

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年 6月 1日現在

機関番号：14701

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22500811

研究課題名（和文） 成層圏バルーンを利用した工学教育プログラム

研究課題名（英文） Engineering education on Stratosphere balloon

研究代表者

秋山 演亮（AKIYAMA HIROAKI）

和歌山大学・宇宙教育研究所・特任教授

研究者番号：50375226

研究成果の概要（和文）：

ゴムバルーンによる成層圏バルーンを学生の自主プロジェクトとして作成させ、上空からの撮影に挑戦した。バルーンの製造方法や運用方法、航路予測を行い、今後の教育教材として利用するための手法に関する検討を行った。3年間の放球実験を通じて、技術面に留まらず無線や上空申請に関する多くの知見を得ることができた。

研究成果の概要（英文）：

We have developed balloon sat system as teaching tool. Students team had make balloon sat for their experiments. Through the 3 years experiments, we studied about the balloon sat systems, flight simulations, and related laws.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,500,000	450,000	1,950,000
2011年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2012年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
総計	3,200,000	960,000	4,160,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：科学教育 / 教育科学・科学教育

キーワード：工学教育・成層圏・バルーン

1. 研究開始当初の背景

現代の工学製品は極めて高度化・小型化が進み洗練されており、壊れにくくユーザビリティが向上している。しかしそれが原因となり、製品を作る技術や動作原理を理解するチャンスが減少し、中身のブラックボックス化が進行している。また本来、これら複雑でソフィスティケートされた現代の工学製品の担い手として社会を支えていく責務を担うはずの理工学系の大学生の多くは、「自分がやらなくても誰かがやってくれる」と当事者意識が欠如していたり、「自分には能力が不

足している」と最初からチャレンジする意欲を失っている。経済協力開発機構(OECD)が実施する国際学習到達度調査(PISA)においても日本の順位は下がり続けており、なかでも「応用や活用に必要な能力」が低下し、「科学への興味・関心」に至っては調査した57カ国中で最低順位を占め、今後の日本の国際競争力の低下が危ぶまれている。

このような状況を産み出した一つの背景として、高校/大学における実践的な工学教育の欠如が上げられる。現在の高校/大学では座学による授業が一般的であり、「知識の量」

を増やすための教育に重点が置かれている。実験などの実践的な科目もその補助手段として使われるのが一般的で、あらかじめ材料や機材がそろえられ、マニュアルに沿った実験が行われ、マニュアル通りの結果を得ることが目的と化しつつある。しかし一般社会においては、「マニュアル化された問題設定」では対応しきれない事例が普通であり、自らが考えて準備を行い、「知識の活用」による「応用的な問題解決」能力が必要とされている。教育現場でもこれらに対応し、「問題解決能力」だけでなく「問題発見能力」の育成を行う必要がある。

また社会構造の安定化・均一化が進むにつれて、就学期間中の生徒・学生は「社会から切り離され、守られるべき存在」として位置づけられることが多くなり、社会を構成・維持する一員としての自負心が養われぬまま社会人となるケースが増えている点も一つの背景としてあげられる。特に運動以外の学科教育に於いては個々の学力増進に力点が置かれており、「集団」としての活動視点が欠如している。しかし現代の工業製品はすべからず「集団」により生産されており、個々人の能力だけではなく「集団」のマネジメント能力が重要であり、また構成員の一人として、集団全体の成果を目指す訓練も必要とされている。

これらの問題に対応するために、日本ではこれまで大学宇宙コンソーシアム (UNISEC) を中心に、学生の自主的なプロジェクト活動に根幹をおいた宇宙教育プログラムの開発が行われてきた。学生が興味を持って自主的・自律的にプロジェクト活動を行えるための教育テーマとして宇宙を利用し、実際に宇宙に打上・運用されるキューブサット(1辺10cm、全重1kg程度の超小型衛星)や、学生自身が開発・製作・打上を行うハイブリッドロケット(液体酸化剤と固体燃料を利用した、全長2m程度のサウンディングロケット)の打上実験などである。またキューブサットに関しては、宇宙に行く前段階とし、地球上で様々な技術習得を行うためのツールとして、空き缶サイズの自律飛行型ロボットの制御技術を競う缶サット競技も実施している。本事業の提案者ははこれらを実施するための現場として、全国の学生が利用できる実験サイトを能代市に設置し、毎年十余の大学から300名近くの学生が利用する教育機会を創出してきた。これらの教育プログラムは世界的も非常に先進的な取組であり、国際宇宙会議(IAC)併設イベント等として、欧州宇宙機関(ESA)など海外の宇宙機関にも紹介され、関心を集めている。

