

# 国内外における成層圏気球実験を用いた宇宙教育活動の実践

○前田 恵介(千葉工業大学), 秋山 演亮(千葉工業大学), 奥平 修(千葉工業大学),  
村上 幸一(香川高等専門学校), 若林 誠(新居浜工業高等専門学校)

Space education activities using stratospheric balloon experiments in Japan and Mongolia

Keisuke MAEDA (Chiba Institute of Technology), Hiroaki AKIYAMA (Chiba Institute of Technology),  
Osamu OKUDAIRA (Chiba Institute of Technology),  
Yukikazu Murakami (National Institute of Technology, Kagawa Collage),  
Makoto WAKABAYASHI (National Institute of Technology, Niihama Collage),

Key Words: Stratospheric Balloon, Space Education, Engineering Education,

## Abstract

We have been conducting a stratospheric balloon experiment with Institute of Engineering and Technology (IET) and Mongol Kosen College of Technology in Mongolia since 2016. Based on these results, we have conducted space education activities in Japan using stratospheric balloon experiments as space education tool. We have successfully conducted three stratospheric balloon experiments in Fukuoka, Kochi, and Ehime prefectures. From September 2022, we have held a joint stratospheric balloon experiment for university students and a stratospheric balloon KOSHIEN for high school and technical college students in Ehime Prefecture. And starting in 2023, we have conducted a joint stratospheric balloon experiment project for Japanese and Mongolian students. This paper is study of capability of stratospheric balloon experiment as space education tool in Japan and abroad.

## 1. はじめに

筆者らは、モンゴル工業技術大学と、その系列校であるモンゴル高専と共同で、2016年からモンゴル国内において成層圏気球実験を実施してきた。本稿では、これまでのモンゴル国で実施してきた成層圏気球実験を礎とした日本国内の宇宙教育活動と日本とモンゴルの学生による成層圏気球共同プロジェクトの展開について報告する。

## 2. これまでの成層圏気球実験の取り組みと成果

筆者らを中心とした千葉工業大学惑星探査研究センター、モンゴル科学技術大学ならびにモンゴル高専の研究グループでは2016年から現在まで約30回の実験を実施し、すべての実験において搭載機器の回収に成功している。2019年に定期的な飛行空域を確保するためにモンゴル航空局と交渉を行い、これまで実績が考慮され、ウランバートル市近郊の上空一部の地域において、常時NOTAM提出可能空域として使用許可を得ることができた。モンゴル国内での成果を踏まえ、2021年には国内の大学生を対象とした宇宙教育活動を展開した。九州大学の学生サークルであるPLANET-Qならびに香川高等専門学校の学

生を中心としたプロジェクトチームを結成し、2021年に合計3回の成層圏気球実験を実施し、それぞれ土佐湾洋上、福岡県宗像市洋上にて、すべての搭載機器の回収に成功した。

福岡県糸島市洋上での実験では、放球時のスペースを確保するため、「フロート」を用いた実験にも成功し、宇宙教育教材として成層圏気球実験を活用し、着実に成果を積み重ねてきた。

## 3. 国内における恒常的な実験環境の構築

### 3.1 愛媛県南予地域の実験環境

2022年から国内で恒常的に成層圏気球実験が実施できる環境の構築に着手した。成層圏気球実験では、国内法規に則り、航空当局への通報、さらに国内での実験では海上に着水させるため、港湾当局への届け出が必要となり、実験実施の日時や場所について、関係各所との調整が必要となる。一方で、実験実施にあたっては、気象状況を備に把握し、気球飛行経路を予測し、限られた時間での放球が必要である。この両者の制約条件を勘案し、愛媛県の宇和島市、愛南町が位置する南予地域に恒常的な気球実験環境の構築を図った。



図1 福岡県糸島市洋上からの放球の様子

愛媛県南予地域は、松山空港と高知空港に挟まれ、比較的航空機の往来が少ない地域である。気球着水地点となる高知県土佐湾は比較的船舶の往来が少ない地域であり、空域、海域ともに実験に際しての制約を受けにくい。また、愛媛県は南予地域に複数の都市公園を有しており、これらを放球地点とすることで、気象状況に応じて機動的に放球地点を変更できることが可能となる。

