

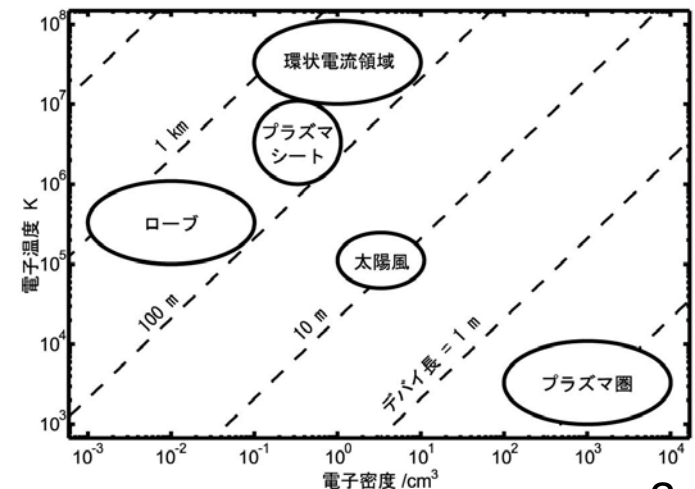
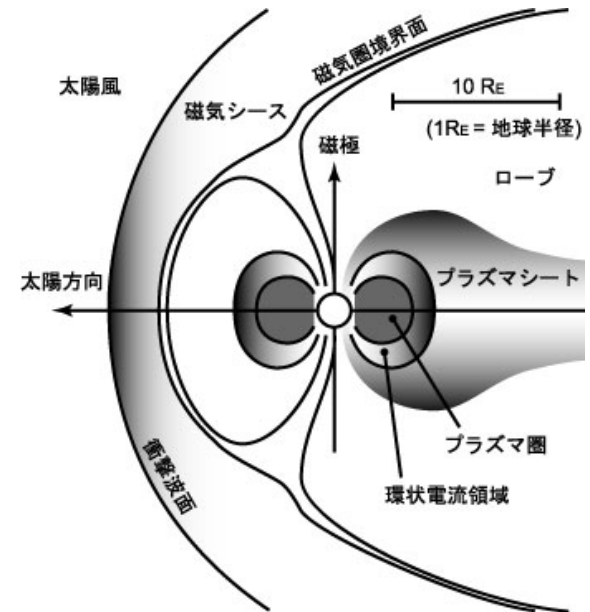
打ち上げ20周年を迎えた磁気圏 観測衛星「あけぼの」の成果と現状

「あけぼの」プロジェクトマネージャー
松岡彩子

地球磁気圏

- 地球起源の磁力が及ぶ範囲
- 宇宙の中の諸現象(磁場の中でのプラズマ[荷電粒子の集合体]のふるまい)を直接観測できる貴重な舞台
- 太陽からの放射線など、地球に対する荷電粒子の遮蔽に寄与する一方で、荷電粒子の「加速器」としての役割も果たす→宇宙天気と密接に関連

