

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 田中 宏明

修士(工学)田中 宏明 提出の論文は「セルフセンシング形状可変アンテナシステムとその応用に関する研究」と題し、8章と1項目の補遺とからなっている。

人工衛星を用いた通信や宇宙観測の分野では、衛星搭載用の大型で高精度なアンテナが要求される。大型化に伴い、軌道上への搬送能力の制限から、アンテナは展開構造や柔軟構造になる。そのため、アンテナの形状や指向性に対する熱入力などの外的擾乱の影響が大きくなり、高精度化の要求をあわせて満足させるためには、軌道上におけるアンテナ鏡面の形状制御が重要な課題である。本論文は、外的擾乱を受けて変形した鏡面の形状をアンテナの放射特性より推定して、制御目標の鏡面に形状を制御するアクティブなアンテナシステムの概念を提案し、このシステムを将来の有力な衛星搭載用アンテナと考えられているインフレータブルアンテナや近年急速に普及しつつあるケーブルネットワーク型アンテナに応用した場合のさまざまな問題点を検討して、その有効性について述べたものである。従来、衛星搭載用アンテナに関する研究は電気的特性に関する研究と構造的特性に関する研究に分かれて行われていたが、本研究は両者を一体にした初めての試みであり、軌道上での自律的な鏡面形状制御による高性能アンテナシステムの実現を可能にする意義を持つ。

第1章は序論であり、衛星搭載用アンテナおよびアンテナの形状制御について今までの研究を紹介し、本論文の目的を述べている。

第2章では、形状測定方法の比較を行い、軌道上での鏡面変形量のセルフセンシングにフェーズ・リトリーバル・ホログラフィ法が適していることを明らかにしている。また、シーム部やファセットの存在のため完全に理想的な放物面を達成することが難しいインフレータブルアンテナやケーブルネットワーク型アンテナ、あるいは鏡面形状が放物面とは異なる成形ビームアンテナなどの形状制御には初期ノミナル状態の鏡面形状を目標形状とすることが適切であることを指摘して、アンテナの放射特性自体を評価基準とする鏡面の形状制御に関する基本的な考え方を示している。さらに、感度マトリクス的一般逆行列を用いる従来の制御方法(直接法)のほかに、あらかじめ規定した幾つかの次数の制御モードを重ね合わせて制御入力とする新たな制御方法(モード法)を提案し、それらをふまえてセルフセンシング形状可変アンテナシステムの提案を行っている。

第3章では、セルフセンシング形状可変アンテナシステムをインフレータブルアンテナに応用した場合の数値シミュレーションを行っている。鏡面の制御は周辺フレームに接続された周辺ケーブルの張力を調整することにより行い、システムが有効に機能することを示している。大型アンテナの鏡面はモード法によらなければ制御できな

いこと、そしてそれが直接法では局所的な変形を制御しようとするためであることを指摘している。

第4章では、インフレーター型形状可変アンテナシステムの概念モデルの作成とそれを用いた制御実験について述べている。鏡面形状とアンテナ放射特性において、制御による改善が見られたことを示し、システムが有効であることを検証している。

第5章では、セルフセンシング形状可変アンテナシステムをケーブルネットワーク型アンテナに応用したシステムに関し、ケーブル張力制御を評価できるように改良した Force Density Method を用いて、タイケーブルにより鏡面の面外方向張力を制御する場合と鏡面周辺の境界ケーブル張力を制御する場合について、数値シミュレーションを行っている。その結果、軌道上での運用が簡便になる方法として選んだフェーズ・リトリバーブル・ホログラフィ法には高次の推定誤差が生じやすく、直接法では、それが制御結果に影響を及ぼして要求精度を満足する制御とならない場合が多いこと、また、特にモード法はそのような推定誤差の影響を受けにくく、有効なことを明らかにしている。

第6章では、ケーブルネットワーク型形状可変アンテナに関し、ケーブル剛性の影響を検討し、高次の変形が現れにくい剛性の高いアンテナ鏡面では、境界ケーブルを用いるモード法による制御が有効であり、高次の変形が現れる剛性の低いアンテナ鏡面では、制御自由度が大きくなる直接法による制御が有効であることを示している。また、タイケーブルの張力制御では、近傍のタイケーブルとの相互作用のため、システムが変形を拡大するメカニズムとなっていることを明らかにしている。さらに、張力制御に代わるケーブルの巻き取り・巻き出し制御についても検討を行っているが、本研究で扱ったケーブル剛性の範囲内では形状制御を行うことができなかったことを述べている。

第7章では、セルフセンシング形状可変アンテナシステムを成形ビームアンテナに応用している。この場合、アンテナの性能評価には要求方向の放射特性そのものを評価する必要があり、そのさい本研究のシステムは特に有効で、境界ケーブルを用いたモード法による制御が推奨できることを示している。

第8章は結論であり本研究の成果を要約している。

以上要するに本論文は、アンテナ鏡面の変形状態を放射特性より推定して制御目標の鏡面に形状を制御するアクティブな衛星搭載用アンテナシステムの概念を提案し、その有効性を明らかにした研究で、航空宇宙工学およびアンテナ工学上貢献するところが大きい。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。