

審査の結果の要旨

氏名 河本 聡 美

修士（工学）河本聡美提出の論文は「スペースデブリ除去のための統合的システムの提案とそのフィージビリティに関する研究」と題し、7章と付録からなっている。

近年スペースデブリの増加が宇宙開発における問題となっており、これから打ち上げる宇宙機のデブリ低減策に加えて、既に軌道上にあるデブリの除去が必要と考えられている。世界でもデブリ除去技術について様々な研究開発が実施されてきたが、デブリ除去の実例はない。その理由として考えられるのは、①除去すべき対象やその方策に関する統合的な研究が不十分であるために除去システムが大型化・複雑化する傾向にあり、コスト的に成立しないこと、②低コスト化するための方策として導電性テザー（EDT）システムが提案されてきたが、実現性が不明であること、の二点である。そこで本研究では、デブリ除去実現のための統合的システムを提案し、EDTを核として実現する際のフィージビリティを検討している。具体的には、上記の2点の課題に対し、①軌道上環境改善のために必要な低コストデブリ除去システムの要求仕様をまとめ、開発方針を提案し、②小型軽量の相乗り衛星で実現するためのEDTシステムに関する課題解決策を示している。

第1章は序論であり、デブリ除去に関する近年の状況・問題点、および、その解決策の一つとして検討されてきたEDT技術の動向・問題点を概観した上で、本研究の目的として、デブリ除去システムの要求仕様や開発方針の提案、およびEDTシステムの課題解決、という2つを明確化すると共に、本論文の構成を説明している。

第2章では、まず、スペースデブリ問題の状況について整理している。軌道上のデブリ分布、デブリ対策の現状、および現在の環境に基づき将来の環境がどのように予測されているかといった研究の背景を示した後、除去の要求、対象等について整理し、除去実現のための条件、対応方針、開発ステップを提案している。具体的には、衝突回避も防御もできないクリティカルサイズデブリの発生防止のために大型デブリの除去が必要であることを示し、デブリ除去のための統合的システムを検討する上での必要条件として、デブリ対策のコスト等について分析している。そしてまずは比較的難易度の低い対象として我が国由来の低軌道混雑軌道のロケット上段デブリを、デブリ除去衛星で捕獲・軌道変換するという低コスト除去技術を確立し、除去対象を徐々に拡大していくという方針について提案している。

第3章では提案する方針に基づいた、軌道上環境改善のために必要な大型デブリ除去のシーケンス案を示している。必要となる要素技術として、非協力接近技術、捕獲技術、デオービット技術についてそれぞれの課題を整理し、デオービット用の推進系が衛星システムや捕獲機構に大きな影響を与えることを述べている。そしてEDTを利用した低コストデブリ除去システムコンセプトの提案を行っている。

続く第4章では、前章で述べた要素技術のフィージビリティについて示している。EDT

が実現すれば、難易度の高い捕獲技術が比較的容易に実現できるようになり、ロケットでの相乗り打ち上げが可能な低コストの小型衛星システムが成り立つことを示している。

第5章では、2つ目の研究課題として提起した EDT システムの技術的課題およびその解決方針を提案している。まず EDT の構成、過去の先行例について述べ、実績のない新規技術であり、デブリ除去への適合性が不明であるという課題があることについて述べている。デブリ衝突による切断可能性が大きいこと、衝突回避や制御落下が困難であること等の技術的課題に対しては、網状テザーや集束テザーといった新規アイデアや、デブリ除去衛星のスラスタを用いた衝突回避や制御落下等の運用方法を提案している。また、高軌道傾斜角における推力や提案した運用方法の実現性について検討するために、詳細数値シミュレーションにより評価することを提案し、次章につなげている。

第6章では、テザーの試験により取得したパラメータや、磁場・プラズマ密度等の詳細モデルを使用した EDT の詳細数値シミュレーションによりデブリ除去システム実現の可能性を検証している。そしてその結果を用いて、システム要求仕様の設定方法を示し、EDT の課題が解決できることについて示している。

第7章は本論文の結論と今後の課題について述べている。

以上要するに、本論文では、持続的宇宙開発のためのデブリ除去の方策を統合的に検討し、デブリ除去システムの要求仕様や開発方針を提案すること、および、低コスト化に有効な EDT を利用する際の技術課題の解決方法を提案することにより、デブリ除去を実現するシステムを検討した成果をまとめたものであり、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。