

静止軌道上高エネルギー電子予測・警報システム

High energy electron prediction on geostationary orbit and alarm system

環境計測技術グループ

Expert group for space environment engineering

古賀清一、松本晴久、木本雄吾、越石英樹、上野賢一郎、五家建夫

K. Koga, H. Matsumoto, Y. Kimoto, H. Koshiishi, K. Ueno, T. Goka

Abstract

We analyze those aspects of space environment that can cause satellite anomalies or failures, and are of critical importance to astronaut safety; at our laboratory we also develop instrumentation that measures the space environment. Using these measured data, we support satellite operations by both providing information on critical space environment conditions, and elucidating satellite anomalies.

In addition to alarm systems for high-energy protons in solar flares, an alarm system for high-energy electrons at geostationary orbit, which is activated when predicted flux levels exceed a certain threshold, has also been developed, and began to operate in 2003. This system contributes to electrostatic charging analysis, and the operation of DRTS, and is also accessible by the outside user.

1. はじめに

環境計測技術グループでは、衛星に搭載されている宇宙環境計測装置を用いて、得られた宇宙環境のデータによる衛星環境の把握および宇宙環境の予測を行い、衛星運用および不具合解析に役立てるための情報発信を行っている。

平成15年3月23日、「こだま」(DRTS: Data Relay Test Satellite)のESA(Earth Sensor Assembly)にノイズが発生し冗長系への自動切り替えが起こり、その後もノイズ現象が継続したため、プロジェクトからの依頼により環境計測グループにて宇宙環境との相関を調査した。その結果、ESAノイズデータと高エネルギー電子フラックスに相関があることが判明した。このため、従来の太陽フレア陽子への警報システム(太陽フレア警報システム)に加え、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てきた。このシステムが完成し、平成15年度から内外のユーザに対してサービス提供を開始した。

2. 研究の概要

放射線帯の高エネルギー電子については、太陽活動や地磁気嵐の影響を受けダイナミックに変化することから太陽・地球圏科学の分野からも注目され精力的に研究が行われている。放射線帯外帯の高エネルギー電子は、太陽風に起因する磁気圏の擾乱によって変動する。このため、L1ポイントで惑星間空間の環境を計測しているACE(Advanced Composition Explorer)衛星の太陽風速度データを用いて、静止軌道上の高エネルギー電子の2日後までの変動予測を行うシステムを整備した。予測手法としては、

約1年間の太陽風速度データと DRTS の高エネルギー実測データからリニア・プレディクションフィルタを用いて相関係数を求め、過去20日分の太陽風速度データとこの相関係数から2日先までの電子フラックスの予測を行っている。この手法を用いた2003年の1年間の予測結果を図1に示す。

