

理系大学生のための

# 太陽研究最前線体験ツアー

2011年8月17～20日

名古屋大学太陽地球環境研究所

東京大学理学系研究科

京都大学大学院理学研究科附属天文台

宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究本部

国立天文台

# 名古屋大学太陽地球環境研究所

## 本日の予定

- 12:00 昼食と自己紹介
- 13:00 講義「太陽地球環境研究所の紹介と宇宙天気・宇宙気候研究」(草野)
- 13:45 講義「太陽風の理論と観測」(鈴木)
- 14:15-14:30 休憩
- 14:30 講義「コンピュータシミュレーションで探る太陽活動」(草野)
- 15:00-16:00 質問と自由討論
  - 小テーブルで懇談(全員参加)
  - 記念写真撮影
- 16:00 解散

理系大学生のための  
太陽研究最前線体験ツアー  
2011年8月20日

# 太陽地球環境研究所の紹介と 宇宙天気・宇宙気候研究

名古屋大学太陽地球環境研究所  
名古屋大学理学研究科素粒子宇宙物理学専攻  
太陽宇宙環境物理学研究室

草野完也



# 自己紹介

# Who I am

## ■ 草野完也 (Kanya Kusano)

### ■ 経歴

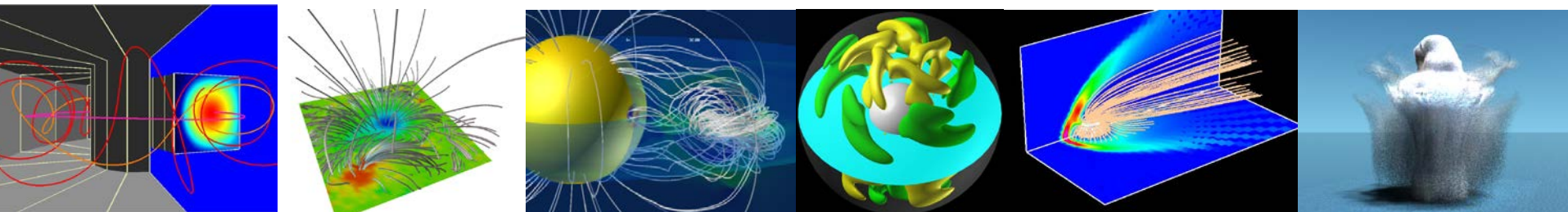
- 北大物理、広大物性・物理科学・先端物質科学
- 海洋研究開発機構/JAMSTEC
  - 地球シミュレータセンター、地球内部ダイナミクス領域
- 名古屋大学 太陽地球環境研究所 教授 (2009.7-)

### ■ 専門

- 太陽・宇宙・核融合プラズマ物理学 (plasma physics)
- 非線形電磁流体力学、ダイナモ理論 (MHD, dynamo)
- シミュレーション科学 (simulation sciences)
- 宇宙天気・宇宙気候 (space weather, space climate)
- 雲物理 (cloud physics)

### ■ 所属学会

- 日本天文学会、日本物理学会、地球電磁気・地球惑星圏学会、プラズマ・核融合学会、JpGU, AGU, AAS, APS, IAU



# 名古屋大学大学院理学研究科

- 素粒子宇宙物理学専攻
  - 宇宙地球物理系
  - 太陽宇宙環境物理学研究室 (SSt研)
    - 草野完也(kusano@nagoya-u.ac.jp)
    - 増田智 (masuda@stelab.nagoya-u.ac.jp)
  - 素粒子宇宙物理系
  - 理論宇宙物理学研究室 (TA研)
    - 鈴木建(stakeru@nagoya-u.jp)

# SSt研究室の位置づけ

名古屋大学  
大学院

理学研究科

素粒子宇宙  
物理学専攻

素粒子宇宙  
物理学系

宇宙地球  
物理学系

大学院 理学研究科  
素粒子宇宙物理学専攻  
宇宙地球物理学系

太陽地球系化学講座

大気圏環境変動  
AM

太陽地球関連理学講座

宇宙空間物理学観測  
SSe

太陽宇宙環境物理学  
SSt

太陽地球系物理学講座

太陽圏プラズマ物理学  
SW

太陽高エネルギー物理学  
CR

太陽地球環境研究所

大気圏環境部門

電磁気圏環境部門  
(2-1)

電磁気圏環境部門  
(2-2(EISCATグループ))

総合解析部門

ジオスペース  
研究センター

太陽圏環境部門  
(太陽風)

太陽圏環境部門  
(宇宙線)

大学院 工学研究科  
電子情報システム専攻  
電気工学分野  
宇宙電磁環境工学  
(協力講座)

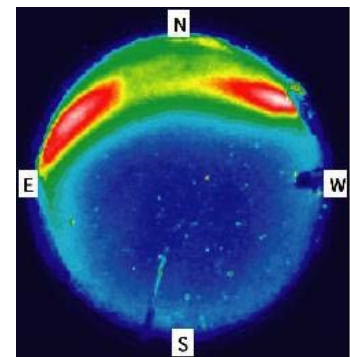
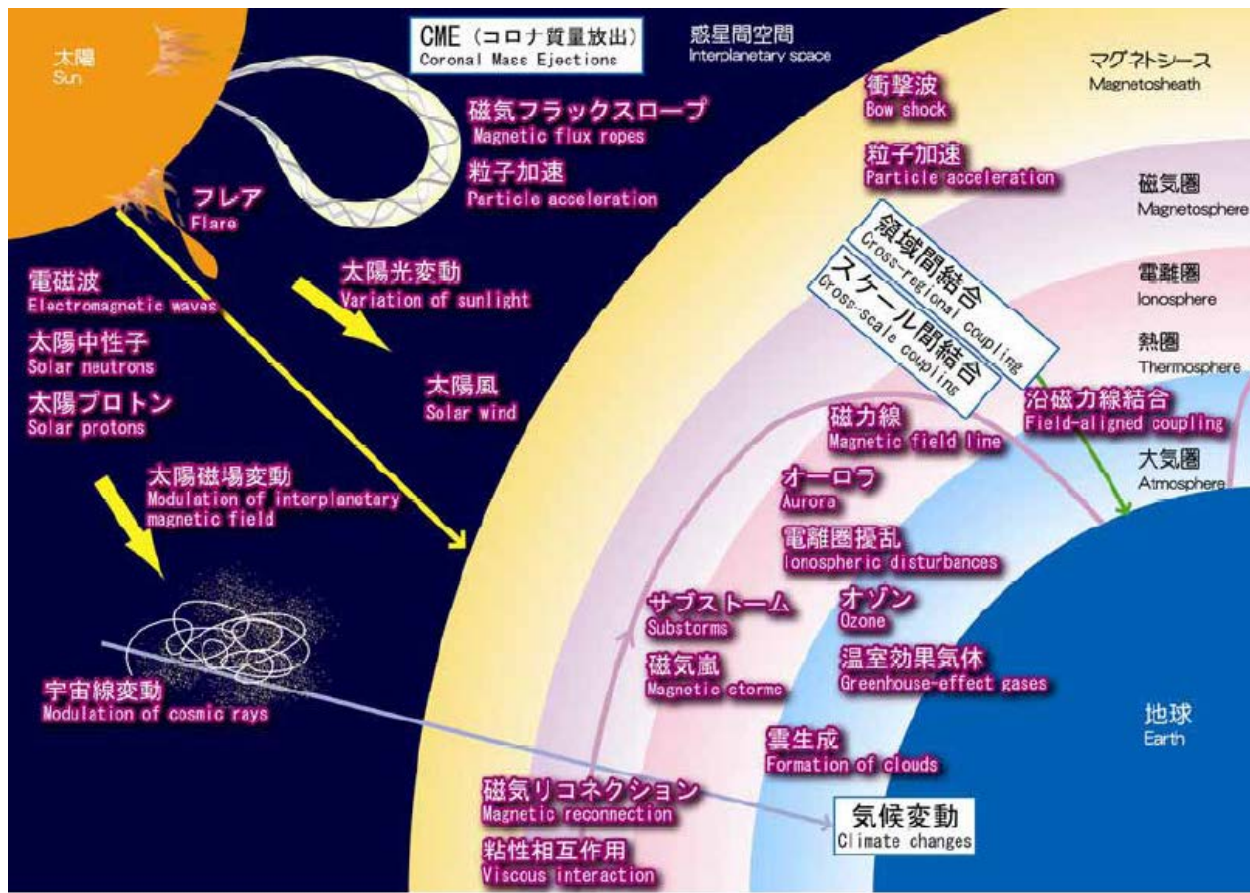
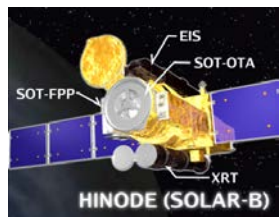
宇宙電磁観測グループ

