

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	Slot Coupling Control and Feeder Design for Travelling Wave Excitation of Uniform Aperture Illumination in Radial Line Slot Antennas
著者(和文)	NguyenXuan Tung
Author(English)	Xuan Tung Nguyen
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第9973号, 授与年月日:2015年9月25日, 学位の種別:課程博士, 審査員:安藤 真,廣川 二郎,水本 哲弥,西方 敦博,阪口 啓,西山 伸彦,小西 善彦
Citation(English)	Degree:., Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9973号, Conferred date:2015/9/25, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

(博士課程)

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	Nguyen Xuan Tung	
論文審査 審査員		氏名	職名	氏名	職名
	主査	安藤 真	教授	阪口 啓	准教授
	審査員	広川 二郎	教授	西山 伸彦	准教授
		水本 哲弥	教授	小西 善彦	広島工業大学 教授
西方 敦博		准教授			

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「Slot coupling control and feeder design for traveling wave excitation of uniform aperture illumination in radial line slot antennas (和訳: ラジアルラインスロットアンテナにおいて一様開口分布を進行波励振するためのスロット結合制御および給電部設計)」と題し、英文 6 章で構成されている。本研究の目的は、オーバーサイズ平行平板導波路を給電に用いたラジアルラインスロットアンテナにおいて、円筒進行波動作を制御して安定な動作を実現するための給電部構造、導波路構造、スロットアレーの解析と設計であるとしている。

第 1 章「Introduction (序論)」では、アンテナ・導波路技術と無線通信の歴史を概観するとともに、ラジアルラインスロットアンテナの最新の研究状況をまとめている。また、オーバーサイズ平行平板導波路の問題として高次モードの発生が動作の不安定化と狭帯域化をもたらしていること、直径 40 波長以上の電氣的に大きなラジアルラインスロットアンテナにおいて簡易な解析設計法が望まれていることが述べられている。

第 2 章「Control of Quasi-cylindrical Waves in Radial Lines for Elliptical Beam Forming (楕円ビーム形成のためのラジアル導波路内準円筒波の制御)」では、楕円ビームを実現する楕円開口のラジアルラインスロットアンテナでの軸対称性設計を検討している。形状比 2:1 の楕円開口に対し、周方向に電力比 4:1 の分配を実現するように、簡易な同軸給電構造を提案しアンテナ開口を楕円形に修正している。一様な開口分布を実現するために、径方向と周方向の両方に対してスロットアレーの励振分布制御を行っている。22GHz 帯において長軸 22 波長・短軸 11 波長の楕円開口アンテナを設計・試作し、それぞれ対応する面で 2.5 度と 4.9 度の 3dB ビーム幅を実現している。

第 3 章「A High Gain and Lightweight RLSA with Honeycomb Structure for Space Exploration (宇宙探査のためにハニカム構造を用いた高利得軽量ラジアルラインスロットアンテナ)」では、宇宙航空研究開発機構により設計された宇宙探査衛星はやぶさ 2 のための高利得軽量ラジアルラインスロットアンテナについて議論している。32GHz を用いた地球と宇宙の高品質な通信には 44.1dBi 以上の利得が必要であり、直径 96 波長 (900mm) の円形平行平板導波路をハニカム構造で実現して重量を約 1kg としていると述べている。ハニカム構造のセルの大きさが 1/2 波長を越えると異方向性が生じるため、0.34 波長 (1/8 インチ) の構造を検討し、円筒波伝搬の等方向性を確認している。セルの大きさが 1/8 インチのハニカム構造を構成するには、コアに Nomex を用いる必要があり、その伝送損失は 0.014-0.018dB/mm と大きいと述べている。また、製造を容易にするために、コアに接着層、スキム層を付加した 4 層の誘電体導波路構造となっているとしている。直径 96 波長の複雑な構造の導波路の上に切られた数万個のスロットをそのまま電磁界解析するのは困難であるので、等価な 2 層誘電体モデルにモーメント法を適用した解析・設計手法を提案している。それにより、はやぶさ 2 のフライトモデルを設計・試作し、利得 44.6dBi を実現している。重量は 1.16kg になっている。

第 4 章「Slot Coupling Control for the Design of Millimeter-wave RLSAs with Lossy Waveguide (損失導波路を用いたミリ波ラジアルラインスロットアンテナの設計のためのスロット結合制御)」では、32GHz での伝送損失が 0.01dB/mm 以上の損失が大きい材料を平行平板導波路内に充填した場合のアンテナ利得を最大化するスロットアレーの合成を行っている。平行平板導波路における電力保存則に基づき、アンテナ利得を最大にする結合係数分布を理論的に導出し、対応するスロット長を制御することで、損失材料で吸収されるエネルギーを抑制している。伝送損失が 0.09-0.11dB/mm の損失材料を用いて、直径 80 波長のアンテナを設計している。実験結果は設計結果とよく一致し、媒質や開口半径によっては 1dB 程度の利得向上が得られている。

第 5 章「RLSAs for Short Range Communications (近距離通信のためのラジアルラインスロットアンテナ)」では、近距離で高速かつエラーフリーの通信を行う 60GHz 帯ギガビットアクセス伝送装置用のアンテナを検討している。大規模アレーアンテナは近距離において電磁界が一様な 3 次元領域を形成するが、開口面の直近では素子からの経路差により符号間干渉の問題が発生すると述べている。振幅テーパを適用し、計算結果から直径 40 波長 (200mm) の円形開口により 10m の範囲まで振幅偏差が 10dB 以内であることを示し、設計・試作したアンテナにより実証している。

第 6 章「Conclusion (結論)」では、各章で得られた結果を総括して本論文の結論を述べ、今後の課題を示している。以上要するに、本論文はラジアルラインスロットアンテナにおいて一様開口分布を進行波で励振するためのスロット結合制御および給電部設計を行ったもので、工学上、工業上貢献することが大きい。よって我々は本論文が博士 (工学) の学位論文として十分価値があるものと認める。

注意: 「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。