

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	コントロールモーメントジャイロを用いた超小型衛星のための高速姿勢変更制御法に関する研究
Title(English)	A Study on Control Methods of Rapid Attitude Maneuver using Control Moment Gyros for Microsatellites
著者(和文)	カクテイ
Author(English)	Ting Hao
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第9773号, 授与年月日:2015年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:松永 三郎,小田 光茂,大熊 政明,鈴森 康一,古谷 寛
Citation(English)	Degree:., Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9773号, Conferred date:2015/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

(博士課程)

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	カク テイ (Ting HAO)	
論文審査 審査員		氏名	職名	氏名	職名
	主査	松永 三郎	連携教授	古谷 寛	准教授
	審査員	小田 光茂	教授		
		大熊 政明	教授		
鈴森 康一		教授			

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は A Study on Control Methods of Rapid Attitude Maneuver using Control Moment Gyros for Microsatellites (コントロールモーメントジャイロを用いた超小型衛星のための高速姿勢変更制御法に関する研究) と題し、以下の 7 章から構成されている。

第 1 章「Introduction (序論)」では、近年、超小型衛星の世界的な開発競争により、衛星ミッションの難易度が上がり、高速で姿勢変更を行い指定方向に指向制御する要求が生じている状況を述べ、その解決のために、高出力を発生できるコントロールモーメントジャイロ(CMG)を用いる技術に着目し、高速姿勢制御に必要なトルクを導くロバストな非線形制御法と、そのトルク指令値を発生させるための CMG 操舵則について、従来法とその課題を整理した上で、センサノイズや外乱トルクへの耐性がより強く、CMG 配置から生じる特異点問題を改善できる高速姿勢変更制御法を提案し、その有効性を示すことが本論文の目的であると述べている。

第 2 章「Mathematical Models (数学モデル)」では、座標系、姿勢表現、姿勢の運動学と動力学、環境外乱モデルを定義して、4 つの CMG から構成されるピラミッド配置による非線形で複雑なトルク発生原理を含めた運動方程式を定式化している。そして、従来法である PD 制御やスライディングモード制御および特異点回避を加味した G-SR 操舵則を用いた姿勢変更シミュレーションの例を通して、解決すべき課題について論じている。

第 3 章「Sliding Mode Controllers (スライディングモード制御)」では、古典的なスライディングモード制御、高次システムに拡張してチャタリングの影響を緩和する高次スライディングモード制御、および本論文で新しく提案する修正スライディングモード制御(MSMC)について詳述している。提案法は、姿勢表現に修正ロドリゲスパラメータを用い、CMG のピラミッド配置に適用することで、スライディングモードを定義し、安定性をリアプノフ法により証明した姿勢変更制御法を導いている。数値シミュレーションにより、3 つの制御則の中で、MSMC の特徴と優位性を示し、システムの不確実性と非モデル化ダイナミクスに関する系統的なモンテカルロシミュレーションにより、MSMC が姿勢変更時間や指向精度の点で優れていることを明らかにしている。

第 4 章「Steering Logic of Control Moment Gyros (コントロールモーメントジャイロの操舵則)」では、CMG 配置により生じる特異点問題について、一般的な特異値分解法に基づく操舵則と G-SR 操舵則による姿勢変更制御の課題を示した後、特異点を回避しつつ正確にトルク指令値を発生させるために、G-SR 操舵則の 2 組のパラメータに対して新しい選定基準を用いた W-SR 操舵則を提案し、数値シミュレーションにより、その有効性を示している。さらに、ピラミッド配置された CMG のうち 1 つが故障した場合でも高速姿勢変更制御ができることを明らかにしている。

第 5 章「Extended Applications of Proposed Control Methods (提案制御法の拡張応用)」では、提案制御法の応用として、従来法に衛星角速度の指令値との誤差変化に適応する補償項を追加した適応スライディングモード制御を提案し、数値シミュレーションにより、その基本的な特性を明らかにして有効性と課題を示している。次に、柔軟付属物を含む衛星への適用性を検討するために、柔軟性の影響を外乱とした姿勢変更制御シミュレーションを行い、提案法の柔軟振動抑制に対する適用範囲を示している。

第 6 章「Evaluation of Attitude Determination and Control System for Micro Satellite TSUBAME (超小型衛星 TSUBAME のための姿勢決定制御系の評価)」では、本論文で提案した姿勢制御法の軌道上実証に向けて、50kg 級超小型衛星 TSUBAME 用に開発した、センサモデル、CMG を含むハードウェア駆動モデル、姿勢決定制御ソフトウェアを組み込んだ搭載計算機環境および軌道上環境を忠実に模擬できる衛星シミュレータを用いて、4 章までに検討してきた CMG の各種姿勢制御法を衛星搭載計算機に実装し、姿勢変更性能や消費電力などの軌道上性能を模擬して、その有効性を明らかにしている。

第 7 章「Conclusions and Future Works (結論と今後の課題)」では、本研究で得られた結果を総括している。

以上を要するに、本論文は、超小型衛星への高速姿勢変更要求を満たすために、CMG の配置、特異点問題、チャタリングなどを考慮した、姿勢を高速に変更可能な制御法を提案し、安定性、外乱特性などに優れた性能を有していることを明らかにしたものであり、工学上、工業上、貢献するところが大きい。よって本論文は博士(工学)の学位論文として十分な価値があると認められる。

注意: 「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。