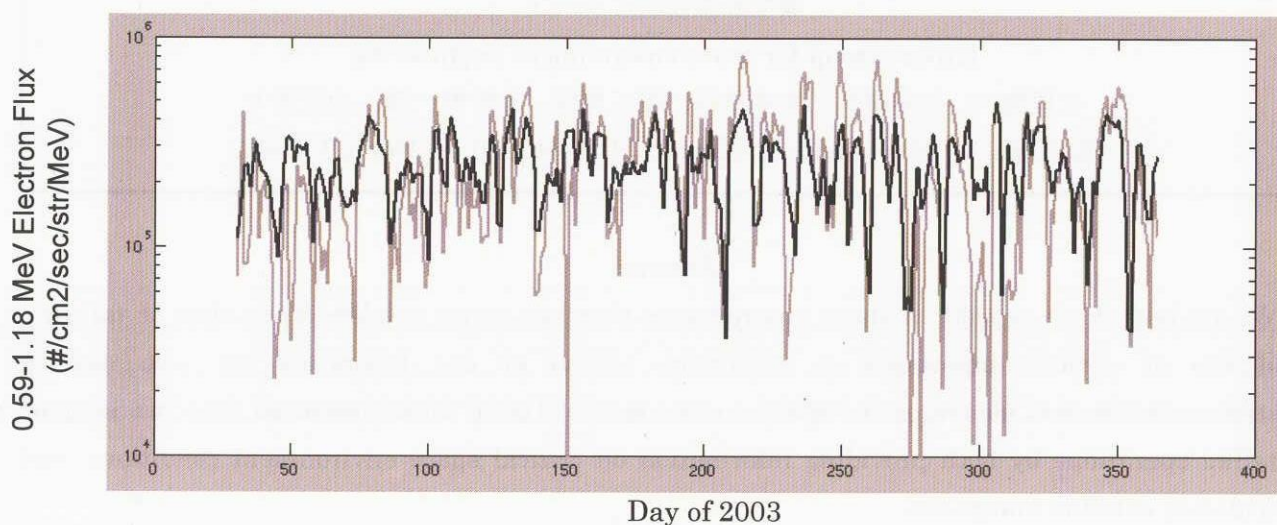


Figure 1 Comparison between prediction (black) and observation (grey)

高エネルギー粒子の増減は、再現できているが、急激な上昇や下降には対応しきれていない。これは、予測は1日平均値を用いて行っているが、実際には磁気嵐等に起因する数時間単位の変化が生じるため、それらの変化に追従していないためと思われる、今後の課題である。予測と実測の相関を図2に示す。横軸が実測データ、縦軸が実測データを表している。予測が的中している場合は斜線上に○が乗ることになる。

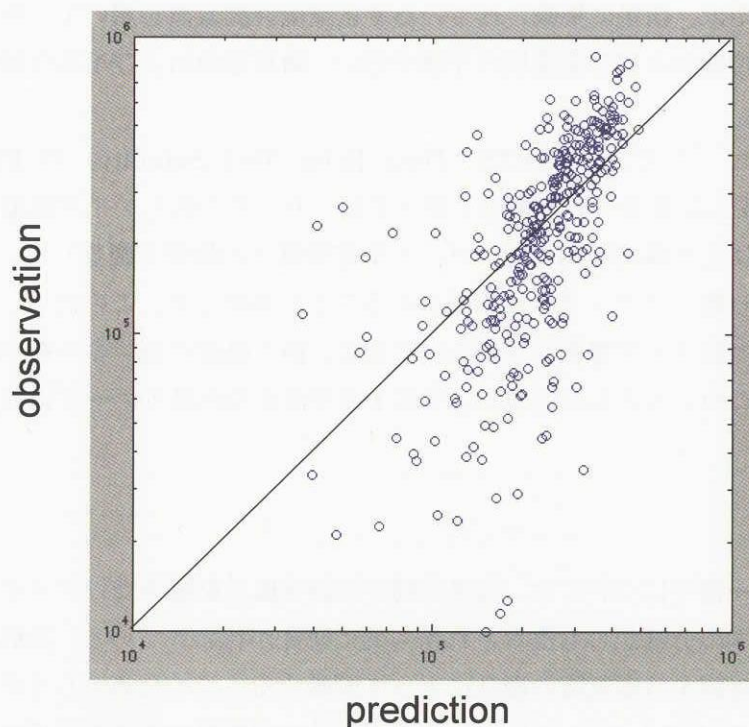


Figure 2 Correlation between prediction and observation

相関係数は、0.71 という結果が得られた。DRTS は、打ち上げから約2年が経過しており、今後データが蓄積されてゆくに従って、応答関数を更新し、精度を上げてゆく予定である。

3. 成果の概要

前項の予測手法を用い、過去のDRTSのESAセンサノイズ発生による異常ケースのデータ解析から、電子フラックスの閾値、1日の変化量の閾値を定め、これを超えたときに自動的に登録者にメールを送信する警報システムを作成した。システムの概要を図3に示す。

