

スライダー放球装置を用いた大型気球の放球

飯嶋 一征, 松坂 幸彦, 池田 忠作, 井筒 直樹, 植本 有海, 梯 友哉,
小財 正義, 斎藤 芳隆, 田村 誠, 濱田 要, 福家 英之, 吉田 哲也
宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所

Evolution of the Sliding Launcher for Scientific Balloons

Issei Iijima, Yukihiro Matsuzaka, Chusaku Ikeda, Naoki Izutsu, Arimi Uemoto, Yuya Kakehashi,
Masayoshi Kozai, Yoshitaka Saito, Makoto Tamura, Kaname Hamada, Hideyuki Fuke, and Tetsuya Yoshida
Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency

1. 概要

2008年に三陸から北海道大樹町航空公園内に大気球実験場が移転した。同年、大樹実験場の広大なフィールド及び既存設備の巨大格納庫を利用したスライダー放球装置が設置された(図1-2)。

スライダー放球装置は親台車と子台車で構成され、地面設置型の三陸放球装置(図3)と違い大樹実験場フィールドに埋設したレール上を同期走行できる。三陸実験より更に大型の気球、大重量の観測器の放球を想定し開発されたものであり、親台車は2tまでの観測器を地上から13mの高さまで吊下げた状態で放球(リリース)可能である。子台車はガス充填された気球を放球装置上に一気に立て上げる跳ね上げ装置を搭載し、2012年の改良までは三陸で使用していた跳ね上げローラー装置をそのまま子台車上に設置し使用していた。改良後の跳ね上げ装置ではB1000クラスまでの大型気球に対応可能となった。本稿では2008年の設置から2016年までに実施したスライダー放球装置の改良と本装置の運用状況について報告する。スライダー放球装置及び新跳ね上げローラー装置の詳細仕様については既に報告済みのため割愛する[1]-[3]。



図1. スライダー放球装置(2016年)



図2. 新跳ね上げローラー

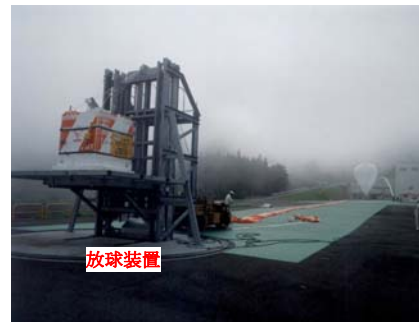


図3. 三陸放球装置

2. スライダー放球装置の改良点

2008年5月、大樹実験場に新設されたスライダー放球装置を実際に用いてB15ウレタン気球の放球試験(気球立て上げまで)を実施した。放球試験によりスライダー放球装置の有効性が確認され、同年、大樹実験場での気球実験を開始した。2016年までに気球実験運用を通じて、より安全確実に放球できるようスライダー放球装置の改良を重ねてきた。以下に放球能力向上に関する主な改良点を示す。その他の改良点は表1を参照のこと。

当初、放球機構は三陸から踏襲したオレンジリングをリリースする機構(図4)であったが、気球立て上げ後の気球振れ角が大きくなっても放球可能なように専用の放球ピンおよびサポート金具を製作した。改良により放球時の気球の前後振れ角 ± 40 度まで放球可能となった。放球ピンは荷姿単芯線に使うシングルタイプ(図5)、姿勢制御ラダーに使うプレートタイプ、総浮力が小さい実験に使う軽量シングルタイプの3種類を開発製作し使い分けている。

放球操作は親台車中央からのびる有線リモコンで親台車上で操作していたが、2011年に操作リモコンを軽量無線化した。無線化により親台車から離れた位置で気球立ち上がりの全体を見渡せるようになり、放球タイミングをより確認し易くなった。また爆発性燃料や液化ガスを搭載する観測器からも十分な保安距離を確保することができ安全面についても向上した。

跳ね上げローラー装置は三陸時代のものをそのまま子台車に取付けしばらく使用していたが2012年に改良を実施し、耐荷重及び放球可能な気球サイズが大幅に飛躍した。三陸ローラーではB500や圧力气球など

の気球サイズになるとローラー幅に余裕がなくなり、気球ハンドリングや放球時の気球フィルムへのダメージが懸念された。改良した跳ね上げローラーはローラー幅に十分な余裕ができB1000 サイズまでの気球運用を可能とし、最大浮力 4t まで耐えうる構造となった(図 6)[3]。2012 年に B500 気球(総浮力 1.85t)を用いた地上試験を行い新跳ね上げローラーの有効性を実証した。

