

審査の結果の要旨

氏名 今村 俊介

修士（工学）今村俊介提出の論文は、「超低高度地球観測衛星の軌道制御に関する実践的研究」と題し、8章から構成されている。

近年高まる地球観測プロダクト要求に対し、ミッションセンサを小型化し、軌道を低高度化して衛星全体の小型・低コスト化を目指すコンセプトが超低高度地球観測衛星である。2007年、JAXA（宇宙航空研究開発機構）は本コンセプトの技術実証のため、「超低高度衛星技術試験機（Super Low Altitude Test Satellite, SLATS）」の研究開発に着手した。SLATSをはじめとする超低高度地球観測衛星の課題は、①小型低コストを目指す超低高度衛星は複数機同時打上げを求められることが多く、分離軌道からミッション軌道へ遷移する際には推進剤を極力温存するための軌道制御が必要なこと、②超低高度域の大きな大気抵抗下においても自律的に高度制御を行う必要があること、③推力発生下における軌道上大気密度推定手法が必要なことにある。これら課題に対応するため本研究では、①大気抵抗と地球重力場による永年摂動を活用した面内・面外制御、②イオンエンジンおよび化学推進系を用いた超低軌道高度・経度制御、③超低高度衛星に適した軌道上大気密度推定手法の提案を行うことを目的とし、これらをSLATSの軌道解析、実際の衛星運用・大気密度評価によって検証している。また、これら成果から将来の超低高度地球観測ミッションコンセプトを提案している。

第1章は序論であり、超低高度地球観測衛星と技術試験機（SLATS）の概要を説明し、超低高度衛星の課題と本研究の目的を述べている。

第2章では新たに開発された姿勢軌道解析ソフトが説明され、永年摂動である大気抵抗および地球重力場摂動を面内制御（降下制御）および面外制御（太陽同期角制御）に利用するための軌道設計問題が定式化されている。実際の衛星運用において大気変動が発生した場合でも、得られた基準軌道を維持し続けるための空力姿勢制御（エアロブレーキ、エアロスルー）とその運用方法の提案を行っている。提案した空力姿勢制御は、衛星自身の姿勢変更によって大気抵抗を変化させること、日陰領域のみで姿勢変更を行うため太陽電池パネルの発生電力

低下が生じないといった様々な衛星にも適用し易い特徴を有している。また、これらの設計・運用を行うための空力データベースの導出・利用方法についてもまとめられている。

第3章では、イオンエンジン系 (IES) および化学推進系 (RCS) を用いた自律高度保持アルゴリズムが提案されている。また、超低高度域の観測軌道への投入方法 (目標経度追従法) および維持方法 (目標交点周期修正法) の提案を行っている。目標経度追従法は、衛星搭載推進系による高度制御により、その後の大気抵抗による高度低下履歴を変化させることで、目標時期に準回帰軌道の一軌跡を観測対象経度に合わせる方法である。目標交点周期修正法は、高度保持中の目標交点周期を一定期間毎に修正することで観測地点通過時の経度保持を行う方法である。

第4章では、2、3章で提案した手法の妥当性を解析的に検証するため SLATS の全期間軌道解析結果を示している。2章で提案した軌道設計問題を解くことで SLATS の基準軌道が設計され、空力姿勢制御を実施することで高度制御用の RCS 消費推薬を削減できることが示されている。また3章で提案した自律高度保持アルゴリズムを利用することで SLATS ミッションのサクセスクライテリアを満足する高度制御精度が達成できる結果を示している。

第5章では、2、3章で提案した手法を SLATS の軌道上運用に適用した結果が説明されている。各手法は解析だけでなく実際の衛星軌道設計・運用に適用し得るものであることが証明された。

第6章では、常時推力を発生させている超低高度衛星に適用可能な軌道上大気密度推定手法を提案している。本手法は、高精度 GPS・加速度計を必要とせず、広く超低高度衛星に適用可能な手法である。また、同手法で得られた SLATS 軌道上大気密度推定値を他の大気モデルと比較している。さらに、提案した大気密度推定手法の妥当性と大気モデル補正指針を示すために、高精度加速度計による大気密度推定を実施していた他衛星の結果との比較が行われている。その結果、提案手法の妥当性に加え、太陽活動に応じた標準大気モデルの補正方針を示している。

第7章では、本論文で提案された軌道制御手法を活かした新たな超低高度地球観測ミッションコンセプトをいくつか提案している。

第8章は結論であり、超低高度衛星の軌道制御・大気密度評価について、課題の整理、新たな手法の提案、解析および実運用を通じての妥当性の検証を行った結果をまとめ、今後の発展性を述べている。

以上要するに、本論文は新しい衛星のカテゴリーである超低高度衛星の可能性、実用性を広げるものであり、航空宇宙工学上貢献するところが大きい。

よって本論文は博士 (工学) の学位請求論文として合格と認められる。