

審査の結果の要旨

氏名 中 邨 勉

近年、ロケットの打ち上げ能力の制限のもとで人工衛星の大型化が進んだことから衛星構造の柔軟化が進むと同時に、ミッションの多様化のため高速な姿勢変更の実現が必要とされてきている。従来より柔軟衛星の姿勢を一定に保つ制御系設計に関する研究、あるいは剛性の高い衛星を高速に姿勢変更させる制御系設計に関する研究は盛んに行われていたが、これらの研究成果は柔軟性の高い衛星を高速姿勢変更させるミッションには不十分であった。また、今後増加すると考えられる高速な姿勢変更を行う衛星の姿勢制御系においては、大トルクを出力する **Control Momentum Gyro (CMG)** の使用が必須となると考えられ、従来のトルク飽和を考慮した制御系設計よりもむしろ姿勢角速度飽和を考慮した制御系設計が望ましい。本論文は、「柔軟衛星の高速姿勢変更のための制御系に関する研究」と題し、柔軟性の高い衛星に対して、姿勢アクチュエータ起因の姿勢角速度飽和が生じない高速の小離角姿勢変更のための制振指令値生成手法、姿勢角速度飽和が生じる高速の大離角姿勢変更のための切り換え型姿勢制御則、及び非対称な柔軟衛星の振動抑制性能を向上する並進運動制御系の提案を行い、計算機シミュレーション及び柔軟衛星の姿勢ダイナミクスを模擬した実験によりその有効性を明らかにしたものである。

本論文は、全 7 章で構成される。

第 1 章は序論であり、研究の背景、目的、論文の構成などを述べている。

第 2 章では、柔軟構造体を高速に動かすという共通点を有するハードディスクドライブ(**Hard Disk Drive: HDD**)における制御則の例を挙げることで、振動抑制制御における位相安定化の重要性について述べている。また、古くから用いられているコロケーションフィードバックが位相安定化制御であることを述べた後、実際の衛星における制御系の実例を挙げ、姿勢制御系における位相安定化制御の有効性と課題について述べている。

第 3 章では、第 4 章及び第 5 章で提案する姿勢制御則の評価のために設計・製作した柔軟衛星の姿勢ダイナミクスを模擬する実験機について述べている。柔軟衛星の制御サンプリングと最低次固有周波数の比率及び柔軟構造のゲイン特性を模擬できるように、実験機の機械系を設計した。実験に使用したアクチュエータの持つ摩擦を補償するための外乱オブザーバを提案し、摩擦補償に関する実験を行うことで、製作した実験機が柔軟衛星のダイナミクスを模擬するものであることを示している。

第 4 章では、アクチュエータ起因の姿勢角速度飽和が生じないような小離角の高速な姿勢変更を実現する制振指令値生成手法を提案している。柔軟衛星に対する制振指令値生成手法として従来から提案されていた **Input Shaping** と **NME profiler** について説明した後、これらを組み合わせて両者の長所を活かすことで高次振動モードのモデル化誤差に対してロバストとなる修正 **NME profiler** の提案を行っている。従来の 3 手法との比較実験により、提案した制振指令値生成手法は高次振動モードのモデル化誤差が懸念される場合に高速姿勢変更を実現する手法であることを示している。

第 5 章では、大トルクアクチュエータ **CMG** を用いた将来の衛星ミッションでは、トルク飽和よりも姿勢角速度飽和が支配的な制約となると予想されることから、姿勢角速度制約下で高速な姿勢変更を可能とする切り換え型の姿勢制御則を提案している。本制御則は、**HDD** の速度飽和制約下のヘッド位置変更制御において使用される切り換え制御を柔軟衛星の姿勢制御系に応用したものである。柔軟衛星の姿勢制御系に応用するにあたり柔軟性の考慮が必要であることを述べ、従来からある制御モード切り換え時の補償方法である初期値補償設計を、柔軟系に対して拡張した **Input Shaping** 型状態変数補償を新たに提案している。第 3 章で設計・製作した実験機によりこの方法の評価を行い、提案した切り換え型姿勢制御則が柔軟衛星の高速姿勢変更のための制御則として有効であることを示している。

第 6 章では、第 4 章と第 5 章で述べた制御則が高速化を狙ったものであるのに対し、新たに振動抑制性能を向上させるための制御系について提案している。ここでの提案は、非対称な人工衛星において姿勢運動と並進運動が連成振動を生じることを利用して、高速な姿勢変更時の振動を抑圧するために並進運動のダイナミクスを利用した振動抑制制御系である。計算機シミュレーションを用いた検討によりその振動抑制性能と実現可能性を明らかにしている。

第7章は結論であり、本論文をまとめ、今度の課題について述べている。

以上これを要するに、本論文では、従来実現が困難と考えられていた柔軟衛星の高速・高精度姿勢変更を実現するため、ロバストな制振指令値の生成法、振動を励起しない切換え制御則、及び並進運動のダイナミクスを利用した振動抑制のための制御系を新たに提案し、計算機シミュレーション及び姿勢ダイナミクスを模擬した実験機による検証をしたものであり、電気工学、制御工学上貢献するところが少なくない。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。