

2011年6月27日

宇宙天気ユーザーズフォーラム2011

衛星運用での宇宙天気情報の 利用方法

情報通信研究機構 電磁波計測研究センター
宇宙環境インフォマティクス研究室

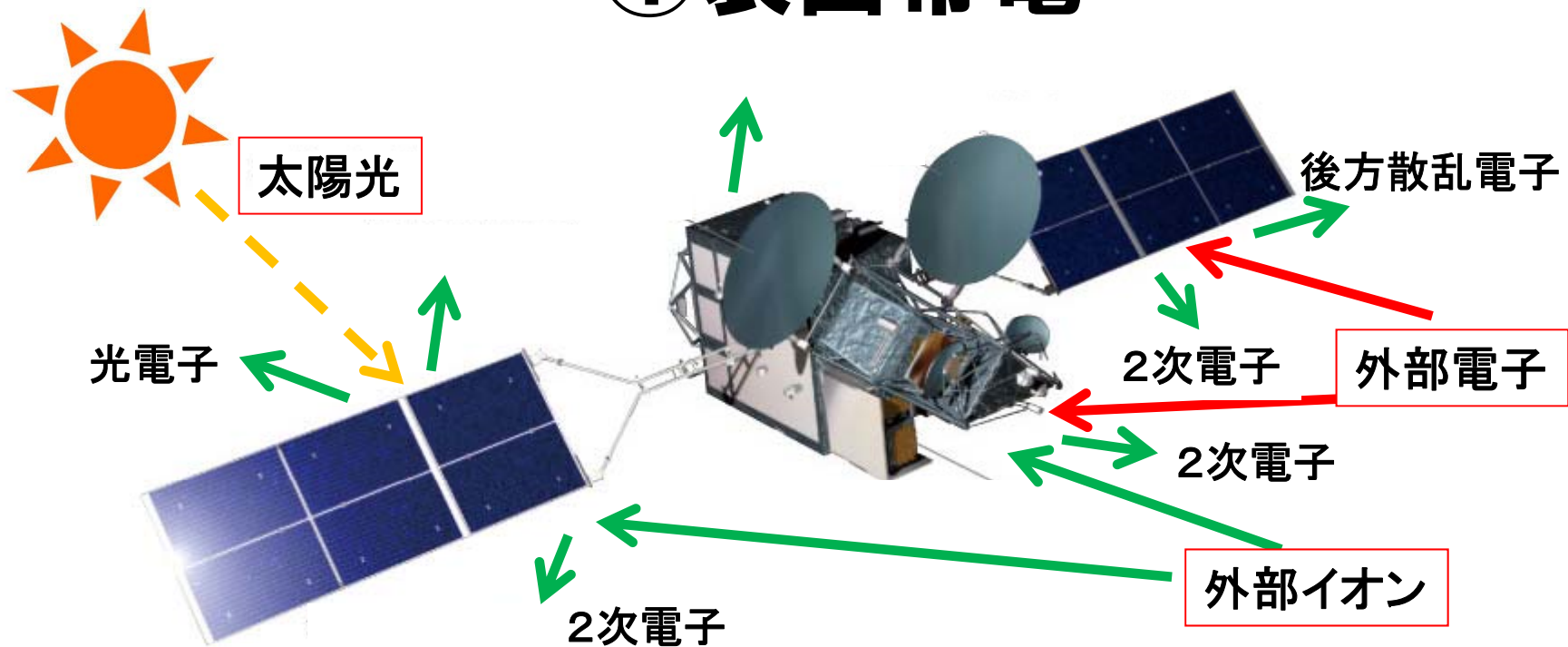
研究マネージャー 長妻 努

話の流れ

- 宇宙環境と衛星障害の関係
- 最近の衛星障害事例
- 放射線帯の長期変動の傾向
- まとめ

- 宇宙環境と衛星障害の関係
- 最近の衛星障害事例
- 放射線帯の長期変動の傾向
- まとめ

①表面帯電

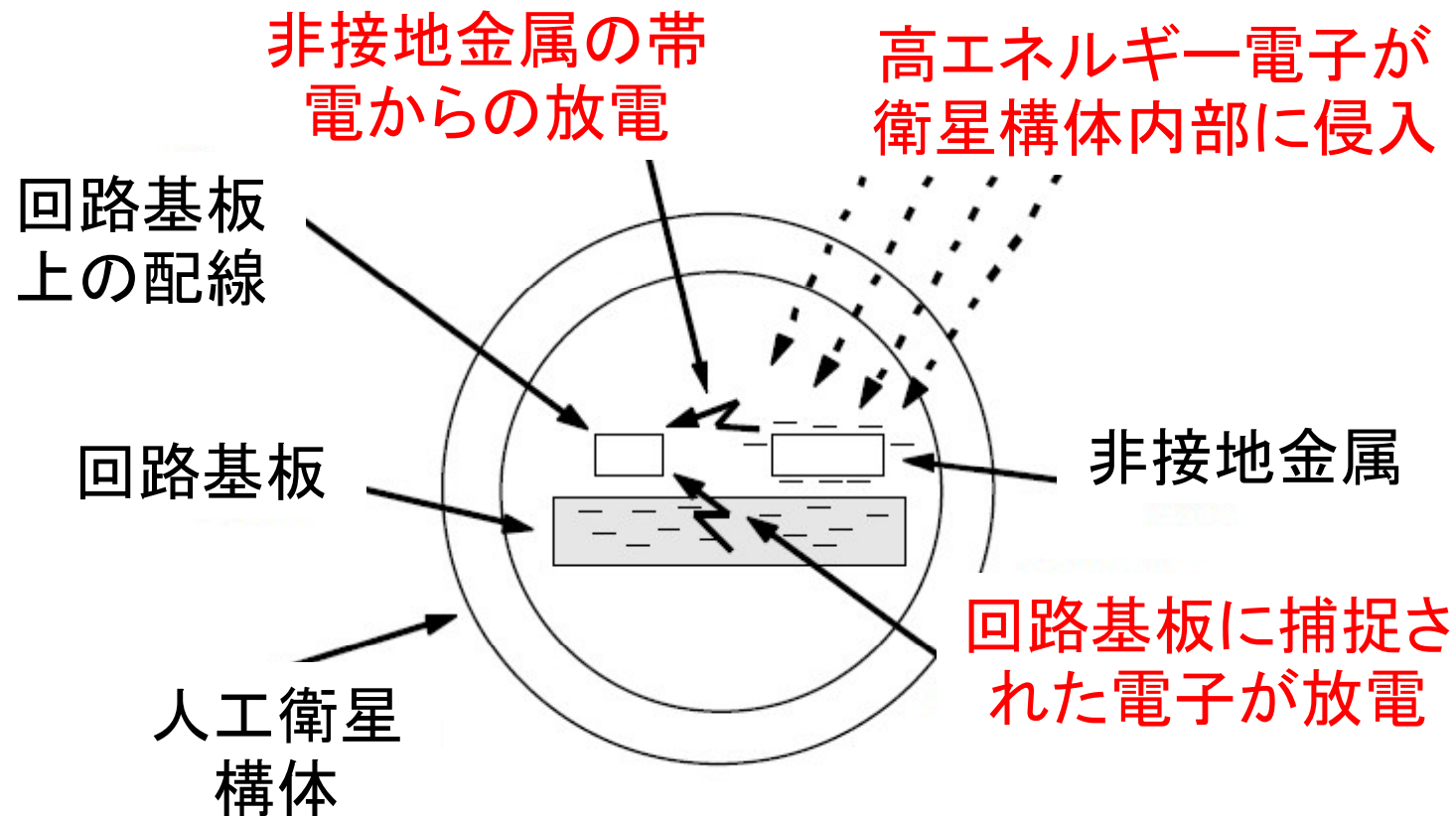


現象： 衛星表面にプラズマが帯電→放電して障害を引き起こす現象。

要因： サブストーム(地磁気変動)に伴う粒子注入

寄与粒子： $\sim 100\text{keV}$ 電子

②深部帯電(静止軌道)

