

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 金 志娟

工学修士 金志娟提出の論文は「A Novel Method of Placement and Structure Optimization for Easily-Serviceable Satellites」(サービスしやすい衛星のための新しい機器配置と構造の最適化手法)」と題し、英文で書かれ、7章からなっている。

近年、故障した人工衛星を軌道上で修理する、あるいは燃料補給する等の軌道上サービス技術の研究が数多く行われ、日本ではそれに向けた ETS-7 (技術試験衛星 7 号) のような軌道上実証実験が行われ、海外でもそれをビジネスとする会社が現れつつある。しかし、従来の研究ではサービスする衛星はどうあるべきかやその誘導制御の研究が中心で、サービスされる側がどのような衛星であればよりサービスしやすいかの検討は不十分であった。そこで、本論文では、搭載機器へのアクセス性をベースにサービスされやすさを表す尺度「Serviceability (サービス性)」を定義し、それを最適化する衛星の機器配置と構造を自動設計する問題を取り扱っている。

機器配置と構造を最適化する際には、決められた構造パターンを事前に人間が定義あるいは選択し、そのサイズのパラメータを設計変数に選び、機器配置とともに構造最適化する手法が通常取られるが、それだけでは、人間の思いつく形状を超えるような構造は現れず、サービス性のような直観的に具現化が難しい問題には対応できない。そこで、本論文では、できるだけ自由度を損なわない形で機器配置を先に行い、それをつなぐ形で構造を設計するという、通常とは逆の設計シークエンスを、全設計空間を探索できるよう自動化することで、人間の先入観に捉われない自由な衛星形状の創出が可能となり、その中で特定の評価基準を満足する構造設計ができることを主張している。このような「形状」というパラメータ化しにくい設計対象まで含んだ最適設計システムの研究は少なく、そこにサービス性の定義と並ぶもう一つの本論文の独自性がある。本論文では、上記のサービス性を評価基準として用いた自動機器配置・構造設計システムを実際に構築し、現実存在する 2 機の衛星を題材にしてその実証を行っている。

第1章では、軌道上サービスの定義、現在の技術の状況、問題点をサーベイし、それを解決するための一般的な概念としての「サービス性のための設計」の重要性を指摘し、本論文に向けた動機を述べている。

第2章では、近年の関連研究を、軌道上サービス、設計自動化、形状の推論、モデリングツールの4つの分野に分けて整理している。次いで、この4つの要素を統合した研究を目指すという本論文の位置づけとオリジナリティを明確化している。

第3章では、設計の評価基準としてのサービス性を、接近性とモジュール性を合わせた概念として定義し、設計自動化のために数式化している。また、各衛星搭載機器の持つ設計パラメータ、機器の特性から来る配置制約等の制約条件をまとめ、以上を統合して一つの設計問題として定式化している。特に、搭載機器の中でパネル外面に向けるべき太陽セン

サ等の機器を「パネル決定要素」と定義し、形状推論に重要な役割をするという前提を明確化している。

第4章の前半では、第3章でまとめた評価基準、設計パラメータ、制約条件を基に最適な機器配置を探索するプロセスを提案し、その中で使われるアルゴリズムを詳細に述べている。また、後半では、この最適機器配置をもとに、それを接続する実現可能な衛星形状の候補を生成する形状推論のプロセスを提案している。

第5章では、第4章で提案した手法を核として構築した自動設計システムの構成と特性について述べている。本システムは、視覚化ツール、ユーザインターフェースを含むメインエンジン以外に、ルールベース、知識ベース、スキルベースの3種類の知識ベース等から構成されており、後者の中に衛星開発の各種の経験則や設計者の知識を入れることができると主張している。

第6章では、第5章で提案したシステムを評価するために、東京大学の超小型衛星Nano-JASMINEと東京工業大学のTSUBAMEを上記の自動設計システムの初期解として入力し、サービス性を高めるためにどのような設計変更が自動的になされるかを確認し、その結果と考察を元に提案システムの有効性を主張している。

第7章では、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、本論文は、今後の軌道上サービスを受けるために衛星が持つべき「サービス性」という概念とその定義法を提案し、それを最適化する構造設計・機器配置の自動化システムを構築し、実際の衛星の例を使ってその有効性を実証したものであり、宇宙工学、設計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。