

令和元年6月18日現在

機関番号：14701

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K00963

研究課題名(和文) ロケット・缶サット・成層圏気球等を使った宇宙教育の体系的プログラムの研究

研究課題名(英文) the systematic strategy of the space education, using rocket, can-sat, and balloon.

研究代表者

秋山 演亮 (AKIYAMA, HIROAKI)

和歌山大学・教養・協働教育部門・教授

研究者番号：50375226

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：宇宙教育全体の中での各教育教材の位置づけを明確化し、全体として体系化された教育プログラムとして確立した。またその成果の検証を通じて、実施体制の強化を目指した。研究遂行のために体系化(従来実施されてきたロケット・缶サット・成層圏気球(バルーンサット)等の各教育教材によって実現すべき課題を明確化し、全体としての一体化を実施)・成果調査(過去に実施された教育教材に参加した生徒・学生の追跡調査やアンケートによる調査を実施)・議論・普及(各教育教材の宇宙教育プログラム全体での位置づけを明確化し理解と普及を進める)・個別改善(各教育教材の様々な技術課題を検証し、それらに対する対策を検討・実施)を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

文部科学省が進める推進方策として具体的な個々の教育教材にまで踏み込んだ表現が成されながら、これまで実現するための活動や組織作りに関する予算化がされてこなかった背景として、個々の教育教材を一体として取り上げ学問的に検証された教育プログラムとして取り扱われてこなかった事が大きな原因と考えられる。本研究により体系化と同時にその成果を検証し、その教育意義がより明確化され理解を求めやすくなった。また今後の工学教育の活性化を進める事が出来た。

研究成果の概要(英文)：We clarified the position of each teaching material in the whole space education, and established it as a systematic program as a whole. We also aimed to strengthen the implementation system through verification of the results. Systematization (to clarify the problems to be realized by each educational teaching material such as rocket, cansat, stratosphere balloon (balloon), etc. which have been carried out conventionally), and carry out integration as a whole. Conduct follow-up surveys and surveys of students and students who participated in educational materials implemented in the past), discuss and disseminate them Improvement (verified various technical issues of each teaching material, examined and implemented measures for them) was carried out.

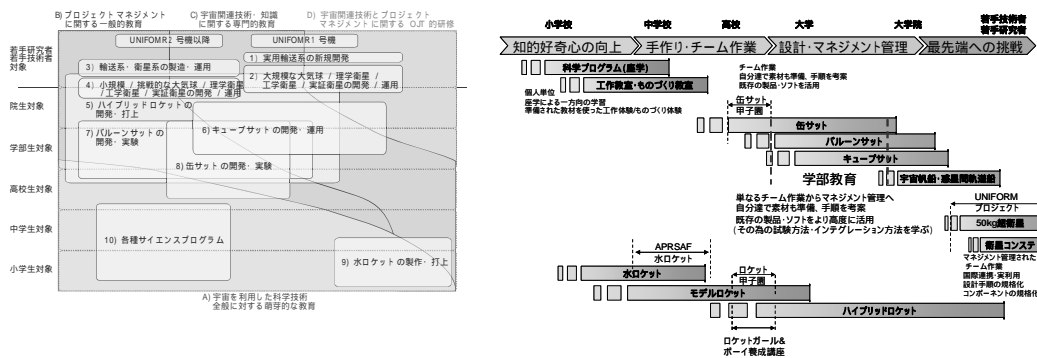
研究分野：複合領域

キーワード：ロケット 缶サット 成層圏気球 宇宙教育 プロジェクトマネジメント

1. 研究開始当初の背景

平成 24 年 12 月に発表された「文部科学省における宇宙分野の推進方策」においては、『高校生・大学生に対しては模擬のロケットや衛星の打上等の実体験を通じてより専門的な関心を高める取組などを支援すべき』と記載されている。また同方策では今後の宇宙開発利用を支える専門人材育成の具体例として、「他国の文化を理解し、実利用までを見通してプロジェクトを適切にまとめ上げるグローバルな総合力を持った人材」育成の必要性を提唱している。

しかしながら、これらの取組を行うことができる特殊な実験環境は単独の高校・大学では整備・運用・安全管理が困難であるにも係わらず、これまで整備に必要な予算等が確保されていない。文部科学省が進める宇宙航空分野における委託費へも、全国の拠点が一丸となり毎年申請を行っているが毎回選に漏れている。共同実験に必要な組織についても、各大学・組織の自主的かつボランタリーな取り組みに留まっている。各大学・組織は運営費交付金の削減に喘いでおり、現時点ではかろうじて成立しているこれらの共同実験環境