### 3.2 共同気球実験と気球甲子園

2022年より、国内における恒常的な成層圏気球実験環境として南予地域を設定し、主に大学生を対象とした共同実験である「共同気球実験」と高校生・高専生を対象とした「気球甲子園」を実施すべく準備を開始した。

「共同実験」という枠組みは、ハイブリッドロケット打上実験をはじめとした他の宇宙教育活動において用いられている手法である。技術的、経済的に自団体のみで単独で実験を実施することが難しい場合、他の団体と共同で実験することで実験機会を得る。単独で実験する場合と比し、実験実施への課題は低くなるほか、他の団体との調整や交渉、マネジメントなど、共同実験のみで涵養される得難い能力を得ることができ、ハイブリッドロケット打上実験を実施する多くの団体は共同実験に参加している。

大学生を対象とした共同気球実験では、気球の設計、観測機器や通信機器の開発、ヘリウムガスの注入や放球、海上からの追跡、回収のほか、空域、海域に関する官辺手続、警察、消防、地域への説明など、成層圏気球実験実施に係るすべての作業、手続を大学生自らが行うこととした。

高校生、高専生を対象とした気球甲子園では、なるべく制約を設けず、自由な発想で観測機器を開発し、成層圏気球実

験の導入教育として位置づけている。参加のハードルを下げ、観測機器の開発のみを参加条件とし、その他の作業や手続については、大学生が実施することとした。また、実験実施後に、各自設定したミッションに対する評価と報告を行い、外部審査員による評価を行うこととした。

### 3.3 安全管理体制の確立

実験実施にあたり、安全管理体制を確立するために、有識者によるグループを作成した。実験実施前に各参加団体は、これらの第三者の有識者グループによる安全審査を受け、合格しなければ実験を実施することはできない。安全審査の内容は、ICAO定義する自由気球の定義に則った審査項目のほか、パラシュート投下試験、浮力試験、長距離通信試験、ロングラン試験などの環境試験も審査項目に加え、安全に実験を実施する体制を整えている。また、現地での審査も実施する。安全審査はあくまでも書類のみでの審査となり、実際の搭載機器を確認することはない。最終的な安全を担保するためにも、実験実施直前に現地において、実際の搭載機器やパラシュートなどが安全審査書類と相違ないことを確認することにより、最終的な実験実施許可を判断する。このように第三者である有識者の審査ならびに現地での審査を通して、成層圏気球実験の安全性を担保している。

### 3.4 えひめ南予共同気球実験とえひめ南予気球甲子園の開催

2023年9月19日～24日に「第2回えひめ南予共同気球実験・えひめ南予気球甲子園」を開催した。共同気球実験ならびに気球甲子園開催にあたり、参加団体を募ったところ共同気球実験には5団体、気球甲子園には7団体の申し込みがあり、参加者総数は約80名になり、昨年の参加団体数、参加者数を上回った。参加団体と各団体が設定したミッションを表1に示す。

2022年の共同実験では台風の影響により、実験スケジュールが大幅に遅れてしまったが、2023年は天候にも恵まれ当初予定通りのスケジュールで実験を実施することができ、予定していたすべての気球を放球することができた。一方で、気球が事前の予測と異なる挙動をとったことにより、着水予定地点から大きく異なる地点に落下する、予定の破裂高度より低い高度で破裂するなど、新たな課題も散見され今後に向けて対策をとる必要がある。また、2回目の共同実験の開催となり、参加学生が「代替わり」したことによる技術継承ができていない団体があった。学生の代替わりによる技術継承の課題は他の宇宙教育活動でも頻繁に起きており、気球共同実験においても対策を講ずる必要がある。

