

氏名	Syazana Basyirah Binti Mohammad Zaki (マレーシア)
学位の種類	博士 (工学)
学位記番号	工博甲第507号
学位授与の日付	令和2年 9月25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	Simulation of Adaptive Antenna Array Implementation for Low Earth Orbit Constellation Tracking (低地球軌道コンステレーションの追跡のための適応アンテナアレイ実装のシミュレーション)
論文審査委員	主査 教授 趙 孟 佑 " 浅 海 賢 一 准教授 豊 田 和 弘 代表取締役 賀 谷 信 幸 (WaveArrays 株式会社)

学 位 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は5章からなっている。第1章では、超小型衛星によるコンステレーションが現実のものとなる中、効率的な運用が課題となっていることを述べている。超小型衛星の運用をする適応制御アンテナアレイ(Adaptive Antenna Array, AAA)が、従来の地上アンテナシステムに比べてコンステレーション運用に適している。そこで研究目的として、地上の追尾アンテナに使われる AAA に適した最小二乗法(LMS)による最適化のアルゴリズムを開発し、低地球軌道の超小型衛星コンステレーションを想定したシミュレーションによりその性能を確認することをあげている。

第2章では、理論的背景と文献紹介を行なっている。まず地上追尾アンテナとしての AAA とその性能指標であるアレイファクターの理論的背景を述べている。更に、これまでの衛星追尾用フェイズドアレイアンテナや AAA の最適化のための最大勾配法、地上通信に用いられる AAA などについて文献のレビューを行なっている。

第3章では、研究方法について述べている。まず LMS アルゴリズムを用いた AAA の設計プロセスについて説明を行なっている。次に LMS アルゴリズムのフローチャートについて述べている。更に LEO コンステレーションの軌道解析について述べている。この研究では、2行要素 (Two-Line-Element、TLE)で与えられる軌道情報から、市販の衛星軌道解析ツールを用いて各衛星の軌道位置を推定している。その後、シミュレーションで想定した3つのシナリオについて説明をしている。シミュレーションでは、ある特定の日に Planet, Spire, BIRDS-2 の3つのコンステレーションの衛星が同時に地上局の可視範囲に入ったケースを想定している。シミュレーションでは、各シナリオについてアンテナ要素が四角形平面上に配置された場合と円周上に配置された場合の2

ケースを行っている。

第4章では、シミュレーション結果と考察について述べている。アンテナの追尾性能は、信号波と干渉波の比 (Signal-to-Interference Ratio, SIR), メインビームパターンのビーム幅、収束するまでの計算時間などで評価されている。3つのシナリオ全てにおいて、四角形平面にアンテナ要素を配置した場合が、高い SIR をもって目的の衛星を追尾できていることが示された。また、2.5 秒に一回アンテナパターンを変更するとして、計算にかかる時間が 0.1 秒程度であることが示され、十分に余裕をもってアンテナパターンを変化させていくことができることを示している。

第5章では結論を述べている。AAA において LMS アルゴリズムを使うことで、従来のパラボラアンテナを使った追尾システムよりもより信頼性の高いアンテナシステムを構築できることがわかった。電氣的にビームパターンを変化させ、複数の LEO コンステレーションの衛星が視野に入った場合でも、周辺の衛星からの干渉を排し、的確に目的とする衛星にビームを絞ることができることを示せた。

学位論文審査の結果の要旨

上記の論文に対して調査を行い、本研究が超小型衛星コンステレーションの運用の高度化と信頼性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 (LMS を使うと局所最適解に陥る危険、計算の初期条件、計算においても最も大事なパラメータ、計算の収束条件、AAA の実際のコスト、可視範囲に入ることが許される衛星の最大数、アンテナ要素間距離を適応させる可能性等々) 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。