

ふくいオープンイノベーション推進機構
ふくい宇宙産業創出研究会 会長
(セーレン株式会社 取締役 執行役員)
山田 英幸

福井県製造の量産型 3U 超小型人工衛星の公開について

1. はじめに

ふくい宇宙産業創出研究会は、平成 27 年 9 月に設立後、東京大学からは多大な協力を受け、福井県における特別集中講義、東京大学における製造実地研修、国際的動向の情報共有等の交流を進める中、平成 29 年秋に東京大学工学系研究科中須賀・船瀬研究室から量産型超小型人工衛星の共同開発研究の提案を受けました。

これを受け、鯖江精機株式会社、セーレン株式会社、春江電子株式会社、山田技研株式会社および福井県工業技術センターは、バス標準化チームを構成し、東京大学側との共同研究の有用性や将来活用やコスト面などの可能性調査検討を行った上で、平成 30 年 2 月 1 日に「超小型衛星の多数機生産に関する共同研究」を締結しました。

研究内容は、東京大学で開発した超小型人工衛星 Tricom-1R をベースに、ダウンサイジングを行うとともに、多様なミッションニーズに対応可能な 3 U キューブサットのバス部開発について研究を行うものです。東京大学からは、3 U 級の衛星量産計画に参画し、衛星の設計製造思想を共有すること、将来の部品製造や販売に対応可能であること、超小型衛星の量産組立を共同で実施することなどが期待されています。また、東京大学発ベンチャー企業と連携した海外への事業展開を通じた販路開拓が期待されており、実際にルワンダ国との窓口をご担当していただいております。

2. 超小型衛星量産化

超小型人工衛星の量産には、ルワンダ国向けの超小型衛星バスシステムの供給などが含まれています。チームでは、平成 29 年 12 月から基礎設計の検討を行い、平成 30 年 2 月には福井発となる構造評価モデルを設計製造、福井県工業技術センターにおける振動試験の結果、二度の設計変更を経て、6 月にはエンジニアリングモデルの設計製造および各種試験を実施しています。平成 30 年 10 月にはエンジニアリングモデルの設計を概ね完了し、現在にかけてフライトモデルの 2U バス部分の設計製造に取り組んでいます。

また、このプロジェクトでは各種関係支援機関の協力を得てエンジニアリングモデルを保有しています。

3. 超小型衛星の量産研究（一部ご紹介）

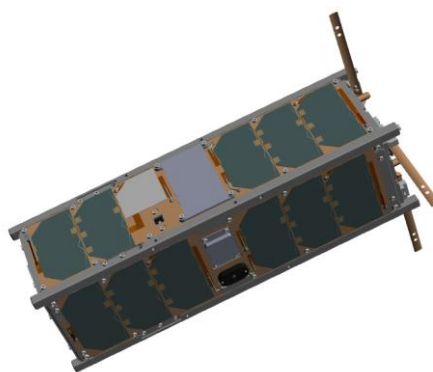
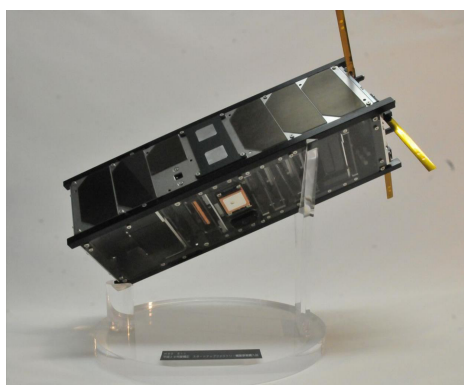
超小型衛星の多数機生産に関する共同研究では、量産に向けた次世代標準バス開発として、以下の項目について重点的に取り組んでいます。ここでは、福井県において取り組んだ様子をご紹介します。また、エンジニアリングモデル技術仕様の一部を公開します。

