

平成 23 年度の大気球実験概要

JAXA 宇宙科学研究所 吉田 哲也

本年 3 月 11 日に発生した東日本大震災により、平成 19 年まで 37 年間に亘って日本の大気球実験を育ててきた地である岩手県大船渡市三陸町は大きな被害をうけた。幸い観測所で実験に携わってくださっていた方に犠牲はなかったものの、お世話になっていた宿のいくつかは全半壊し、地元の知り合いの中には亡くなった方もいらっしゃる。本年度の大気球実験の概要を報告するにあたり、まず被災者の皆様に心よりお見舞い申し上げ、また亡くなった方々のご冥福をお祈りしたい。

国内気球実験

昨年度の大気球研究委員会において、国内気球実験として、理学観測 3 実験、工学実証 2 実験が採択され、大気球実験室による開発研究のための飛翔性能試験 2 実験と併せて、合計 7 実験が計画された。

震災による影響は大気球実験の実実施計画にもおよび、大学の入構制限により実験準備が遅れ、また海上回収用船舶、支援航空機のスケジュールが震災対応のため見通し困難になるなど、一時は実施が危ぶまれた。結局予定していた実験の一部を第二次気球実験に延期し、実験期間を短縮することで、5 月 25 日から連携協力拠点大樹航空宇宙実験場において実施することができた。表 1 に実験結果概要を示した。

まず 6 月 1 日に、長時間飛翔が可能な飛翔体である、スーパープレッシャー気球とゼロプレッ

チャー気球を組み合わせたタンデム気球の研究の第一歩として、ゴム気球と体積 10 m³のスーパープレッシャー気球からなる超小型タンデム気球の飛翔性能試験を実施した。本実験では日昇前後での気球ガス温度の変化による気球高度の変動の測定を目的としたため、日出前に気球を一旦水平浮遊させることを目的として、大樹航空宇宙実験場では初めての試みとして未明の放球を行った。午前 1 時 23 分に放球された気球は日の出を越えて飛翔し、低温の飛翔環境におけるスーパープレッシャー気球の耐圧性能を確認することはできなかったものの、日昇前後でのスーパープレッシャー気球の温度変化の計測により、昼夜のガス温度の変化に起因する耐圧性能要求を定量化が可能となった[1]。

6 月 8 日には、原子核乾板(エマルジョン)を使用した観測器によって、宇宙から飛来するガンマ線をとらえることを目的としたエマルジョンハイブリッド望遠鏡による宇宙ガンマ線観測実験を実施した。ガンマ線が発生する電子陽電子対の飛跡を顕微鏡で測定することで、もともとのガンマ線の到来方向を高精度で把握し、細密な宇宙のガンマ線像をとらえる実験である。午前 5 時 04 分に放球された満膨張体積 10 万 m³の気球によって高度 34.7 km を 1 時間強飛翔した望遠鏡プロトタイプ 1 号機に搭載されたエマルジョンは、実験実施後に損傷なく回収された[2, 3, 4]。

本気球飛翔では、ピギーバックとして 10 台の

表 1 平成 23 年度第一次気球実験飛翔概要

放球日時	実験番号	目的	高度	飛翔時間
6 月 1 日	BS11-02	超小型タンデム気球システムの飛翔性能試験	22.0 km	3 時間 54 分
6 月 8 日	B11-02	エマルジョンハイブリッド望遠鏡による 宇宙ガンマ線観測	34.7 km	4 時間 19 分

表 2 平成 23 年度第二次気球実験飛翔概要

放球日時	実験番号	目 的	高度	飛翔時間
8 月 30 日	B11-04	小型実験用再突入システム大気球落下実験	37.0 km	3 時間 04 分
9 月 14 日	BS11-06	超薄膜高高度気球飛翔性能試験	14.7 km	3 時間 58 分
	B11-05	新テレメトリコマンドシステム性能評価	気象条件が適さず見送り	
	B11-01	気球搭載望遠鏡による惑星大気観測	実験準備が遅延し見送り	
	B11-03	宇宙線反粒子検出器 GAPS の プロトタイプ性能評価	実験準備が遅延し見送り	

小型ハイビジョンカメラをパイロード各所に装着し、成層圏のハイビジョンパノラマ撮影を行った。これは、昨年の大気球シンポジウムで報告された超高層大気圏撮影計画[5]と全方位カメラによる臨場感画像転送技術実証計画[6]の 2 提案を、大気球実験が仲介して一つの計画として取り纏め実施に至ったものである。撮影されたハイビジョンパノラマ映像は、既に番組中で放映されている[7]。

