

JpGU 2014 U-08 (2014. 4.28-5.2, Yokohama)

# 宇宙災害と宇宙天気研究

名古屋大学太陽地球環境研究所

菊池 崇

地球電磁気・地球惑星圏学会



フレア  
Flare

CME

コロナホール  
Coronal hole

高エネルギー粒子線  
Energetic particles

地球到達時間  
Delay time

30 min ~ 2 days

フレア X線放射  
Flare X-rays

8 min

太陽風  
Solar wind

太陽風じょう乱  
Solar wind disturbance

2 ~ 3 days

衛星被曝  
Satellite exposure

宇宙飛行士被曝  
Astronaut exposure

衛星障害  
Satellite anomaly

通信障害  
Communications trouble

電離圏  
Ionosphere

地球

放射線帯変動  
Changes in radiation belt

電離圏じょう乱  
Ionospheric disturbance

衛星軌道変動  
Satellite orbit fluctuation

放射線帯  
Radiation belt

誘導電流  
Current induction

熱圏じょう乱  
Thermospheric disturbance

オーロラ活動  
Auroral activity

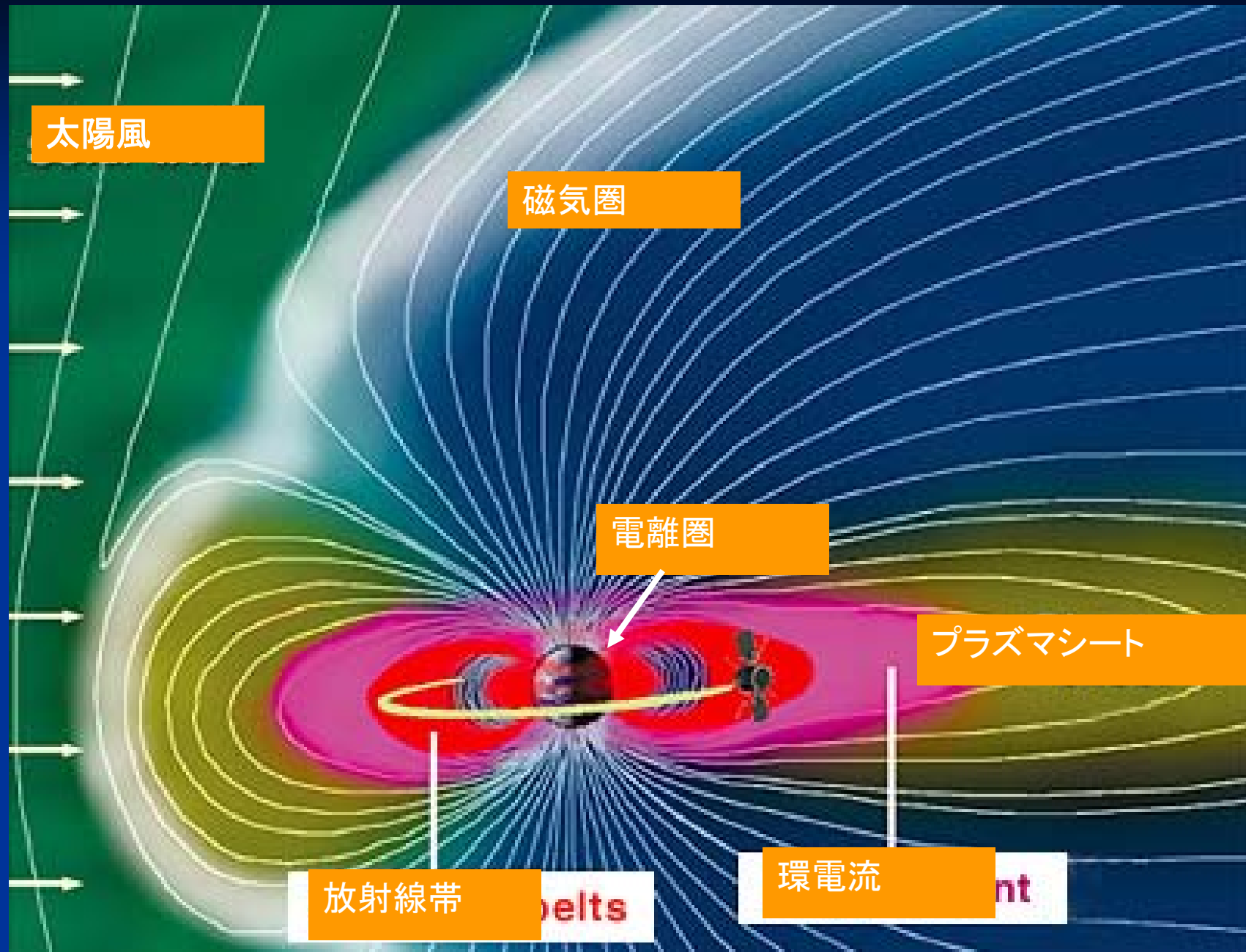
地磁気じょう乱  
Geomagnetic storms

磁気圏  
Magnetosphere

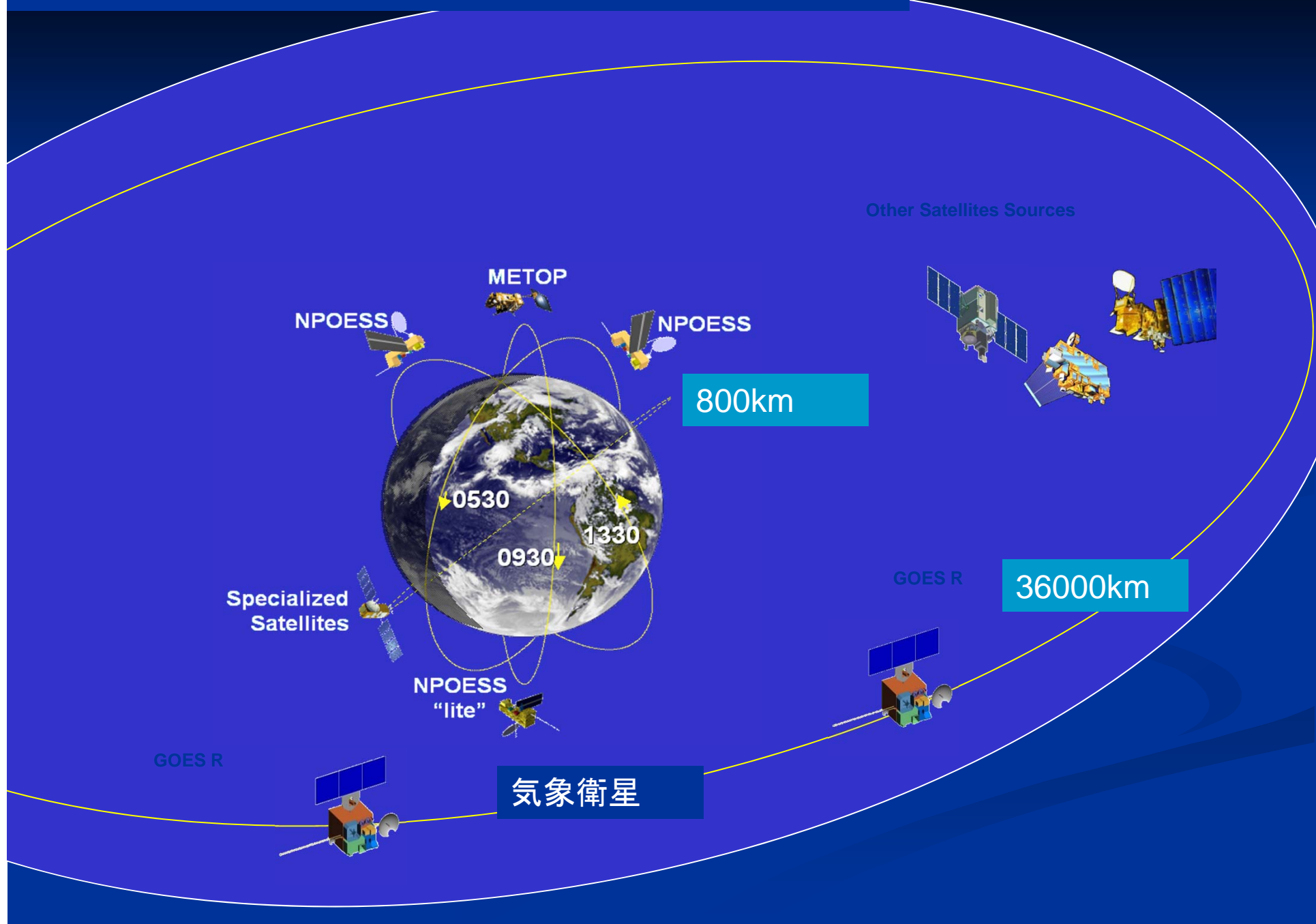
# Space weather: cause and effect 宇宙環境擾乱の発生と障害

