



2Uサイズ超小型衛星「ひろがり」ミッション部の各種試験と開発

メタデータ	言語: jpn 出版者: 日本航空宇宙学会 公開日: 2020-03-12 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 三好, 賢彦, 林, 夏澄, 橋本, 真之介, 山崎, 健次, ヘレル, ショーン 諒, 勝又, 暢久, 樋口, 健, 内海, 政春 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10258/00010171

P64 2U サイズ超小型衛星「ひろがり」 ミッション部の各種試験と開発

○三好賢彦, 林 夏澄, 橋本真之介, 山崎健次, ヘレル ショーン 諒,
勝又暢久, 樋口 健, 内海政春 (室蘭工業大学)

Development and the Tests of Mission Module of 2U size Micro-satellite “HIROGARI”

Yoshihiko Miyoshi, Kasumi Hayashi, Shinnosuke Hashimoto, Kenzi Yamazaki, Schawn Ryo Herrel,
Nobuhisa Katsumata, Ken Higuchi, Masaharu Uchiumi (Muroran Institute of Technology)

Key Words: Deployable space structures, Thick panel folding, Sampling Moiré Method, Micro-satellite

Abstract

HIROGARI is a 2U size Micro-satellite joint project by Muroran I.T. and Osaka Prefecture Univ. This paper summarizes the development and the tests of HIROGARI’s mission module proto-type model.

1. 緒言

次世代の超大型宇宙構造物は、輸送手段の制約から軽量かつ収納性が高い展開構造物が主体になると予想される。例えば、平面パネル方式の SSPS (Space Solar Power System)¹⁾ や大型フェーズドアレイアンテナ等の構築を考えると、収納性と展開状態での平面精度、大型化への拡張性の観点から、板の厚みを考慮した実用的な折りたたみ方法を考案する必要がある。そこで、ミウラ折りを板構造の収納に応用した二次元展開パネル^{2),3)} が提案されている。また、高い形状精度が要求されるパラボラアンテナ反射鏡の構築も将来的には考えられる。そのためには、展開後の構造物の形状が精度要求を十分に満たしているか、宇宙空間で高精度に計測できる必要がある。そこで、大面積を短時間、かつ高精度に計測する方法として格子模様を用いた表面形状計測法^{5),6)} を利用する。

著者ら室蘭工業大学航空宇宙機システム研究センターと宇宙機構造工学研究室のグループは、大阪府立大学小型宇宙機システム研究センターと共同で2U サイズ超小型衛星「ひろがり」を開発している。室蘭工業大学はミッション部の開発を担当している。「ひろがり」ミッション部は、ミウラ折りを応用した二次元展開パネルと、二次元格子を利用した光学的な表面形状計測手法の宇宙実証を目的としている。本稿では、2019 年 7 月現在の「ひろがり」ミッション部のシステム概要及びミッション部 PM 振動試験結果について述べる。

2. 「ひろがり」ミッション部システム概要⁹⁾

ミッション部のサクセスクライテリアを以下に示す。

ミニマムサクセス：二次元展開パネルの展開

フルサクセス：二次元展開パネルの形状計測

エクストラサクセス：二次元展開パネル形状の時刻歴変化を計測

超小型衛星「ひろがり」の展開プロセスを図 1 に、主要諸元を表 1 に示す。本衛星は、J-SSOD から軌道へ放出された後、①アンテナ展開、②パドル展開、③ミッション部展開と、4 つの状態を遷移する。