(1)バス構造体設計製造

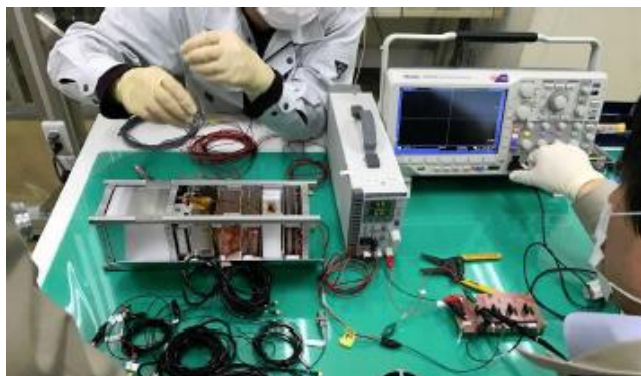
【概要】 次世代標準バスの構造体について、設計、有限要素法によるシミュレーションを実施しノウハウを蓄積。また、ユーザ（衛星購入者側）の要望するミッションに応じた設計に対応可能な様に1Uのスペースを提供します。

【結果】 量産人工衛星として、国際宇宙ステーション（ISS）から放出が可能な3U衛星（10×10×30cm）を選定。2U部分に標準化バス、1U部にミッション機器搭載として次世代標準バスの基本設計を実施。構造体は、ISS軌道に運ぶための4種のロケット振動条件全てに対応可能な構造条件でシミュレーション実施。また、ISSからの放出機構要件に対応可能な構造で設計し、その上で量産時の生産性、製造時の課題などを明確化しています。

【担当】 春江電子株式会社、鯖江精機株式会社



(a)製造した EM（エンジニアリングモデル） (b)同角度での設計データ



(c)構造体モデル組み立ての様子

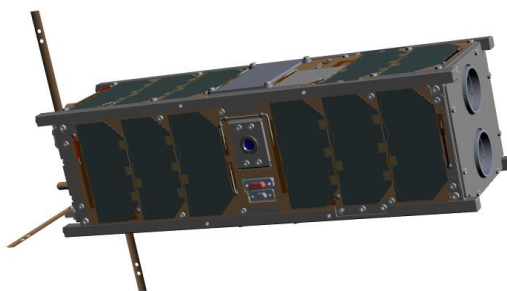
図1.バス構造体設計製造の様子

(2)電気系基板およびプログラム設計製造

【概要】次世代標準バスの電気系基板とプログラムについて、基板電気設計、動作シミュレーション解析、ブレッドボードモデルに動作確認等を実施しノウハウ蓄積。

【結果】次世代標準バスは内部の組み立て分解も容易にする必要があり、共同研究先の要望に応え、基礎となる基板（マザーボード）に、各種機能性を有する基板（電源分配、姿勢制御系、通信系、ミッションインタフェース系）を挿入する機構を採用。各種ボードを設計、製作し動作プログラムを製作しています。

【担当】春江電子株式会社、セーレン株式会社



(a)製造した EM（エンジニアリングモデル） (b)同角度での設計データ



(c) 太陽電池の評価及び低電圧の対策

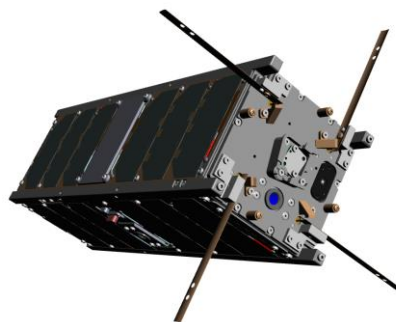
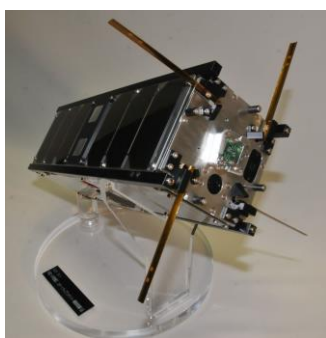
図 2.電気系における開発研究の一部