は、消滅の危機に瀕している。

今後もこのような教育現場を維持するためには、これまで漠然と「宇宙教育」と一纏めに称されてきた個々の教育プログラムを体系化し、高校生・大学生・大学院生を対象とした実践的な PBL を含む一個の教育プログラムとして早急に学問的に検証を行う研究が必要不可欠である。

2. 研究の目的

漠然と「宇宙教育」と一纏めに称されてきた教育教材を取り纏め、高校生・大学生・大学院生等に向けて実践的な PBL 教材となりうる体系的な教育プログラムとして研究、実践的に検証、普及を実施する。実施に当たって未だに残っている技術課題に関し、研究および対策を実施する。これにより今後、文部科学省の人材育成委託経費の獲得を目指すと同時に、「失敗からも学ぶ」ための教育プログラムを確立する。従来の教育プログラムで実施されているような「与えられた」教育教材では、「問題解決能力」を養うことで「想定内」の問題には対処できる能力が向上するが、「想定外」に対応できる「問題発見能力」の育成には不向きである。そこで様々な未知の問題が待ち受ける新しい教育教材としての体系的な教育プログラムを構築することにより、科学技術創造立国日本を支え、社会の一員として責任を担える工学者を育てる教育方法として確立する。

3. 研究の方法

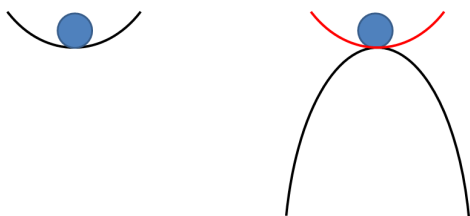
(1) 体系化：従来進められてきた国内・国外での宇宙教育プログラムに関する文献・聞き取り調査等を実施し、その内容や目的に関して分類を実施する。(2) 成果調査：これまで実施された各宇宙教育教材に参加した生徒・学生の追跡調査を実施するために、連絡先の調査を実施する。教育目的とその成果を調査するために必要となる指標を検討し、必要となるアンケート内容等を検討する。(3) 議論・普及：既存の学会等を利用し、あるいは独自にシンポジウムを開催するなどにより、宇宙教育の体系化、およびその成果の評価システムに関する議論を実施する。(4) 個別改善：教育教材の一つである成層圏気球（バルーンサット）に関して、既に国内法を遵守した位置情報通信システムは確立している。しかし飛行中の全経路を把握し、安全に実験を遂行するための地上設備がまだ不十分である。そこで地上設備に関する増設を実施する。ロケット実験の増加により、発射の際に必要なランチャーや地上支援施設が不足している。そこで実施状況を調査し、必要な対策を検討する。缶サット教育に必要な上空への輸送手段に関し、検討と改善を実施する。

4. 研究成果

< 体系化 >

従来の宇宙教育の分類に加えて、特に下記の3点に関する学習効果が大きいことがわかった。

1. 打上プロジェクトメンバーとして学ぶ
 - プロジェクトの一員として、チームによる「仕事」への参加やプロジェクトの推進方法を学びます
 - Active Learning により、STEM 教育に参加します。加えて安全に関する考え方を学び必要な知識を学習します。
2. プロジェクトリーダーとして学ぶ
 - プロジェクトの目標設定とリーダーとしての自プロジェクトの進め方、取り纏め方を学びます。
 - 共同実験運営や他プロジェクトの折衝を通じて、ステークホルダーとの調整能力を育成します。
 - 共同実験運営として学ぶ
 - 各プロジェクト間の調整、自治体や関係省との調整を通じて、ステークホルダーとの調整能力を育成します。
 - 周囲が「安心」できる実験環境整備を通じて、管理能力/調整能力を育成します。



また安全性の認識に関して、現状が「正の安定状態」(図左)にあるとの認識が強かったが、「負の安定状態」(図右)にあり、安全則の構築やステークホルダーとの調整等の不断の努力により安定度を増す事が重要であることがわかった。

< 缶サット用の上空への輸送手段の開発 >

次のようなコンセプトに基づき、新ロケットの設計を開始した。

- 高校生が簡単に製造 / 打ち上げできること。
そのためにエンジンは3級ライセンスで打ち上げが可能なC型までとし、飛行高度も数十mとすること
- 費用の低減
機体は紙と木材を主成分とし、安価に製造できることとした。またエンジンにはC型3本クラスタを利用する事とした(従来のH型は3~4万円に対し、C型3本の場合は数千円以下)

