

静電シールド付きワイヤアンテナの低周波特性解析

Low frequency characteristics of a wire antenna with noise reduction shield

*北 昂之¹、井町 智彦¹、八木谷 聡²、尾崎 光紀²、東 亮一³*Takayuki Kita¹, Tomohiko Imachi¹, Satoshi Yagitani², Mitsunori Ozaki², Ryoichi Higashi³

1.金沢大学、2.金沢大学理工研究域、3.石川工業高等専門学校

1.Kanazawa University, 2.Institute of Science and Engineering, Kanazawa University, 3.National Institute of Technology, Ishikawa College

宇宙空間における電磁波の電界成分観測は、科学衛星の重要な観測目的の一つである。衛星で観測した電磁界波形は電界センサによって電圧値に変換され、A/D変換後に地上へ伝送される。よって、伝送されたデータから正確な電界の大きさを知るためには正確な較正が必要であり、そのための重要なパラメータにアンテナの実効長がある。しかし、アンテナのワイヤ長 L は数十~100 mと非常に大きく、事前に地上で試験を行い実効長の特性を把握することは、非常に困難である。そのため、実際の解析では実効長は静電界観測で L 、波動観測で $L/2$ に仮定される場合が殆どである。この実効長を推定する手法としてレオメトリ実験がある。レオメトリ実験とは、水中に平行に配置した2枚の電極板に低周波信号を与えることで水中に既知の電界を発生させ、アンテナの出力電圧を測定する手法である。既知の電界の大きさとアンテナの出力電圧により実効長を計算する。先行研究では、レオメトリ実験により、実効長の周波数特性はアンテナの構造に依存し、側面のみが絶縁被覆されたワイヤアンテナを導電性媒質中に置いた場合、低周波で L 、周波数が高くなるにつれ $L/2$ に漸近することがわかってきている。

本研究では、このようなアンテナ構造の影響の更なる解明のために、シールドの影響について解析を行った。実際の衛星構体では、内部に搭載されている観測機器など衛星本体から発生する人工的なノイズがアンテナの感度に影響を及ぼすのを防ぐために、構体及びワイヤの根元がシールドされているケースが多い。そこで、シールドされたワイヤアンテナに対し同様の実験を行い、実効長の周波数解析を行った。

実験の結果、ワイヤにシールドが施された場合、周波数が高くなるにつれ出力電圧は減衰した。その原因としては、シールドによる衛星周辺の電位分布の歪みと、シールドとワイヤ芯線間におけるキャパシタンスの影響が考えられる。そこで、定量的な解析を行うためにシミュレーションによる電位分布解析と、等価回路による出力電圧の計算を行った。シミュレーションにはCST EM STUDIO LF solverを用いた。シミュレーションの結果、ワイヤ近傍での電位分布が非シールド時の線形分布と異なる、非線形分布となっていることがわかった。そして、シールドによるキャパシタンスを考慮した等価回路に、得られた電位分布を適用して理論計算を行い、その計算結果を実験結果と比較したところ、実効長の値が変化する遷移周波数は極めてよく一致しており、出力電圧値も全ての周波数において数パーセント程度以下の差異に収まった。このことから、シールドとワイヤ芯線間においてキャパシタンスが生じ、周波数の上昇とともにアンテナのインピーダンスに影響を与え、出力電圧の減衰を引き起こす原因となっていることが明らかとなった。

本発表では、上記実験結果およびシミュレーション・理論計算の結果について詳細な報告を行う予定である。

キーワード：ワイヤアンテナ、実効長、レオメトリ実験、静電シールド、衛星、準静電界

Keywords: wire antenna, effective length, rheometry experiment, noise reduction shield, satellite, quasi-electrostatic field