表 1 共同気球実験・気球甲子園参加団体一覧

えひめ南予共同気球実験参加団体 一覧	
九州大学 PLANET-Q	ホイールを用いた姿勢制御
ANCO プロジェクト	放射線測定実験
早稲田大学 WASA	ロックオン実証実験
宙漆プロジェクト	漆製アート作品の打上実験
東京理科大学 R-SEC	カメラの制御
えひめ南予気球甲子園参加団体 一覧	
香川高等専門学校 B チーム	オゾン量測定実験
香川高等専門学校 B チーム	高層大気回収実験
東京都立産業技術高等専門学校	360度映像撮影実験
愛光学園高校	ダンゴムシ生態観測実験
福岡工業大学附属城東高校	エアロゾル回収実験
鳥羽商船高等専門学校	プラネタリウム製作実験



図 2 共同気球実験での放球の様子

#### 4. モンゴル国における成層圏気球実験の取り組み

2020年から日本とモンゴルの学生を対象とした海外連携型の成層圏気球実験共同プロジェクトを実施する予定であったが、新型コロナウイルスの影響により、実現できなかった。2022年になり、状況が改善したことから、改めて成層圏気球実験共同プロジェクトを実施することとした。

##### 4.1 成層圏気球実験共同プロジェクトチームの発足

日本とモンゴルの学生を対象とした共同プロジェクトチームを編成した。日本国内からは九州大学 Planet-Q、モンゴル国内からはモンゴル高専、モンゴル科学技術大学付属高専、新モンゴル高専からの参加表明があり、日本とモンゴルの学生約30名ほどによる共同プロジェクトチームを発足させ、2023年3月に共同実験を実施することとした。モンゴル高専については、2016年

から成層圏気球実験を共同で実施してきた経緯があり、本実験への理解は深い。一方で、モンゴル科学技術大学付属高専と新モンゴル高専については、本実験に関する理解を深めるため、講義を個別に実施した。これらを踏まえ、今回の共同プロジェクトでは、1機のゴム気球を共同で放球することとし、九州大学 Planet-Q が全体統括とミッション機器の開発、モンゴル高専は通信機、ロガー開発、モンゴル科学技術大学付属高専と新モンゴル高専は、ゴム気球へのヘリウム注入をはじめとした放球作業の実施、とそれぞれの役割を設定した。宇宙教育活動においては、各人がそれぞれの役割を明確に持ち、その役割を確実に実施していくことで、プロジェクトを達成させ、その成功体験を享受することによる教育効果を期待している。

##### 4.2 成層圏気球実験共同プロジェクトの実施

2023年3月25日モンゴル国ウランバートル郊外のテレルジにて成層圏気球実験共同プロジェクトを実施した。実験当日は日本から九州大学 Planet-Q のメンバーとモンゴル高専、モンゴル科学技術大学付属高専、新モンゴル高専3校のメンバー全員が参集した。当日は、各参加者がそれぞれの役割を果たし、実験に参加した。全体統括をする九州大学 Planet-Q のメンバーがモンゴルのメンバーに対して積極的に指示を出していたが、モンゴル語しか理解できないモンゴルのメンバーも多く、モンゴル語と日本語が理解できるモンゴルのメンバーが通訳し、作業を進めた。言語の違いによる意思疎通の方法については、今後検討を要する。テレルジにて放球後、気球は当初予定通りの経路を飛翔し、気球追跡メンバーによって回収に成功した。

##### 4.3 成層圏気球実験共同プロジェクトの今後

準備期間が短かったことから、モンゴル科学技術大学付属高専と新モンゴル高専については機器の開発をすることができなかったため、次回以降に自ら開発した機器を搭載することを目指している。一方で前述のように、モンゴル語と日本語の「言葉の壁」は厚く、安全の観点からも意思疎通の方法は今後検討を要する。これらの課題を踏まえ、来年度以降も継続的に本共同プロジェクトをモンゴル国内において実施していきたいと考えている。

#### 5. まとめ

モンゴルでの実験の成果を踏まえ、2020年度より成層圏気球を用いた宇宙教育活動を展開し、日本国内でプロジェクトチームを組織し、3回の実験に成功した。この活動を礎に、愛媛県南予地域に恒常的な成層圏気球実験環境を構築し、2022年から、

