

平成 27 年度の大気球実験概要

JAXA 宇宙科学研究所 吉田 哲也

平成 27 年度の大気球実験は 4~5 月にオーストラリア・アリススプリングスでの初めての気球実験キャンペーンを実施し、8 月に北海道大樹町で第一次気球実験を実施した。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、及び大気球実験を含む小型飛翔体実験を取りまく環境について述べたい。

オーストラリア気球実験

平成 27 年度オーストラリア気球実験は、4 月 6 日から 5 月 22 日までオーストラリア連邦北部準州アリススプリング空港に併設されたアリススプリングス放球場において実施された[1]。表 1 に実験結果概要を示す。

B15-01 実験は、数 10 MeV ~ 10 GeV 領域のガンマ線をエマルジョン対生成望遠鏡でとらえて、その個々のガンマ線の到来方向を 1 mrad の角度分解能で観測し、ガンマ線天体からのガンマ線を検出し、その広がりや構造を観測することを最終ゴールとし、今回は性能実証フェーズの最終段階として、12~24 時間のフライトによってサブ GeV から GeV 領域で最も明るいガンマ線源である Vela に対して数時間の観測を行い、望遠鏡システム全体としての角度分解能の評価することを目的とした[2]。

5 月 12 日早朝に放球された GRAINE 測定器は、同夜までの約 11 時間半にわたり高度 36 km 以上の高空でガンマ線を観測した。翌日感度劣化を招く高温に曝されることなく観測器が回収さ

れ[3]、現像作業が終了したエマルジョンについては正常に粒子軌跡が記録されていることが確認されており、エマルジョンフィルムによるガンマ線観測には成功した[4]。

また、オーストラリア国内の安全要求や航空保安要求を遵守した長時間の気球運用を実現でき、今後継続的にオーストラリアにおいて JAXA の大気球実験を実施できる実績を作り、プリカーサとしての役割を果たした。

国内気球実験

昨年 12 月の第 29 回大気球研究委員会および本年 3 月の第 30 回大気球研究委員会において、北海道大樹町で実施すべき理学観測 2 実験、工学実証 1 実験が採択された。

第一次気球実験は、オーストラリアからの帰国後の 8 月 3 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。

15-03 実験は、液体ヘリウムを利用したポンプで大気成分のほとんど全てを凝縮固化して採集するクライオジェニック法を用いて、希薄な成層圏大気を固化して大量に採集し、温室効果気体をはじめとしたさまざまな大気成分の濃度や同位体比の測定に得られた試料空気を供することを目的とした。当初計画では、気球上昇中の 5 高度で 5 サンプル、水平浮遊中に 1 サンプル、緩降下中の 5 高度で 5 サンプルを採集する予定であったが、今年度 8 月上旬は例年に比べて気球浮遊高度での風速が早く、緩降下を実現できる飛翔時間を

表 1 平成 27 年度オーストラリア気球実験飛翔概要

放球日時	実験番号	目的	高度	飛翔時間
5 月 12 日	B15-01	エマルジョンガンマ線望遠鏡による 宇宙ガンマ線観測 (GRAINE)	36 km 以上	14 時間 21 分

表 2 平成 27 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
8月6日	B15-03	成層圏大気クライオサンプリング	34.8 km	3時間 40分
8月22日	BS15-07	ISS からの放出衛星(EGG)の搭載機器の動作確認、及び、運用確認試験	31.7 km	2時間 15分
	B15-02	成層圏における微生物捕獲実験	実験準備遅れのため見送り	

確保できない状況であった。実験グループとの協議のうえ、北海道大樹町でのサンプリング実験が3年間行われておらず、今年度サンプルを採集することの重要性を鑑みて、計画を修正して気球上昇中の10高度及び水平浮遊中の全11高度で大気を採集した。採集された大気試料は、各参加大学の特色を生かして最先端の分析装置を用いて詳しい解析が行われる[5]。

BS15-07 実験は、将来の地球帰還システムへの応用が期待されている展開型柔軟エアロシェルによる大気圏突入システム開発の一環として実施される ISS 放出超小型衛星“EGG(re-Entry satellite with Gossamer aeroshell and GPS/Iridium)” 実験機の前段階試験である。

