

宇宙教育教材としての成層圏気球実験の検討と実践

○前田 恵介(千葉工業大学), 秋山 演亮(千葉工業大学), 村上 幸一(香川高等専門学校),
奥平 修(千葉工業大学), 和田 豊(千葉工業大学), 森 琢磨(ASTROCEAN 株式会社),
松井 孝典(千葉工業大学)

Study and Practice of Stratospheric Balloon Experiments as Space Education Materials

Keisuke MAEDA (Chiba Institute of Technology), Hiroaki AKIYAMA (Chiba Institute of Technology),
Yukikazu Murakami (National Institute of Technology, Kagawa Collage),
Osamu OKUDAIRA (Chiba Institute of Technology), Yutaka WADA (Chiba Institute of Technology),
Takuma MORI (ASTROCEAN Co., Ltd.), Takafumi MATAUI (Chiba Institute of Technology)

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

Abstract

We have been conducting stratospheric balloon experiments in Mongolia since 2016. In this paper, based on the results, we report on the study and practice of stratospheric balloon experiments as space education materials.

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。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に、日本国内での宇宙教育教材としての成層圏気球実験の検討と実践結果について報告する。

2. モンゴル国内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。



図1 モンゴルでの成層圏気球実験

3. 宇宙教育教材としての成層圏気球実験の検討

モンゴル国内での実験を通して、2016年から筆者らの成層圏気球実験に気球保持や回収補助等で携わったモンゴル高専技術カレッジの学生を中心に、自分たちの作った装置を自分たちの手で上げたい、という気運の高まりを受け、2020年度から、成層圏気球の宇宙教育活動への活用について検討をはじめた。

3.1 宇宙教育とは

「宇宙教育」とは、「宇宙」をテーマにした教育活動と称されるが、実際の宇宙活動の現場で得られた知識や技術、データや成果をも

とに学校教育活動に活かされるものと、高校生や大学生を中心に「宇宙(に近いもの、疑似宇宙)」を体験させ人材育成に寄与するものに大別される。本稿における「宇宙教育」は、後者にあたり、ハイブリッドロケットや缶サットなどを教材として用いることが多い。ハイブリッドロケットは、グループで実際に飛翔するロケットを製作し、高度数キロメートルまで打上を実施する。缶サットは、実際の人工衛星同様にセンサ等で各種データを収集したり、制御を行ったりする。これらの教材を通して「疑似宇宙」を体験させ、学生らの興味や関心を感化させることができる。さらに、それら「答えの無い」取り組みを通して問題発見能力や問題解決能力、プロジェクトマネジメント能力等の非認知スキルを涵養することも期待される。

3.2 日本国内の大学生らの「成層圏気球実験」への取り組み

2013年頃から、和歌山大学等の学生らを中心に、学生らの自主的なプロジェクト活動として、複数回の実験が実施されてきた。その後、一旦、実施団体は減少傾向が続いていたが、近年では、電子機器類の小型化、高性能化や、TVCM やメディアなどで「スペースバルーン」と称して成層圏から地球を臨む映像が数多く流されるなど、学生らの関心が高まっていることから、新たに取り組みようとする学生団体が増加している。その一方で、実験時の行政や関係機関への法的手続きや、技術的な知見やノウハウが各学生団体間で共有されておらず、法的な手続きが未完了のまま実施したり、位置情報が取得できず回収に失敗したり、着水させてはいけない地域に気球が落下するなどの問題が発生している。

