

主 論 文 要 旨

報告番号	甲乙第	号	氏名	小島 檉
主論文題目： 展開型膜構造物を含む大型人工衛星のダイナミクスと制御に関する研究				
(内容の要旨)				
<p>宇宙航行体の展開型膜構造については、軽量化と大型化が一段と進んでおり、構造を安定に維持 運用していくためには、軌道上における熱環境の変化等に対して、固有周波数、減衰率等の柔構造特性を保持する機構が必要となる。しかしながら、その機構の特性によっては、構造物の固有振動数を励起、姿勢軌道制御系 (AOCS) との連成により、衛星本体の姿勢に影響を与える可能性もある。これらの構造物の不安定振動が与える衛星本体の姿勢安定度への影響に関して、定量的な評価ができれば、設計段階におけるAOCS の耐性評価, および異常振動時におけるAOCS パラメータの再チューニングなど, 衛星振動レベルの低減対策等を迅速に図ることが可能となる。一方、AOCS の耐故障設計については、FDIR (Fault Detection, Isolation and Recovery)機能 を有し、軌道上においてリアルタイムで異常・検知して、分離し、その機能を自動回復している。しかし、膜構造の異常に関しては、構造に付加されているセンサ情報を地上に伝送しオフライン処理で評価しており、衛星本体の姿勢、電力等が異常と判断された場合に限りFDIR 機能を動作させる設計となっている。そのため、最悪の場合、技術判断の時間遅れにより、衛星喪失に至る構造異常に陥る危険性も有している。以上のような観点から、本論文では、地球観測衛星 (ADEOS とADEOS-II) を例にとり、展開型膜構造の不安定振動のトリガとなるスティックスリップ現象に着目して、姿勢安定度を評価する新しいモデル及び手法を提案する。また、スティックスリップ事象も含めた展開型膜構造の異常兆候をオンボードで予測、検知し、構造物の健全性を確保することを目的としたAOCS の耐故障設計手法について述べる。本論文の内容を以下にまとめる。</p> <p>第1章では、本研究の背景や、他の研究の変遷について概説し、本研究の位置付け、研究の目的を明確にした。第2章では、太陽電池パドルのマストとブランケット単体についてそれぞれ剛体直鎖リンク状のマルチボディとしてモデル化し、さらに相互に作用するテンションを内力としたモデルを提案する。なお、展開型膜構造物を構成するリンク間の回転ヒンジのパラメータについては、一端が固定されて外力が作用しないときの片持ち梁と等価と見なし、振動運動方程式の解を用いて計算する。本モデルを用いることで、スティックスリップによる衛星姿勢への影響を評価が可能となる。第3章では、まず、スティックスリップ現象を定式化する。次に、そのモデルを入力とし、第2章で提案した解析モデルを併用して、動力学シミュレーションを実施した。最後に、軌道上のフライトデータとシミュレーション結果を比較し、数学モデルの妥当性について評価する。第4章では、スティックスリップによる衛星姿勢振動の低減方法について提案する。ソフトウェアの観点からは、スティックスリップ現象による大型衛星の姿勢運動を線形動力学モデルとして定式化し、スティックスリップの周期性に対する姿勢安定度を時間領域及び周波数領域で評価し、AOCS のパラメータの最適化を図る方法について述べる。また、ハードウェアの観点からは、スティックスリップを励起するトリガとなる張力調整機構の特性改善について述べる。第5章では、展開型膜構造物の異常兆候をオンボードで予測、検知し、通信途絶、電力確保不能のような致命的な状態に至るリスクを回避することを目的としたAOCS の耐故障設計手法について述べる。第6章では、本研究で得られた成果について総括し将来の課題を述べる。</p>				