

衛星（環境）警報メールシステムの研究開発

Research and development of space environment warning mail system for spacecraft

総合技術研究本部 環境計測グループ
Space Environment Measurement Group

中山正史、松本晴久、五家建夫

Masashi Nakayama, Haruhisa Matsumoto, Dr. Tateo Goka

Abstract

The satellite environment warning mail system is to prevent the on-orbital satellite anomaly from the harsh space environment events, when the large solar occur, and severe geomagnetic storm occur. In actuality, this system is to generate space environment alerts that are based on geosynchronous satellite real time space environmental data and solar X-ray data.

1. はじめに

環境計測Gでは、平成13年度から宇宙環境の大きな擾乱を衛星搭載宇宙環境計測装置で自動検知して、計算機による自動（判断、予測）発信の衛星運用警報発令システムを構築し実行してきた。

(1) 最初に行ったのは、大型太陽フレアの早期検知システムである。

大規模な太陽フレアが発生すると、X線は約8分20秒で静止衛星軌道に届き、GOESのX線センサで探知できる。太陽フレアの放射線粒子は荷電粒子のため、太陽磁場のアルキメデス螺旋 (Fig. 1) に沿って飛来する。その到達時間はフレアの発生場所により50分から数時間の幅があるため (Fig. 2)、X線到達時間からの差を利用した NOWCAST を利用する。

すなわち、X線強度について我々の過去の衛星障害研究から決めた閾値を上回った場合に、警報メッセージが自動発信されることとなる。

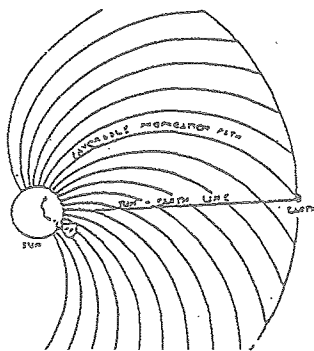


Fig.1 the charged particle circling in a magnetic field

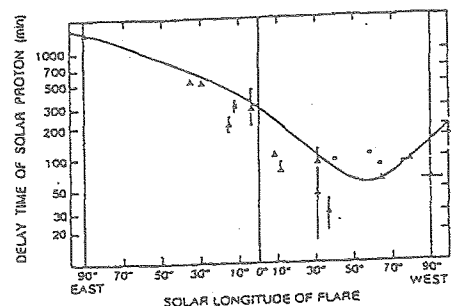


Fig.2 Relation the solar longitude of flare and the delay time of solar proton

(2) 次にに行ったのは、静止衛星の内部帯電の2日先の予報警報の発信機能を追加した。

これは、NASAのACE衛星で観測された太陽風速度データとこだま衛星（以下、DRTSという）の高エネルギー電子データとの相関関係を使って2日先を予測し、その値がDRTS

の地球センサのスパイクノイズ異常検知レベルを閾値として予測警報を発信する機能である。さらに追跡部門のユーザ要求に基づき、携帯電話などのモバイル端末向けEメールの自動発信機能を追加した。

- (3) みどり2号の運用異常を起こさせた大型磁気嵐と同程度の磁気嵐が起きた場合、極軌道衛星の運用者に対し、『観測機器のOFF、サバイバルモード移行』を喚起させる警報システム機能を追加した。言い換えれば、大量のオーロラ領域の放射線照射を浴びて軌道上故障を起こすリスクを回避することを主目的として運用するシステムである。
- (4) 昨年度に実施されたSTS-114に野口宇宙飛行士が搭乗した際、当グループは、宇宙基幹システム本部有人宇宙技術部宇宙医学グループの依頼に基づき、ミッション中の野口宇宙飛行士の宇宙放射線被曝管理についてプロジェクト支援システムを追加した (Fig. 3)。

