



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	A Study on Gain Enhancement of Leaf-Shaped Bowtie Slot Antenna for Use in Quasi-Millimeter Wave Frequency Band [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	Hor, Mangseang
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(情報科学)
Dissertation Number	甲第15080号
Issue Date	2022-03-24
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/85416
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Mangseang_Hor_review.pdf, 審査の要旨



学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称 博士 (情報科学) 氏名 Mangseang Hor

審査担当者 主 査 准教授 山本 学
 副 査 教 授 大鐘 武雄
 副 査 教 授 齊藤 晋聖
 副 査 教 授 西村 寿彦

学位論文題名

A Study on Gain Enhancement of Leaf-Shaped Bowtie Slot Antenna for Use in Quasi-Millimeter Wave Frequency Band

(準ミリ波帯に向けた葉状ボウタイスロットアンテナの高利得化に関する研究)

本論文は、準ミリ波周波数帯での各種無線システムに向けた広帯域アンテナの基本構成法について検討するとともに、同アンテナの高利得化手法について検討した研究成果をまとめたものであり、第1章から第7章までの全7章で構成されている。

今後の無線通信において、更なる高速大容量化に向けた準ミリ波やミリ波などのような高周波数帯電波の活用が期待されている。見通し内通信を必要とする、これら高周波数帯の電波で面的カバーするためには、多数のアンテナを分散配置することが必要とされる。このような分散アンテナシステムを効率的に社会実装するためには、張出無線局を周波数帯に依らずに共用化できることが必要であり、その実現のためには広帯域アンテナと、その高利得化技術が必須である。

高周波数帯での広帯域特性が実現可能な広帯域アンテナ素子として、本論文では、自己補対アンテナの一種である葉状ボウタイスロットアンテナに着目し、その構成法及び設計法について、準ミリ波帯である 28 GHz 帯において基礎検討を行っている。また、葉状ボウタイスロットアンテナを素子アンテナとして採用した準ミリ波帯広帯域平面アレーアンテナの構成法について明らかにしている。更に、上記アレーアンテナの高利得化技術として、アレーアンテナの前面に高誘電率の誘電体板を配置する手法の有効性を示している。

以下に本論文の構成を示す。

第1章は序論であり、研究の背景と目的を述べている。

第2章では、第3章以降におけるアンテナ諸特性の評価及び設計において用いられる電磁界解析法として、有限差分時間領域法 (Finite Difference Time Domain method: 以下 FDTD 法と略する) に着目し、その概要について述べている。

第3章では、高周波数帯での広帯域特性が実現可能な広帯域アンテナ素子として、葉状ボウタイスロットアンテナに着目し、その特徴及び諸特性について述べている。葉状ボウタイスロットアンテナは双指向性の広帯域アンテナであって、アンテナの両面に放射が生じる。一方で、本アンテナの各種無線システムにおける応用においては、単指向性化が必要になるものと考えられる。そこで本章では、反射板を付加した葉状ボウタイスロットアンテナについて、反射板の影響を考慮に入れた給電回路の設計を行うことで、反射板を付加した場

合であっても、入力インピーダンスなどのアンテナ諸特性の広帯域化が可能であることを示している。反射板を付加した葉状ボウタイスロットアンテナの給電回路として、 $1/4$ 波長整合回路を採用することで二重共振特性を得て、それによってインピーダンス特性の広帯域化が可能であることを明らかにしている。

第 4 章では、準ミリ波帯である 28GHz 帯を設計帯域として、第 3 章で述べた反射板付き葉状ボウタイスロットアンテナを素子アンテナとして用いた広帯域平面アレーアンテナの構成法について検討している。本アレーアンテナの構成例として、反射板付き葉状ボウタイスロットアンテナを直線状に等間隔で 4 素子配置した広帯域平面リニアアレーアンテナを設計し、その諸特性について FDTD 法を用いた電磁界シミュレーションによって評価している。それによって、葉状ボウタイスロットアンテナを素子アンテナとすることで、準ミリ波帯に向けた広帯域アレーアンテナが実現可能であることを示している。また、第 3 章で述べられている、 $1/4$ 波長整合回路からなる給電回路が、反射板付き葉状ボウタイスロットアンテナをアレー化した場合においても、インピーダンス特性の広帯域化に有効であることを明らかにしている。

第 5 章では、第 4 章において設計された葉状ボウタイスロットアレーアンテナの高利得化技術について検討している。具体的には、アレーアンテナの前方に複数の高誘電率誘電体板を配置し、その配置間隔を最適化することで、アンテナの主ビーム方向における動作利得を上昇させることが可能であることと、インピーダンス特性の広帯域化が可能であることを示している。本章では、比誘電率が 10.2 で厚さが 0.6mm の誘電体板を 2 枚、5mm 程度の間隔で反射板付き葉状ボウタイスロットアレーアンテナの前方に配置し、それらの配置間隔を最適化することで、アレーアンテナ単体時の利得 (約 14.5dB) に対して 6dB 程度の利得上昇が実現されることを電磁界シミュレーション (FDTD 法) により確認している。また、このときに 28GHz 帯において、定在波比が 2 以下のインピーダンス帯域が 1.2GHz 程度となり、誘電体板付加によってアレーアンテナ単体の場合よりもインピーダンス帯域が広帯域化されることを示している。

第 6 章では、第 3 章から第 5 章で設計されたアンテナ構造の試作測定を行い、電磁界シミュレーション (FDTD 法) による検討結果の妥当性について確認している。具体的には、マイクロ波帯 (7~10GHz) を設計周波数とした反射板付き葉状ボウタイスロットアンテナと、28GHz 帯を設計周波数とした高誘電率誘電体板付き 4 素子葉状ボウタイスロットアレーアンテナについてプロトタイプを製作し、それらの諸特性測定結果と数値シミュレーション結果を比較している。それによって、第 3 章から第 5 章で示した数値シミュレーション結果の妥当性を明らかにしている。

第 7 章では結論を述べ、論文全体の成果を要約している。

これを要するに、著者は、高周波数帯の電波を用いる各種無線システムに向けた広帯域アンテナの基本構成法と、同アンテナの高利得化手法に関する有益な知見を得たものであり、高周波数帯における無線通信の更なる高速大容量化の実現に貢献するところ大なるものがある。よって著者は、北海道大学博士 (情報科学) の学位を授与される資格あるものと認める。