地球磁気圏は、プラズマの密度や温度によって、いくつかの領域に分類される。



磁気圏観測衛星「あけぼの」

あけぼのが打ち上げられた1989年当時、宇宙から到来する荷電粒子が電離層に降り込んでオーロラが発光することはわかっていました。しかし、

- ・オーロラ粒子の加速される場所は？
 - ・オーロラ粒子を加速するメカニズムは？
- 等の謎があった。

「あけぼの」の主要科学的目標：

オーロラ粒子加速機構の解明

- **オーロラ粒子の加速域の場所**
- **オーロラ粒子加速メカニズムの成因**
- **オーロラ発光と極域の超高層現象との関係**

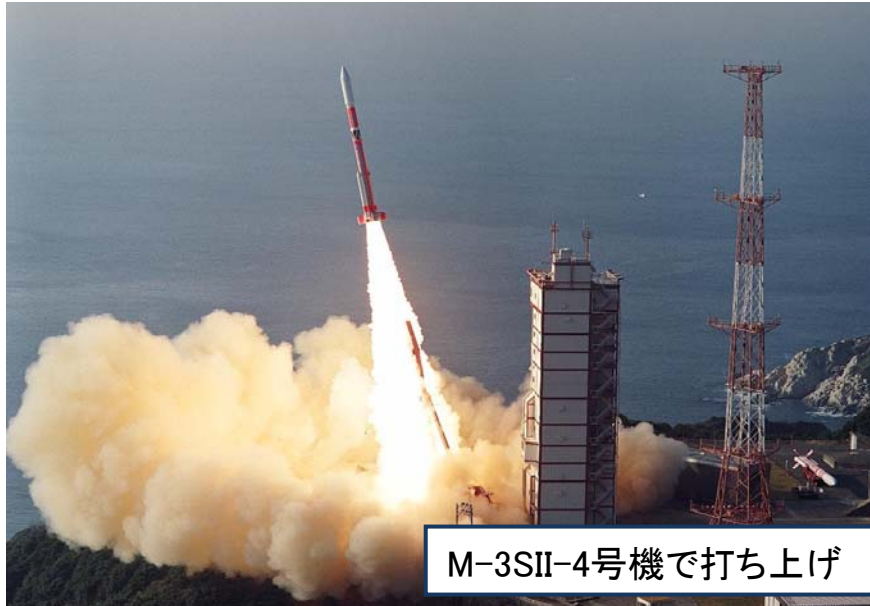


オーロラ粒子の加速域(と思われる)極域の数百～数千km高度を直接観測するために、近地点約300km、遠地点約10000km(当初)の準極軌道



軌道上に常に放射線帯がある過酷な環境

1989年 2月 22日 日本標準時間午前8時30分 M-3SII ロケット4号機にて内之浦から打ち上げ

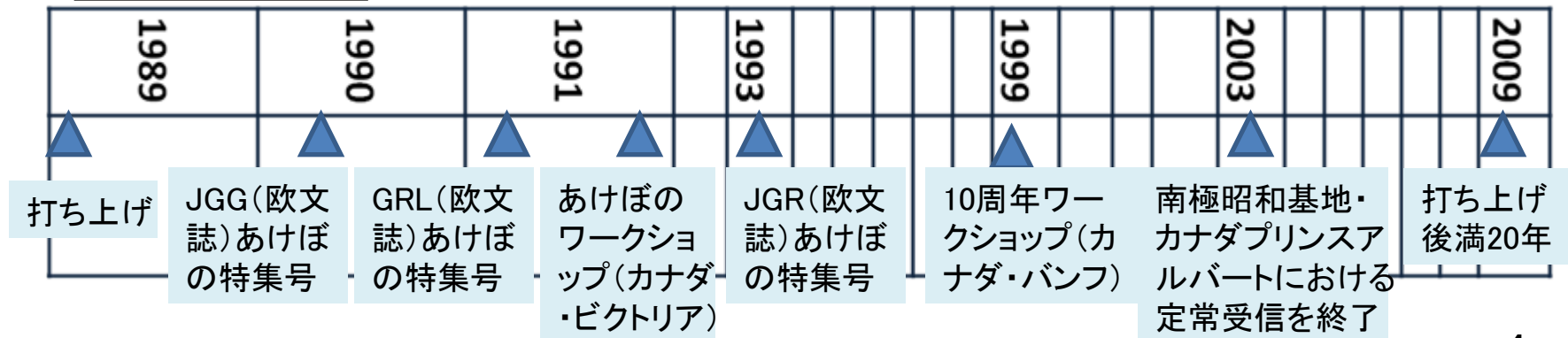


M-3SII-4号機で打ち上げ



鹿児島宇宙空間観測所(当時)
管制室の様子

20年間の経緯



長寿命衛星としての特徴

- ◆ 人類の宇宙開発50余年のうちの20年間運用
- ◆ 測地実験衛星「あじさい」(1986年8月打ち上げ、電氣的機能を持たない)を除けば日本の人工衛星で最高寿命
- ◆ 軌道上に放射線帯があり、厳しい放射線環境にもかかわらず大きな故障無し(一部の機器は劣化し運用停止)

