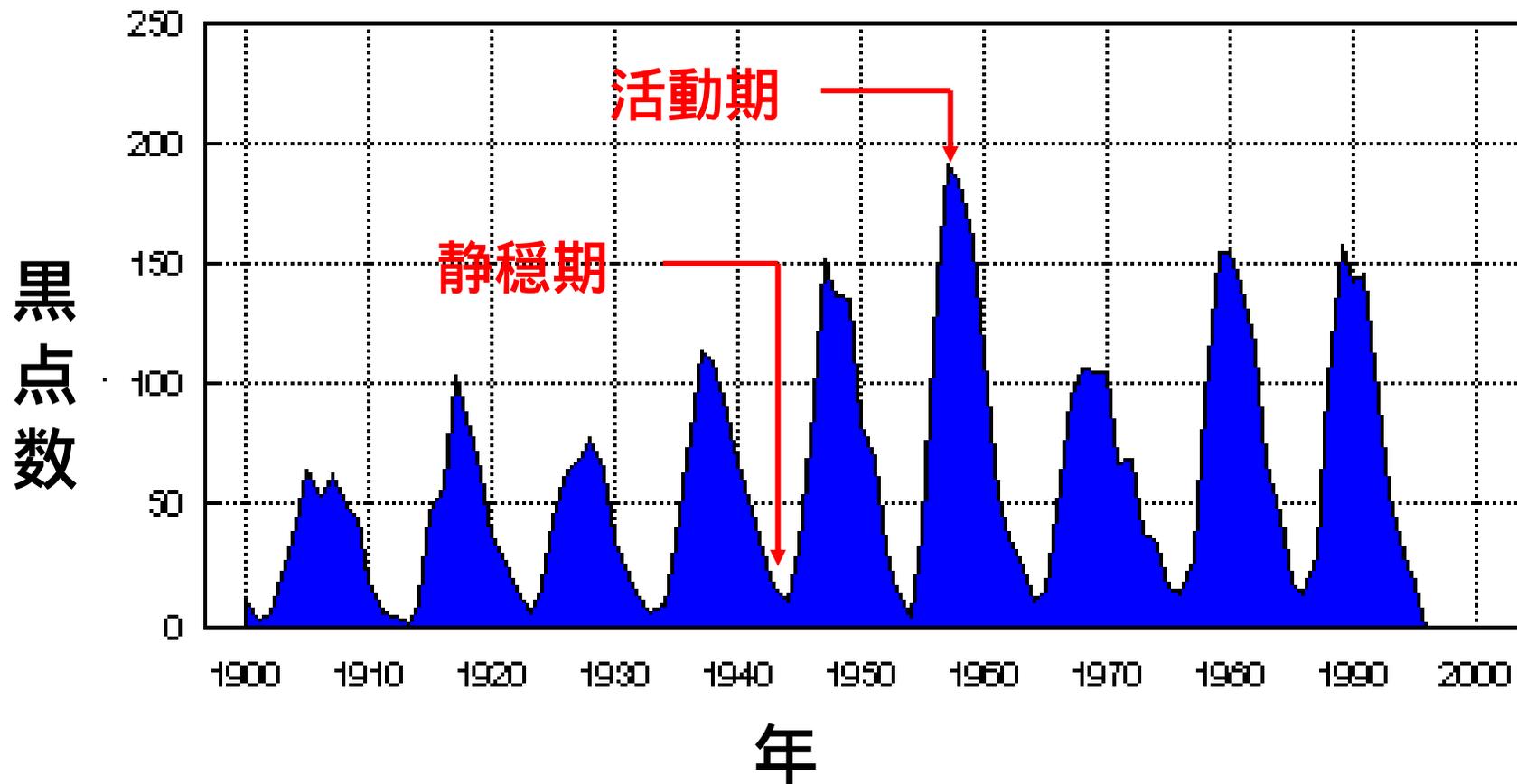
数万度



高温で冷たい太陽風

# 太陽活動

## 11年周期の黒点の増減

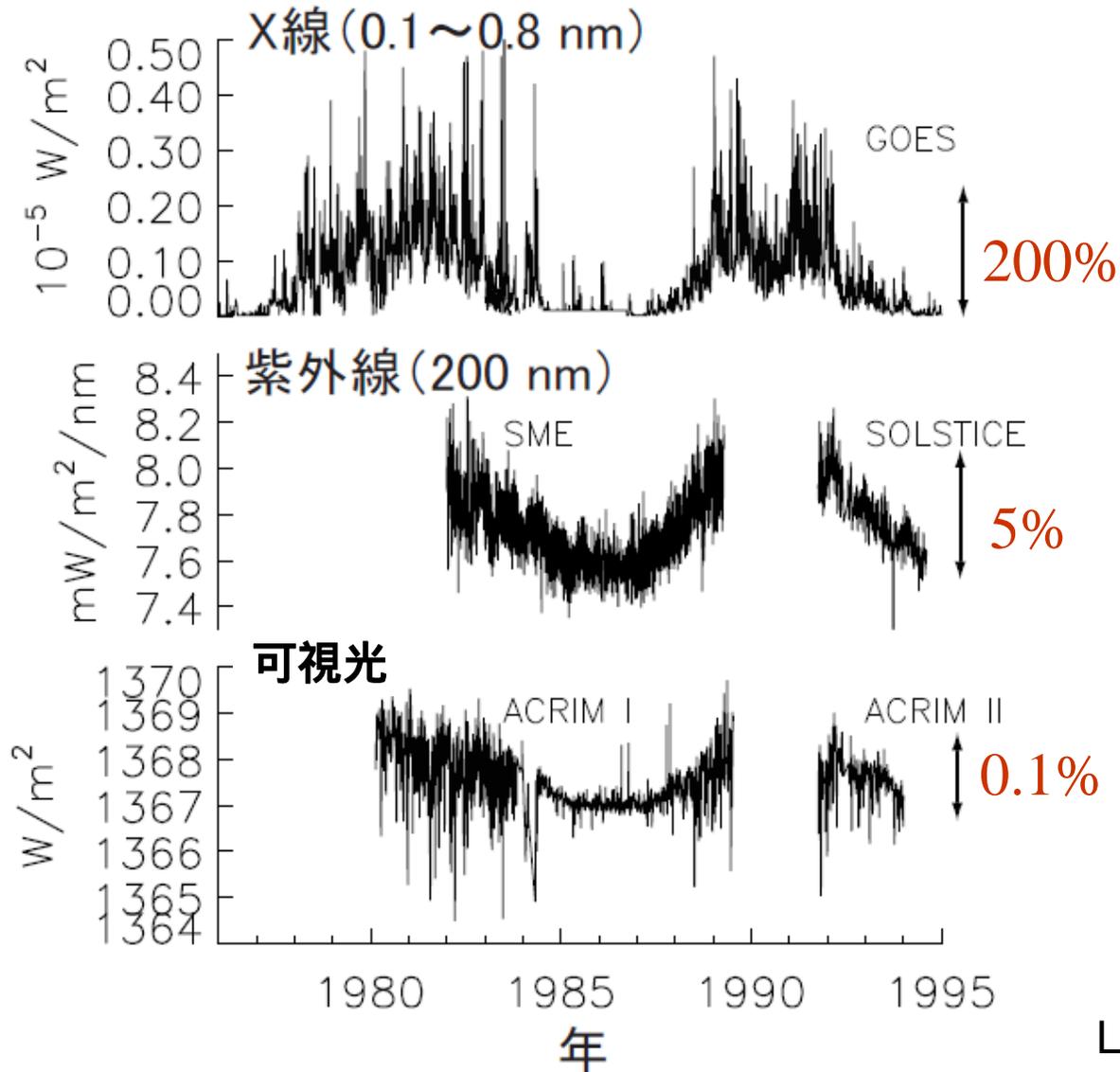


# 太陽から放出されるエネルギー量

---

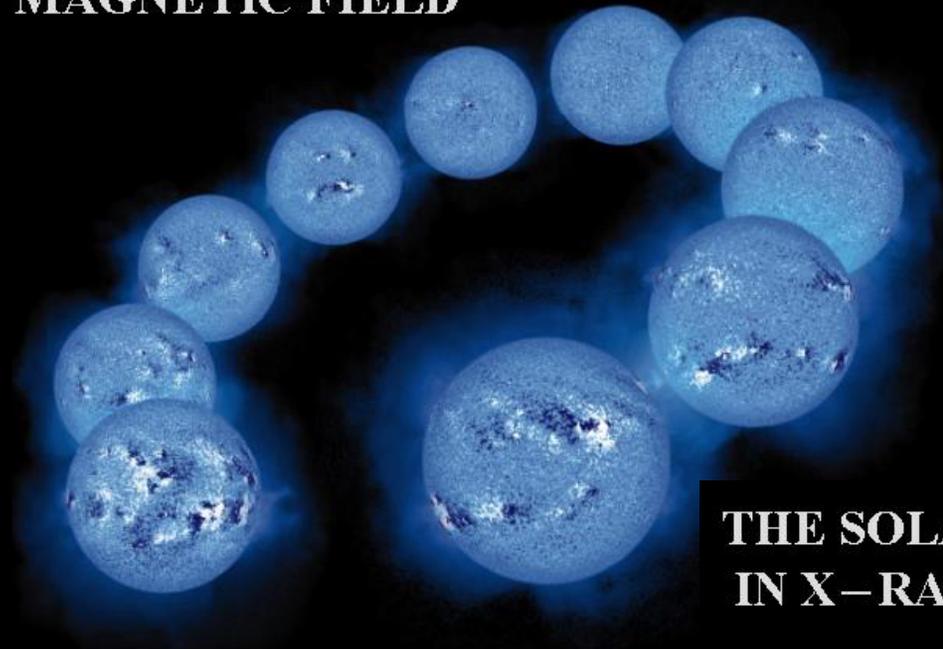
可視光	1370 watt/cm <sup>2</sup>
紫外線・X線	20 watt/cm <sup>2</sup>
ニュートリノ	50 watt/cm <sup>2</sup>
太陽風	0.001 watt/cm <sup>2</sup>
磁場	0.00001 watt/cm <sup>2</sup>

