

## 論文の内容の要旨

論文題目 Relative Navigation for Spacecraft Swarms based on Observability-Driven Adaptive Decentralization of Estimation Algorithm(観測性評価に基づき推定アルゴリズムの分散度調整を行う宇宙機スワームの相対航法に関する研究)

氏名 船曳 敦漢

多数の宇宙機を強調させ1つのシステムとして機能させる編隊飛行の内、特に数十から数百などの極めて多数機で構成されるシステムは宇宙機スワームと呼ばれる。この宇宙機スワームは、超多点同時観測を始め、単一の宇宙機や小規模な編隊飛行では実現が困難なミッションを成立させる技術として近年注目を集めている。宇宙機スワームによるミッションを実現するためには、航法誘導制御や通信といった様々な要素技術が必要になる。その中の一つである宇宙機間の相対位置や速度を正確に知る相対航法は、多数機の協調した運用を可能とするために極めて重要であり、従来から研究が行われてきた。

宇宙機スワームの相対航法に関する先行研究には、大きく分けて二つの課題が存在する。一つ目は、測位衛星などにより慣性空間上における位置情報が取得できず、かつ、宇宙機間の通信・観測ネットワーク構造に対して特段の制約を設けない条件において、常に安定性と精度を両立できる推定手法が確立されていないことである。そして二つ目は、宇宙機スワームの運用で想定される様々な要求に対して、これまで提案されてきた相対航法アルゴリズムの性能が包括的に評価されていないことである。特に測位衛星が利用できない深宇宙環境における宇宙機スワームを可能にするためには、これら先行研究の課題を解決し、実運用に耐えうる相対航法アルゴリズムの実現が重要となる。

そこで本論文では、完全分散・部分分散型推定を組み合わせた適応型分散推定(提案 I)と、観測性評価による推定アルゴリズムの分散度調整(提案 II)という二つの機能を備えた新しい相対航法アルゴリズムを提案している。まず提案 I において、安定性に優れる完全分散型推定と推定精度に優れる部分分散型推定を切り替えることで、様々な状況において、常に安定性と精度の両立を可能にすることを示している。一方で、十分な観測情報が得られない条件においては、この切り替えのタイミングを事前に設定するのでは、安定性を保証する

ことが困難な状況が発生しうる。このような状況に対しては、提案 II の観測性評価を導入し、推定が不安定になる条件下での観測更新を抑制することで、より高い安定性を実現している。

提案手法の有効性を検証するため、代表的な既存手法との性能比較を行っている。数値シミュレーション上で、宇宙機の配置や通信・観測ネットワークの密度を網羅的に変え、推定の収束率、精度、通信負荷を評価し、その結果、特に初期推定誤差が大きく通信・観測ネットワークの密度が低いという厳しい条件下において、既存手法と比較して提案手法が推定の安定性と精度ともにより高い性能を実現できることを定量的に示している。