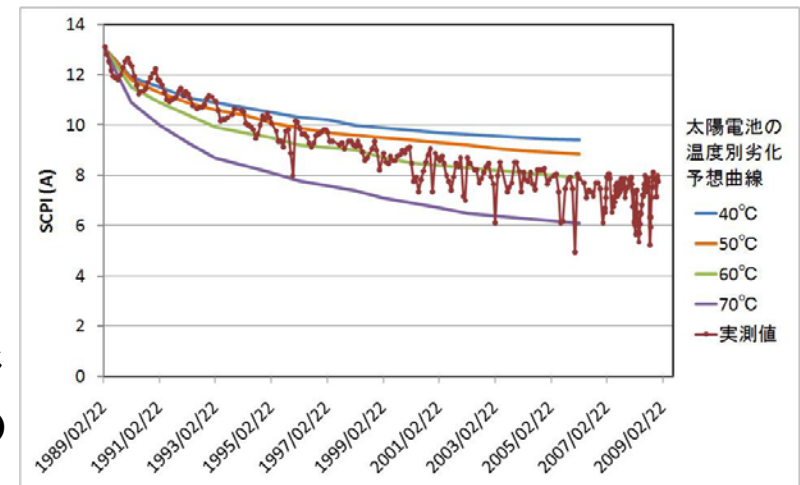
長寿命に導いた要素

衛星ハードウェア

- スピン安定(科学観測の要請)
- 耐放射線仕様
- 推進薬やホイールを使わず磁気トルカで姿勢制御が可能
- 打ち上げ当初、発生電力量に十分なマージンの確保(現在の発生電力は打ち上げ時の60%)

