

審査の結果の要旨

氏名 佐伯 孝尚

修士(工学) 佐伯孝尚 提出の論文は「編隊飛行における情報伝達構造と隊形維持の制御性に関する研究」と題し、本文6章と、付録4項よりなる。

過去の宇宙開発の分野においては、単独宇宙機によるミッションが主流を占めており、ミッションの複雑化とともに宇宙機も巨大化、複雑化してきた。近年、搭載機器の小型化、省電力化が進んだ結果、複数宇宙機を編隊飛行させ、単独の宇宙機では不可能であった同時多点観測等を行うミッションが数多く提案され、いくつかは既に実現している。編隊飛行を行うミッションでは、一般に構成する宇宙機を観測に適する編隊形状に適切に配置・維持する必要があり、過去に多くの研究者がこの隊形維持に関する研究を行っている。しかし、これまでの隊形維持の研究は、ケプラー運動を利用し、受動的に隊形維持が可能となる軌道を求める研究が多い。宇宙機間の距離が小さく密度の高い編隊や、複数宇宙機による深宇宙探査、更に推進機関を用いて非ケプラー運動を行わせる宇宙機で構成する編隊など、能動的に隊形維持を行う編隊(以下、「群」という。)に関する研究はようやく開始されたばかりであり、いまだ群全体の制御性を議論する段階には達していない。本論文が扱っているのは、編隊全体の隊形制御すなわち軌道制御問題であり、群における相互情報の取得関係(情報伝達構造)に注目し、それが群全体の制御性に与える影響を理論的に評価する点にその主論点がある。

相互情報に基づいた隊形制御では、各宇宙機間の局所的な制御則と群の情報伝達構造とで群全体の挙動が決定される。すなわち群は、宇宙機同士が局所的な制御則を通じて互いに結合したシステムとなっている。このことは、微小要素における力学的なつりあい巨視的な性質を支配する構造力学や流体力学の分野と類似性があるが、制御・飛行力学の分野では、宇宙機間の連結関係に人為的な操作や選択性を導入することが可能であるため、この情報伝達構造の群全体の運動に与える影響を把握しておくことが重要となる。本論文では、まず、群の情報伝達構造を一つの特別な行列(以下、「情報伝達行列」という。)で表現し、それを用いて群全体の運動の行列伝達関数を求めている。続いて、群の安定性、定常偏差、応答性の3つの制御性と情報伝達構造の関係を明らかにして、陽に制御性の指標を情報伝達行列の関数として与えることに成功している。ま

た、得られた指標に基づいて群を構築していく具体的な手法の提案を行っている。

本論文が扱っている主題は、群の情報伝達構造と群の制御性との関係を解析し、群全体の制御性の指標を得、構成・構築に資することである。

第1章は序論で、本論文の背景である宇宙機の編隊飛行に関する研究の現状を概観するとともに、本論文が扱う相対情報を利用した隊形維持制御に関する問題を提起し、研究の目的を明らかにしている。

第2章では、隊形制御を自然界の生物の群との対比のなかで分類し、分類されたそれぞれの制御構造の特徴を、絶対制御か相対制御か、およびリーダーの存在、不在かで分別してまとめ、本論文が扱う隊形制御の範囲を明確にしている。

第3章では、相対情報をフィードバックする隊形制御の構造の表現に情報伝達行列を導入し、群全体の運動を表す行列伝達関数を導いている。また、この情報伝達行列に関する種々の数学的な性質についても明らかにしている。

第4章では、第3章で求めた群全体の運動を表現する行列伝達関数を用いて、群全体の安定性、外乱条件下の定常偏差、群の応答性を代表する指標と情報伝達行列の関係を明らかにしている。また、これらの指標の妥当性を実際に隊形制御の数値模擬にて実証および確認している。

第5章では、第4章で求めた制御性の指標に基づき、群が高い制御性を持つように情報伝達構造を構築していく手法が提案され、群のもつ機能分散性を活かし、群の制御性の指標を群の構成段階までひきあげた実応用法が掲げられている。

第6章は、結論であり、本研究の成果を要約している。

以上要するに、本論文は、複数宇宙機の編隊飛行における、宇宙機間の情報伝達構造に基づく隊形制御法を議論し、大規模系である群全体の安定性、定常偏差、応答性の制御性とその情報伝達行列との関係を陽に表現することに成功し、かつ得られた性質や手法などの成果は広く普遍的に編隊飛行に応用が可能であり、航空宇宙工学上寄与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。