

平成 26 年度の大気球実験概要

JAXA 宇宙科学研究所 吉田 哲也

平成 26 年度の大気球実験は、年度当初、5~6 月に北海道大樹町で第一次気球実験を実施し、その後 11 月にオーストラリア・アリススプリングスでの初回キャンペーンを実施する計画であった。昨年度気球システムの不具合発生のために、一年間大型気球の運用を見送った経緯があり、今季は大型気球による宇宙科学実験を実施しようと強い意気込みで北海道大樹町に赴いたところであったが、第一次気球実験期間中の北海道上空のジェット気流の状態が極めて悪く、予定していた気球飛翔を全く実施できずに実験実施期間を終えることとなった。これら実施できなかった実験の中には、一昨年の気象不良、昨年の気球システム不具合のために 2 年間実験を見送ってきたものがあり、研究遂行上これ以上の実験実施遅滞は許されないものと判断して、急遽 8~9 月に第一次気球実験(その 2)を実施することとした。このため、本年度のオーストラリア気球実験の実施が困難となり、初回キャンペーンを 27 年度 5 月に延期することとした。オーストラリア気球実験の準備状況については別稿で紹介することとし[1]、本稿では平成 26 年度国内実験の経過、気球システムの開発状況、第 40 回 COSPAR 科学大会でのトピッ

クス、及び今後の気球実験のあり方への私見を述べたい。

国内気球実験

昨年 11 月の第 26 回大気球研究委員会および本年 3 月の第 27 回大気球研究委員会において、平成 26 年度に実施すべき国内気球実験として、工学実証 2 実験、微小重力実験 1 実験が採択され、また大気球実験室の裁量によるピギーバック実験 2 実験が計画された。このうち微小重力実験とピギーバック 2 実験は、昨年度の第二次気球実験で天候不良のため実施できなかった実験であった。

第一次気球実験は、5 月 14 日から大樹航空宇宙実験場において実施された。前述のとおり、気象条件不適合のため 6 月 30 日までの当初設定期間中に一実験も実施できなかったため、8 月 21 日から 9 月 13 日の実験期間を追加設定し、微小重力実験とピギーバック 2 実験を実施した。表 1 に実験結果概要を示す。

B14-01 実験は、低コストかつ短いターンアラウンドタイムの微小重力実験手段として気球を

表 1 平成 26 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 22 日	B14-01	大気球を利用した微小重力実験(燃焼実験)	38.6 km	3 時間 20 分
	ピギーバック	遠隔創造用ミッションOBC モジュールを用いた 気球芸術の試み		
	ピギーバック	大気放射フラックスのin-situ 観測および 気球工学への活用		
	B14-02	火星探査用飛行機の高高度飛行試験	実験準備遅れのため見送り	
	B14-03	皮膚と網をかぶせたスーパープレッシャー気球の 飛行性能評価	気象条件不適合のため見送り	

用いた実験システムの確立を目指し、学術創成研究として開発した微小重力実験システムを継承しつつ、微小重力実験装置の利用可能スペースを拡大させたシステムを、高度 40 km 前後まで達した大気球より供試体を自由落下させ、20 秒程度の無重力環境を実現させ、予蒸発させた一次元液滴列の火炎伝播挙動の観察実験を行うことを目的とした[2]。本実験実施によって、1 軸ドラッグフリー制御により 10^{-3} G 程度の微小重力環境が 24 秒程度得られ、航空機実験より長時間より良い微小重力環境を提供できるシステムが構築できることを立証した。一方、液滴列燃焼実験に関しては、装置はすべてシーケンス通りに稼働し、5 個の液滴の生成、点火器への通電加熱も問題なかったものの、第一液滴が発火せず、液滴列の燃焼現象は実現できなかった。着火できなかった原因については、気球高度における環境温度低下のために供試体内部で結露が発生し、点火器温度が十分に上昇しなかったためと特定されている。

本実験のペイロードには、「遠隔創造用ミッション OBC モジュールを用いた気球芸術の試み」[3]と「大気放射フラックスの in-situ 観測および気球工学への活用」[4]という 2 つのピギーバック実験を搭載した。実験の詳細は別稿に譲るとして、最近の地球規模での異常気象の影響で気球飛翔機会が得づらくなっている中で、一回の気球飛翔から最大限の科学成果を引き出すために、ピギーバックという手段を有効に利用すべきと考えている。原則ピギーバック実験はテレメトリ、コマンドを使用せず、電氣的にも機械的にも完全に独立した小型実験装置を相乗りさせるものであるため、必然的に実験に多くの制約を受けるが、実験グループの工夫次第では非常に低コストで気球実験を実施できる。今後より一層このような飛翔機会が活用されることを期待する。