(3)要素技術設計製造

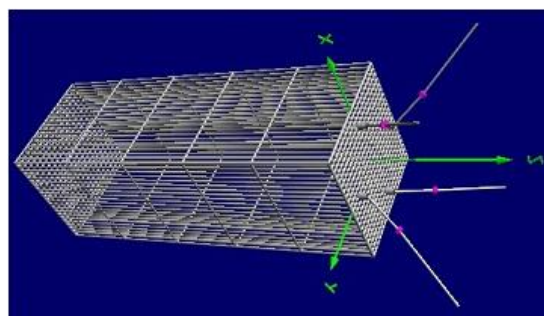
【概要】次世代標準バスのミッション部やミッション部とのインターフェース、姿勢制御、アンテナなどの展開機構など時事必要となる要素技術について、多方面の場合を想定して設計検討を実施。また、場合により適宜設計の追加変更を行いこれらのノウハウを蓄積。購入者側の支援が可能な様に技術情報を蓄積しています。

【結果】本事業期間における3U衛星では、特殊ミッションのためにISSから放出された後のアンテナ展開が必要でした。これを実現する機構を考案し、設計、製造。ISSからの放出前は断面積10cm四方に収納しつつ絶対に展開しない構造とし、放出後には必ず展開し、通信帯域にあわせたアンテナに利得確保のため、実効利得面積の大面積化を達成しています。また、宇宙空間での衛星の姿勢を考慮し、アンテナ正面以外のサイドローブ電力も活用できるように利得指向性の測定を行い、設計に反映。展開機構と通信利得確保のノウハウ蓄積に成功しています。

【担当】セーレン株式会社、山田技研株式会社



(a)製造したEM（エンジニアリングモデル） (b)同角度での設計データ



(c)電位モデルを利用した電波放射パターンの検討（通信用技術検証）

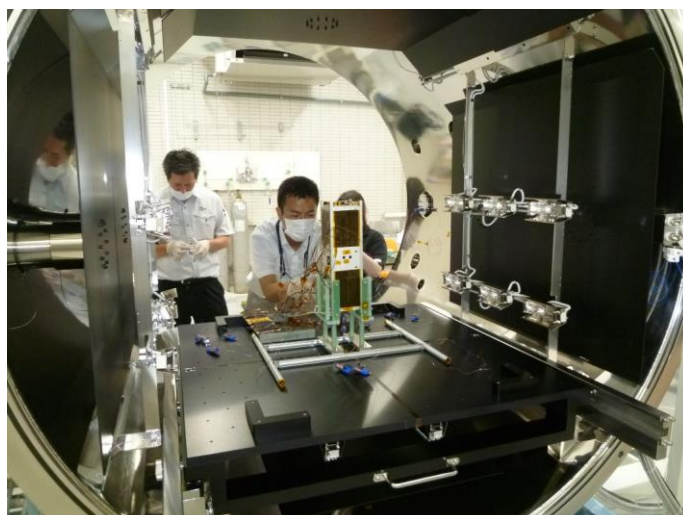
図3.要素技術設計製造の様子

(4)環境試験

【概要】次世代標準バスに対し、振動試験、熱真空試験、熱サイクル試験など宇宙環境を模擬する試験などを実施し、これらのノウハウを蓄積する。また、ミッションに応じた環境試験をと実施手段を提案し、ミッションの成功確立を向上させます。

【結果】ここ数年で福井県工業技術センターに整備した環境試験機器を活用し、宇宙環境模擬試験を実施。振動試験機により ISS 輸送へのロケット振動条件を、熱真空試験機により宇宙真空状態での低温から高温までの環境を試験。従来から保有する恒温槽などでの熱サイクル試験を実施し、試験手順、評価・解析方法などのノウハウを蓄積。これらのうち、開示可能な実験装置や手順などの検討を実施。このほかミッションに応じた試験などを想定し事業者を支援していきます。

【担当】福井県工業技術センターおよび全参画企業



(a)熱真空試験機を用いての 3U 衛星環境試験の様子

図 4 .環境試験の様子

(5)先端技術情報の蓄積と共有

【概要】 国内の打上施設（例えば JAXA の打上施設など）や試験環境機関（放射線試験や宇宙環境試験）、その他の福井にない施設などを調査し、仕様・性能・機種・対応範囲や設計手法やマニュアルなどの最先端情報を取りまとめておくことで、ミッションに応じた環境試験その他の情報提供を行います。