大学生を対象とした成層圏気球共同実験、高校生、高専生を対象とした気球甲子園を開催した。2023年3月には、当初の計画通り、モンゴル国内の学生と連携を図り、日本とモンゴルの学生を対象とした海外連携型の成層圏気球実験プロジェクトを実施した。これらの活動を通し、成層圏気球実験を用いた宇宙教育活動の国内外でのさらなる広がりを目指している。

なお、本研究は、日本学術振興会科学研究費補助金(基盤研究(C), 課題番号 20K03257)による研究成果の一部である。



図3 放球作業の指導を受けるモンゴル学生



図4 放球時の様子

## 参考文献

[1]前田恵介, 秋山演亮, 奥平修, 村上幸一, 若林誠「日本ならびにモンゴル国における成層圏気球実験を用いた宇宙教育活動」第67回宇宙科学技術連合講演会講演集, 67, 6p, 2023  
 [2] 前田恵介, 秋山演亮, 奥平修, 村上幸一, 若林誠, 松井孝典「大学生・高校生を対象とした成層圏気球共同実験の取り組み」2022年度大気球シンポジウム, SA6000177037,

isas22-sbs-037

[3]前田恵介, 秋山演亮, 奥平修, 村上幸一, 若林誠, 松井孝典「成層圏気球実験を教材とした宇宙教育活動の取り組み」第19回ものづくり・創造性教育に関するシンポジウム

[4]前田恵介, 秋山演亮, 奥平修, 村上幸一, 若林誠, 松井孝典「国内外における成層圏気球実験を用いたと宇宙教育活動の試み」第66回宇宙科学技術連合講演会講演集, 66, 6p, 2022

[5]前田恵介, 秋山演亮, 村上幸一, 奥平修, 和田豊, 森琢磨, 松井孝典「宇宙教育教材としての成層圏気球実験の検討と実践」2021年度大気球シンポジウム, SA6000166013, isas21-sbs-013

[6]前田恵介, 秋山演亮, 村上幸一, 奥平修, 松井孝典「モンゴル国における成層圏気球実験を用いたと宇宙教育活動の試み」第65回宇宙科学技術連合講演会講演集, 65, 6p, 2021

[7]前田 恵介, 奥平 修, 大野 宗祐, 秋山 演亮, 松井 孝典「モンゴル国における成層圏気球実験と宇宙教育活動」第64回宇宙科学技術連合講演会講演集, 64, 6p, 2020

[8]秋山演亮, 前田恵介, 奥平修:モンゴルにおける成層圏気球実験環境の報告(2019), 2019年度大気球シンポジウム, SA6000140007, isas19-sbs-007

[9]秋山演亮:2017年度モンゴルにおける成層圏気球実験, 平成29年度大気球シンポジウム, SA6000103013, isas17-sbs-013

[10]松井孝典, 秋山演亮:モンゴルにおける中型成層圏気球実験と今後の予定, 平成28年度大気球シンポジウム, SA6000057030, isas16-sbs-030

[11]前田恵介,奥平修, 秋山演亮, 松井孝典,「成層圏バルーンを用いた工学教育教材の開発と海外連携」, 第60回宇宙科学技術連合講演会講演集, 60, 5p, 2016

[12]島野, 大国, 横山他:バルーンサット共同実験, 和歌山大学宇宙教育研究所紀要, (4), 55-64, 2015

[13]佐原, 三輪, 番他:名古屋文理大学におけるPBLとしてのスペースバルーンプロジェクト, 名古屋文理大学紀要 14, 67-74, 2014-03-31

[14]横山, 大国, 平尾他:和歌山大学宇宙開発プロジェクト(WSP)による2012年度成層圏バルーンサット放球実験報告書, 和歌山大学宇宙教育研究所紀要, (2), 55-68, 2013

[15] CUSF Landing Predictor 2.5 ウェブサイト  
<http://predict.habhub.org/>