

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)	要約
Type(English)	Outline

論文の要約

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則を導いている。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、一般的な特異点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。