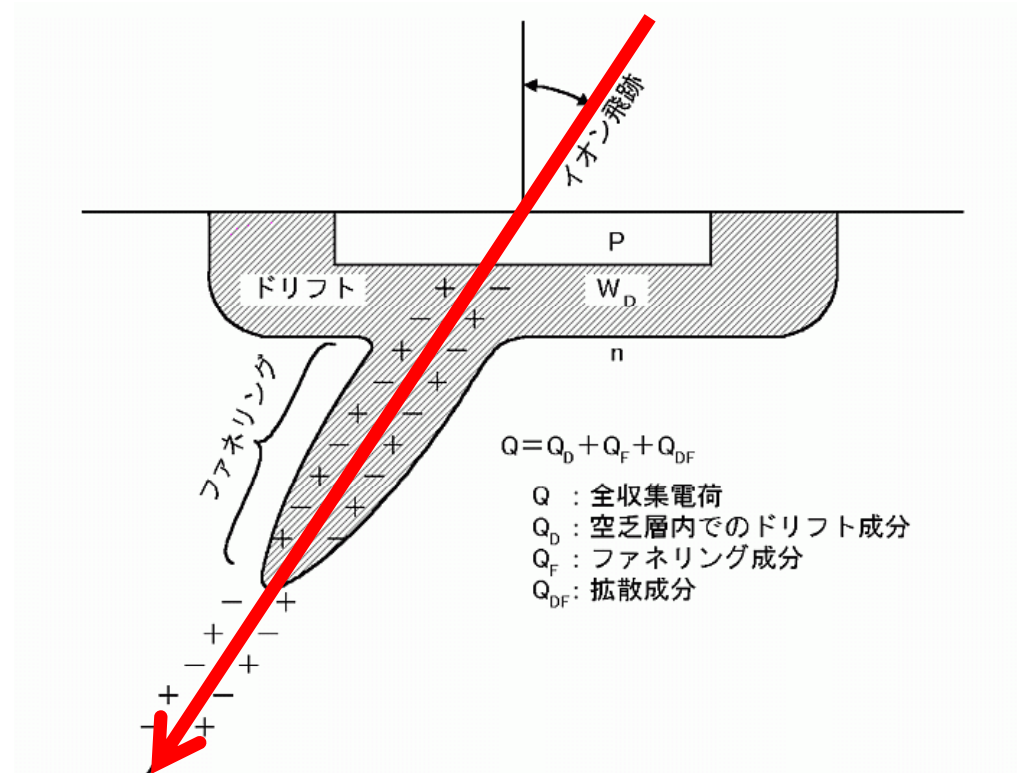


現象： 衛星構体を突き抜けた電子が内部ケーブル等に帯電→放電し障害を引き起こす現象。

要因： 磁気嵐後の放射線帯の高エネルギー電子flux増加

寄与粒子： 100keV～数MeV電子

③SEU(シングルイベントアップセット)



現象： 強いエネルギーを持った単一の放射線粒子が衛星の電子機器(半導体素子)に衝突した際に起こすエラー。

起因：太陽フレアに伴う高エネルギー粒子(プロトン現象)、銀河宇宙線

寄与粒子：数十MeV～GeVプロトン・重イオン

④トータルボーズ(積算線量)効果

TITLE GMS-3 POWER NORMALIZE B7-90
