

# 平成 30 年オーストラリア気球実験概要

JAXA 宇宙科学研究所 吉田 哲也

平成 30 年 2 月 16 日から 5 月 20 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 JAXA 宇宙科学研究所が実施する国外気球実験として平成 30 年オーストラリア気球実験を実施した。実施 3 実験の成果についてはそれぞれ報告されることとして、本稿では実験経過と実験運営管理の観点から報告する。

## 経緯

JAXA 宇宙科学研究所では北海道大樹町での国内気球実験では実施困難な、20 時間以上の長時間飛行や陸上回収、南天観測をキーワードとする実験を実施する機会を確保するため、国外での気球実験機会を提供してきた。平成 24 年度からオーストラリアでの気球飛行機会実現のための調整を始め、本格的な継続的キャンペーン開始に向けたプリカーサとして平成 27 年度オーストラリア気球実験を実施した[1]。その実績を踏まえて 1 回目の本格的なオーストラリア気球実験を平成 30 年に実施すべく準備を進めてきたところである[2]。

## 実験経過

大樹町での平成 29 年度第一次気球実験終了後、オーストラリアへの実験機材の梱包を行い、11 月

から輸送を開始した。並行して各ペイロードの日本国内での噛合せ試験も実施された。

年が明けて 2 月 16 日からアリススプリングスでのペイロード準備が開始され、我々大気球実験グループも 2 月末から 3 月初頭に現地入りした。3 週間余の各種設営作業と機材調整を経て、3 月 27 日に測風ゴム気球 BS18-01 を放球し、追尾受信システムの健全性を確認、気球飛行準備を整えた。各ペイロードは組立て調整を完了したのち、放球に向けた機械噛合せと無線噛合せ試験を実施、その後最終噛合せ試験を兼ねた放球当日と同じ時程で放球場でのリハーサルを行ったのち飛行準備確認会(Flight Readiness Review: FRR)に臨む。FRR を終えたペイロードは放球直前作業を残してフリーズ状態として放球に適した気象条件を待つこととなる。表 1 に実験結果概要を示す。

京都大学が開発した広い視野で明瞭な画像取得が可能な電子飛跡検出型コンプトンカメラ(ETCC)を用いて、銀河中心領域からの電子陽電子対消滅線やかに星雲の観測を行い、数百 keV から数十 MeV の MeV ガンマ線領域での天体観測手法を確立することを目的とした B18-02 実験[3-5]は、4 月 4 日に FRR を終えた。B18-02 実験は後述する B18-03 実験に遅れて FRR を終えたが、飛行要求高度がより高く高層風が強まる時

表 1 平成 30 年オーストラリア気球実験飛行概要

放球日時	実験番号	目的	高度	飛行時間
4 月 7 日	B18-02	気球による MeV ガンマ線天体国際共同観測 (SMILE-II+)	>37.7 km	27 時間 18 分
4 月 26 日	B18-03	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)	>35.6 km	17 時間 21 分
	B18-01	気球搭載遠赤外線干渉計による晩期型星の高解像撮像 (FITE)	地上気象不適合のため 実施見送り	

期が早いいため十分な飛行時間を確保するため B18-03 実験に先んじて 4 月 7 日早朝に放球された。SMILE-II+測定器は、アリススプリングス周辺を一昼夜にわたり浮遊し(図 1)、翌日アリススプリングスの南南東約 190 km に緩降下した。測定器は 9 日に 4WDトラックによりほぼ損傷なく回収され、オンボードのデータも無事に取得された[6-8]。

神戸大学、名古屋大学が開発した数 10 MeV~100 GeV 領域のガンマ線をフェルミ望遠鏡に比べて 投影角で約 1/10, 立体角で約 1/100 の解像度で観測するエマルジョン対生成望遠鏡を用いて、銀河面付近の密集領域に数多く見られる他波長域での天体との対応が未同定の天体、超新星残骸などの広がりを持った天体の空間構造の解明、偏光の観測など、現在の観測では未解決の課題の解決を目的とした B18-03 実験[9-13]は、FRR を 4 月 3 日に終えた。その後、同月 16 日及び 24 日に放球準備を開始したがいずれも地上風が放球に適さず、3 度目の挑戦となった 4 月 26 日に放球された。GRAINE 測定器は、飛行高度の成層圏風によってゆっくりと東方に移動する間(図 2)およそ 13 時間にわたってガンマ線の観測を行い、翌日クイーンズランド州ロングリーチの南西約 250 km から中型ヘリコプタとトラックを用いて感度劣化を招く高温に曝されることなく回収された。観測事象が蓄積されたエマルジョンフィルムは直ちにオーストラリア国内で現像作業