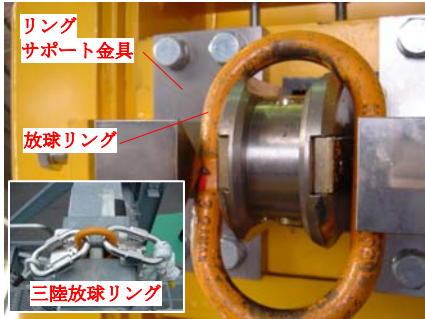


図 4. 放球リング(親台車アーム前面・改良前)

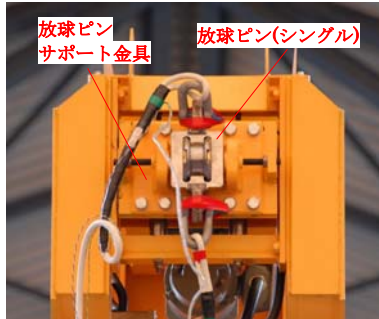


図 5. 放球ピン(親台車アーム前面・改良後)

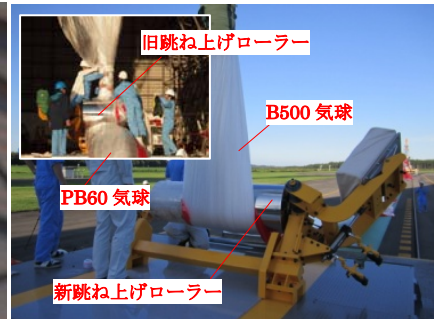


図 6. 旧・新跳ね上げローラー装置

表 1. スライダー放球装置の改良

FY	改良箇所	試験等
2007	(開発製造)	-
2008	(大樹実験場に設置)	アーム吊下げ試験、同期走行動作試験 放球試験(B15u 気球使用)
	リリース機構改良(リング→放球ピン金具に変更)	
	同期走行及びアーム速度最適化	
2009	アーム速度最適化(インバーター取付け) バッテリー制御機構取付け 走行確認用ランプ取付け 走行切替操作回路最適化	通常気球実験により実証
2010	電源ケーブル巻取り自動機構取付け	通常気球実験により実証
2011	放球装置リモコン無線化	通常気球実験により実証
2012	跳ね上げローラー改良(最大荷重 4t)	工場単体試験 性能評価地上試験(B500 気球使用)
	跳ね上げローラー衝撃吸収機構改良 誤作動防止回路(ロック、ローラー開)取付け	跳ね上げローラー4t 衝撃吸収機構性能 評価試験
2015	放球装置回転速度最適化(インバーター取付け)	通常気球実験により実証

3. スライダー放球装置を用いた運用

スライダー放球装置の有する同期・単独走行、放球機構、気球跳ね上げ機構、数トンのけん引能力を利用し、大型気球の放球だけではなく薄膜気球の放球、各種地上試験、観測器を吊下げる荷姿引張評価試験においてもスライダー放球装置を使用している。

大型気球放球用に開発された跳ね上げローラー装置では薄膜気球実験のような小さい総浮力では十分なローラー跳ね上げ力が無く、放球時の自由浮力も小さいためそのままではスライダー放球装置での放球は不可能である。しかしスライダー放球装置を用いると気球展開から放球まで超薄膜フィルムに致命的なダメージを与える人の手の接触を限りなく減らす運用が可能であり、気球破壊の原因となる薄膜フィルムへの傷、ダメ



図 7. 薄膜気球用跳ね上げローラー

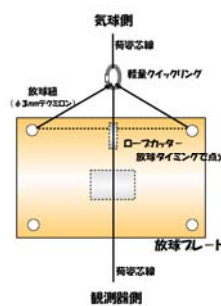


図 8. 薄膜気球リリース機構



図 9. スライダー放球装置による薄膜気球(BVT80)の放球

ージを軽減することができる。そこで子台車上に既存ローラーの前面に着脱式の薄膜気球専用跳ね上げローラーを取付け(図 7)、親台車アーム先端に薄膜気球の放球機構を取付けることにより、スライダー放球装置を用いた薄膜高高度気球放球を可能とした。リリース機構は気球の自由浮力が小さいので通常の放球ピン金具では重い、軽量クイックリングを放球ピン金具代替品として採用し、放球機構は通常の大気球の放球機構は使用せず、取付けたロープカッターで放球リングを拘束したアンカーロープを切断することによりリリースする構造とした(図 8)。図 9 に 2013 年に実施し到達高度世界記録を樹立した BVT80 放球のようすを示す。

