

【学位論文審査の要旨】

Control Moment Gyro (CMG)は Reaction Wheel (RW)よりも高トルクを出力可能なため、大型人工衛星の姿勢制御装置としての利用が期待されている。特にピラミッド型配置 4 Single Gimbal CMGs (SGCMGs)は総角運動量をゼロにでき、かつ対称に配置された 4 基の SGCMGs で構成される CMG システムであり、高トルクによる大型人工衛星の高速姿勢変更と搭載 CMG 基数の減少に伴うミッション機器の増加の両方が期待されている。しかし、高性能な姿勢制御装置にするには未だ以下の三つの課題が残っている。

- 1) CMG は駆動部分が多く故障するリスクが高い。しかし劣駆動的なアプローチによる耐故障性の向上に関する研究は十分には行われてこなかった。
- 2) 高アジリティーを要求されるミッションに対して、DGCMG よりも稼働部分が少なく重量の面で有利なピラミッド型配置 4SGCMGs でもって DGCMG 並みの高トルクを出力する方法は実現されていない。
- 3) 柔軟宇宙構造部に励起される振動を抑制しようとする試みは数多く行われてきたが、姿勢制御に使う CMG システムのホイール動特性までを考慮した研究は行われてこなかった。

本論文では、これら三つの課題に対する解決方法を提案している。

本論文の成果は以下の三点に要約される。

- 1) 故障によりピラミッド型配置の 4 基のうちの対面配置の 2 基だけになった CMGs に対して、コーニング効果を用いて姿勢制御を行う方法を示し、姿勢変更に要する時間を球面三角幾何学に基づいて解析的に求める方法を示している。目標到達時間短縮のためには、目標姿勢角が小さい時は 1 軸目のマヌーバの適切な動きが、逆に目標姿勢角が大きくなるとは 1 軸目のマヌーバを最小慣性主軸周りに動かすことが求められることを数値的に明らかにした。
- 2) 高トルク化を実現するためにスキュー角を可変にした Adaptive Skew CMGs (ASCMGs) に対し、スキュー角の稼働範囲を考慮した重み関数を用いたジンバル・スキュー駆動則を提案している。重み関数を調整するパラメータによる性能の違いを詳細に調査し、パラメータを適切に選ぶことにより、提案した駆動則を用いた ASCMGs は、スキュー角制限を考慮しない駆動則で発生するオーバーシュート量を抑制でき、かつ目標到達時間を従来よりも 10%短縮できることを示した。
- 3) 姿勢制御性能と振動抑制性能を共に満足させるために、Variable Speed CMGs (VSCMGs) と呼ばれるシステムにおいて、高トルクの出力可能な CMG モードと姿勢制御精度の高い低トルクの出力可能な RW モードを状況に応じて適切に使い分けられることができるジンバル・ホイール駆動則を提案した。更に、可変速度ホイールの動特性も考慮した指令トルクを与えるために線形行列不等式に基づいた制御器を設計し、従来法よりも柔軟構造物の振動抑制と目標状態への収束性に関して優れた性能を発揮できることを示した。

以上、本論文では、耐故障性の向上、高トルク出力の実現、CMG システムのホイール動特性までを考慮した柔軟宇宙構造物の振動抑制性能の向上の三点を実現する方法を提案

し、宇宙工学に大いに貢献できる成果をあげている。

(最終試験又は試験の結果)

本学の学位規則に従い、最終試験を行った。公開の席上で論文発表を行い、航空宇宙工学および制御工学を専門とする教員による質疑応答を行った。また、論文審査委員により本論文及び関連分野に関する試問を行った。これらの結果を総合的に審査した結果、専門科目についても十分な学力があるものと認め、合格と判定した。