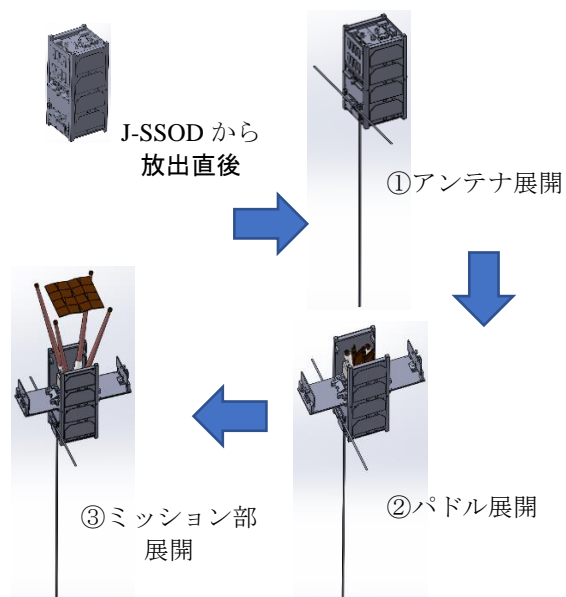


図 1 「ひろがり」衛星展開プロセス

表 1 「ひろがり」衛星の主な諸元

Category	Specifications
Mass	1.6 kg
Dimensions	100 × 100 × 227 mm
Orbital altitude	400 km
Orbit inclination	51.6 deg
Orbit lifetime	5 months
Attitude control method	Field-aligned control method

ミッション部(図 2)は、図 1 ②のパドル展開後、リール保持開放機構を解放することで 4 本のタケノコバネが伸展し、その伸展力によって二次元展開パネルを展開する。二次元展開パネルにはあらかじめ二次元格子が描画されている。二次元展開パネルが展開した後、両側の展開パドルに設置されている 2 台のカメラを用いて二次元格子の画像を撮影する。その画像を地上にダウンリンクし、画像解析を行う事で二次元展開パネルの形状計測を行う。

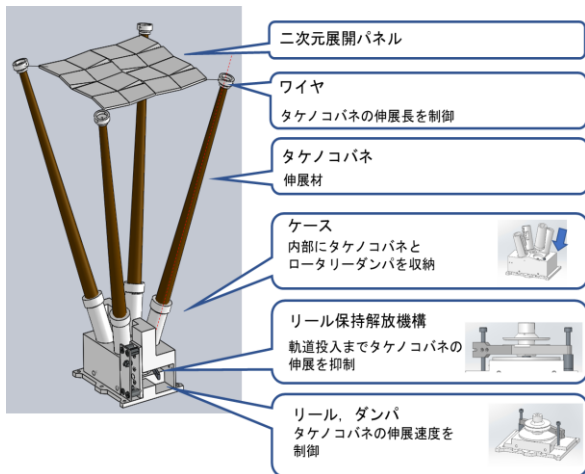


図 2 ミッション部構成概要

リール保持展開機構は、溶断機構(図 3)とストッパー機構(図 4)から構成される。テグス溶断後、ストッパーが引張ばねにより引き戻され、ロックが解除される。ロックが解除されることで、リールが回転可能な状態になる。リールには、タケノコバネに通ずるワイヤが巻き付けられており、タケノコバネの伸展力によってリールは回転する。リールは下部のダンパと連動している。4 本のタケノコバネのワイヤが共通のリールに取り付けられ、かつ、ダンパにより伸展速度が制御されるため、リール保持機構が解放されると、4 本のタケノコバネは同期的に伸展する。

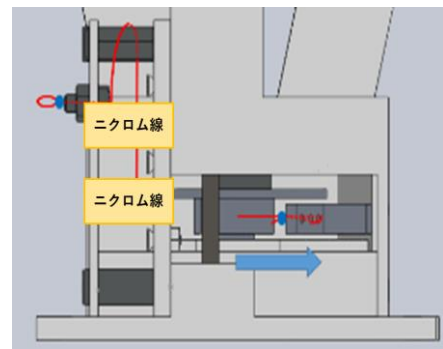
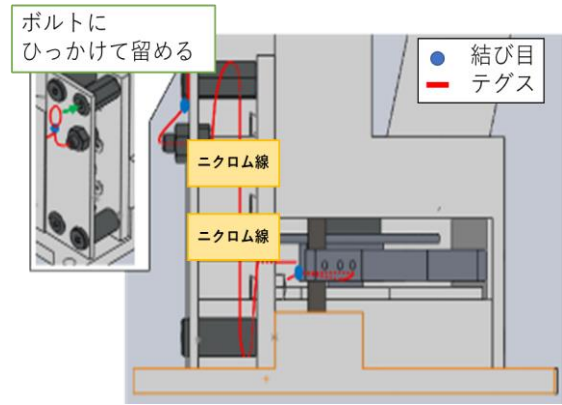


