

宇宙プラズマにおけるアンテナ特性に関する計算機実験

Computer experiments on antenna characteristics in space plasma

中村 宣之[1], 臼井 英之[1], 小嶋 浩嗣[1], 甲斐島 元[2], 松本 紘[1], 大村 善治[1]

Nobuyuki Nakamura[1], Hideyuki Usui[2], Hirotsugu Kojima[2], Hajime Kaishima[1], Hiroshi Matsumoto[2], Yoshiharu Omura[2]

[1] 京大・宙空電波, [2] 京大、宙空電波

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

プラズマ波動観測において、アンテナインピーダンス、実効長、ピックアップファクターなどのアンテナ特性は、波動データの適切な較正のため、正確に把握しておくことが必要である。

しかし、宇宙プラズマ中におけるこれらの特性の正確な評価は、アンテナそのもの、プラズマ波動、背景プラズマ、光電子などの相互作用により、容易ではない。

アンテナインピーダンスの観点では、過去にも、アンテナ表面電流を仮定した上での理論計算、衛星による実際のインピーダンス計測などがなされている。その一つとして、衛星によるインピーダンス計測では、抵抗とコンデンサの並列接続としてアンテナ等価回路が表されるという結果が得られている。

しかし、それは理論から求められるインピーダンスとは異なる点があり、この差異の原因としてアンテナ周辺に形成されるプラズマシース、光電子の影響があげられている。

本研究では、宇宙空間におけるダイポールアンテナに着目し、その特性を三次元電磁粒子シミュレーションの手法を用いて解き明かすことを目的としている。三次元PICシミュレーションの手法をアンテナ解析に応用することで、プラズマ運動論的效果を含みつつ、様々なプラズマ環境において、インピーダンス、実効長などのアンテナ特性を調べることができる。

まず、インピーダンスを求めるシミュレーションを行った。その結果、プラズマ周波数においてインピーダンス共振が起こることが分かり、その共振は背景プラズマの熱速度が高くなるにつれて鈍化していくことが確認された。これらの結果は、過去のインピーダンスの理論解析と定性的には一致した傾向を示している。

次に、実効長に関するシミュレーションを行った。流体不安定性により静電波を励起させ、その波動を受信アンテナとしてピックアップした時のアンテナ表面電流分布から実効長を求めた。その結果、波がアンテナ長と同程度、もしくは少し大きい場合は、アンテナ表面電流分布は正弦波でよい近似を得ることが分かった。しかし、アンテナに接続される負荷抵抗が、アンテナインピーダンスに比してはるかに高い場合、アンテナ中心において表面電流値が非常に小さくなり、結果としてアンテナ表面電流分布が正弦波状からずれることが予想される。そのため、負荷抵抗の影響も考慮しつつ、実効長とアンテナ表面電流の関係を調査している。

これらシミュレーションは、アンテナ長が背景プラズマのデバイ長より大きい場合について行ってきた。そのため、今後、アンテナ長が背景プラズマのデバイ長と同程度、また大きい場合に着目してシミュレーションを行っていく。