

3D07 S L A T S 太陽電池パドル用低衝撃保持解放機構の概要

○宮馬浩、小原新吾、高畑博樹（J A X A）
中川潤、大和光輝、松井崇雄（M E L C O）

Outline of Low Shock Lock Release Device for the SLATS Solar Array Paddle

Hiroshi Miyaba, Shingo Obara, Hiroki Kohata (JAXA),
Jun Nakagawa, Mitsuteru Yamato, Takao Matsui (MELCO)

Key Words: Device, Low Shock, Release

Abstract

Since the high shock of conventional pyrotechnic lock release devices constrains the onboard hardware arrangement, JAXA developed a low shock release device (LSRD) in 2009. This paper presents a brief overview of the recent application study on the lock release device of the Solar Array Paddle including structure model tests, reliability demonstrations and misalignment tests.

1. はじめに

従来の衛星は、信頼度の高い火工品を用いて機器の分離を行ってきた。一方、火工品の高い発生衝撃は機器搭載エリアの制約条件となるため、分離衝撃の低減が衛星の小型軽量化の課題となっている。

この分離衝撃を低減するために、太陽電池パドル（以下、SAP と呼ぶ。）用の機構部品（以下、LSRD と呼ぶ。）の認定試験を平成 20 年度に完了した。その後、SAP 構造モデルの保持解放機構に LSRD を組み込み、振動試験や保持解放試験、展開試験等の開発試験を行った。また、衛星に使用されている火工品と LSRD の信頼度が同等であることを実証した。更に、組立作業や軌道上の熱変形に起因するミスアライメントの耐性を評価し組立時の管理値を設定した。図 1 にこれまでの開発経緯を示す。

本稿は、第 51 回宇宙科学技術連合講演会に於いて報告した「低衝撃保持解放機構の開発」の続報であり、その後の成果について記述するものである。

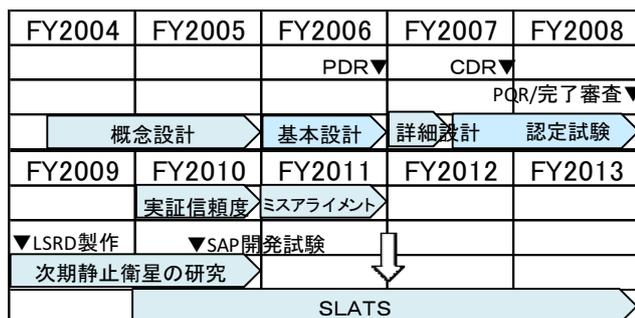


図 1 開発経緯

2. LSRD の概要

2.1 部品仕様

表 1 に LSRD の仕様を、表 2 に機械的・電氣的・熱的インタフェース仕様を示す。

表 1 仕様

項目	諸元
寸法	φ 52 mm × 43 mm (フランジ含まず。)
質量	350 g 以下
軸力	10 kN 以下
分離衝撃	100 Gsrs 以下 (4kHz 以下)
分離時間	1 秒以下
機械環境	ランダム振動 22. 8G、正弦波振動 25G

表 2 インタフェース仕様

	部位	仕様
機械	本体	No. 4-40UNC、6 箇所
	フック	1/4-28UNF、1 箇所
電気	抵抗	3. 0±1. 5 Ω
	電流	6. 0+1. 5/-0. 7A
	パルス幅	30±3ms 2ch (A 系/B 系)
熱	動作温度	-55～+60℃
	非動作温度	-80～+60℃

2.2 動作原理

LSRD は、点火信号によりトリガー機構の形状記憶合金が発熱・収縮しリンク機構を解除する。リンク機構の解除によりボールネジ・ナット（ロータ）が回転を始め、分離ホルダーが上方に移動してロッドに結合し

たフックを解放する。フック解放後は従来の火工品によるロッドカッター方式の保持解放機構と同様であり、ロッドが引き抜かれて、太陽電池パネルがヒンジのバネ力により徐々に展開していく。