図 3 溶断機構によるテグスの溶断

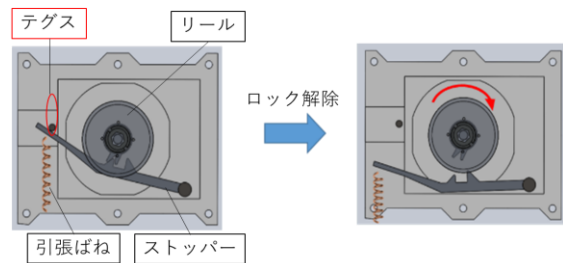


図 4 ストッパー機構

3. PM ミッション部振動試験

3.1. 試験目的

以下の項目を目的として、PM ミッション部の振動試験を行った。

- ① 振動荷重で各部品が破損しないことを確認する。
- ② 振動荷重でストッパー機構が誤解放されないことを確認する。
- ③ 振動環境に対する二次元展開パネル収納時の挙動を確認し、収納時の保持方法と保持部品を検討する。
- ④ FM 振動試験後に展開試験を行うことができないため、加振後の展開健全性を保証する方法を検討する。

- ⑤ 加振後におけるミッション部の各機構が動作することを確認する。

3.2. 試験方法

北海道総合研究機構工業試験場の振動試験機（エミック社 F-16000BDH/LA16AW 最大加振力：16 kN）を用いてランダム加振試験を実施した。

ランダム加振試験時の加振台搭載状況を図 5 に示す。衛星を固定するためのインターフェースプレートは A5052 製、模擬構体はアクリル製で、その中に収納状態のミッション部（展開時のタケノコバネの伸展長さは 227 mm にセット）を収納した。



図 5 加振台への搭載状況

加振レベルは、「JX-ESPC-101132-B_JEM ペイロードアコモデーションハンドブック Vol.8 に記載されている HTV 及び Space X Dragon のランダム振動条件を用いた。図 6 に HTV のランダム加振条件を、図 7 に Space X Dragon のランダム加振条件を示す。AT レベルから 12dB 下げた低レベル，AT レベル，AT レベルから 3dB 上げた QT レベルの順で加振をした。X, Y, Z 軸の 3 方向に加振した。

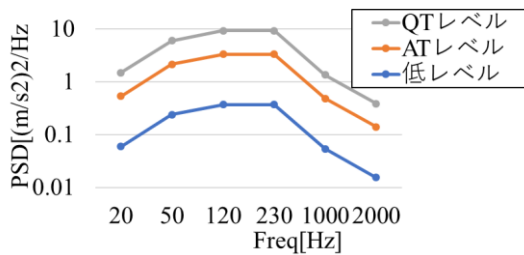


図 6 HTV のランダム振動条件

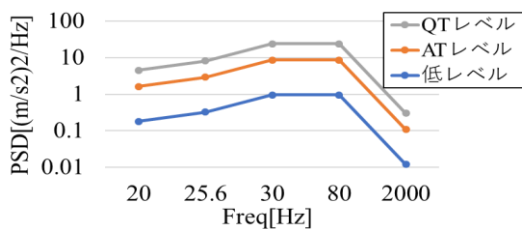


図 7 Space X Dragon のランダム振動条件

タケノコバネの健全性については、まず加振前の展開状態における伸展長を計測し、加振後に再度タケノコバネを伸展させ、加振前後の伸展長を比較することで評価した。加振は X, Y, Z 軸の 3 方向で実施したが、各軸方向の加振終了後にタケノコバネの健全性確認は行った。