3.3 「成層圏気球実験」の宇宙教育教材としての可能性

「成層圏気球実験」は、ハイブリッドロケットや缶サット同様に問題発見・解決能力やプロジェクトマネジメント能力の醸成が図られることは期待できるが、「疑似宇宙」を体験させるという点では課題がある。日本では、国土面積が小さく、海に囲まれているという地理的要因から、海上で回収するため、大学生らの取り組みのように、回収が不可能となるケースが多い。回収ができないため、カメラの映像や取得したデータも失ってしまう。失敗から学ぶことはもちろん重要ではあるが、宇宙教育の中では「疑似宇宙」を体験せず、成功体験を逸することは教育的な効果を著しく損なうと言える。また、前述のように、昨今の大学生らの取り組みは、法的、技術的の両面において、多くの問題を抱えており、これらを解消することも必要であると考えた。そこで、筆者らは、モンゴル国内での実験成果を礎として、「成層圏気球実験」を、確実に回収し、成功体験を経験することができる体系的な宇宙教育教材として確立することを目指した。

4. 宇宙教育教材としての成層圏気球実験の実践

当初の予定では、日本国内とモンゴル国内にそれぞれ学生中心のプロジェクトチームを結成し、リモートでコミュニケーションを図りながら、それぞれの開発を進め、モンゴル国内での実験を目指していたが、2020年初頭からの新型コロナウイルス感染症の世界的な拡大に伴い、モンゴルへの渡航が不可能となり、モンゴル国内の提携校も軒並み長期休校の措置がとられたことから、この計画は一旦休止し、まず日本国内の学生を対象とした学生プロジェクトチームを結成し、モンゴルでの実験実績を礎に、国内での実験を目指すこととした。

4.1 プロジェクトチームの結成

筆者らの呼びかけに対して、香川高等専門学校(高専)の学生サークル「宇宙開発研究部」から4名、九州大学の学生サークル「PLANET-Q」から6名、合計10名の学生が本プロジェクトへ参加し、複数回の成層圏気球実験実施を目指した。実験実施にむけて、リモートによる打合せ実施しながら、それぞれの役割、ミッション、サクセスクライテリアを策定し、機器の開発や準備作業は各地で実施した。

4.2 実験実施に係る技術的指導

確実に気球を回収する上で、必要不可欠となる気球の飛行経路予測に係る技術的指導は入念に実施した。飛行経路予測には、モンゴル国内でも実績があるケンブリッジ大学が公開する Cambridge University Spaceflight Landing Predictor を使用した。このシミュレータを使用するには、気球放球緯度、経度、高度、放球日時、気球上昇速度、気球破裂高度、パラシュート降下速度が必要であり、中でも「気球上昇速度」をより正確に算出することで正確な飛行経路予測が可能となる。気球上昇速度は、気球に注入するヘリウム量やペイロード重量に依存する。注入するヘリウム量は、筆者らがモンゴル国内の実験で使用している計算シートを用いて算出した。また、飛行経路予測は、放球予定日時の180時間前から予測ができないため、予測ができるようになるまでに放球地点と回収地点を確定させることができない。そのため、複数の放球候補地と回収候補地を準備し、実際に現地へ赴き、視察を行った。飛行経路予測が可能となる180時間前を過ぎても、実際の気象状況によって予測は一定時間毎に変化するため、放球直前まで定期的に飛行経路予測を実施することとした。

確実に気球を回収するためのもう一つの重要な要素として通信機が上げられる。気球は、通信機を通して位置情報を発信しながら飛行を続け、やがて落下するが、日本国内の大学生の取り組みの中で、回収が不可能となるケースは通信機の不具合が多い。その点を考慮し、通信機については複数系統搭載すること、真空試験や温度試験などの環境試験を実施すること、地上での長距離通信試験、ロングラン試験を実施することなどを指導した。