本教育プログラムでの、学生の自主的なプロジェクト活動を通じてのものづくりによる工学の実践教育を行う点は、従来のキューブサ

ットや缶サットと同様である。しかし、自律ロボットの製作・打上・運用に関する教育プログラムを高度別・運用時間別に考えると、キューブサット(高度100km以上、運用期間は月～年単位)と缶サット(高度はバルーンを使った場合100m～200m、ロケットを使った場合でも500m～4km、運用時間はせいぜい30分程度)と、大きなギャップがある。このため、缶サットで技術を培っても、キューブサットを作ってみると、技術的に様々な問題を抱えた機体しか製作できず、十分な運用が出来ない例が多くなってきている。本提案で実施される教育プログラムは、この高度的・運用時間的なギャップを埋め、従来の2つの教育プログラムを補完するに留まらず、その成果を十分に活かすためのツールを提供する点に特色がある。またこれまでは学生の教育ツールとして成層圏バルーンはあまり使われておらず独創的である。その教育的効果の大きさ、いったん技術が確立した後の実施しやすさから、広く全国の学生が利用できる工学教育プログラムとなり、大きな効果が期待できる。

また成層圏にて長時間運用できる機体は、通信トランスポンダーやリモートセンシングの撮影ステーションとしての利用も可能である。これらを都道府県の防災拠点センターなどに常備することが出来れば、地震発生時などに簡単に各地で打ち上げることが出来、通信インフラや災害状況調査カメラとして利用することが可能であり、社会的な意義も大きい。またこのように社会的に有用な新しいツールを自分達のプロジェクト活動によって作り出すことは、学生に大きな自信と責任感を与え、社会を支える工学者としての自負心を植え付ける教育プログラムとして期待できる。

またこれまでの缶サットやキューブサットとは異なる新しいチャレンジを行うことにより、フロンティアに向かって進んでいく気概を育てることが出来る。またその為に必要となる様々な準備を自分達のプロジェクト活動として行うことにより、問題解決能力のみならず問題発見能力を育成することが可能である。

2. 研究の目的

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これまで実施してきた学生自主プロジェクトのテーマの一つとして、新たに成層圏バルーンをつかった自律的飛行ロボットの製作・運用を通じた教育プログラムの開発・実践を行う。また製作した成層圏バルーンを防災時などのリモートセンシング目的のプラットフォームとして活用することにより、社会インフラとしての技術開発を同時に

実現する。

本教育プログラムでの、学生の自主的なプロジェクト活動を通じてのものづくりによる工学の実践教育を行う点は、従来のキューブサットや缶サットと同様である。しかし、自律ロボットの製作・打上・運用に関する教育プログラムを高度別・運用時間別に考えると、キューブサット（高度 100km 以上、運用期間は月～年単位）と缶サット（高度はバルーンを使った場合 100m～200m、ロケットを使った場合でも 500m～4km。運用時間はせいぜい 30 分程度）と、大きなギャップがある。このため、缶サットで技術を培っても、キューブサットを作ってみると、技術的に様々な問題を抱えた機体しか製作できず、十分な運用が出来ない例が多くなってきている。本提案で実施される教育プログラムは、この高度的・運用時間的なギャップを埋め、従来の 2 つの教育プログラムを補完するに留まらず、その成果を十分に活かすためのツールを提供する。またこれまでは学生の教育ツールとして成層圏バルーンはあまり使われておらず独創的である。その教育的効果の大きさ、いったん技術が確立した後の実施しやすさから、広く全国の学生が利用できる工学教育プログラムとなることを目指す。

またこれまでの缶サットやキューブサットとは異なる新しいチャレンジを行うことにより、フロンティアに向かって進んでいく気概を育てることが出来る。またその為に必要となる様々な準備を自分達のプロジェクト活動として行うことにより、問題解決能力のみならず問題発見能力を育成することを目指す。