新型ロケットは全長705mm,直径70mmであり、丁度、空き缶サイズの300~350g重量の缶サットを搭載することが出来る。ペイロード部分には缶サイズのほか、パラシュートを上部あるいは下部に搭載できるスペースを有する。エンジンは3本クラスタとなっており、B型あるいはC型エンジンにより、それぞれ30~40m,60~80mの飛翔が可能である。

エンジンマウント部分(図10)はバルサ材と板バネによって構成されており、エンジンの脱着が可能となっており、ロケットの再利用を行うことが出来る。エンジンマウント部分のバルサ材は、レーザカッターにより、CAD図面に基づいて加工されている。本ロケットは、エンジンマウント部分の部品は供給される必要があるが、その他は紙製となっており、高校生でも自作が可能である。



<成層圏気球の地上局>

(1) LoRa 通信モジュールの信頼性

今回、ローラ通信モジュールのリセットが必要になる事態が何回か発生した。この現象は受信機側でも起こっており、また、前回の冬の放球でも受信側で一回起こっている。いまだ原因の特定できてないが、以下のような特徴がある。

- 実験室環境でのテスト時には全く起きない。
- リセットが必要となったモジュールが次の実験では全く問題なく最後まで動作したりする。またその逆が起こる。
- 送信機をパッキングした後や、受信機を車の屋根に設置した後には起きる。

このため、最も可能性が高いのは「LoRa モジュールがソケットから微妙に外れている」と思われる。明らかに外れている、ということは確認されていないが、使用している RM-92A はハーフピッチの DIP でピンが短く、ソケットも浅いので、微妙に傾くことで問題が生じる可能性がある。

なお、今回、着地のショックで RM-92A が外れていたケースが一回確認できている。また同様に着地のショックで電池(CR123A)が外れていたケースも一回確認できている。車の上の受信機もかなりの振動を受ける事も確認されている。

(2) google earth を活用したオフライン追跡

google earth を使ってオフラインでの追跡を支援するアイデアは大変有効であり、かつ実用的であることがわかった。

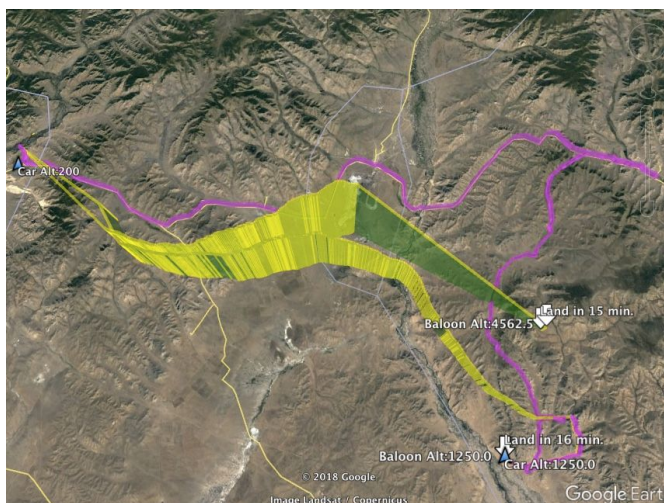
- google earth のキャッシング機能は google map よりも柔軟(賢い)ので、モンゴルの追跡において十分な衛星写真情報を提供してくれる。今回の山の中での追跡でも十分な画像が得られた。3日目2球目を追跡した画面はすこし荒かったが、あらかじめ落下予想地点付近を眺めておけば、改善できると思われる。
- google earth は多数の経路や位置などを「一つの地図に重ねて表示する」のが特徴であり、これが我々の目的と相性が良い。例えば以下のものを一つに重ねてみるができる。
 - Habhub による事前予測経路、予想着地点
 - 気球の実際の飛行状況
 - 追跡者の位置
 - リアルタイムな予想着地点(未実装)
 - 現在地から見た目的地の角度と距離(未実装)

今回、事前に意図してなかったにも関わらず、その場の応用で、2つの気球を同時に追跡することもできた。(図参照)

黄色い2つの軌跡は最終日の DMPA と美作の軌跡である。後半部分は受信できなかったが、高度が下がってきてから一度受信することが出来た。マゼンダが先発追跡車の軌跡である。

