

## 平成 24 年度の大気球実験概要

JAXA 宇宙科学研究所 吉田 哲也

平成 24 年度は、北海道大樹町での気球飛行運用を開始してから 5 シーズン目となる。大樹航空宇宙実験場での気球実験準備、飛行運用、関係機関との調整など大気球実験の運営に関しては「一応の完成」をみたが、一方で気象条件に恵まれずに十分な飛行機会を提供できるには至っていない。本稿では、平成 24 年度気球実験の概要とともに、飛行機会の確保を阻んでいる昨今の気象状況や、ユーザーフレンドリーな大気球実験実現のための開発研究について報告する。

### 国内気球実験

昨年 10 月の第 21 回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 4 実験、工学実証 1 実験、微小重力実験 1 実験が採択され、大気球実験室による超薄膜高高度気球飛行性能試験と併せて、合計 7 実験が計画された。

第一次気球実験は、5 月 28 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 1 に実験結果概要を示した。

まず 6 月 3 日に、宇宙線反粒子の高感度探索によってその起源に迫り、超対称性粒子などの宇宙を満たす暗黒物質の候補の対消滅の兆候を探ることを目指して日米国際共同で推進されている GAPS 実験計画のプロトタイプ測定器を飛行させ、気球の飛行環境における基本性能の評価を目的とした B12-01 実験を実施した。気球飛行中の評価データの取得は予定どおりに行われ、その間、半導体検出器の評価データや熱計算モデルの評

価データや宇宙線バックグラウンドなどの環境データを取得することに成功した[1,2]。

6 月 9 日には、網をかけるという新しい手法により軽量で高耐圧性能を実現した体積 3,000 m<sup>3</sup> のスーパープレッシャー気球と体積 15,000 m<sup>3</sup> のゼロプレッシャー気球から成るタンデム気球システムの性能試験を目的とした B12-02 実験を実施した。気球の内外圧差が 600 Pa に達した時点で気球からのヘリウムガスの漏れが発生し、使用耐圧(720 Pa)での耐圧性能の確認には至らなかったが、疑似日没に対するタンデム気球システムの応答や、気球内ガスと大気圧の圧力差の時間変化など、タンデム気球システムの開発に必要なデータを取得することができた。初めての試みであったスライダー放球装置による連結された二つの気球の放球方法、タンデム気球の初期上昇速度の設定等に関する今後の課題も明らかになった[3]。

今年度の第二次気球実験は、要求高度、要求飛行時間が異なる 4 実験に対してできるだけ確実に飛行機会を見出すことを目的として、特に大型気球で実施する 2 実験に対してそれぞれ 10 日間のウインドウを設定することとし、例年より 2 週間以上早い 7 月 30 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。ところが、表 2 の実験結果概要に示すように、9 月下旬までの間に気球飛行に適した気象条件とならず、結局 9 月 14 日に 4 実験すべての実施を見送ることとなった。第二次気球実験期間中の気象状況については後

表 1 平成 24 年度第一次気球実験飛行概要

放球日時	実験番号	目的	高度	飛行時間
6 月 3 日	B12-01	宇宙線反粒子検出器 GAPS のプロトタイプ性能評価	32.6 km	6 時間 41 分
6 月 9 日	B12-02	小型タンデム気球システムの飛行性能評価	30.4 km	3 時間 41 分

表 2 平成 24 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
	B12-03	気球搭載望遠鏡による惑星大気観測	気象不良により見送り	
	B12-05	大気球を利用した微小重力実験(燃焼実験)	気象不良により見送り	
	BS12-05	成層圏オゾン・大気重力波・二酸化窒素の観測	気象不良により見送り	
	BS12-06	超薄膜高高度気球飛翔性能試験	気象不良により見送り	

節で述べるが、着実に実験機器の準備を整えてきた実験グループの皆さんの努力に報いることができず、また JAXA 若手現場研修や総合研究大学院大学のラボローテーション教育の一環として大気球実験に参加された諸君に、大気球の飛翔を体験させられなかったことは極めて残念である。

