

K7-26

複合膜面構造物展開実証衛星「SPROUT」の運用速報及び今後の計画

Operation Report and Future Plan for The Inflatable Membrane Structure Demonstration Satellite “SPROUT”

○大日向健人¹, 日本大学超小型人工衛星開発チーム², 山崎政彦³, 宮崎康行³

*Kento Ohinata¹, Nano-Satellite development project team², Masahiko Yamazaki², Yasuyuki Miyazaki³

Abstract: The inflatable membrane structure demonstration satellite SPROUT was launched from Tanegashima Space Center on May 24th in 2014 as one of the piggy-back satellites of ALOS-2. The missions of SPROUT are the demonstration of the deployment of a large membrane assisted by two inflatable tubes, the attitude determination and control, and the amateur radio mission including SSTV and Digi-talker. The system design of SPROUT is summarized, and current operation status and the future operation plan are shown in this paper.

1. SPROUT 概要^[1]

日本大学理工学部航空宇宙工学科宮崎研究室では超小型人工衛星開発プロジェクトを行っており、2008年4月には SEEDS-II を Satish Dhawan Space Centre (インド) から打ち上げた。そして、SEEDS-II で培ったバス技術をベースに、後継機となる複合膜面構造物展開実証衛星 SPROUT の開発を行い、2014年5月に種子島宇宙センターより、H-IIA ロケットで ALOS-2 の相乗り小型副衛星として打ち上げた。



図1 SPROUT FM 外観

SPROUT は、1 辺が約 20cm の立方体をした約 7.1kg の超小型人工衛星である。SPROUT は、インフレータブル構造により膜面を展開する複合膜面構造物を搭載している。複合膜面構造物は大型で軽量のソーラーパネルやソーラーセイルなど、将来の大型で軽量の宇宙構造物への適用を目指して世界中で研究が進められており、SPROUT は複合膜面構造物の世界初の宇宙実証を目指している。SPROUT のミッションは、工学ミッションとアウトリーチミッションの 2 つに分類される。

表 1 SPROUT ミッション概要

工学 ミッション	複合膜面構造物の展開実証
	複合膜面構造物の設計手法の実証
	数kg級衛星用姿勢決定・制御技術の実証
	複合膜面構造物による軌道降下率変化の予測
アウトリーチ ミッション	アマチュア無線線による衛星運用
	地域交流活動
	地球画像やプロジェクト活動の情報提供

2. SPROUT のシステム^[1]

2.1. 複合膜面構造物

SPROUT は、軌道上で二本のインフレータブルチューブと正三角形の薄い膜面から成る複合膜面構造物を展開する。

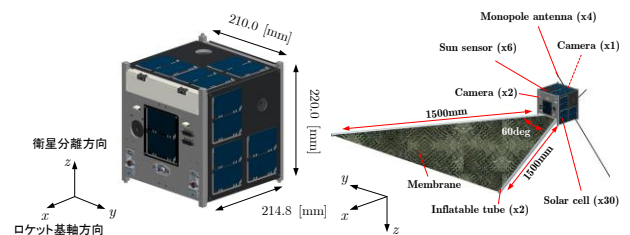


図2 SPROUT 外観

図3に SPROUT の膜面展開機構を示す。膜面及びチューブは収納機構に収納されている。収納機構の蓋を開放した後、チューブに N₂ ガスを入れることによりチューブが伸展し、伸展するチューブが膜面を牽引することにより膜面が展開する。

また、SPROUT は膜面を撮影するためのカメラを搭載しており、2台のカメラを用いたステレオ視により、複合膜面構造物の形状を三次元計測する。

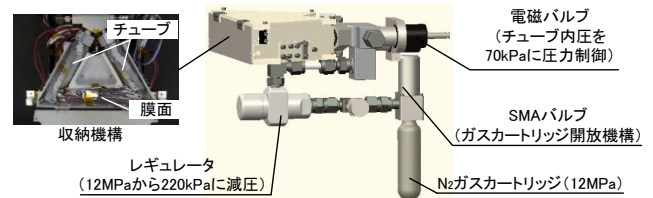


図3 SPROUT 膜面展開機構

2.2. 姿勢決定・制御

SPROUT は、数 kg 級衛星に搭載可能な小型・安価で精度がそれほど高くないセンサ・アクチュエータで可能な姿勢決定・制御レベルを示すことを目的

1 : 日大理工・院 (前)・航宇 2 : 日本理工・航宇・宮崎研究室 3 : 日大理工・教員・航宇

に、姿勢決定・制御実験を行う予定である。SPROUT では、ジャイロセンサ・地磁気センサ・自作の太陽センサを用いた姿勢決定を行い、自作の磁気トルカを用いた姿勢制御を行う。