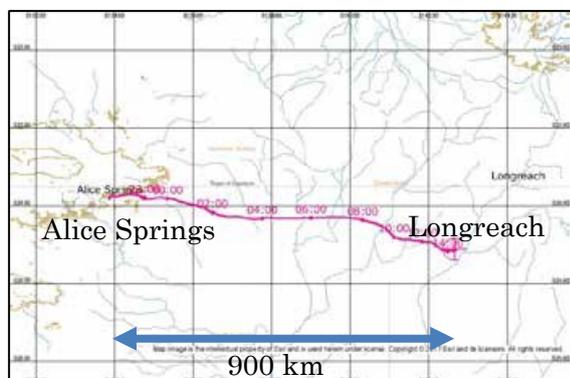


図 2: B18-03 実験の飛行航跡。Turn-around が終わった後の西風により 1000 km ほど飛行した。

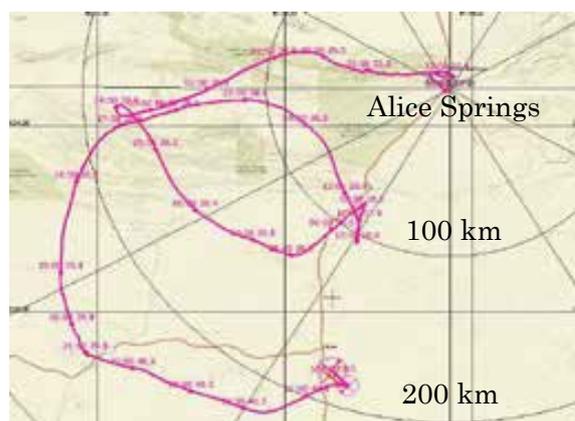


図 1: B18-02 実験の飛行航跡。Turn-around 期の典型的飛行となった。

が進められた[14-19]。

星生成領域、原始惑系円盤、銀河核スターバーストなど星間塵熱放射がきわめて重要な役割を果たしている天体について、秒角スケールの角分解能の撮像を行う技術を確立し、これらの天体の星間塵温度分布を観測することで、各天体の星間塵雲の放射輸送+密度構造を直接観測から導出することを目的とした B18-01 実験[20-21]は、測定器の準備に時間を要し、5 月 11 日に実験準備を完了したものの、実験実施期間である 5 月 14 日までの間に気球放球に適切な気象条件を得られなかったため、実験の実施を見送った[22-23]。

### 実験運営管理

JAXA 宇宙科学研究所が実施するオーストラリア気球実験は、オーストラリア連邦科学産業研究機構(CSIRO)と締結した実施覚書(MoU)の下で運営されている。プレカーサとしての平成 27 年度オーストラリア気球実験終了後直ちに CSIRO と本格的なキャンペーン実施に向けた新たな MoU 締結の調整を始めている。当初の目論見より MoU 調整に時間を要したものの、今後も継続的に適用可能な文言での MoU を締結することができた。また CSIRO が担当するオーストラリア連邦政府内の実施調整についても双方が満足できる契約を締結できた。

現地での消耗品や機材の調達、回収サポートな

どの実験実施支援を担うニューサウスウェールズ大学(UNSW)との契約も平成 27 年度実験の実績を踏まえて前広に調整された。結局のところさまざまな調達にあまり余裕のない契約締結となってしまったが、実験実施に必要なヘリウムガスとクレーン車の調達にあたっては、JAXA メンバーが UNSW での調達の技術評価に参加した。これら現地で調達される大型機材についてはインターフェース仕様が事前に十分に調整されていないと現地作業開始後各種アダプタを製作する必要が生じるなど大きな時間ロスを生むこととなる。本年の実験ではヘリウムガスの気球への注入量の計算に不可欠なガストレーラの体積値が正しく伝えられなかったというトラブルが発生したものの、それ以外については十分な意思疎通を図りながら円滑に進めることができ、今後も支援実施に十分な時間をかけて進めることが重要と認識された。

実験機材の国際輸送については一般競争入札で契約相手方が定まるため、平成 27 年度の実績や経験をそのまま生かせず、前回よりも輸送環境が厳しいところもあったようで、機材が現地に配達された時点で予想外の損傷などが生じていた。実験実施に致命的ではなかったものの、この経験は今後の機材梱包や輸送契約の仕様に反映させなければならない。

気球飛翔実施にあたっては、放球場を提供しているアリススプリングス空港の協力が不可欠であるが、たいへん協力的でリハーサルの実施も含めて我々のスケジュールを優先的に扱ってくださった。また現地警察との調整、放球時の周辺道路の封鎖なども UNSW の調整により円滑に行われた。ただし今後長期的には、アリススプリングスの市街地が拡大することが想定され、現在のアリススプリングス空港での気球放球が安全な状況を維持できなくなる可能性もあり、オーストラリア側は対応を検討し始めている。

今回のオーストラリア気球実験で初めて日本では扱ったことのない大型のペイロードを含む

複数の実験を実施した。その中で、特に回収作業運用について新たな経験も獲得できた。

気球放球前にはアリススプリングスからダウンレンジ局が設置されているロングリーチに人員を移動させるための小型航空機や回収用ヘリコプタがある必要であるが、その確保には苦心することになった。前年にアリススプリングスで気球実験を実施した仏 CNES のように実験期間を通じて必要とされる航空機やヘリコプタを予約確保してしまえば気球飛翔運用の自由度は増すが、借り上げのためのコストは莫大なものとなり我々にとっては現実的でない。幸い今年度は機材手配を担う UNSW の適切な情報提供もありこれらの機材確保が気球飛翔実施を左右することはなかったが、今後 1 トンを超えるような大型ペイロードが多くなると機材確保が著しく困難になることに留意が必要である。

