

## 論文の内容の要旨

### 1 申請者

防衛大学校 中川 雄太

### 2 論文題目

金属筐体内への設置を考慮した小型折返しモノポールアンテナの研究

### 3 論文の内容の要旨 (博士:2,000 字程度)

IoTの進展により世界の無線通信端末の数は継続的に増加している。特に自動車や産業用途の分野は今後も高成長が予測され、無線通信端末数のさらなる増加が見込まれている。これらの分野における無線通信端末の設置環境として、周辺を金属で囲まれた空間への設置が想定される。金属に囲まれた無線通信環境では、アンテナと金属が近接することで入力インピーダンス特性の変化に起因した  $VSWR$  特性の劣化が発生し、無線通信品質が劣化する。本論文では、自由空間内および金属が近接する環境でも動作する、金属筐体内への設置を考慮したアンテナを、アンテナ素子部の調整等の簡易な方法での実現を目的とする。

第2章では、アンテナが安定して動作するための定量評価の基準値として  $VSWR \leq 3$  を示した。また、金属近接時のアンテナ特性変化について簡易構造のアンテナを用いて基礎特性の把握を行った。その結果、金属板が近接するアンテナの方向によって、イメージ電流の影響により入力抵抗の低下に起因した  $VSWR$  特性の劣化、およびアンテナ素子と金属板の間に発生する逆相電流による入力抵抗の上昇に起因した  $VSWR$  特性の劣化が発生する事を明らかにした。

第3章では、高インピーダンス化アンテナを提案し、その効果を  $VSWR \leq 3$  の基準値で評価した結果を示す。アンテナはアンテナ素子とグラウンド板から構成され、ステップアップ比による入力インピーダンスの調整が可能なグラウンド板付きの折返しモノポールアンテナ(FMA)を使用する。検討に使用するFMAの初期モデルを  $36 \Omega$ モデルと定義し、アンテナのグラウンド板のアンテナ素子を設置していない-z方向の金属板に近接させたところ、入力抵抗の低下に起因した  $VSWR$  の劣化が発生した。その為、金属板への近接により低下する入力抵抗のキャンセルを狙いアンテナの高インピーダンス化を検討した。高インピーダンス化はアンテナ素子形状によるステップアップ比の調整で行い、高インピーダンス化したアンテナを  $115 \Omega$ モデルと定義した。  $115 \Omega$ モデルを用いて、  $36 \Omega$ モデルと同様にアンテナの-z方向に金属板が近接する条件で解析し、  $VSWR \leq 3$  を満たす距離で評価したところ、  $36 \Omega$ モデルが  $0.04\lambda$ 、  $115 \Omega$ モデルが  $0.02\lambda$ となり、高インピーダンス化アンテナにより  $VSWR \leq 3$  を満たす距離を拡大できる事を確認した。続いて、アンテナが2面の直交する金属板に近接する設置環境を想定し検討を行った。アンテナの近接方向は-z方向の他に-x方向と-y方向を選定した。そのため、アンテナが①-z方向と-x方向の金属板に近接、②-y方向と-z方向の金属板に近接、③-x方向と

$-y$  方向の金属板に近接する 3 条件をモデル化し解析を行う。解析の結果、解析範囲内で  $VSWR \leq 3$  を満たすアンテナ設置位置は、①の条件では、 $36 \Omega$ モデルは96.6%、 $115 \Omega$ モデルは98.9%、②の条件では、 $36 \Omega$ モデルは96.6%、 $115 \Omega$ モデルは89.2%、③の条件では、 $36 \Omega$ モデルは99.8%、 $115 \Omega$ モデルは87.7%となった。これらの結果から、高インピーダンス化アンテナの使用は、 $-z$  方向の金属板への近接に対しては、 $VSWR \leq 3$  を満たすアンテナの設置位置を拡大できる。しかし、 $-y$  方向の金属への近接に対しては、入力抵抗の上昇が発生するため、高インピーダンス化アンテナの使用は逆効果となり、 $VSWR \leq 3$  を満たすアンテナの設置位置は減少する事が明らかとなった。

第4章では、第3章の検討結果から明らかとなった、金属板との近接による入力抵抗の上昇および低下に対応するため、入力インピーダンス切替型アンテナ(以下、切替型アンテナと呼称する)を提案しその効果を  $VSWR \leq 3$  の基準値で評価した結果を示す。切替型アンテナは、FMA に対して追加素子の接続を制御することでアンテナのステップアップ比を変化し、入力インピーダンスが低い L モデルと、入力インピーダンスが高い H モデルの 2 つの入力インピーダンス値の切替えを実現する。L モデルは  $36 \Omega$ モデルの入力インピーダンス値を参考に設計する。H モデルは  $115 \Omega$ モデルより入力インピーダンスを高く設計し、各アンテナ設置位置において L モデルと H モデルの切替を適切に行うことで、より広い入力インピーダンスの変動への対応を可能とした。切替型アンテナの効果の確認の為、第3章と同様にアンテナが直交する2面の金属板に近接する条件で解析し、第3章の  $36 \Omega$ モデルおよび  $115 \Omega$ モデルの解析結果で  $VSWR \leq 3$  を満たすアンテナの設置位置が広いモデルと比較した。①の条件では、 $115 \Omega$ モデルの98.9%に対して、切替型アンテナは99.8%、②の条件では、 $36 \Omega$ モデルの96.6%に対して、切替型アンテナは99.6%、③の条件では、 $36 \Omega$ モデルの99.8%に対して、切替型アンテナは99.9%となり、切替型アンテナの使用により、すべての解析条件において  $VSWR \leq 3$  を満たすアンテナの設置位置を拡大可能であることが明らかとなった。

以上、本研究は金属筐体内への設置を考慮したアンテナとして、高インピーダンス化アンテナと入力インピーダンス切替型アンテナを提案し、その適用範囲を示した。今後の機器内に搭載される無線端末の設計・開発に役立つものとする。

#### 4 キーワード (5 個程度)

「折返しモノポールアンテナ」「金属近接」「ロバスト」「インピーダンス」「スイッチング」