宇宙情報処理グループ



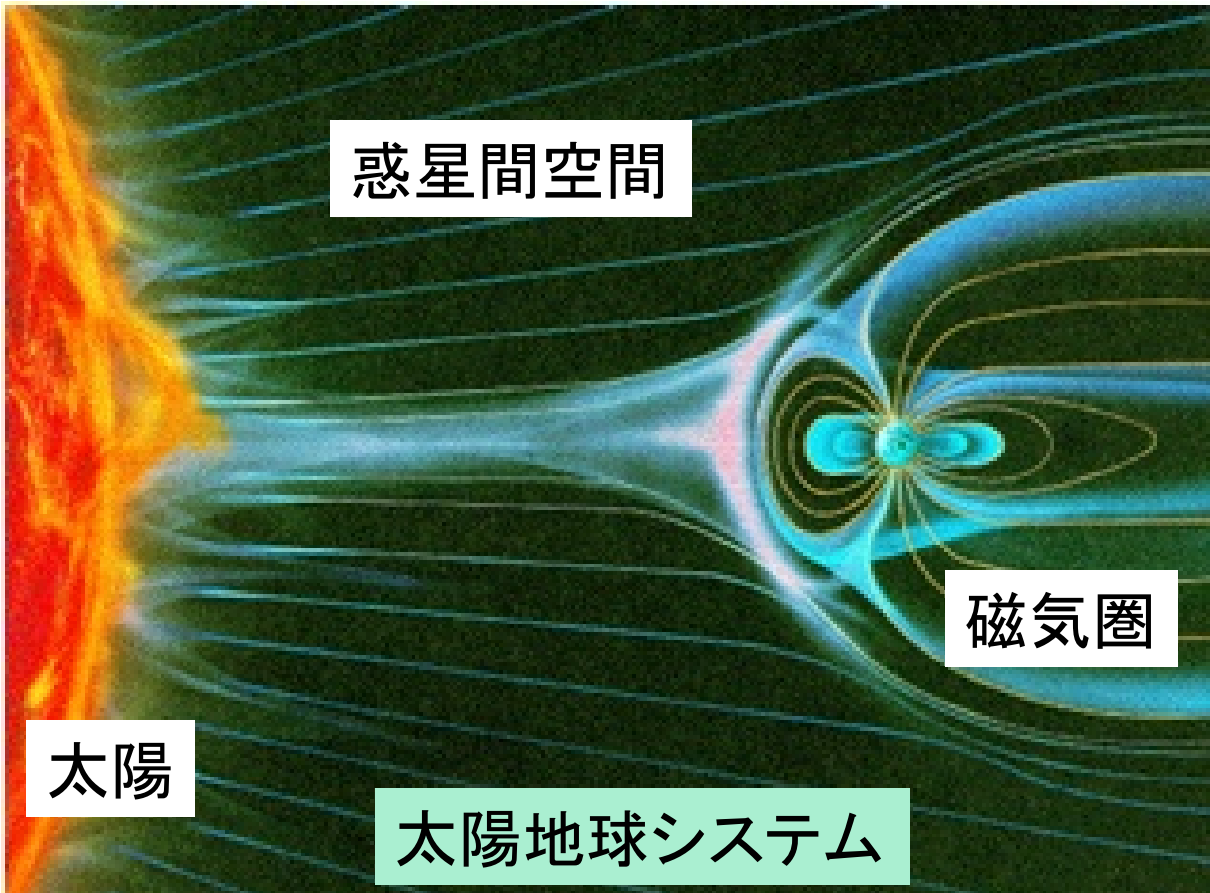
# 名古屋大学太陽地球環境研究所

## ■ Solar-Terrestrial Environment Laboratory



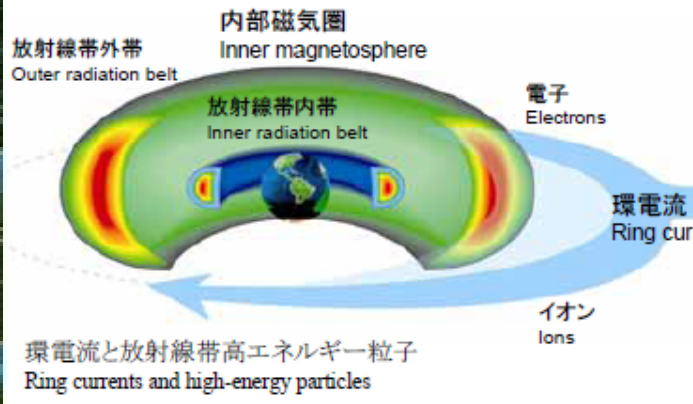
我々の環境としての太陽地球システム

惑星間空間



太陽

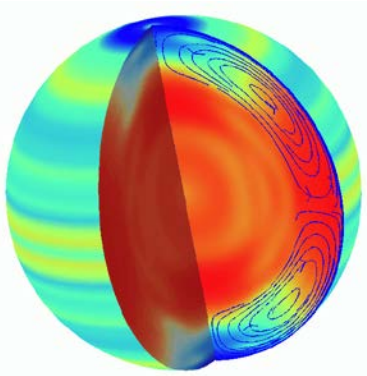
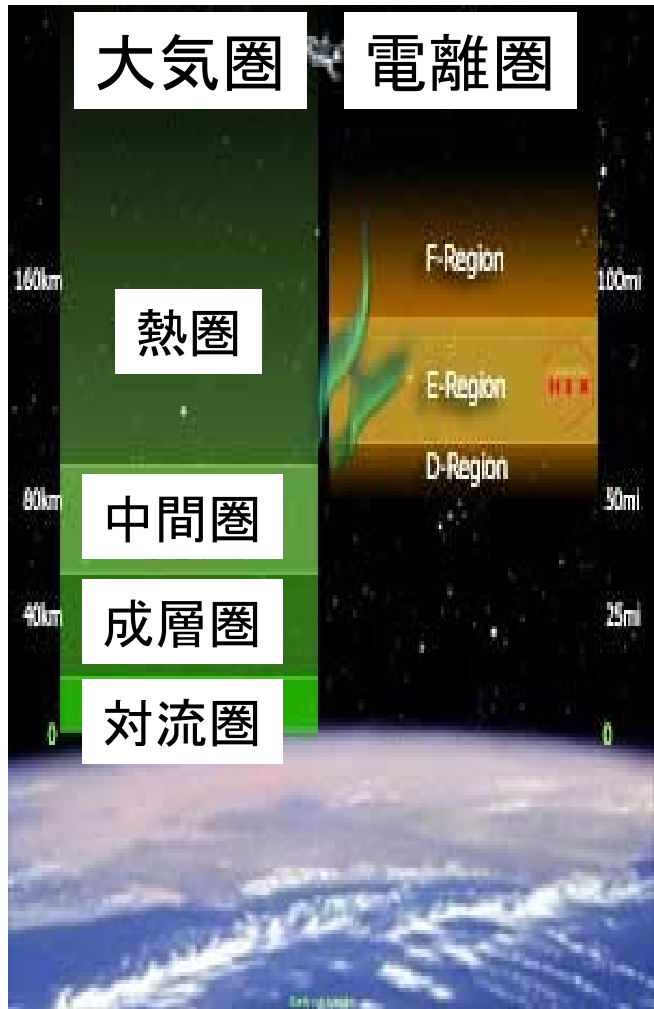
太陽地球システム



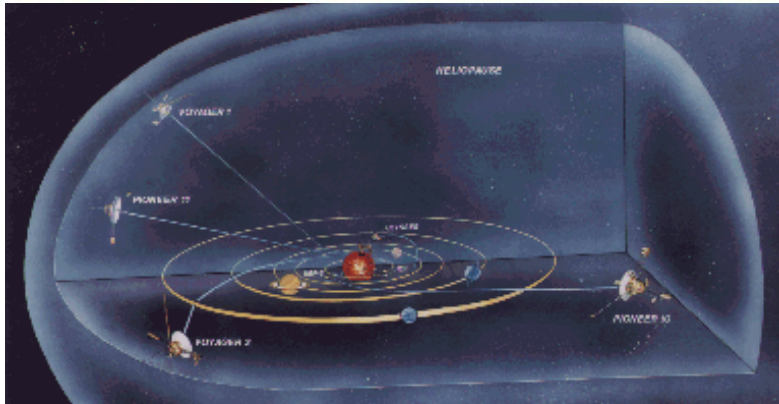
環電流と放射線帯高エネルギー粒子  
Ring currents and high-energy particles

大気圏

電離圏



太陽対流層



太陽圏



# SST

研究室

太陽宇宙環境物理学



菊池 崇 教授



草野完也 教授

前列左から 家田, 三好, 関, 荻野, 草野, 菊池, 増田, 天野, 梅田の各教員. 後列はPDと大学院生.

## スタッフ: 9人

菊池 崇	教授(*)
草野 完也	教授
関 華奈子	准教授
増田 智	准教授
家田 章正	助教
三好 由純	助教※
天野 孝伸	特任助教
荻野 瀧樹	教授※
梅田 隆行	助教※

※工学研究科

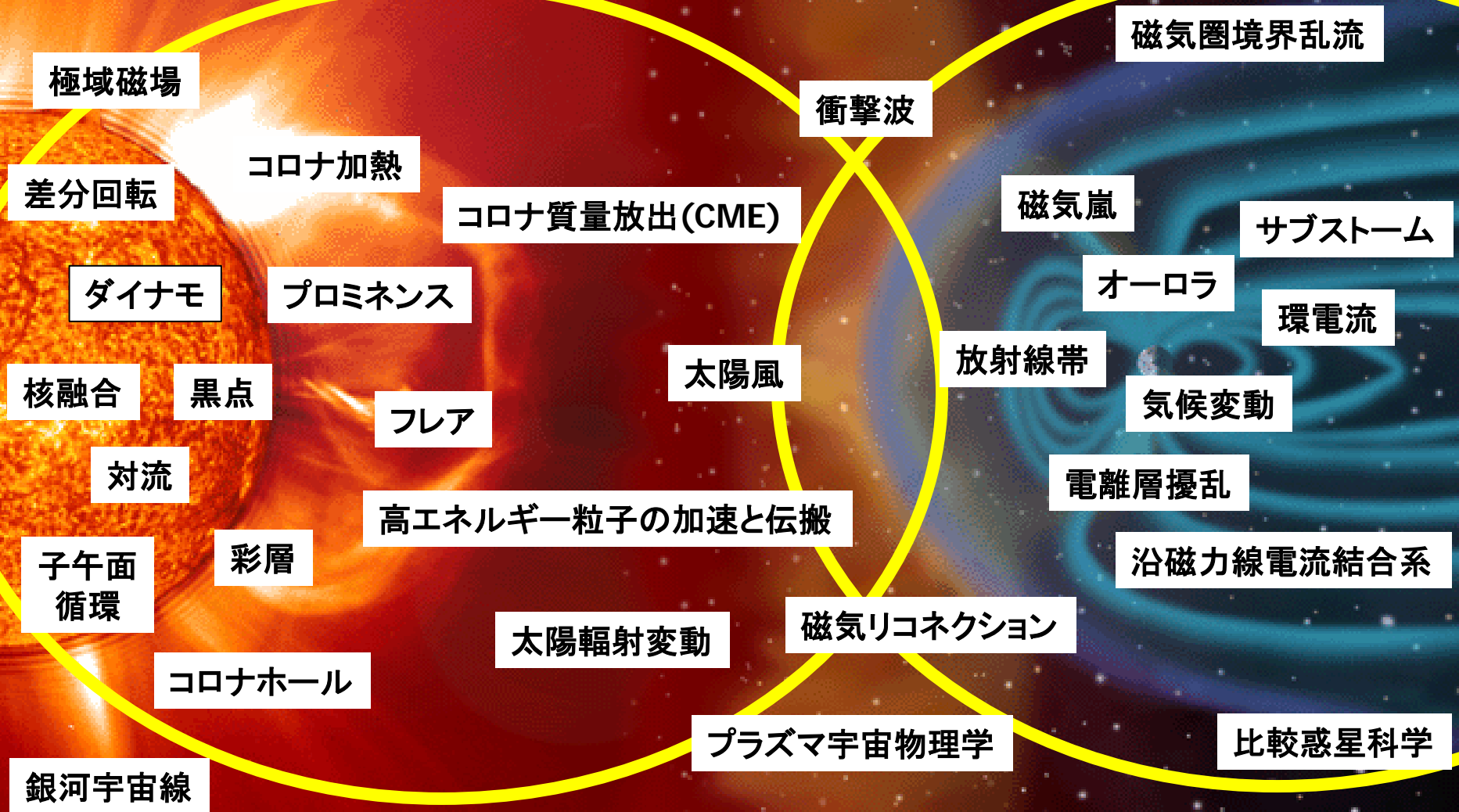
<http://st4a.stelab.nagoya-u.ac.jp/>

連絡先: kusano@stelab.nagoya-u.ac.jp FAX 052-747-6334

教授 3 / 准教授 2 / 助教 4 / PD3 / DC3 / MC6

# 太陽宇宙環境物理学(SSt)研究室の研究テーマ

## 太陽地球結合システム



太陽内部→彩層→コロナ→太陽風→磁気圏→電離圏→大気→地表

# 太陽宇宙環境物理学研究室(SSt研)

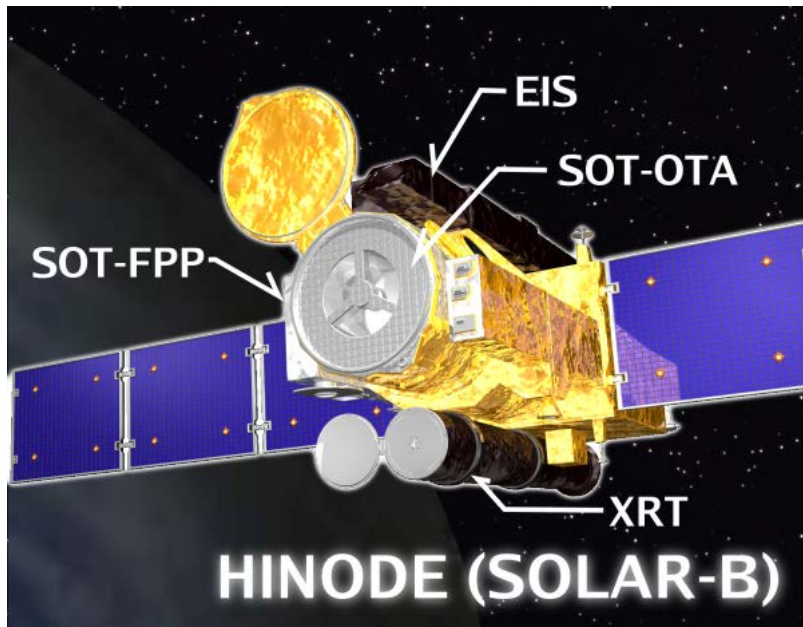
- 太陽黒点周期活動とその変動のメカニズム
- 太陽フレアの発生機構の解明とその予測
- 太陽フレアにおける高エネルギー粒子加速
- コロナ質量放出の形成と伝搬
- 爆発的なオーロラ発生のメカニズムの解明
- 放射線帯の変動メカニズム
- 地球、火星の大気散逸メカニズム
- 地磁気の反転メカニズム
- 太陽活動と雲の関係



# 最新のデータ解析・シミュレーション

ひので: 世界最高性能太陽望遠鏡

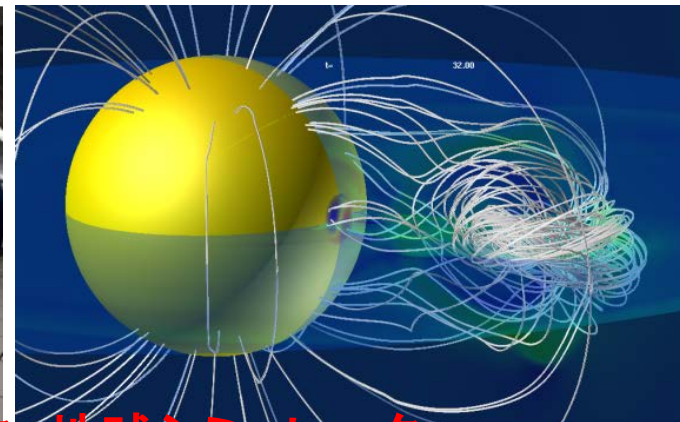
野辺山太陽電波望遠鏡



飛騨天文台  
ドームレス太陽望遠鏡



スーパーコンピュータ

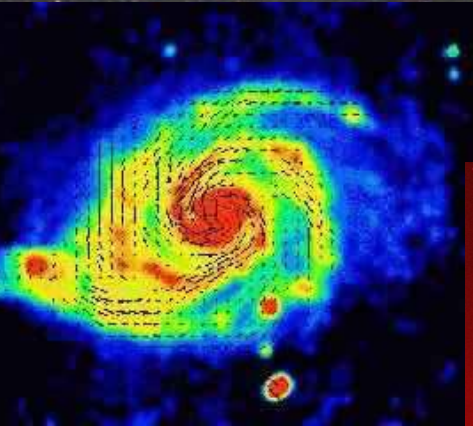


地球シミュレータ

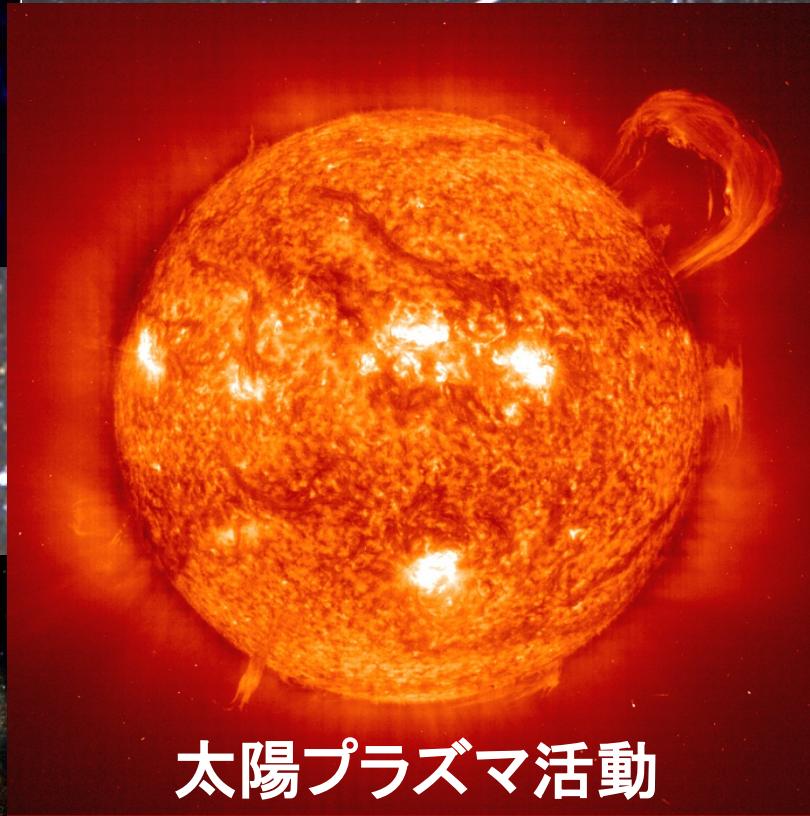


# 宇宙プラズマ現象

ガンマ線バースト



銀河磁場

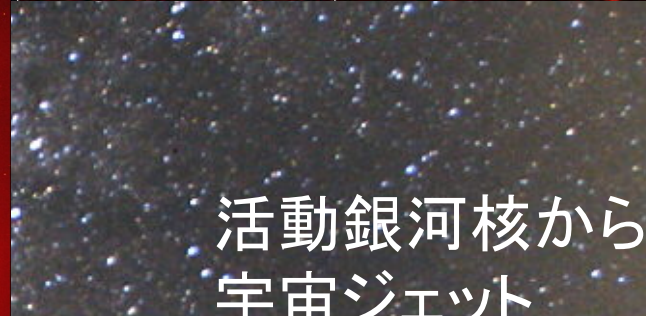
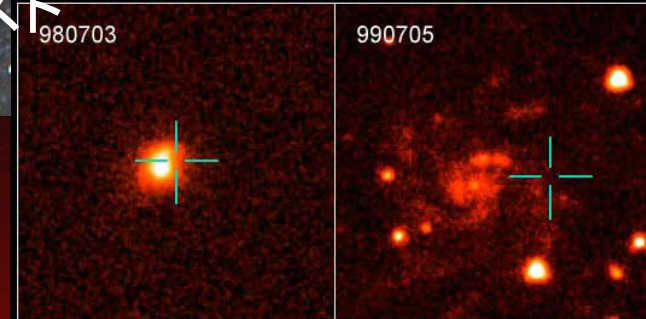


