

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 30 年 6 月 20 日現在

機関番号：12604

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2015～2017

課題番号：15K12372

研究課題名(和文) 富士山頂の宇宙環境類似性を活用した模擬衛星製作・運用の宇宙科学技術教育プログラム

研究課題名(英文) Fuji-Sat Space Education Program for university students using simulated satellites at the summit of Mt. Fuji

研究代表者

鴨川 仁 (KAMOGAWA, Masashi)

東京学芸大学・教育学部・准教授

研究者番号：00329111

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：旧富士山測候所においてFuji-sat3プロジェクトが東京学芸大学の学生達によって2016年に行われ、模擬衛星が設置された。旧富士山測候所は、閉鎖環境で冬場は電源がなく、気温は-20度近くまで気温が下がる。この環境下で、越冬運用を行った。観測は2月で停止してしまったがデータ利用も含め一通りの学習プログラムを行うことができた。参画学生への教育効果であるが、まず超小型衛星のためのミッションアイデアコンテストで準優勝を得ることができた。またアウトリーチとしてガチャサットと呼ばれる缶サットより、よりシンプルな衛星学習プログラムを構築することができた。

研究成果の概要(英文)：Popular space education programs for satellite technology and engineering, such as the CanSat education program, have been widely conducted globally and contribute to students' learning experiences by allowing them to construct and operate simulated satellites. In this context, we propose an alternative space education program, termed the Fuji-Sat space education program, in which students will initiate a study of satellite technology, engineering, and utilization before starting the CanSat education program.

研究分野：科学教育、地球惑星電磁気学

キーワード：模擬衛星 教育 富士山

### 1. 研究開始当初の背景

近年活発になっている大学発の Cube Sat(10 cm 立方サイズの人工衛星)および超小型衛星製作は、日本全国の大学・大学院に波及したが、衛星データの利用や科学的成果取得以前に衛星を軌道にのせること自体がかなりまだ難易度が高い。これらの理由のひとつは、従事する学生が段階を踏んでものづくり等学習していない状態で、高度な衛星製作にかかわらなければいけないことが要因と思われる。一方、生徒および学生のための衛星製作・運用の教育・学習課程は、理工系トップ大学で活発に行われている超小型衛星製作を頂点とし、いまや全国の小学生までに波及した缶サットプログラムまで、大きなピラミッド構造が得られつつある(図 1)。しかしこのピラミッドでは、缶サットのような全国各地に普及したプログラムと人工衛星となる Cube Sat の製作・運用までの教育・学習課程にはまだ大きく隔たりがあるように思われる。

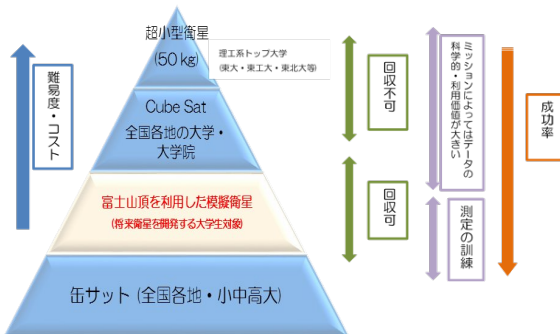


図 1 衛星製作・運用に関する教育課程ピラミッド

そこで本研究では、これらの諸問題を解決するために衛星製作および観測に従事したい学部学生を対象として富士山頂の極地高所における宇宙環境類似性を活用した模擬衛星の製作や運用に関する科学技術教育プログラムを構築する。目標は学生が模擬衛星のミッション全般に渡ってバランスよく学べるものとする。

富士山は夏季を除く多くの時間が太陽光を遮るような雲の高度より高く、また昼夜の温度差が大きいため、実際の宇宙環境に類似する点があり、長期運用が体験学習できる。さらに運用後は、模擬衛星の回収も可能となるため、失敗の経験が以後に反映できる。長期的視野においては、本プログラムを経験した学生は、大学院などで衛星製作において活躍することが期待され、その結果、衛星打ち上げおよび運用の成功率を高めることに貢献できると考えられる。