第二次気球実験は、8 月 15 日から連携協力拠点大樹航空宇宙実験場において実施された。表 2 に実験結果概要を示す。当初予定した 5 実験のうち 2 実験については、準備の遅れ等により事前に実験実施を見送ることとなった。準備を開始した 15 日を除き北海道にはないはずの梅雨空が続き、さらにジェット気流が日本上空に南下せずに高度 15 km 程度までの風がそろって北寄りとなることが多く、短時間の気球飛翔でさえ実施できない日々が続くこととなった。8 月 18 日には研究者の方々により敷居の低い大気球実験となるよう開発した新テレメトリコマンドシステムの飛翔性能試験の準備を整えたが、飛翔機会に恵まれないうまま、水平飛翔する高度 27 km 程度の高層風が季節変化のため実験実施に適さなくなり今季の実施を見送った。

ようやく 8 月 30 日に、宇宙からの回収機においてよく用いられる形状であるアポロ型の回収機体の遷音速域での動的不安定性の挙動についての基礎的なデータを収集するとともに、それをリアクションコントロールジェットにより制御

することを目指した小型実験用再突入システムの落下実験を実施できた。午前 4 時 40 分に放球され午前 7 時過ぎに高度 37 km に到達した満膨張体積 10 万 m³ の気球から投下されたアポロ型カプセルの供試体は、自由落下を利用して予定どおりに飛行し、機体姿勢および運動に関わるデータをテレメトリで取得することに成功した。残念ながら海上に緩降下後のカプセルは回収されなかったが、取得されたデータを解析することにより、基本的挙動の理解とともに動的不安定時における姿勢制御の理解を深めていく予定である[8]。

9 月 14 日には中間圏下部での「長時間その場観測」の実現を目指した超薄膜高高度気球の飛翔性能試験を実施した。気球用フィルムとして世界で最も薄い厚さ 2.8 μm のポリエチレンフィルムを用いて製作された満膨張体積 8 万 m³ の気球は、午前 6 時 12 分に実験場から放球されたが、高度 14.7 km に達した時点で浮力を失い緩降下を始めた[9]。その後、気球は所定の降下速度に達せず、降下予定区域を逸脱した。これらの不具合については原因を究明して今後の気球実験の開発・運用に役立てる所存である。

なお本年度より、各種科学衛星プロジェクトや小型飛翔体実験に対する共通的支援を行う部署として宇宙科学プログラムオフィスが宇宙科学研究所に設置された。大気球実験実施に至るさまざまな支援に加えて、実験実施に際しては実験総務を担っていただくこととなった。これを機に宇宙科学研究所内や関連部局の若手職員が大気球実験に総務班員として参加している。昨年度から

開始した JAXA 全体の若手職員を対象とした現場研修と併せて、宇宙科学実験の現場を体験する貴重な機会として有効に活用していきたい。

国際協力

ブラジル連邦共和国国立宇宙研究所(INPE)との新協定が締結され、平成 22 年 11 月 3 日より平成 22 年度の日伯共同気球実験を実施した。遠赤外線干渉計による天体観測(FITE)実験(B10-05)[9]を実施すべく準備を進めたところであったが、日本より輸送した実験機材のブラジル国内への輸入について、ブラジル税関の通関許可を得るのに想定外の時間を要し、実験準備に大幅な遅れが生じた。さらに、FITE ペイロードの調整中に、飛翔実験中の姿勢制御に不可欠な搭載姿勢決定系の一部に不具合が生じ、観測に十分な姿勢制御性能を保持できなくなった。そのため、12 月期の実験実施を見送ることとし、回収予定地域の事前調査を行い、また最終噛合せ試験相当の地上試験を実施したうえで実験班は帰国し、平成 23 年 3 月期に再実験を計画した。

平成 23 年 2 月 8 日より現地での準備を再開したが、搭載姿勢決定系に再度不具合が発生し、さらにデータ収集系の計算機システムの一部に不具合が発生した。偶発故障として理解できない不具合が複数連続して発生したことを受けて、再実験の実施を中止した。今後の FITE 実験の実施[10]にあたっては、測定器の日本国内で十分なテストと地上フィールド試験を経て自己点検を実施して準備を完了したのちに、大気球研究委員会等におけるエンジニアリング・ピア・レビューを実施することとしている。

また、平成 24 年 2 月には赤道域成層圏大気的直接採取による温室効果気体の観測実験が予定されている。本実験は赤道域を航行する海洋研究開発機構の学術研究船「白鳳丸」から小型クライオサンプリング装置を成層圏に打上げねばならない。甲板上から満膨張体積 2,000 m³と 5,000 m³の大気球を放球する新たな放球法を開発し[11]、実験準備を進めている。

さらに日本の大気球実験の特徴のひとつである海上回収について、仏 CNES よりフランス大西洋岸での海上回収実現に向けた協力を要請され、協力覚書を締結した。第二次気球実験には CNES の海上回収担当者ら 4 名が見学を訪れ、実際に海上回収がどのように行われるかを体験している。

その他 Swedish Space Cooperation や CNES、NASA などの気球飛翔を利用した国際共同実験が数多く計画されている[12-15]。これらの計画への適切なサポートを続けるとともに、長時間気球実験を実現するためにより多くかつ適切な国外実験機会を模索していきたい。