# 太陽11年活動周期におけるX線、紫外線、TSIの変化量

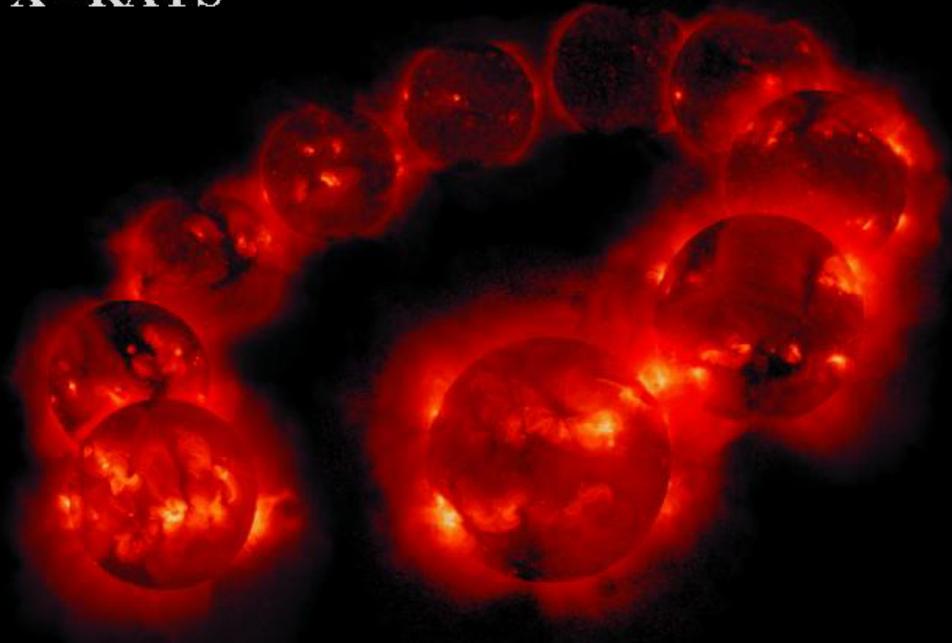


Lean, 1997より引用

# THE SOLAR CYCLE IN MAGNETIC FIELD



# THE SOLAR CYCLE IN X-RAYS



NATIONAL SOLAR OBSERVATORY

*Yohkoh* SOLAR OBSERVATORY

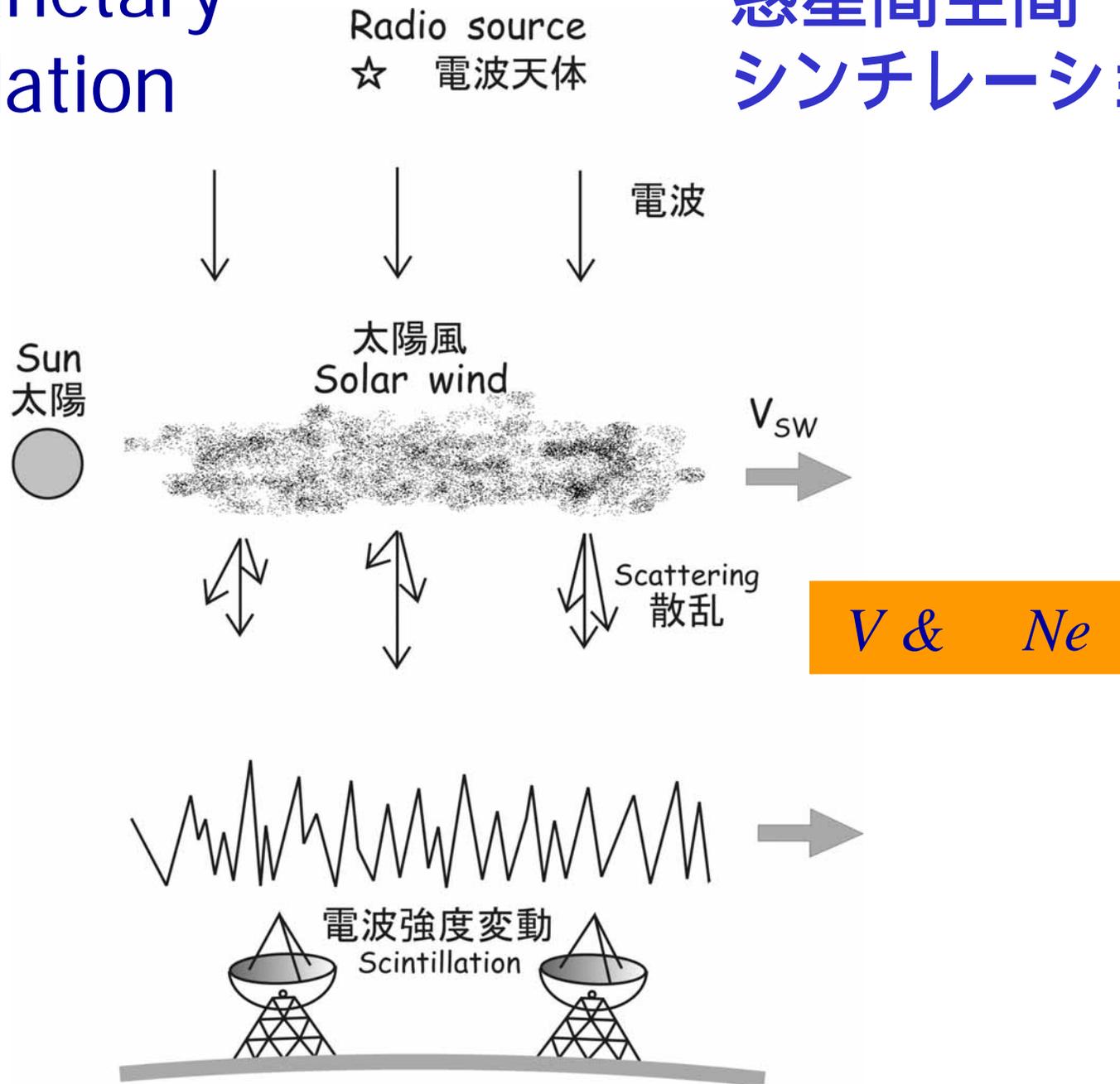
# 惑星間空間へ流れ出すコロナ



太陽風

# Interplanetary Scintillation

# 惑星間空間 シンチレーション



# UHFシリンドリカル・パラボラ・アンテナ

周波数 327 MHz

東西長 100m

南北開口幅 20m

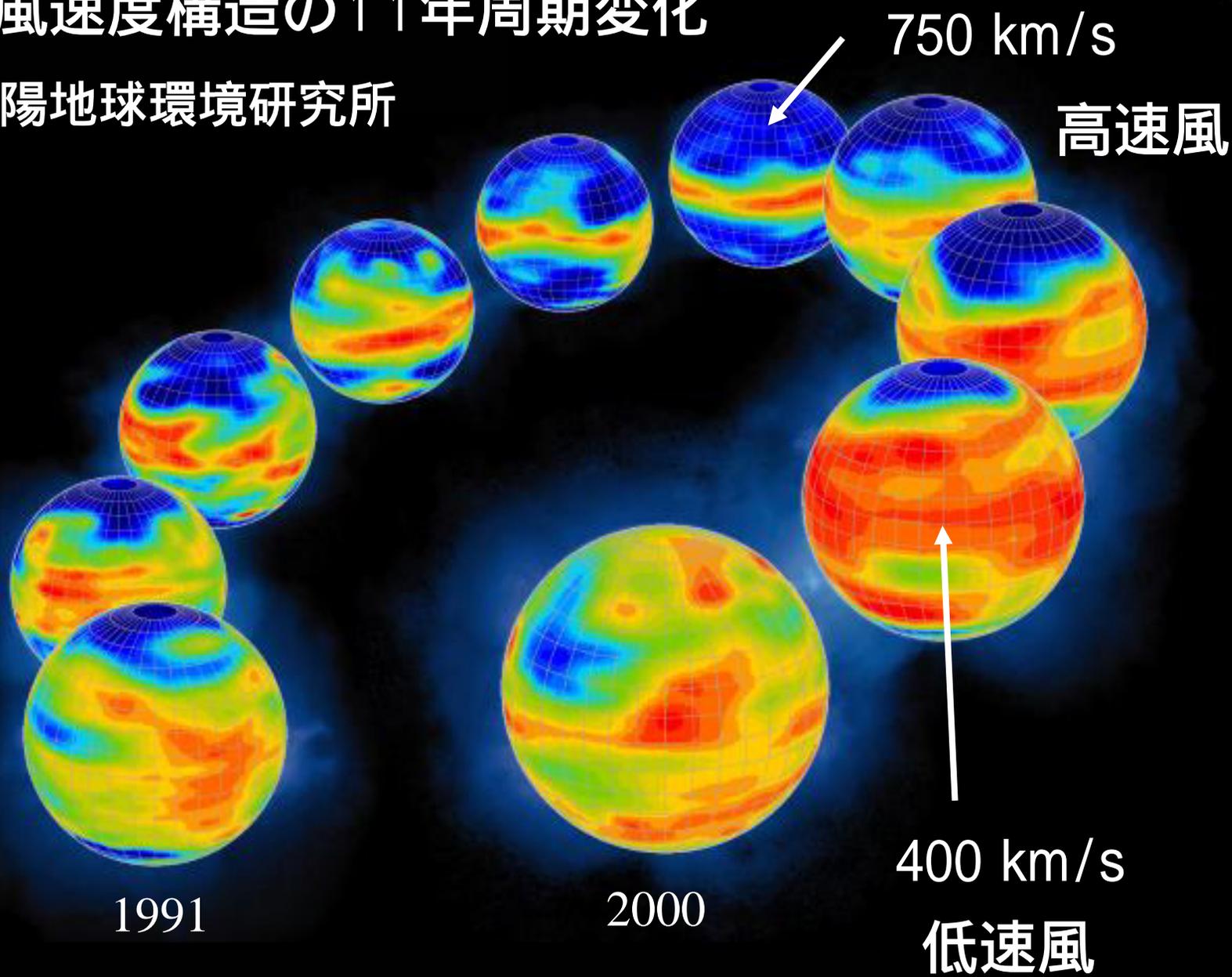




周波数 327MHz 東西幅 40m 南北長 100m 建設中

# 太陽風速度構造の11年周期変化

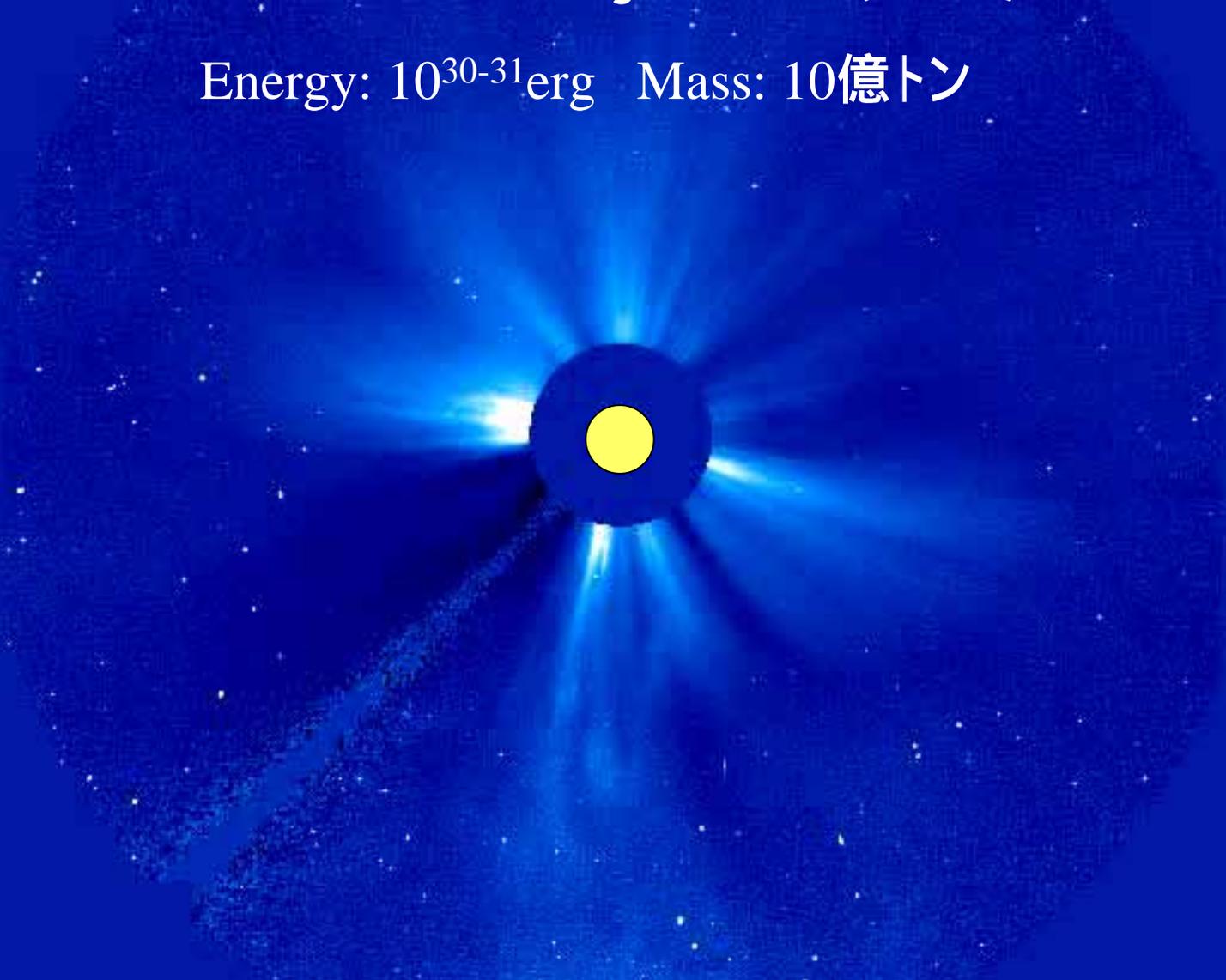
太陽地球環境研究所



