

衛星運用分野における影響 衛星運用者における取り組み

JAXAにおける研究活動と対策

2022年 2月18日

宇宙航空研究開発機構
研究開発部門 第一研究ユニット
木本雄吾



内容

1.2003年10月～11月期（注）の衛星の運用状況

①環境観測技術衛星（ADEOS-II）「みどりII」

②データ中継技術衛星（DRTS）「こだま」

2. まとめ

出典

（注） ハロウィンのお祭りの期間に関連し、「ハロウィンイベント」と呼ばれている。

1.2003年10月～11月期の衛星運用状況

①環境観測技術衛星（ADEOS-II）「みどりII」の運用異常[1]

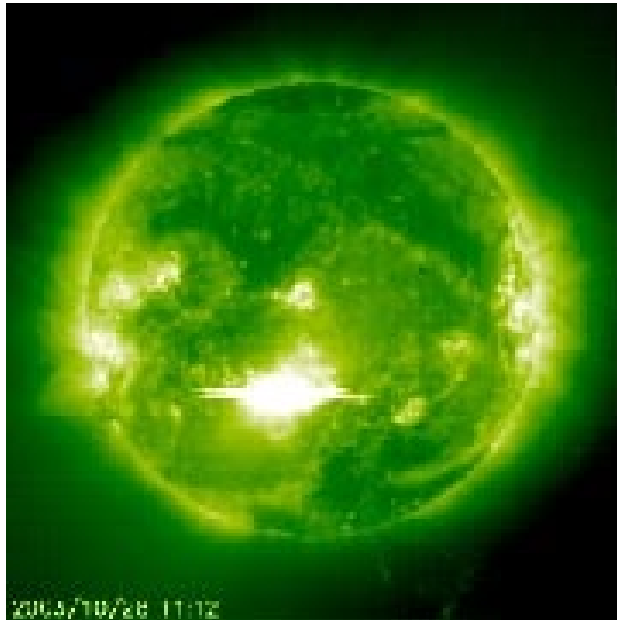
- ・ 10月25日7時28分頃(JST、以下同様)に、EORC*で地球観測データが受信不可。
- ・ 同日8時49分頃、軽負荷モードへ移行。その後8時55分頃、テレメトリ確認不可。
- ・ (その後の調査で10月25日1時15分頃、太陽電池パドルの発生電力が、約3分間で、約6 kWから約1 kWに低下)。
- ・ 10月31日、衛星との交信ができていないこと、並びに、三軸姿勢確立に必要な約1.2kWの電力確保が困難であることが判明したことを踏まえ、「みどりII」の観測運用が復旧する見込みは極めて少ないと判断。

②データ中継技術衛星（DRTS）「こだま」の地球センサ信号異常[1,2]

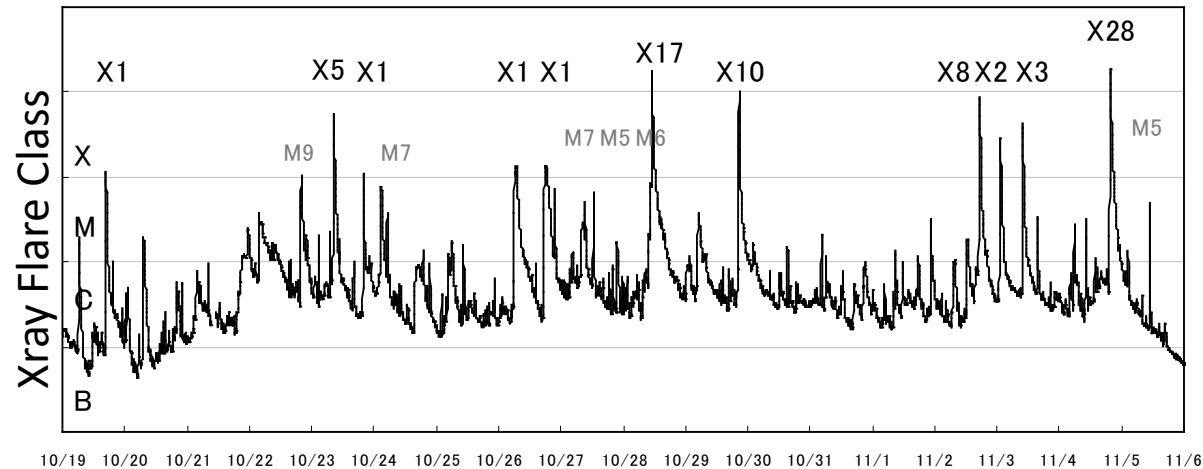
- ・ 10月29日0時30分頃発生。
- ・ 以降、断続的に地球センサに異常信号が頻繁に発生、故障検知機能が働く。3時42分頃に衛星は電力的に安全な太陽捕捉モードに移行。
- ・ 太陽フレアの沈静化を待って、三軸姿勢の確立を行い、定常運用に復帰（11月7日）。