太陽プラズマ活動



超新星残骸と粒子加速

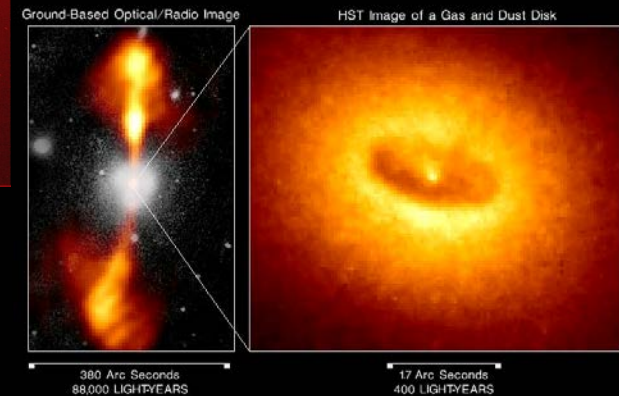
Gamma-Ray Burst Host Galaxies



活動銀河核から  
宇宙ジェット

Core of Galaxy NGC 4261

Hubble Space Telescope  
Wide Field / Planetary Camera

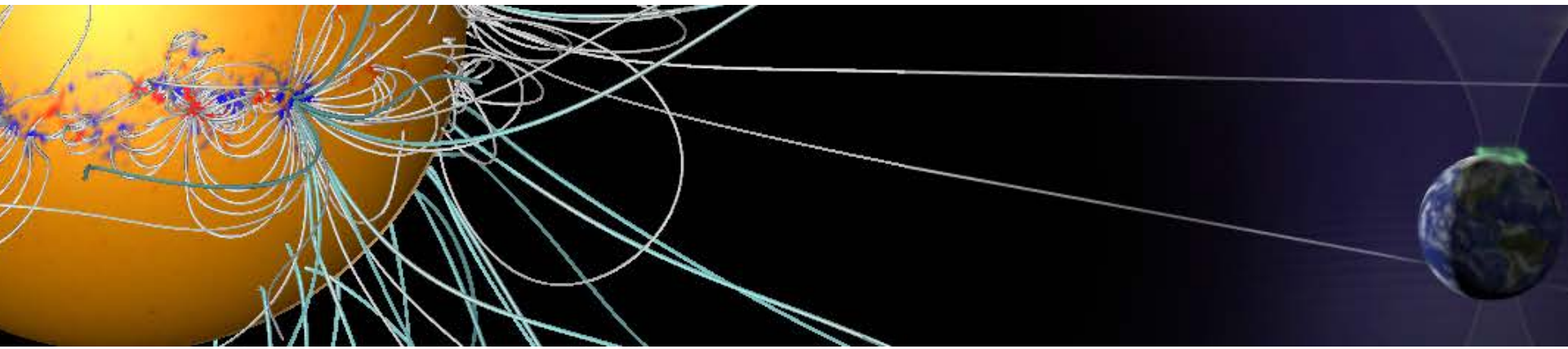


380 Arc Seconds  
88,000 LIGHTYEARS

17 Arc Seconds  
400 LIGHTYEARS



# 太陽活動の地球環境影響



# 太陽

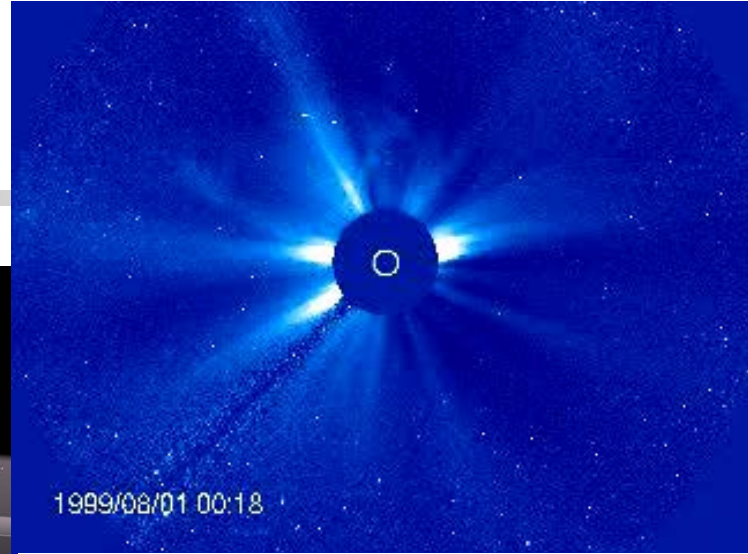
---

# 母なる星

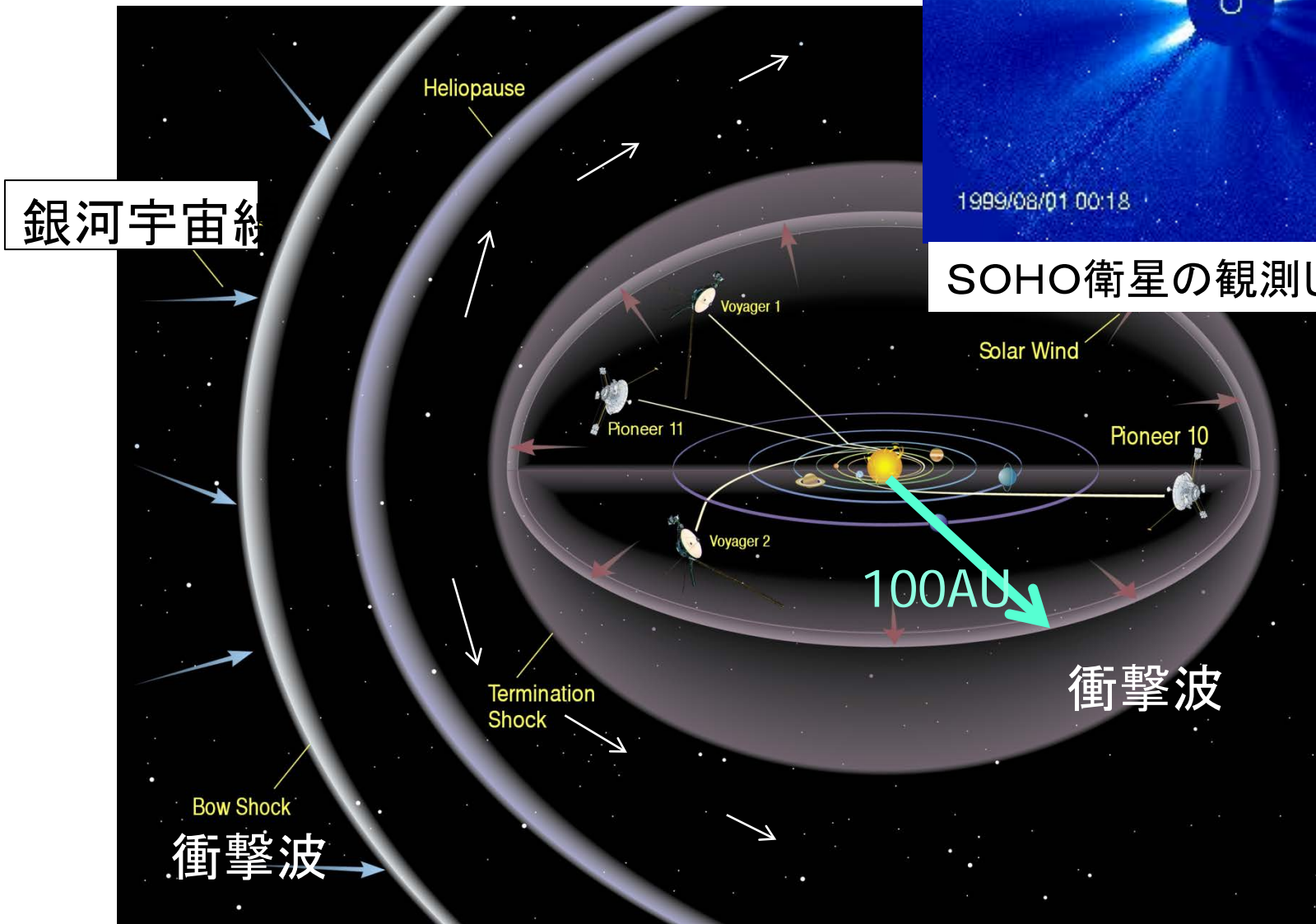




# 太陽風と太陽圏



SOHO衛星の観測した太陽風



# オーロラ

---



家田章正さん撮影

# 大気から宇宙へ

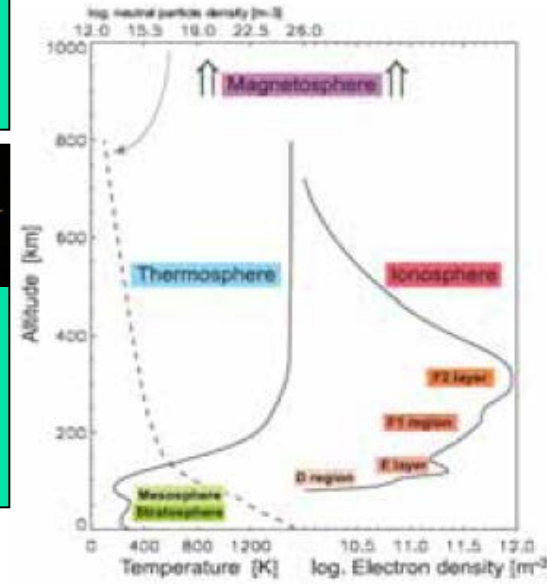
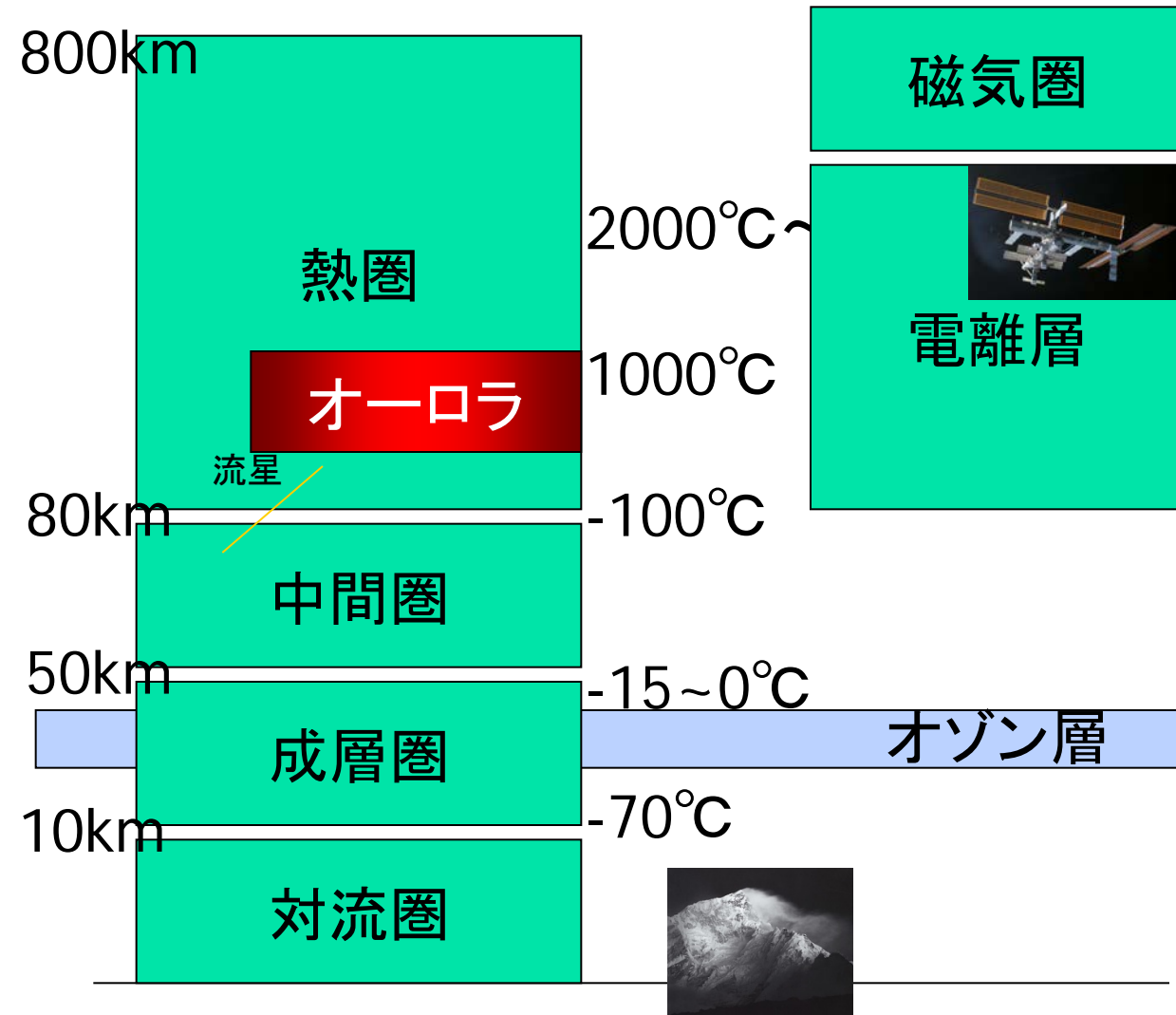