なお、平成 24 年度実験として採択された B12-04 「火星探査用飛行機の高高度飛行試験」は実験準備の都合で平成 25 年度以降に延期し、

実験実施に向けた事前準備を大樹航空宇宙実験場で行った。

### 第二次気球実験期間中の気象状況

第二次気球実験の実験期間等の検討にあたっては、平成 21 年から 23 年の 3 年間の高層風データを基に、飛翔計画図(図 1)に示すような気球飛翔が可能となる期間を予測した。飛翔計画は、要求飛翔時間、要求飛翔高度を満たし、かつ最高高度での高層風の風向の予測と実際の誤差を加味しても大型気球については回収可能であり、小型

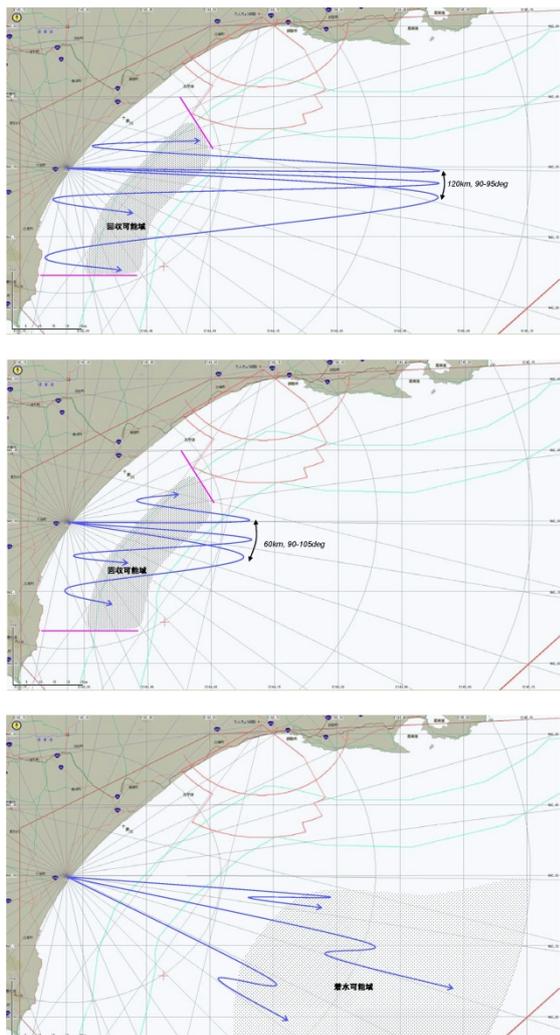


図 1 飛翔計画図(上から B12-03、B12-05、BS12-05 の各実験)

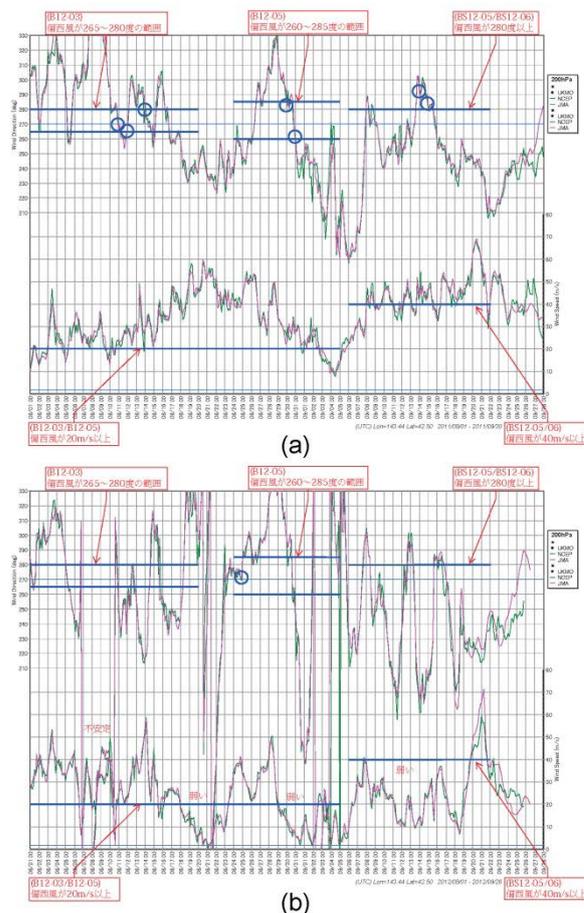


図 2 ジェット気流の風速・風向 (平成 23 年(a)と平成 24 年(b)の比較)