 STN S/C FNO FUNCTION NAME UNIT SNPL INT MOVE REF
 M -1 GMS-3 PS00 POWER 1S-VB (V) 32.000 0.000 0.000 NO
 M -1 GMS-3 PS00 POWER 1S-VB (V) 32.000 0.000 0.000 NO
 C -1 GMS-3 PS00 POWER 1S-VB (V) 32.000 0.000 0.000 NO

太陽電池の発生電力

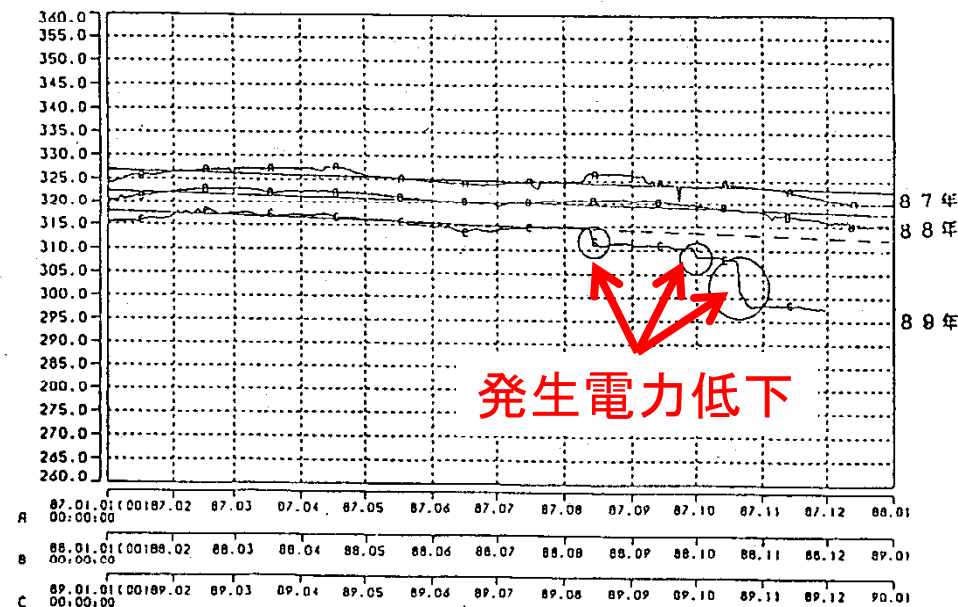
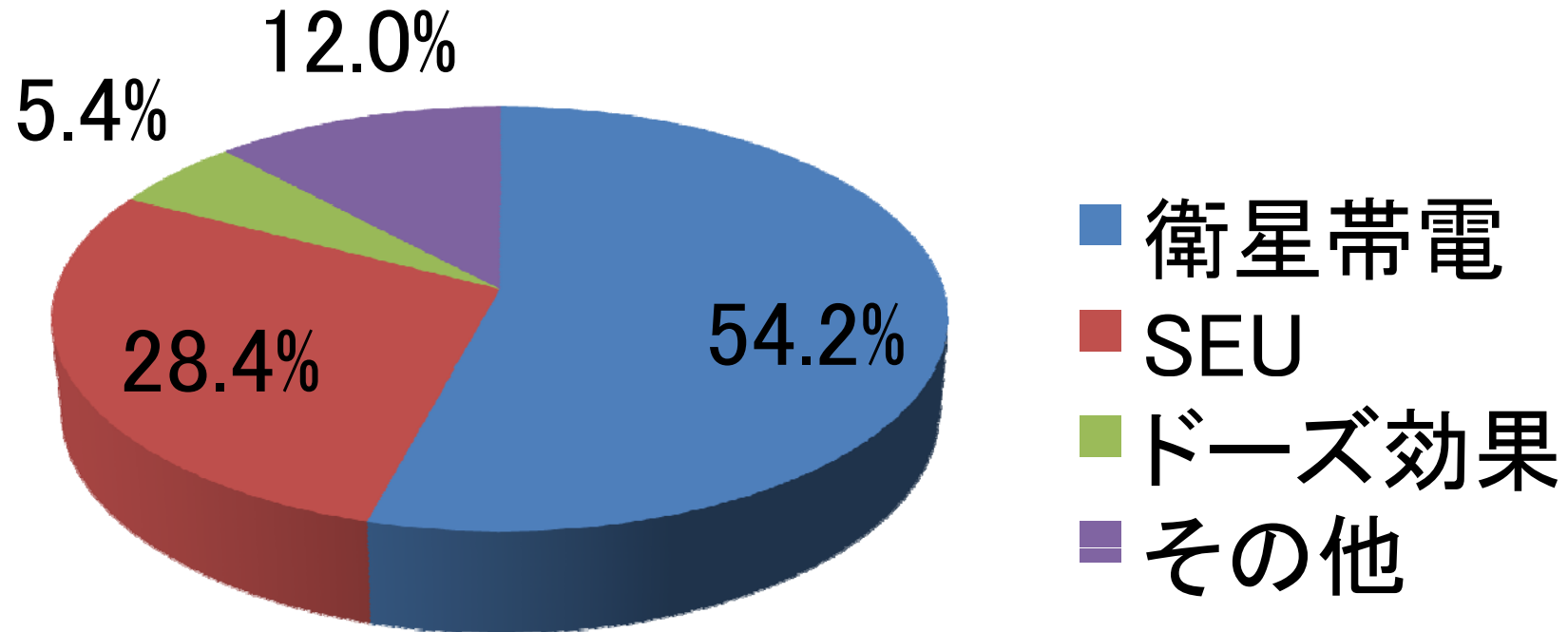