図 2：地球大気と電離圏における温度(左の実線)、大気密度(破線)、電子密度(右の実線)の高度変化

元場哲郎(名大)

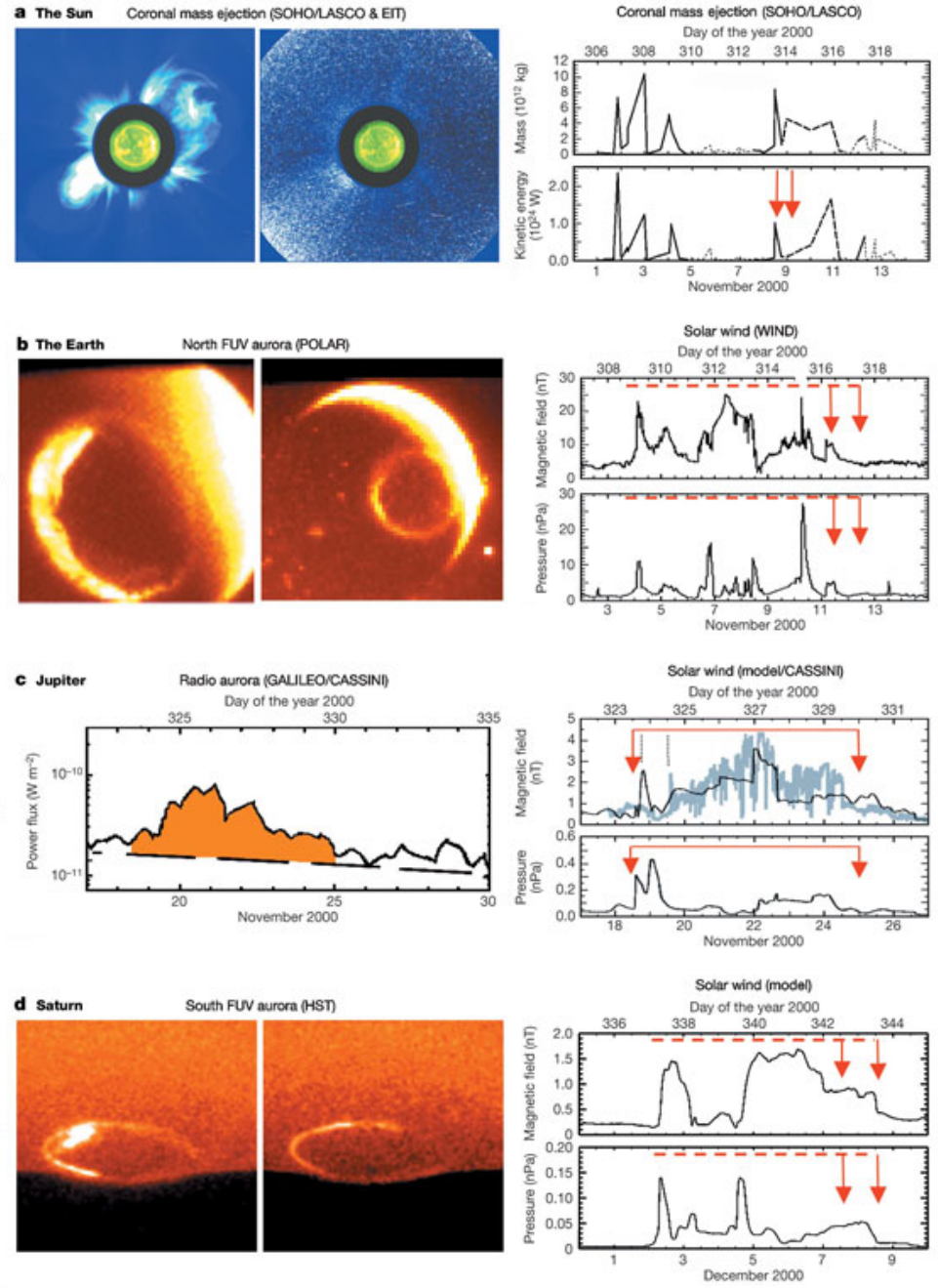
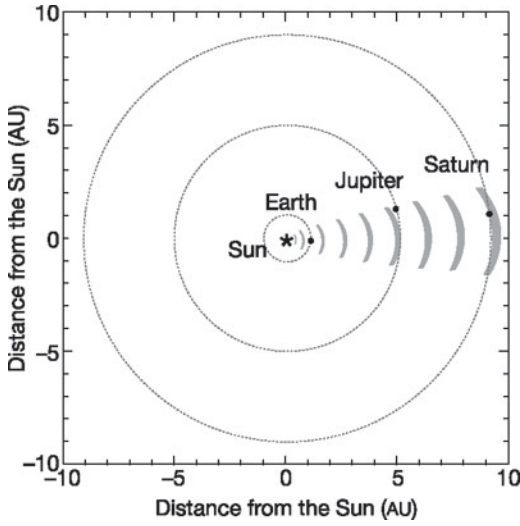


# 惑星間空間衝擊波

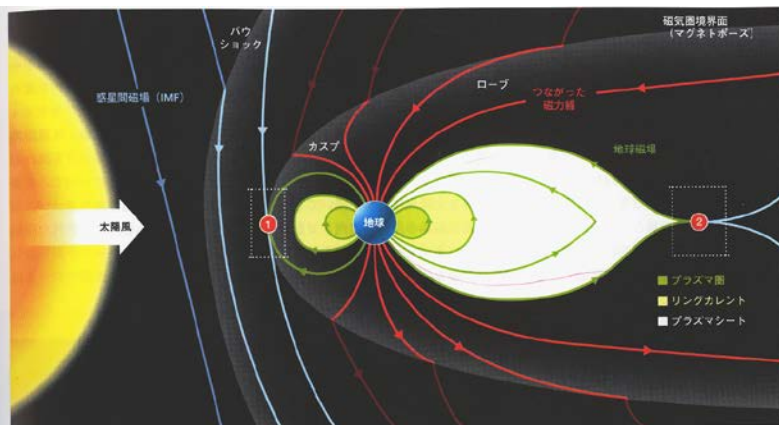
*Nature* **432**, 78-81 (4 November 2004) | doi: 10.1038/nature02986

## An interplanetary shock traced by planetary auroral storms from the Sun to Saturn

Renée Prangé<sup>1</sup>, Laurent Pallier<sup>1</sup>, Kenneth C. Hansen<sup>2</sup>, Russ Howard<sup>3</sup>, Angelos Vourlidas<sup>3</sup>, Régis Courtin<sup>1</sup> and Chris Parkinson<sup>4</sup>



# オーロラ



**磁気圏の擾乱** 太陽風に運ばれてきた惑星間磁場 (IMF) が南向きになると磁気圏の擾乱 (じょうらん) が起こる。磁気リコネクション (観測ノート3) と呼ぶ過程で、惑星間磁場の磁力線は地球の昼側で北向きの地球磁場

とつながる (1)。太陽風のエネルギーと粒子は磁気圏に侵入し、南極ローブを拡大しプラズマシートを薄くする。その時、地球磁場の磁力線はそれ自体の間でリコネクションを起こし (2)、イオンと電子を地球方向に加速する。

**Saturn Aurora** HST • STIS  
PRC98-05 • ST Sci OPO • January 7, 1998 • J. Trauger (JPL) and NASA

# Ultraviolet Aurora August 17, 2001

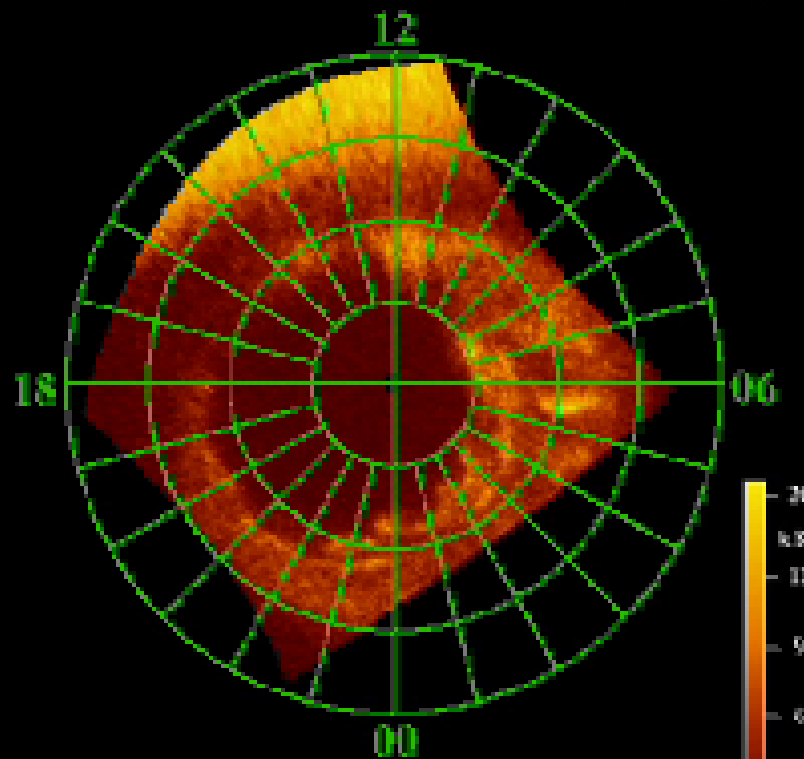
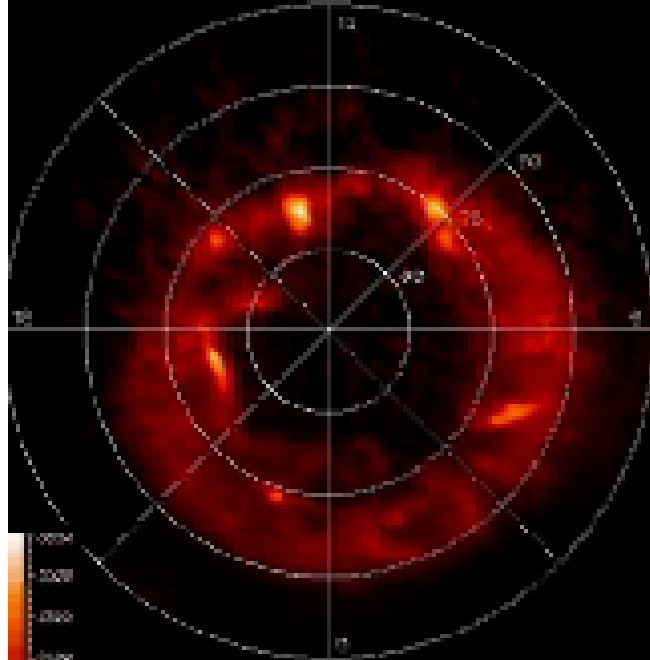
Animation by Rice Space Institute, courtesy IMAGE mission

Northern Hemisphere (IMAGE)

Southern Hemisphere (Polar)

