

論文の内容の要旨

移動体通信は、スマートフォンやタブレット端末などインターネット接続のための小型端末数の増加により急速な発展を続けている。また、大容量コンテンツに対する近年の高い需要により、伝送速度やデータトラヒックの大幅な増加が進んでいる。一方、携帯電話等の小型端末に使用されるアンテナには、様々なアプリケーションに対応するためのマルチバンド化を含む広帯域化、そして限られたスペースに内蔵されるための小形化が求められている。また、今日の高速通信に対応するため、端末内部に複数のアンテナを配置したマルチアンテナ技術が必須となっている。さらに、端末近傍の人体がアンテナ性能に及ぼす影響を考慮し、通信の信頼性を向上するため、端末使用時の人体によるアンテナ特性の劣化に対応することも非常に重要な課題の一つである。

本論文は、既に報告された給電線付折返しダイポールアンテナ (FDAFL) に着目する。FDAFL は、折返しダイポールアンテナ (FDA) よりも 2 倍の広帯域特性を有するが、小型端末に内蔵するにはアンテナ構造が大きすぎるという問題があった。また、FDAFL の小形端末への応用に関する研究はまだ詳細に行われていない。そこで本論文の目的は、上で示した小型端末用アンテナに求められる課題を考慮し、FDAFL を小型端末に適用、さらにアンテナ性能向上のための指針を示すことである。

第 1 章では、本研究の背景、小型端末用アンテナに求められる課題、及び目的を述べるとともに、論文の構成を示した。

第 2 章では、FDA の動作原理と、既に報告された FDAFL の基本特性を示した。FDA は折返し構造を持つ最も基本的なアンテナであり、アンテナ素子上の電流が変化することで特徴的な特性を示す。一方、FDAFL は 2 共振動作をすることから FDA 以上の広帯域特性を示すとともに、FDA と同等の放射特性を有することを確認した。

第 3 章では、メアンダ構造を用いない FDAFL の小形化手法を提案し、その後 FDAFL を小型端末に搭載したアンテナ特性を示した。ステップアップ比と給電線の特性インピーダンスを変化させることで FDAFL のインピーダンス整合が得られ、FDAFL の小形化が実現するとともに広帯域特性を有することがわかった。また、USB ドングルやタブレット端末、スマートフォンを模擬した様々なグラウンド板に搭載し、その特性がグラウンド板サイズに大きく影響しないことを示した。50×80 平方ミリメートルのグラウンド板では、FDAFL が当初の 43% まで小形化され、比帯域幅 ($VSWR \leq 3$) は約 65% となることを示した。

第 4 章では、立体に構成した 2 つの異なる FDAFL を提案し、それぞれのアンテナ特性を示した。Model-A はグラウンド板上に、Model-B はグラウンド板の外側でそれぞれ立体に構成される。どちらの場合も、3 章同様にステップアップ比と給電線の特性インピーダンスを変化させることで整合が取れ、更なる広帯域特性を有することがわかった。Model-A はアンテナ高が 7 mm 以上のとき比帯域幅が 74% 以上、Model-B はアンテナ高が 1 mm でも 86% 以上の比帯域幅が得られることから、これら 3D モデルは、3 章で提案した FDAFL よりも広帯域特性を有することを示した。

第5章では、第4章で提案した3D-FDAFLをモノポール化した折り返しモノポールアンテナ(FMA)を示すとともに、伝送速度向上のため複数のアンテナを配置したMIMOアンテナを提案した。FMAは、同一の物理的体積を有する板状逆Fアンテナ(PIFA)と比較しても、約1.7倍の広帯域特性を有し、さらに適切に配置することで高効率・低相関なMIMOアンテナが実現されることがわかった。また、多共振化のため無給電素子をFMAとグラウンド板の間に構成することで、WiMAX2.5/3.5/5.5 GHz帯とWLAN2.4/5 GHz帯をカバーするマルチバンドアンテナとなることを示し、その構成手法を明確に示した。

第6章では、人体によるアンテナ性能の劣化を軽減するため、グラウンド板上の電流(筐体電流)を低減させるとともに、人体手部の簡易モデルによりその効果を定量的に示した。第5章で示したMIMOアンテナの近傍に $\lambda/4$ 付加素子(AE)を装荷することで、小型端末の筐体電流が容易に抑制されることを確認した。また、端末使用時を模擬した人体手部をシミュレーションでモデル化し、その際のアンテナの効率や利得の計算を行い、AEを装荷することで特性の改善を実現した。このときグラウンド板上だけでなく人体手部の表面電流も抑制されたことから、端末使用時の人体の影響を受けにくいアンテナ構成が可能であることがわかった。さらに、他のアンテナとして線状逆FアンテナにもAEを装荷しその効果を確認し、同様に放射特性が改善することがわかった。

以上、本研究はFDAFLに着目した小型端末用アンテナの広帯域化、小形化、マルチアンテナ技術への対応及び人体からの影響の軽減を考慮し、アンテナ性能向上のための指針を示した。各章を通して、FDAFLが様々なサイズの端末に搭載してもアンテナ特性に大きな変化が生じないことから、その汎用性を確認した。また、パラメトリック解析を詳細に行いアンテナ設計のパラメータ範囲を明らかにしたことで、本研究が今後の移動体通信用アンテナの設計へ大きく貢献し、今後の更なる研究と実用化が期待できるものである。