

気象衛星調整会議(CGMS)における衛星障害情報の収集とその活用 Collection and Utilization of Satellite Anomaly Information within the Coordination Group for Meteorological Satellites (CGMS)

長妻 努

情報通信研究機構 電磁波研究所 宇宙環境研究室

T. Nagatsuma

Space Environment Laboratory, Radio Research Institute,
National Institute of Information and Communications Technology

1. はじめに

気象衛星調整会議 (CGMS) は、宇宙からの気象・宇宙天気観測を行う各国の気象/宇宙機関で構成される国際コンソーシアムであり、1972 年に設立された。近年では、宇宙天気観測への関与が深まり、2018 年には宇宙天気調整グループ (SWCG) が常設組織として設置された。CGMS/SWCG では、宇宙からの宇宙天気観測や、宇宙天気変動が衛星運用にもたらす障害の理解やその影響の低減に関する様々な調整に取り組んでいる。おける宇宙天気起因する衛星障害情報の収集とその活用に向けた取り組みが進められている。

<https://cgms-info.org/wp-content/uploads/2025/06/CGMS-Spacecraft-Anomaly-Report-Database-CGMS53-23-May-2025.xlsx>

図2に衛星障害情報データベースのビジョンを示す。衛星障害情報は様々なステークホルダーに対して有益であり、更なる充実化が求められている。

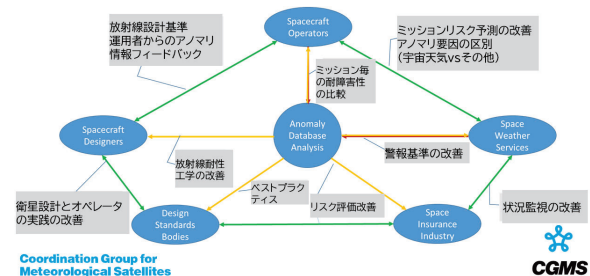


図2 衛星障害情報DBのビジョン

2. CGMS 宇宙天気調整グループ (SWCG) の活動

図1に示す通り、CGMS/SWCG は複数のタスクグループを擁し、衛星障害情報の収集とデータベース化、宇宙天気観測データアクセス改善、GPS 電波掩蔽観測最適化などの活動を展開している。

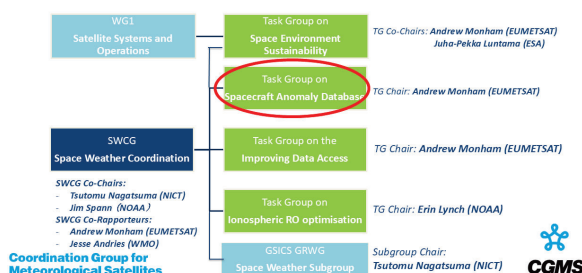


図1 CGMS/SWCG の組織と関連活動

CGMS では年次会合において各加盟機関に過去1年間の衛星障害情報の報告を推奨しており、SATGではCGMS加盟機関から報告される2015年以降の衛星障害情報を収集・整理し、CGMS ウェブサイト上で公開している。URL は以下の通り。

3. SEE 発生指標としてのEDAC データの活用

SATG では、衛星障害情報の他に EDAC (Error Detection And Correction) データの収集・活用についても検討している。EDAC は衛星搭載機器に実装されている信号誤り訂正機能である。エラーの要因としては高エネルギー粒子によるシングルイベント効果 (SEEs) が考えられる。このため、EDAC データを用いることで、衛星搭載機器に対する SEEs の影響の評価するための初期解析を行った。

今回解析に用いた欧州気象衛星開発機構 (EUMETSAT) の Metop-C, Sentinel-3A, Sentinel-6 の3機の低軌道衛星の諸元を表1に示す。

表1 各衛星の諸元

衛星名	衛星高度	軌道傾斜角
Metop-C	817km	98.6度
Sentinel-3A	802-806km	98.7度
Sentinel-6	1,336km	66.6度

図4にMetop-CのEDACイベントの発生分布を示す。色の違いは、異なる搭載機器のEDACイベントであることを示している。南米から南大西洋上空でEDACイベントの発生が頻発していることがわかる。また、それ以外の領域においても、イベントの発生が見られることが分かる。

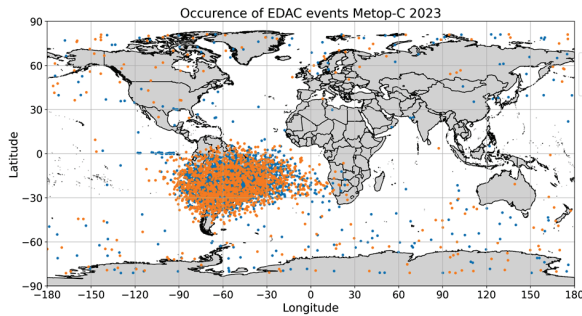


図4 EDAC イベント発生分布 (Metop-C)

図5にSentinel-3AのEDACイベントの発生分布を示す。こちらも、図4とほぼ同様の分布をしているが、ブラジルから南大西洋上空の発生領域が若干狭いのと、それ以外の領域での発生頻度がMetop-Cよりも少ないことが見て取れる。