1713:27 UT

WIC 2001-08/17 17:14:15 UT



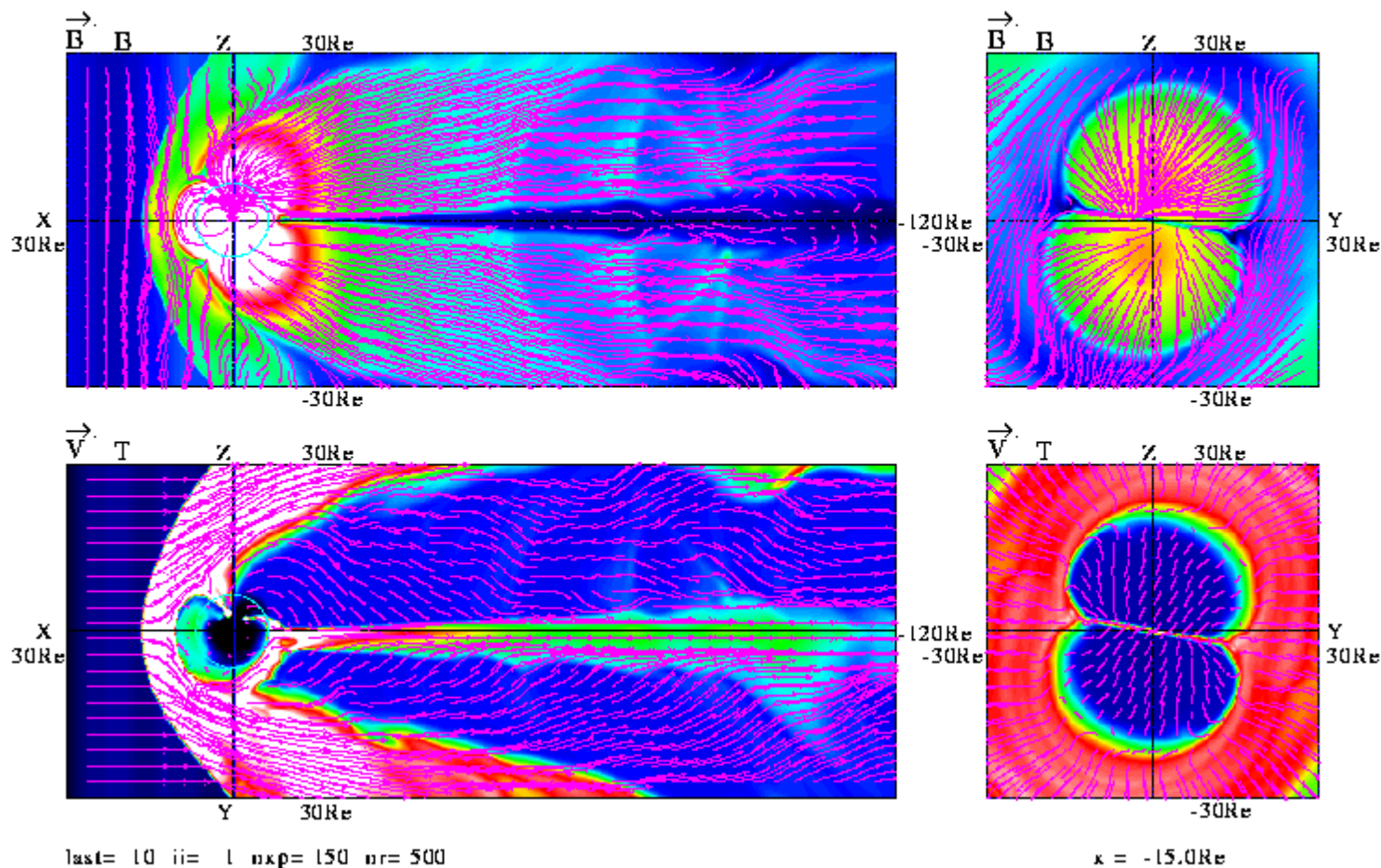
FUV Instrument, IMAGE  
SSL, UC Berkeley

VIS Earth Camera, Polar  
University of Iowa

130.4 nm

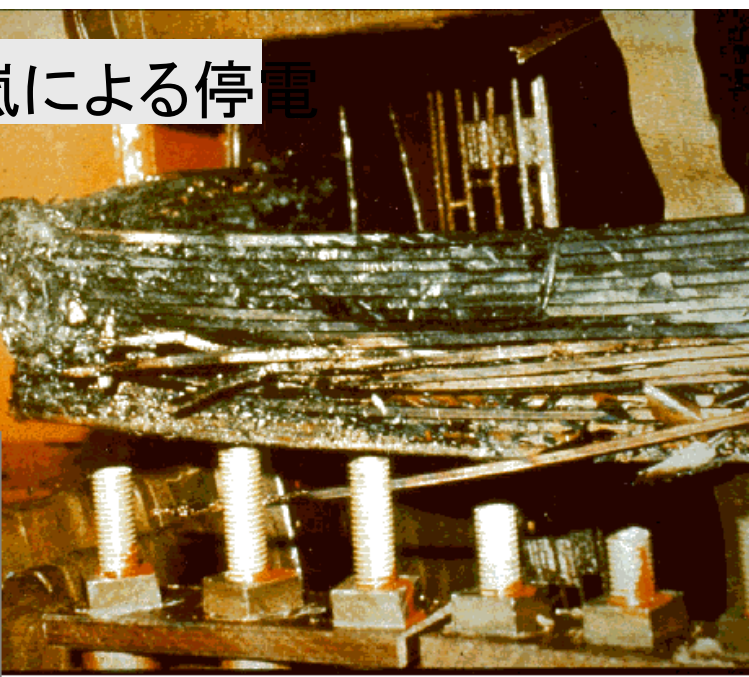
# 地球磁気圏のシミュレーション

## 太陽風で乱される地球磁場





# 磁気嵐による停電



Geomagnetic Storm Induced Transformer Damage  
1989/03/13 カナダのケベックで送電施設の障害による停電(9時間600万人に影響)



オーロラ

# フレアによる衛星障害



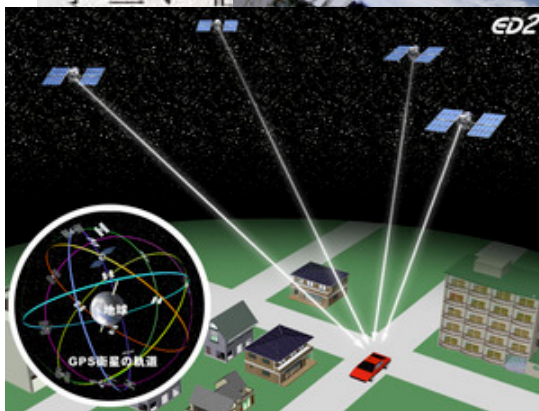
「あすか」結局落下へ  
太陽活動の影響で昨年夏から観測不能になっていた文部科学省宇宙科学研究所(宇宙研)のX線天文衛星「あすか」が回復せず、二月末から三月初めの間に落下することになった。次世代の衛星を積んだM5ロケットの

# 宇宙飛行士の被曝



読者新報の、1989年3月の大規模フレア発生観測衛星など不調太陽表面の爆発(フレア)との関連が疑われる人工衛星の不具合が各地で発生し

社の通信止してい  
日午前三  
させる予



ている。情報通信研究機構によると十七日午後六時五十二分、大規模フレアが発生。米国の気象衛星ゴースト12号や科学衛星エースの一部の観測機器が使用できない状態になった。

# GPS通信障害

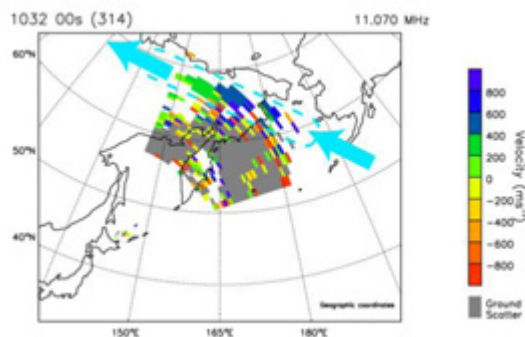
23



# デリンジャー現象



陸別短波レーダーアンテナ

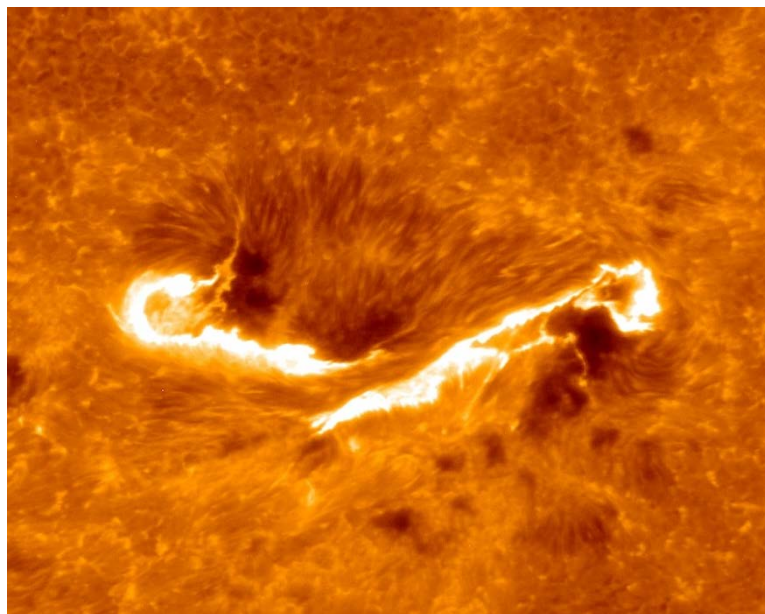


## SUPERDARN PARAMETER PLOT

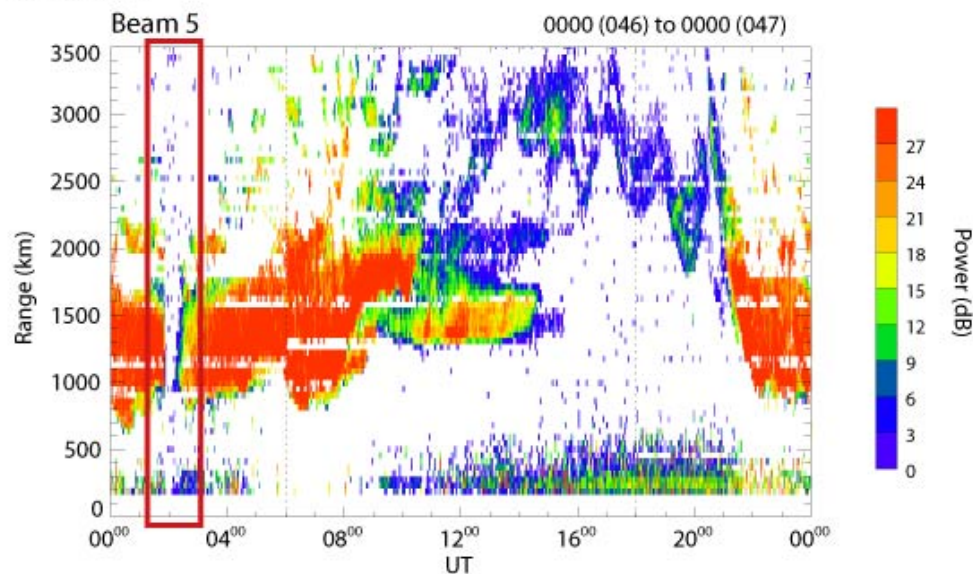
Hokkaido: pwr\_1

15 Feb 2011 (46)

fast normal (sw) scan mode (151)



2011年2月15日 午前10時44分(日本時間)にひのが観測した巨大フレア。



2011年2月15日に北海道-陸別短波レーダーが観測した電離層からのエコー分布。赤い四角内でエコーが一時的に消失している結果は、フレア爆発によるデリンジャー現象に対応する。

2011/8/25

# 過去のフレアについて推定される線量の最大値

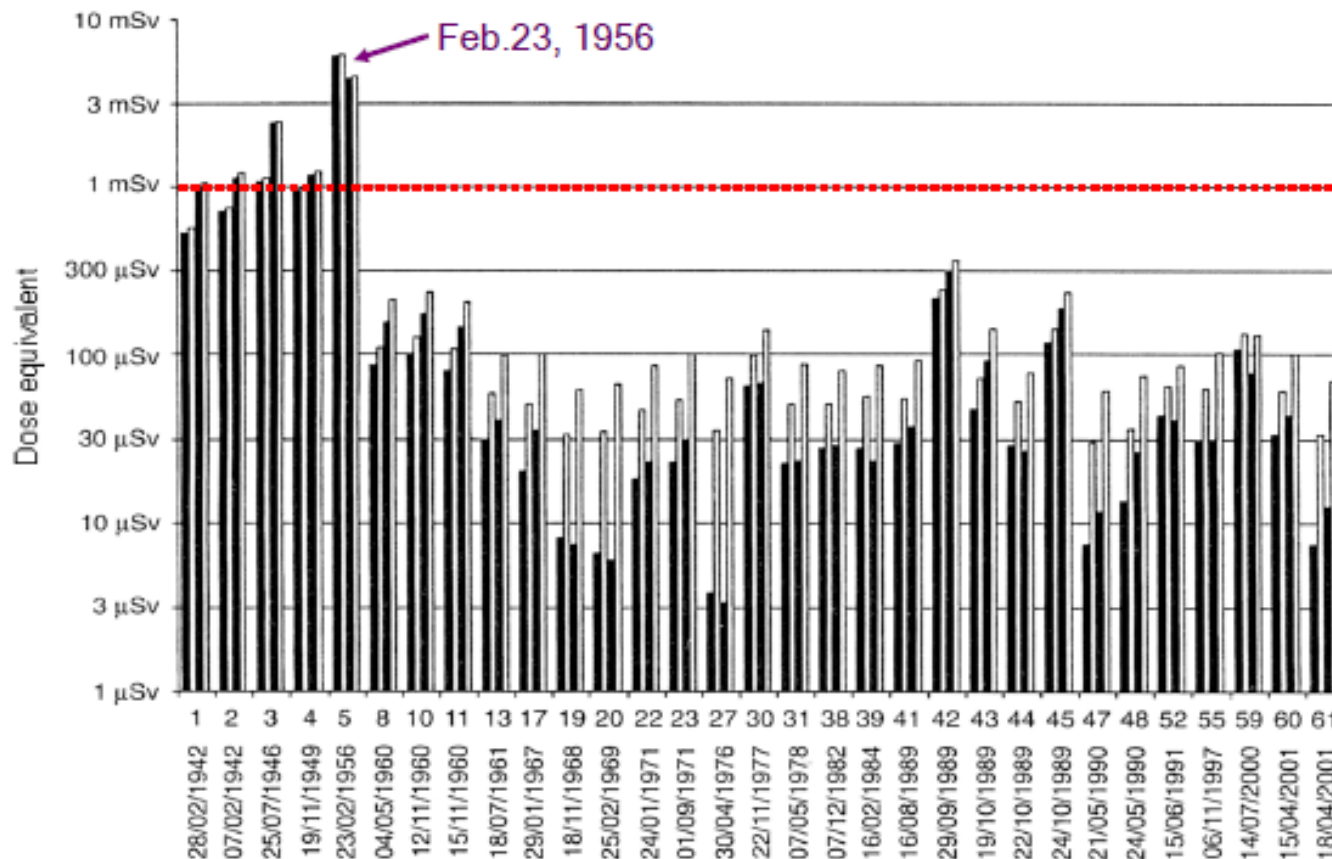
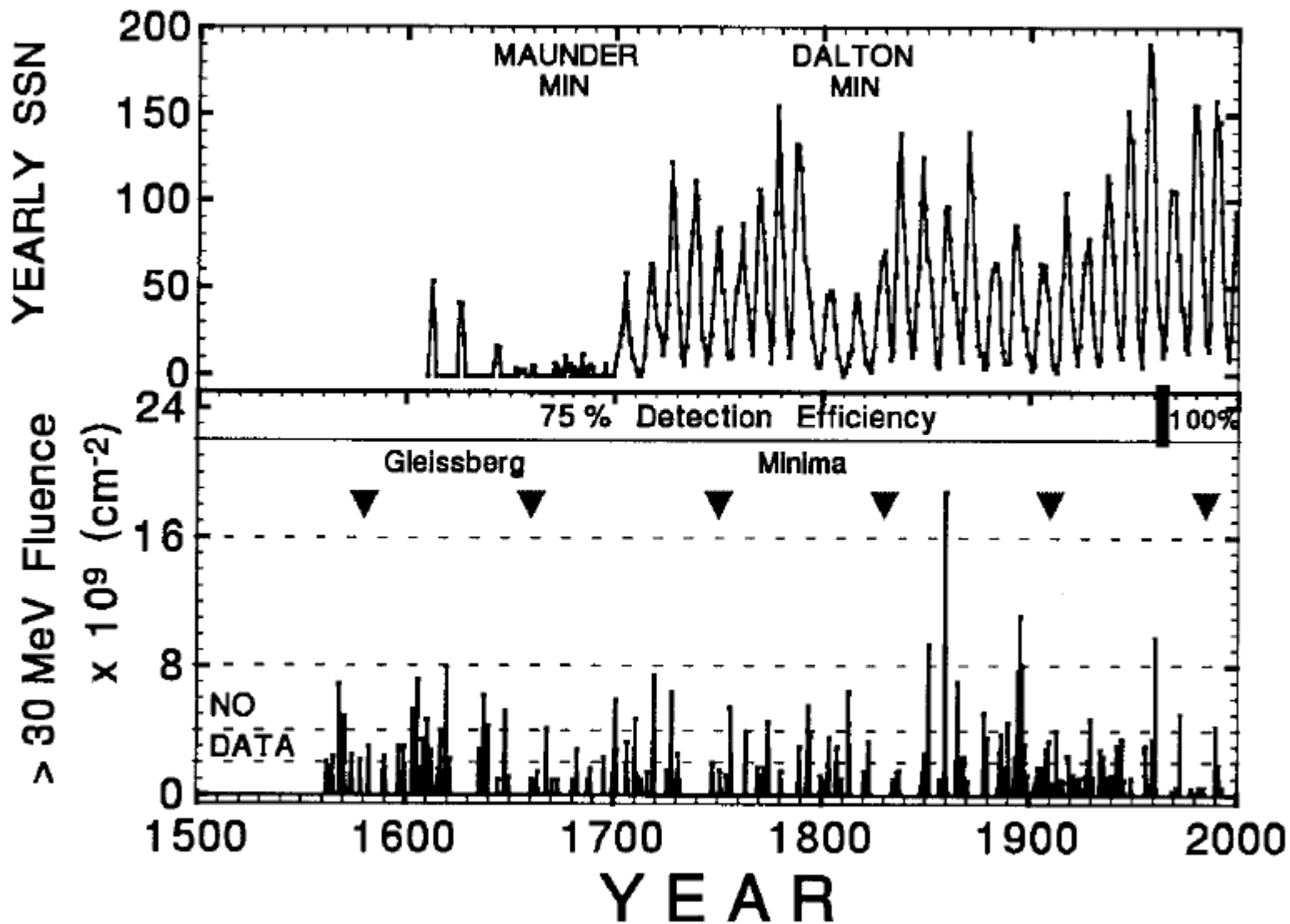