開発研究

超長時間観測を実現する圧力气球開発については、昨年度実施した B10-03 俵型気球飛翔試験において気球下部が破壊した原因を究明するために地上試験を実施した[16]。本地上試験で得られた知見をもとに、満膨張体積 6 万 m³程度の俵型圧力气球を開発し、24 年度以降に飛翔試験を実施したい。また本年度の超薄膜高高度気球飛翔性能試験は不首尾に終わったが、頭部保護、補強のために頭部を多層とし、また水平飛翔を可能とするために気球尾部に排気口を設けるなど新たな気球製作に挑戦した。さらに放球時の薄膜気球へのダメージを最少とするために薄膜気球用カラーも開発した[9]。

ユーザが使いやすい実験環境構築を目指した新通信システム[17]については、ユーザに対してもシリアル通信を基本とした新通信システムの提供を開始した。また、地上系システムについても受信機、空中線、測距システムなどの更新を始めている[18]。さらにイリジウム通信衛星と GPS システムを利用した気球搭載型ブイについても試験運用を開始した[19]。本年度のように気象条件が優れず、霧により回収時の航空機支援が期待できないような際にも、気球搭載型イリジウムブイの使用により船舶による回収作業を確実かつ容易にし、またこれまで実施できていない大樹航空宇宙実験場からの夜間気球飛翔実験を実現で

きると期待される。

気球システムや搭載機器に要求する安全基準等を整備する取り組みについても、実験ユーザに不要な負担をかけずに安全を確保した上で最大の実験成果を創出することを目指して、JAXA 安全信頼性推進部の協力を得て、大気球実験に関する安全文書とガイドラインの整備を継続している[20]。

まとめ

大樹航空宇宙実験場での大気球飛行運用はほぼ確立し、工学実証試験や理学観測機器性能試験への飛行機会提供という役割を果たせるようになった。しかし、気象条件の制約は厳しく依然飛行機会の確保が不十分な状態が続いている。本年度は気球搭載型イリジウムブイの装備などにより海上回収に係る気象条件の緩和を図ったが、今後もこうした努力を続けていきたい。また、長時間理学観測などの要求に応えるために、国外実験機会の拡充も模索していく所存である。

こうした取り組みを推進するためにも、ぜひ大気球実験で「見える」科学成果を発信し続けることを実験に携わる方々をお願いしたい。一歩ずつ積み重ねていただいた成果が社会から認知されることで、さまざまな関係者の方から今後も大気球実験へのご支援を受け続けられることをご理解いただければ幸いである。

参考文献

- [1] 齋藤 芳隆 他、スーパープレッシャー気球とゼロプレッシャー気球を組み合わせた長時間飛行気球の開発、本シンポジウム
- [2] 尾崎 圭太 他、GRAINE 2011 年度気球実験：姿勢モニターの解析現状、本シンポジウム
- [3] 六條 宏紀 他、GRAINE 2011 年度気球実験：多段シフターの解析現状、本シンポジウム
- [4] 高橋 寛 他、GRAINE 2011 年度気球実験：コンバーターの解析現状、本シンポジウム
- [5] 田附 英樹 他、平成 23 年度の大気球による超高層大気圏撮影実験概要、平成 22 年度大気球シンポジウム (2010) 84-87
- [6] 山澤 一誠 他、全方位カメラによる臨場感画像転送技術の確立、平成 22 年度大気球シンポジウム (2010) 57-60
- [7] 日本放送協会 BS プレミアム「宇宙の渚に立つ」9月18日放映
- [8] 滝澤 潤一、地上回収型超小型衛星 μ -LRS と大気球を使ったカプセル再突入実験について、本シンポジウム
- [9] 齋藤 芳隆 他、薄膜高高度気球(BVT80 型)の飛行試験、本シンポジウム
- [10] 叶 哲生 他、気球搭載赤外線干渉計 FITE 次回フライト計画、本シンポジウム
- [11] 飯嶋 一征 他、赤道域大気観測気球実験のための船上での放球方法の開発、本シンポジウム
- [12] 高橋 弘充 他、PoGOLite 気球実験の 2011 年パスファインダーフライトについて、本シンポジウム
- [13] 谷森 達 他、電子飛跡検出コンプトンカメラによる地球圏および宇宙ガンマ線選出気球実験、本シンポジウム
- [14] 津野 克彦 他、Balloon-EUSO、本シンポジウム
- [15] 田口 真 他、気球搭載望遠鏡による惑星大気観測、本シンポジウム
- [16] 井筒 直樹 他、俵型気球の地上膨張試験、本シンポジウム
- [17] 田村 啓輔 他、新テレメトリーコマンドシステムの開発・計画と現状、本シンポジウム
- [18] 佐藤 崇俊 他、大気球送受信追尾装置の更新、本シンポジウム
- [19] 莊司 泰弘 他、気球用イリジウムブイの飛行試験と運用、本シンポジウム
- [20] 和田 勝 他、大気球実験に対する安全ガイドライン(案)の概要について、本シンポジウム