気球であれば沿岸漁業等への影響がきわめて少ない海域に降下させられるように立案されている。特に大樹航空宇宙実験場での気球運用の特徴として、釧路空港の航空活動に影響を及ぼすことがないように、北緯 42 度 30 分以上での気球運用は慎重にならざるを得ず、また回収に適した海上環境を維持するため、北緯 42 度 15 分以南への飛翔は回避しなければならない。

ところが、高度 12~16 km のジェット気流の風速、風向が図 2(a)と(b)の比較で判るように今夏は極めて不安定であった。8 月上旬から 9 月中旬まで日本付近で蛇行し、西から東への直線的な流れとならなかった。8 月上旬はジェット気流の主流が北海道上空で大きく蛇行し、風速は速いものの風向が定まらなかった。8 月下旬から 9 月はジェット気流がアジア大陸東岸に沿って北上し、主流が日本の北方を流れる状況となった。このため、ジェット気流の南側の渦状の風の弱い領域に北海道が入り、ジェット気流の方向が大きく乱れ(図 4)、またややジェット気流が南下すると北東にジェット気流が吹く状況(図 5)となった[4]。

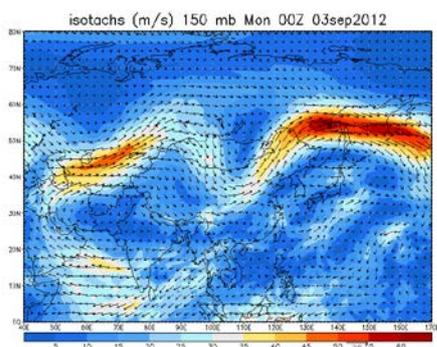


図 4 9月3日のジェット気流の様子

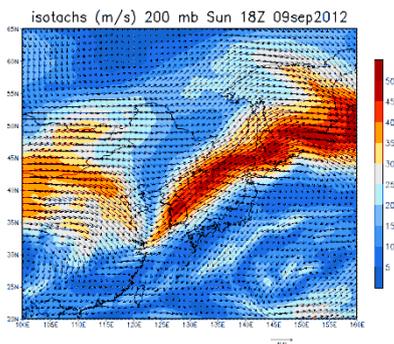


図 5 9月9日のジェット気流の様子

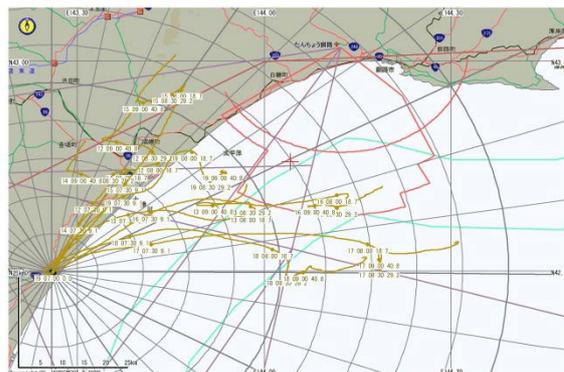


図 6 9月12日以降のBS12-05実験予想航跡図

図 6 に 9 月 11 日に 12 日以降の BS12-05 実験の航跡を予測した結果を示す。図 1 の飛翔計画に合致しない領域への飛翔しか予測できず、第二次気球実験の終了するに至ったのである。

今後の大気球実験の運用にあたっては、限られた飛翔機会を逃さないように、より一層実験準備を早めに整えるとともに、関係機関と調整のうえ回収体制をより長期間維持していく。また、もし今後このようなジェット気流が不安定な状況が続く場合には、北海道を横断して日本海側で回収を行い、長時間の飛翔と飛翔機会の増加を図らねばならないが、北海道横断飛翔の実現には日本海側までの気球追尾や日本海側での回収体制構築など大きな課題の解決が必要であり、まずはフィージビリティの検討から始めていきたい。

