

## 平成 28 年度の大気球実験概要

JAXA 宇宙科学研究所 吉田 哲也

平成 28 年度の大気球実験は 5~6 月の第一次気球実験、7~9 月の第二次気球実験の 2 回の国内気球実験として実施された。本稿ではこれらの気球実験の経過、気球システムの開発状況について述べてたい。

### 国内気球実験

昨年 11 月の第 1 回大気球専門委員会および本年 2 月の第 2 回大気球専門委員会において、北海道大樹町で実施すべき理学観測 3 実験、工学実証 2 実験およびピギーバック 3 実験が採択された。このうち、工学実証、ピギーバックそれぞれ 1 実験については、実験提案者側の都合で実施が見送られた。

第一次気球実験は、5 月 26 日から大樹航空宇宙実験場において実施された。表 1 に実験結果概要を示す。実施 2 実験ともに気球到達高度からの降下または投下によって実験を実施するもので、浮遊時間をほとんど必要としない実験であったため、例年よりも遅い実験開始となっている。

B16-02 実験は、中層大気中の微生物の形態と高度分布を観測することを目的とした微生物採集実験である。本実験では、これまでの成層圏微生物採取実験での懸案事項であった地上微生物の混入可能性を劇的に減らすために、気球からパラシュートで降下中に試料採集を行う降下式インパクト型試料採集装置を新規に開発した。また、採取した試料を、蛍光顕微鏡と SEM による観察、非培養 DNA 分析、培養を組み合わせると

角的に分析し、成層圏中の浮遊微生物の種類と物理状態を調査するものである。6 月 8 日に実施された実験では、インパクト型試料採集装置を搭載した実験機器部が高度 28.5 km で気球から切り離され、パラシュート降下中に所定の高度で資料採取を開始するゲートバルブを開放し、その後予定どおりバルブを閉鎖した。海上に着水した試料採取装置は損傷なく回収され、大樹航空宇宙実験場に仮設されたクリーンブースで採取資料が取り出された[1]。

B16-01 実験は、火星探査用飛行機の研究開発での重要な開発要素の一つである機体の空力設計に不可欠な空力データを取得することを目的とした。こうした空力データは、火星の飛行環境を模擬した風洞試験や、数値流体力学シミュレーションでの取得が困難であるため、100 分の 1 気圧、零下 50 度という火星大気環境を模擬できる高度 35 km 付近でスパン幅 2.6 m、機体長 2 m、機体重量 5 kg 程度の火星飛行機の飛行実験を行うものである。6 月 12 日に試験機を搭載して放球された気球は予定どおりに高度 36 km まで上昇し、試験機を切り離して飛行試験を開始した。しかし、その後試験機は予定の飛行経路を逸脱し、また切離し 62 秒後にテレメトリデータの送出手が停止した[2]。試験機の位置把握を試験機からのテレメトリデータに依存していたため、試験機が降下予定海域内に着水したことを確認するのに時間を要してしまったことは今後の実験運営への反省点となった。

表 1 平成 28 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 8 日	B16-02	成層圏における微生物捕獲実験	28.5 km	2 時間 38 分
6 月 12 日	B16-01	火星探査用飛行機の高高度飛行試験	36.1 km	3 時間 20 分

表 2 平成 28 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
9 月 5 日	BS16-05	成層圏オゾン・二酸化窒素の観測	45.0 km	3 時間 24 分
	B16-03	気球 VLBI 実験	実験準備遅れと気象条件 不適合のため見送り	

第一次気球実験で実施した 2 実験は、一昨年度または昨年度の国内気球実験で初めての気球実験実施を目指して大樹航空宇宙実験場での準備まで進めたものの、実験準備に時間を要したため実施を見送ることとなったものである。気球実験といえども初めての挑戦にはさまざまな困難が伴う。大樹町に長期間滞在して準備を進めて実験実施に至らなかったことは大きな挫折であったであろうが、それを乗り越えて本年度実験を実施できたことは、それが期待通りのものでなかったにせよ大きな前進であったと考えている。

第二次気球実験は、7 月 19 日から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。1 実験は、比較的低高度で 2 時間以上の飛翔要求であったため 7 月下旬から 8 月上旬の実施が計画され、残る 1 実験は高度 40 km 以上の高高度までの飛翔要求であったために 9 月上旬の計画となり、大樹町での気球実験を開始して以降初めての 7 月の大樹町滞在となった。