*地球観測センター（埼玉県鳩山町）

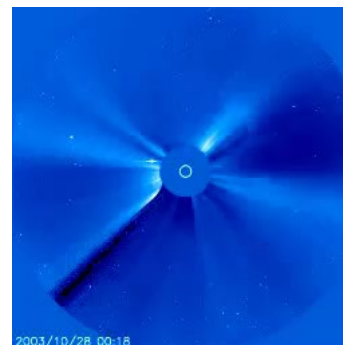
2003年10月末～11月初旬にかけての宇宙環境（概況）



紫外線で観測した太陽フレア
(SOHO衛星ESA/NASA)



X線フラックスデータの変化(GOES12号)



太陽活動が非常に活発な時期であった。

白色光で観測したCME (SOHO衛星ESA/NASA
(2003/10/28)) 中央の白い円が太陽光球

国内外の衛星障害及び運用管制上の太陽フレア対策調査結果[3]

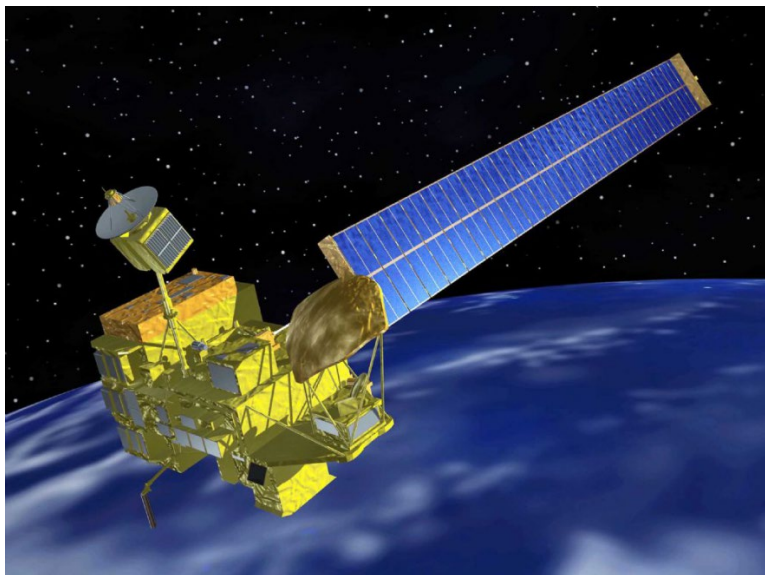
故障・不具合の区分	件数
永久故障または大幅に劣化	4
安全モードに移行、 または運用を一時的に停止したもの	37
データ内容の「誤り」が増えたもの、 または搭載コンピュータが誤動作したもの	8

(注) ADEOS-II、DRTS除く

“NASAのゴダード宇宙センターが運用管制している宇宙科学衛星(深宇宙探査も含む)の約59%がこの10月期の太陽フレアの影響を受け、耐宇宙環境設計をしていたにもかかわらず、約24%のミッション(衛星)は搭載機器の電源をOFFにするか、他の運用上の防衛対策。”

出典: Service Assessment “Intencse Space Weather Storms October 19- November 07, 2003”, U.S. Dept. of Commerce, NOAA, March 2004 (Draft)

①環境観測技術衛星 (ADEOS-II) 「みどりII」の運用異常



軌道上のみどりII (CG)

打上げ日時	2002年12月14日 10:31
打上げロケット	H-IIAロケット4号機
形状	約4m×約4m×約6m 展開型太陽電池パドル (3x24m) を有する箱型
重量	約3,700kg
設計寿命	3年
軌道	太陽同期準回帰軌道
軌道高度	約803km
軌道傾斜角	約99度
軌道周期	約101分 (回帰日数4日)

- ・地球観測プラットフォーム技術衛星 (ADEOS) 「みどり」の後継機
- ・地球温暖化等のグローバルな環境変動メカニズムの把握や、気象、漁業等の実利用
- ・観測技術の開発・高度化等を目的とする地球観測技術衛星
- ・JAXA他、環境省、NASA (JPL)、CNESの観測センサを搭載 (国際協力プロジェクト)

①環境観測技術衛星（ADEOS-II）「みどりII」の運用異常

- 原因の究明及び今後の対応を検討するため、理事長を本部長とする「みどりII運用異常対策本部」を設置[1]。
- 故障部位洗い出しを行い、太陽電池と衛星本体間の電力線に絞込。
- 検討結果は宇宙開発委員会へ報告。
- 原因究明及び今後とるべき対策等について、以下に集成。

