

氏名	中山 大輔
学位の種類	博士(工学)
学位記番号	工博甲第570号
学位授与の日付	令和5年3月24日
学位授与の条件	学位規則第4条第1項該当
学位論文題目	CubeSat用無展開型アンテナに関する研究
論文審査委員	主査 教授 趙 孟佑 " 北村 健太郎 " 豊田 和弘 " 池永 全志 特任教授 福本 幸弘 准教授 廣瀬 幸

## 学 位 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は10章で構成されている。

第1章ではCubeSatを用いた宇宙開発の活発化とCubeSatに使用される通信周波数、アンテナについて述べている。

第2章では無展開型UHFアンテナの要求について述べている。

第3章では提案する無展開型UHFアンテナについて述べている。1U CubeSatなどの小規模なCubeSatで多用されているダイポール/モノポールアンテナの代替としてループアンテナを提案している。このループアンテナは1/6波長の立方体に近い構造をしている。CubeSatの小規模な通信でよく使われる430MHzは波長が70cmであるため、1/6波長はおよそ10cmとなり、この構造はほぼ1U CubeSatと同等となる。つまり、1U CubeSatの金属フレームを改修することで430MHz帯のアンテナとして動作する。

第4章ではBIRDS-4衛星に搭載する軌道上実証機器の開発について述べている。無展開UHFアンテナ（ループアンテナ）をBIRDS-4プロジェクトのサブミッションとして搭載し、軌道上実証を行った。

第5章ではBIRDS-4に搭載したアンテナの実測とその考察について述べている。

第6章ではBIRDS-4に搭載された無展開型UHFアンテナの軌道実証結果とその考察について述べている。軌道上実証の結果、利得は-8dBi程度であると推定された。

第7章では無展開型Sバンド高利得アンテナの要求と設計について述べている。高利得アンテナは大面積を必要とするが、外面パネルはCubeSatにおいて貴重なリソースの一つであり、特に太陽電池との干渉が大きな問題となる。そこで、透明材料を用いることで通信と発電を兼用できる外面パネルを構成することを考えた。検討の結果、パッチアンテナの誘電体に3mm厚のガラスを使用し、背面のグラウンド面にITO(Indium-Tin Oxide、酸化インジウムスズ)を使用し、パッチ素子に銅箔を使用することとした。また、ITOの抵抗率の高さを緩和するために、電流密度が高いパッチ素子の背後は銅箔で補強した。この構造でS帯ダウンリンク（2.2GHz帯）2×2のパッチアレイアンテナ（200mm × 200mm × 3mm）で電磁界シミュレーションを行ったところ、13.4dBiの利得が得られるこ

とがわかったとしている。

第8章では無展開型Sバンド高利得アンテナの試作と性能の測定結果について述べている。このアンテナは90%以上の透明部を持ち、アンテナの背後に太陽電池セルを敷き詰めることで、10W程度の発電電力が見込める。

第9章では、無展開型Sバンド高利得アンテナの環境試験について述べている。

第10章で総括として2種類の無展開型アンテナの開発から得られた考察を述べ、将来の課題としてさらに高い周波数帯（Xバンドなど）への対応、太陽光セルとのより有機的な統合があることを述べている。

## 学位論文審査の結果の要旨

上記の論文に対して審査を行い、本研究が今後の超小型衛星技術の進展、特に通信系の信頼度向上に貢献することが認められた。論文調査会・公聴会においてなされた様々な質問(ガラス素材選択の根拠、アンテナの性能目標値、アンテナが構体に与える影響、透明アンテナの利得向上策、透明アンテナの1Uへの適用可能性等々)についても的確に答えていた。さらに本論文作成の過程で証明した研究能力と論文の記述から、本人が博士号を授与されるのに相応しい素養を身に付けていると判断した。

以上により、論文調査及び最終試験の結果に基づき、審査委員会において慎重に審査した結果、本論文が、博士（工学）の学位に十分値するものであると判断した。