また各部品の破壊・破損などは、目視で確認した。

3.3. 試験結果

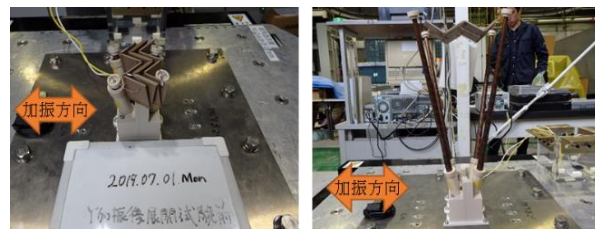
各軸方向の各 PSD レベルの加振において、供試体の破壊・破損は生じず、異常は確認されなかった。

加振後のタケノコバネ伸展状態を図 8~10 に示す。



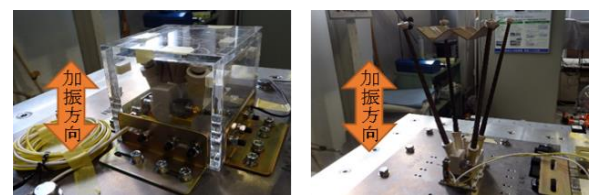
(a) 加振前 (b) 加振後

図 8 X 軸方向加振後の伸展状態



(a) 加振前 (b) 加振後

図 9 Y 軸方向加振後の伸展状態



(a) 加振前 (b) 加振後

図 10 Z 軸方向加振後の伸展状態

加振後におけるタケノコバネの伸展において、4 本のタケノコバネの各伸展長はいずれも約 227 mm となり、不具合なく伸展した。

以上の結果から、X, Y, Z 軸の各方向加振後においても溶断機構、ストッパー機構は正常に作動し、タケノコバネ伸展の健全性も確認された。また、収納時・展開後の二次元展開パネルやその他の部分に破損・損傷なども確認されなかったことから、打ち上げ環境に耐えられる設計であることが確認された。

4. 結言

本論文では、2U サイズの超小型人工衛星「ひろがり」ミッション部のシステム概要及びミッション部展開機構の開発状況について紹介した。2019年7月現在、PM品において、所定の振動条件に対する要求を満たしていることが確認された。

2019年度末の打ち上げを目指し、今後は、PM品熱真空試験を行い、その試験結果と今回の試験結果を踏まえて、FM品の設計・製作・試験を行っていく予定である。

参考文献

- 1) 中村修治, ほか, “経済産業省/J-spacesystems による SSPS への取り組み”, 第 60 回宇宙科学技術連合講演会, JSASS-2016-4585, 4D06, (2016).
- 2) 樋口健, 小山拓人, 勝又暢久, “厚さのある平板の 2 次元収納方法”, 第 57 回構造強度に関する講演会, 3A05, JSASS-2015-3064, (2015).
- 3) 橋本真之介, 勝又暢久, 樋口健, “平面構造の板厚を考慮した折り畳み方法の定式化”, 第 59 回構造強度に関する講演会, 1A07, JSASS-2017-3009, (2017).
- 4) 樋口健, ほか, “2 カメラを用いた格子投影法による表面形状計測”, 第 28 回宇宙構造・材料シンポジウム, (2012).
- 5) 山崎健次, 樋口健, 勝又暢久, 岸本直子, 岩佐貴史, 藤垣元治, “アンテナ反射鏡の変形計測手法と装置設定”, 第 33 回宇宙構造・材料シンポジウム, B11, (2017).
- 6) 林夏澄, ほか, “2U サイズ超小型衛星「ひろがり」の研究・開発状況” 第 27 回スペース・エンジニアリング・コンファレンス [SEC'18], (2018).