図1.3.17-2 GMS-3の発生電力（正規化後）

現象：高エネルギー粒子（放射線）による損傷が蓄積・特製を劣化させ、機能が低下・喪失する現象。

起因：**太陽フレアに伴う高エネルギー粒子（プロトン現象）、銀河宇宙線、等**

宇宙環境による衛星障害



参照: Survey of spacecraft anomaly databases
(Space Architect Study: Koons他、1999)

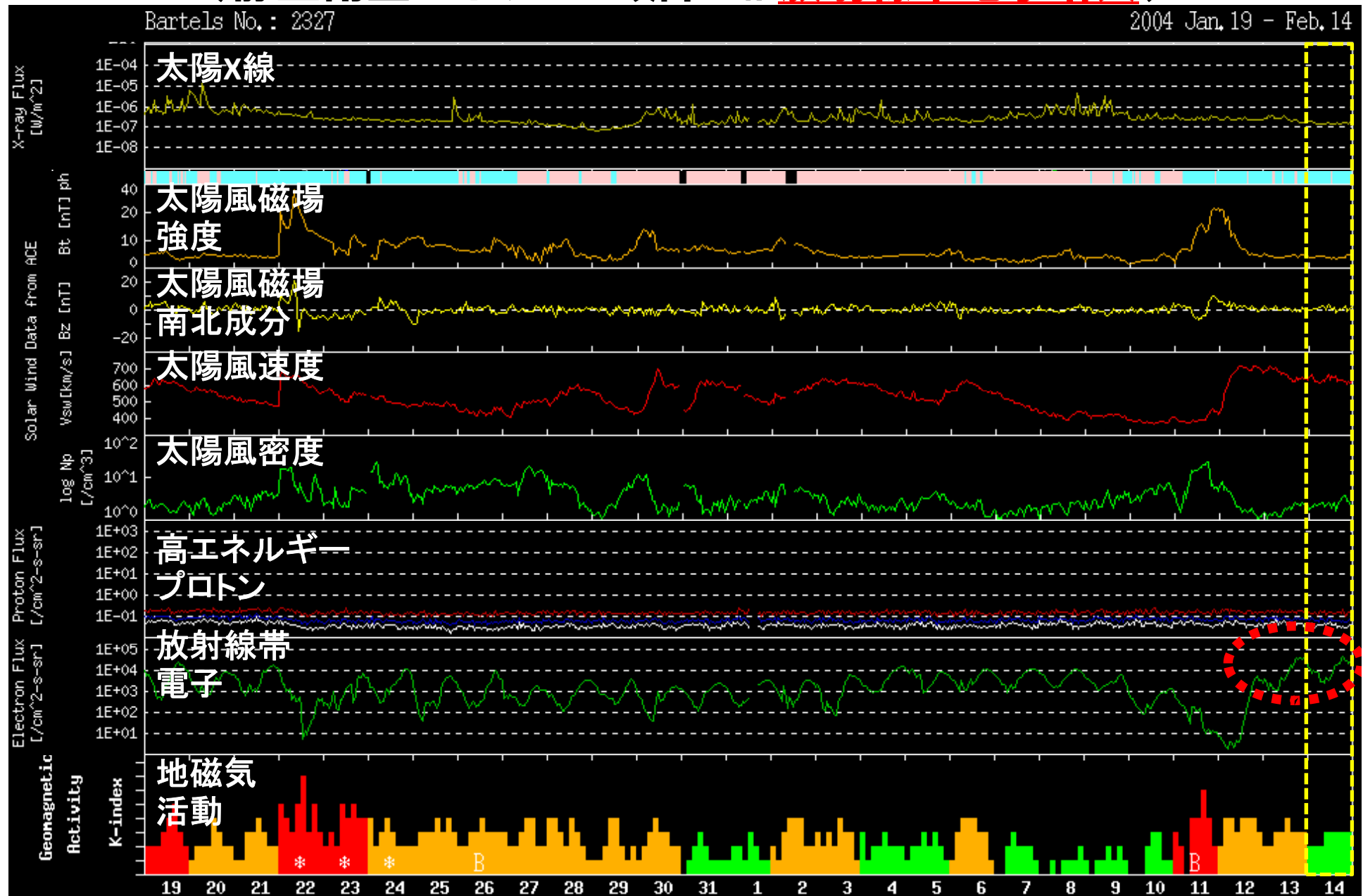
半数以上が衛星帯電（表面帯電＋深部帯電）による障害。

- 宇宙環境と衛星障害の関係
- **最近の衛星障害事例**
- 放射線帯の長期変動の傾向
- まとめ

最近の衛星不具合事例（2001年以降）

- 2001/09/25（静止衛星A） 姿勢制御異常 #プロトン現象 SEUによるコマンドエラー？
- 2001/11/07（静止衛星A） 姿勢制御異常 #プロトン現象 SEUによるコマンドエラー？
- 2003/10/24（低軌道衛星A） 故障 #サブストームに伴うオーロラ粒子降下
- 2004/02/14（静止衛星A） トラポン故障 #放射線帯粒子増大 深部帯電？
- 2005/01/17（静止衛星F） スラスタ異常 #プロトン粒子増加？
