

極軌道におけるプラズマ環境の衛星観測データの統計解析

九州工業大学大学院 工学研究科 電気工学専攻 博士前期課程 2年 趙研究室 浜永貴光

1. 研究背景と目的

2003年に発生した極軌道の衛星みどり2号の全損事故の原因は、宇宙プラズマと衛星の相互作用による帯電・放電事故であると究明された。極軌道とは北極南極付近を通過する軌道である(図1)。近年までこの軌道では宇宙機帯電は発生しないと考えられていたが、この事故以来、宇宙機帯電についての認識が宇宙企業関係者の間で高まっている。このような事故を防ぐためには、宇宙機的设计段階から軌道上での帯電状況を正しく理解し、地上試験を行っていく事が重要である。

このような背景から、軌道上での帯電解析ができるソフトウェア、MUSCAT(Multi-Utility Spacecraft Charging Analysis Tool)が開発された。解析結果から軌道上での帯電状況を知る事ができ、運用期間中の放電回数の見積りも可能となる。MUSCATで解析を行うには入力パラメータとして、宇宙機の形状や使用される材料のデータ、そしてどのようなプラズマ環境に遭遇するのかを表す統計データが必要となる。しかし、極軌道のプラズマ環境データベースは世界的にも存在しない。本研究では現存しない極軌道におけるプラズマ環境のデータベースを作成し、軌道上での放電回数の見積りを行うことを目的としている。放電回数の見積りは現在制定中の地上試験の国際規格においても重要な事項の一つである。

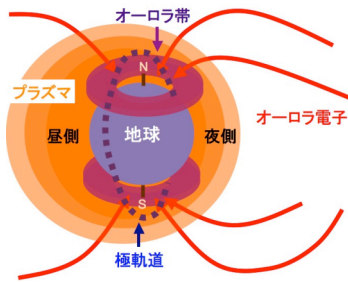


図1 極軌道環境

2. データベース作成

極軌道の帯電解析に必要なプラズマ環境のデータはプラズマの密度、オーロラ電子の電流密度、温度である。帯電解析は宇宙機が遭遇する全てのプラズマ環境について行う必要がある。そのため、データベースに含まれるいつ、どこで、どのようなプラズマ環境がどの程度の確率が発生するのか、という情報は極軌道環境の特徴、変動を正確に再現でき、帯電解析が行える計算条件数程度に分類されたものにしなければならない。

本研究ではまず極軌道での帯電解析に最も重要なオーロラ電流について約370万個の観測データを基にして統計解析を行い、オーロラ電流の特徴をまとめた(図2)。次に、プラズマ環境の変動で重要な3つの時期、太陽活動の極大期、中間期、極少期のオーロラ電子、周辺プラズマのデータを取得し、その相関関係と特徴をまとめた。これらの結果を参考にデータベース化を行った(図3)。宇宙機が遭遇する環境を930通りの条件に分けることができた。このうち衛星帯電が発生する可能性のある条件は約400

ケースであり、MUSCATを用いてパラメトリックラン(簡易モデルで1ケース30分)が十分可能な量の条件数となった。

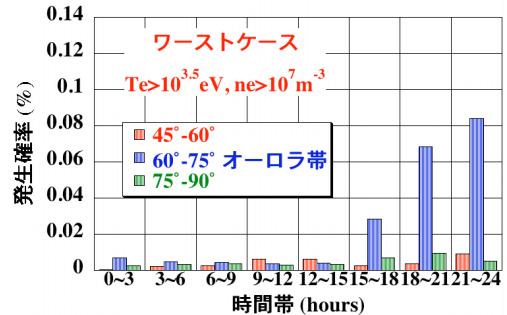


図2 ワorstケース発生確率

緯度	60°~75° of MLAT
時間帯	8通り: 0~3MLT, 3~6MLT, の3時間毎
太陽活動	3通り: 極大、中間、極少
季節	4通り: 春、夏、秋、冬
半球	2通り: 北半球、南半球
プラズマ密度	4通り
オーロラ電流	4通り
電子温度	8通り

図3 データベース分類方法

3. 放電回数の見積り

作成したデータベースとMUSCATを用い極軌道衛星の軌道上での帯電状況のシミュレーション、放電回数の見積りを行った。その結果、極軌道でも放電の危険性があることが確認できた。また、放電回数、地上試験での目安となるデータを得ることができた。

4. まとめと今後の課題

極軌道のプラズマ環境のデータベースを作成し、衛星運用期間中に発生する放電回数の見積りが可能になった。

本研究で作成したデータベースは同じ高度の同型の衛星の観測データのみを使用している。今後の課題として、飛行高度、観測方法などが異なる多くの衛星の観測データから同様のデータベースを作成し充実させていくことが挙げられる。

-----発表実績-----

国内学会：3件

○第3回 宇宙環境シンポジウム, 2006

○平成18年度スペースプラズマ研究会, 2007

○第4回 宇宙環境シンポジウム, 2008

国際学会：3件

○26th International Symposium on Space Technology and Science, 2006

○10th Spacecraft Charging Technology Conference, 2007

○46th AIAA Aerospace Sciences Meeting and Exhibit, 2008

投稿論文：1件

○IEEE Transactions on Plasma Science, 2008