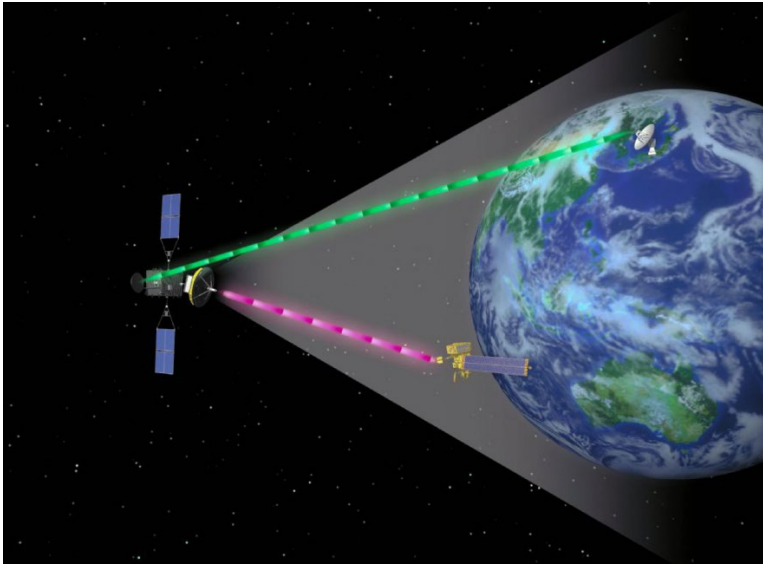
環境観測技術衛星（ADEOS-II）「みどりII」の運用異常に係る原因究明及び今後の対策について[4]

- その中で、今後の人工衛星開発への反映事項の一つとして、「軌道上等のデータの蓄積及び設計基準の整備」。

（関連して制定された設計標準類の代表例）

- 帯電解析ソフト（MUSCAT）の開発
- JERG-2-144 微小デブリ衝突耐性評価標準
- JERG-2-211 帯電・放電設計標準
- JERG-2-212 ワイヤディレーティング標準
- JERG-2-213 絶縁設計標準
- ISO 11221:2011（宇宙用太陽電池パネルの帯電放電試験法）
- ISO 19923:2017（宇宙機最悪帯電プラズマ環境）
- ISO 21980:2020（民生部品の宇宙放射線試験条件）
- TS 21979:2018（準動的放射線帯粒子モデル）

②データ中継技術衛星（DRTS） 「こだま」の地球センサ信号異常



DRTSによる、地球観測画像の伝送イメージ（CG）

打上げ日時	2002年9月10日
打上げロケット	H-IIAロケット3号機
形状	2.2m×2.4m×2.2m 太陽電池パドルx2 衛星間通信アンテナ、フィーダリンクアンテナ
重量	約3,700kg
設計寿命	7年
軌道	東経90.75度

- 放射線計測装置[5]を搭載。当時JAXAのほぼ全ての衛星に放射線計測装置を含む**技術データ取得装置**（放射線、磁場及びその影響（SEU、TID、帯電等）のモニタ）を搭載[6]。
- 地球センサと宇宙環境との相関を調査。結果ノイズと高エネルギー電子フラックスに相関[7]。内部帯電の可能性が高い。
- 静止軌道の高エネルギー電子予測・警報システムを整備し、プロジェクトに貢献[7]。

2.まとめ

- 2003年10月中旬から11月初旬にかけて、宇宙環境が非常に活発だった期間に生じたJAXAの衛星の状況。
- みどりIIの原因究明においては、衛星からのテレメトリーデータの解析、検証試験、解析及び当時の各種宇宙環境観測データを総動員して異常発生シナリオを推定。
- こだまの運用においては、当該期間の運用だけでなく、それ以降の運用期間を宇宙環境データでサポート。
- 一連の不具合の直接的原因だけでなく、設計の基本にまで遡って総点検を実施。
- これら活動を通して得られた知見は、設計標準類として、将来の衛星設計、運用に資するように活動。
- 設計標準類は適宜維持、改訂。

出典

- [1] JAXAプレスリリース 2003年10月
- [2] JAXAプレスリリース 2003年11月
- [3] 五家建夫、宇宙環境リスク辞典、丸善2006
- [4] 環境観測技術衛星（ADEOS-II）「みどりII」の運用異常に係る原因究明及び今後の対策について 平成16年（2004年）7月28日宇宙開発委員会
https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/uchuu/reports/04080901.pdf
(Accessed 16 February 2022)
- [5] Haruhisa Matsumoto, et.al, Compact, Lightweight Spectrometer for Energetic Particles, IEEE TNS, Vol.48, No.6 December 2001.
- [6] 宇宙環境計測情報システム（SEES: Space Environment & Effects System）
<http://sees.tksc.jaxa.jp/> (Accessed 16 February 2022)
- [7] 古賀清一ら、放射線帯電子の変動予測、第2回「宇宙環境シンポジウム」講演論文集 JAXA-SP-05-024,p102-105, 2005