- 2005/07/22（静止衛星F） 姿勢異常 #放射線帯電子増加？
- 2005/08/19（静止衛星A） コマンド受信機故障 #放射線帯粒子増大 深部帯電？
- 2005/09/23（静止衛星D） カメラの電源断 #放射線帯電子増加継続？
- 2006/04/16（静止衛星D） 姿勢異常 #放射線帯電子増加？
- 2007/03/13（静止衛星D） 電波混信による画像の乱れ #電離圏側の問題？
- 2007/11/05（静止衛星E） 姿勢異常 #放射線帯電子増加？
- 2008/09/11（静止衛星B） トラポン故障 #放射線帯粒子増大継続 深部帯電？
- 2008/09/14（静止衛星B） トラポン故障 #放射線帯粒子増大継続 深部帯電？
- 2009/11/11（静止衛星D） 姿勢不安定 #銀河宇宙線？
- 2010/08/24（静止衛星C） 一時的な姿勢変動 13分間放送中断 #高速太陽風通過
＋地磁気擾乱 但し、関連性は不明。

2004年2月14日
(静止衛星A トラポン故障 #放射線帯電子増大)



磁気嵐の原因となる太陽面現象

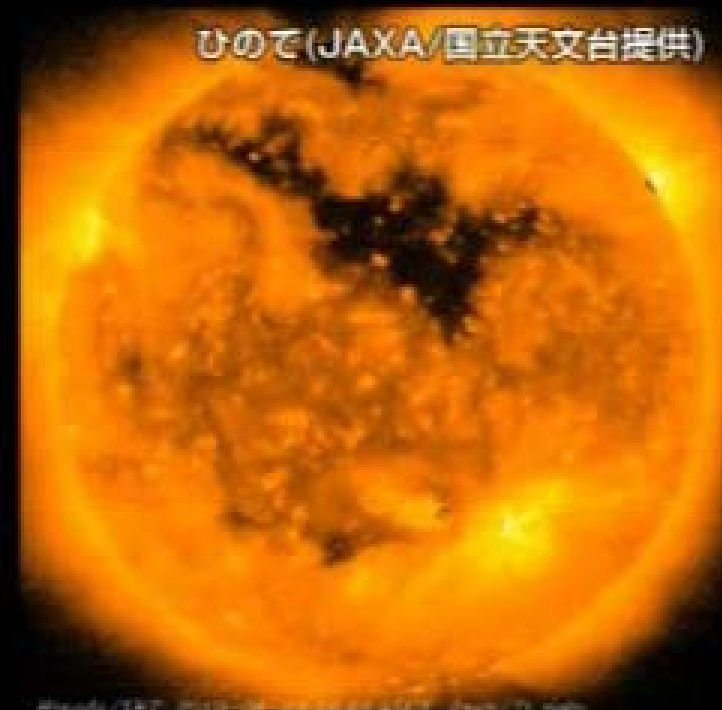
SOHO (ESA/NASA提供)



2004/11/06 15:18

CME

ひので (JAXA/国立天文台提供)