3. 研究の方法

本研究では以下の 3 つのマイルストーンを設けて研究業績の喧伝に努め、学生のプロジェクト遂行意欲を高めながら質の高い教育プログラムの構築を目指す。

フェーズ 1 バルーンサットの全体システム、および放球・回収手法の確立

フェーズ 2 バルーンサット運用時のハウスキーピングデータの取得、及び外部観測の達成

フェーズ 3 成層圏における数時間に渡るバルーン停留と自律機器の長時間運用の達成

学生プロジェクトにおいては学生チームがノウハウを蓄積することが重要であり、徐々に技術的なレベルを上げていくことが求められる。そこで本研究では比較的实现が容易いゴムバルーンによる成層圏での撮影を、フェーズ 1 における課題として最初に実施する。直径 60cm 程度のバルーンに 1～2kg の計測機器（動画撮影装置、GPS、データ処理用

マイコン、無線機）を搭載し、1 時間半程度で高度 30km 以上まで上昇させた後、パラシュートにて降下、機器を回収させることを第一の目的とする。バルーンは偏西風により、水平方向にも大きく流れることが予測される。バルーンの位置は GPS データを無線通信することによりリアルタイムに把握することが出来るが、無線機の故障等で回収が困難になることも考えられる。そこで気象台が毎朝 9 時にあげるラジオゾンデによって取得された高度毎の風速プロファイルを利用し、1 時間後に放球することで、あらかじめ気球の流される位置を予測するプログラムを開発する。また気球自体には蛍光色を利用し、着水時には発煙する装置を付けるなどして、万が一の無線機の故障に備えた機構を整備した。放流後の気球の運動に関しては高々度気球に関する経験とノウハウを持つ JAXA/ISAS と協力し、教育プログラムの構築を行う。一方、現在、地球上に於ける学生の工学教育プログラムの一環として実施されている、アメリカネバダ州ブラックロック砂漠で実施されている ARLISS 大会を視察した。同大会では高度 4km まで飛行方の自律ロボットを打上後放出し、落下中の自律制御を競う競技が開催されている。本視察により、高々度での自律ロボット制御の教育プログラムに必要とされる諸要素の調査を行った。

成層圏バルーンハウスキーピングデータを取得を目指した。これに基づき、機器の動作環境を保持するために必要な条件を保つことが出来る機体構造を考案した。またペイロードとしてフェーズ 1 で開発した機器を搭載し、バルーンの平面位置・高度位置を計測し、地上に電送する。

また外部観測用のカメラを取り付け、水平・垂直方向に関して、ビデオ撮影を行った。これにより、バルーンサットによる理学観測の可能性を探った。

4. 研究成果

3 年間の研究を通じて、バルーンサットの全体システム、および放球方法に関する手法を確立することができた。しかし回収に関しては成功せず、手法の確立には至っていない。しかしフライトシミュレーションに関してはほぼ問題なく実施する事ができたため、回収に関しても気象条件に合わせた運用ができれば、実施できる確証を得ることができた。またバルーンサットの運用時のハウスキーピングデータの取得および外部観測に関しては、器機の回収はできなかったが、データ伝送により実施する事ができた。またバルーン停留に関しては実験ができなかったが、自律器機の長時間運用には成功した。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計2件)

- ① 秋山演亮、プロジェクト型教育の意義と実践、和歌山県高等学校理科研究会会誌、査読無、増刊、2012、pp1-5
- ② 横山佳紀、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実験報告書、査読無、Vol. 2、pp55-68

[学会発表] (計1件)

- ① 秋山演亮、宇宙教育拠点の整備、第 54 回宇宙科学技術連合講演会、2010. 11. 18、静岡

[図書] (計0件)

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

名称：

発明者：

権利者：

種類：

番号：

出願年月日：

国内外の別：

○取得状況 (計0件)

名称：

発明者：

権利者：

種類：

番号：

取得年月日：

国内外の別：

[その他]

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

秋山 演亮 (AKIYAMA HIROAKI)

和歌山大学・宇宙教育研究所・特任教授

研究者番号：50375226

(2) 研究分担者

藤垣 元治 (FUJIGAKI MOTOHARU)

和歌山大学・システム工学部・准教授

研究者番号：40273875

(3) 連携研究者

尾久土 正己 (OKYUDO MASAMI)

和歌山大学・観光学部・教授

研究者番号：90362855