【結果】 東京大学を始め、九州工業大学、早稲田大、東工大、拓殖大などの環境試験機器を調査。このほか、慶応大学の研究者と交流。福井にはない環境試験機器情報を取りまとめています。また、2018 年度宇宙科学技術連合講演会を調査し、国内の研究機関・研究動向などを調査実施。ほか、宇宙商社など国内外の企業と幅広くコンタクトを持つ企業との情報交換や、民間企業カンファレンスとの情報交換も実施。さらに、革新的研究開発推進プログラム ImPACT など、次世代の要素技術の調査なども実施。ミッションに応じた環境試験その他の情報提供が可能とするように、鋭意、多方面の調査を実施し、コンソーシアムで情報を共有し一部文書化しています。

【担当】 福井県工業技術センター、福井県参画企業全社、東京大学発ベンチャー



(a)設計した CAD 図面についての技術情報の提供

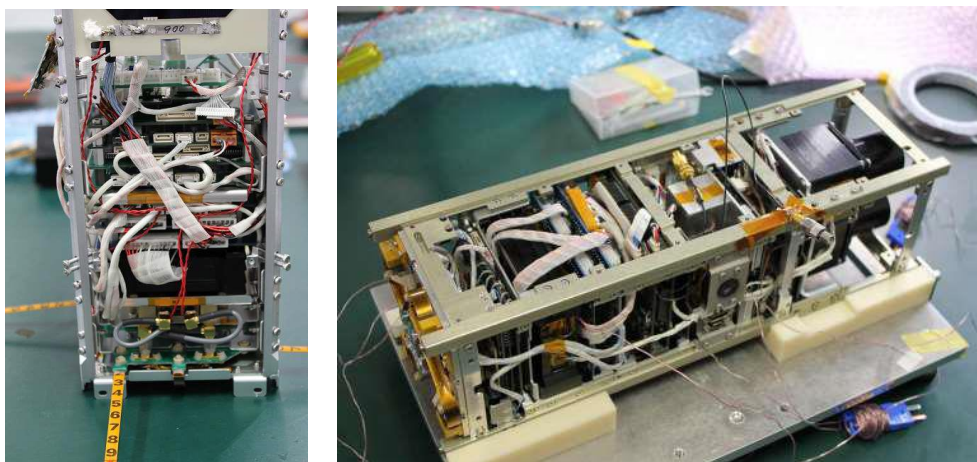
図 5.先端技術情報の蓄積および共有の様子

(6) 東京大学からの研究成果発表

【概要】 2018 年度宇宙科学技術連合講演会（福岡県久留米市、久留米シティプラザ）小型衛星セッション」において、東京大学から情報発信。

【結果】 東京大学中須賀・船瀬研究室に所属する青柳賢英研究員より、「汎用・量産性の向上を目指した 3U-CubeSat 衛星バスの設計」として、技術情報と共に福井県での取り組みを発表。従来衛星では、ハーネス（衛星内部の電気配線）が膨大・複雑であったり、組み立て時の信頼性低下に繋がる要素があったものを、新開発衛星バスでは、組み立てやすいハードウェアを目指し、ミッション I/F の規格化（信号配線の順序等決定など）、量産を考慮した開発体制実現と紹介。

【担当】 東京大学



(a) 従来衛星のハーネス事例 (b) 新開発衛星バス（筐体内部に収まる配線事例）

図 6. 先端技術情報の蓄積および共有の様子

(7)ルワンダ国など海外に向けた事業開発及び情報発信

【概要】 東京大学発ベンチャー「株式会社 スペースエッジラボ（東京都文京区）」による海外販路開拓に向けた事業開発および情報発信と交流活動を実施。ルワンダ国との総合マネジメントを担当し、海外研究者への積極的な情報提供を実現。

【担当】 スペースエッジラボ（東京都文京区）



図7.海外からの研究者との情報交換および企業取組紹介

4. 福井県で製造した EM (エンジニアリングモデル)