NICTパンフより

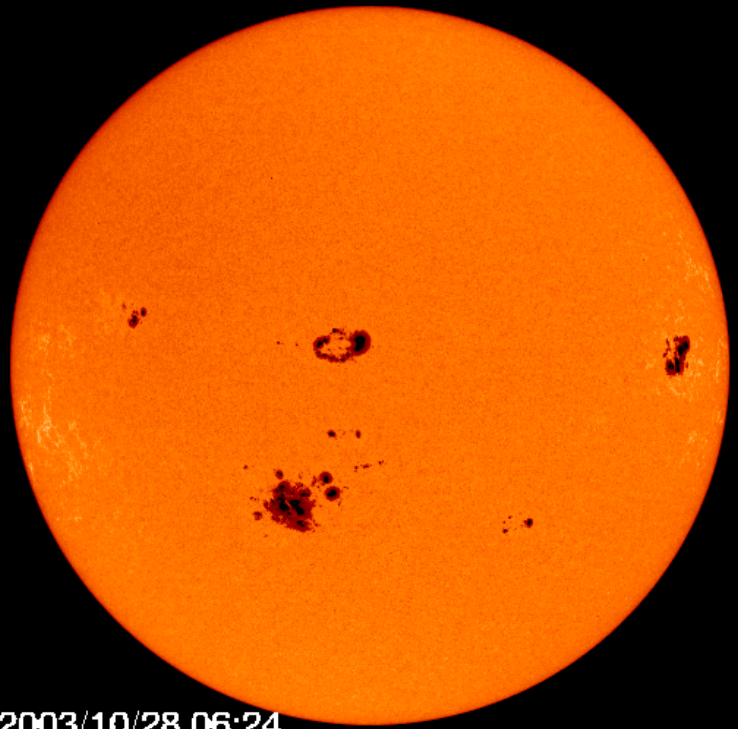
# 地球周辺の宇宙空間



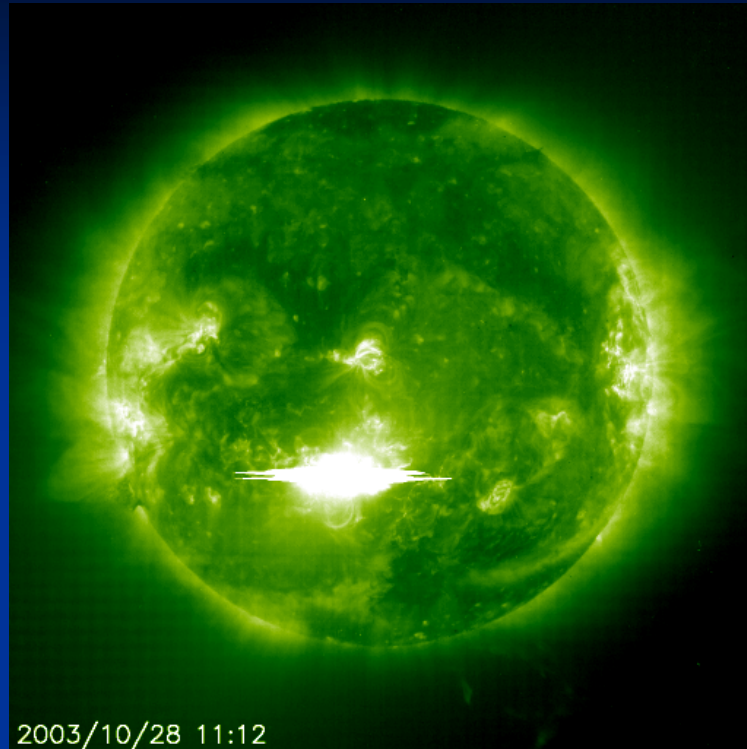
# 静止衛星と地球周回衛星



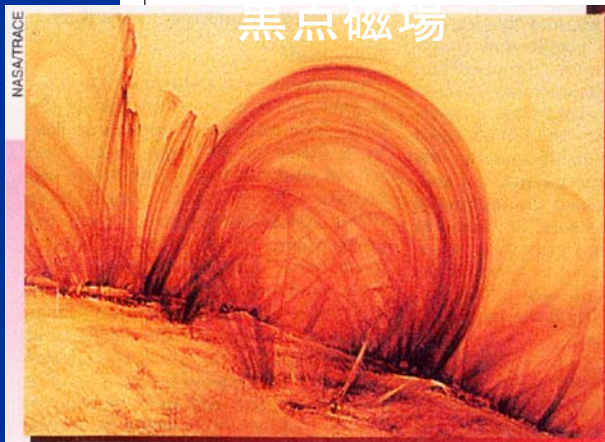
# 2003年10月28日大規模フレア (SOHO衛星)



2003/10/28 06:24

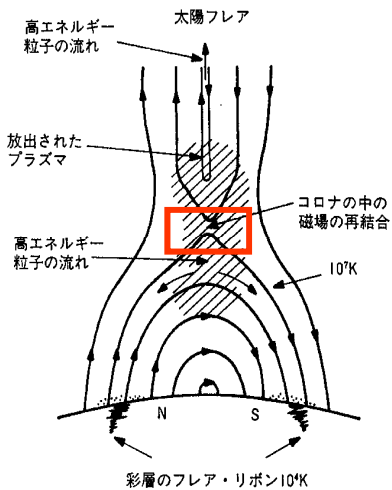


2003/10/28 11:12



太陽点磁場

26 January 2004 Physics Today



結合

太陽フレア

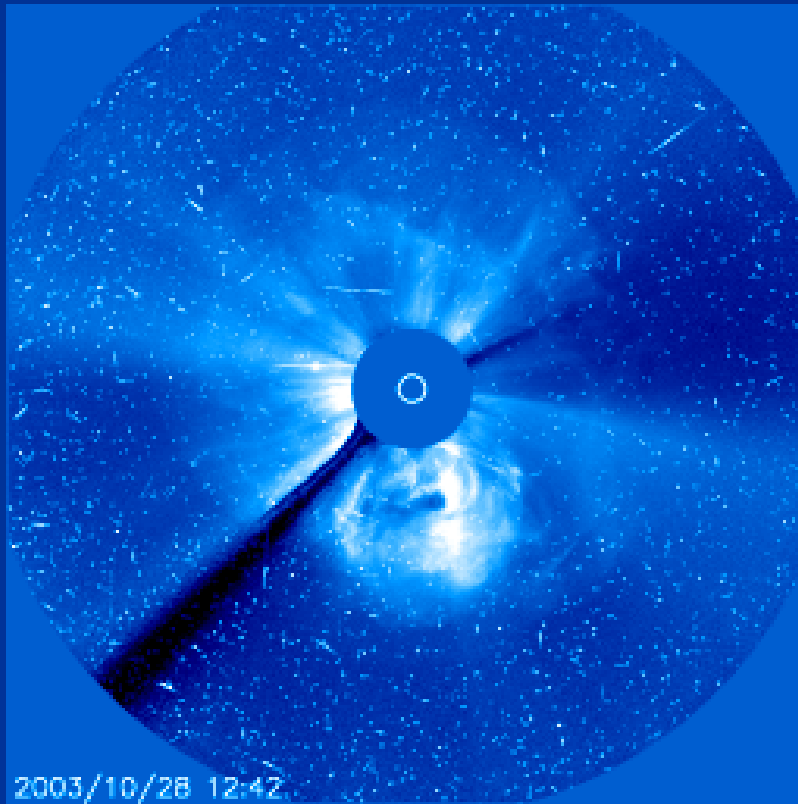
高エネルギー粒子

CME(コロナプラズマ放出)

