

プラズマ中和器を用いた宇宙機の帯電緩和に関する計算機実験

Computer experiments on the neutralization process of spacecraft charging by using plasma contactor

臼井 英之[1], 安木 慎[1], 松本 紘[1], 大村 善治[1]

Hideyuki Usui[1], Makoto Yasugi[1], Hiroshi Matsumoto[2], Yoshiharu Omura[2]

[1] 京大・宙空電波

[1] RASC, Kyoto Univ, [2] RASC, Kyoto Univ.

プラズマ中和器を用いた宇宙機の帯電緩和に着目し、その過渡過程および環境への影響に関する基礎研究を開始した。近年はプラズマを積極的に放出する宇宙機が数多く出現しており、このようなプラズマ装置立ちあげ、停止などに伴う非定常なプラズマの運動と宇宙機との干渉、荷電粒子の放出による帯電やこれに伴う放電現象が宇宙機に与えるダメージを検証する必要がある。計算機実験の結果、飛翔体へ流入する電流要素の中にプラズマ中和器によるプラズマ雲の寄与が加わることにより、宇宙機への電流平衡点が変わることが確認され宇宙機の浮動電位が背景プラズマ電位に近づくことを確認した。

京都大学宙空電波科学研究センターの宇宙プラズマグループでは、これまで宇宙機と周辺プラズマとの相互作用についての計算機実験研究を行ってきたが、今回、プラズマ中和器を用いた宇宙機の帯電緩和に着目し、その過渡過程および環境への影響に関する基礎研究を開始したのでその結果の一部を紹介する。

宇宙機の帯電現象には、衛星自体の絶対電位陽動と、衛星表面に入射する荷電粒子による絶縁面と導電面間の電位差を生じる局所帯電の、主に2つが詳細に調べられている。これらの帯電は衛星電位が周囲プラズマからの流入で決定されるという意味であくまで受動的な現象であり、周囲プラズマを定量的に予想できさえすれば現象も把握しやすい。これに対して近年は実用目的からプラズマを積極的に放出する宇宙機が数多く出現しており、例えば、国際宇宙ステーション（ISS）はその電位制御、帯電中和にプラズマコンタクターを採用した。プラズマコンタクターはホローカソードによって生成されたプラズマを機外に放出することにより背景プラズマと宇宙機との電位差を緩和する装置である。このようなプラズマ装置からの能動的な荷電粒子の放出は周囲プラズマからの受動的荷電粒子の入射に比較してフラックスが非常に大きいため、宇宙機周囲に自分自身で放出した荷電粒子によってプラズマ分布を作り出すだけでなく、宇宙機自身の電位を変動させ、更には自ら放出したプラズマの入射を受けるといった、ダイナミックな干渉現象を引き起す。実用上特に問題になるのはプラズマ装置の立ちあげ、停止、あるいは突然故障などに伴う非定常なプラズマの運動と宇宙機との干渉であり、荷電粒子の放出による帯電やこれに伴う放電現象が宇宙機に与えるダメージについて詳細に検証する必要がある。

このような背景のもの、我々はプラズマ中和器による宇宙機帯電過程、特にその過渡プロセスに着目した、基礎的な電磁粒子シミュレーションを行った。シミュレーションでは、飛翔体へ流入する電流要素の中にプラズマ中和器によって形成されるプラズマ雲の寄与が加わることにより、宇宙機への電流平衡点が変わることが確認され、これにより宇宙機の浮動電位が背景プラズマ電位に近づくことを確認した。また、帯電緩和時の飛翔体周辺プラズマ環境、電磁環境にも着目した。それらの解析結果を報告する。