



# Standardized, flexible interface design for a CubeSat bus system

著者	Turtogtokh Tumenjargal
発行年	2019-09-20
その他のタイトル	キューブサットバスシステムのための標準化・適応性インターフェース設計
学位授与番号	17104甲工第485号
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10228/00007461">http://hdl.handle.net/10228/00007461</a>

氏名	Turtogtokh Tumenjargal (モンゴル)
学位の種類	博士(工学)
学位記番号	工博甲第485号
学位授与の日付	令和元年9月20日
学位授与の条件	学位規則第4条第1項該当
学位論文題目	Standardized, flexible interface design for a CubeSat bus system (キューブサットバスシステムのための標準化・適応性 インターフェース設計)
論文審査委員	主査 教授 趙孟佑 " 奥山圭一 " 浅海賢一 准教授 豊田和弘

## 学 位 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は7章からなっている。本論文の第1章では、本研究の目的がキューブサットのモジュラー性を利用して、インターフェースに関連したヒューマンエラーのリスクを低減し、開発・組み立て時間を短縮することにあることを述べている。その上で、本研究で、キューブサット基板間のデータ通信のインターフェースをソフトウェアで変更可能な、プログラマブル底面基板 (Soft CIB, Software Configurable Interface Board) を開発し実証することを具体的な目標として掲げている。本論文の第2章では、超小型衛星にとって、モジュラー性やインターフェースの標準化がもたらす恩恵を述べている。

本論文の第3章では、九州工業大学の衛星プロジェクトにおける、底面基板インターフェースの変遷を述べている。底面基板方式は、BIRDS-1、BIRDS-2、SPATIUM-Iの衛星プロジェクトで採用されたが、それらの経験からの教訓を述べている。

本論文の第4章では、Soft CIBについて以下の利点があることを述べている。(1)ハーネスの減少、(2)組み立て・分解の容易さ、(3)異なるプロジェクト間での互換性、(4)融通性のあるルーティング。衛星毎に異なるミッションをもち、ミッションペイロード基板のインターフェース要求は異なる。SoftCIBを用いることで、データ処理や電源といったバス系の基板と底面基板が標準され、様々なミッションペイロード基板に対応した汎用的なキューブサットバスを作ることができる。この標準型キューブサットバスの考えはBIRDS-3プロジェクトに適用され、SoftCIBの軌道上実証がBIRDS-3のミッションの一つとなったことを述べている。

本論文の第5章では、SoftCIBの試験・検証について述べている。宇宙環境に対する耐性を放射線、熱真空、振動といった各種試験で確認した。

本論文の第6章では、BIRDS-3衛星の軌道上結果について述べている。2019年に軌道投入されたBIR

DS-3衛星は、論文執筆時までの1ヶ月以上に亘り正常に動作を行い、SoftCIBに繋がった全ての配線が正常に動作したことを確認している。

本論文の第7章では、結論と今後の課題を述べている。SoftCIBを標準的な底面基板とすることで、様々な衛星ミッションに対応できる標準的なキューブサットバスが構築され、衛星の開発期間を短縮できることを結論として述べている。この結論をさらに確固たるものにするために、今後様々な衛星プロジェクトでプログラマブル底面基板を採用し、飛行実績を積んでいくことを今後の課題として挙げている。

## 学位論文審査の結果の要旨

キューブサットの用途は、当初の教育用から、技術実証・宇宙観測、さらには商業用に拡大しており、宇宙産業の中でも成長率の極めて高い分野である。本論文は、キューブサットの開発期間を短縮するために、衛星内の電子基板間のインターフェースに着目したものである。

キューブサット内のデータは、通常は基板をつなぐピンコネクタを介してやりとりされる。現在、キューブサットの事実上の業界標準となっているPC-104型基板は、各基板がコネクタを介して積層されることが基本となっている。全基板のピン配置が統一される必要があるが、実際はそうっておらず、インターフェースの噛み合わせに多大な苦勞を要している。それに対して、各基板を底面基板のコネクタに挿し、各基板間を底面基板上の配線によってつなぐバックプレーン方式が提唱されている。各基板のピン配置に変更があっても、底面基板上の配線パターンを作り直して違いを吸収できる。本論文は、バックプレーン方式の利点を一歩進め、基板間のデータ通信の配線にCPLD(Complex Programmable Logic Device)を介し、ピン配置に変更があっても、配線パターンをハード的に変えずに、CPLDをプログラムし直すことでソフト的に対処することを提案している。これにより、各基板のコネクタのピン配置に変更があっても底面基板を再製作する必要がなく、開発期間を大幅に短縮できる。また、異なる衛星プロジェクト間で同じ基板を共有でき、開発期間の短縮のみならず、開発コストの低減にもつながる。

上記の論文に対して審査を行い、本研究が超小型衛星の開発期間短縮による利用拡大に向けて大きく貢献したことが認められた。審査会・公聴会にてなされた、PC-104方式とバックプレーン方式の違い、CPLDが振動や熱といった機械環境に耐えられるか、SPIやUART以外のデータプロトコルは使えるのか、軌道上でスイッチとして使用するためにどうすればよいか、といった様々な質問にも適切に対処した。本論文作成の過程で証明した研究能力と論文の記述から、本人が博士号を授与されるのに相応しい素養を身に付けていると判断した。

以上により、論文調査及び最終試験の結果に基づき、審査委員会において慎重に審査した結果、本論文が、博士(工学)の学位に十分値するものであると判断した。