

東京大学 大学院新領域創成科学研究科
基盤科学研究系 先端エネルギー工学専攻
2020年3月修了 修士論文要旨

増速量の解析的算出を考慮した制御モデルによる スパイラル軌道の多目的最適化

学生証番号 47186063 氏名 岡本 丈
(指導教員 川勝 康弘 教授)

Key Words : Spiral Orbit, Multi-Objective Optimization, Averaging Method, NSGA-II

比推力が大きく推力が小さい電気推進の宇宙機が自ら高度を上げる際、地球の周りを楕円軌道で多周回することで高度を上昇することがある。宇宙機自らが高度を上げることに成功すれば、安価な小型ロケットを用いての深宇宙探査が可能となり、将来の深宇宙探査の低コスト化・高頻度化に貢献することができる。この高度上昇に用いる多周回遷移軌道をスパイラル軌道と呼ぶ。

スパイラル軌道の設計に関しては数十年前から研究が行われているが、そのほとんどが単目的に対してのものである。しかしながら実際のミッションデザインでは多目的最適化が必要不可欠であり、ZuianiらやHudsonらはスパイラル軌道設計の多目的最適化に取り組んだ。Zuianiらによる多目的最適化は加速度の自由度が小さいため、パレート解中に適切な解が含まれていない可能性がある。また、軌道要素の算出に数値積分を要するため計算コストが大きい数値積分を行う必要があり、軌道設計に大きな時間を要する。Hudsonらによる多目的最適化ではTFCと呼ばれる14個の制御変数を考慮することで加速度の自由度が大きい。さらに平均化法を導入することで軌道要素の解析的な算出に成功している。一方で、増速量の算出に数値積分を要するため、この手法も軌道設計に大きな時間を要する。

本論文では、スパイラル軌道の多目的最適化の先行研究として先述の2つの研究を参考にして、軌道要素、増速量ともに解析的に算出し、計算負荷を低下させスパイラル軌道設計に要する時間を短縮するような新しい手法を提案した。

5つの制御変数を用いることで定式化を行い、軌道要素、増速量の解析解を得ることに成功した。また、提案手法を用いて試験的なスパイラル軌道設計を行ったところ、先行研究と比べ大幅な設計時間の短縮に成功した。さらに、増速量と遷移時間を目的関数としたパレート解を算出し、先行研究のものとの比較を行った。