また、複数の気球実験を実施する際には、B18-02 実験のような Turn-around での気球飛翔と、B18-03 実験のようなダウンレンジ局エリアまでの気球飛翔の両方に備えなければならない。本年度その両方に我々が対応できたことは大きな収穫であるが、双方に対応できる回収体制の構築も苦心するところとなった。当初計画では、アリススプリングスとロングリーチの両方にクレーンを装備した 4WD 中型トラックと 4WD ピックアップを用意し、回収要員を移動させるだけでどちらを拠点としても回収を実施できるような体制を構築する予定であった。しかし、クレーンを装備した 4WD 中型トラックを複数台確保できず、高層風の Turn-around が終わることを判断した時点で回収用トラックをアリススプリングスからロングリーチに移動させることになった。その移動には数日を要しその間は放球を実施できないことになる。本年は B18-02 実験回収完了後に B18-03 実験は Turn-around 後の飛翔となることを判断して機材を移動させた。何度も機材を移動させるとその間の飛翔機会を失う可能性もあり、Turn-around が終わる時期は高度に依存することから、異なる飛翔高度の複数実験を実施する場

合には慎重な対応が要求される。

## まとめ

平成 30 年オーストラリア気球実験では計画された 3 実験のうち 2 実験を実施した。1 実験は Turn-around 期に、もう 1 実験は Turn-around 後に実施し、長時間飛翔を実現できる 2 種の気球飛翔を実現できた。CSIRO との MoU や UNSW との支援契約など実験実施の枠組みは確立し、今後の定期的なオーストラリア気球実験実施に資すると同時に、より飛翔機会を確実にできる回収体制の構築など次回のオーストラリア気球実験実施に向けた課題も抽出できた。大気球実験グループでは既に各種機材の動作確認と改修を開始し、来年 1 月には CSIRO および UNSW の担当者と事後打合せを行い、同時に 3 年後の実験実施に向けて調整を開始していく所存である。

## 参考文献

- [1] 濱田 要 他, オーストラリア実験実施報告, isas15-sbs-042
- [2] 吉田 哲也, 平成 30 年オーストラリア気球実験実施概要, isas16-sbs-021
- [3] 高田 淳史 他, SMILE-II+実験概要, isas17-sbs-024
- [4] 吉川 慶 他, SMILE-II+実験のシステム概要, isas17-sbs-025
- [5] 竹村 泰斗 他, SMILE-II+ MeV ガンマ線望遠鏡性能評価, isas17-sbs-026
- [6] 高田 淳史 他, SMILE-2+実験実施報告, isas18-sbs-019
- [7] 竹村 泰斗 他, SMILE-2+ガンマ線望遠鏡 ETCC の性能評価, isas18-sbs-020
- [8] 中村 優太 他, SMILE-2+フライトデータ解析状況報告, isas18-sbs-021
- [9] 青木 茂樹 他, GRAINE 計画: 全体計画, isas17-sbs-032
- [10] 高橋 覚 他, GRAINE 計画: 2018 年豪州気球実験に向けて, isas17-sbs-033
- [11] 中村 悠哉 他, GRAINE 計画: 2018 年豪州気球実験に向けたエマルジョンフィルム準備状況報告, isas17-sbs-034
- [12] 呉坪 健司 他, GRAINE 計画: 2018 年豪州気球実験に向けたタイムスタンパーの準備状況, isas17-sbs-035
- [13] 小宮山 将広 他, GRAINE 計画: 2018 年豪州気球実験に向けた与圧容器ゴンドラ準備状況, isas17-sbs-036
- [14] 高橋 覚 他, GRAINE 計画: 2018 年豪州気球実験, isas18-sbs-010
- [15] 中村 悠哉 他, GRAINE2018: コンバータフィルム性能評価, isas18-sbs-011
- [16] 六條 宏紀 他, GRAINE2018:  $\gamma$  線事象解析, isas18-sbs-012
- [17] 呉坪 健司 他, GRAINE2018: 多段シフターの報告, isas18-sbs-013
- [18] 丸嶋 利嗣 他, GRAINE2018: 姿勢モニターカメラの報告, isas18-sbs-014
- [19] 小宮山 将広 他, GRAINE2018: 与圧容器ゴンドラの開発とフライト結果, isas18-sbs-015
- [20] 芝井 広 他, 気球搭載遠赤外線干渉計 FITE の準備状況報告, isas17-sbs-022
- [21] 佐々木 彩奈 他, 遠赤外線干渉計 FITE の干渉光学系状況報告, isas17-sbs-023
- [22] 芝井 広 他, 気球搭載遠赤外線干渉 FITE 実験結果, isas18-sbs-017
- [23] 佐々木 彩奈 他, 気球搭載型遠赤外線干渉計 FITE: オーストラリアでの光学系調整結果, isas18-sbs-018