複数の気球の軌跡と自分の位置をリアルタイムで更新しながら追跡することができたので、追跡の能率が格段に上昇させることが出来た。

上記の(未実装)機能について今後実装を進める予定である。



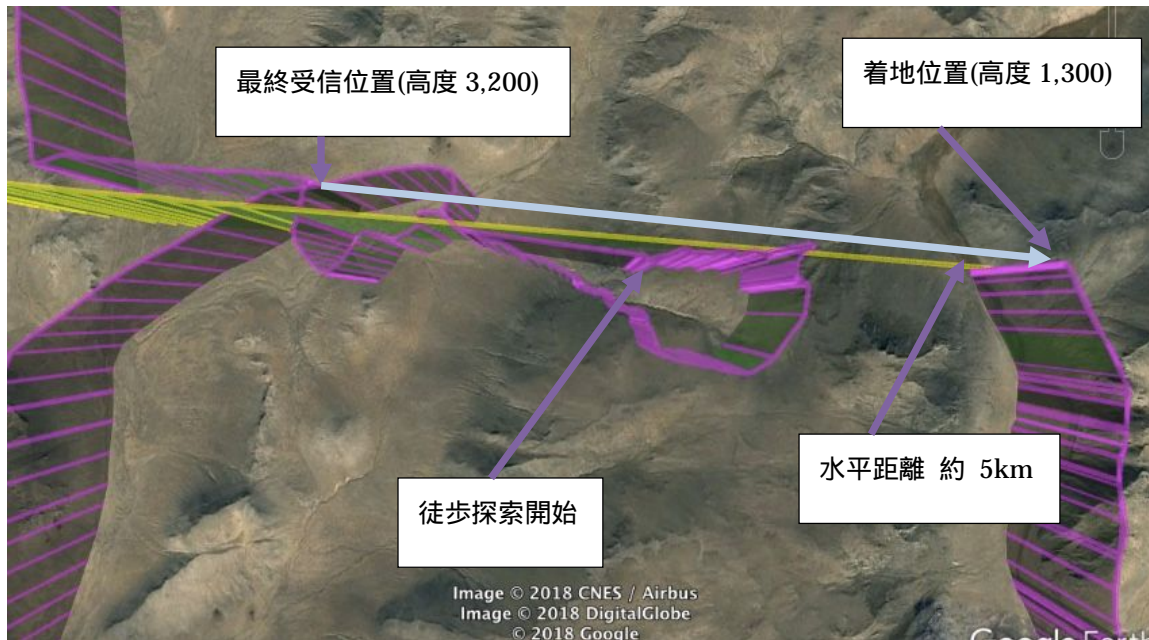
(3) LoRa による着地点の特定

3日目のような山の中では、地上通信を用いて着地点を特定するのは困難である。

SPOT に頼る場合はインターネット接続がある地点で着地まで待つべきだが、そこで LoRa を受信していても着地点を正確に特定できない場合が多く、万一 SPOT が着地点を報告しない時には追跡不可能となる。LoRa で着地点を特定するには、とにかく早く予想着地点の近くに行っている必要があり、それが SPOT に頼る追跡方針と背反してしまう。

今回あえて LoRa で特定する方針を採用した。SPOT はモンゴルでの実験において一貫して高い信頼性を誇ってきたが、それに頼った追跡を繰り返しても、上述の事情により、LoRa による追跡の確実性、実用性は確認できないためである。しかし結果は失敗に終わった。

当日の地上付近の風が強く、最終受信位置(高度 3,200m)から着地点(高度 1,300m)までに気球は 5km 東に飛行した。(下図参照)



風向きを頼りに東に 3km ほど(徒歩登山を含めて)追跡したが、そこから先は崖で、電波の受信が出来なかった。

このように、今後も環境によっては通信上の困難は無くならないと思われるが、難しさは無くならないと思いますが、今後は以下のような改善を行う予定である。

- 着地点予想をリアルタイムに更新し、着地点の特定精度を上げる。予想の更新にはオンライン(Habhub)とオフライン(実際の飛行実績に基づくもの)の両方を併用する。
- 指向性アンテナを用いて受信感度を上げ、より遠くから、着地間際まで追跡可能にする。

5. 主な発表論文等

(研究代表者は下線)

〔雑誌論文〕(計 0 件)

〔学会発表〕(計 2 件)

和田 豊, 秋山 演亮, 前田 恵介, 川端 洋, 坂野 文菜, 小長野 一成, 幡野 慎太郎, 三橋 悠一郎, 「御宿町との地域連携による宇宙教育活動を通じた地域貢献」、千葉工業大学地域貢献プロジェクト報告会(2018)

堤 明正, 平山 寛, 和田 豊, 前田 恵介, 秋山 演亮, 「第 13 回能代宇宙イベントにおける実践的宇宙教育の実施結果と将来展望」、第 61 回宇宙科学技術連合講演会(2018)

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況（計 0 件）

取得状況（計 0 件）

〔その他〕

ホームページ等

6．研究組織

研究協力者 無し