図7. 過去に地上での中性子の増加(Ground Level Event: GLE)が比較的大きく観測された太陽フレアについて、SiGLEモデルを用いてworst caseで計算された周辺線量当量の最大値。黒いバーは太陽フレア粒子の寄与、白いバーは総線量を示し、左のペアはパリ～ニューヨーク間のコンコルドでの飛行(巡航高度17km、飛行時間3.5h)、右のペアはパリ～サンフランシスコ間のエアバスA340での飛行(巡航高度11km、飛行時間11.5h)での線量を示す(Lantos and Fuller, 2003)。なお、1956年2月23日のフレアは1942年以降5番目に観測されたGLE事象に当たる。

# 過去400年の太陽フレア

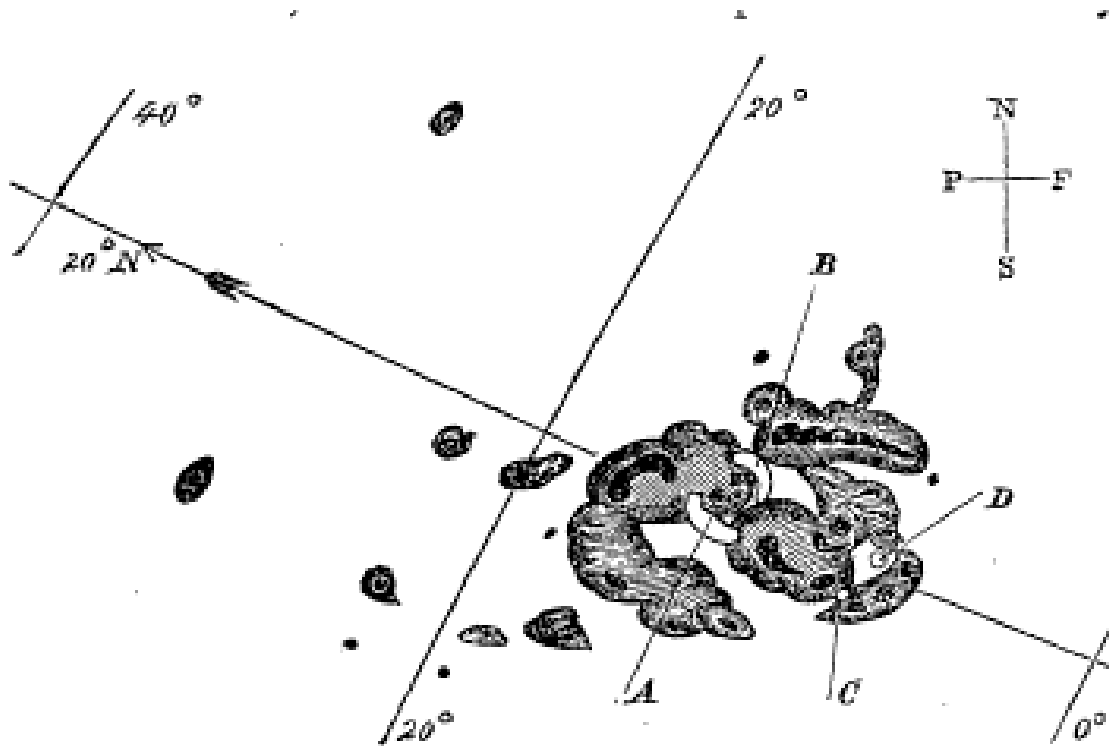
McCracken et al. 2001



# キャリントン・イベント(1859年9月1日)

## ■ Richard C. Carrington

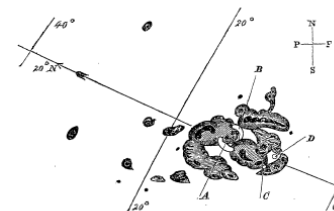
### ■ 太陽フレアの発見



first impression was that by some chance a ray of light had penetrated a hole in the screen attached to the object-glass, by

*Description of a Singular Appearance seen in the Sun on September 1, 1859. By R. C. Carrington, Esq.*

While engaged in the forenoon of Thursday, Sept. 1, in taking my customary observation of the forms and positions of the solar spots, an appearance was witnessed which I believe to be exceedingly rare. The image of the sun's disk was, as usual with me, projected on to a plate of glass coated with distemper of a pale straw colour, and at a distance and under a power which presented a picture of about 11 inches diameter. I had secured diagrams of all the groups and detached spots, and was engaged at the time in counting from a chronometer and recording the contacts of the spots with the cross-wires used in the observation, when within the area of the great north group (the size of which had previously excited general remark), two patches of intensely bright and white light broke out, in the positions indicated in the appended diagram by the letters A and B, and of the forms of the spaces left white. My



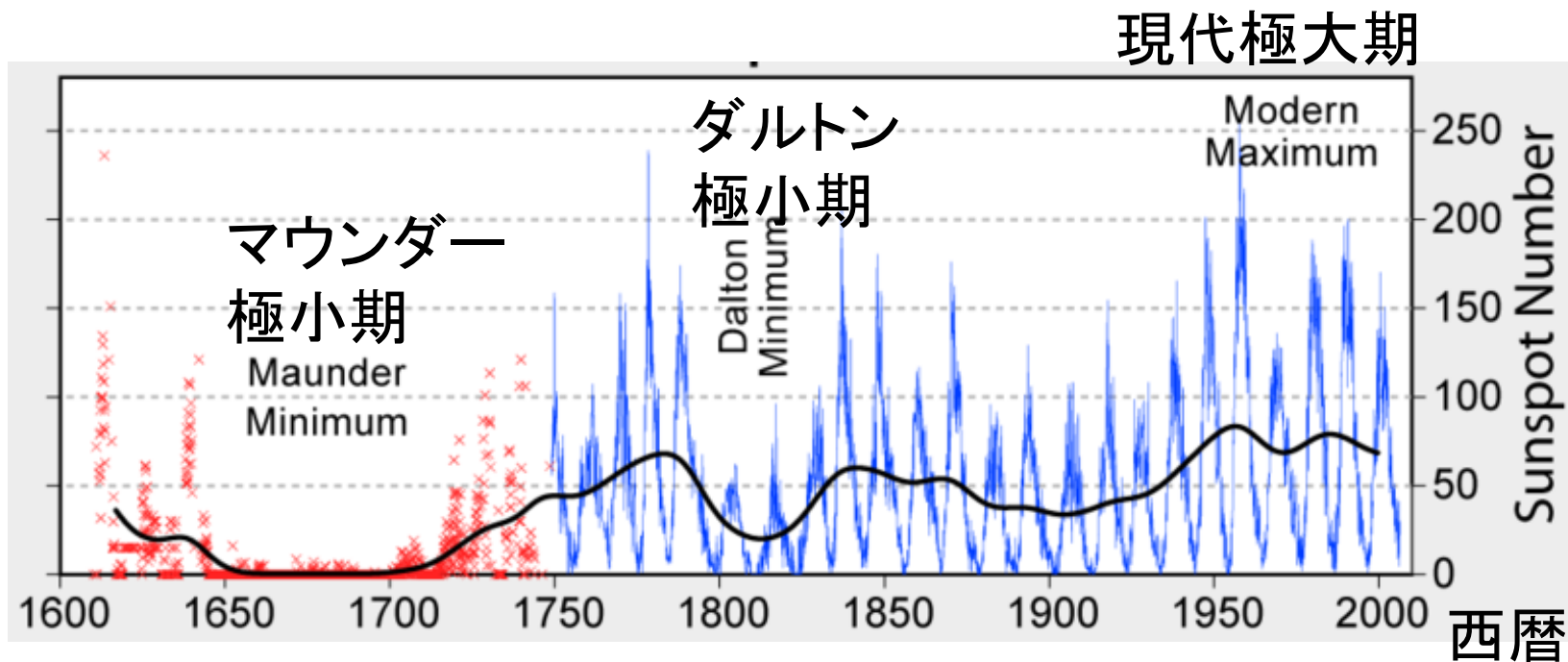
first impression was that by some chance a ray of light had penetrated a hole in the screen attached to the object-glass, by

which the general image is thrown into shade, for the brilliancy was fully equal to that of direct sun-light; but, by at once interrupting the current observation, and causing the image to move by turning the R.A. handle, I saw I was an unprepared witness of a very different affair. I thereupon noted down the time by the chronometer, and seeing the outburst to be very rapidly on the increase, and being somewhat flurried by the surprise, I hastily ran to call some one to witness the exhibition with me, and on returning within 60 seconds, was mortified to find that it was already much changed and enfeebled. Very shortly afterwards the last trace was gone, and although I maintained a strict watch for nearly an hour, no recurrence took place. The last traces were at C and D, the patches having travelled considerably from their first position and vanishing as two rapidly fading dots of white light. The instant of the first outburst was not 15 seconds different from 11<sup>h</sup> 18<sup>m</sup> Greenwich mean time, and 11<sup>h</sup> 23<sup>m</sup> was taken for the time of disappearance. In this lapse of 5 minutes, the two patches of light traversed a space of about 35,000 miles, as may be seen by the diagram, which is given exactly on a scale of 12 inches to the sun's diameter. On this scale the section of the earth will be very nearly equal in area to that of the detached spot situated most to the north in the diagram, and the section of *Jupiter* would about cover the area of the larger group, without including the outlying portions. It was impossible, on first witnessing an appearance so similar to a sudden conflagration, not to expect a considerable result in the way of alteration of the details of the group in which it occurred; and I was certainly surprised, on referring to the sketch which I had carefully and satisfactorily (and I may add fortunately) finished before the occurrence, at finding myself unable to recognise any change whatever as having taken place. The impression left upon me is, that the phenomenon took place at an elevation considerably above the general surface of the sun, and, accordingly, altogether above and over the great group in which it was seen projected. Both in figure and position the patches of light seemed entirely independent of the configuration of the great spot, and of its parts, whether nucleus or umbra. The customary observation was largely resumed, and the diagram engraved, as well as the larger drawing exhibited at the Meeting on Nov. 11, was deduced from an exact reduction of the recorded times.

It has been very gratifying to me to learn that our friend Mr. Hodgson chanced to be observing the sun at his house at Highgate on the same day, and to hear that he was a witness of what he also considered a very remarkable phenomenon. I have carefully avoided exchanging any information with that gentleman, that any value which the accounts may possess may be increased by their entire independence.



