

## 審査の結果の要旨

論文提出者氏名 稲守 孝哉

修士（工学） 稲守孝哉提出の論文は、「超小型衛星における姿勢制御システム高精度化の方法論に関する研究」と題し、8章と補遺からなっている。

近年、超小型衛星を用いたリモートセンシングや科学ミッションが、短い開発期間、超低コストといった特徴から注目を集めつつあり、3から5m分解能の高解像度の地表画像や高精度な科学データ取得を目的としたミッションが実施されつつある。例えば東京大学で開発した位置天文衛星 Nano-JASMINE では、35 kg という衛星サイズでは初めての1秒角の姿勢安定度が要求されるなど、それにあわせて超小型衛星の姿勢制御に対する要求も厳しくなりつつある。このような動向を踏まえ、本研究は、超小型衛星において高精度姿勢安定度を達成するために、従来の衛星との相違点や新たな技術的問題点を明確にし、超小型衛星の持つ厳しい制約条件の中でこれらの問題を解決する方法論を体系化することを目的としている。

超小型衛星では重量や電力、利用できる予算に関して厳しい制約が存在する。これらの制約下において秒角オーダーの高精度姿勢安定度をを得るためには、慣性モーメントが極端に小さく外乱により姿勢が乱れやすい点、姿勢制御機器の地上較正や地上での End-to-End 試験の実施が困難である点、および従来の中・大型衛星にて使用されるサイズやコストの大きな高精度でダイナミックレンジの広い姿勢制御機器の使用が困難である点の三つの問題点を解決する必要がある。本論文では、これらの問題点を整理した後、まず、磁気擾乱などの支配的な軌道上姿勢外乱を地上設計の工夫と軌道上での衛星モデルの構築により抑圧する手法と、小型リアクションホイールと磁気トルカの組み合わせでトルクの大きさを維持しつつ低擾乱を達成する手法を提案し、第一の問題点に対処している。第二の問題点に対しては、新しい概念である軌道上でのパラメータ較正と制御系チューニングの手法を提案し、第三の問題点に対しては、光学センサーを角速度推定に利用する手法、複数の小型センサ、アクチュエータを段階的に切り替えて高安定度を実現する手法を提案している。さらに、これらの各種手法を、詳細なシミュレーション、および、一部はすでに打ち上げられた超小型衛星 PRISM による軌道上実験により実証している。最後にこれらの提案手法をバランスよく組み合わせて、要求される姿勢安定度を実現するシステムティックな設計手法を新たに提案し、それらをまとめて、超小型衛星の高精度姿勢制御手法の体系化をはかっている。

第1章では、近年の超小型衛星を用いた宇宙利用ミッションの高度化や姿勢制御系への要求の推移等をまとめ、それをふまえて、本論文の目的と構成について述べている。

第2章では、従来の中・大型衛星における姿勢制御系について概観した後、超小型衛星の

特徴から導かれる、高精度な姿勢制御を達成する際の問題点についてまとめている。

第3章では、それらの問題点の解決手法をいくつかのカテゴリに体系的に整理して提案することで、第4章以降の各種手法の詳細な説明への導入を図っている。

第4章では、軌道上で衛星モデルを推定する手段による第一・第二の問題点の解決策を示している。まず、超小型衛星において支配的な姿勢外乱は磁気外乱である事を示し、残留磁気モーメントを軌道上で推定して磁気トルカーにより補償する手法を提案している。また姿勢制御機器の軌道上較正については、適切なる手順で行うことでより精度よく効率的な較正が可能である事を示している。以上の手法を、詳細なシミュレーションおよび超小型衛星PRISMを用いた軌道上実験により検証している。

第5章では、姿勢擾乱の低減手法を述べている。磁気トルカーと小型のホイールの組み合わせでトルクの発生と低擾乱を両立する手法、電流ループ等による高周波の磁気変動に設計の工夫で対応する方法などを提案し、第一・第二の問題点の解決に寄与すると主張している。

第6章では、第三の問題に対して、小型で低消費電力の従来機器を有効利用する方法について述べている。小型でダイナミックレンジの小さい姿勢センサーやアクチュエータを段階的に組み合わせて次第に安定度を高める手法、光学姿勢センサーの出力を用いた高精度姿勢レート決定手法を提案し、シミュレーションでそのフィージビリティを検証している。

第7章では、これまで述べた各種手法を組み合わせ、図式を使って効率的に制御系の設計を行うことを支援する「設計錘」の概念を提案し、いくつかの超小型衛星姿勢制御系設計問題に適用することでその有効性を検証している。

第8章は、本論文の結論と今後の課題について述べている。

以上要するに、本論文は、超小型衛星において高精度姿勢安定を達成するための問題点を整理し、それらを解決するための方法論を広い視点から提案すると同時に体系化しており、宇宙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。