

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

○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), 松井 孝典(千葉工業大学)

Joint Stratospheric Balloon Experiments for University and High School Students

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),
Takafumi MATSUI (Chiba Institute of Technology)

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 will hold 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 the fall of 2022, we will conduct 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技術カレッジと共同で、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。その成果の下、2021年に日本国内で成層圏気球実験を教材とした宇宙教育活動を実施した。本稿では、それらを礎に、日本国内における大学生と高校生を対象とした共同気球実験の取り組みについて報告する。

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技術カレッジの研究グループでは2016年から現在まで29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。また、アウトリーチ活動の一環として、ウランバートル市誕生 380 周年を記念して、2019年10月29日に、

ウランバートル市中心に位置する国会議事堂前のスフバートル広場より、3機の気球を連続放球する事業が計画され、筆者らが技術的な支援を行うなど、安全に気球を放球し、確実に回収する技術を獲得している。

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9月19日に高知県黒潮町の土佐西南大規模公園(大方地区)、2021年9月29日に福岡県糸島市洋上、2021年10月24日に愛媛県宇和島市の愛媛県立宇和島東高等学校津島分校において合計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」を用いた放球実験にも成功し、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。



図1 福岡県糸島市洋上からの放球の様子

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

2021年の国内での3回の成層圏気球実験を終えた後、参加学生から今後も継続的な実験機会の要望があったことから、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。前述の通り、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。

愛媛県南予地域は、北に松山空港をはじめとした主要航空路、南に高知空港をはじめとした主要航空路に挟まれ、比較的航空機の往来が少ない地域である。また、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く、高知港など複数の港湾を有しているが、前述の通り、着水地点は港則法の適用を受けない地点である。このように、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広大な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。

愛媛県では、この南予地域の複数の都市公園の振興が長年の課題であり、気球実験として新たな利活用が図られることを歓迎しているという背景もある。

3.2 共同気球実験と気球甲子園

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。成層圏気球実験で「共同実験」の枠組みを採用するのは、日本国内では本件がはじめてとなる。

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、意欲があれば実施しても構わないこととし、設計や運用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 実施体制の確立

共同気球実験ならびに気球甲子園実施にあたり、運営体制の拡充を図った。筆者らを中心とした大学・高専の教員グループと、共同気球実験に参加を希望している各団体の学生（学生運営）によって実行委員会を組織した。学生運営を中心に定期的なミーティングを行いながら進捗確認と役割分担と確認し、行政をはじめとしたステークホルダとの調整、官辺手続、必要物品の手配、企業協賛の募集などを行った。これらの活動を通して、学生運営らの調整能力やプロジェクトマネジメント能力の涵養を狙っている。

3.4 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。メンバーは、JAXA 大気球グ

ループ殿のほか、日本国内で気球実験を実施している民間企業殿の技術者らによって構成されている。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 (International Civil Aviation Organization, 国際民間航空機関) が Rules of the Air の中で定義する「Unmanned free balloons」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。これらの安全審査は、ハイブリッドロケット打上共同実験のスキームを踏襲しており、外部の有識者や学生 OB などによって構成している安全管理グループが安全審査を実施し、同様に、合格しなければ打上を実施することはできない。

また、ハイブリッドロケット打上共同実験と同様に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、参加団体が嘘偽りなく書類を書き上げることが前提となっており、実際の搭載機器を確認することはない。したがって、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。なお、成層圏環境を模擬した低温低圧試験では、協賛企業であるエスペック株式会社殿より試験環境を提供いただき、試験を実施した。



図2 低温低圧試験の様子

3.5 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

実施体制と安全管理体制を確立した上で、2022年9月20日～25日に「えひめ南予共同気球実験」ならびに「えひめ南予気球甲子園」を開催した。実験期間中の詳細なスケジュールを表1に示す。

表1 共同気球実験・気球甲子園スケジュール

	共同気球実験	気球甲子園
9月18日(日)	参加団体移動日	
9月19日(月)	前日準備, 技術交流会	
9月20日(火)	実験1日目	
9月21日(水)	実験2日目	
9月22日(木)	実験3日目	参加団体移動日, 前日準備
9月23日(金)	実験予備日	実験1日目
9月24日(土)		実験2日目
9月25日(日)	一般公開日	

技術交流会とは、安全に関する座学と各参加団体による実験内容のプレゼンテーション、開発した機器や技術課題などを自由に議論にする場であり、参加者の安全に対する意識と技術力の向上を図ることを目的としている。

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4団体、気球甲子園には3団体の申し込みがあり、参加者総数は約60名になった。参加団体と各団体が設定したミッションを表2に示す。

表2 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	磁気トルカを用いた姿勢制御と排熱実験
ANCOプロジェクト (埼玉大学, 名古屋大学)	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 (京都市立芸術大学, 名古屋工業大学)	漆製アート作品の打上実験
えひめ南予気球甲子園参加団体 一覧	
香川高等専門学校	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
愛光学園中学校・高等学校	うずらの卵とカイワレ大根の打上実験

このように準備を重ね共同気球実験ならびに気球甲子園開催に臨んだが、台風14号が九州・四国地方を直撃したため、気象条件が整わず、9月20日～24日は実験を実施することができなかった。9月24日に天候が回復したため、共同気球実験の機体4機と気球甲子園の機体2機の合計6機の放球を実施した。翌9月25日に残りの気球甲子園機体1機を放球し、予定していたすべての機体の放球を終えた。9月24日の放球では、放球間隔が短く、慌ただしい状況の中、搭載していた通信機が不具合により位置情報を発信しなくなったことも相まって、2機の機体の回収ができなかった。原因については各団体にて解析中であり、原因が判明し次第、来年度以降の対策へ反映させることとしている。



図3 共同気球実験での放球の様子

4. まとめ

大学生、高校生、高専生に対する宇宙教育活動の一環として、成層圏気球実験の恒常的な実験環境の構築を図るため、愛媛県南予地域に共同実験拠点を形成し、えひめ南予共同気球実験とえひめ南予気球甲子園を開催した。次年度以降も南予地域において共同気球実験、気球甲子園を継続的に実施し、将来的には海外の学生らの参加も視野に入れ、さらなる裾野の拡大に努めていく予定である。

謝辞

本共同気球実験、気球甲子園にご協賛くださった有限会社オービタルエンジニアリング、株式会社IMAGICA GROUP、IMV株式会社、エスペック株式会社に対し御礼申し上げます。開催にあたり多岐にわたりご尽力いただいた愛媛県土木部都市整備課、愛南町に対し御礼申し上げます。

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。

参考文献

- [1]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
- [2]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
- [3]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
- [4]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
- [5]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
- [6]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
- [7]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
- [8]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
- [9]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
- [10]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
- [11]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
- [12] Cansat Leader Training Programウェブサイト
<http://cltp.info/>
- [13] CUSF Landing Predictor 2.5 ウェブサイト
<http://predict.habhub.org/>