B16-03 実験は、地上からでは観測が困難な高周波数での電波天文イメージング観測を目的とした気球を用いた将来の超長基線電波干渉計 (VLBI) ミッションの可能性を探るため、フライト試験機を用いたフィージビリティスタディを行う実験であった。今回の実験では大気の下にある地上望遠鏡と干渉計を組むことができる低周波数帯で将来のサブミリ波帯気球 VLBI 実現に必要な、周波数標準源振の安定度の確保、局位置の決定、広帯域データ記録システムの開発、望遠鏡指向精度の実現などの技術課題を検証する計画であった。しかし、初めて気球実験を挑戦する実験グループとしては大変複雑な実験装置であり[3]、実験準備の進め方にも不慣れな点が散見され、昼夜を問わず作業を進めたものの実験準備が整わ

ず、また大きく蛇行し南北方向に流れるジェット気流も放球に適さなかったため、本年度の実施を見送ることとした。本実験の今後の扱いについては、11 月開催の第 4 回大気球専門委員会における平成 29 年度大気球実験採択審議の中で決定されるが、今回の経験を生かして次の機会に臨んでいただきたい。

B16-03 実験の実施を見送ったのち、8 月 12 日から第二次気球実験を 8 月下旬まで中断したが、南北方向に流れるジェット気流の影響か、この間に多くの台風が十勝地方を襲った。僅か一週間の間に台風 7 号、9 号、11 号と 3 つの台風が襲来し、第二次気球実験後半開始直前の 8 月末には、観測史上初めて東北地方に太平洋側から上陸した台風 10 号が十勝地方にも大きな被害をもたらした。大樹町でも橋が崩落し犠牲者が出たうえに、大樹町全域が断水となり、町内の宿泊や飲食が困難になるなど実験運営に大きな影響が生じた。

このため BS16-05 実験については、8 月末には最小限の人数で実験準備を始め、並行して極度に不安定なジェット気流の状況をモニタし、町内での宿泊の目途がついた 9 月 4 日に全実験班が大樹町に移動し放球準備を完了、翌 5 日未明に実験実施というスケジュールとなった。本実験は、オゾンに加えて二酸化窒素なども観測できるように小型分光器を用いて新たに開発した小型・軽量の光学オゾンゾンデを高高度まで飛翔させ、上部成層圏オゾンの年々変動を明らかにし、同時にオゾン破壊に関わる二酸化窒素を観測することを目的とした[4]。高度 16km 付近で日昇を迎えたいという実験要求が課せられたため、大気球実験グループでは第一次気球実験期間中に高所投光車の利用によって夜間放球の実施可能性検討を行い、必要な準備を進めてきた。9 月 5 日に大樹町

で初めて夜明け前に放球された厚さ 3.4  $\mu\text{m}$  の超薄膜ポリエチレン気球は高度 45 km まで上昇し、所期の観測を実施できた。台風被害の復旧が続く中、ジェット気流、高層風の状況が実験可能となったワンチャンスを、霧雨の降る中での放球で捉えることができたことは、実験班の努力のみならず関係者の協力があって初めて実現できたものであり、大樹町気球実験の実績の積み重ねあつてと考えている。

その他、ピギーバック実験として採択された 2 実験のうち、「ピギーバック分散配置 9 軸姿勢ロガー群による飛行中の気球各部の挙動測定」は第一次気球実験には準備が間に合わず、第二次気球実験では相乗り予定であった B16-03 実験の実施が見送られたため今年度の実施を見送った[5]。また、「小天体探査用トランスポンダによる距離測定実験」については、無線機器の試験を目的としており他実験との共存に不安が生じたこともあつて、測風ゴム気球の飛行機会を利用して実施されている[6]。

## 開発研究

次世代気球開発研究の柱の一つである「超薄膜高高度気球開発」については、今後単に高度記録の更新を目指すのではなく、科学観測に利用でき成果創出に資する気球システムとして発展させるために、搭載重量の増加と飛行機会の頻繁化を念頭においた方向性を設定している。その実現に後述する「軽量国産ロードテープの開発」と「パッキング放球法」がキー技術となると考えている。

もう一つの柱である「超長時間飛行圧力気球開発」については、米国によるスーパープレッシャー気球開発及びその運用状況も見ながら、日本の針路を検討している。スーパープレッシャー気球製作の技術そのものは日本の気球工学として獲得しておきたいものの、実際に地上システム、衛星通信システム、回収システムも含めた運用可能な気球飛行システムを構築することは、日本の科学気球に割り当てられるリソースでは極めて困難である。こうした見地から、これまで開発を進

