

コード間結合フレームワークを用いた人工衛星帯電解析の技術基盤開発

#砂田 洋平^{1,2)}, 三宅 洋平²⁾, 中澤 和也²⁾, 深沢 圭一郎³⁾, 南里 豪志⁴⁾, 加藤 雄人⁵⁾

(¹ 神戸大学システム情報学研究科, (² 神戸大学, (³ 京大・メディアセンター, (⁴ 九大・情報基盤セ, (⁵ 東北大・理・地球物理

Development of Space-Weather-Aware Satellite Charging Analysis Platform based on Code-to-Code Coupling Framework

#Youhei Sunada^{1,2)}, Yohei Miyake²⁾, Kazuya Nakazawa²⁾, Keiichiro Fukazawa³⁾, Takeshi Nanri⁴⁾, Yuto Katoh⁵⁾

(¹Kobe University Graduate School of System Informat, (²Kobe Univ., (³ACCMS, Kyoto Univ., (⁴RIIT, Kyushu Univ., (⁵Dept. Geophys., Grad. Sch. Sci., Tohoku Univ.

Space is filled with ionized gas referred to as a plasma originating from the solar wind and ionosphere. The satellite surfaces that are in contact with the plasma collect electric charges of electrons and ions and get charged electrically. Although the satellite equilibrium potential is determined by the current balance onto the satellite among charged particle species, space environmental disturbances such as solar flares and magnetic storms perturb the balance significantly and cause anomalous charging. A number of satellites suffered from such anomalous charging, including the total loss of the U.S. communications satellite Galaxy-15 due to enhanced hot electron inflows associated with a magnetic storm. The precise predictions of satellite have been one of the social significances as one component of space weather forecasting. In this study, we develop a simulation platform that couples the dynamics of the Earth's magnetosphere and satellite charging phenomena based on our in-house code-to-code coupling framework named CoToCoA (Code-To-Code Adapter). In this method, two physical models with different spatial/temporal scales, i.e., a global MHD simulation of the Earth's magnetosphere and a satellite charging analysis based on the OML (Orbital Motion Limited) theory, are coupled with each other by exchanging appropriate physical information. They can be executed as a single MPI parallel program that encompass the above model calculations as its subcomponents. It is expected that the approach enables us to analyze satellite charging phenomena in consideration of magnetospheric environmental changes as well as to achieve efficient use of modern supercomputers. The major research target is to clarify how the satellite potential responses to the changes in plasma environmental and sunlight conditions in a few seconds to a few hours in order to clarify environmental conditions that may cause satellite anomalies. This presentation will focus on our approach and its validity for coupling magnetospheric MHD calculations with satellite charging calculations, which involve totally different time scales.

宇宙空間は太陽風や電離圏を起源とする電離気体・プラズマで満たされており、このプラズマが人工衛星に衝突することで、衛星表面は常に帯電している。衛星帯電値は衛星に流入する荷電粒子フラックスの粒子種間バランスによって決定されるが、太陽フレアや磁気嵐などの宇宙環境じょう乱時には、この粒子フラックスバランスが大きく変動し、異常な衛星帯電が発生することが知られている。近年でも、米国の通信衛星「Galaxy-15」が、磁気嵐時の熱電子流入と帯電により制御不能に陥ったのを初め、帯電が原因とみられる衛星障害は数多く確認されている。衛星帯電を正確に予測し、未然に対策を講じることは、地球電磁気環境の変動を予測する宇宙天気予報における重要な社会的意義の一つである。本研究では我々が独自に共同開発を進めているコード間結合フレームワーク CoToCoA (Code-To-Code Adapter) を用いて、地球磁気圏ダイナミクスと人工衛星帯電現象を連携したシミュレーションプログラムを開発し、連成解析を実施した。本アプローチでは、地球磁気圏グローバル MHD シミュレーションと、軌道運動制限理論に基づく人工衛星帯電解析という、時空間スケールが大きく異なる 2 種類の物理モデルを、適切な物理情報の交換により互いに連結することで、双方の計算をサブコンポーネントとして包含する MPI 並列計算プログラムとして構成する。これにより、スーパーコンピュータの計算能力を有効活用しつつ、磁気圏変動効果を考慮した人工衛星帯電解析が可能になると期待される。数秒から数時間単位で推移する、磁気圏プラズマ環境や日照条件の変動が人工衛星電位に如何なる影響を及ぼしうるかを明らかにすることで、衛星障害が発生しやすい環境条件を導き出すことが本研究の最終的な目的である。本発表では、時間刻み幅が大きく異なる磁気圏 MHD 計算と衛星帯電計算の連携方法に焦点を当て、現在開発中の連成シミュレーションモデルの設計指針とその妥当性を議論する。