# 太陽黒点の長期変動と“小氷期”



小氷期: 16世紀から18世紀の比較的寒冷であった時代



アントニオ・ストラディバリ(1644~1737)

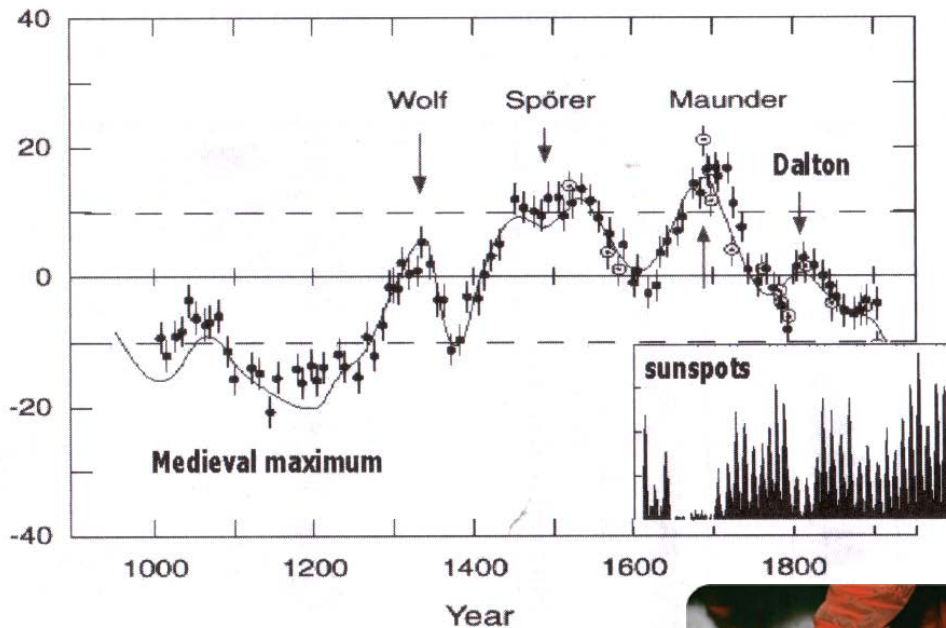


# 過去の太陽を探る“望遠鏡”

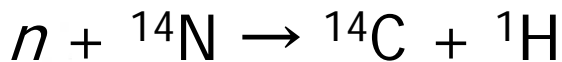
宇宙線大  
太陽活動小

宇宙線小  
太陽活動大

Carbon-14 deviation (x 10<sup>-3</sup>)



宇宙線



窒素



炭素同位体

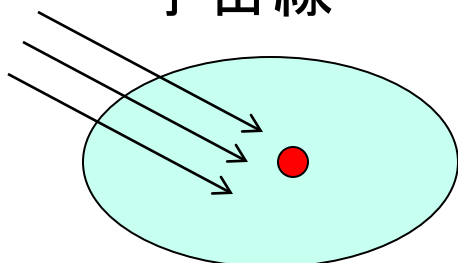


縄文杉

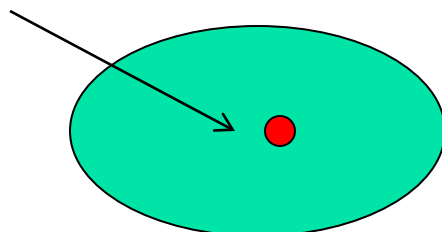


Figure 6. Variation of the <sup>14</sup>C production rate in the terrestrial atmosphere as a proxy for solar activity. Due to the long residence time of <sup>14</sup>C of 30–40 years, the 11-year cycle of solar activity, the Dalton minima, as well as earlier grand minima, clearly appear as maxima in the <sup>14</sup>C production rate.

宇宙線



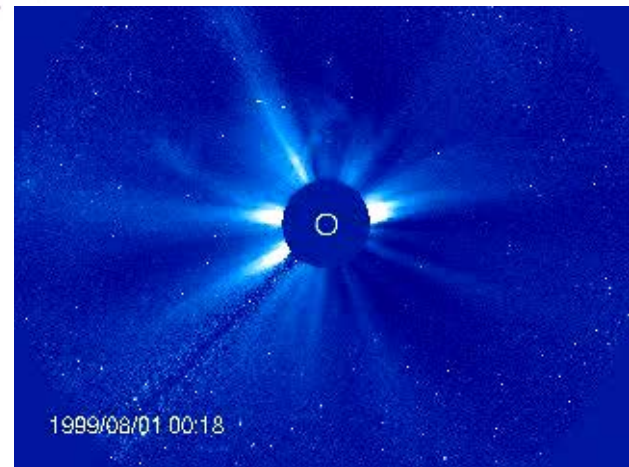
黒点極小



黒点極大

太陽風

太陽圏  
磁場



# 過去の太陽活動と気候変動

## 北半球平均気温

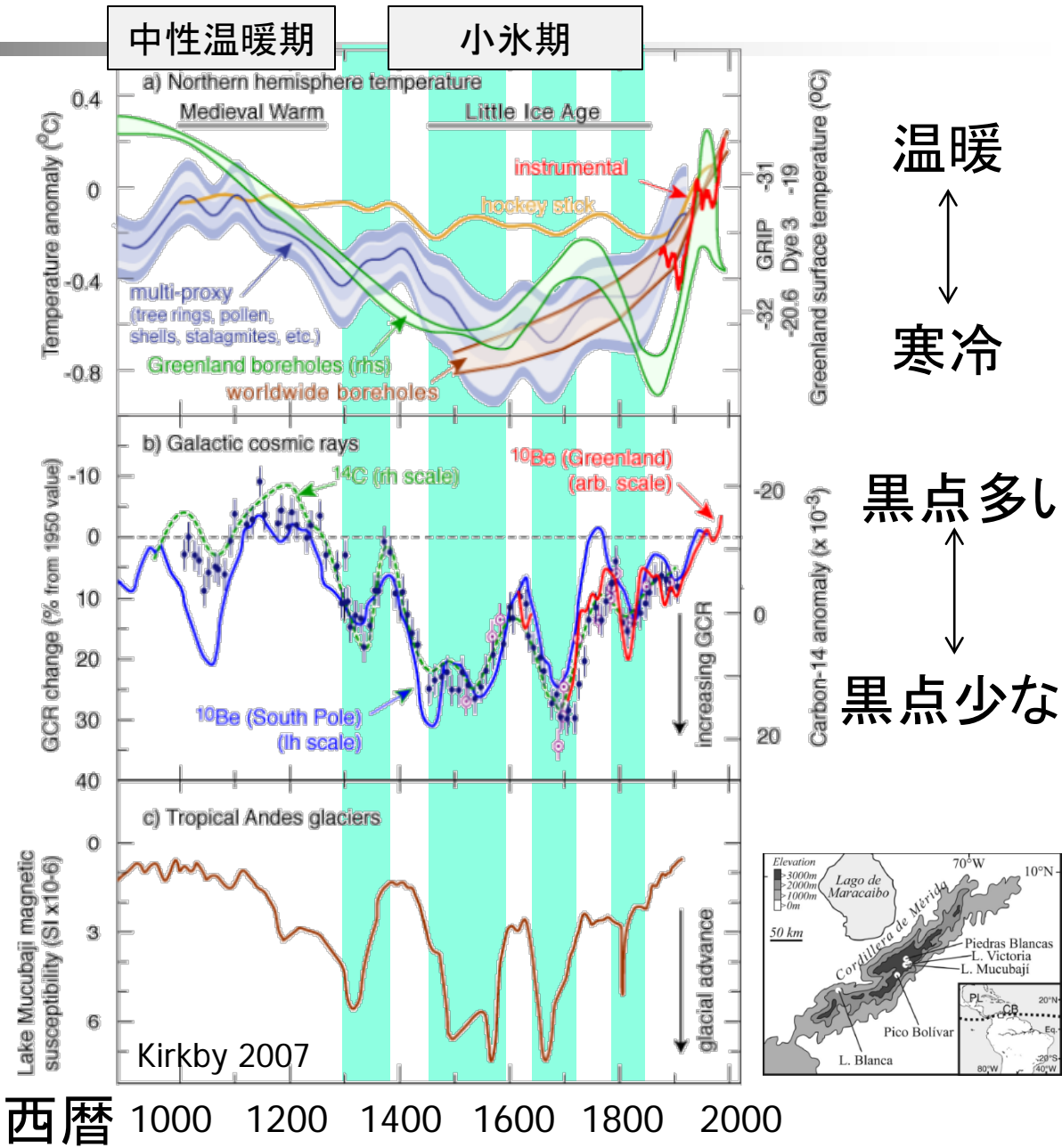
Mann et al. 1998, 1999  
 Moberg et al. 2005  
 Pollack & Smerdon 2004  
 Dahl-Jensen et al. 1998

## 宇宙線生成核種 $\Delta^{14}\text{C}$ (太陽活動指標)

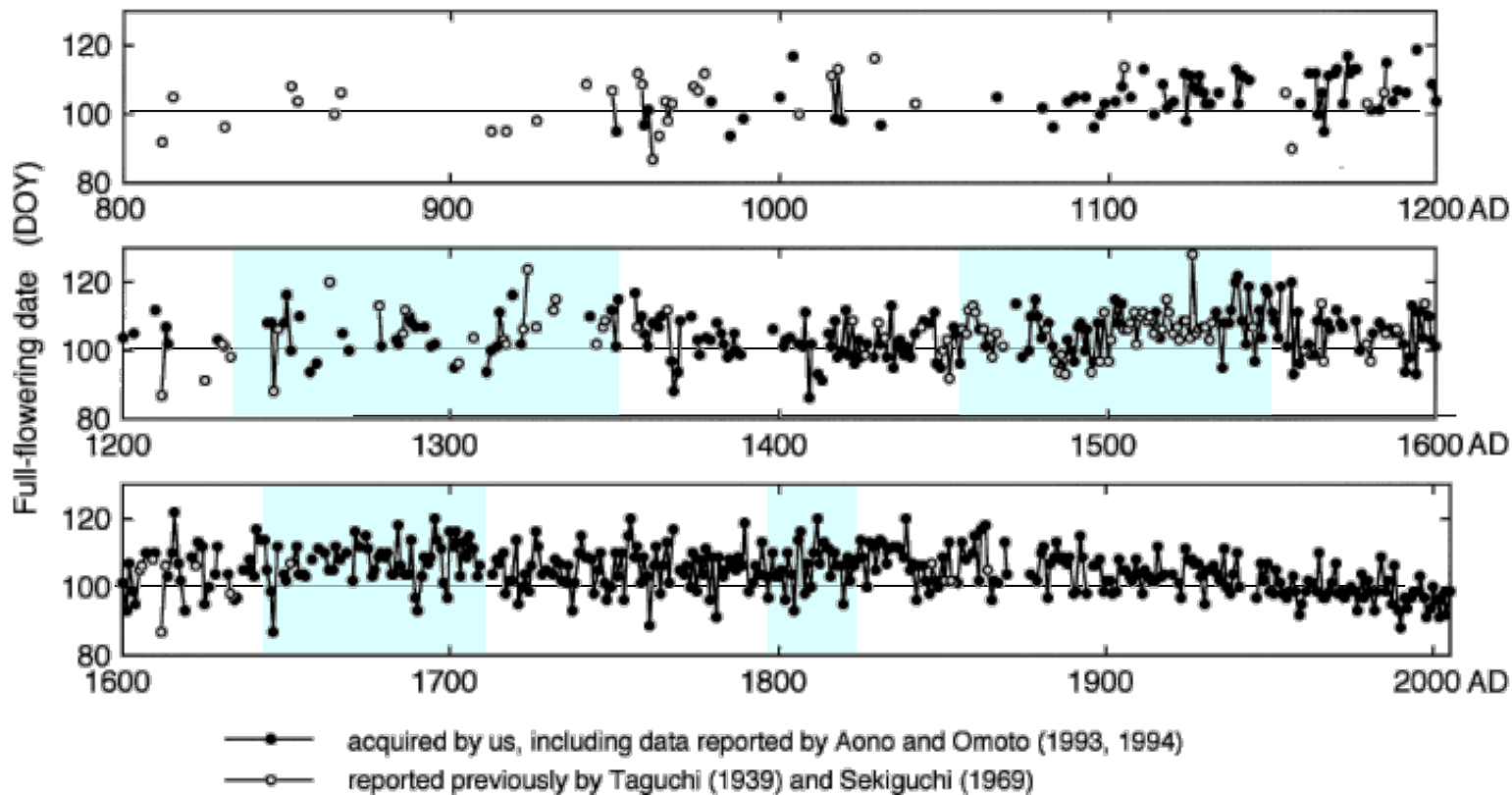
Stuiver and Quay 1980  
 Klein et al. 1980  
 Raisbeck et al. 1990  
 Usoskin et al. 2002

## 熱帯アンデス氷河

Polissar et al. 2006



# 京都の桜の開花日



Aono & Kazui  
2008  
31

# 地球気候に対する太陽影響の過程

太陽ダイナモ

黒点・磁場活動

放射強度 (TSI)  
放射スペクトル (SSI)

太陽風  
太陽圏磁場

太陽面爆発  
(フレア・CME)

