

将来磁気圏ミッション搭載用波動観測電界アンテナの特性評価に関する計算機実験

三宅 洋平 [1]; 臼井 英之 [2]; 小嶋 浩嗣 [3]; 大村 善治 [4]
[1] 京大 RISH; [2] 京大・生存圏; [3] 京大・RISH; [4] 京大・生存圏

EM-PIC simulation analysis on the characteristics of electric field antennas for future magnetospheric mission

Yohei Miyake[1]; Hideyuki Usui[2]; Hirotsugu Kojima[3]; Yoshiharu Omura[4]
[1] RISH, Kyoto Univ.; [2] RISH, Kyoto Univ.; [3] RISH, Kyoto Univ.; [4] RISH, Kyoto Univ

The characteristics of electric field antenna immersed in space plasma are affected by complex interactions among antenna, plasma waves, and plasma particles. Such effects have to be investigated quantitatively for the calibration of wave data obtained by satellite observations. However, the antenna analysis in space plasma is generally complicated because it is basically a dispersive and anisotropic medium. For future satellite missions, it is necessary to establish the method in which we can evaluate the antenna characteristics considering realistic antenna/spacecraft geometries and complex plasma environment including the effects of photoemission and sheath formation. In the present study, the electric field antenna characteristics are studied by means of the electromagnetic Particle-In-Cell (EM-PIC) simulations. The PIC simulation method enables us to treat the realistic antenna model and analyze the plasma kinetic effects such as sheath formation on the antenna characteristics. Previously, our analysis revealed that photoelectrons emitted from the antenna/spacecraft surfaces cause modification of the antenna impedance in low-frequency range. The authors began to improve our antenna model based on the realistic antennas to be on board the future missions. The authors also started the analysis of other important antenna characteristics such as effective length and pick-up factor, and their influences on the data calibration in plasma wave observations.

将来の科学衛星ミッションにおけるプラズマ波動観測では、宇宙空間中の電界波動の絶対強度および位相をできるかぎり正確に計測することが重要である。観測データの較正は電界アンテナの諸特性に基づいて行われるため、観測精度はアンテナ特性の正確な知識に依存しているといっても過言ではない。また将来ミッションに搭載予定の短いアンテナなどの性能評価のためにも詳細なアンテナ特性データが必要である。実際の観測においてはインピーダンスや実効長といった特性、およびそれによって決まるアンテナ感度が問題となる。これらの特性は密度や温度などの周辺プラズマ環境の影響を大きく受ける上に、周辺プラズマ環境そのものもプラズマシース形成などのプラズマ衛星間相互作用により変化するため、その理論的解析は一般的には困難である。過去の理論においてはアンテナ電流分布やプラズマシース形状等に仮定をおくことにより、プラズマ中のアンテナ特性の基礎的な性質が解明されてきた。今後は実際の科学衛星ミッションの観測データ較正やアンテナ設計に直接利用可能な特性データの取得が求められる。

我々はこの目標を達成するために3次元電磁粒子シミュレーション手法を基礎とするセンサー特性解析ツールの開発を進めている。アンテナ特性にはプラズマシース形成などの粒子運動論効果が大きく影響することが知られており、この観点から粒子シミュレーションは有効な手段である。これまでは導体表面からの光電子放出によるプラズマ密度の非一様性に焦点をあて、主に電界アンテナインピーダンスの解析を行ってきた。これにより光電子放出がインピーダンスの低周波特性に影響を及ぼすことが示され、粒子シミュレーションを用いた詳細な解析の必要性が確認された。現在はインピーダンスと同様に波動データ較正に重要であるアンテナ実効長、およびそれらによって決まるアンテナ感度についての評価を開始しつつある。またアンテナモデルも将来ミッションにおいて使用予定の電界アンテナを模擬して作成する。以上を通してプラズマ中でのアンテナ特性変化が実際の波動観測に与える影響についての評価を行う予定である。