# 太陽質量放出現象 Coronal Mass Ejection (CME)

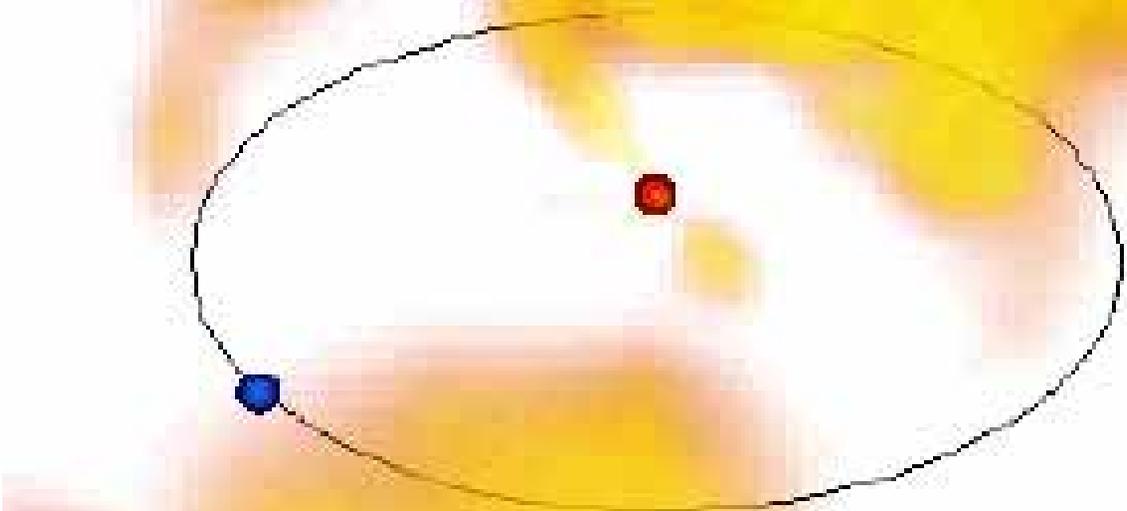
Energy:  $10^{30-31}$ erg Mass: 10億トン

2001/04/02 00:18

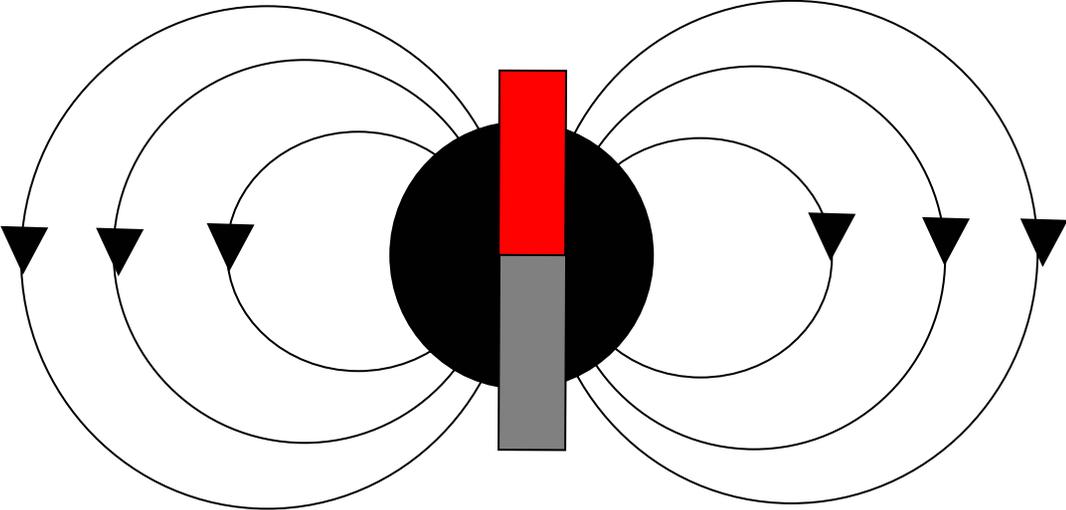


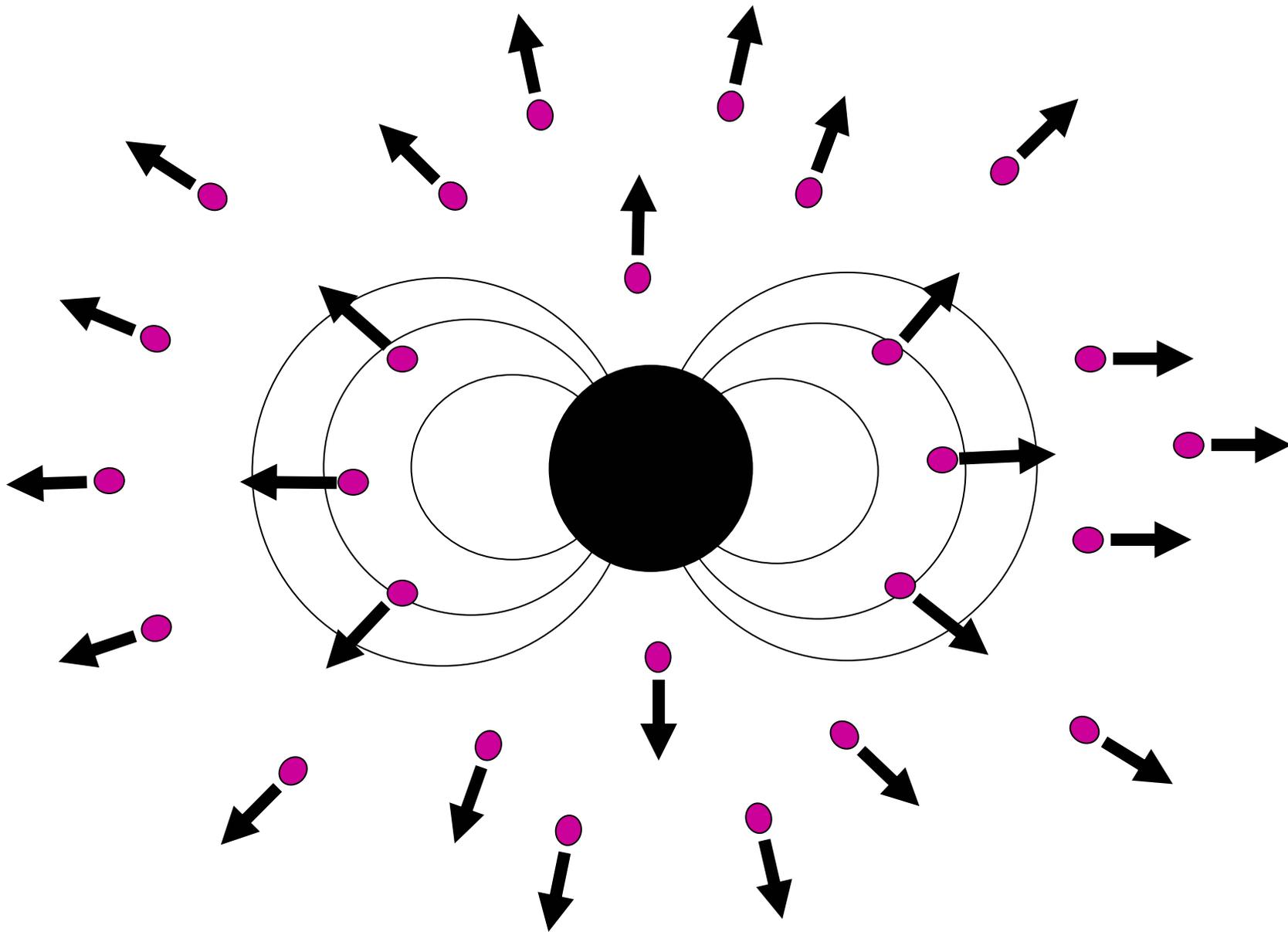
# 日米共同プロジェクト

惑星間空間シンチレーションを用いた太陽風の研究

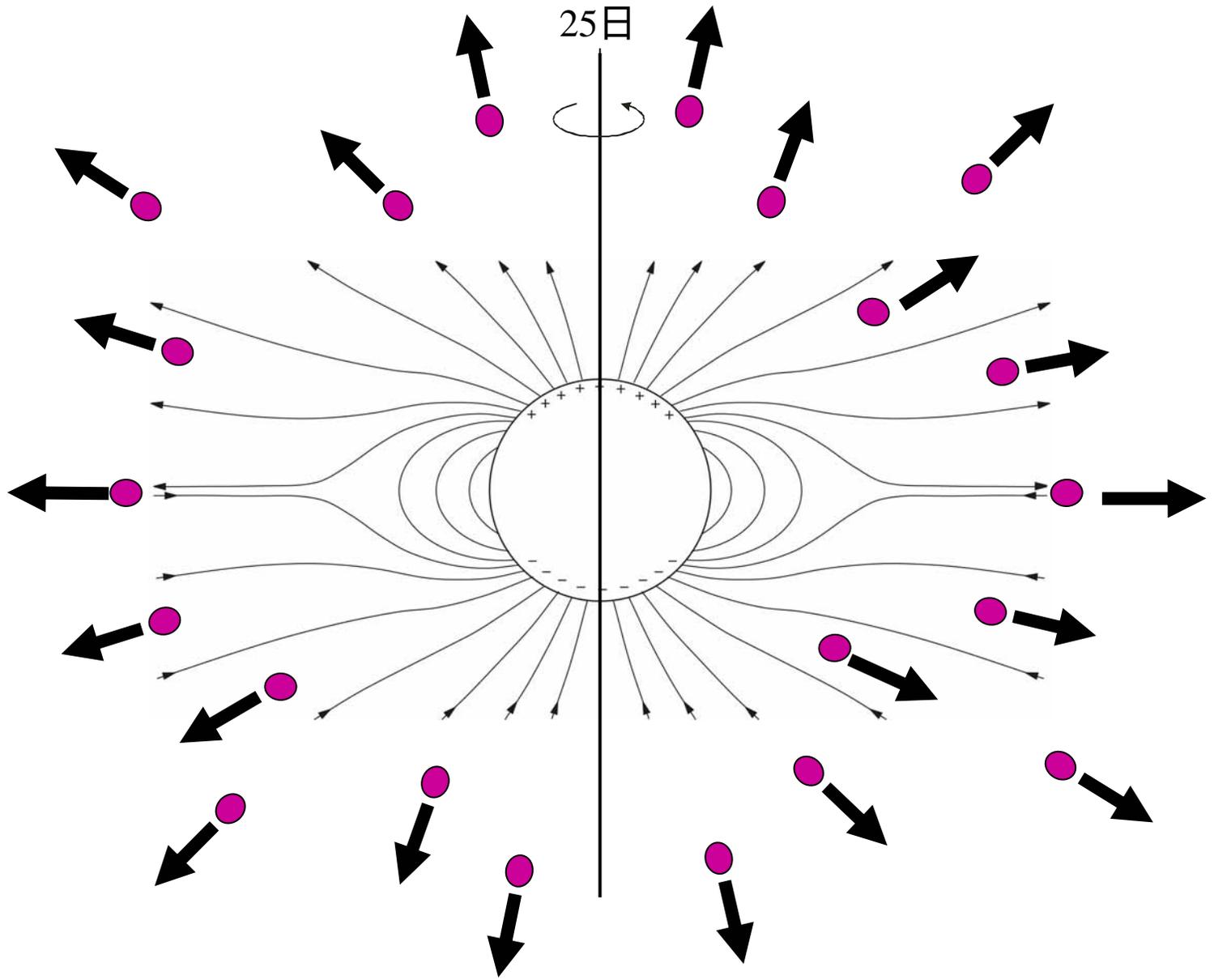


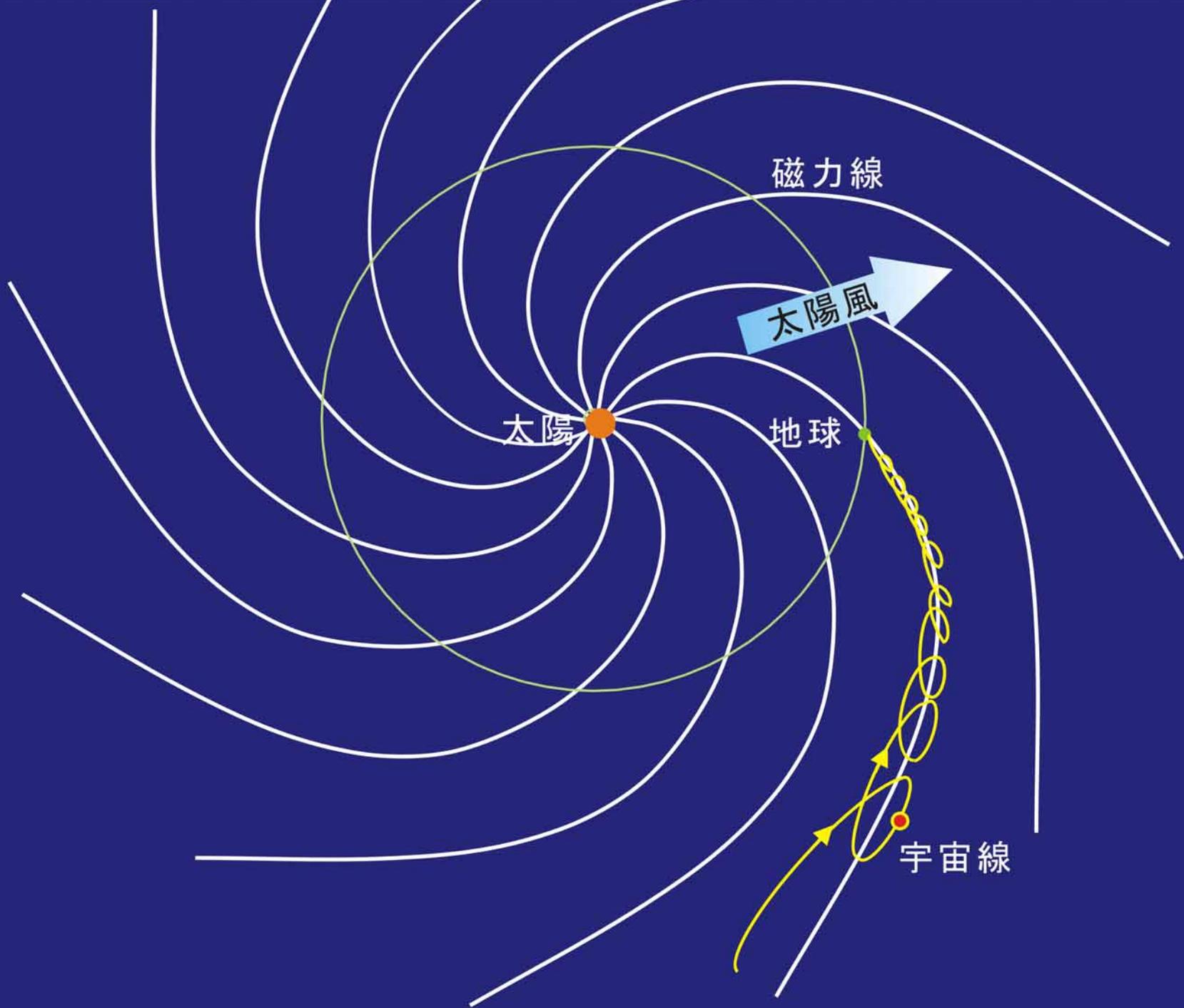
CASS/DUSO 2000/07/10 18





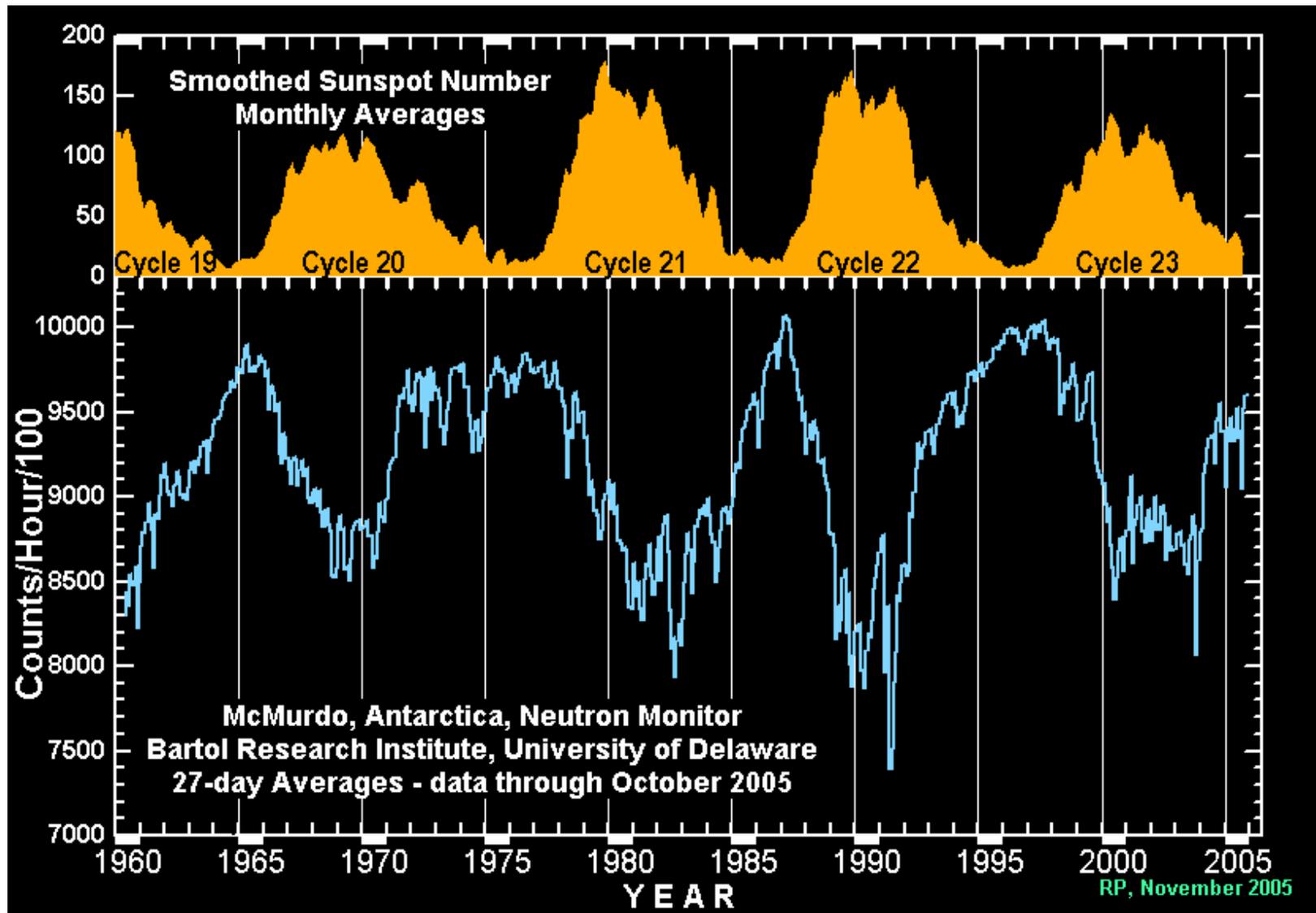
プラズマの風 = 太陽風







# 太陽黒点数と地球大気へ侵入する宇宙線強度

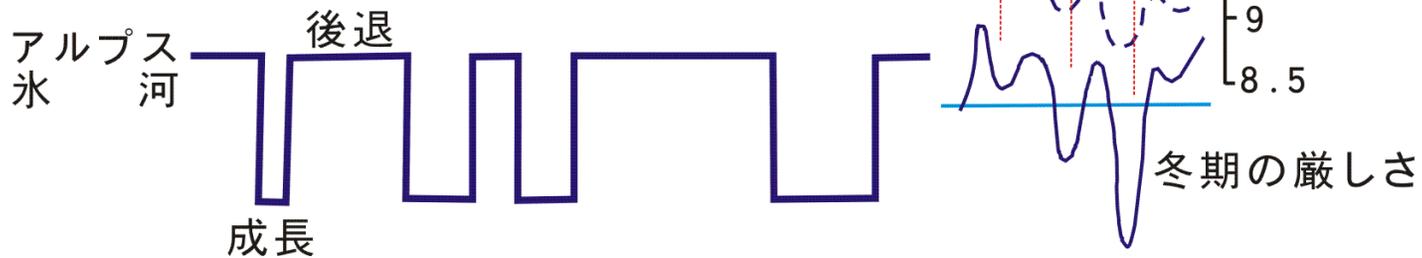
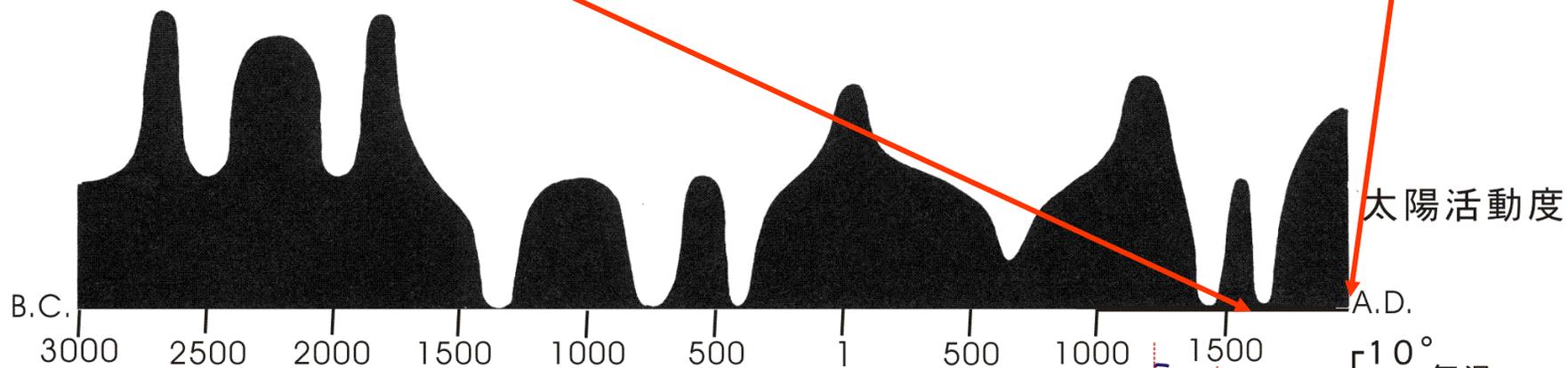
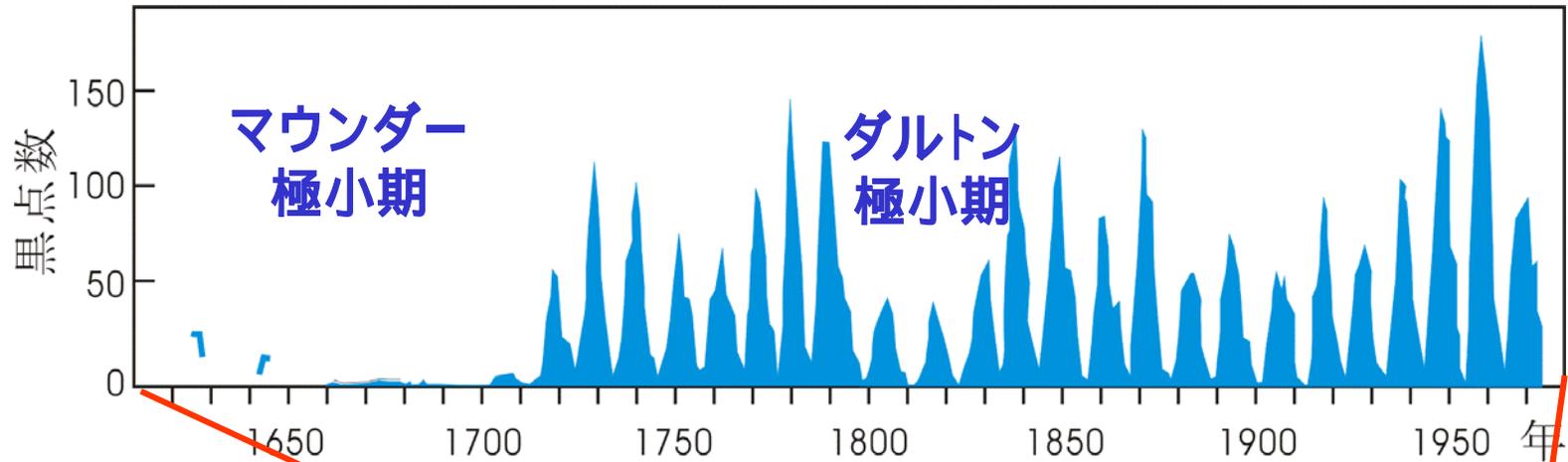


