

## リアルタイム磁気圏シミュレーションデータを用いた静止軌道プラズマ環境および静止衛星表面帯電の予測

# 坂田 智 [1]; 中村 雅夫 [2]; 品川 裕之 [3]; 藤田 茂 [4]; 田中 高史 [5]

[1] 大阪府大・工・航空宇宙; [2] 大阪府大・工・航空宇宙; [3] 情報通信研究機構; [4] 気象大; [5] 九大・宙空センター

### Prediction of the geostationary plasma environment by using the real-time magnetospheric simulation

# Tomo Sakata[1]; Masao Nakamura[2]; Hiroyuki Shinagawa[3]; Shigeru Fujita[4]; Takashi Tanaka[5]

[1] Aerospace Engineering, Osaka Prefec. Univ.; [2] Aerospace Engineering, Osaka Prefec. Univ., CREST/JST; [3] NICT; [4] none; [5] SERC, Kyushu Univ.

Recently, the surface charging and electrostatic discharging of geostationary satellites induce the new type of satellites anomalies. The surface charging is caused by the hot plasma ( $10^4\text{eV}$  order) injected from the plasmashet in the magnetotail into the geostationary orbit (so-called the substorm plasma injection).

National Institute of Information and Communications Technology (NICT) has been running the real-time magnetospheric simulation since 2003. This simulation calculates the magnetosphere using the real-time solar wind data observed by the Advanced Composition Explorer (ACE) at the Lagrangian point L1 by the three-dimensional magnetohydrodynamic (MHD) method. Since the solar wind reaches the Earth's magnetosphere about one hour after it passes the ACE spacecraft, this simulation calculates how the magnetosphere will be about one hour later.

The purpose of this study is to predict the geostationary plasma environment and the surface charging of geostationary satellites by using the real-time magnetospheric simulation. We compare the simulation results at the midnight point of the geostationary orbit and the data observed in the night side (MLT 21-3) by the geostationary satellites of Los Alamos National Laboratory (LANL). Then we obtain the following results: the simulation frequently predicts the generation of substorms. But the simulation results aren't quantitatively consistent with ion density, temperature and pressure observed by the LANL geostationary satellites. However, the enhancement of the simulation pressure is frequently consistent with that of the electron pressure quantitatively.

Since the electron temperature is a key parameter for the surface charging of geostationary satellites, we estimated the electron temperature from the simulation pressure. As a result, we can estimate the satellite potential in the night side of the geostationary orbit about one hour before. As a verification example of these results, we will introduce the failure of TV communications satellite 'Galaxy 15' on April 5th, 2010.

近年、静止衛星は大電圧化に伴ってバス部が高電圧化し、衛星表面の帯電・放電による新しい形の衛星障害が発生している。太陽風の変動によって、地球磁気圏尾部のプラズマシートから静止軌道に高温のプラズマ ( $10^4\text{eV}$  オーダー) が注入されることがある (サブストーム・プラズマ・インジェクション)。その際、高温電子により衛星は負に帯電し、放電することで衛星障害が発生するケースがある。

一方、2003年から情報通信研究機構 (NICT) によってリアルタイム磁気圏シミュレーションが行われている。このシミュレーションは、太陽と地球の間 (ラグランジュ第一点) にある ACE 衛星が観測した太陽風の密度、温度、速度、磁場を入力パラメータとして、3次元電磁流体計算 (MHD) 手法によりリアルタイムに磁気圏の変動を計算している。太陽風は ACE 衛星通過後、約1時間で地球に到達するため、このシミュレーションは約1時間後の磁気圏の状態を計算していると考えられる。

本研究の目的は、リアルタイム磁気圏シミュレーションのデータを用いて静止軌道プラズマ環境の変動と衛星帯電を予測することである。そこで、静止軌道真夜中位置におけるシミュレーションデータと、静止軌道夜側 (磁気地方時 21~3時) におけるロスアラモス国立研究所 (LANL) の静止衛星の観測データとの比較解析を行った。その結果を以下に箇条書きで示す。(1) シミュレーションはサブストームの発生タイミングを定性的に再現している場合が多い。(2) シミュレーションデータ (温度、密度、圧力) とイオンの観測値 (温度、密度、圧力) とは定量的に合致していない。(3) シミュレーションデータ (温度、密度) と電子の観測値 (温度、密度) とは定量的に合致していないが、シミュレーションの圧力上昇のみ、観測される電子圧力上昇と定量的に合致している場合が多い。

(1) から、シミュレーションはサブストームの発生を相当程度予測できていることが分かる。(2) の原因としては、MHD はイオンと電子からなるプラズマを1流体と近似しており、プラズマの質量の大部分を担うイオンについて計算しているため、シミュレーションではプラズマの非流体的加熱やドリフト運動などが正しく取り扱えていないことなどが考えられる。(3) の原因としては、シミュレーションの MHD 計算から得られる圧力上昇と、サブストームの際に流体的断熱加熱を受けたことによる電子の圧力上昇とが合致したことが考えられ、その検証を行う。

また、衛星表面帯電の際の衛星電位は主として電子温度に依存するため、衛星障害を予測するうえで電子温度が重要なパラメータである。そこで、シミュレーションの圧力上昇から電子温度の上昇を推定した。この結果を用いれば、約1時間後の電子温度の上昇値が求まり、それから衛星電位の最悪値を概算することができる。一例として、2010年4月5日にアメリカのケーブルテレビ用通信衛星 Galaxy 15 が制御不能に陥った事故を取り上げ、本研究の成果を実証する予定である。