## 国際協力

平成 24 年 2 月には赤道域成層圏大気の直接採取による温室効果気体の観測実験が実施された。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るもので、新たに開発した放球法により甲板上から満膨張体積 2,000 m<sup>3</sup> と 5,000 m<sup>3</sup> の 4 機の大気球を放球して所期の観測を実施した[5-8]。

国内で実施困難な長時間気球実験を実現するために、国外での飛翔機会の確保が不可欠となっている。米国やスウェーデン、フランスなどでの国際共同実験が数多く計画されているが、これらに加えて我々が自ら運営する国外実験の候補地としてオーストラリアでの気球実験の可能性の

検討を開始した。本年初頭に放球候補地であるアリスプリングス、および回収候補地の視察を行い、検討課題を抽出した[9]。オーストラリアで気球実験を実施するために必要な外交枠組みの調整やオーストラリアに設置されている NASA の施設の利用了解なども宇宙科学研究所科学推進部の協力を得て進めている。できるだけ早期に長時間気球実験を定期的に実施できるよう引き続き準備を続けていく所存である。

## 開発研究

昨年度の薄膜高高度気球飛行性能試験において上昇途中で浮力を喪失した不具合は、小型気球の飛行制御のための飛行終了タイマーの誤動作が原因と考えられ、対策を施した小型気球用タイマーが開発された。また、同試験で薄膜気球の引裂きが不十分で降下予定範囲を逸脱した不具合への対応として薄膜気球の引裂き装置の改良も行った[10]。さらに、気球尾部の改良[11]、気球跳ね上げスプーラーの更新[12]により気球飛行の信頼性向上にも取り組んでいる。

一方ユーザーインターフェースの更新に関しては、シリアル通信を基本とした新通信システムに完全に移行した。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が続いている。この地上系開発の中では、国外実験実施において長時間飛行実現の鍵となる複数の移動地上局の整備も進めている。

昨年度の大気球シンポジウムで議論された汎用的な姿勢制御システム設計については関係者の中で検討が始められている[13,14]。また、大気球実験に関する安全文書についても今年度中の制定を目指して調整を継続している。

## まとめ

本年度第二次気球実験で1機の気球も飛行させられない気象条件となったことは、大気球実験を運営する我々にとって極めて大きな衝撃であった。いかに性能の良い気球を開発しようと、またユーザーフレンドリーな気球システムを準備し

ようと、飛行機会を得られなければ大気球実験の存在意義がなくなってしまう。今後の気象条件を注視しながら、いかにより多くの飛行機会を見出していか、そのためにはどのような実験運営を行うべきかを、国外での実験や国際共同実験の枠組み拡充も含めて、実験グループの皆さんともご相談しながら考えていきたい。

## 参考文献

- [1] 福家 英之 他、GAPS プロトタイプ気球実験 “pGAPS” フライト報告、本シンポジウム
- [2] 岡崎 峻 他、pGAPS 搭載 U 字型 OHP のフライト実験報告、本シンポジウム
- [3] 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 II、本シンポジウム
- [4] NOAA Operational Model Archive Distribution System
- [5] 青木 周司 他、白鳳丸による東部太平洋赤道上で気球を用いた総合観測、本シンポジウム
- [6] 本田 秀之 他、白鳳丸による気球オペレーション、本シンポジウム
- [7] 菅原 敬、白鳳丸船上気球実験により観測された赤道上空成層圏の微量成分と平均年代の推定、本シンポジウム
- [8] 石戸谷 重之 他、白鳳丸船上気球実験により観測された赤道上空成層圏大気主成分の重力分離、本シンポジウム
- [9] 福家 英之 他、オーストラリア実験検討の現状報告、本シンポジウム
- [10] 井筒 直樹 他、薄膜高高度気球の引き裂き装置、本シンポジウム
- [11] 加藤 洋一 他、気球尾部の改良について、本シンポジウム
- [12] 飯嶋 一征 他、大型気球放球にむけた跳ね上げローラーの改良、本シンポジウム
- [13] 坂東 信尚 他、pGAPS 気球実験における姿勢制御システムの概要と実験結果、本シンポジウム
- [14] 莊司 泰弘 他、気球の運動がゴンドラ方位角に与える影響の考察、本シンポジウム