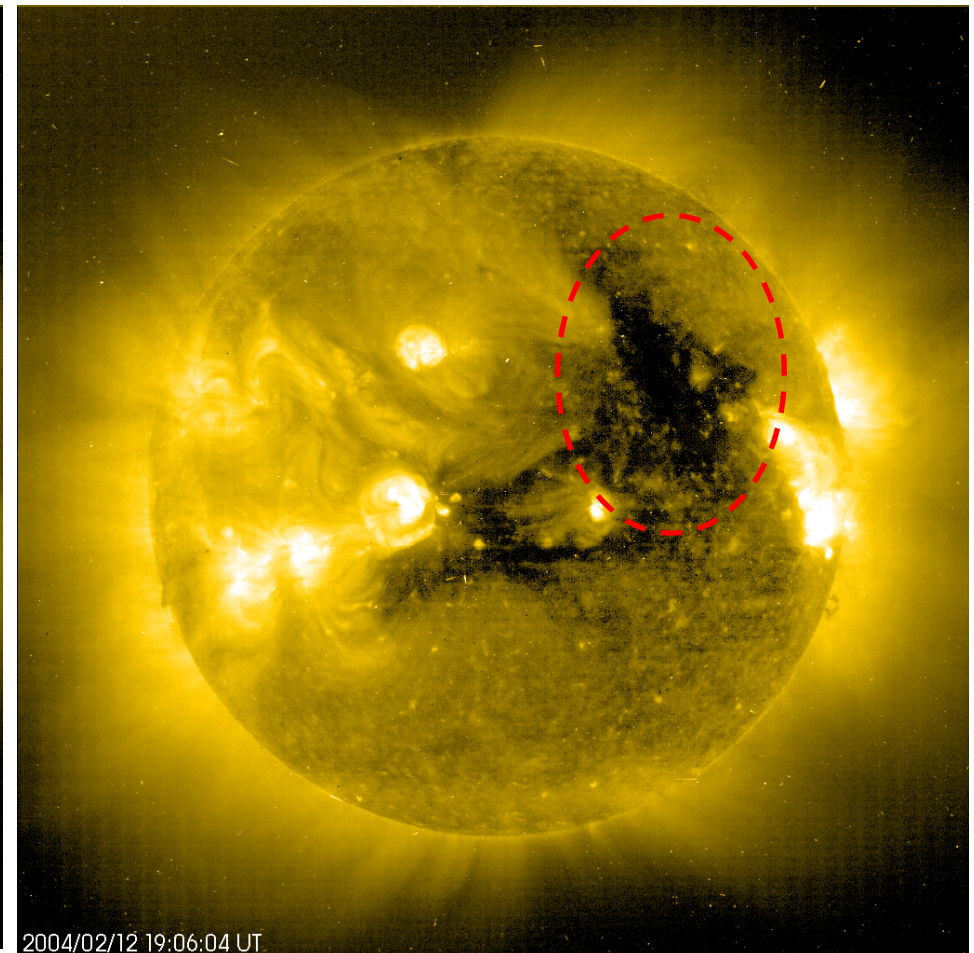
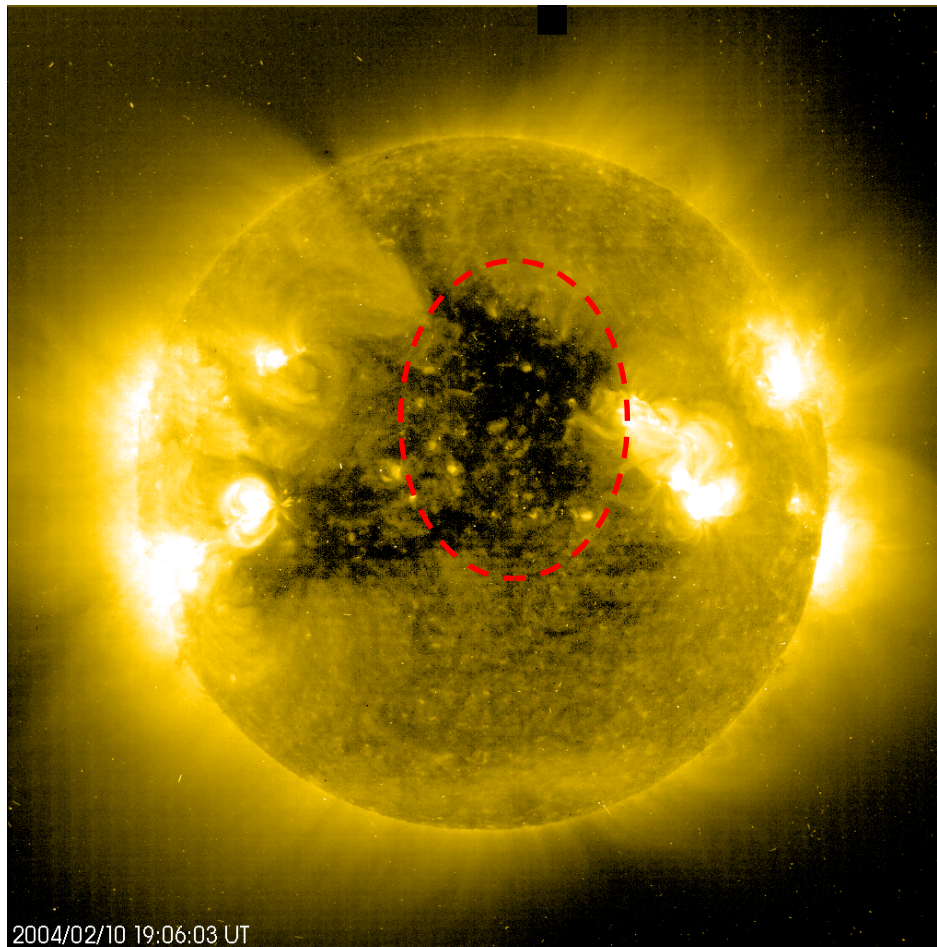