平成 26 年度に実施すべき実験として採択された他の 2 実験については、今年度の実施を見送ることとなった。B14-03 実験は、高耐圧性能を軽量で実現し、大重量の観測装置を吊り下げて長時間飛翔させることが可能な、皮膜に網をかぶせる

手法で製作されたスーパープレッシャー(SP)気球の飛翔性能試験であった。体積 $5,000 \text{ m}^3$ の SP 気球の飛翔試験を通じて、新規に開発した大重量吊り下げ構造、および放球時のスプーラーとの干渉からの皮膜保護が有効であることを確認すると共に、単独で飛翔する SP 気球の飛翔時の温度や高度変化などの特性を評価することを目的とした[5]。6 月下旬の実験実施に向けて準備を進め、計画どおりに飛翔準備を完了したが、気象条件が適合せず実施を見送った。高層風の季節変化から実施可能な 8 月上旬の放球については航空局等との調整が間に合わず、本年度の実施を見送ることとなったが、9 月に大樹航空宇宙実験場 JAXA 格納庫での地上膨張加圧試験を実施している。

一方、B14-02「火星探査用飛行機の高高度飛行試験」については、安全な実験実施の条件となる飛行制御の検討に不十分な点が残っていると判断され、本年度の実験実施を見送ることとした[6]。

開発研究

平成 26 年度は、大気球実験室のリソースをオーストラリア実験の実施に集中させるために、あえて「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中断させた。オーストラリア実験実施のために開発された装置等については、オーストラリア実験準備に関する報告[1]で述べる。

一方、平成 23 年度から 3 か年計画で進めてきた遠距離長時間追尾受信システムの改修は、昨年度末をもって完了し、本年度から実運用を開始した。この改修により、ユーザとのインターフェースは、気球側、地上側ともにシリアル通信となり、大気球実験室が提供する無線通信システムを意識せずに、ユーザは搭載系・地上系間の通信を実装できるようになった。またこれまでのディスクリートコマンドに比べてはるかに多様なコマンド体系をシリアルコマンドによって実現できる。さらに、搭載機器については回収品の再利用を排して、あらかじめ定めた環境試験をクリアした新品のみを搭載することにより、品質の維持を図る

こととなった。

さらに、大樹航空宇宙実験場に設置された主系、副系の追尾受信システムに加え、国外実験で使用するコンテナ型移動局と同じ機能を備えた第3局を大樹航空宇宙実験場内に設置することによって、これまで LASCOS の利用によって実現してきたペイロードからの落下体、飛翔体を有する実験についても主系、副系と同じ仕様で追尾受信が可能となった。

大気球実験をめぐる国際情勢

本年 8 月に COSPAR 科学大会がモスクワで開催された。例年どおり各国がそれぞれの大気球実験について概要を報告するとともに、さまざまな大気球実験による科学成果や実験計画が報告された。その中で、米国 NASA のスーパープレッシャー(SP)気球に関する報告については、今後日本の研究者が大気球実験を考えていくうえで比較的大きなインパクトを有すると考えられるので、簡単に報告したい。

NASA はワロップス飛行センターの気球プログラム室を中心に SP 気球の開発を進め、搭載重量 5,500 ポンドで高度 33.5 km を飛翔する満膨張体積 18.8 MCF の SP 気球の運用を開始することを報告した。今年 12 月から来年 2 月の期間に、南極マクマード基地から COSI 実験を SP 気球で実施し、飛翔経路を高層風に任せて気球が南極大陸上空から出て低緯度方向にドリフトするのを許容して超長時間飛翔を目指すとのことである。また、2015 年にはニュージーランド南東から SP 気球を放球し、南半球での超長時間飛翔を計画している。

一方で、これまで NASA は SP 気球による超長時間飛翔について、オーストラリア、アフリカ、南米などでの回収を前提とした計画を示していたが、今回の COSPAR の発表では、回収を必須としない飛翔計画であることを示している。これは、SP 気球を人口密集地域の上空を飛翔させないという安全対策によるものと考えられるが、こ

の変更により長時間観測のデータをオンボードの記録媒体に保存し、記録媒体を回収してデータを取得するスキームを前提にできないこととなった。NASA は TDRSS またはイリジウム OpenPort といった衛星通信によってデータを取得すると考えているようだが、大型で多チャンネル測定器による最先端観測を想定すると、必ずしも十分なデータ帯域を確保できるとは確信できず、将来 SP 気球による実験を想定する場合にはオンボードでのインテリジェントなデータ処理が不可欠となる。