# 年輪中の $C^{14}$ から過去の太陽活動を解析

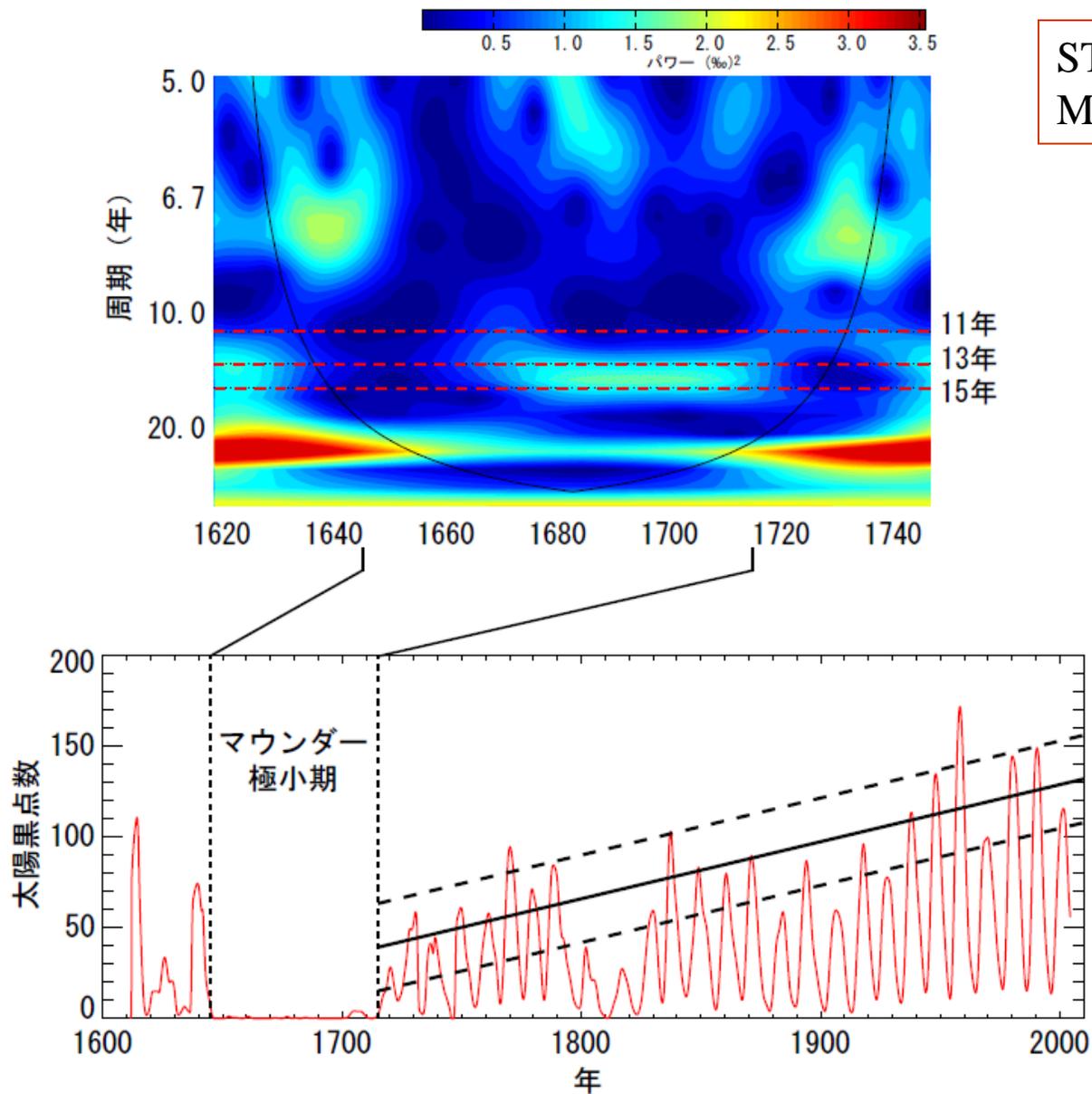
樹齢710年の屋久杉

$C^{14}$



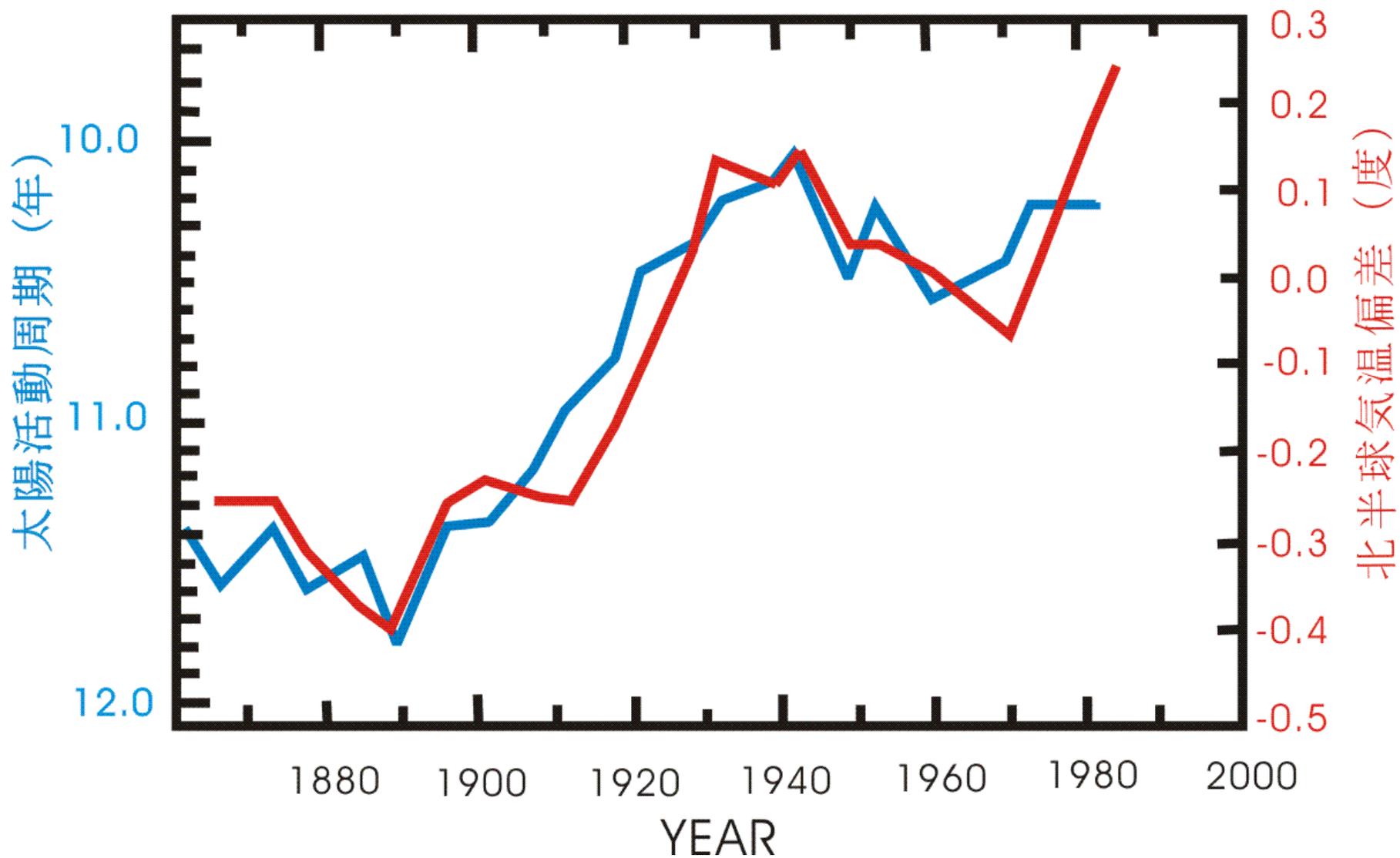


# 年輪から推定されるマウンダー極小期における太陽活動周期のスペクトル解析

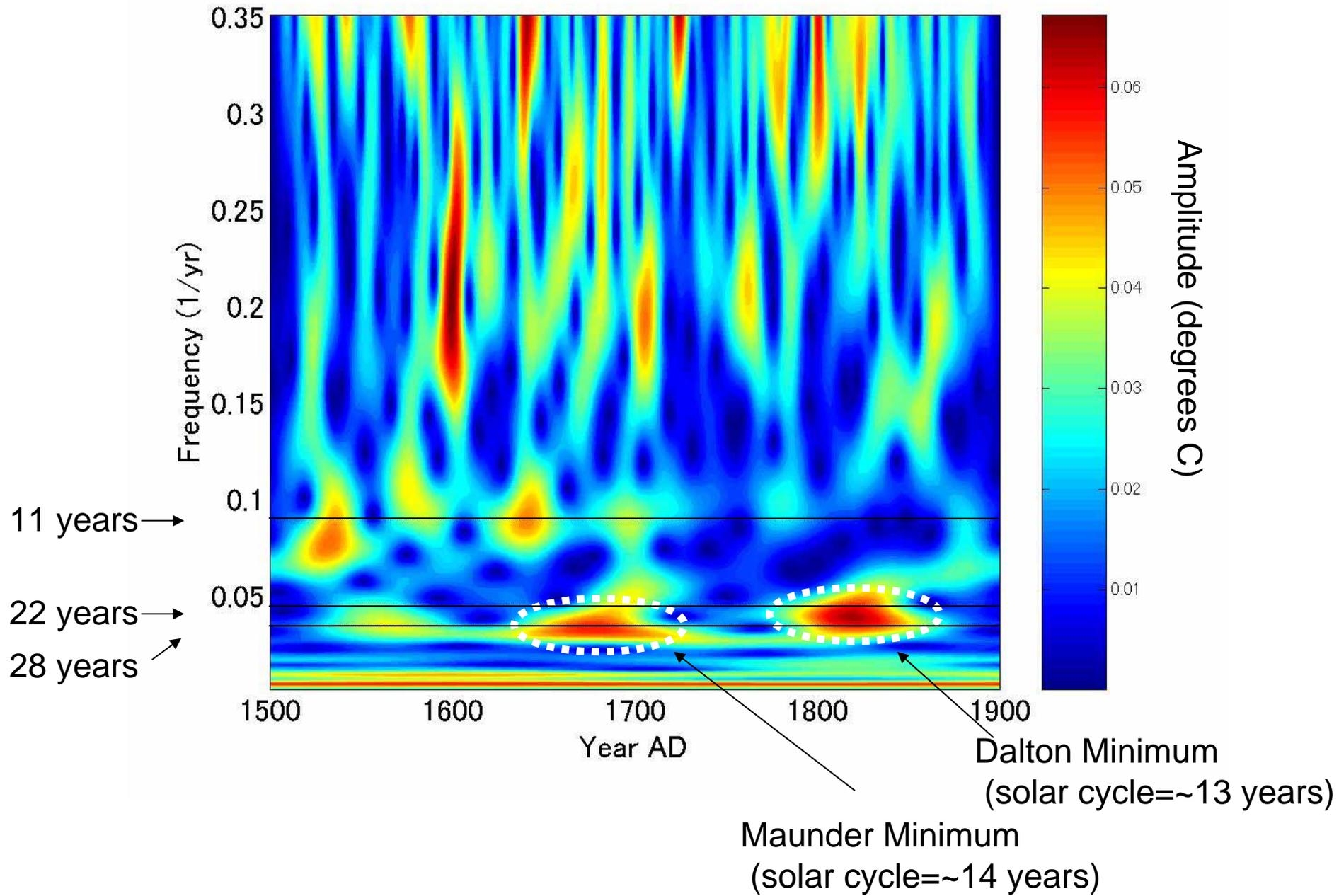


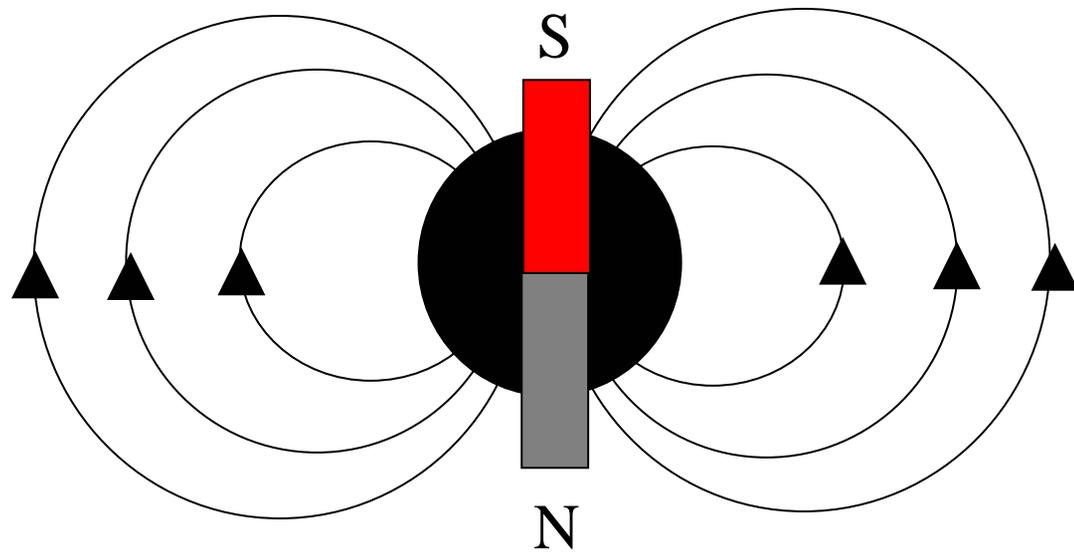
STE研  
Miyahara et al., 2004

# 気温と太陽活動周期

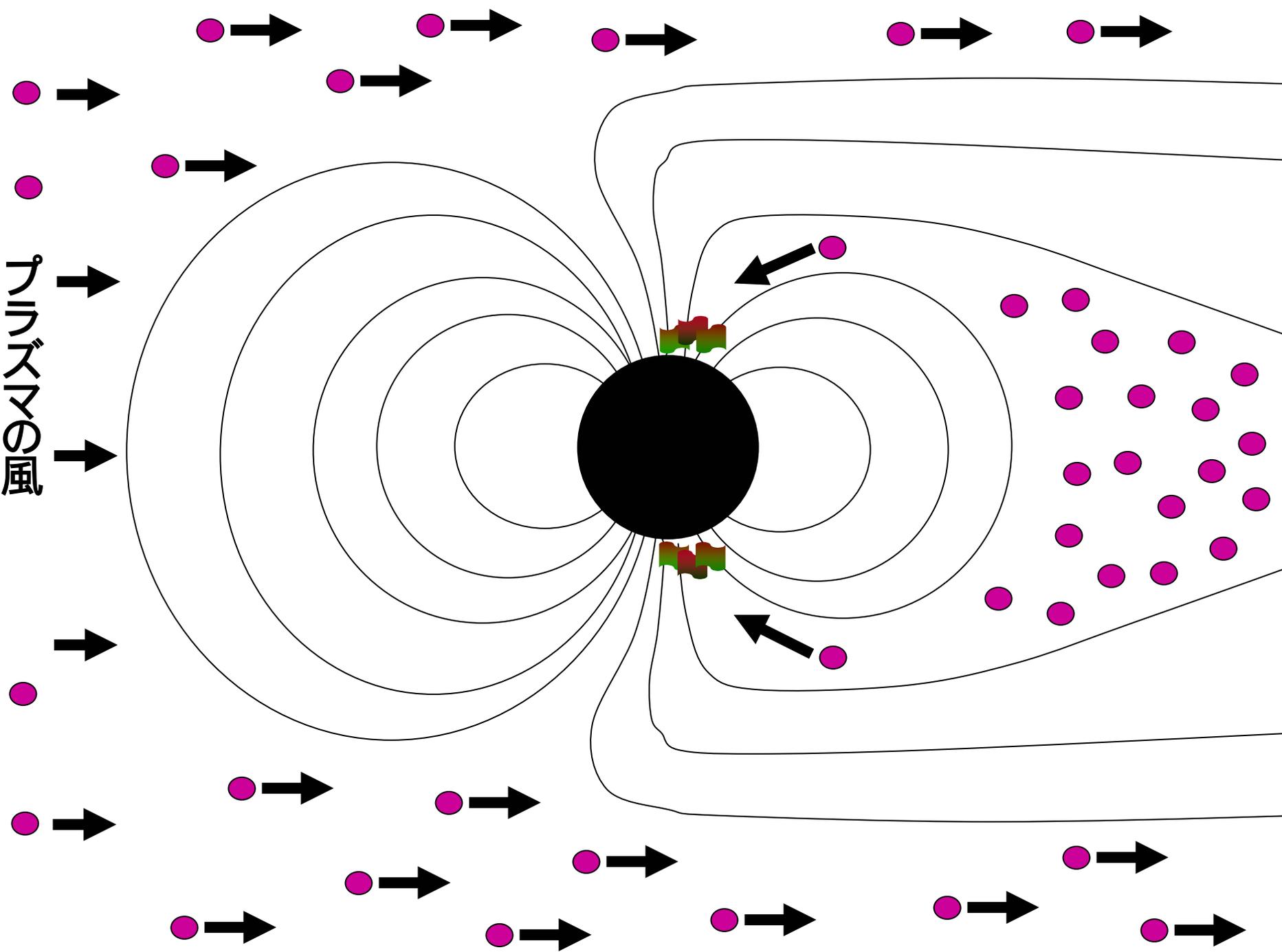


# Wavelet spectrum of temperature data by Esper et al. (2002)





プラズマの風

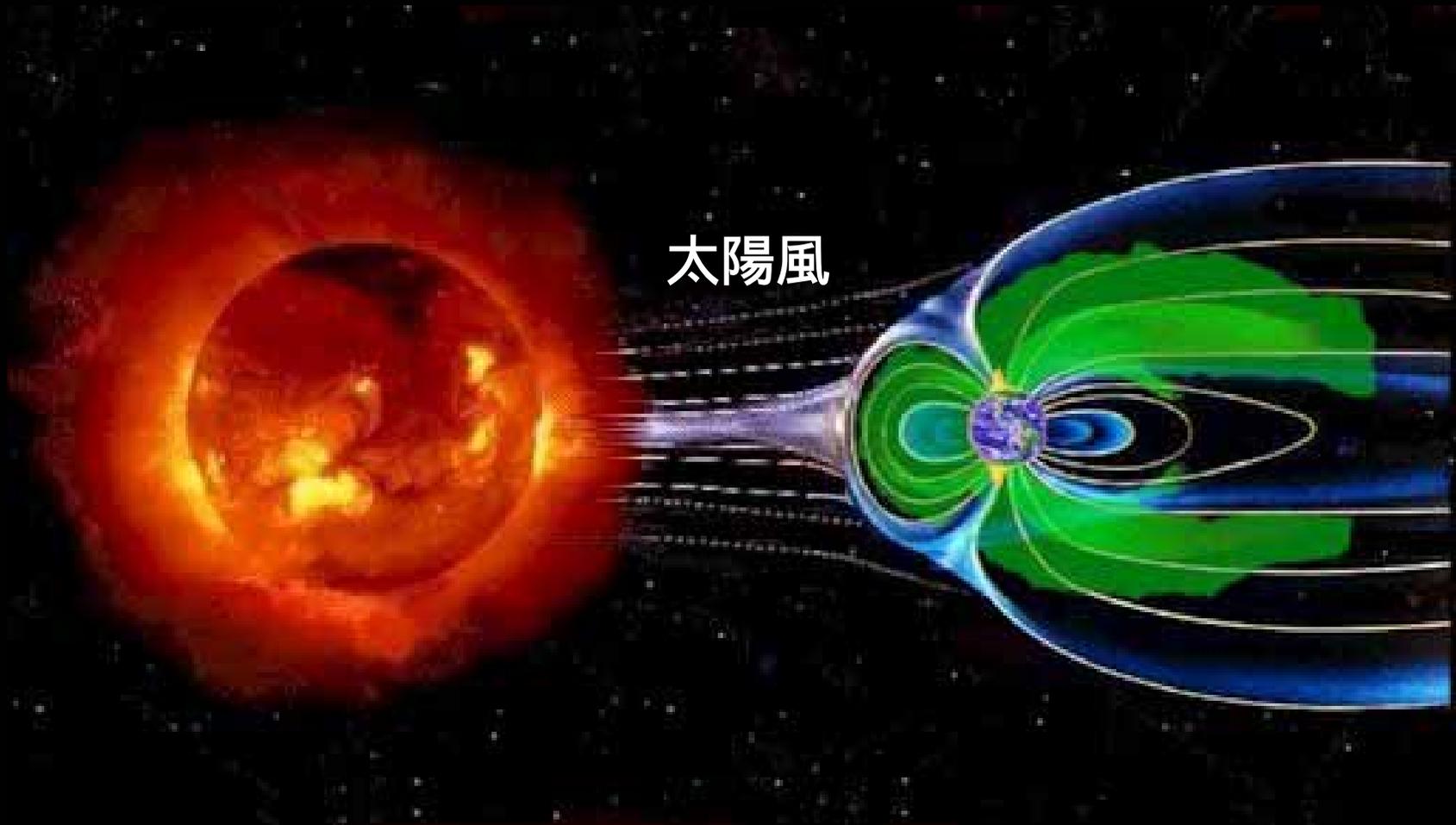


# ジオスペース

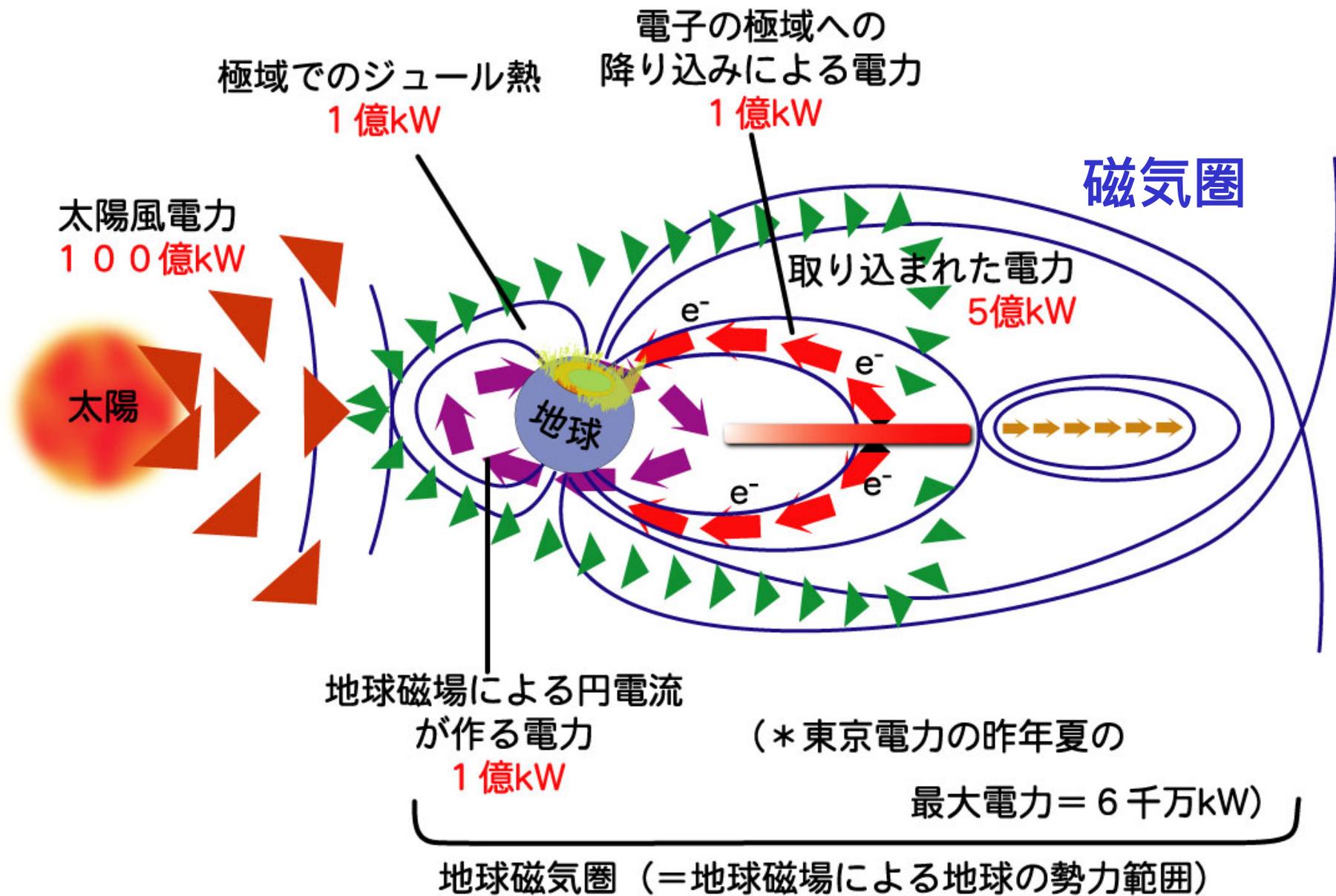
太陽コロナ

惑星間空間

磁気圏

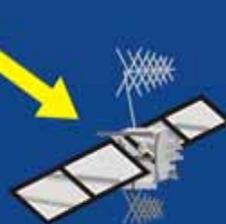


太陽風



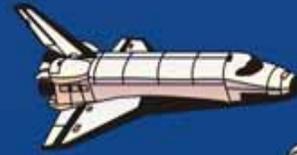


高E粒子



異常帯電  
コンピューター異常  
太陽発電パネル損傷

姿勢制御異常