#Hinode/3kT 2019-08-14 00:00:00 45kT 49nm/16.png

コロナホール

参照: e-spaceweather 宇宙天気豆知識 「磁気嵐」

2004年2月12日～14日の 要因となったコロナホール

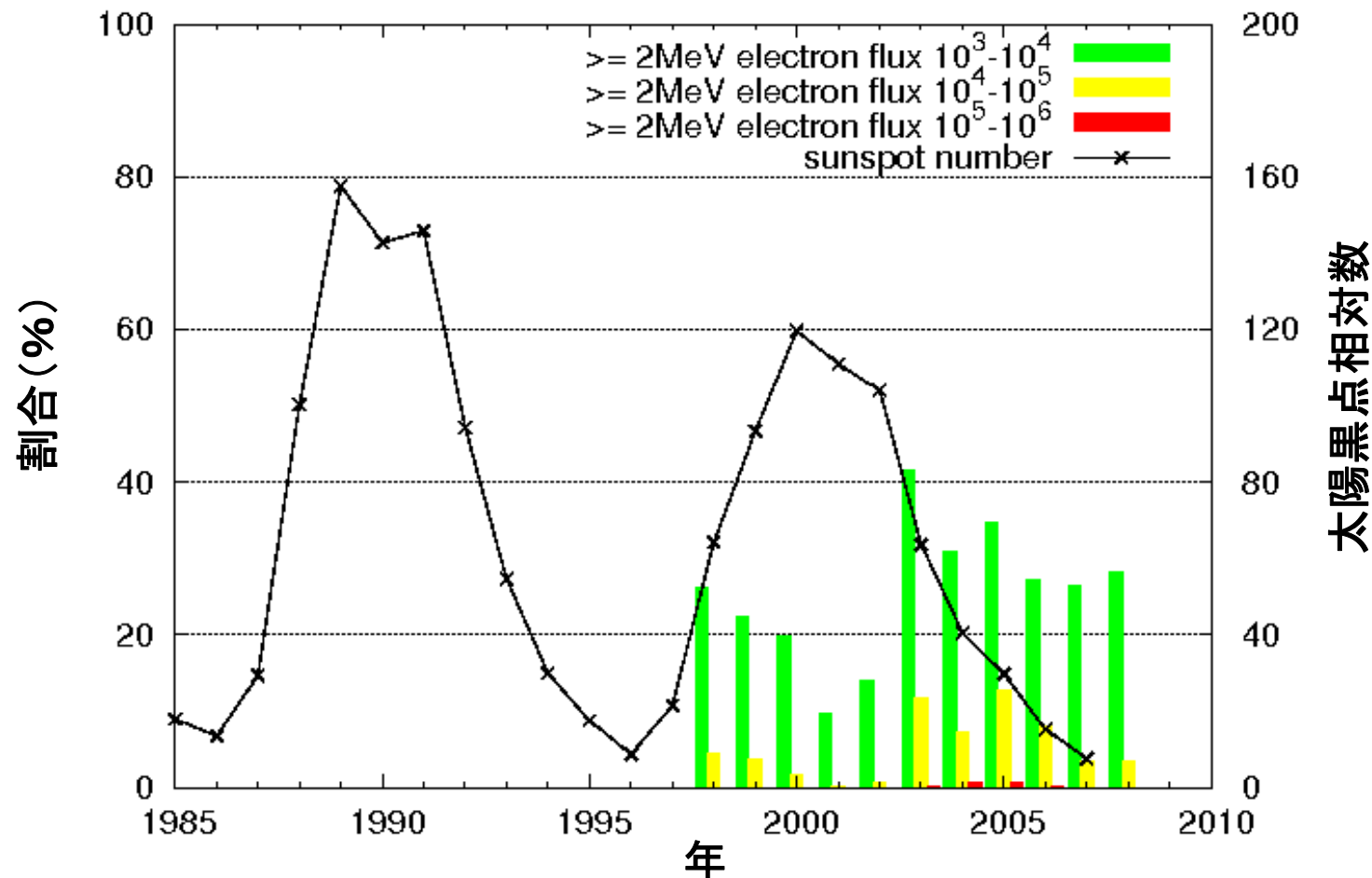


SOHO (ESA/NASA提供)

