

論文内容の要旨

論文題目 「情報管理と誘導則の関係を考慮した大規模衛星群フォーメーションフライトアーキテクチャに関する研究」

氏名 津田 雄一

本論文は、軌道上で 100 機規模の大規模フォーメーションフライトミッションを行う際の技術課題を、誘導および情報管理の観点で整理して、大規模フォーメーションフライトを実現するひとつのアーキテクチャを構築しようとするものである。大規模フォーメーションフライトは、広域同時観測や大型衛星の代替といった従来の小規模フォーメーションフライトにもあったメリットに加えて、航法・分散コンピューティング・データ保存・補給・修理等の各種サービスをメンバー衛星に供給する軌道上インフラストラクチャーとしての可能性を開くものである(添付図参照)。

従来のフォーメーションフライトの研究は、航法・誘導・制御(隊形管理)に関する研究と、メンバー衛星が形成する情報ネットワーク(情報管理)に関する研究が個別に行われていたが、特に非常に多くの衛星がフォーメーションフライトに参加する場合、隊形管理と情報管理の手法を同時に考える必要が出てくる。というのも、隊形管理を行うには編隊運動に関する情報が必要であり、編隊規模が大きくなればなるほど、情報収集に要する通信帯域は大きくなるからである。情報管理の観点から見れば、軌道運動のために通信ネットワークのトポロジーが激しく変化することが、ネットワーク形成を難しくする。

そこで本研究では大規模フォーメーションフライトアーキテクチャから「隊形管理」技術と「情報管理」技術を抽出し、両者のインタラクションを明確化するとともに、大規模フォーメーションフライトアーキテクチャに適した隊形管理手法および情報管理手法を導くことを目的とする。

本論文では、まず大規模フォーメーションフライトを機能分散型アーキテクチャとして構築し、上記の課題を解決する隊形管理のための誘導則と情報管理の手法を提案する。隊形管理に関しては、任意の円錐軌道まわりに線形化した運動方程式の解析解を利用することにより、小さい情報量でトラジェクトリを記述できるインパルス誘導則および低推力誘導則を導出する。また、情報管理に関しては、大規模システムの構築法として研究および実用化が進んでいる、機能分散の概念を導入する。各メンバー衛星を分散システムにおけるエージェントとして捉え、自律分散的な手法で衛星間クロスリンク通信網(アドホックネットワーク)を形成させる。一般にアドホックネットワークはトポロジーの把握が困難であり、大規模なネットワークを形成するのは難しいとされているが、ここではダイナミクス情報を利用することにより、運用に必要な情報同期および通信経路制御を実現できることを示す。また、最後に本論文では、ここで提案した隊形管理・情報同期手法を利用してシステム全体の最適化および頑強化の手法を例示する。これらは、本アーキテクチャの、システム最適化・頑強化に対する潜在能力の高さを示すものである。

以上の成果は、大規模フォーメーションフライトアーキテクチャの設計指針になるとともに、新たな宇宙インフラストラクチャーの将来像を示唆するものと期待できる。