その他

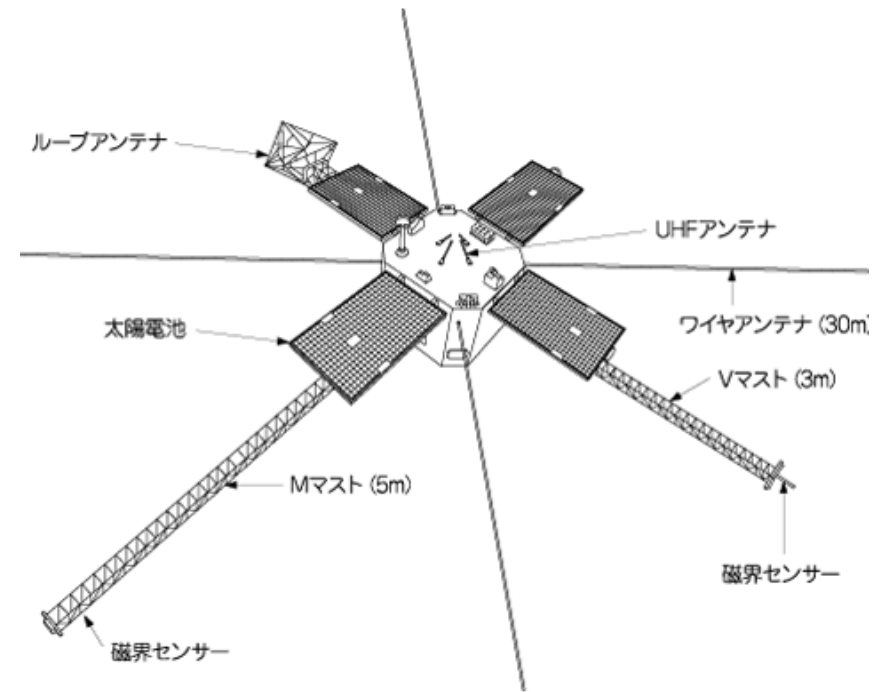
- 新しい機材・技術を用いた地上系の適切な更新



太陽電池発生電流の推移

搭載機器とその現状

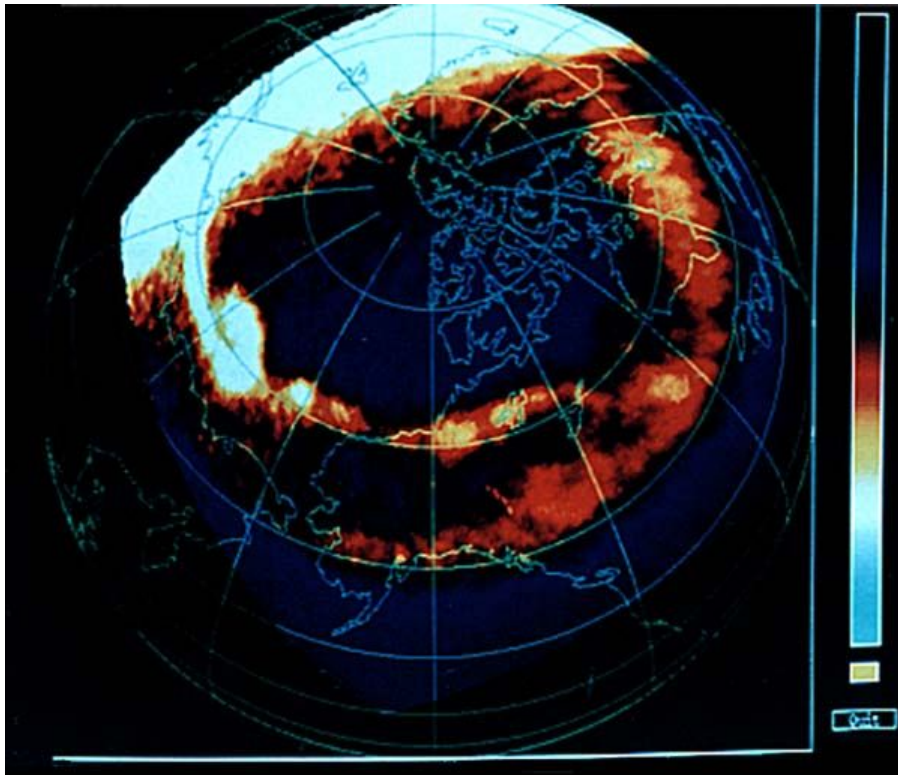
測定機器	状況
磁場観測器(MGF)	△
電場観測機(EFD)	×
低周波プラズマ波動観測機(VLF)	○
高周波プラズマ波動観測機(PWS)	○
低エネルギー粒子観測機(LEP)	△
熱的イオン観測機(SMS)	○
電子温度観測機(TED)	○
放射線計測器(RDM)	○
オーロラ画像カメラ(ATV)	×



- 打ち上げ時の性能をほぼ維持して運用中
- △ 打ち上げ時から性能が劣化しているが運用中
- × 放射線等の影響で性能が劣化し運用停止

主な成果：オーロラ観測と粒子加速

オーロラ粒子加速メカニズムについて、他衛星の観測では抜け出すことの出来なかった「イベント観測」ではなく、多くのデータを使った統計に裏打ちされた、普遍的結論を導くことに成功した。



「あけぼの」搭載の紫外線カメラ(ATV-UV)で撮像されたオーロラの連続画像のスナップショット

プラズマ粒子、磁場、電場、波動、オーロラ撮像による加速域の長期間にわたるデータを取得

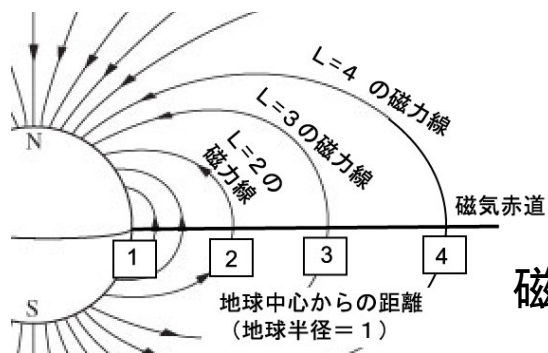
太陽活動、地球磁気活動、季節依存性に対する統計解析

- **オーロラ粒子加速域の場所は？**
 - ➡ **高度3000～10000km。冬半球で低高度に、夏半球で高高度に発生する。**
- **オーロラ粒子加速メカニズムは？**
 - ➡ **磁場に沿った大きな電場が加速。**
- **極域の超高層現象との関係は？**
 - ➡ **太陽光が当たらない冬半球における電離圏で、電気抵抗が増大し、加速域の大きな電場を“支える”。**