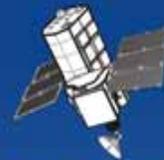
高E粒子



被爆

磁場変化

紫外線・X線



大気抵抗増加

高E粒子

被爆

100万Amps

電離・加熱



通信異常



方位異常



電圧異常



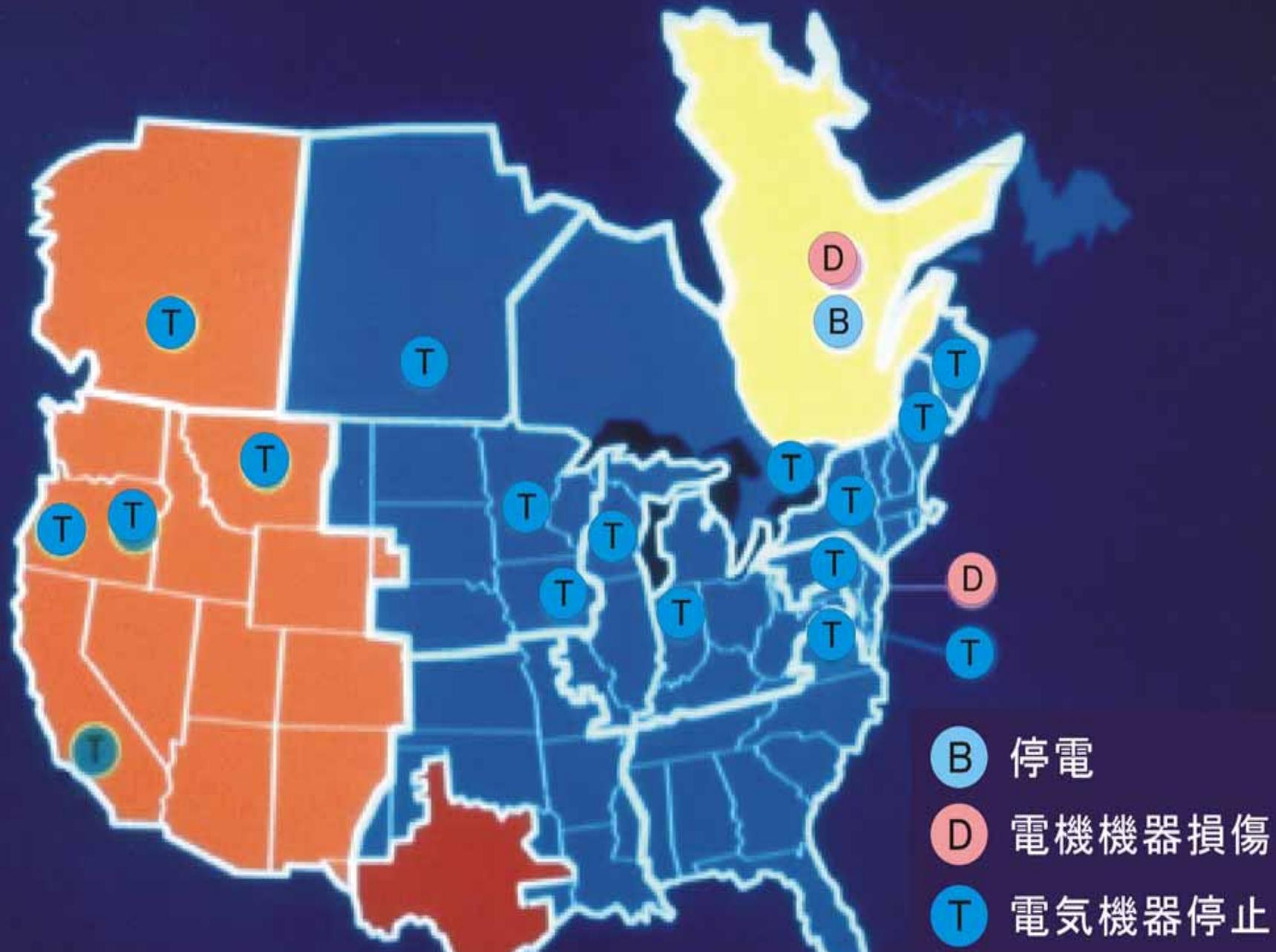
パイプライン電食





カナダ(ケベック州)の焼損した変圧器

# 1989年3月13日の宇宙嵐による電力障害



# 航空乗務員対象に 宇宙線被曝を規制

## 文科省、指針作成へ

宇宙線の被曝ひばくによる航空機の乗務員への健康影響を防ぐため、文科省は、航空会社に健康管理を促す指針を作成することを決めた。避けるべき被曝線量の目標値を設定し、社員教育の必要性なども盛り込む。欧米主要国では法律や指針による航空乗務員の被曝規制があるが、日本にはな

った。9月に開く作業部会で細部を詰め、年度内にまとめる。

航空機の乗務員は、中性子などの宇宙線に長時間さらされるため、地上の勤務に比べて被曝量が増える。宇宙線との因果関係は不明だが、欧米では皮膚がんや乳がんの発生率が、航空乗務員で高いとの報告もある。

航空機に年1千時間搭乗した場合は推定5〜6ミリシーベルト、平均的な800時間程度の搭乗でも3〜4ミリシーベルトの被曝量になる。国際放射線防護委員会(ICRP)の基準では、被曝量が年間1ミリシーベルトを超える場合、何らかの対応が必要としている。

(石田勲)

# 磁気圏外での被爆

太陽高エネルギー粒子線1回  