“EGG” 実験機では、大気圏突入実験の前段階として、軌道上で膨張ガスを注入して展開型エアロシェルを展開させ、そのデータを民間の衛星通信経由で取得する計画で、本試験では、“EGG” 実験機とほぼ同等の機能を有するエンジニアリングモデルを小型気球により高空まで上昇させ、長時間で長距離を移動する間を利用して、民間の衛星通信経由による太陽電池パネル展開やガス放出シークエンス試験を実施した。本実験は申請時には他の実験への相乗り実験として提案されたが、飛翔要求がゴム気球でも十分に実現可能であったことを踏まえて、飛翔可能性を最大にする観点から独立した実験として実施することとしたものである。本気球実験で得られたデータや運用実績を基に、“EGG” 実験機のフライトモデルの製作や運用計画の立案を進めていく[6]。

B15-02 実験については、8月21日に放球機会があったが、前日最終動作確認において実験機器からのテレメトリが停止する不具合が発生し、ト

ラブルシュートに要する時間とその後の気象予測から、本年度の実施を見送ることとした[7]。初めて気球実験に挑戦する精力的な実験グループであったが、飛翔体実験に不可欠なロバスト性に欠けるところがあり残念ながら飛翔に至らなかった。大気球実験グループとしても今後ユーザを拡げていこうとするうえで検討すべき事項を学ぶことができた。

インドネシア気球実験

通常の大気球実験の枠組みではなく、宇宙科学研究所が公募する「小規模プロジェクト」として採択された「熱帯対流圏層における力学・化学過程の解明」の気球実験が本年2月にインドネシアで実施された[8]。現地実験準備が2月6日より始められ、2月16日から3月3日の間にインドネシア航空宇宙局(LAPAN)との共同研究として大気球4機とゴム気球計23機による気球飛翔実験を実施したものである。大気球は大気採取装置を搭載したポリエチレン気球FB5B型2機とFB9B型2機で、各気球で2高度ずつ、計8高度の大気試料採集を行い、すべてゴンドラの回収に成功した。着水位置は Biak 観測所から西に30~60 kmの海上で、Biak 島海上警察の船舶を利用して着水後30分から1時間程度で回収した。ゴム気球では二酸化炭素ゾンデ4機、鏡面冷却式水蒸気-オゾン-雲粒子ゾンデ5機、光学粒子計数ゾンデ1機の飛揚を行った。さらにエアロゾルサンプル採取装置を搭載したゴム気球2機を飛揚し、回収に成功した。このほかに上層風の確認のために測風ゾンデを計11機飛揚した。本プロジェクトは本年度をもって終了となるが、最初の小規模プロジェクトとして顕著な成果を挙げたと考えている[9]。

開発研究

「超薄膜高高度気球開発」および「超長時間飛翔圧力気球開発」の次世代気球開発研究は、後述する小型飛翔体実験を取りまく厳しい環境の中で中断を余儀なくされている。大気球実験グループとしては、グループのスキルを維持していくためにも、来年度以降一定頻度での次世代気球飛翔性能試験や搭載機器飛翔性能試験を実施していきたいと考えている。

一方、今年度のオーストラリア気球実験で供用された各種機材については、実地での運用経験をもとに改善を進めている。ペイロードを吊り下げる放球装置については、今後より重いペイロードを放球するために放球装置自身の重量軽減が不可欠である。スプーラー台車については、移動の際の運用性を向上させなければならない。ガス供給装置についても運用性の向上が臨まれている。帰路の輸送で大きなダメージを受けた移動追尾受信システムについては、より頑丈でタフなシステムに改善していく予定である。

さらに、今後のオーストラリア実験や国内実験の高度化のための開発も必要と考えている。特に、短時間の飛翔時間を最大限有効に生かし、また回収なしでの実験の可能性を拓げるための高速テレメトリ送受信システムの開発は喫緊の課題である。また、この高速テレメトリを利用することにより、数百 km の遠方のペイロードからでもクリアな動画を取得できるデジタル画像送信機も実現させたい。この2つのシステムは、次回のオーストラリア気球実験実施までの開発を目指したいと考えている。

並行して、最近の気球追尾の主力である GPS 受信機をより信頼性の高いものに置き換えることを検討し、同時にこれまで開発を進めてきた大型排気弁や軽量国産ロードテープについては、来年度小型気球を用いた地上試験を実施できるように準備を進めている。