- 宇宙環境と衛星障害の関係
- 最近の衛星障害事例
- **放射線帯の長期変動の傾向**
- まとめ

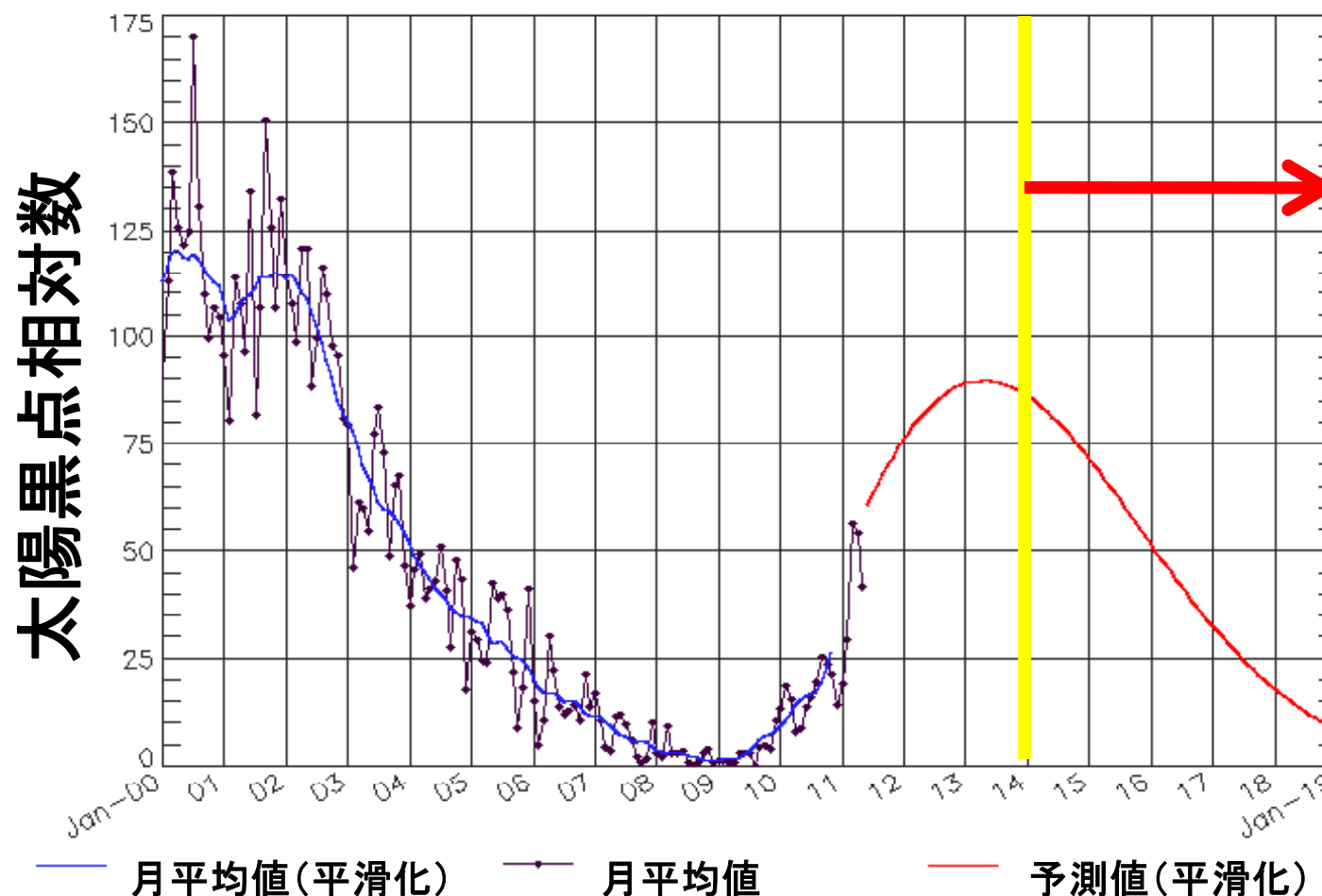
放射線帯外帯電子fluxの頻度分布

GOES10



太陽活動の下降期になると放射線帯外帯電子フラックスが増加する傾向にある。

今後の太陽活動の推移予測



放射線帯電子の影響に関しては、**2014年以降にリスクが高まると現時点では予想される。**

- 宇宙環境と衛星障害の関係
- 過去の衛星障害事例
- 放射線帯の長期変動の傾向
- **まとめ**

まとめ

- 衛星運用の際に主に気をつけるべき現象は下記の通り。
 - 表面帯電 → サブストーム(地磁気変動)
 - 深部帯電 → 放射線帯粒子増加(地磁気嵐)
 - SEU → プロトン現象、銀河宇宙線
 - トータルドーズ効果 → プロトン現象、銀河宇宙線、放射線帯粒子
- 衛星障害の半数以上が帯電(放電)によるもの。深部帯電の影響は2014年以降にリスクが高まることが予想される。

参考URL

- 太陽地球環境情報チャート
<http://hirweb.nict.go.jp/sedoss/solact3-j>
- 宇宙天気豆知識
– <http://seg-web.nict.go.jp/e-sw/movie/sw-knowledge.html>
- 太陽地球環境情報サービス
– <http://hirweb.nict.go.jp/index.html>
- 宇宙天気サービス
– http://www2.nict.go.jp/y/y223/sw_portal/sw_portal.html