その他のスライダー放球装置の用途として、子台車を単独で利用することにより安全確実に地上試験を実施することもできる。大樹実験場では屋外、格納庫内で様々な目的、手法による実験を実施している。試験によっては気球近辺に取り付けた計測機器のみならず気球本体に衝撃が加わらないように気球を立て上げたり、格納庫内天井に気球が衝突しないように静かに気球を立て上げを行う必要がある。そこでガス充填した気球をローラー上に保持したまま子台車をアンカー装置(図 10)直前までゆっくりと前進させながら気球を徐々に立て上げていく。アンカー装置直前で気球を綿布で保持した状態でローラーを開放することにより計器類、気球にダメージを与えることなく、格納庫内でも安全に気球を立て上げて試験を実施することが可能である(図 10-12)。本方式を用いて大樹格納庫内で 2011 年に新 BVT 専用カラー開放試験、2016 年に大型排気弁試験を実施した。

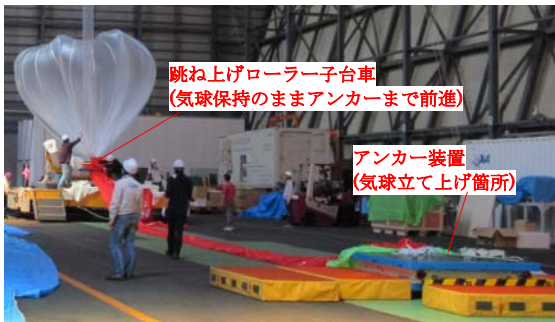


図 10. 地上試験(大型排気弁性能評価試験)



図 11. 子台車による気球立て上げ法



図 12. 気球立て上げの様子

また各実験ごとに用いる荷姿の引張評価試験にも本装置を使用している。試験では親・子台車間に荷姿をセットし実験総浮力の 2 倍までの引張荷重をかけて荷姿の健全性を確認する。親・子台車により荷姿長に依存することなく、荷姿に数トンの荷重をかけた状態を保持したまま計測試験を実施することが可能である。

4. まとめ

大樹町への実験場移転に伴い新設したスライダー放球装置を 2008 年から 2016 年にかけて大型の気球、観測器をより安全、確実に放球できるよう改良を重ねてきた。中でも 2014 年に実施した跳ね上げローラーの改良はハンドリングできる気球サイズが大幅に飛躍し、B1000 クラスまでの気球を放球することが可能となった。また大型気球放球用に開発された本装置であるが、専用の跳ね上げローラー装置および放球機構を取付けることにより、薄膜高高度気球の放球にも適用でき、より安全、確実に実施できるようになった。スライダー放球装置を用いた 2013 年の薄膜高高度気球(BVT80)実験では到達高度世界記録を更新した。その他、地上試験に合わせて親台車、子台車を単独で利用したり、荷姿の引張評価試験など様々な用途においてスライダー放球装置の利用価値は大きい。今後の課題として、放球時マスト回転動作時に観測器のタイプによっては追従回転してしまい放球タイミングに影響を及ぼすので、今後観測器の回転防止機構を検討していく。

2008 年から 2016 年までに本スライダー放球装置を用いて大型気球の放球 22 基、地上試験 11 基を実施した(表 2)。

参考文献

- [1] 松坂幸彦、他、平成 19 年度大気球シンポジウム、「スライダー放球装置の開発」
- [2] 高田淳史、他、平成 20 年度大気球シンポジウム、「スライダー放球装置の動作試験」
- [3] 飯嶋一征、他、平成 24 年度大気球シンポジウム、「大型気球放球にむけた跳ね上げローラーの改良」

表 2. スライダー放球装置を用いた実験実績(2008～2016 年)