銀河宇宙線一年間  
極小期  
極大期

## 放射線量

3

5

25

50

100

CSv  
500

放射線従事者3月間

放射線従事者1年間

国際線ジェット機パイロット800h、宇宙飛行士1月間

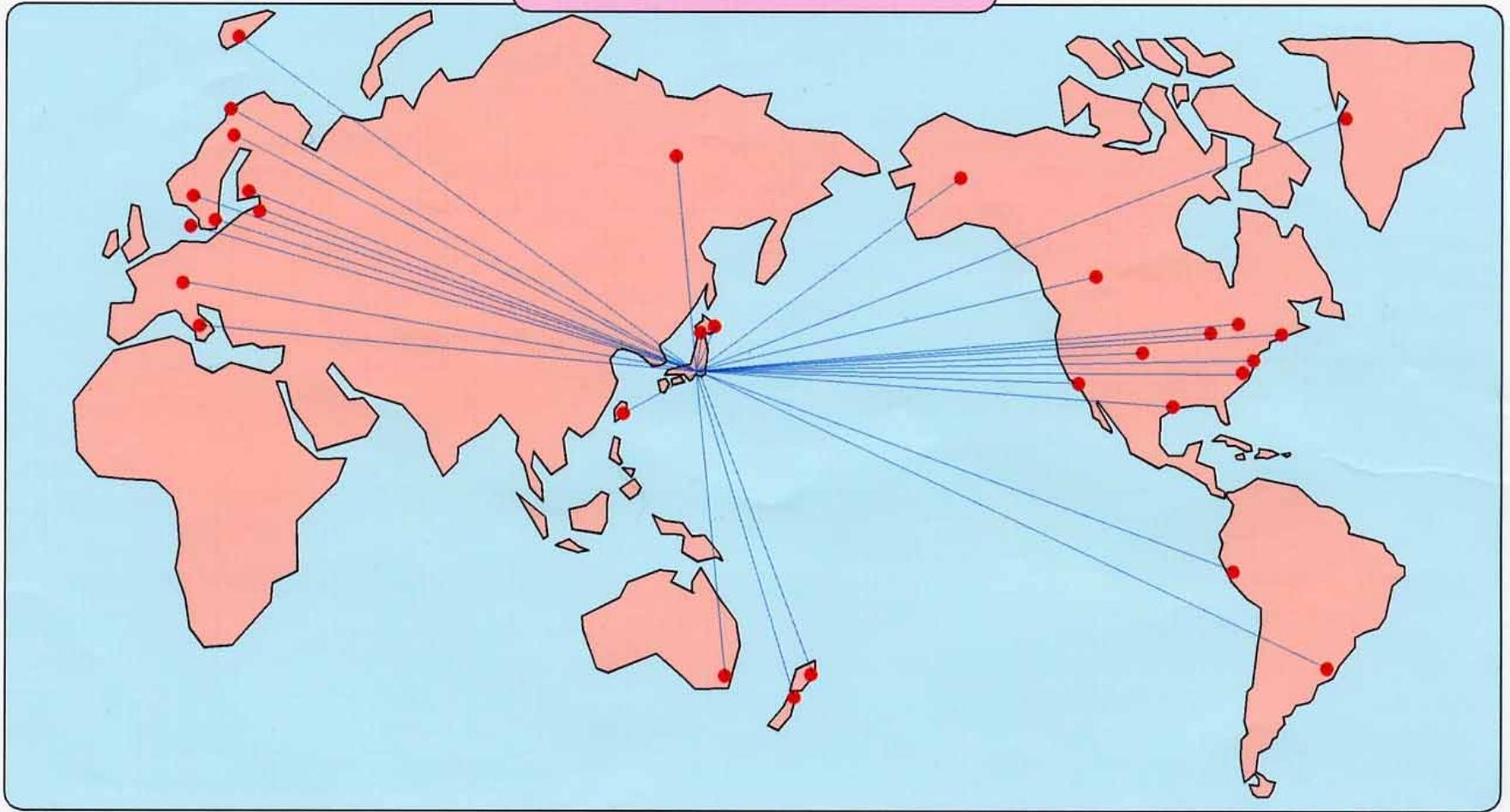
宇宙飛行士1年間

吐き気

30日以内50%死亡

# 準リアルタイムで太陽地球環境データを収集・解析

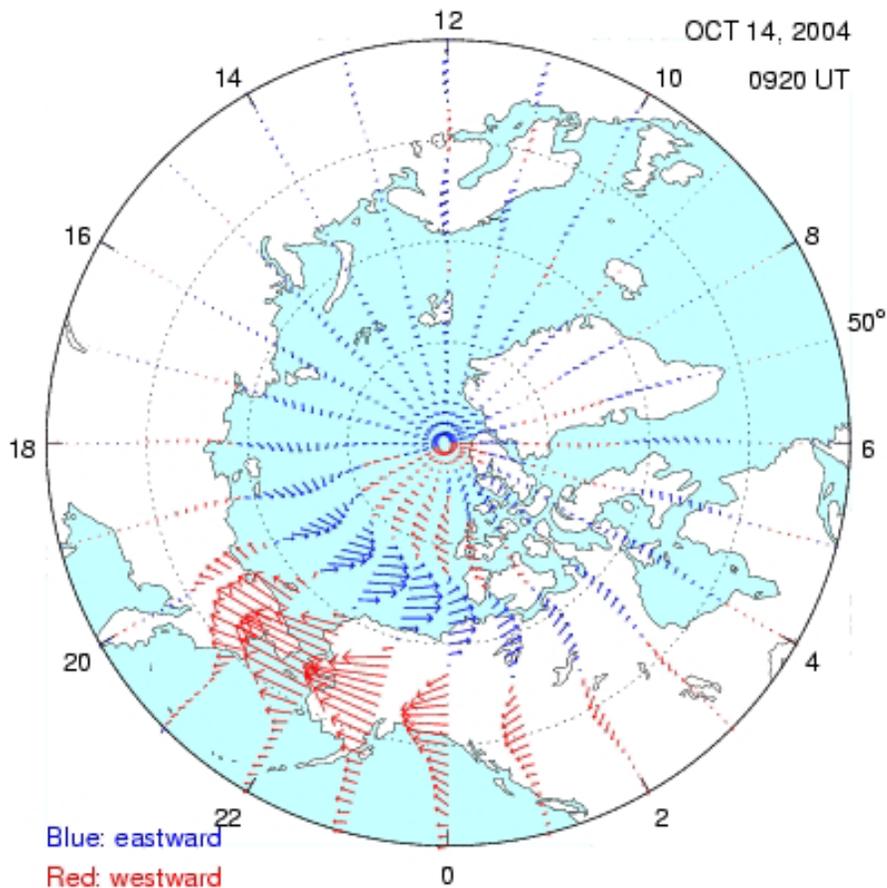
## 国外研究機関



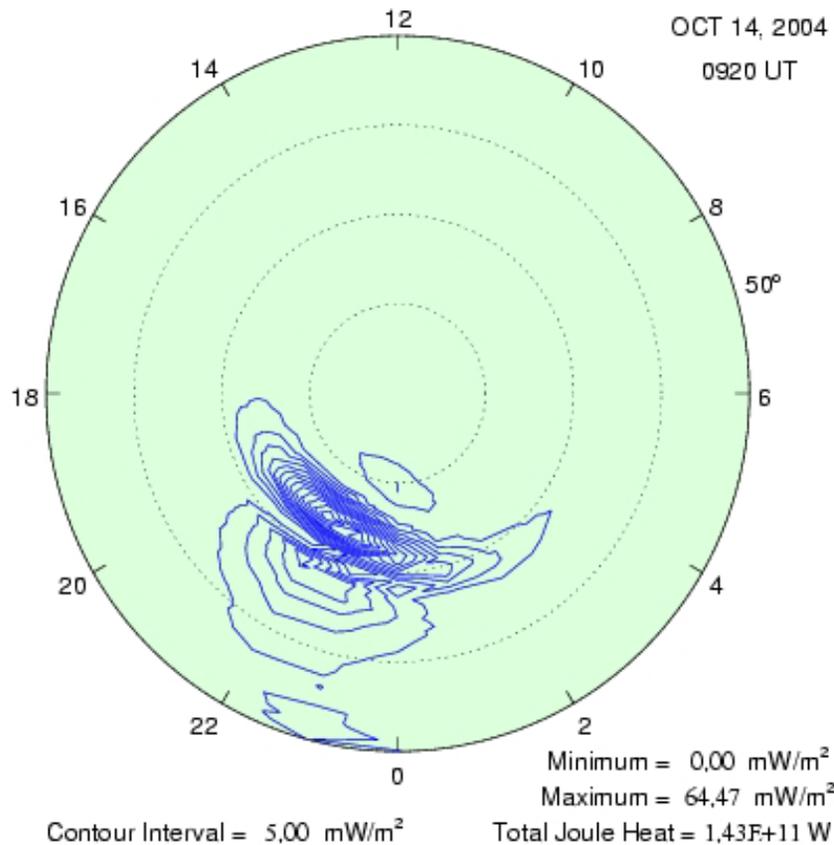
# 電離層電流

# ジュール加熱

## IONOSPHERIC CURRENT VECTORS

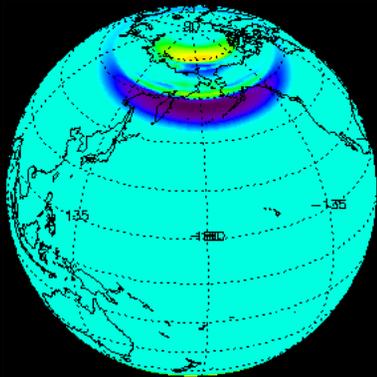


## JOULE HEAT DENSITY

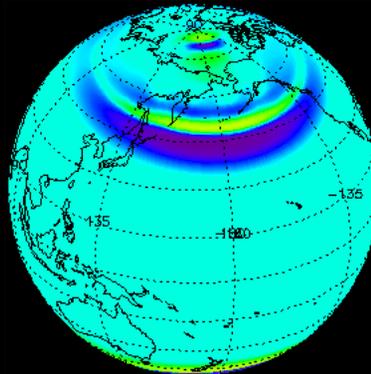


# 熱圏南北風 ( $z = 300$ km) [Log-m/s]

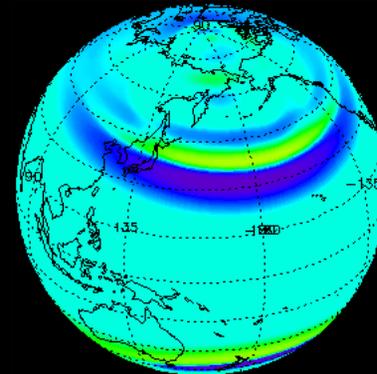
## 解析データをもとにシミュレーション



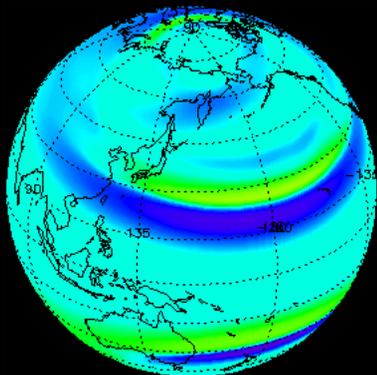
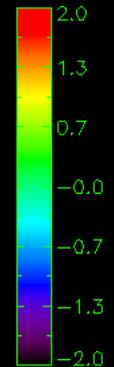
$t = 0.5$  hour