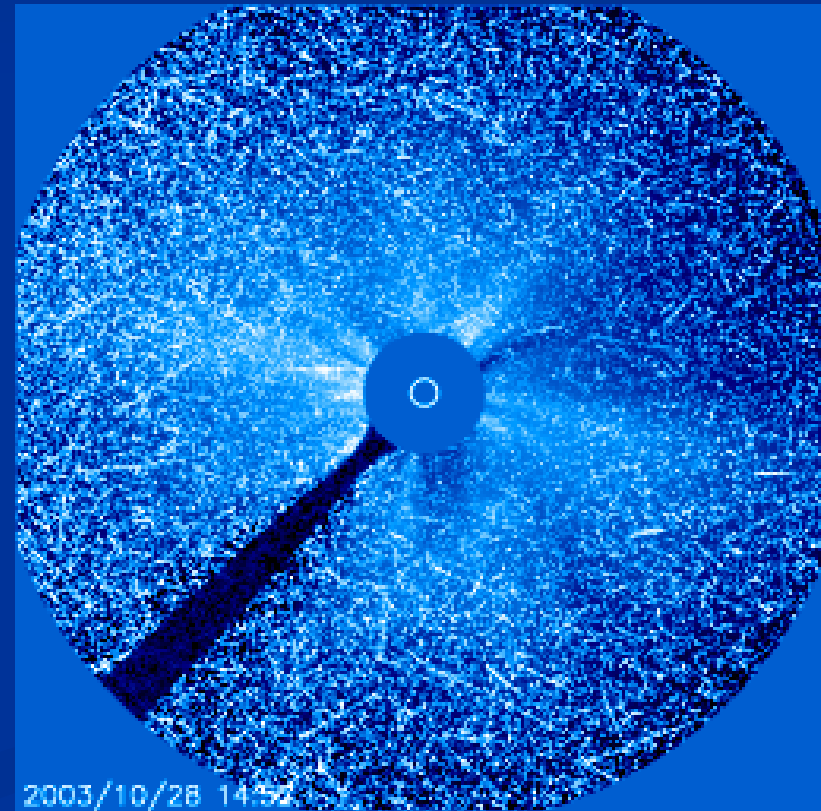


## 2003年10月28日大規模フレア (SOHO衛星)

CME



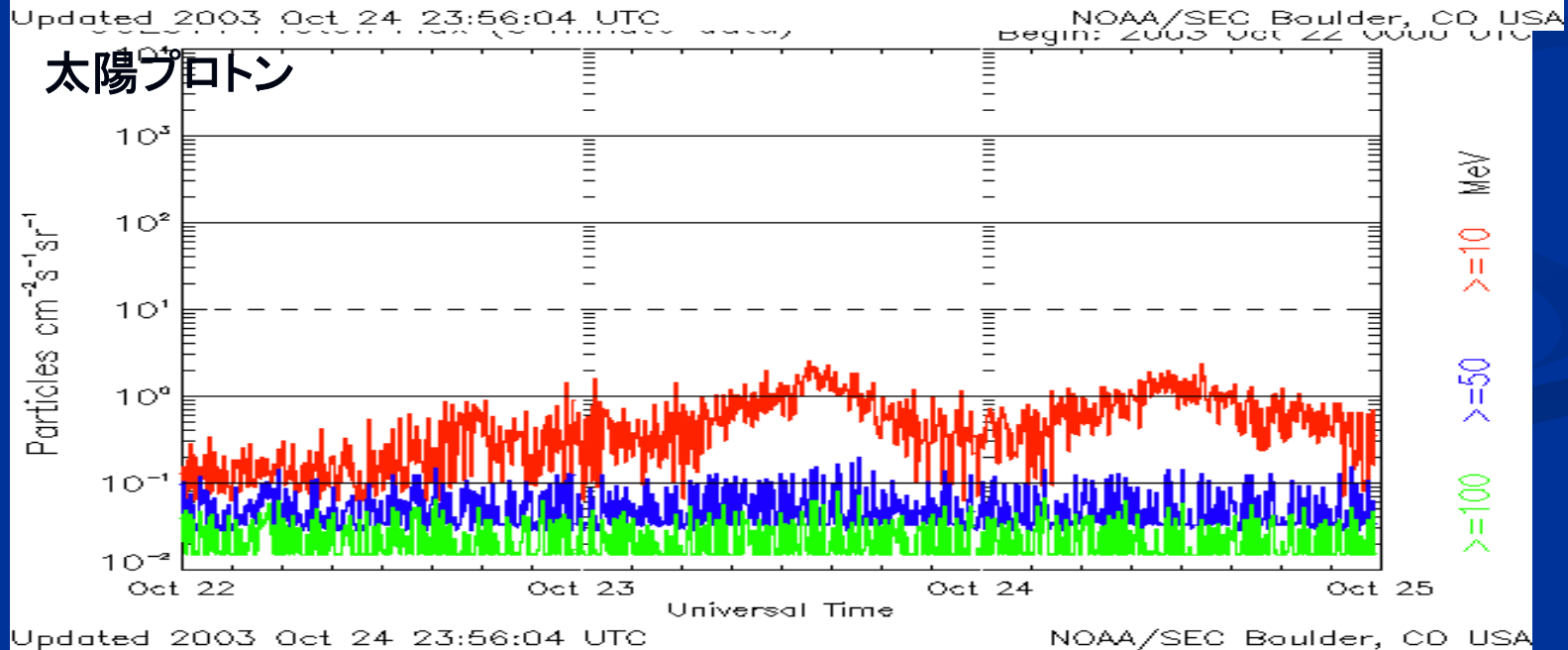
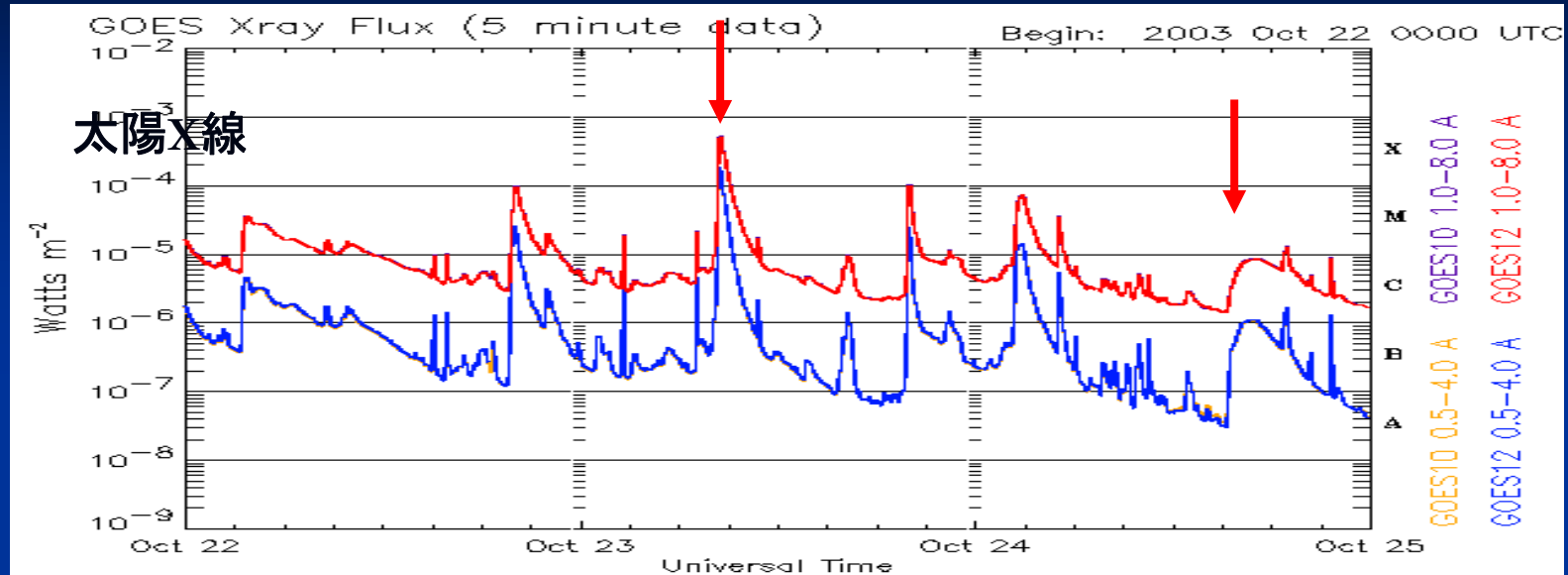
高エネルギー粒子による白斑



# フレアX線とプロトン (GOES衛星)

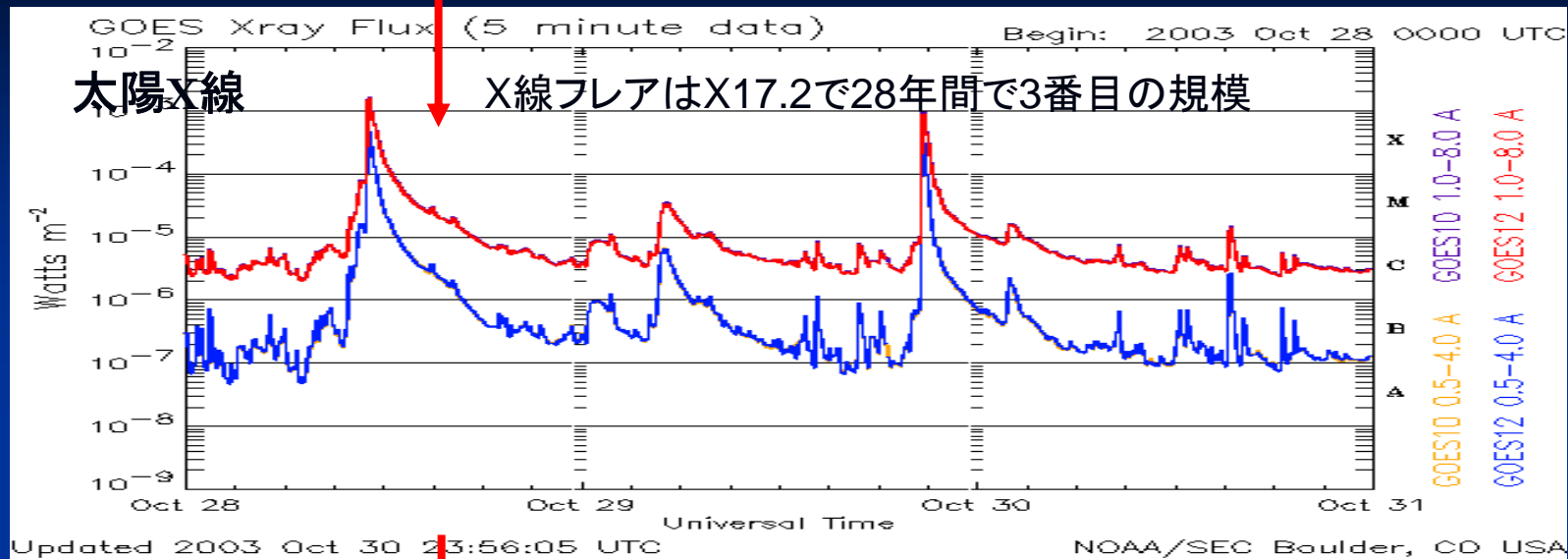
2003年10月23日0819UT太陽フレア(X5.6 1B)  
太陽風衝撃波が発生

みどりが故障(2003.10.24/1613UT)。

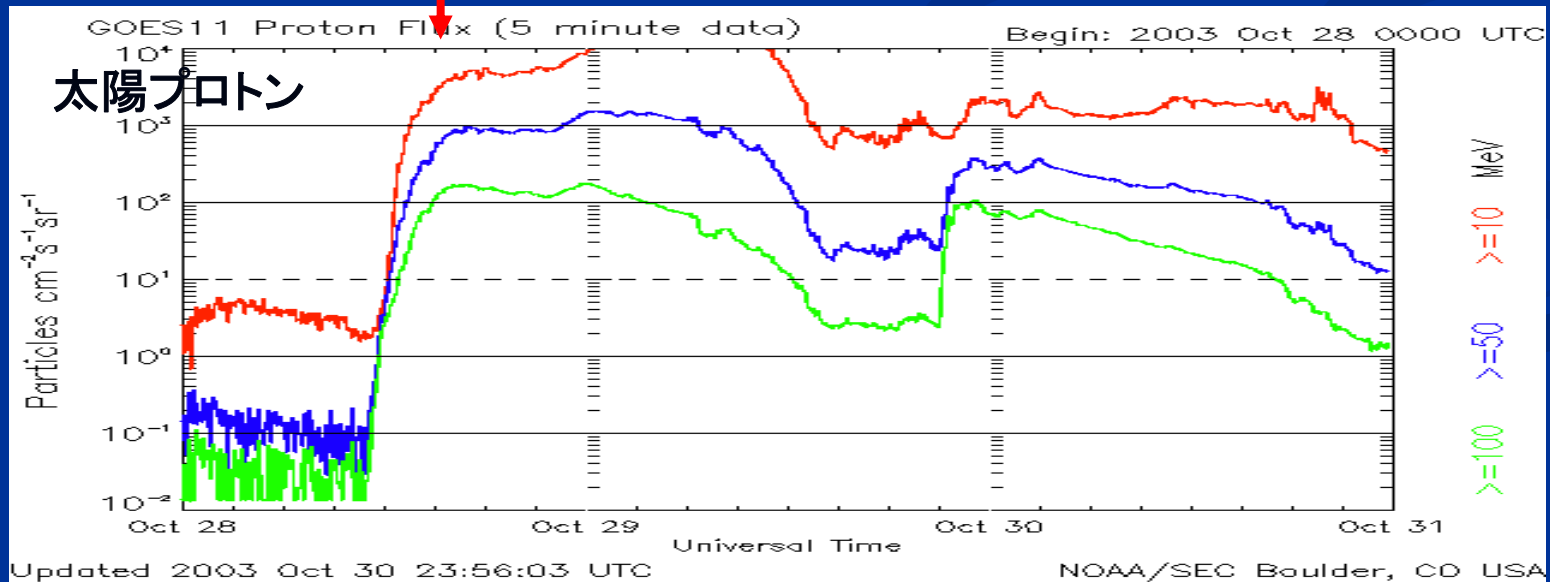


# フレアX線とプロトン (GOES衛星)

こだま姿勢制御センサーにノイズ(2003.10.28/1530UT頃)。



こだま障害時にプロトンは3000個に達した。その後29500を記録し、36年間で5番目の規模





# 太陽フレアに起因する障害

## (1) 太陽フレアX線

船舶・航空機短波通信障害

## (2) 太陽フレア高エネルギー粒子

衛星機器障害

極域航空機通信障害

放射線被曝 (宇宙機、宇宙ステーション、極域航空機)