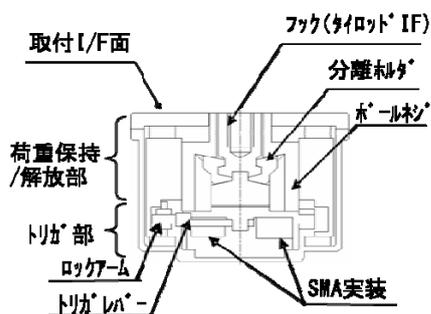


図2 LSRD 断面図

3. 実証信頼度

LSRD は、火工品と異なり射場で作動可能な部品であることから、一般の機構部品と同様に部品点数法により信頼度 0.9997 (SMA 単系作動時) を得た。しかし、ミッションの成否に関わる部品であることから、供試体 11 台を用いて累積 1188 回の作動を行い、ノンパラメトリック法と指数分布を組合わせた信頼度評価によって信頼度 0.999 を実証した。この信頼度 0.999 は、ロッドカッター方式の保持解放機構に使用している火工品の信頼度と同等であるが、工場引き渡し後から軌道上作動までにユーザが 20 回作動させることを前提としている。

4. SAP 構造モデルによる開発試験

次期高性能静止衛星のシステムの研究において、SAP の構造モデル (保持解放機構に LSRD を使用。) を供試体として音響や正弦波振動等の機械環境試験を行い、打上環境に耐えて SAP を保持できることを確認した。また、保持解放試験、展開試験において LSRD は正常に作動し、その発生衝撃は要求を満足する低いレベルを示した。

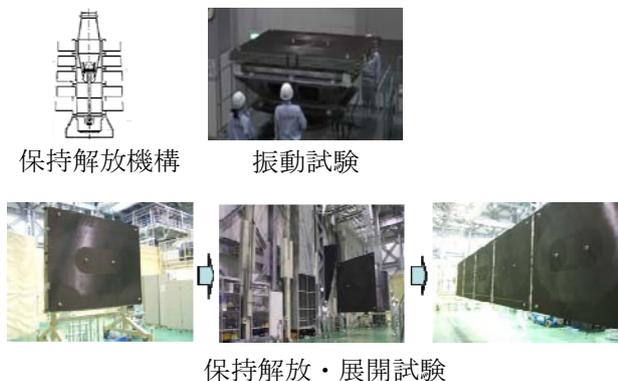


図3 開発試験

5. SAP 組立とアライメント管理

SAP が軌道上で正常に展開するには、保持解放機構が SAP の組立誤差や軌道上での熱変形による位置ズレを生じて、LSRD が正常に作動することが必要である。このため、LSRD 単体と保持解放機構の限界耐性試験を実施し、SAP のミスアライメント見積り値に比べ十分大きなミスアライメント量を設定しても作動することを確認した。更に、工場や射場での組立時のアライメント管理値を設定し組み立てられることを確認した。

6. まとめ

超低高度衛星 (SLATS) の太陽電池パドル保持解放機構として LSRD の実証信頼度やミスアライメント耐性の評価を行い、以下の成果を得た。

- 1) ノンパラメトリック法と指数分布を組合わせた評価法により火工品相当の信頼度 0.999 を実証した。
- 2) SAP 構造モデルを用いた開発試験により LSRD の SAP への搭載性とシステムインタフェースを確認した。
- 3) SAP 保持解放機構のミスアライメント耐性を評価し組立時の管理値を設定した。

5. おわりに

LSRD は、高信頼性を要求される SAP 保持解放機構の部品として、実証信頼度やミスアライメント耐性に関する評価を終えた。また、SLATS の打ち上げに向けたシステム安全審査 (フェーズ 0/I) では、LSRD を使用した保持解放機構が審査され、機構内検討から 10 年近く要したが、ようやくフライトへの目途が得られた。更に、海外の部品ではあるが非火工品系分離機構が国産衛星や探査機に採用される事例も増えており、衛星設計の低衝撃化が浸透してきた。

最後に、ご協力を頂いた SLATS プロジェクト、宇宙用部品技術委員会、担当された衛星システムメーカーの JAXA 内外の関係者各位に深く感謝致します。

参考文献

- [1] 宮馬浩、小原新吾、鈴木峰男 (JAXA) 中川潤、松井崇雄、岩田理 (MELCO) : 低衝撃保持解放機構の開発、第 51 回宇宙科学技術連合講演会講演集
- [2] 宮馬浩、小原新吾、鈴木峰男 : 宇宙用機構部品の開発、第 50 回宇宙科学技術連合講演会講演集、2006, PP. 974-979
- [3] 宮馬浩、諫山道雄、今川吉郎、佐々木彰、小原新吾 (宇宙開発事業団) : 低衝撃分離機構の評価試験、第 46 回宇宙科学技術連合講演会講演集、2002, PP. 344-347