



学位論文審査結果の要旨

博士（工学）申請者 石川 智浩

審査委員

主査	教授	豊田 国昭
副査	教授	丸山 晃市
副査	教授	大滝 誠一
副査	教授	一ノ宮 修

画像処理技術を利用した超小型衛星の制御に関する研究

本論文は、故障や燃料切れが原因で運用を停止した人工衛星の調査や補修、燃料補給などを行う軌道上サービス衛星として使用する超小型衛星の開発を目的とした基礎研究の成果を述べている。軌道上サービス衛星に求められる機能は、接近・接触・作業であり、とくに、衛星には近距離での相対位置や姿勢を検出する信頼性の高い技術が必要不可欠である。相対位置を計測するセンサとして最も有望視されているのが、カメラを用いた画像計測技術を利用するものである。本論文は、宇宙空間における「画像情報による対象物体の位置計測および制御」の実用化に必要な基幹技術を実験的に検討し、超小型衛星開発に有用な資料を提供しており、全7章から構成されている。

第1章では、軌道上サービス衛星のキーテクノロジーである「画像情報による宇宙機の相対姿勢計測および制御」について概観し、本研究の目的と実験的検討内容の意義について述べている。

第2章では、実験場所や実験条件について述べている。実験場所は無重力実験施設（北海道上砂川の地下無重力実験センター）であるため、この実験施設の仕様に合わせた実験条件を提示している。また、軌道上サービス衛星を模擬した超小型衛星と故障した衛星に相当する対象物体両者の位置関係や画像処理システムの構築条件を示している。

第3章では、実験で用いた画像処理による対象物体の特徴点検出および相対姿勢計測方法について説明し、実測値と計測値の比較により、画像処理による計測誤差を検討している。すなわち、画像情報から得られる対象物体の特徴点を幾つか検出し、画像上の特徴点の動きから対象物体との相対姿勢計測を行う手法を提案している。

第4章では、姿勢制御 CPU の宇宙放射線実験の意義、宇宙放射線実験評価方法、実験方法、実験機器を説明し、宇宙放射線耐性評価について述べている。地球周辺の宇宙空間で降り注いでいる宇宙放射線は、CPU や SRAM などの記録情報の損傷や素子破壊を引き起こすことから、姿勢制御 CPU がどの程度の頻度でこれらの影響を受けるかが重要な問題となる。本章では、この問題を宇宙放射線実験により明らかにし、実験結果で得られた影響内容をもとに、姿勢制御回路の設計指針を提示している。本 CPU は市販部品であり、この実験は民生技術の宇宙転用化として位置づけられる。実験手法は、電離放射線影響に関する試験および解析方法に準拠しており、宇宙放射線の影響については、宇宙用 CPU 評価用のエラー発生確率予測解析ソフトを用いている。評価結果から市販 CPU が宇宙用 CPU に劣らない宇宙放射線耐性を持っていることを定量的に明らかにしてい

る。

第5章では、超小型衛星用姿勢制御アクチュエータである超小型リアクションホイールについて、性能や仕様を説明し、無重力実験の結果について述べている。本研究では、超小型リアクションホイールと角速度センサを取り付けた衛星模擬機を製作し、無重力三次元空間での衛星姿勢制御実験を行っている。

第6章では、無重力下における超小型衛星の画像情報を利用した対象物体との相対姿勢制御の実験について説明し、重力下次元空間での1軸相対姿勢制御実験と無重力三次元空間での3軸相対姿勢制御実験の結果と考察を述べている。すなわち、本研究で製作した実験装置を無重力三次元空間で機能実証を行うことにより、重力下での実験で現れなかった多軸での姿勢制御効果が、無重力三次元空間で現れていることを確認し、その結果から無重力三次元空間での実験の重要性を指摘している。

第7章は本論文の結論であり、本研究で開発した画像処理装置の実験的検討結果と研究成果を要約している。

以上のように、本論文は、無重力三次元空間における「画像情報による宇宙機の相対姿勢計測および制御」の技術を実証し、軌道上サービス衛星としての超小型衛星の今後の開発にとって有用で学術的に重要な基礎資料を得ており、宇宙工学分野の今後の発展に資するところ大である。

よって、著者は博士(工学)の学位を授与される資格あるものと認める。