## (3) CME(コロナ質量放出)

### ・ 磁気嵐

放射線帯粒子による静止衛星機器障害

オーロラ電子による低高度衛星機器障害

磁気誘導による送電線誘導障害

### ・ 熱圏電離圏嵐

大気摩擦による周回衛星姿勢・軌道障害

電離圏不規則構造による衛星画像劣化

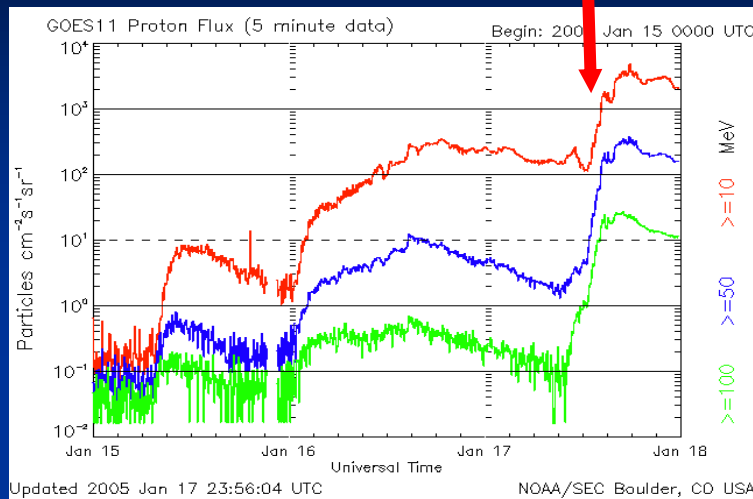
電離圏電子密度異常によるGPS測位誤差

2003年10月大規模磁気嵐



# JCSAT-1B衛星の障害

米国の気象衛星GOES高エネルギー粒子フラックス観測データ



2005年1月17日21時26分JST (12時26分UT) 軌道制御中に衛星の姿勢及びテレメトリ信号を喪失 (JSAT報道発表資料)

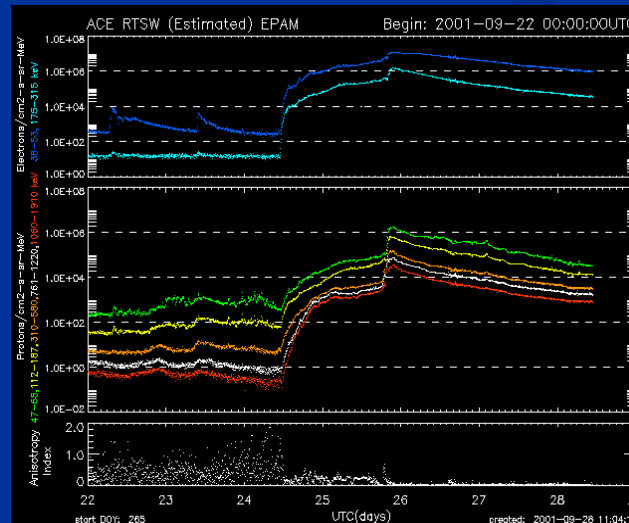
## 【読売新聞(2005.01.19朝刊)】

読売新聞(2005.01.19朝刊) 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。

一方、日本の民間衛星通信会社JSATが所有する静止衛星「JCSAT-1B」は衛星の姿勢を制御する小型ジェット十二基のうち二基に異常が発生、十七日夜から衛星を監視するための信号が受信できない状態。衛星を利用する約五十社の通信サービスなどが停止している。同社では十九日午前三時ごろまでに復旧させる予定。

# BS放送の中断 (姿勢制御に不具合)

2001年9月24日の X2.6/2Bフレア高エネルギー粒子



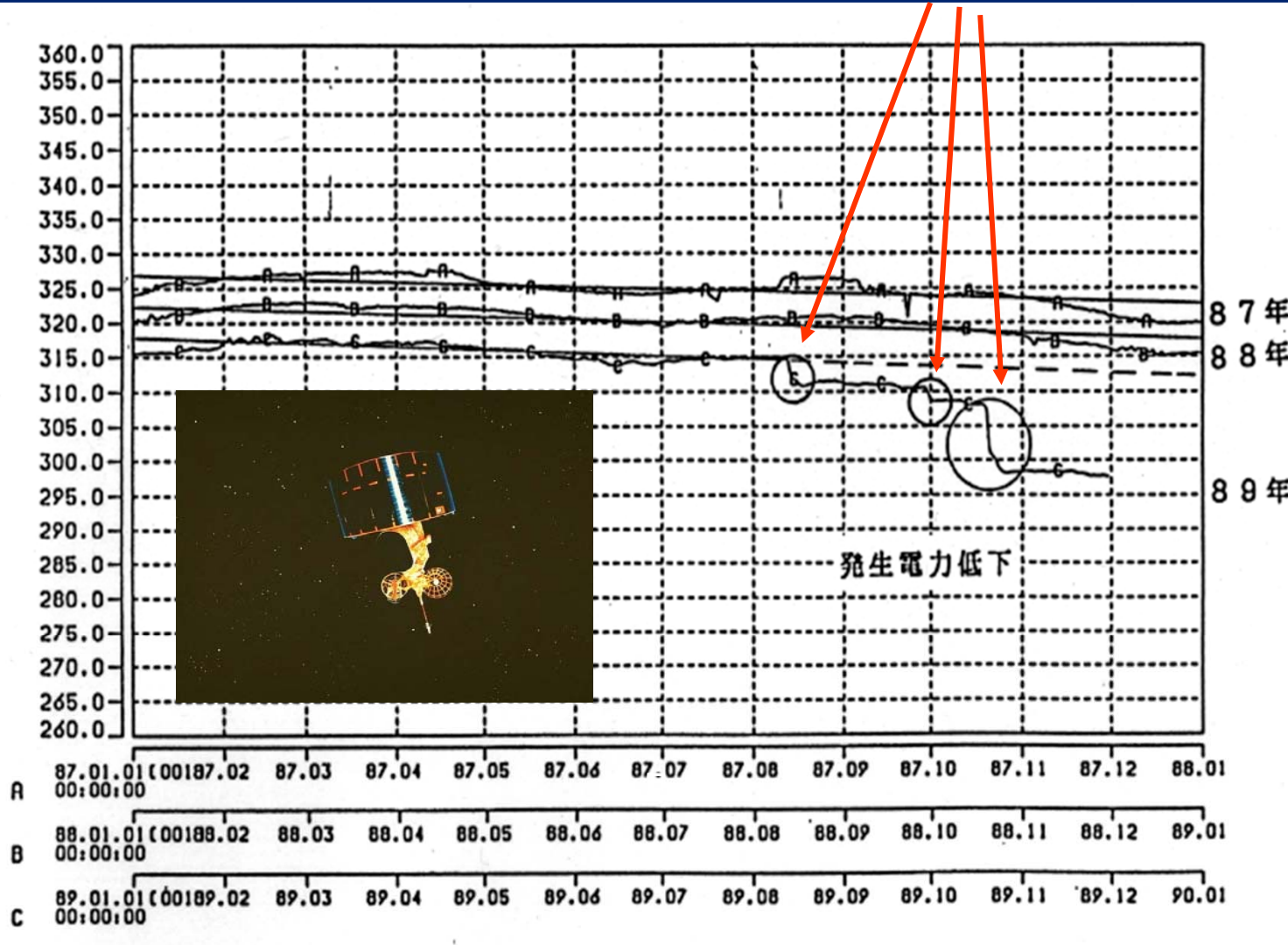
## 読売新聞2001年9月26日朝刊

◆BSデジタル一時中断 BSデジタル放送のテレビ、ラジオ、データ放送の全チャンネルが、25日午後4時17分ごろから、最大1時間にわたって受信不能となった。同放送に使用されている衛星「BSAT-2a」を運用している放送衛星システムによると、衛星の向きがずれたのが原因。同社は予備機に順次切り替えて放送を再開させた。昨年12月のBSデジタル放送開始以来、衛星の事故による放送中断は初めて。

# 太陽フレア高エネルギー粒子による気象衛星ひまわりの太陽電池の劣化

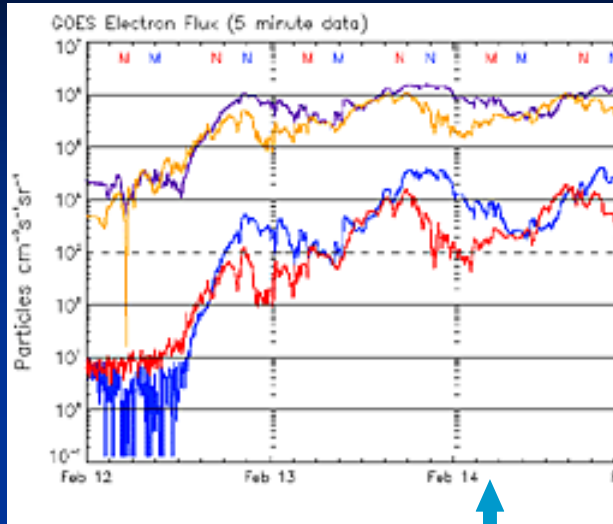
(蔵方晴夫、1990) 太陽フレア

GMS-3 (ひまわり) の発生電力 (正規化後)





# 磁気嵐中の放射線帯高エネルギー電子増による放送衛星障害



2004年2月14日 磁気嵐のあと高レベルの放射線帯高エネルギー粒子が数日間継続し、BS放送が中断した。  
(GOES衛星による2MeV電子観測)

日本経済新聞  
2004年(平成16年)2月15日(日曜日)

## BSデジタル 放送一時中断

NHKと一部民放

NHKと一部民放のBSデジタル放送で、十四日午後四時五十分ごろから約四十五分間にわたり、全国で放送が中断するトラブルが起きた。

中断したのはNHKのBS1、BS2、BSハ

イビジョン、民放の映画専門局「スター・チャンネルBS」、音声放送「ミュージックバード」、データ放送など。民放キー局のBSデジタル放送には影響はなかった。NHKによると、放送が映らなかつたり、画面が固まったまま動かなくなるなどして、視聴者から問い合わせが相次いだ。

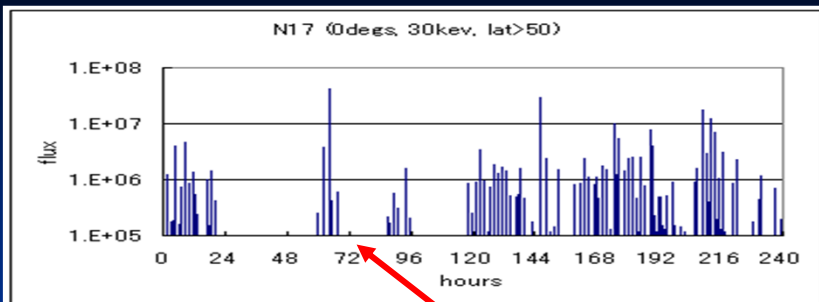
NHKと民放などが出資する衛星運用会社の放送衛星システム(東京)で、放送衛星(BS)を予備の衛星に切り替え復旧した。トラブルのあった放送は、衛星の中継器を共有しており、この中継器の故障が原因とみて調査している。当時、NHKのBS1とBSハイビジョンでは大相撲の韓国公演を生中継していた。