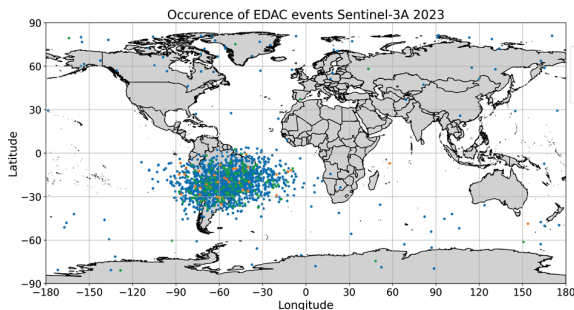


図5 EDAC イベント発生分布 (Sentinel-3A)

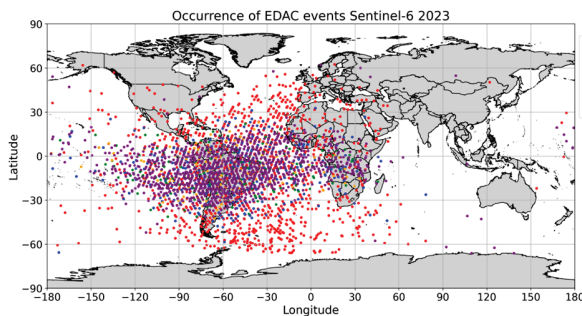


図6 EDAC イベント発生分布 (Sentinel-6)

図6にSentinel-6のEDACイベント発生分布を示す。

こちらは、図4,5と比べるとイベント発生分布が異なっていることが見て取れる。全体的に南米大陸から南大西洋、そして太平洋側にも発生領域が拡大している。

4. 分析結果と考察

3つの低軌道衛星のEDACイベントの空間分布について解析を行った。3衛星のEDACイベントはいずれも南米大陸から南大西洋上空で多く発生していることが確認された。一方、その領域の広さは衛星毎に異なっていることが分かった。EDACイベントが頻発に発生する領域の広さの違いは、衛星の軌道高度の違いに依存していると考えられる。図7は高度の異なる低軌道衛星による0.6-1.2MeVの高エネルギー電子計測の空間分布を示したものである[1]。左図は軌道高度700kmのALOS衛星、右図は軌道高度1,336kmのJason-2衛星である。軌道高度が高くなると、SAAの領域が拡大していることが分かる。この粒子分布の特性は図4-6に示したEDACイベントの発生領域の軌道高度による違いとも整合しており、EDACイベントの発生が高エネルギー粒子フラックスの分布と良い相関をしめしていることが見て取れる。

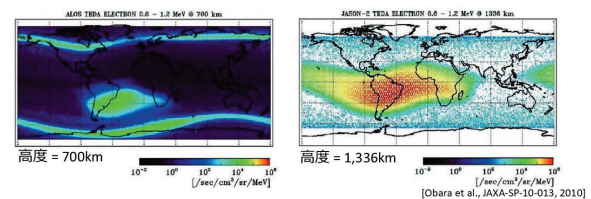


図7 宇宙環境計測から得られたSAAの高度依存性

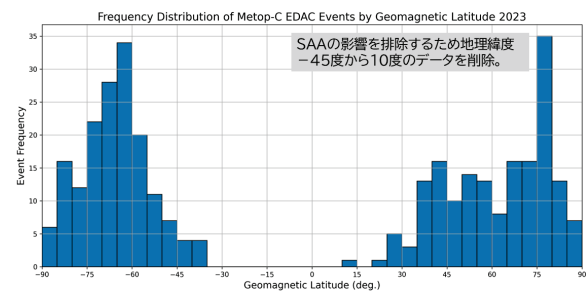


図8 EDAC イベントの地磁気緯度依存性 (Metop-C)

Metop-CのEDACイベントの発生回数を地磁気緯度毎にプロットしたものを図8に示す(但し、SAAの影響を排除するため、地理緯度-45度から10度の

データは除去)。このグラフからは、オーロラ帯・サブオーロラ帯に発生のパークが見られることが分かる。但し、詳細については、所定の地磁気緯度帯を衛星が通過する頻度で規格化した上で議論を行う必要がある。

5. まとめ

気象衛星調整会議 (CGMS) 内の宇宙天気調整グループ (SWCG) において、宇宙からの宇宙天気観測に関する様々な調整に取り組んでいる。また、気象衛星のアノマリ情報の収集・データベース化、利活用に取り組んでいる。

EDAC イベントの領域と南大西洋異常域の領域は、高度依存性を含む点で良好な一致を示しており、EDAC イベントの主要な原因が高エネルギープロトン (数 MeV から数百 MeV) である可能性を示唆している。このため、EDAC データには高エネルギープロトンの分布の指標としての利用できるであろう。また、EDAC データから推定される SEEs の発生頻度と設計時の推定を比較することで、設計の妥当性の検証ができるであろう。

一方、極域で発生する EDAC イベントの最も可能性の高い原因は銀河宇宙線だが、最近の太陽活動極大期における極端なイベントを含む長期的な大量の EDAC イベントデータを用いて、宇宙天気イベントとの関連性を統計的に分析する必要がある。

更に、CPU とメモリの劣化状態の評価、および衛星異常の潜在的リスクは、長期データセットを用いて EDAC イベントの頻度の時間的傾向の分析によって評価できるであろう。

これらの考察を踏まえると、宇宙天気現象と CPU・メモリのエラーの時間的關係、およびその潜在的リスクを分析するため、多くの衛星から得られる長期 EDAC データを公開し共有することが望ましい。

参考文献

[1] 小原隆博、松本晴久、古賀清一、越石英樹、東尾奈々、古畑智、奥平修平、JAXA における宇宙環境計測の現状、第 7 回「宇宙環境シンポジウム」講演論文集、p. 1-6, 2010. 宇宙航空研究開発機構特別資料 JAXA-SP-10-013.