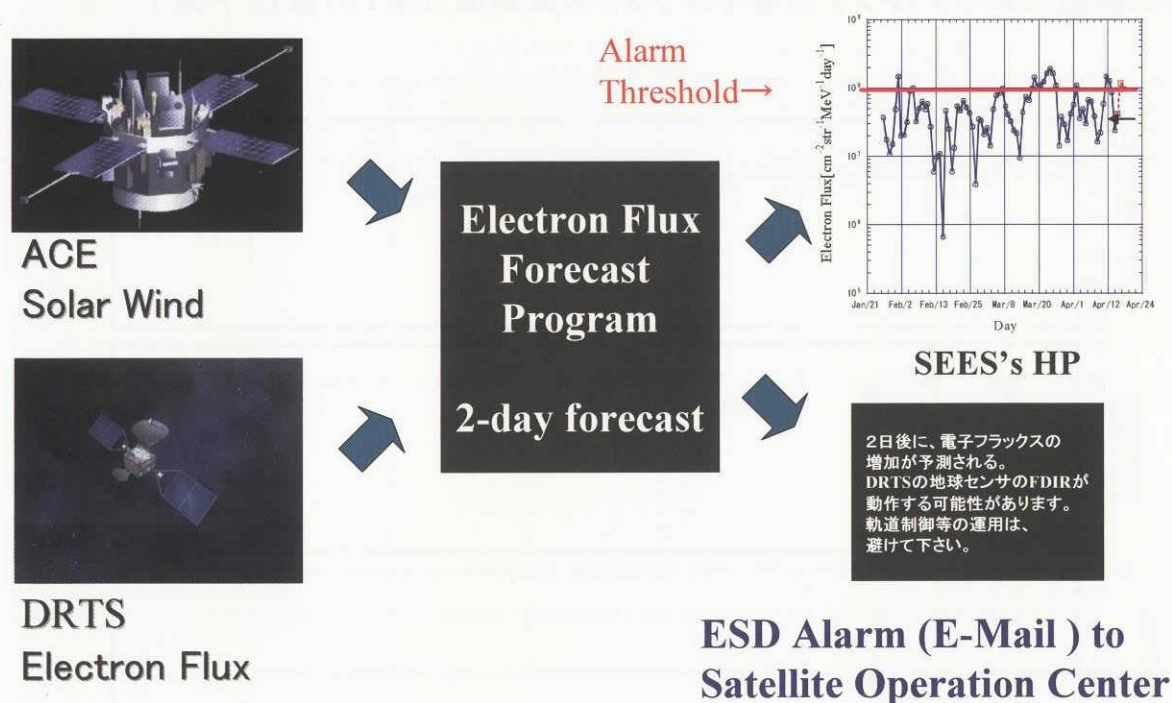


Figure 3 High-energy electron alarm system

ACE のデータは、NOAA の FTP サーバより取得している。

また、Web 上からも上記のデータを確認できるよう整備を行った。図4に宇宙環境計測情報システム (SEES : Space Environment and Effects System) のホームページで表示しているグラフ画面を示す。上段が DRTS によるリアルタイムの高エネルギー電子計測結果、中段が ACE の太陽風データを用いた高エネルギー電子フラックスの1日平均値の予測結果 (□) 及び実測データ (○)、下段が高エネルギー電子の前日からの変化量を示している。また、警報メールを発信する閾値を赤の波線で示している。データは予測の2日を含め、7日分を表示している。

4. まとめ

太陽風データと静止軌道上の高エネルギー電子の相関に関する研究を基にした予測手法を用い、2日後までの予測・警報システムを作成した。このシステムは現在運用中であり、実際の DRTS 運用に利用され、また、外部登録ユーザへのサービスを提供している。今後、データの蓄積によりさらに精度を向上させてゆく予定である。