カーテンオーロラ（高度100キロメートル）



# 2003年10月地球観測衛星みどりが故障

オーロラ電子(NOAA17)

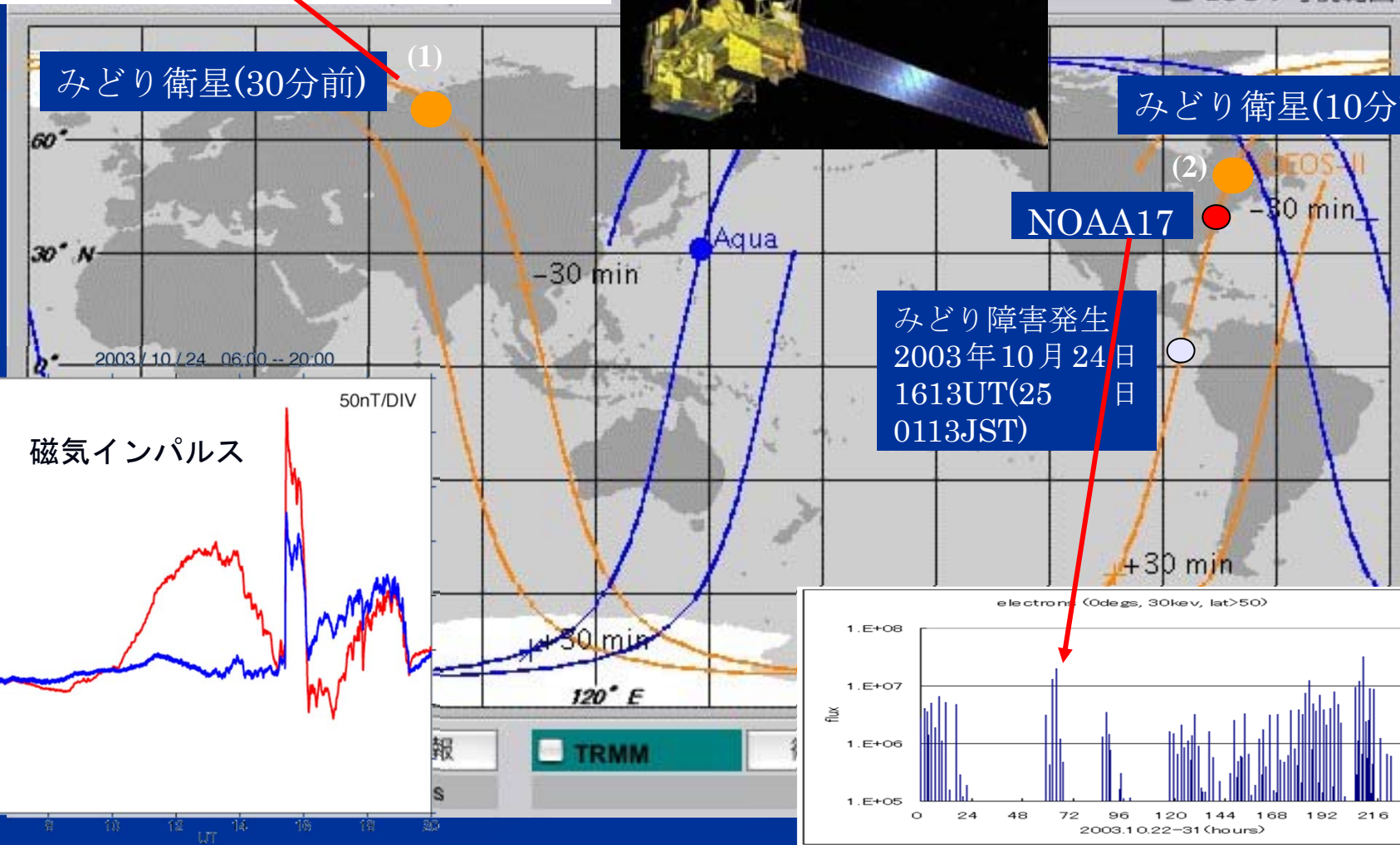


衛星が大量のオーロラ電子を浴び、衛星表面が帯電し電源系統に障害が発生した。



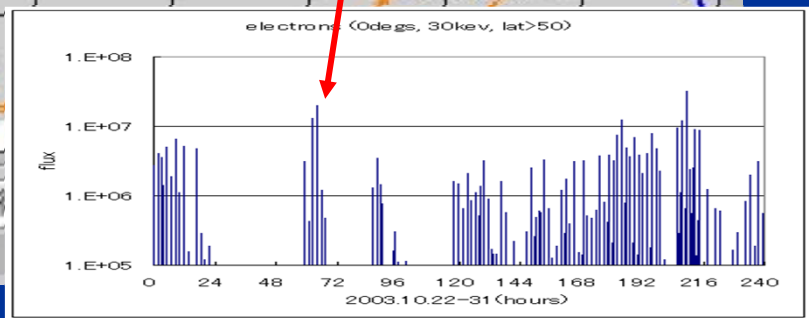
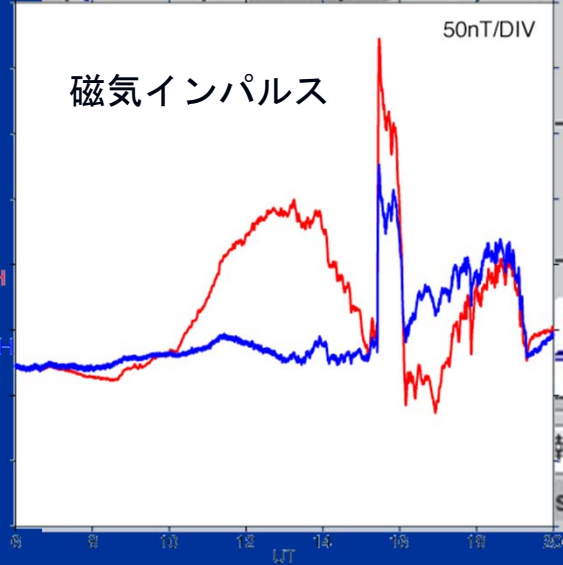
みどり衛星(30分前)

みどり衛星(10分前)



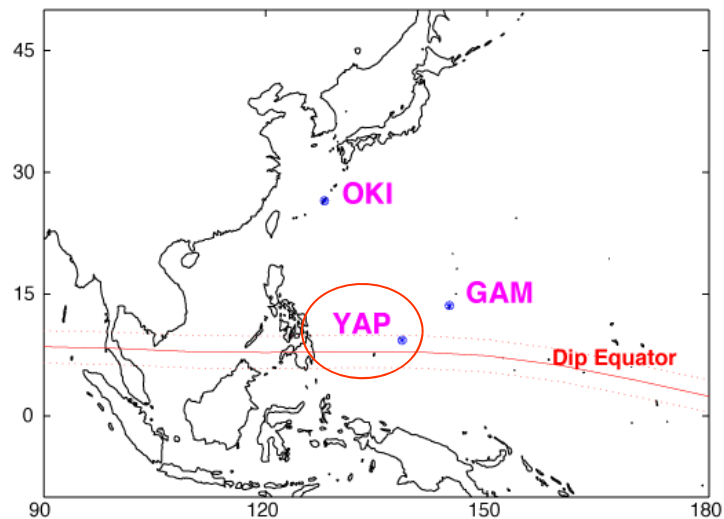
NOAA17

みどり障害発生  
2003年10月24日  
1613UT(25日  
0113JST)





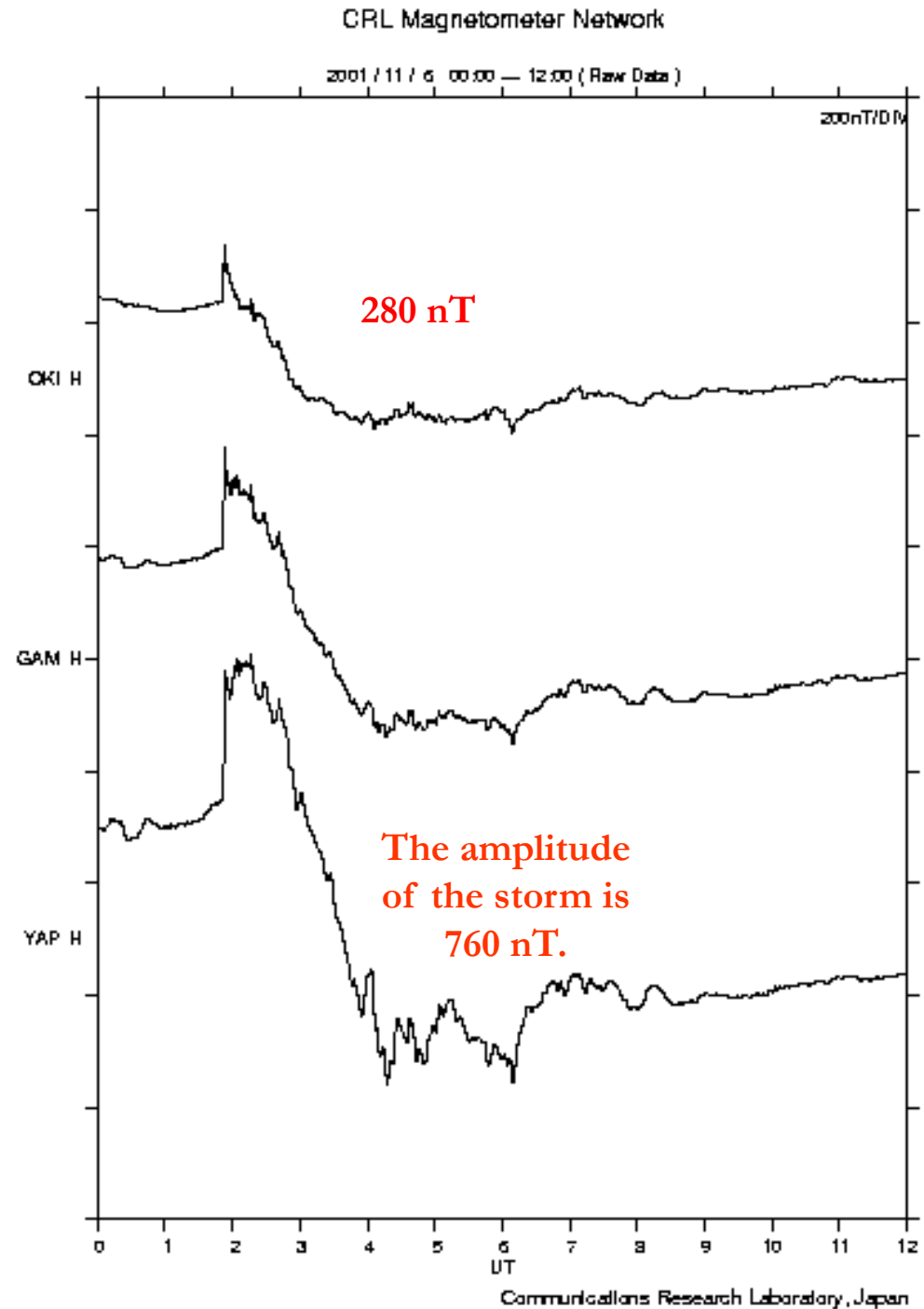
# 大規模磁気嵐 (November 6, 2001)