今後の大気球実験のあり方への私見

前述したように、グローバルな気候変動の影響が昨今日本周辺でのジェット気流が極めて不安定で、北海道大樹町での飛翔機会の確保が困難な状況となっている。加えて、実験装置が大型化し、大型の気球による飛翔を要求する実験が増加しており、不安定なジェット気流という状況下で大型気球皮膜の回収が可能な飛翔経路を実現しなければならないという制限からますます飛翔機会が少なくなっている。

より高度な科学成果を求めて実験装置が複雑化かつ大型化していくことは十分理解でき、我々はその要求に応えなければならないと大型気球の開発を続けてきたところであるが、気象条件が俄かに改善するとは思えない状況下では、ここで大気球実験のあり方を再考する余地はないだろうか。

宇宙科学研究所が運用している一番小型の標準気球(満膨張体積 5,000 m³)は吊下げ重量 100 kg で高度 27 km を飛翔し、また満膨張体積 15,000 m³の標準気球であれば、高度 31 km 程度を飛翔することができる。こうした気球の短時間飛翔であれば、小型の漁船でも気球皮膜を容易に回収することができ、海上回収に関する制限は大きく緩和され、これまで見送らざるを得なかった飛翔機会を復活することが見込まれる。さらに大型のクレーン船を必要としなくなることから、実施コストを大幅に削減でき、その分も飛翔機会の

増加に寄与させることができる。このような小振りの気球実験を有効に活用できないものかをぜひご検討いただきたい。

今回の大気球シンポジウムの開催にあたっては、「豪州など海外での気球実験計画」と「超小型の気球実験計画」という2つの特別セッションを企画した。後者のセッションは前述した小振りの気球実験の可能性を考えたいという意図で企画したものであった。世話人の努力が不十分で関係者にその意図が十分に伝わらなかったためか、残念ながら「超小型の気球実験計画」セッションへの投稿がなく、幻のセッションとなってしまったが、ぜひ小振りの気球による一捻りした実験の提案をお願いする。

一方で、規模の大きな気球実験を実施できる枠組みとして、宇宙科学研究所が公募する「小規模プロジェクト」が創設された[7]。最も資金規模が小さな「カテゴリ C」で、インドネシアにおいてクライオサンプリング気球実験を実施する「熱帯対流圏界層における力学・化学過程の解明」が採択され実施されている[8,9]。小規模プロジェクトの想定には海外飛翔機会を利用した大気球実験も含まれているので、こちらもぜひ活用していただきたい。

まとめ

昨年度の気球システムの不具合による多くの実験見送りという事態からの復活をかけて、平成26年度大気球実験に臨んだところであったが、気象不順に阻まれて満足な実験機会を提供することはできなかった。大気球実験室としては、回収体制の拡充なども視野に入れて飛翔機会の確保に努めていく所存であるが、一方こうした枠組みの拡充はコストの増加となるため、実験そのものに使えるリソースを減じることになってしまう。飛翔機会そのものを確実に増やしていくには、小振りの実験を増やしていくことも避けられず、そ

うした実験提案に期待している。

一方で、最先端の科学成果を創出できる大型実験の実施も不可欠であり、来年度5月のオーストラリア気球実験をぜひ成功させ、今後継続的にオーストラリアでの飛翔機会を実現していく糸口をつかみたい。平成27年度は国内実験を8~9月期のみ実施することとなり、実験実施数を減らさざるを得ないが、実験グループの皆様のご理解とご支援をお願いする。

参考文献

- [1] 吉田 哲也 他, オーストラリア実験の準備状況, 本シンポジウム
- [2] 石川 毅彦 他, 大気球を利用した微小重力燃焼実験(実験結果), 本シンポジウム
- [3] 中澤 賢人 他, ミッション OBC「Morikawa」を用いた気球芸術用データの取得, 本シンポジウム
- [4] 山田 昇 他, 放射観測ラジオゾンデ用薄膜放射フラックスセンサーの検証(B14-01 ピギー), 本シンポジウム
- [5] 齋藤 芳隆 他, 皮膜に網をかぶせた長時間飛翔用スーパープレッシャー気球の開発(NPB5-1), 本シンポジウム
- [6] 大山 聖 他, 火星探査飛行機の高々度飛行試験の進捗報告, 本シンポジウム
- [7] 平成 25 年度度小規模プロジェクトについては, 宇宙科学研究所大学共同利用ポータル http://www.isas.jaxa.jp/j/researchers/uo_portal/smallsize_koubo/smallsize_youryo.pdf に提案募集が示されている。
- [8] 長谷部 文雄 他, 熱帯対流圏界層における力学・化学過程の解明—2014 年 Biak 観測—, 本シンポジウム
- [9] 菅原 敏 他, インドネシアにおける成層圏大気サンプリング気球実験の計画, 本シンポジウム