### 2. 研究の目的

前述のように、近年活発になっている大学発の超小型衛星製作は日本全国の大学・大学院に波及したが、衛星データの利用や科学的成果以前に衛星を軌道にのせることもしば

しば敷居が高い。これらの理由のひとつは、従事する学生が段階を踏んで学習していない状態で、高度な衛星製作にかかわっているからだと思われる。そこで本研究では、これらの諸問題を解決するために衛星製作および観測に従事したい学生を対象として富士山頂の極地高所における宇宙環境類似性を活用した模擬衛星の製作や運用に関する宇宙科学技術教育プログラムを構築する。目標は学生が模擬衛星のミッション全般に渡ってバランスよく学べるものとする。本プログラムは、世界中で行われている空き缶サイズ模擬衛星の上空落下や気球を利用した模擬衛星教育プログラムに比べ、実際の衛星開発やその運用環境に一步近づいたタイプの教育方法である。

### 3. 研究の方法

将来、人工衛星に携わりたい学部・大学院生初学年の学生チームに対して参加公募を行い、採択されたチームに対し、複数回の進捗・事後レビュー、助言を行う。開発した模擬衛星は富士山測候所屋内に設置する。本教育プログラムの質は年々向上させ、最終的に大気科学等の専門研究者のミッションのひとつである越冬通年観測を請け負うレベルのチームを育てることを目指す。教育内容は、1) ミッションの背後にある科学の理解、2) 装置の設計・開発・製作、3) データ通信を用いた衛星の運用および測定、4) 取得データの解析、5) アウトリーチ活動、をまんべんなく行い、学生が専門に特化する前に全体的な宇宙科学技術に対する描像が描けるような、いわば宇宙科学技術教育の教養プログラムとする。

### 4. 研究成果

NPO 法人富士山測候所を活用する会の学生公募として Fuji-sat3 プロジェクトが東京学芸大学の学生によって 2016 年に行われ、模擬衛星が設置された。旧富士山測候所は、閉鎖環境で冬場は電源がなく、気温は-20 度近くまで気温が下がる。この環境で、大学小型衛星の教育プログラムとして、模擬衛星を運用し、初期成果については報告がなされた(新田ら, 2017)。本報告では、その後得られた越冬データについて述べる。

本模擬衛星の放射線測定機器部分以外は、外部のプロのエンジニアに設計依頼した。放射線はガンマ線総カウント数をガイガー・ミュラー管による測定機器(CPI-SR002)を使用し RS-232C で通信を行った(図 2)。落雷数は雷センサコンポーネント(AS3935)を組み込んだ。データロガー部は ATOMEGA1294 のマイコンで動作させた。3G 回線を内蔵させ、1 日 1 回のデータ送信を行った。送信データは SMS の機能を使い各々の日のデータで、雷はエネルギーの最大値、最小値、平均値、放電地点までの距離の最大値、最小値、平均値、放射線カウント数は最大値、最小値、平均値、

および一日の総量、バッテリー電圧は一日の平均値である。太陽パネルは、SY-M30W-12 太陽電池モジュールを使用している。太陽パネルは 1 号庁舎 2 階の西向き、東向きの窓に 2 枚設置し(図 2)、蓄電池 3 個で動作させた。蓄電池は、サイクロン G42EP である。

図 3 は 2016/9/1 と 2017/2/18 の放射線カウント数とバッテリー電圧の時系列データである。2017 年 7 月の回収時に得られた 1 秒サンプリングのデータを 180 分平均した。一方、書き込まれたデータを見たところ、雷センサのコンポネントは動作していないことがわかった。不具合の理由については現時点では不明である。またバッテリーは 2 月中旬で 5 V 未満になり、測定器が動作しなくなっていた。これについても、地上での消費電力の計算で 3 つのバッテリーで越冬動作することは確認していたが、低温によるバッテリーの低いパフォーマンスが理由と想定される。さらに、携帯電話通信の電波が微弱で、必要以上の消費電力を 3G 回線モジュールが使用したためと推定されている。