ことを明らかにした。

「あけぼの」は、極域のオーロラ現象だけではなく、中低緯度の直接観測でも重要な成果をあげた。

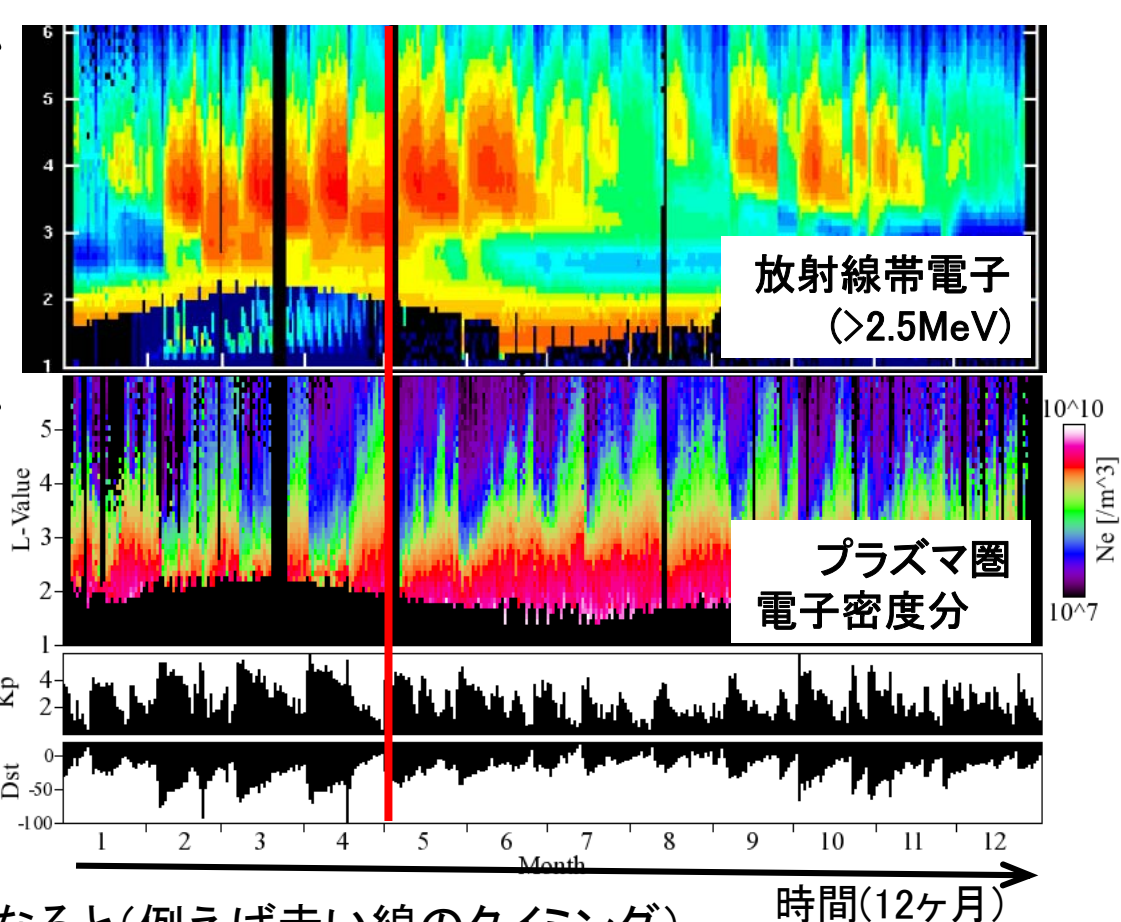
磁気活動の変動に伴う、放射線帯・プラズマ圏の消長



地球の磁気活動度指数
上下に広いほど活発

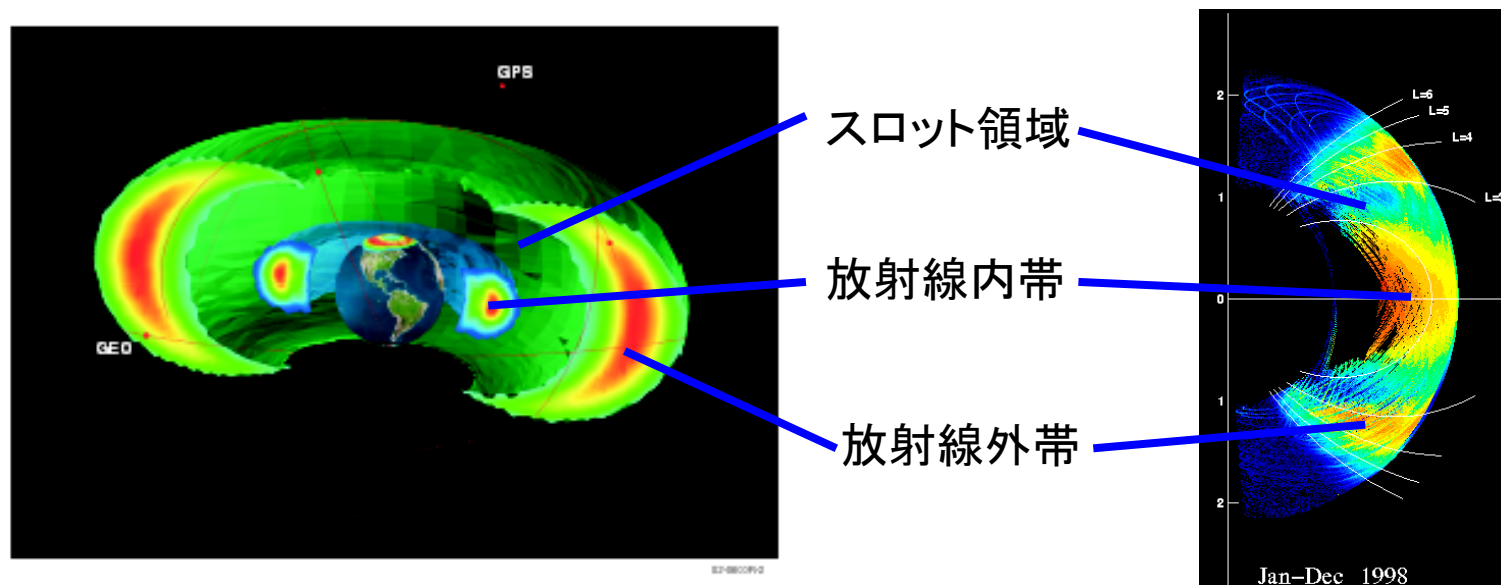
Kp
Dst

外側 ↑
磁力線の
Lの値
内側 ↓
外側 ↑
磁力線の
Lの値
内側 ↓



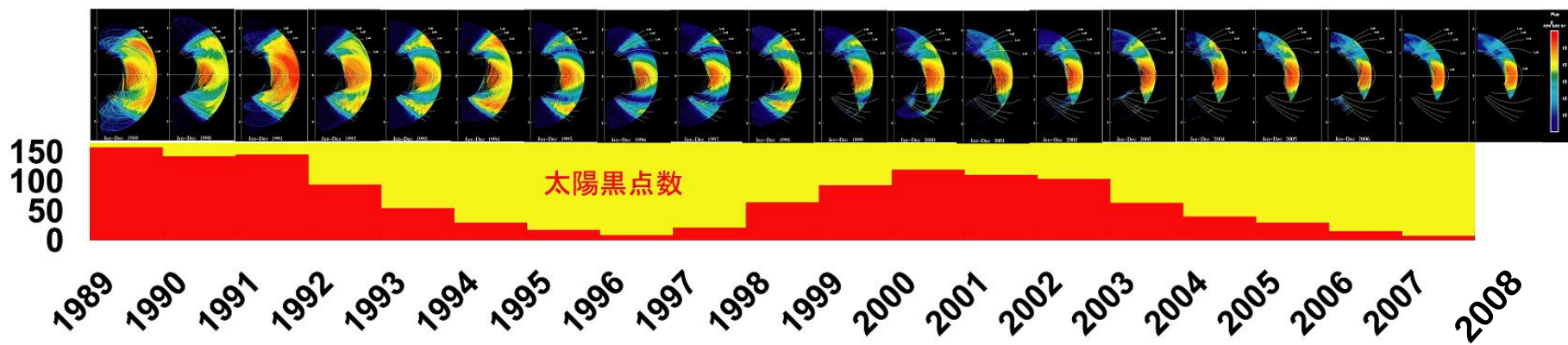
地球の磁気活動が突発的に活発になると(例えば赤い線のタイミング)放射線帯の電子は増加し、磁気活動と相関する関係にあることがわかる。一方、磁気活動が活発になるとプラズマ圏電子は減少する。活発な磁気活動はプラズマ圏を衰退させることがわかる。

太陽活動11年周期と放射線帯



太陽 11 年周期と地球放射線帯の変動

> 2.5 MeV 電子



太陽活動の長周期変化に伴って、放射線外帯が消長する

「あけぼの」磁気圏観測：今後の展開

●太陽活動周期22年のカバー

太陽の磁場の極性は22年で反転して元に戻る。プラズマは、反平行の磁場中では磁場の障壁を突き破って運動量を輸送する効率が高まることがわかっている。22年間の観測により、太陽の磁場極性が地球磁場極性と平行の時と反平行の時とでの、地球磁気圏に入るエネルギー量の差を検証できる。

●他の磁気圏観測衛星、地上観測との共同観測

- 「あけぼの」と同じく、太陽地球系物理学国際共同観測計画 (JAXA、NASA、ESA) に参加する Geotail、Cluster (欧) 等、「あけぼの」とは異なる領域を観測する衛星との同時観測による、グローバルな現象の研究
- 地上のレーダー、光学、磁場観測との同時観測による、複合的解析