高エネルギー粒子

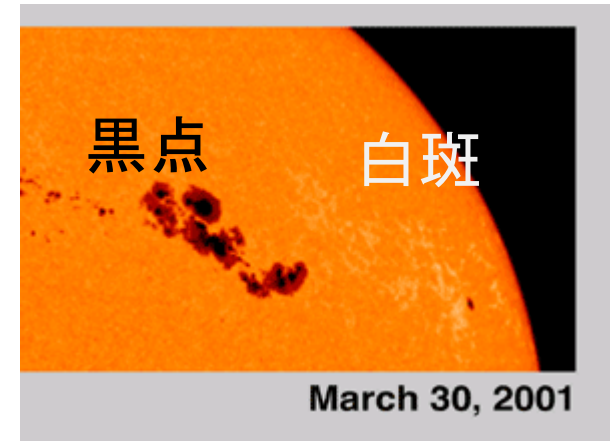
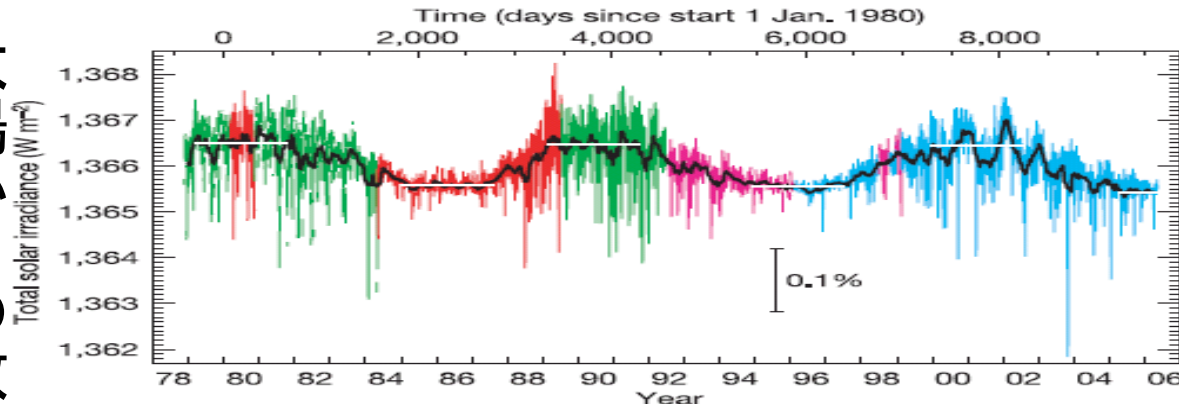
銀河宇宙線  
太陽変調

それぞれの過程がどのように地球気候に影響しているのかはまだ良く分かっていない。

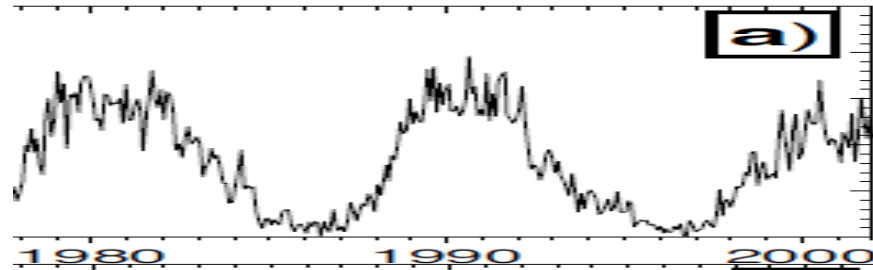


# 黒点活動に伴う放射と宇宙線変動

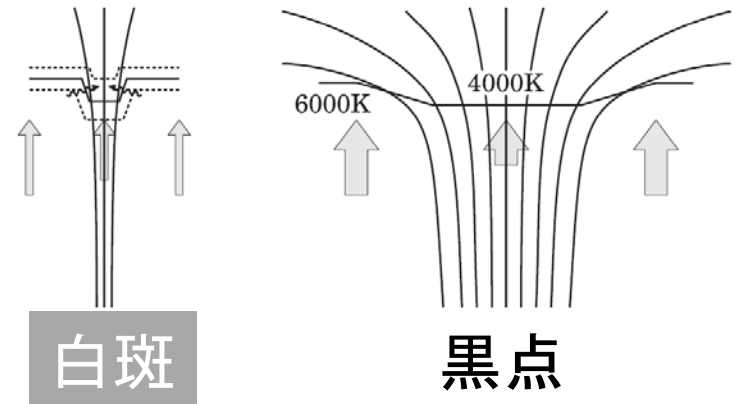
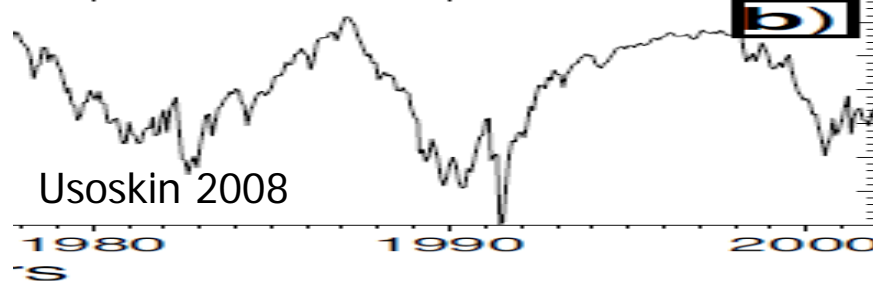
太陽からの放射



sunspot  
黒点



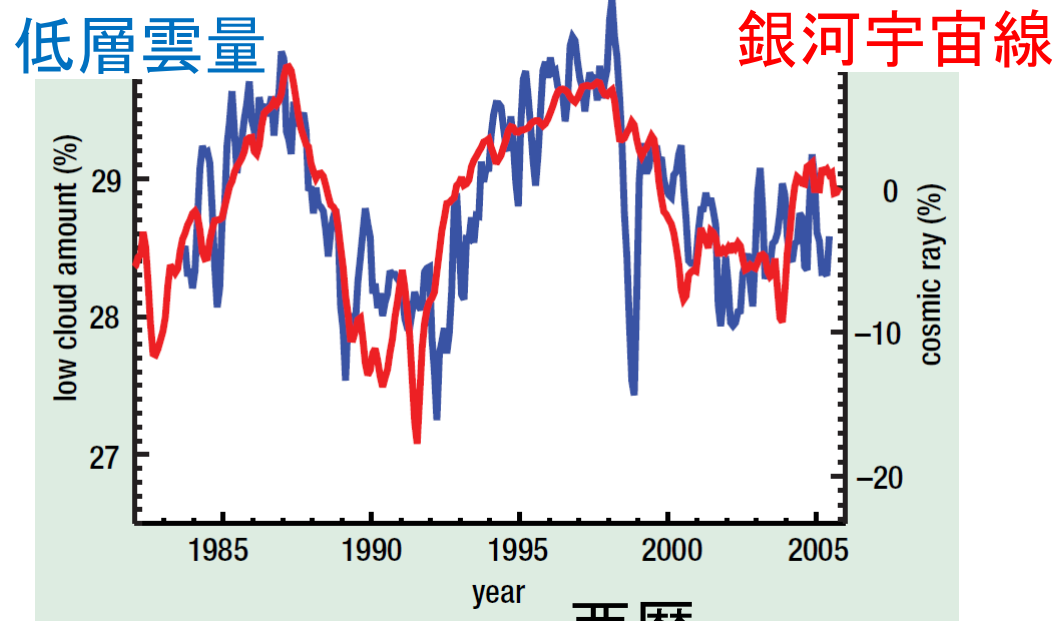
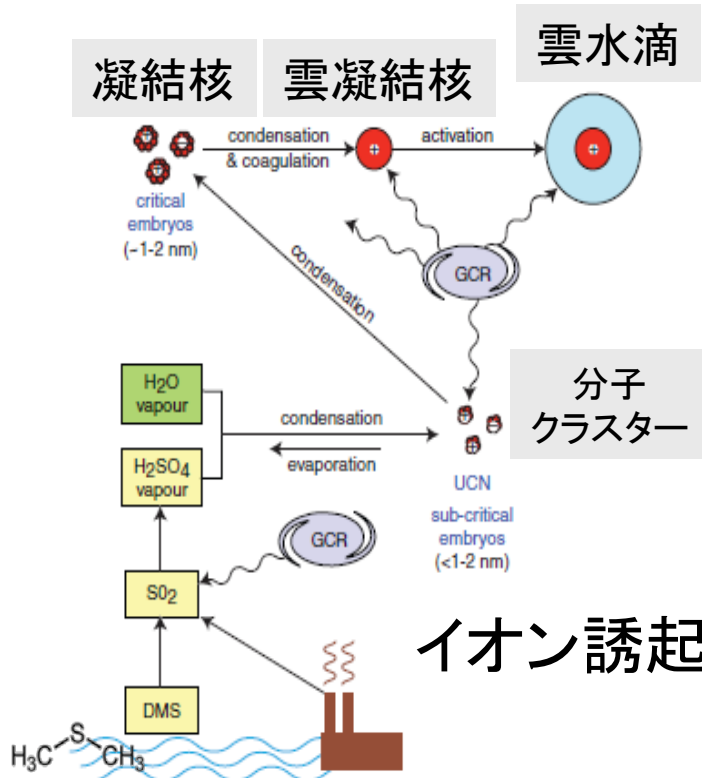
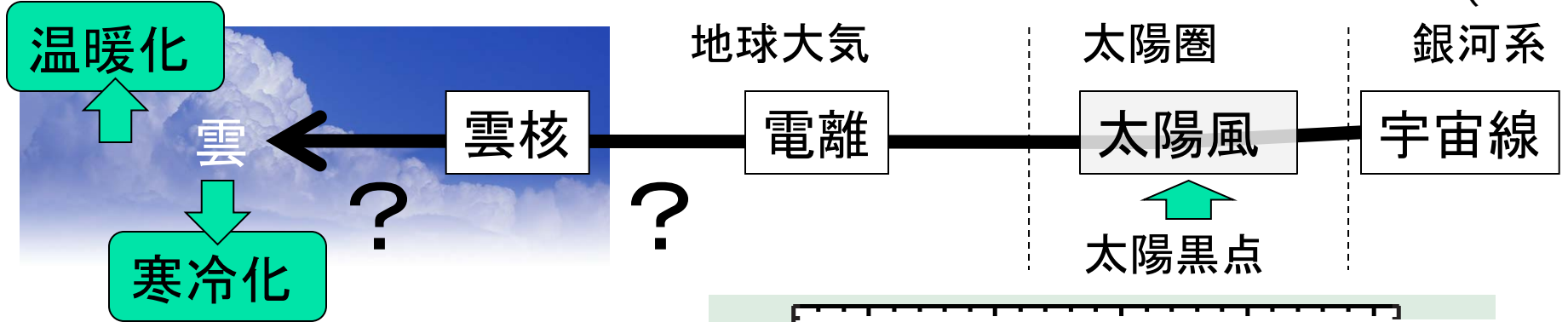
GCR  
銀河  
宇宙線



白斑と黒点の違い

# 太陽活動による気候変動の可能性

Dickinson (1975)



イオン誘起核生成

西暦  
 Svensmark 2008  
 Svensmark, Friis-Christensen 1997  
 Marsch, Svensmark 2000

# 名古屋大学太陽地球環境研究所

Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University



[アクセス・キャンパス情報](#) [所内向け](#) [サイトマップ](#) [本サイトについて](#)

■ [太陽地球環境研究所について](#)

■ [研究](#)

■ [共同利用・共同研究](#)

■ [大学院入試・教育](#)

■ [専門の方へ](#)

■ [画像・動画](#)

■ [データベース](#)

■ [定期刊行物ほか](#)

■ [ニュース一覧](#)

■ [リンク](#)



名古屋大学



## 最新の話題

[過去の最新の話題を見る](#)



### [脈動オーロラの駆動源を解明](#) [2010-10-30]

名古屋大学太陽地球環境研究所、総合解析部門の西村幸敏日本学術振興会特別研究員は、米国カリフォルニア大学(UCLA)との共同で脈動オーロラ駆動源の研究を地上・衛星同時観測を用いて行いました。

[この研究内容を見る](#)



### [ノルウェー・トロムソで新ナトリウムライダーの観測を開始](#) [2010-10-29]

ノルウェー・トロムソのEISCAT観測所の敷地内に設置した、新ナトリウムライダーの観測が2010年9月29日から開始されました。

[この研究内容を見る](#)



### [インドネシア・スマトラ島で超高層大気の観測を開始](#) [2010-10-28]

2010年6月、赤道直下に位置するインドネシア・スマトラ島コトタパンの京都大学赤道大気レーダー・サイトにファブリ・ペロー干渉計(FPI)を設置し、超高層大気の風速及

## カメラ 今月の1枚

### [オーロラ、フォートスミスにて](#)



カナダのフォートスミスで撮影したオーロラです。町外れの街灯のない公園で撮影しました。

[先月までの写真](#)



# 太陽と地球気候は 関係あるの？

はやのん 作



これまでは  
太陽-地球気候という  
長期変動を  
お話ししましたが  
もっと短期的にみると

太陽の爆発によって生じる  
高エネルギー粒子で  
人工衛星の機器  
宇宙飛行士  
極地方を飛行する  
航空機の乗客の健康に  
害が出る場合があります



大気の高いところや  
宇宙空間では  
太陽の影響を  
地上より強く  
受けることとなります

太陽活動によって  
大気密度が変わると  
低高度の地球周回軌道をもつ  
人工衛星の軌道が  
変わってしまうことも！



太陽活動によって  
電離圏の電子密度が変わり  
無線航行や通信が  
乱れることもあります



地上でも  
大変なことが  
起こります！

地磁気嵐によって  
誘導電流が起こり  
地上の送電線や  
パイプラインに電流が流れて  
電線が焼き切れたり  
停電を引き起こしたり  
することもあります



そういうことが  
起こらないように  
研究して  
対策をとるとい  
うことだな！

太陽-地球システムを  
理解することは  
私たちの生活舞台を  
理解すること！

だから  
これからも研究が  
必要なんですよ！

なるほど  
ね~

太陽と地球の  
大きなつながりを感じた  
もるちゃんとミルボでした

# 名古屋大学理学研究科の入試

- 自己推薦入試
  - 口述審査のみ
  - 説明会 6月中旬、出願×切 7月初、試験 7月中
- 一般入試
  - 筆記試験＋面接
  - 出願×切 8月初、試験 8月下旬
- 2次募集
  - 実施の有無は一般入試の後、決められる予定。
- 受験の際には事前に研究室へ連絡することが望ましい。