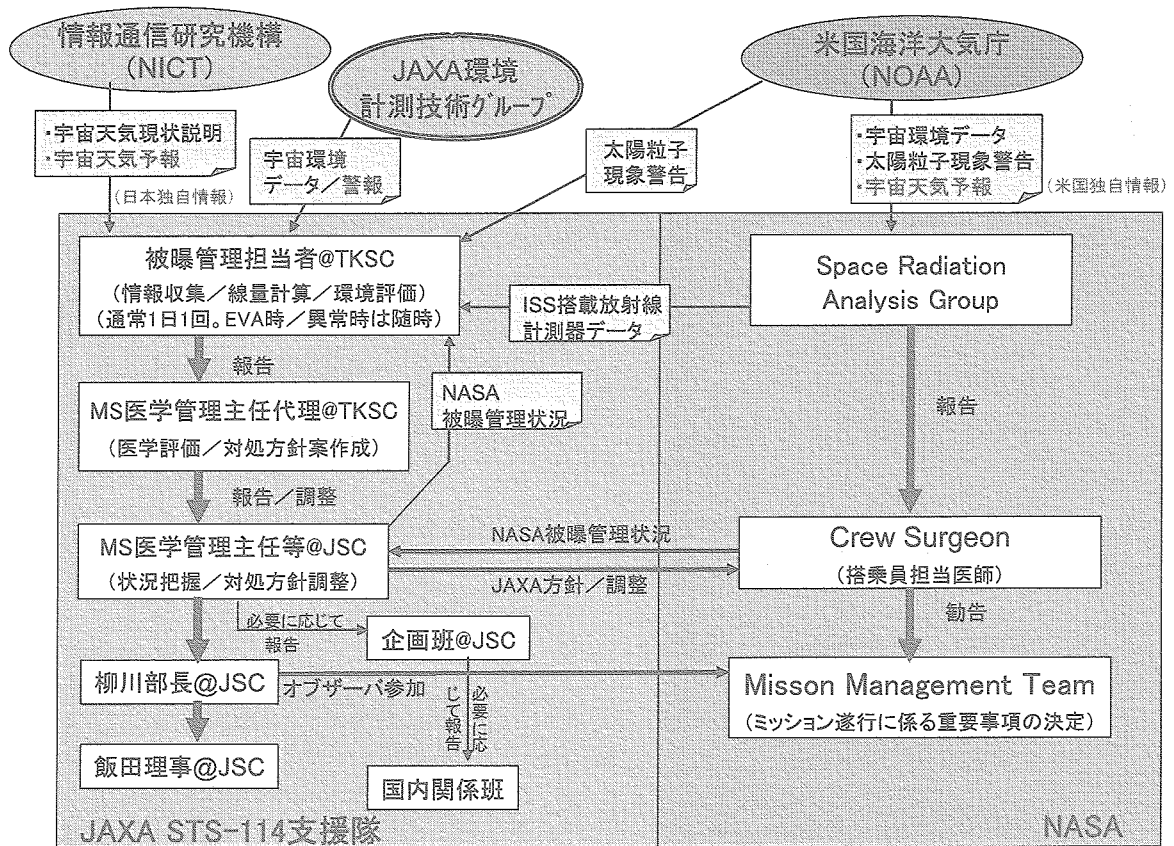


Fig.3 STS-114 mission

【支援内容】

1) 宇宙環境データの提供

SEES (Space Environments and Effects System) を用いて、GOES の陽子フラックス/電子フラックス/X線強度、DRTS の陽子フラックス/電子フラックス及び磁場強度の情報をほぼリアルタイムで提供した。

2) 警報メールの送信

宇宙環境異常時には、SEES の機能を用いて自動的に警報メールを被曝管理担当者に送信した。

3) 情報通信研究機構 (NICT) からのデータ取得用システムの提供

環境計測技術グループでは、NICT から宇宙天気情報をリアルタイムで取得するシステム (CUTE (Cyber Uchu-Tenki Experiment) クライアント) を既に導入している。STS-114 運用中、被曝管理担当者が NICT から宇宙天気の現況及び予報について情報収集する際に、CUTE クライアントを利用できるよう提供した。