めてきた俵型気球の飛行実証については近いうちに実施していきたい。

本年度、大樹航空宇宙実験場での国内実験期間中には、大型排気弁の排気能力試験[7,8]、軽量国産ロードテープを用いた 5,000  $\text{m}^3$  気球の立上げ試験[9]、パッキング放球法による超薄膜ポリエチレン測風気球放球[10]などさまざまな活動が実施されている。詳細についてはそれぞれの発表に譲るが、大型排気弁の実用化は昨今の高層気流が不安定な中で国内実験でも主流となつてきている大型気球の安全な飛行運用を担保する重要な要素開発である。また、軽量国産ロードテープの実用化は、しばしば気球製作期間を長期化させる要因となつている大型気球用輸入ロードテープを置き換え柔軟な気球製作を可能とするばかりでなく、これまでロードテープが使われていなかった薄膜気球に数本のロードテープを入れることによって搭載重量を増加させ科学観測の可能性を拡げることが期待できる。こうして製作された薄膜高高度気球に大樹航空宇宙実験場 JAXA 格納庫内でヘリウムガスを注入し、パッキング放球法で長時間屋外に滞在することなく放球できれば、地上気象による影響を軽減でき飛行機会を増加させられる。こうした日本の気球の将来を描くうえで重要なステップを本年度実現できた。

大樹航空宇宙実験場での気球運用については、放球システムについては一定の完成を見たと考えられるが[11]、一方で気球追尾・送受信システムについては一層の改善を必要としている。最近、特に工学実証実験において、気球から試験体を投下する実験が増加してきている。こうした実験の実施には、飛行終了時に、気球部、搭載機器部、試験体の 3 つを独立に追尾・受信する必要が生じ、これまでは一時的にコンテナ型送受信装置を設置して対応してきた。また、大樹航空宇宙実験場の送受信システムは基本冗長なシステムとして設計されているが、唯一コマンド送信アンテナだけがシングルポイントとなつていた。そこで本年度中に大樹航空宇宙実験場内に第 3 局受信点を設置し、同時にコマンド送信アンテナも冗長とする

[12]。また、限られた大気球実験グループの人的リソースを有効に使うために、定形化できる運用作業については委託化も視野に入れていきたい。そのため、大樹航空宇宙実験場の追尾受信システムのユーザインターフェースを大幅に見直し、気球搭載システムと地上システムの集約されたハウスキーピングデータそれぞれを2名の要員で監視できるように改修を進めている[13]。

昨年度の大気球シンポジウムで報告した[14]高速テレメトリ送受信システム、デジタル画像送信機の開発は、この地上デジタル放送システムを応用して一体の開発として実現を目指している。次のオーストラリア気球実験での必要性は薄れているが、今後の気球実験のインフラとして開発を進めていきたい。

## まとめ

宇宙科学プロジェクトが大型化していく中で、大気球実験を含む研究基盤が置かれている状況は予算的にも人員的にも相変わらず厳しい。宇宙科学研究所では、より広く小型飛翔体実験への理解を求め、新たな分野での科学成果創出を目指して、昨年度末に大気球実験、観測ロケット実験の意義や成果を紹介する「観測ロケットと大気球～小型飛翔体実験へのいざない」というリーフレットを作成した[15]。また、大気球実験の敷居を下げるべく、大気球実験グループでは、ユーザーズマニュアルの制定にも取り組んでいる[16]。技術開発に加えて、こうしたソフト面での取り組みも強化して、大気球実験の将来を構築していきたい。

## 参考文献

[1] 大野 宗祐 他, 成層圏微生物採取実験  
Biopause : 2016 年度実験報告と今後の展望,

isas16-sbs-008

- [2] 大山 聖 他, 大気球を利用した火星飛行機の高高度飛行試験, isas16-sbs-014
- [3] 土居 明広 他, 気球 VLBI 実験: 2016 年実験の報告と実験再提案, isas16-sbs-002
- [4] 村田 功 他, 改良されたスペクトル取得型光学オゾンゾンデによる成層圏オゾン、二酸化窒素の観測, isas16-sbs-009
- [5] 莊司 泰弘 他, 飛翔中の気球系挙動測定システムの開発とピギーバック実験提案, isas16-sbs-031
- [6] 吉光 徹雄 他, Results of range measurement experiment using a small balloon, isas16-sbs-015
- [7] 池田 忠作 他, 大型排気弁の開発, isas16-sbs-033
- [8] 井筒 直樹 他, 大型排気弁の地上試験と性能評価, isas16-sbs-034
- [9] 松坂 幸彦 他, 新型国産ロードレップの実用化開発, isas16-sbs-035
- [10] 田村 誠 他, 薄膜型高高度気球のパッキング放球法, isas16-sbs-037
- [11] 飯嶋 一征, スライダー放球装置を用いた大型気球の放球, isas16-sbs-036
- [12] 齋藤 芳隆 他, 大樹航空宇宙実験場における第三受信点と地上系確認装置の構築, isas16-sbs-039
- [13] 小財 正義, 気球通信システム地上系の刷新, isas16-sbs-038
- [14] 吉田 哲也, 平成 27 年度の大気球実験概要, isas15-sbs-001
- [15] <http://www.isas.jaxa.jp/j/download/> からダウンロード可能
- [16] 梯 友哉 他, 大気球実験ユーザーマニュアルの制定, isas16-sbs-040