FY	実験 ID	実験名称	気球	観測器		総浮力 [kg]	備考
				[kg]	D*W*H [m]		
2008	地上試験	放球試験①	B15u	105.0	-	500.4	親台車をアンカーに使用
	地上試験	放球試験②	B15u	1014.0	-	1500.3	親台車をアンカーに使用
	B08-01	大気球実験システムの実証試験①その1	B80	372.0	1.5*1.5*1.5	1028.2	
	地上試験	不具合再現試験	B300	168.8	-	915.0	親台車をアンカーに使用
	B08-01	大気球実験システムの実証試験①その2	B100	372.0	1.5*1.5*1.5	1036.0	
	B08-02	大気球実験システムの実証試験②	B300	219.0	1.5*6.0*1.5	1204.5	
2009	B09-01	無重力実験システムの動作試験	B300	HK:101.0 PI:289.3	1.0*1.0*0.75 0.5φ*4.0	1463.9	
	B09-02	硬 X 線領域でのカニ星雲の偏光観測	B300	390.7	1.5*1.3*1.3	1643.1	
	B09-03	気球搭載望遠鏡による金星大気観測	B100	530.6	1.0*1.0*4.0 PI:1.0*1.0*2.4	1257.3	
	地上試験	PB60 性能評価試験	PB60	-	-	1200.0	親台車をアンカーに使用
	B09-04	小型インフレータブル飛行体の展開及び飛行試験	B5	100.0	0.9*0.9*0.9 PI:0.2φ*0.4	269.0	
	B09-08	bCALET-2 による高エネルギー電子・ガンマ線観測	B100	410.6	1.1*1.5*1.5	1040.2	
	B09-07	圧力气球飛行性能試験	PB60	27.0	0.5*0.5*0.4	625.7	
2010	B10-01	成層圏大気のクライオサンプリング	B100	HK:84.8 PI:250.0	1.7*1.7*0.7 PI:1.2φ*2.0	1013.3	
	B10-02	気球を利用した超音速飛行体の飛行実験(その1)	B300	HK:94.5 PI:650.0	1.0*1.0*0.75 PI:0.5φ*4.6	1846.3	
2011	地上試験	新 BVT カラー開放試験	BU30	-	-	20.0	子台車による気球立上げ法
	B11-02	エマルジョン望遠鏡によるガンマ線の観測	B100	210.0	1.34*1.5*0.94	909.72	
	B11-04	小型実験用再突入システム μ LRS の大気球落下実験	B100	HK:134.6 PI:61.5	HK:0.5*0.3*1.0 PI:1.0*1.0*1.0	740.5	
	BS11-06	超薄膜高高度気球飛行性能試験	BVT80	3.1	0.35*0.2*0.3	51.03	薄膜気球専用のリリース機構と跳ね上げローラー装置を取付け
2012	B12-01	宇宙線反粒子探査計画 GAPS のプロトタイプ性能評価	B100	510.0	1.4*1.6*2.2	1303.2	
	B12-02	小型タンデム気球システムの飛行性能試験	B15 NPB3-1	66.7	0.9*0.8*0.6	426.85	
	地上試験	新跳ね上げローラー性能評価試験	B500	-	-	1850.0	親台車をアンカーに使用
2013	B13-01	大気球を利用した微小重力実験	B300	HK76.5 PI:260.0	HK:1.0*1.0*0.7 PI:0.6φ*4.1	1471.6	
	地上試験	不具合再現試験	B5	75.0	1.0*1.0*0.7	320.0	親台車をアンカーに使用
	地上試験	不具合検証試験 1	B5	75.0	1.0*1.0*0.7	320.0	親台車をアンカーに使用
	地上試験	不具合検証試験 2	B5	75.0	1.0*1.0*0.7	320.0	親台車をアンカーに使用
	BS13-08	超薄膜高高度気球飛行性能試験	BVT80	3.16	0.35*0.15*0.25	50.56	薄膜気球専用のリリース機構と跳ね上げローラー装置を取付け
2014	B14-01	大気球を利用した微小重力実験(燃焼試験)	B300	HK:105.0 PI:310.0	HK:1.0*1.0*0.7 PI:0.6φ*4.1	1542.9	
2015	B15-03	成層圏大気のクライオサンプリング	B100	HK:75.0 PI:250.0	1.5*1.5*0.8 PI:1.2φ*2.0	986.5	
2016	B16-01	火星探査用飛行機の高高度飛行試験	B100	345.9	1.0*3.0*2.5	755.5	
	B16-02	成層圏における微生物捕獲実験	B15	155.0	1.9*1.3*0.8	384.3	
	地上試験	大型排気弁性能評価試験	B3.5	-	-	-	子台車による気球立上げ法
	地上試験	新ロードテープ性能評価試験	B5D	-	-	-	親台車をアンカーに使用

※大型気球を用いた地上試験含む ※放球延期・中止実験は含まず