(NICT SWM)

Okinawa 14.47 degs GML

Yap -0.3 degs GML

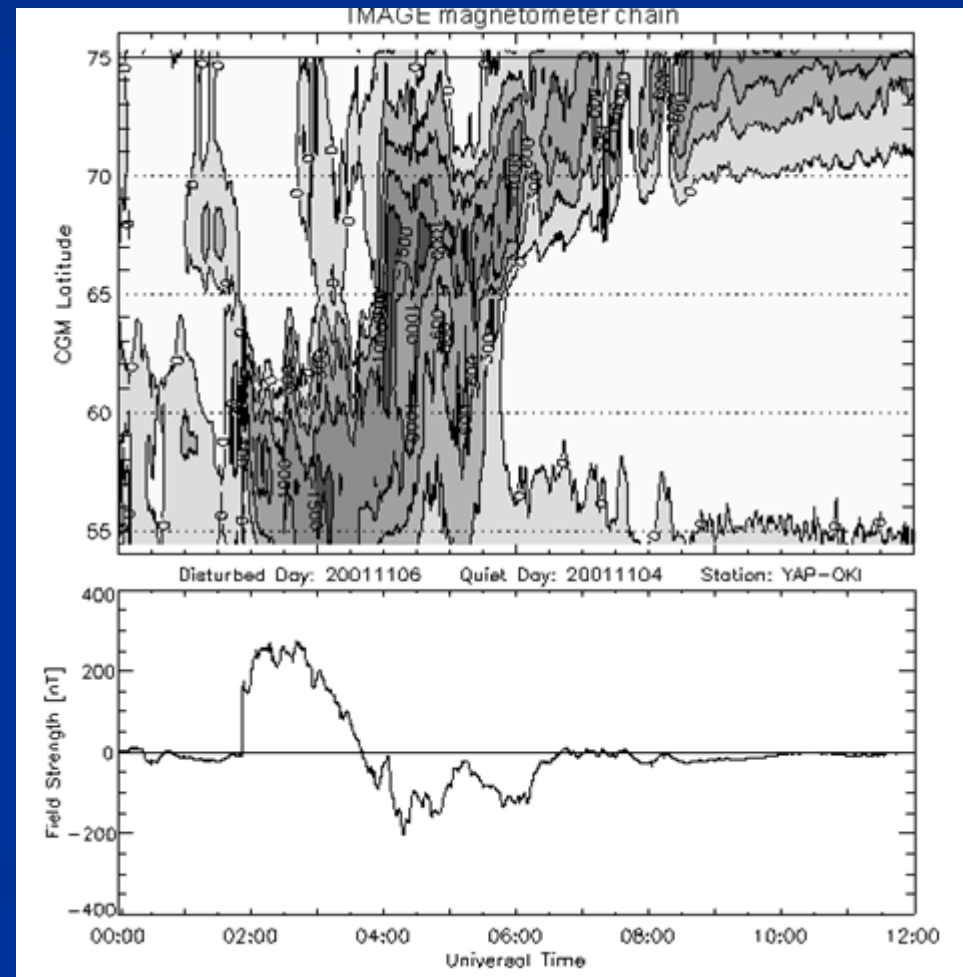


# 大規模磁気嵐

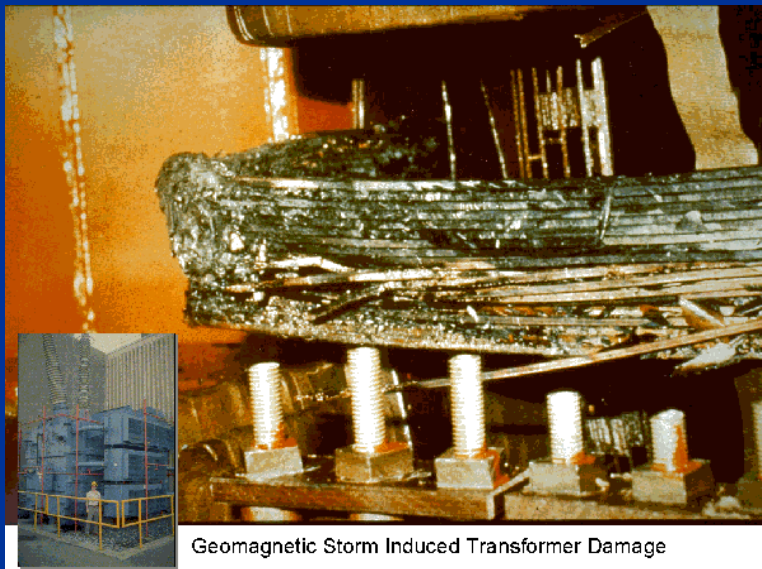
(November 6, 2001)

中緯度電離圏で発達する  
オーロラジェット電流

赤道電離圏ジェット電流



1989年3月13日磁気嵐時に  
カナダで大規模停電が発生



米国ニュージャージー州で  
発生した変圧器の焼損

1989年10月21日磁気嵐時に  
北海道で発生したオーロラ



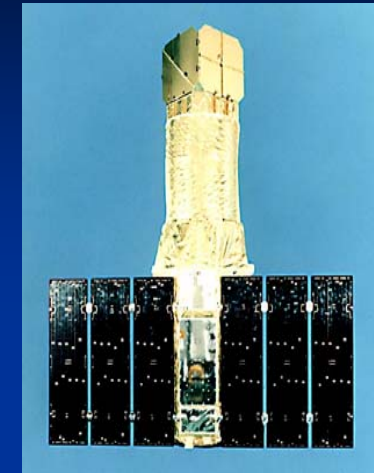
通信総合研究所(現NICT)が稚内で撮影

# 熱圏電離圏嵐時の大気加熱による X線天文衛星「あすか」姿勢・軌道障害

2000年7月に宇宙科学研究所のX線天文衛星「あすか」が、激しい磁気嵐中に大気密度増加により姿勢不安定となり観測不能となる。

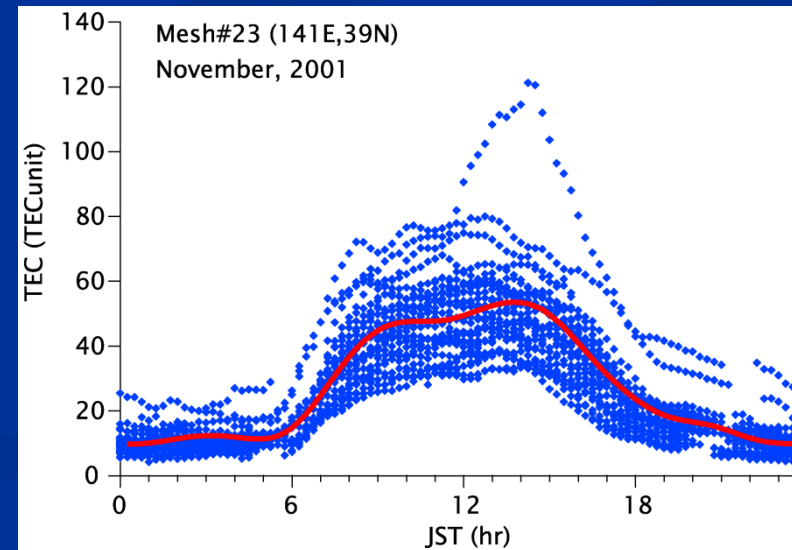
朝日新聞 2001.1.27

「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が、二十六日明らかになった。次世代の衛星を積んだM5ロケットの打ち上げも昨年二月に失敗しており、次の打ち上げまで約四年間、日本の「お家芸」であるX線天文学に空白が生じることになる。



## 磁気嵐時の電場により日本で全電子数(TEC)が異常増加した (Nov. 6, 2001)

TECの増加によりGPS衛星電波の振幅と位相が変動し、測位誤差や受信障害が発生する。誤差は大規模磁気嵐時には数10メートルに達する。



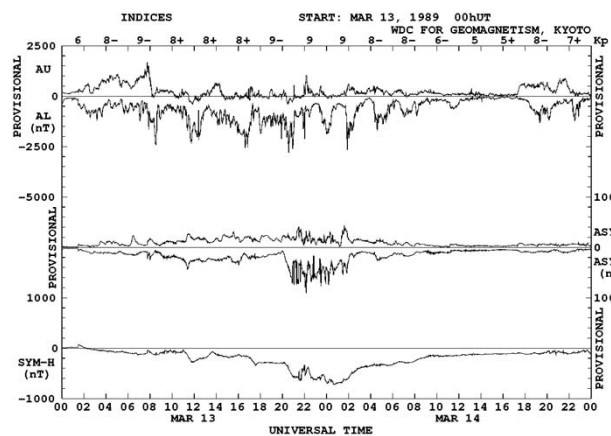
(Courtesy of T. Maruyama)

# 1859年9月の巨大磁気嵐 (Carrington event)

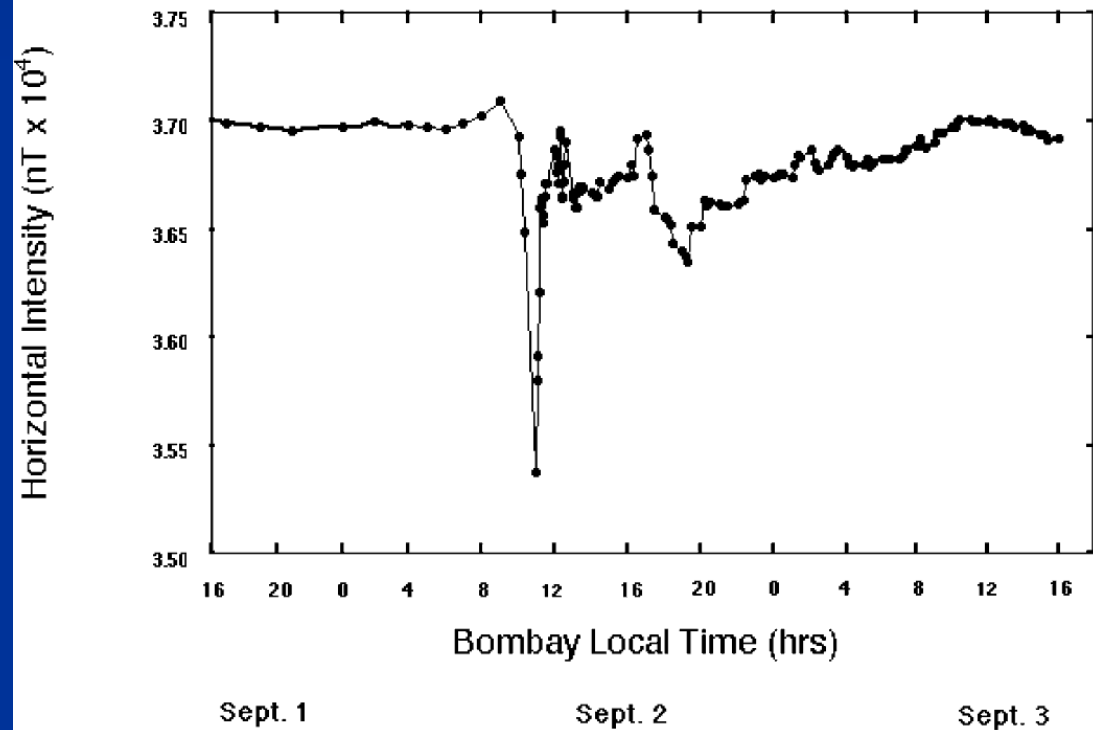
1989年3月大規模磁気嵐の3倍

DST 1760 nT.