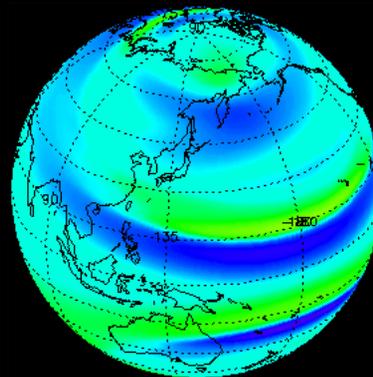
$t = 1.0$  hour



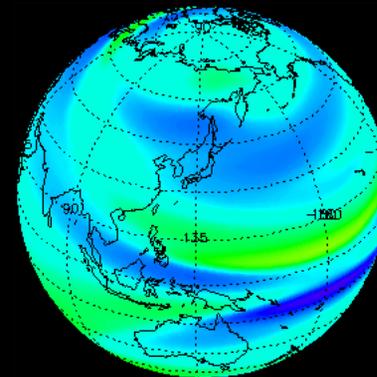
$t = 1.5$  hour



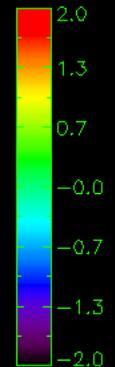
$t = 2.0$  hour



$t = 2.5$  hour



$t = 3.0$  hour



# 極域での粒子の降り込み・流出をレーダーで観測



STE研 & 極地研 共同事業

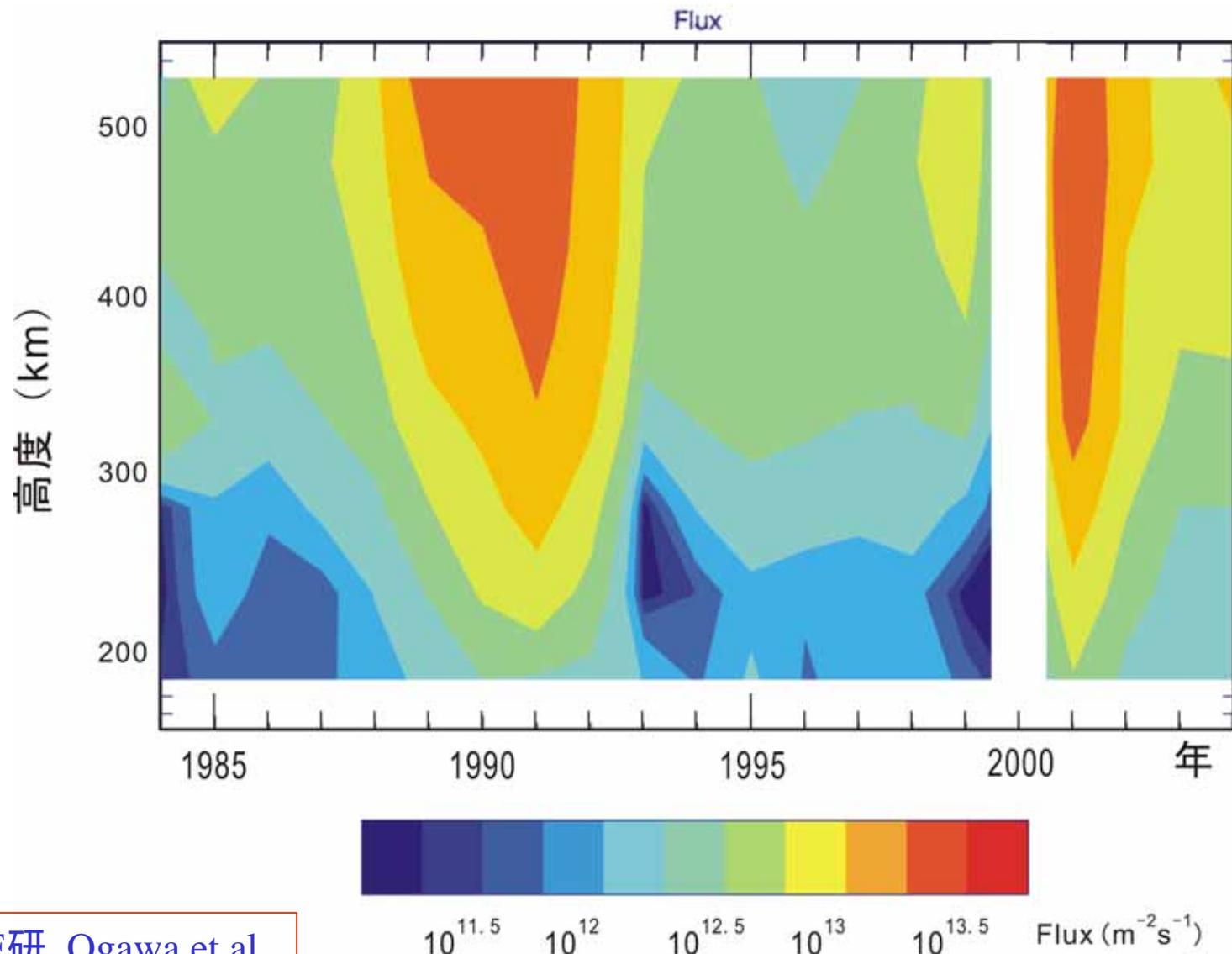


周波数：8 ~ 20 MHz  
タワー高：15.4 m  
アンテナ数：20 台  
観測高度：400 km

北海道から極域方向を見る短波レーダー  
建設中

# 極域から流出するイオン量の太陽活動度依存

約 3m x 3m x 3m の空気中の酸素が 1 秒間に流れ出ていることとなります

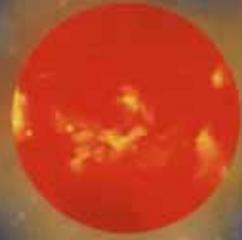


# Living with a star

地球環境への最大エネルギーは太陽から

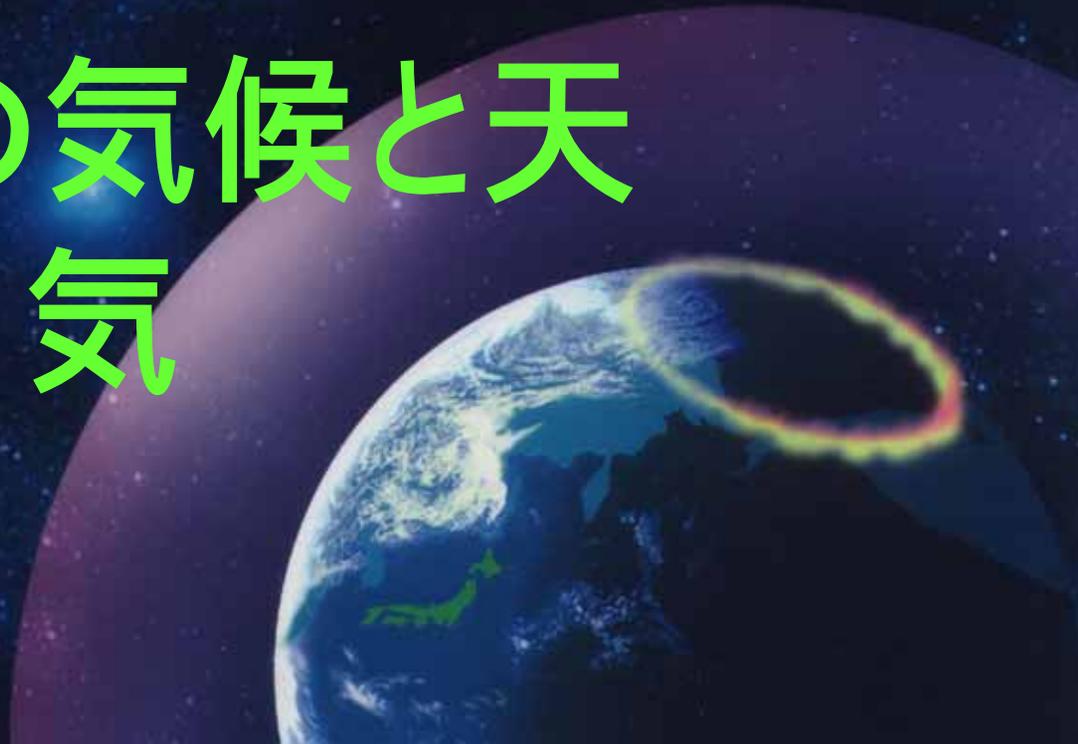
宇宙は、そのエネルギー伝搬の場

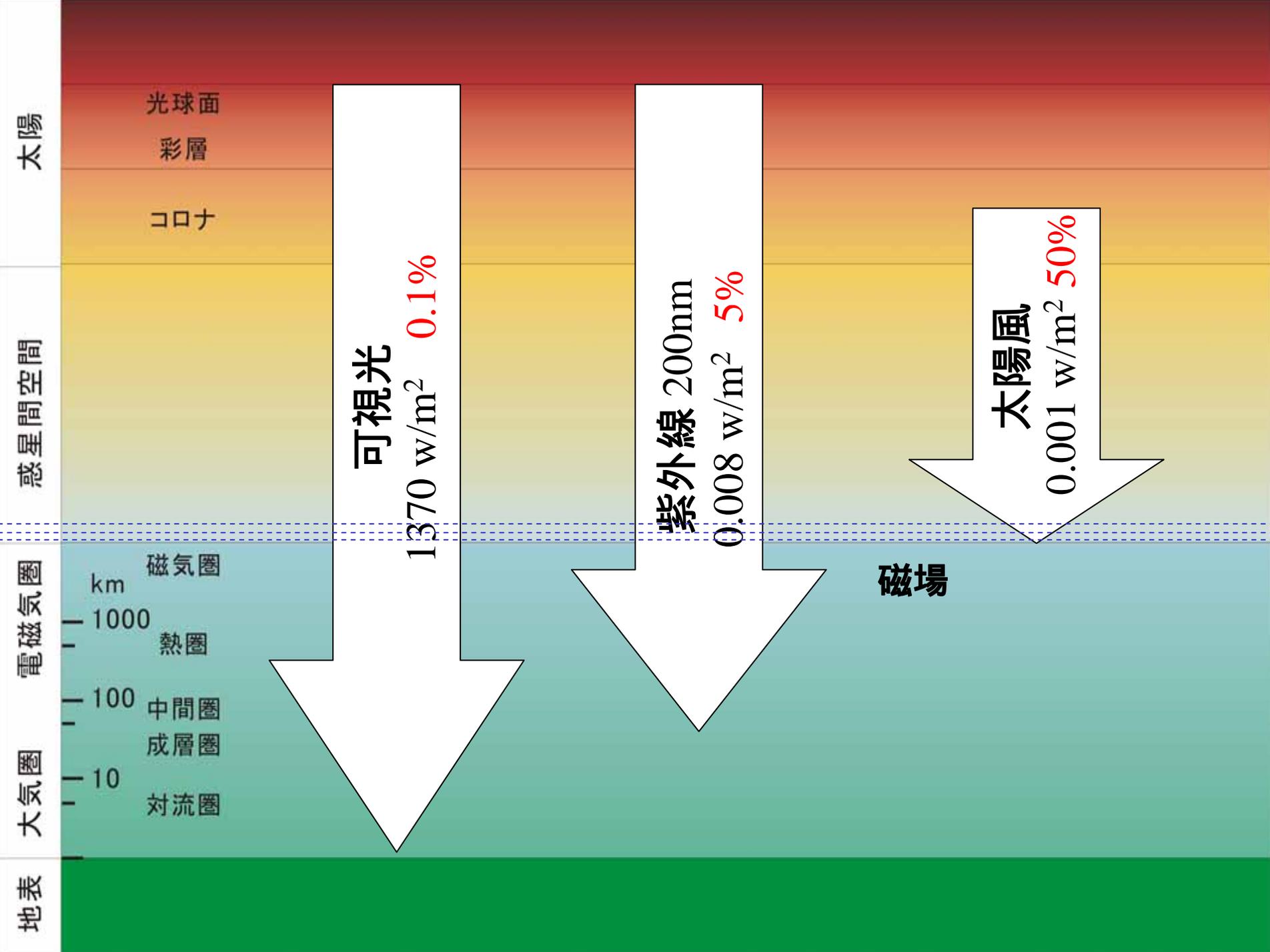
宇宙も人類活動の場に



**Living with a star**

**宇宙の気候と天  
気**





太陽

惑星間空間

電磁氣圈

大氣圈

地表

光球面  
彩層  
コロナ

可視光  
 $1370 \text{ w/m}^2$  0.1%

紫外線 200nm  
 $0.008 \text{ w/m}^2$  5%

太陽風  
 $0.001 \text{ w/m}^2$  50%

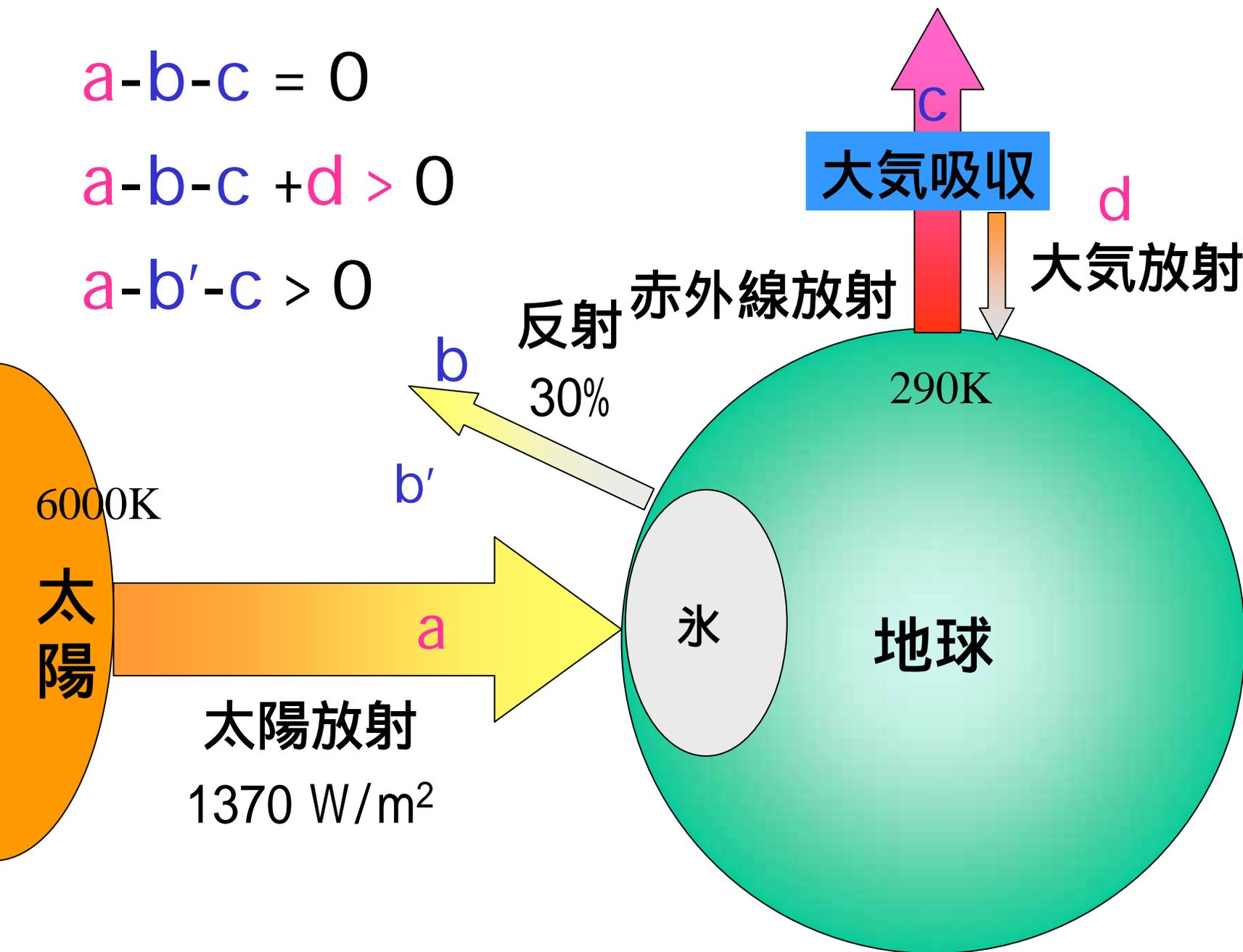
磁場

km  
1000  
熱圈  
100  
中間圈  
成層圈  
10  
对流圈

$$a - b - c = 0$$

$$a - b - c + d > 0$$

$$a - b' - c > 0$$



1978年5月



**現在は地球の大変動期？  
「地球温暖化」の顕在化？**