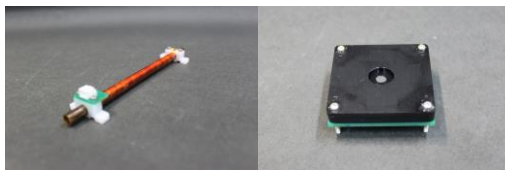


図 4 磁気トルカ (左), 太陽センサ (右)

2.3. アウトリーチミッション

アウトリーチミッションは、アマチュア無線技術向上を目的としている。具体的には表 2 の、5 つのミッションを行う予定である。SSTV では、予め地上で保存しておいた固定画像と、軌道上でカメラ撮影を行った画像の 2 種類の画像をダウンリンクできる。

表 2 アウトリーチミッション詳細

デジトーク	衛星から音声メッセージを繰り返し地上に送信する。
SSTV	衛星からカラー静止画を地上に送信する。
音声メッセージボックス	地上のアマチュア無線局から送信された音声データを中継する。
文字メッセージボックス	地上のアマチュア無線局から送信された文字データを中継する。
地球を作ろう！プロジェクト	SPROUT に搭載されたカメラを用いて、地球の写真撮影を行う。

3. 運用計画

表 3 に SPROUT の運用計画概要を示す。軌道投入後自動シーケンスは、SPROUT の軌道投入時に自動的に移行するシーケンスである。軌道投入直後は軌道 1 周回分センシング、カメラ撮影を行い、軌道投入から 210 秒後にアンテナ展開を行う。その後、基本機能確認などの初期フェイズを経て、姿勢決定・制御実験や膜面展開などの工学実験フェイズへ移行する。

表 3 SPROUT の運用計画概要

運用フェイズ	概要	期間	
軌道投入後自動シーケンス	軌道投入直後軌道1周回分センシング 軌道投入直後のカメラ撮影	軌道投入直後	
初期フェイズ	衛星捕捉フェイズ	衛星電波補足、軌道確定	打ち上げ～3日後
	初期機能確認フェイズ	基本機能確認 軌道投入直後センシングデータ取得	打ち上げ～5ヶ月後
工学実験フェイズ	膜面展開前	姿勢決定・姿勢制御、アマチュアミッション	5ヶ月～9ヶ月後
	膜面展開	複合膜面構造物展開	9ヶ月～12か月後
	膜面展開後	姿勢決定・姿勢制御、アマチュアミッション	12ヶ月後以降～
後期フェイズ	姿勢決定・姿勢制御、アマチュアミッション	12ヶ月後以降～	
運用終了フェイズ	停波	5年後	

4. 運用報告

現在、表 3 に示した運用計画のうち、初期フェイズの運用を行っている。SPROUT の基本機能確認として、MPU の動作確認の他に、通信機器、カメラ撮影、電力

収支、熱収支などの確認を行っている。軌道投入直後の姿勢データを図 5 に示す。

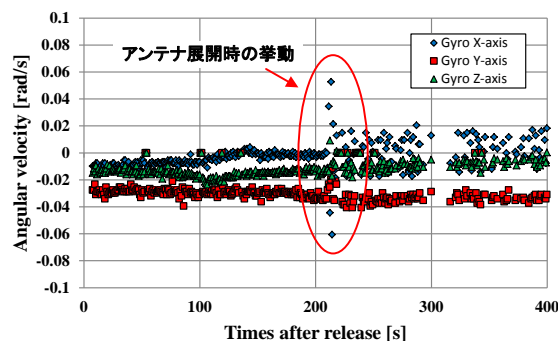


図 5 軌道投入直後の姿勢データ

210 秒後に x 軸のジャイロデータが振動しているのは、アンテナ展開が適切に行なわれていたからである。SPROUT のアンテナは-x 面に付いており、そのことから、x 軸のジャイロデータが振動していることが妥当であることがわかる。

また、アマチュアミッション関係の確認も行っており、実際に固定 SSTV 運用を行った際、世界中のアマチュア無線家の方々から受信報告が寄せられた。



図 6 固定 SSTV 画像の例 (アマチュア無線家提供)

5. 今後の運用計画

今後は表 3 の運用計画に沿って運用を行う予定である。すなわち、軌道投入時のデータのダウンリンクを引き続き行い、ダウンリンクが完了した後、姿勢決定・制御ミッションへと移行する。その後、膜面展開ミッションを行い、膜面展開後の姿勢決定・制御を行う。また、アウトリーチミッションも定期的に行っていく予定である。

6. 参考文献

[1] 藤原彰太, 日本大学超小型人工衛星開発チーム, 山崎政彦, 宮崎康行, 「ALOS-2 小型相乗り副衛星「SPROUT」の開発状況」: 第 57 回宇宙科学技術連合講演会講演集, 1A02, JSASS-2013-4003, pp.12-17, 2013, 大分。