

衛星帯電緩和ビームによるプローブ電場計測干渉に関する粒子シミュレーション

岡崎 ほのか [1]; 三宅 洋平 [2]; 臼井 英之 [3]
[1] 神大・シス・計算; [2] 神戸大学; [3] 神戸大・システム情報

Effects of Active Ion Emission on Double-probe Electric Field Measurements

Honoka Okazaki[1]; Yohei Miyake[2]; Hideyuki Usui[3]
[1] Computational Science, Kobe Univ.; [2] Kobe Univ.; [3] System informatics, Kobe Univ

Spacecraft is subject to electrostatic charging due to plasma particle impact as well as photo- and secondary electron emission. Spacecraft has a positive potential in tenuous plasmas of the outer magnetosphere, because the photoemission should be a dominant current source. The spacecraft charging will interfere with in-situ measurements of low-energy particles and electric fields, and thus optimal designs to minimize the effects have been a long-standing issue. As one of such techniques, the Active Spacecraft POtential Control (ASPOC) uses active emission of heavy ions from the spacecraft to reduce a spacecraft potential, and is in practical use, e.g., in the Cluster and MMS missions. Although the technique has been proved to have a preferable effect on low-energy ion measurements, its side effects such as modification of potential structures and the associated spurious electric fields have been an unresolved issue.

A spacecraft with two pairs of probe extension booms is placed at the center of a simulation space that is filled with magnetospheric tenuous plasmas. Within the spacecraft spin plane, a heavy ion beam is emitted from the spacecraft in the directions of 45 and 225 degree with reference to a certain probe extension direction. The simulation model mimics ASPOC flown on the MMS satellite. The probe electric field measurement is numerically simulated by acquiring a potential difference between the probes attached at the boom tips. In this simulation, we consider the plasma convection to examine the effect of plasma wakes. Several considerations are performed on the angle between the flow and probe extension directions in order to consider the field measurements during a spacecraft spin. Consequently, the simulations predict that the probes will measure a complex electric field waveform in the spacecraft spin frame. The electric field waveform is influenced by the wake formed behind the charge relaxation beam, in addition to that behind solid structures of the spacecraft and booms. We will present the initial results on the significance of the wake formed behind the charge relaxation beam and its spin angle dependence.

人工衛星が宇宙環境に置かれると、プラズマ荷電粒子の流入、もしくは光電子および二次電子の放出によって、衛星表面は帯電する。地球外部磁気圏は比較的希薄なプラズマで満たされているため、光電子放出電流が支配的となり、衛星は正に帯電する。衛星帯電は、科学衛星による低エネルギーの粒子計測や、プローブを用いた電界計測に影響を与えることが知られており、観測機器開発の初期から様々な対策が考案されてきた。そうした対策の一つに、衛星からの能動的なプラズマ放出による帯電緩和 (Active Spacecraft Potential Control: ASPOC) が挙げられる。衛星が正に帯電している場合には、インジウムなどの重イオンを機外に放出することで、衛星電位を下げるのが基本的なアイデアである。こうした装置は Cluster や MMS 衛星で実用化され、希薄プラズマ環境下での低エネルギーイオン観測にとり好ましい結果が確認された。一方で、イオンビームの能動的放出は衛星周辺の電位構造を変化させることが予想され、プローブによる電位および電界計測に干渉する可能性があるが、その影響について定量的な評価はまだなされていない。

そこで我々は、3次元のプラズマ粒子シミュレーションを用いて、帯電緩和ビーム放出下の衛星近傍の静電環境評価を開始した。磁気圏尾部を想定した希薄プラズマで満たされたシミュレーション空間内に、スピン面内に2対のプローブ伸展用ブームを備えた衛星を配置した。MMS 衛星を想定し、スピン面内において、あるプローブ伸展方向を基準に、45度と225度の方向に帯電緩和ビームを射出した。ブーム先端に仮定したプローブ間の電位差を取得することで、現実のプローブ電界計測を模擬した。本シミュレーションではプラズマの対流を考慮し、プラズマウェイクの影響に着目した。流れの方向とプローブ伸展方向の間の角度を可変パラメータとして複数の計算を実施し、衛星のスピンに伴って、プローブで計測される電界を数値的に模擬した。シミュレーションの結果から、スピンに伴ってプローブ間に複雑な電界波形が生じることが確認された。この電界波形には、衛星やブームなどの構造体のウェイクに加えて、帯電緩和ビームの後方に形成されるウェイクが影響していることが判明した。発表では、帯電緩和ビームの後方に形成されるウェイクの強度とスピン角度依存性に関する初期計算結果を紹介する。