

自然波動観測に基づく衛星搭載電界アンテナの特性評価

代表者 栗田 怜 京都大学・生存圏研究所 (kurita.satoshi.8x@kyoto-u.ac.jp)

共同研究者 松田昇也 金沢大学・理工研究域 (matsuda@staff.kanazawa-u.ac.jp)

笠羽康正 東北大学・理学研究科 (kasaba@pparc.gp.tohoku.ac.jp)

【研究目的】

プラズマ中における電界アンテナのインピーダンスは、抵抗と静電容量の並列回路で近似され、低周波数領域(数 Hz 以下)では抵抗性が、高周波数領域(数 100 Hz 以上)では容量性が支配的である。磁気圏大規模構造電場や VLF 帯波動の観測の際には、上記のアンテナの特性を考慮した校正をおこなうことで、定量的な評価が可能になる。それぞれの周波数領域における電界アンテナの特性を理解するために、校正信号を印加する仕組みがあらせ衛星には備わっており、電界観測データのクオリティ向上のために活用されている。本研究では、あらせ衛星に搭載された電界アンテナのインピーダンスを自然波動の観測データに基づき推定する手法を検討し、電界観測データのクオリティ向上を目指した。

【研究手法】

あらせ衛星では、同じ電界センサーからの信号を入力とした、2つの受信器「EFD」と「WFC」で数百 Hz 以下の低周波の電界を計測している。WFC と EFD は重複する周波数帯域を観測している一方で、それぞれ異なる回路構成となっている。WFC 側には 10 Hz 以下の電界に対しての緩やかなローパスフィルタがプリアンプの入力に組み込まれている。このことから、10Hz 以下の周波数領域までにわたるアンテナインピーダンスを評価するためには、WFC と EFD からの電界データを組み合わせて解析を進める必要がある。

WFC と EFD を組み合わせて電界センサーの特性を理解するために、今年度は WFC と EFD で観測された Equatorial Noise (EN) 波動のデータを用いて、WFC と EFD で観測される電界スペクトル密度を比較し、両者の観測結果の差異に関して調査した。EN 波動の周波数スペクトルには、特徴的な高調波構造が見られることが知られており、10Hz 以下から 100Hz 以上にわたって存在することがある。この高調波構造のスペクトルの形を利用し、WFC と EFD で得られた周波数スペクトルを比較し、差異を調査した。

【研究結果・考察】

WFC と EFD で取得された、高調波構造を持つ EN 波動の周波数スペクトルの比較から、下記の4つのことが判明した。

1. 10 Hz 付近で、WFC と EFD は同じようなスペクトル密度となる
2. 10 Hz 以上では、WFC のスペクトル密度は EFD に対して大きい
3. 10 Hz 以下では、WFC のスペクトル密度は EFD に対して小さい
4. 上記の 1-3 の傾向は、プラズマ密度の値によらない

WFC と EFD のデータの校正は、現状では真空中のアンテナインピーダンスを仮定し、受信器の特性と合わせて行われている。10 Hz 以下で、EFD が WFC に対してスペクトル密度が大きいことは、10Hz 以下

のローパスフィルタの影響が一因として考えられる。10Hz 以上で WFC と EFD で差異が見られることに関しては、実際のプラズマパラメータに対して推定したアンテナインピーダンスを検討する必要がある。しかしながら、アンテナインピーダンスを変化させる要因であるプラズマ密度に対する依存性が顕著に見られないことから、現実的なアンテナインピーダンスの導入により、10Hz 以上での EFD と WFC の差異が解決されないことも十分に考えうる。

今年度の研究では、EFD と同じ周波数帯域の磁界を観測する MGF と、WFC の磁界データに見られる EN 波動の周波数スペクトル構造の比較も行い、MGF と WFC では良い一致を示すことがわかっている。EFD と MGF から得られる電界と磁界強度の比 (E/B 比)、WFC で得られる E/B 比を、プラズマの分散関係から推定される E/B 比と比較することにより、EFD と WFC で得られた信号をより正確に評価可能と期待される。EFD と WFC は同じアンテナを共有しているため、EFD と WFC で得られた信号が正確に理解できた暁には、電界アンテナそのものの特性を明らかにできると考えられる。