1989年3月大規模磁気嵐



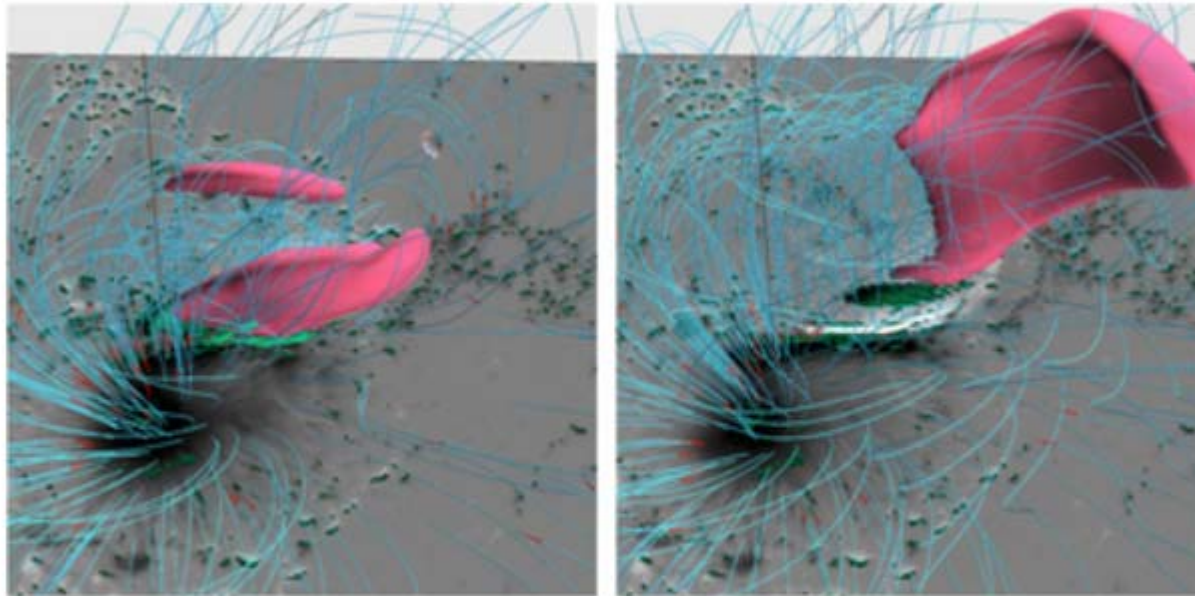
1859 Bombay Magnetic Storm



(Tsurutani et al., JGR 2003)



# コンピュータシミュレーションによる 太陽フレア予測研究

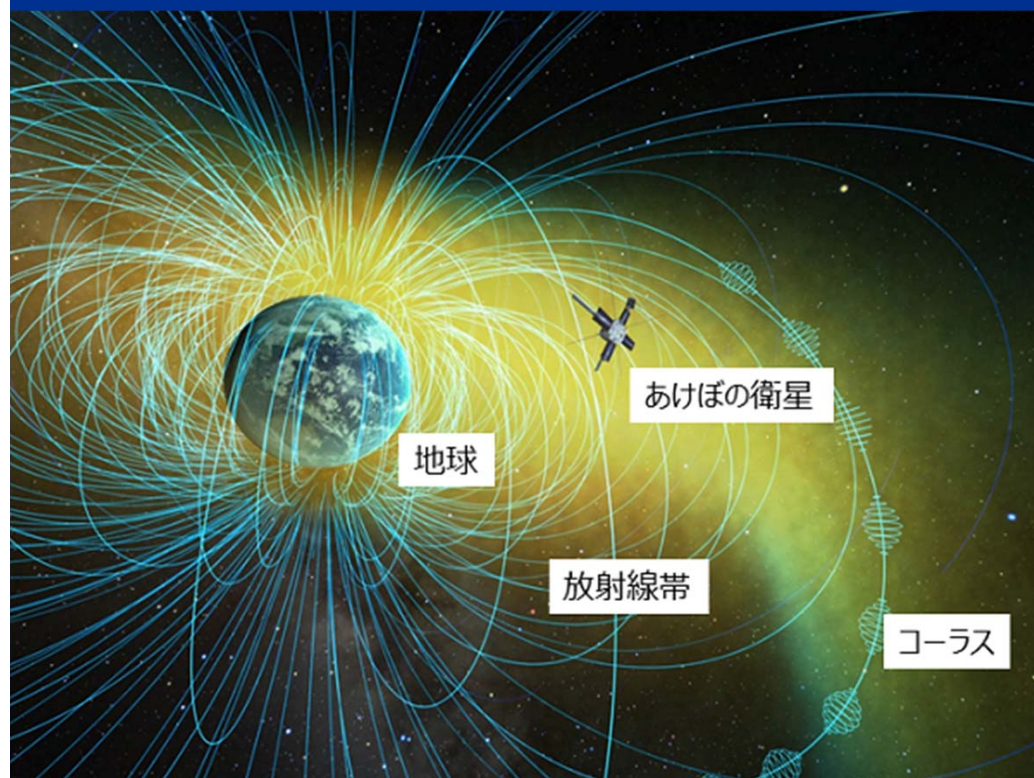


2006年12月13日に発生した巨大フレアの再現シミュレーション。ひので衛星の観測データをもとに再現した3次元磁場が不安定化した結果、太陽表面近くからプラズマが噴出する様子が捉えられている。

(K. Kusano, 太陽地球環境研究所ホームページより)



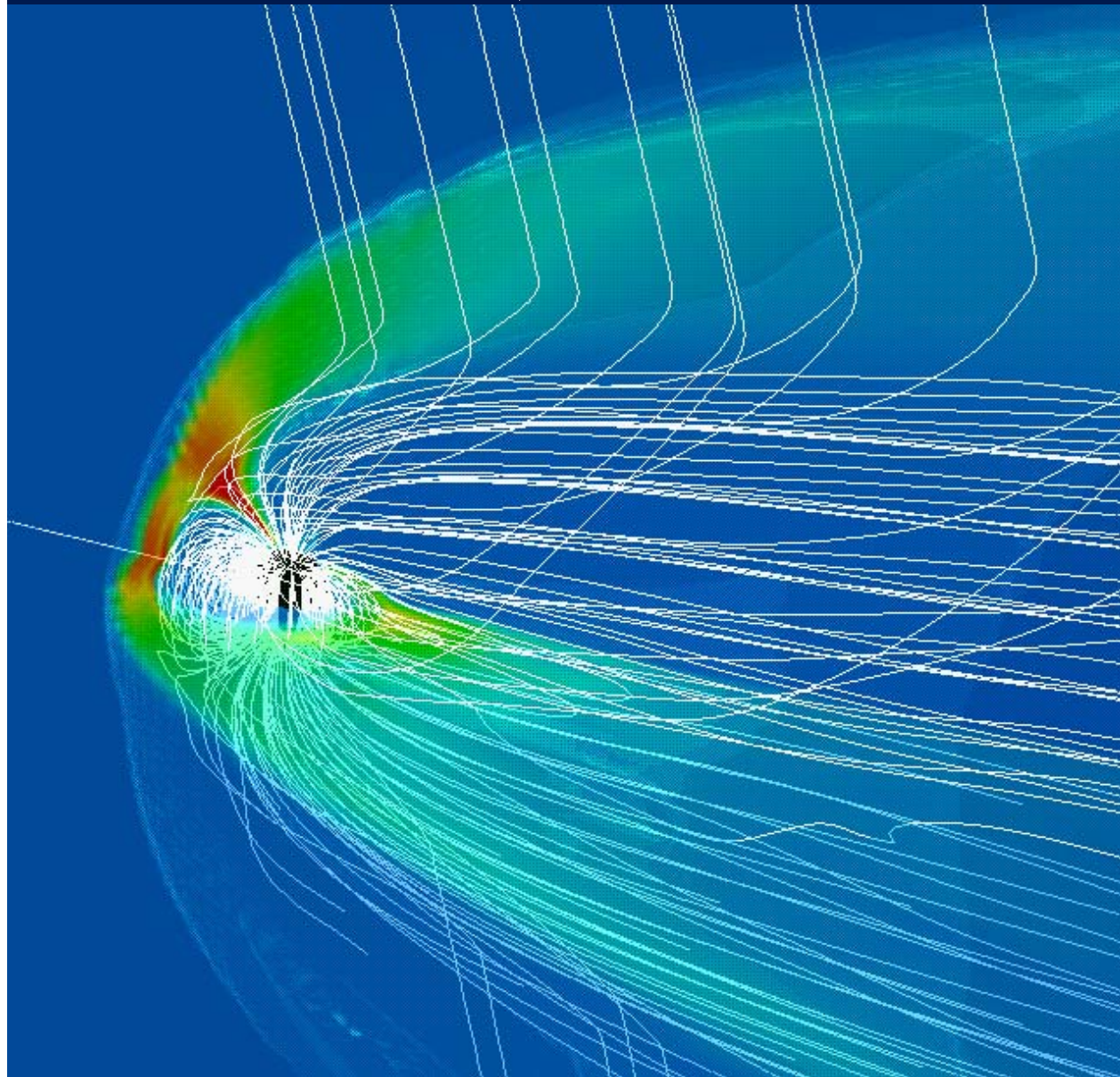
# 経験モデルによる 放射線帯高エネルギー粒子予測研究



「あけぼの」衛星等の人工衛星の長期観測データを用いて、地球にやってくる太陽風とエネルギーの高い電子の関係を統計的に解析しました。その結果、1)宇宙嵐時に電子の数が増えるためには、スピードの速い太陽風の中に南向きを向いた磁場が含まれていること、2)このとき数日間にわたって「コーラスと呼ばれる宇宙の電波」が強く発生しやすい状況になり、電子の数が増えることを示しました。スピードが速く、南向きを向いた磁場が含まれているときには、80%以上の確率で電子の数の増加が起こります。また、このような状態のときには、オーロラの活動も数日間にわたって活発になっています。