これにより、STS-114 ミッション中の放射線被曝管理運用で得られた知見等は、ISS に長期滞在する日本人宇宙飛行士の放射線被曝管理運用 (定常運用) に活かすとともに、今後の日本人宇宙飛行士の ISS 搭乗支援を継続して行う。

- (5) 昨年度打上げた OICETS 衛星プロジェクトの要望による太陽フレア陽子警報 (オプション仕様) 及び、ALOS 衛星プロジェクトからの要望によるロンチウィンドウ条件としての宇宙環境条件の設定と打上時の運用支援を行った。

2. 本年度の研究の概要

昨年実施した、OICETS, ALOS のマニュアル作成した警報設定の実績から、今年度は、新たに今後の各種衛星毎に警報判定の閾値を個別に設定できるよう、ユーザフレンドリーでユーザーニーズに基づくオプション機能を汎用的に設定できるようにした。

【table-1 Threshold Range】

Geomagnetic Storms (NEW)

Level	KP values
5	9
4	8 (including a 9-)
3	7
2	6
1	5

Flux level of ≥ 100 MeV particles

Level	Flux in particles (Protons/cm ² ·s·sr)	Old default value
5	1e3	
4	1e2	
3	1e1	
2	1e0	
1	1e-1	○

Flux level of ≥ 10 MeV particles

Level	Flux in particles (Protons/cm ² ·s·sr)	Old default value
5	1e5	
4	1e4	○
3	1e3	
2	1e2	○
1	1e1	

Radio Blackouts (X-ray)

Level	Flux measure	Value	Old default value
6	X20	2e-3	
5	X10	1e-3	
4	X5	5e-4	
3	X1	1e-4	
2	M5	5e-5	
1	M1	1e-5	○

注：○印は、今まで用いたデフォルト値であり、今年度からは変更可能となっている。

3. 成果の概要

- (1) 警報システムの成果として、平成13年度から昨年度まで計573件の警報を発信した。平成15年度のみどり2号の運用停止要因の一つとして上げられる太陽フレアの影響による衛星帯電の原因究明、平成14年度に打上げたDRTS等の静止軌道衛星の運用管制に利用している。
- (2) また昨年度から本年度にかけ、この新機能追加を受け、OICETS、ALOS衛星の打上げ及び運用管制のバックアップシステムとして、緊急(警報)発令基準、緊急回避運用への移行条件、回避運用解除基準に基づく閾値設定(OICETSでは、磁気嵐Level-4,5、陽子100MeV以上のLevel-3,4、X線のLevel-4,5、ALOSでは、磁気嵐Level-3,5、陽子100MeV以上のLevel-2,3,4、X線Level-4,5,6)による運用管制が行われている(レベルが2つ以上あるのは、イエロー警報、レッド警報などとして使っている)。
- (3) 本年度は、ALOSプロジェクトからの要望を受け、DRTS搭載のTEDAで取得する電子データ閾値設定をユーザ単位で任意に設定可能な機能を追加行うとともに、ETS-VIIIプロジェクトから要求されている50MeV以上の陽子フラックス判定機能の追加を計画し、ユーザの利用しやすいシステム構築を目指している。
今後の利用計画では、今年度12月打ち上げ予定のETS-VIII、及び、前回STS-114同様に、日本人宇宙飛行士のISS滞在時におけるプロジェクト支援を予定している。

4. まとめ

現在、本メールの受信ユーザは、JAXA内に48ユーザ(PC:11ユーザ、mobile:37ユーザ)、JAXA外に47ユーザ「気象庁気象衛星センター、情報通信研究機構、通信衛星メーカ2社、衛星開発メーカ2社など(PC:37ユーザ、mobile:10ユーザ)」が衛星警報メールを受信している。

今後は、より一層ユーザフレンドリーなシステムとしてプロジェクト支援の拡大を図ると共に、またすでに、静止衛星内部帯電警報についてはインテルサット機構から問い合わせがきていることから、衛星運用を行っている海外宇宙機関への浸透も今後図りたい。