ヒマラヤ氷河群は、最近30年間(1974-2002)で、全面的に後退し、その後退速度はさらに加速している。

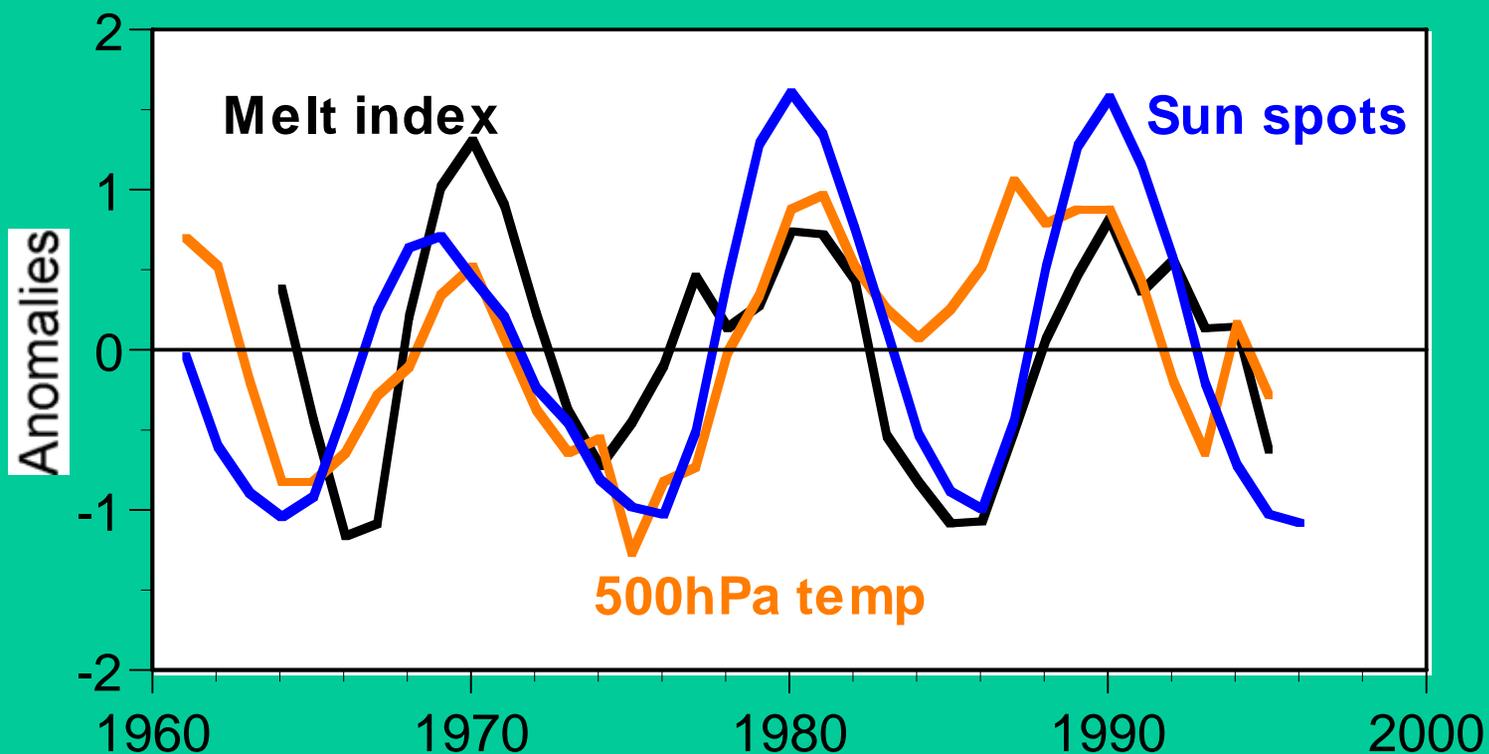
1998年10月

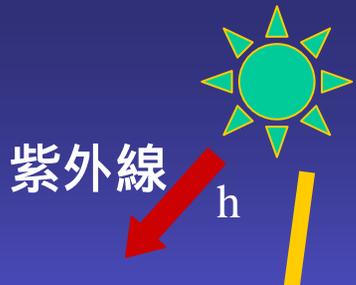


(旧)大気水圏科学研究所・環境学研究科  
(樋口敬二・上田 豊 研究室グループ)による長期観測研究

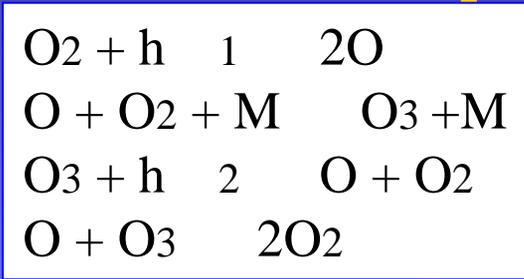
- ネパールヒマラヤの氷河の融雪量インデックスと太陽活動の11年周期も、気温変動を通して相関している！？

環境学研究科 Fujita et al., 2005





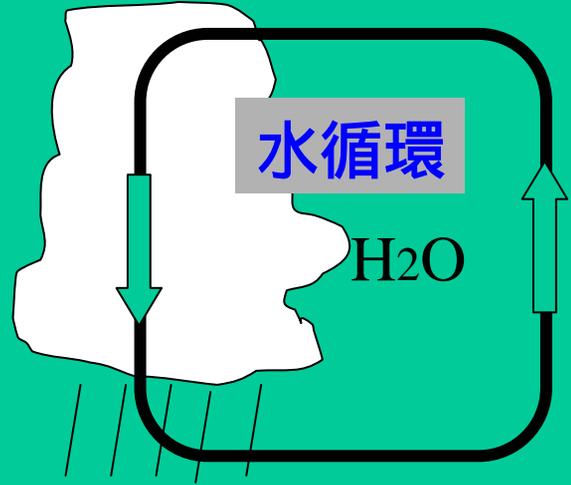
生命圏の維持に必要な環境と地球表層の構造(水の保存、オゾン層など)は生命圏自らが作り出している



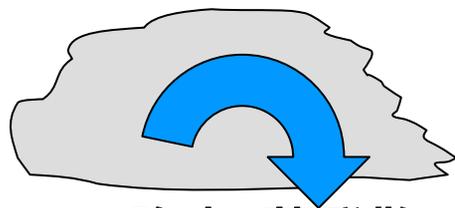
オゾン層(成層圏)の維持・形成



光合成



対流圏



H<sub>2</sub>O (降水・蒸発散)

CO<sub>2</sub> O<sub>2</sub> (光合成)



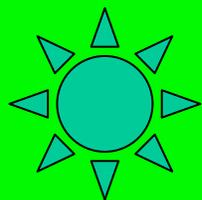
大陸スケールの生態系は水・物質循環を通して地球の気候をコントロールしている



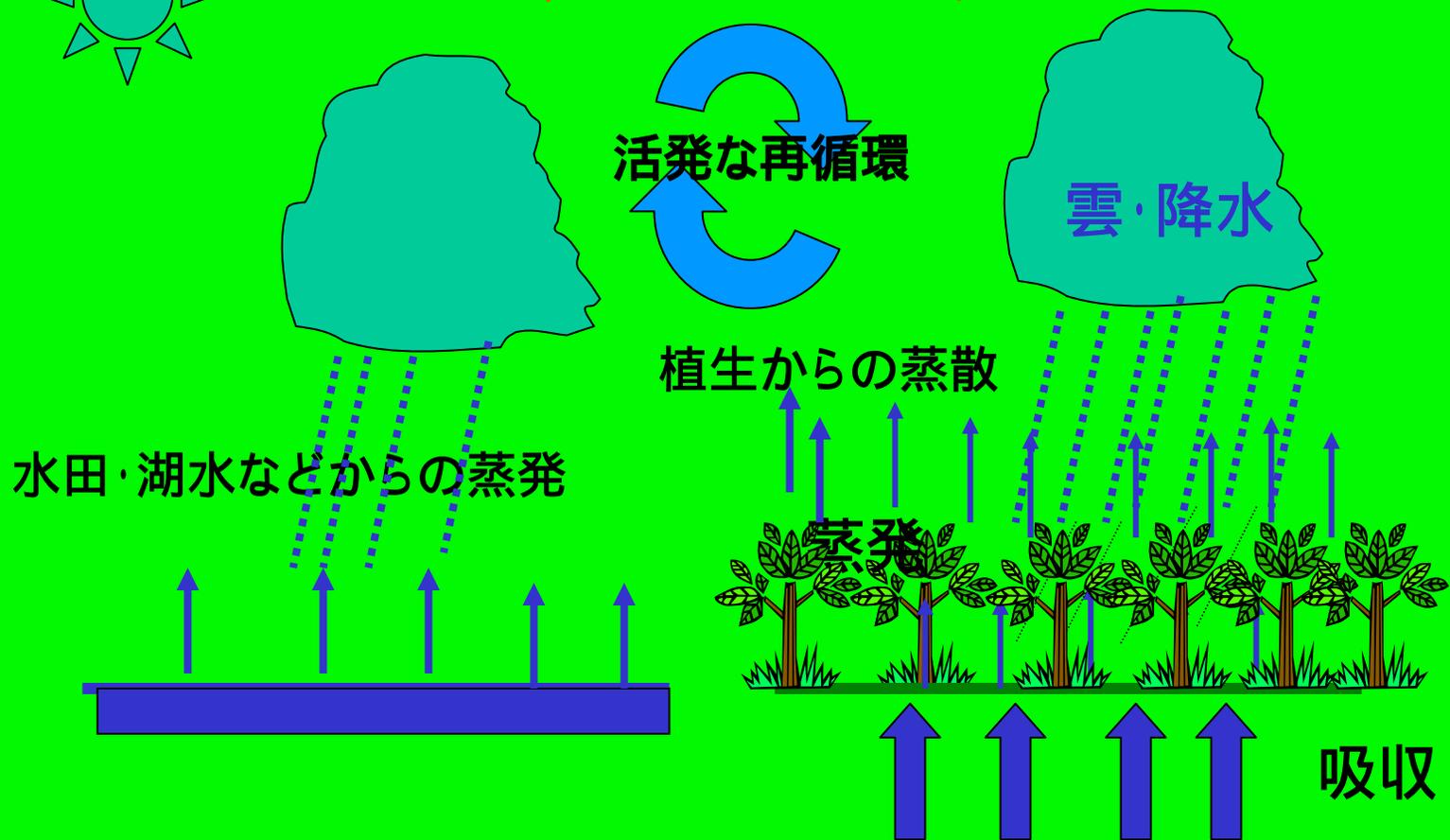
シベリア ヤクーツク付近のタイガ

GAME-Siberia  
観測研究の成果  
(地球水循環研究センター)

# 大陸域の生態系は大気・地表面間の 水循環・物質循環をコントロールしている



蒸発散は大気を不安定化し、  
対流、降水を活発化する。



# 東シベリア・タイガ林での植生の役割(例)

タイガ林が伐採や火災で焼失していくと.....

対流雲の発生頻度減少

地表面にダイレクトに太陽放射が入射

融解層(活動層)が深くなる

森林生育が不可能になる

土壌(凍土)の乾燥化

温室効果ガス(CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>)の放出

どの地域に多く降水が  
もたらされるのか(?!)

気温上昇(特に高緯度地域)

蒸発散量の増加(?!)

マルチな水循環構造  
多角的視点での水循環研究の必要性

# エネルギー・水・炭素循環結合