小型飛翔体実験を取りまく環境

昨年度の大気球シンポジウムで紹介したように、宇宙科学研究所では小型飛翔体の運用のあり方が議論されている。宇宙工学委員会からはポジティブな答申が所長に提出されたものの、宇宙理学委員会からは未だ答申が出ておらず、残念ながら宇宙科学コミュニティからの十分なサポートが得られていると言えない状況となっている（参考：宇宙環境利用科学委員会は平成 26 年度末を持って廃止となった）。本来はこの答申を待って小型飛翔体運用の見直しに着手するはずであったが、小型飛翔体実験予算が属している基盤経費の見直しは先行しており、大気球実験グループは観測ロケット実験グループと協働して、今後より高い科学成果を小型飛翔体で上げていくための方策を提案した。

まず、これまで独立した所長の諮問機関であった大気球専門委員会を、宇宙科学のステアリングを任務とする宇宙理学委員会、宇宙科学委員会下の大気球専門委員会に改組し、大気球実験のステアリングをより強化する体制を作ることとなった。

次に、小型飛翔体実験を宇宙科学研究所が実施する意図を明確にするため、実験公募のあり方、特に公募要領を大幅に変更した[10]。公募要領をぜひご再読いただきたいが、「大気球実験は最先端の科学成果を生み出すとともに、新たに宇宙科学分野に参画しようとする多くの研究者の入口」であり、「将来大規模な科学衛星計画をリードする研究者は、小型飛翔体実験（大気球実験、観測ロケット実験）への参画を通じて、こうした経験を積むことが不可欠」と明確に述べている。

さらに大気球実験で創出される科学成果をバイアスなく追跡するための方策を強化することや、今後の技術開発の方向性をユーザ要求や世界情勢を踏まえて策定すること、小型飛翔体実験の意義、可能性を示す研究者向けパンフレットを作成することなどが盛り込まれている。

大気球実験グループではこのような努力を続けながら、多様な科学を宇宙空間で実現する入口を担ってきた大気球実験を継続的に実施していきたいと考えており、実験グループのみならず宇宙科学コミュニティの強いサポートをお願いする。

まとめ

本年度の大気球シンポジウムは、第 50 回目の開催となる。昨年度から始めた観測ロケット実験関連の講演もさらに充実し、また昨年度企画倒れに終わってしまった「超小型の気球実験計画」セッションの実現することができた。

小型飛翔体実験はこれまで多くの科学成果と人材を生み出してきたにも関わらず、そのおかれている状況は極めて厳しい。その一因には、社会からの「一定規模」という運営の仕方に対する強い批判があり、また、宇宙科学コミュニティが大型計画にさまざまな意味でのリソースを奪われ小型飛翔体に無関心な層が増えてしまったこともあると感じている。

本年度オーストラリア気球実験を実施できたことにより、今後継続的に長時間飛翔、陸上回収等をキーワードとする気球実験、特に高統計、高感度の天文・宇宙線実験を実施できる足掛かりを築けた。国内実験機会の「上手な」活用と合わせて着実に大気球実験による科学成果を創出すべ

く、魅力ある飛翔機会を提供していきたい。

参考文献

- [1] 濱田 要 他, オーストラリア実験実施報告, 本シンポジウム
- [2] 高橋 覚 他, GRAINE 計画: 2015 年豪州気球実験全体報告, 本シンポジウム
- [3] 福家 英之 他, オーストラリア実験回収作業報告, 本シンポジウム
- [4] 六條 宏紀 他, GRAINE 2015 年豪州気球実験エマルジョンチェンバーの製作・回収・データクオリティ, 本シンポジウム
- [5] 菅原 敏 他, 平成 27 年度成層圏大気クライオサンプリング実験(結果速報), 本シンポジウム
- [6] 土屋 直大 他, ISS からの放出衛星(EGG)の搭載機器の動作確認及び運用確認試験(B-EGG)の報告, 本シンポジウム
- [7] 大野 宗祐 他, 成層圏における微生物捕獲実験, 本シンポジウム
- [8] 池田 忠作 他, インドネシア・Biak 島での大気観測気球実験実施報告, 本シンポジウム
- [9] 長谷部 文雄 他, 熱帯対流圏界層における力学・化学過程の観測的研究, 本シンポジウム
- [10] http://www.isas.jaxa.jp/j/researchers/uo_report/balloon_koubo/index.shtml を参照されたい。