(Y. Miyoshi, 太陽地球環境研究所ホームページより)

# 太陽風磁気圏相互作用による磁気圏形成 (MHDシミュレーション)



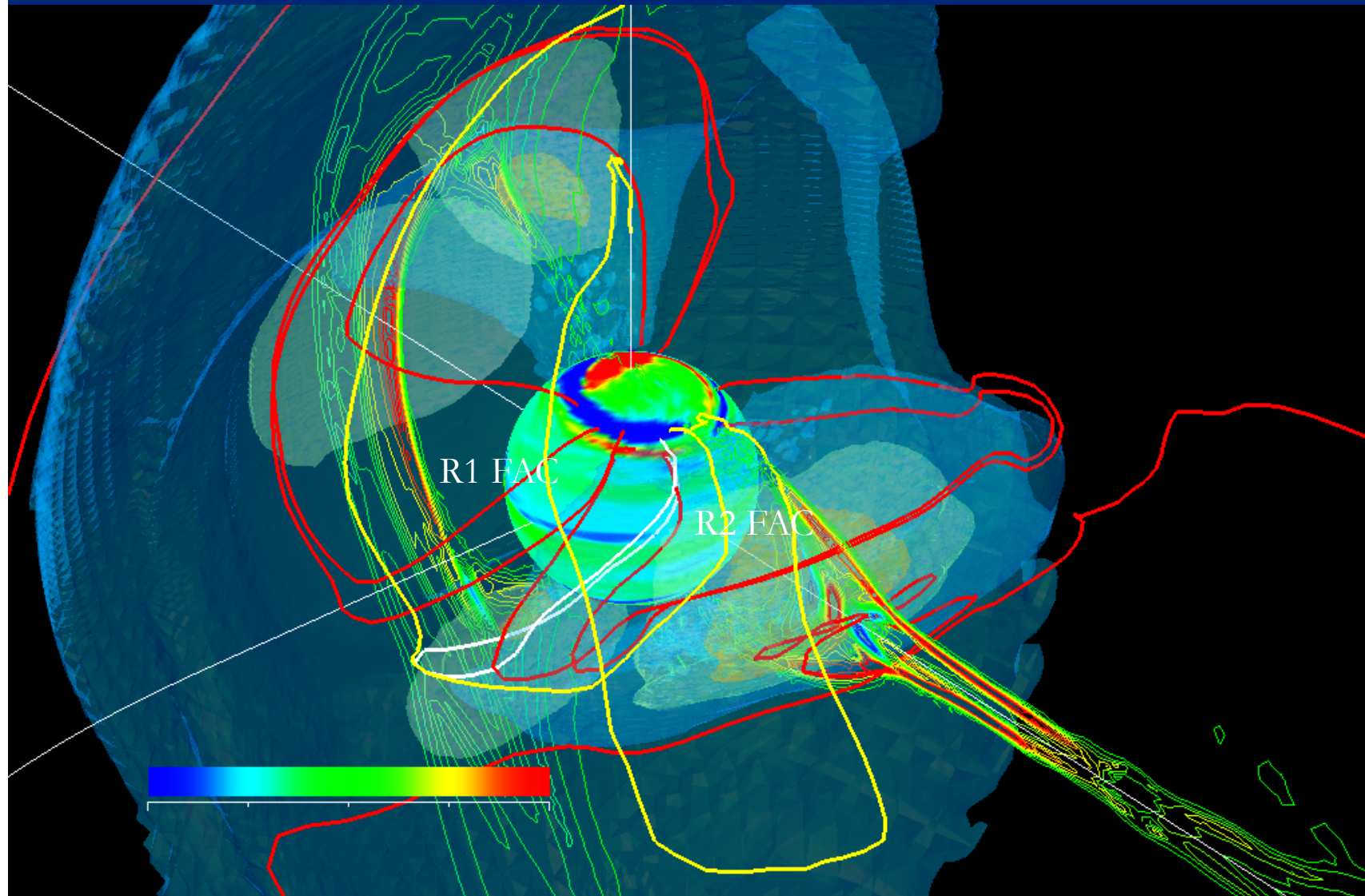
- 太陽風磁場(IMF)と地球磁場の再結合(reconnection)により、地球磁場が彗星のように吹き流されている。
- 磁場が及ぶ空間を磁気圏と称し、太陽側で10-15 $R_e$ 、反太陽側で数100 $R_e$ に伸びる。
- ほとんどの衛星は、静止軌道6.6 $R_e$ 以内の地球周辺宇宙空間(geospace)を飛翔する。

(九大・田中教授提供)




















# コンピュータシミュレーションによる サブストーム予測研究

サブストーム電流系 (Tanaka et al., JGR 2010)



# 国際宇宙環境情報サービス

## Members >

-  IPS (Australia)
-  KSO (Austria)
-  SIDC (Belgium)
-  EMBRACE (Brazil)
-  CSWFC (Canada)
-  SEPC (China)
-  SAPC (China)
-  IAP (Czech Republic)
-  NPL (India)
-  NICT (Japan)
-  KSWC (Republic of Korea)
-  SRC (Poland)
-  IAG (Russia)
-  SANSA (South Africa)
-  LSWC (Sweden)
-  SWPC (USA)
-  ESA (Noordwijk)

## ISES (The International Space Environment Service)



At present, there are fifteen Members distributed around the globe. These centers are located in China (Beijing), USA (Boulder), Russia (Moscow), India (New Delhi), Canada (Ottawa), Czech Republic (Prague), Japan (Tokyo), Australia (Sydney), Sweden (Lund), Belgium (Brussels), Poland (Warsaw), South Africa (Hermanus), South Korea (Jeju), Brazil (São José dos Campos) and Austria (Treffen). The European Space Agency (Noordwijk) is a collaborative expert center providing a venue for data and product exchange for activities in Europe. In addition, the Associate Warning center in France (Toulouse) provides specialized services to customers, and is affiliated through RWC Belgium. A data exchange schedule operates with each center providing and relaying data to the other centers. The center in Boulder plays a special role as "World Warning Agency", acting as a hub for data exchange and forecasts.

The data exchanged are highly varied in nature and in format, ranging from simple forecasts or coded information up to more complicated information such as images. An important strength of the data exchange system is that Members often have access to data from unique instrumentation available from the scientific community in its region. Exchange through ISES makes these data available to the wider international

HOME

Desk Top Viewer( 760 X 260 )

ひので SOHO 黒点 フレア 無線通信

Hinode/XRT

発生日 JST 検出  
4/27 --- --- ---  
4/26 23:41 C2.4 0.17  
4/26 14:58 C1.6 0.00

太陽風(ACE)

時刻	速度	南北磁場
JST	km/s	nT
22:20	343	-0.1
-2	341	0.1
-4	336	0.7
-6	337	0.2

NOAA 黒点数: 46  
観測値 F10.7 : 121

航空機関係 宇宙天気予報

フレア予報 やや活発  
地磁気擾乱の予報 静穏  
プロトン現象の予報 静穏

Copyright NICT 2014/04/27 22:34 の最新データ

(鹿児島高専)

# 宇宙天気ニュース

太陽フレア・磁気嵐・オーロラ活動など、宇宙天気の最新情報をお知らせする

宇宙天気情報BOX 小・中・大・携 [ 図を別枠 ] [ 画像集 ] [ 特別記事 ] [ 速報メニュー ]



これまでの経過 (過去のニュースの [閲覧](#)・[全リスト](#))

[2014/4/22 13:22](#) 太陽風は500km/秒の高  
[2014/4/23 11:49](#) 太陽風は平均的な速度に  
[2014/4/24 12:29](#) 太陽風の磁場が南寄り  
[2014/4/25 13:50](#) 太陽でX1.3の大規模フレ  
[2014/4/26 12:32](#) 太陽のフレア活動は穏や

2014/ 4/27 12:06 更新  
**太陽の活動は穏やかです。太陽風は**

担当 篠原

太陽では、C1、C2の小さいフレアの発生が  
いずれも東端と西端で発生したもので、  
こちら側に見えている黒点群は穏やかです

可視光写真では、南東(左下)に2047黒点群  
その向こうの南東の端からも新しい黒点が上がってきています。  
また、北西(右上)にも小さい黒点が出現しています。  
これらの領域の活動はどの様なものか注目して下さい。

太陽風は、引き続き速度が低下して、  
現在は350km/秒と低速の風になっています。  
磁場強度も3nTと弱めです。

フレア (GOES)

発生日	JST	検出
4/27	---	---
4/26	23:41	C2.4
	14:58	C1.6
	08:07	C1.6
	07:17	C1.9
4/25	20:55	C3.3

JST 2014/04/27 22:34:42

UT 2014/04/27 13:34:42

## 臨時情報

2014/04/25 15:00 更新  
担当 田中

25日0時17分(UT)に、太陽面において  
X1.3フレアが発生しました。

>> つづきを請読

>> [臨時情報ページへ](#)

## トピックス



[2014年2月25日0時39分UTにX4.9フレア  
太陽面の東リムで発生](#)

and more..



# まとめ

- 太陽フレアが発生すると、X線、高エネルギー粒子、コロナプラズマ塊(CME)が放出され、地磁気、磁気圏、電離圏、熱圏の嵐が発生する。
- 静止衛星、周回衛星に帯電、半導体エラー、大気ドラッグにより、電源系統火災、軌道・姿勢の不安定、機器の誤動作が発生する。再起不能な障害に陥る場合がある(あすか衛星、みどり衛星など)
- 地磁気嵐により電力送電線に誘導電流が発生し、変圧器の損傷や停電が発生する(カナダ、スウェーデンなど)。
- 衛星・地上観測データの解析とコンピュータシミュレーションにより、太陽フレア予測、放射線帯粒子予測、サブストーム・磁気嵐予測研究を実施している。
- 国際的組織による宇宙天気予報が行われており、学会は予報アルゴリズムの開発等で寄与している。