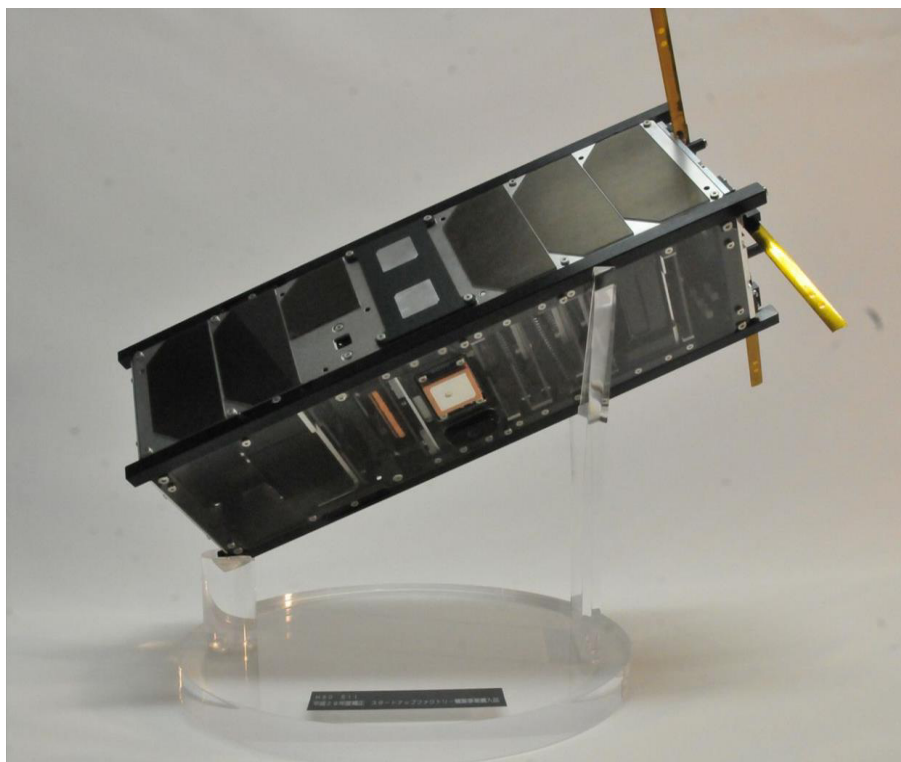


図 7. 福井県で製造した EM (エンジニアリングモデル) (セーレン㈱提供)

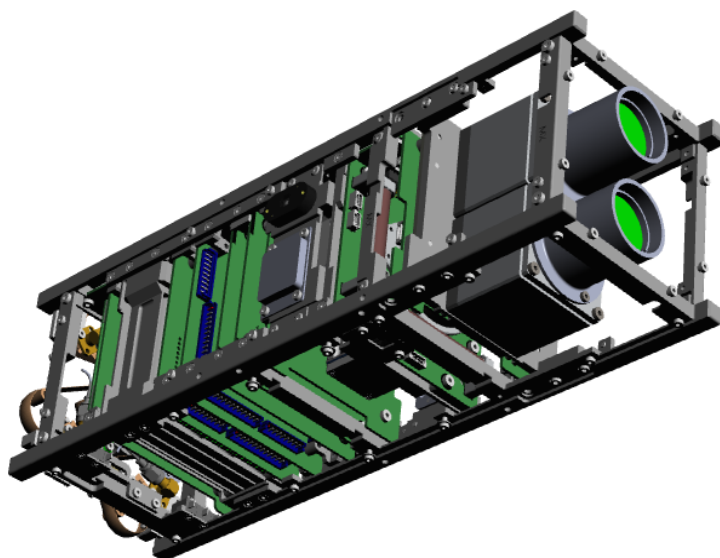


図 8. 福井県で設計した CAD モデル (春江電子㈱提供)

5. 今後

引き続き東京大学と共同研究で超小型人工衛星の量産組立を実施していきます。また、大学発ベンチャー企業との連携による事業化などを視野に入れ、量産衛星の販路拡大に努めます。

ふくい宇宙産業創出研究会において、宇宙分野での新産業創出、新展開を目指していきます。

以上