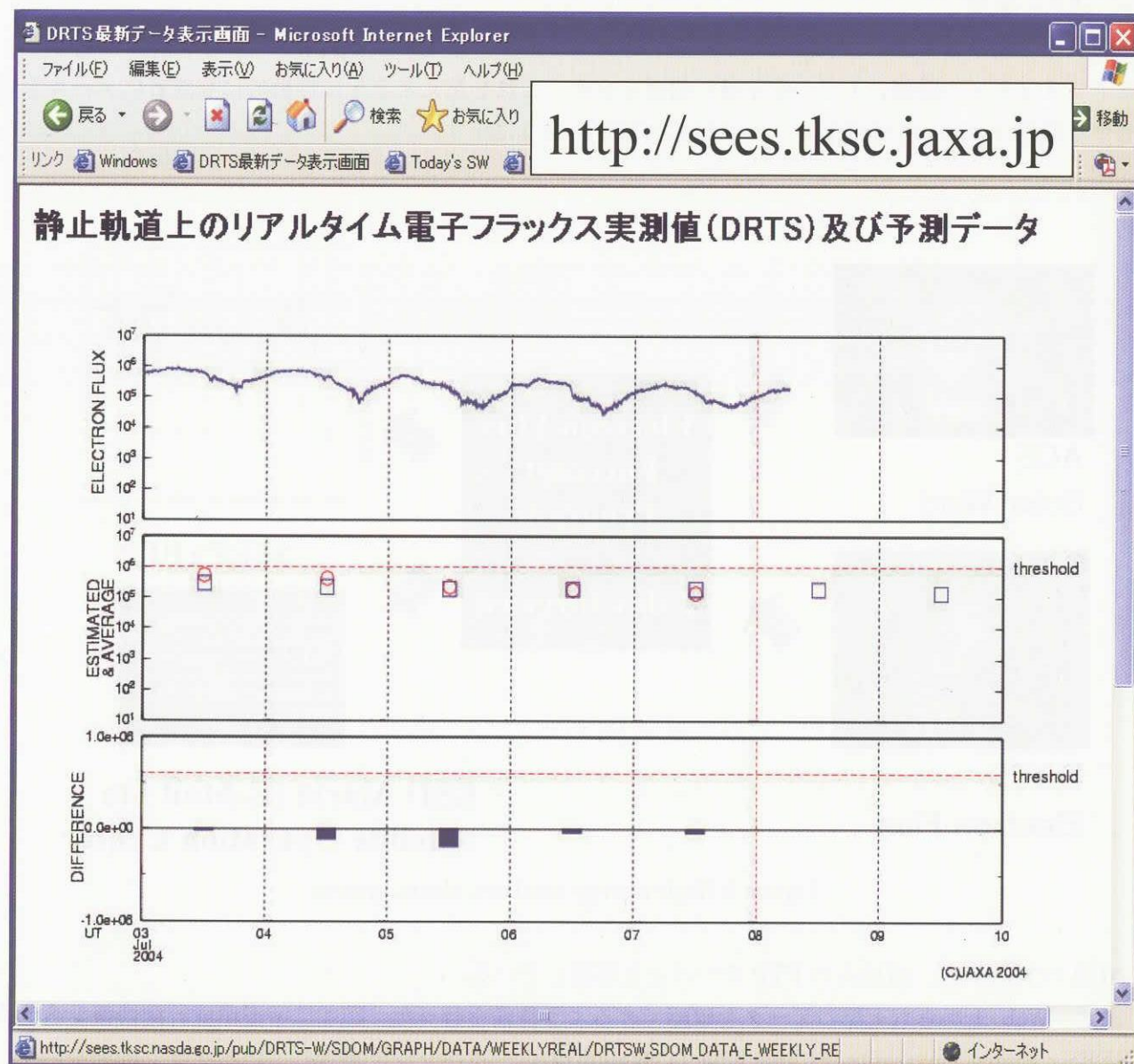


Figure 4 Plot of real-time observation and prediction of high-energy electrons in SEES HP