

論文の内容の要旨

最初の携帯電話機が 1970 年代に発明されて以来、携帯端末用アンテナの小形化設計は、携帯端末の総合設計において最もハードルの高く興味深い設計課題の一つである。現在、様々な無線端末の種類が普及しており、特に近年のスマートフォンの飛躍的な発展が世界のユーザー数を激増させる中、端末用アンテナの更なる小形化設計の重要性が高まっている。しかしながら、端末用アンテナの小形化設計において、これまで多くの研究では、様々な小形化手法が提案されてきたが、アンテナの小形化の度合いの厳密な定量的評価を行う研究がほとんどなく、特に物理的・電氣的なアンテナの大きさの評価については、端末用アンテナのみならず一般的なアンテナの場合でも十分な検討が行われていない。

そこで、本論文は携帯端末内におけるアンテナの大きさを定量的に評価することで、端末用アンテナの小形化設計を図る。具体的には、本論文はアンテナ素子単体の物理的な大きさを表わす「物理的体積」(Physical Volume: PV)だけではなく、アンテナ素子が周辺にある端末内部の諸部品から受けた電氣的な影響を考慮した際の「必要設計体積」(Requisite Design Volume: RDV)というアンテナの小形化の度合いを定量的に図れる新しい指標を提案した。即ち、従来の端末用アンテナの大きさ(体積)は、アンテナ設計者の経験に基づいて、単純に物理的な意味で見積もられているだけであるが、提案の RDV 指標を使うことにより、電磁氣的な意味も含めた端末用アンテナの実際に必要とする設計空間を容易に求めることができる。この RDV 指標は、設計者にとってアンテナの設計空間を正確に評価できる便利な指標である。RDV の概念に基づき、本論文は以下のように、端末用アンテナの小形化設計の二つの重要な論点に着目して議論した。

- ▶ 論点 1: 特定のアンテナ性能に対して、如何にアンテナ設計空間を低減できるか?
- ▶ 論点 2: 特定のアンテナ設計空間において、如何にアンテナ性能を向上できるか?

この二つの論点を議論するため、本論文は 6 章から構成されている。各章の内容は以下の通りである。

第 1 章では、本論文の研究背景として、ますます高まっている端末用アンテナの小形化設計の重要性、従来の小形化手法の分類やアンテナ体積に関する議論を述べ、本論文の研究目的や構成を示した。

第 2 章では、端末用アンテナの物理的体積 PV について検討を行った。一般的な場合における任意のアンテナ形状に対して、どのように物理的体積 PV を計算すれば良いかを説明し、幾つかの具体例を通じてその計算方法を明確にした。更に、一つの代表例として、U 字型折返しダイポールアンテナの設計に着目し、端末内にある基板に対する配置方法を検討し、アンテナ素子の物理的体積 PV の低減について議論した。

第 3 章では、端末用アンテナが周りの空間も含めた実際に必要としている設計スペースとして、必要設計体積 RDV という新たな概念の提案について説明した。諸部品を模擬す

一つの導体ブロックがアンテナ素子の近傍に置かれた際のアンテナ特性の変化に着目して、基準の共振帯域幅に対する RDV の厳密な定義と計算手順を示した。また、RDV の評価をより正確に行うには、ある程度基準の共振帯域幅を限定したほうが RDV の小形化の議論が容易であることを述べた。

第 4 章は、小形化設計の論点 1 の議論を行った。第 3 章の結論に基づき、第 4 章では共振帯域幅が比較的狭い線状逆 F アンテナ(Wire Inverted-F Antenna: WIFA)を代表例として取り上げ、特定の帯域に対する RDV の評価や低減方法を示した。単共振設計での RDV の評価や低減方法を携帯通信の高周波帯域(2 GHz 帯)と低周波帯域(800 MHz 帯)においてそれぞれ行い、更に多共振設計においても評価した。また、RDV の低減方法の原理を明らかにすることで、実際の設計においてアンテナ素子と周辺部品の有効な配置法を提案した。

第 5 章は、WIFA 構造を基本とした小形化設計の論点 2 を議論した。第 4 章のアンテナモデルの多共振化手法を利用することで、固定された設計体積(Design Volume) $DV = 3600 \text{ mm}^3$ の中に、如何にアンテナ形状を構成して、アンテナの総合的性能を向上できるか検討を行った。また、多共振化の原理を考察して、多共振化手法は端末用アンテナの場合だけではなく、一般的なアンテナ設計の場合にも有効であることを示した。

第 6 章では、本研究の結論を述べた。付録において、物理的体積 PV を議論した際のアンテナ設計に関連するアンテナ最適化手法を示した。