4.3 実験実施に係る諸手続き

実験実施に際して、管轄の航空当局に対しては、航空法第 134 条の 3 第 2 項の規定に基づき、自由気球の飛行通報書を提出した。海上での回収作業となるため、管轄の海上保安部に対しては、海上作業届を提出した。海上作業届は、海上交通三法の適用を受ける港湾区域以外では提出の義務はなく、本実験においても提出義務は発生しないが、海上交通安全の観点から提出を行った。実験実施地域の警察署、消防署、地元行政に対して、実験計画書の提出と説明、緊急時の連絡体制を提示した。この対応は法的に定められたものではないが、地域住民に対して「安心」を提供する観点からも必要な措置と考えている。また、万一、気球落下時に第三者の財物に対して危害を加えた場合に備え、対人対物賠償の支払限度額 2 億円の賠償責任保険に加入した。賠償責任保険の契約については、筆者らが別途実施しているハイブリッドロケット打上実験でも契約しているが、成層圏気球実験では初めての適用となった。なお、これらの手続きについては参加学生に指導しながら実施し、法的に定められた手続きだけでなく、第三者に対して安心を与える措置が必要であることを指導している。

4.4 3 回の成層圏気球実験の実施

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 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については、一般社団法人福岡青年会議所と合同で実験を実施し、イベントで福岡県の成層圏上空の映像を使用したいとのことから、福岡県内での放球と回収を要望された。そのため、飛行経路予測から放球地点を糸島市沖 10km の地点とし、放球作業を実施するスペースとして 4mx4m のフロートを曳航し、洋上からの放球を実施した。



図 2 飛行経路予測



図 3 成層圏から望む福岡県



図 4 洋上フロート



図 5 放球時の様子

5. 今後の展開

本稿執筆時点では3回の実験終了から日が浅いため、プロジェクトチームが策定したミッション、サクセスクライテリアの達成の評価はできていないが、今後、プロジェクトチーム内で自己評価を行い、成果報告会を実施する予定である。本実験に参加した九州大学、香川高専以外にも成層圏気球実験を実施したい学生団体や教育機関があるため、今後も宇宙教育活動の一環として本実験を継続的に実施したいと考えている。3回の実験のうち、2回実施した四国地域の愛媛県、高知県では行政の理解もあり、今後継続的に成層圏気球実験を実施することが可能となった。この地域は、航空機や船舶の往来が少ないため、関係機関との調整が比較的容易であるため、今後も継続して当該地域での実施を検討したい。筆者らが別途実施している高校生を対象とした宇宙甲子園事業においても成層圏気球実験をとりいれ、気球甲子園(仮称)を実施し、大学生未満の年齢層にも展開していきたいと考えている。また、これらの日本国内実験と平行し、日本の学生とモンゴルの学生との共同プロジェクトを立ち上げ、モンゴル国内での成層圏気球実験の実施も引き続き検討していく予定である。

6. まとめ

成層圏気球実験の宇宙教育教材としての可能性について検討し、実践した。気球を安全に放球し、確実に回収することを目的として、技術的な指導のほか、官辺手続き等についても指導した。2021年9月～10月にかけて、3回の高知県、福岡県、愛媛県において3回の実験を安全に実施し、すべてにおいて搭載機器の回収に成功した。今後も宇宙教育活動の一環として、本実験を継続的に実施して行く予定である。

謝辞

モンゴル国内での実験実施に際し、ご協力頂きましたあるモンゴル工業技術大学付属モンゴル高専技術カレッジのMunkh-ochir SERGELEN校長、技術移転センターのTUGULDUR Batbayar氏、SER-OD GAN-OD氏ならびに教員、学生の皆様、モンゴル航空局、モンゴル気象庁、モンゴル科学技術大学、モンゴル国軍、在日モンゴル大使館に対し御礼申し上げます。日本国内での実験実施に際し、ご協力いただきました一般社団法人福岡青年会議所、福岡空港事務所、高知空港事務所、関西空港事務所、福岡海上保安部、高知海上保安部、糸島漁業協同組合、丸西渡船、中村フィッシング、タカセ釣具店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, 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
- [2]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
- [3]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
- [4]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
- [5]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
- [6]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
- [7]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
- [8]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
- [9] Cansat Leader Training Programウェブサイト <http://cltp.info/>
- [10] CUSF Landing Predictor 2.5 ウェブサイト <http://predict.habhub.org/>