

## 審査の結果の要旨

氏名 滝澤潤一

修士（工学）滝澤潤一提出の論文は「再利用性と軌道上再構成能力に優れた衛星ソフトウェア・アーキテクチャに関する研究」と題し、8章と付録からなっている。

近年、超小型衛星がその低コスト・短期開発性を活かして、教育や工学実験という目的を超えて、地球観測・宇宙科学をはじめとする実用的なミッションに利用されるようになってきた。そこでは、衛星搭載のソフトウェアも高度化し、また長期にわたる運用に耐える信頼度を持つ必要があり、超小型衛星の特徴である短期開発性や低コスト性と高機能・高信頼度をいかに両立するかが問題となっている。

この問題を解決するためには超小型衛星の搭載ソフトウェアの「再利用性」と「軌道上再構成能力」を高めることが必要である。本研究では、まず、過去の衛星搭載ソフトウェアを分析し衛星の動きを実現している「必須機能」を抽出している。その後、それらが全て「予め用意された一連の処理を展開し、決まったタイミングで実行する」という同一のパターンを共有していることを見出し、これに着目して全ての動作を「コマンド処理機能」に集約することで、見通しが良く高い再利用性と軌道上再構成能力を備えた搭載ソフトウェア・アーキテクチャ「**Command Centric Architecture (C2A)**」を提案し、それを実現する開発環境を構築している。さらに、実際に打ち上げた4機の超小型宇宙機の搭載ソフトウェア開発へ提案手法を適用し、開発の短期化や軌道上での信頼性・柔軟性の観点で優れた効果を持つことを実証している。

第1章は序論であり、超小型衛星の特徴や近年の動向・問題点を概観した上で、本研究のテーマである搭載ソフトウェアの再利用性と柔軟な軌道上再構成能力の概念を示し、研究の目的を明確化すると共に、本論文の構成を説明している。

第2章ではまず、超小型衛星の特徴を踏まえて現状抱えている問題点を明確化し、再利用性と軌道上再構成能力の強化が有効な解決策であることを示し、これに関する先行研究・取り組みの状況をまとめている。再利用性・再構成能力向上のいずれの課題に関しても超小型衛星ではこれまで明確な取り組みが行われて来なかったことを指摘し、これを実現するために必要となる項目を整理し、本研究が取り組む課題として明確化している。

第3章では、その課題を解決するC2Aの導出を行っている。まず、文献の調査および筆者が過去に開発した超小型衛星の搭載ソフトウェアの機能・形態を整理し、衛星の動きを実現するために搭載ソフトウェアに必要な「コマンド処理機能」「モード管理機能」「イベント処理機能」の3機能を「必須機能」と定義したのち、これらを「コマンド処理機能」特に「ブロックコマンド機能」に集約して実現するアーキテクチャ「C2A」を提案している。これにより、機器間の情報交換やモード遷移など、通常は複雑な階層構造になる様々な機能が開発者にとって見通しの良い構成となる。さらに、従来は、再構成能力には乏しいが簡単に実施できるパラメータ変更と再構成能力は高いが実施のリスクや運用負荷も大

きいプログラム書き換えという極端な二者択一の軌道上再構成法しかなかったものが、モード遷移の変更や定義の追加、イベントへの対応内容の変更など種々のレベルでの再構成が可能となり、柔軟性と運用負荷のバランスを考慮しつつ選択できる自由度が広がった。

続く第4章では、第3章で導出したC2Aを搭載ソフトウェアとして実装するに際して、各機能が満たすべき要求を整理すると同時に、C2Aを多種多様な宇宙機に適用するために必要となるC2Aの動作を調整するパラメータについて説明している。

第5章では、C2Aを実際の搭載ソフトウェア開発に適用する上で注意すべき項目を「安全性」「再構成能力」「再利用性」を高めるという観点で明確化し、具体的な対処法を提示している。続く第6章は「C2Aの副次的効果」と題し、C2Aを実際の搭載ソフトウェア開発に適用することで、本研究の主目的である再利用性と軌道上再構成能力の強化以外に得られると期待される効果をまとめている。

第7章はC2Aを実際の超小型衛星の搭載ソフトウェア開発に適用した結果に関する議論である。本研究ではC2AをUNIFORM-1、ほどよし3・4号機、PROCYONの4機の宇宙機の搭載ソフトウェア開発に適用しており、その結果から、再利用性と軌道上再構成能力の向上、および第6章で述べられた副次的効果が実現されていることが明らかにされている。特に深宇宙探査機PROCYONの開発においては、C2Aの効果を最大限に活用することで従来は一年以上を要していた搭載ソフトウェアの開発期間が5.5ヶ月に短縮されたことが示されている。

第8章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、本論文では、近年の機能の大幅な向上に伴い重要な課題になりつつある超小型衛星のソフトウェア開発において、再利用性と軌道上再構成能力に優れた汎用的に使えるアーキテクチャ「C2A」を提案し、それを実際の衛星開発に適用した成果をまとめたものであり、宇宙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。