図 4 に 2016 年の 9 月から 2 月の放射線の一日の総量と、気象庁が提供している富士山山頂の大気圧を示している。図 4 を見ると、この二つはおおむね逆相関であることがわかる。これは宇宙線が、大気圧量によって吸収量が変動するためであり、放射線計測機器は正しく動作していたことを意味する。

2017 年には、バッテリーを交換し、再度運用を行ったが放射線測定器が 11 月に停止し、バッテリー運用期間は延びたものの 3 月でシステムが停止し、目指す運用ができなかった(図 5)。

本研究に参画した学生への教育効果であるが、まず超小型衛星・ナノ衛星のためのミッションアイデアコンテストで準優勝を得ることができ、またアウトリーチとしてガチャサットと呼ばれる缶サットより、よりシンプルな衛星学習プログラムを構築した。また宇宙科学技術業界への就職した学生も出たことから教育プログラムとしての一定の効果は得られたと判断してもよいであろう。



図 2 Fuji-sat3 の設置状況 . 1 号庁舎 2 階 .

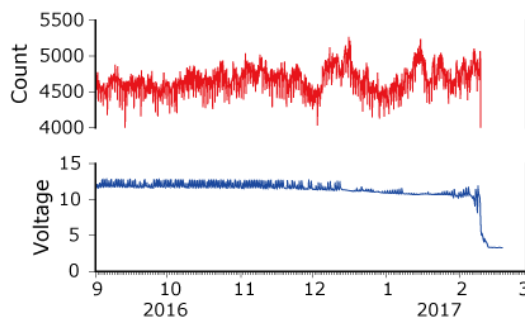


図 3 2016-2017 年にかけて SD カードによって取得した放射線カウント値とバッテリー電圧

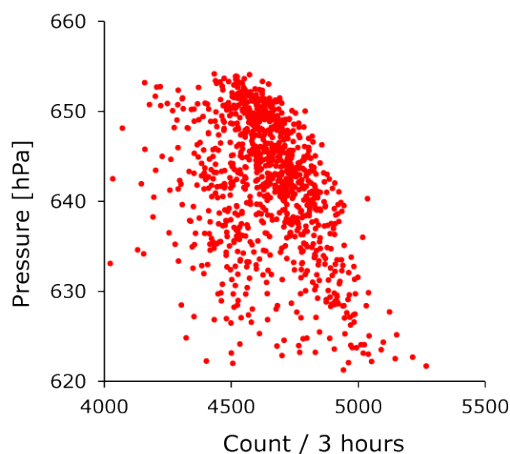


図 4 ガンマ線カウント数(3 時間平均)と気圧の散布図。

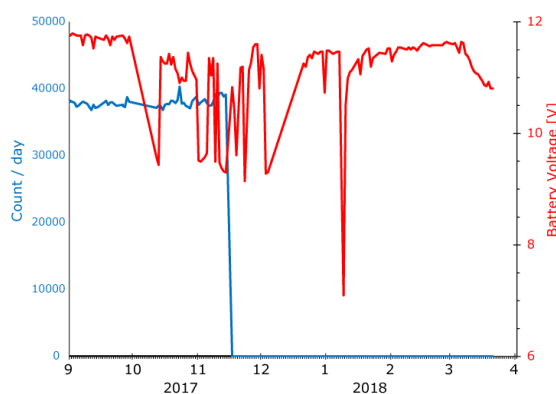


図 5 2017/8/26-2018/3/21 までの SMS 通信による Fuji-Sat3 の状況

## 5 . 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 2 件)

(1) 新田英智, 織原義明, 東郷翔帆, 高橋周作, 富田悠登, 稲崎弘次, 藤原博伸, 鴨川仁, 新たな宇宙技術者教育プログラム Fuji-sat の実践と評価, 東海大学海洋研究所研究報告, 38, 35-39 (2017) (査読有)

(2) 新田英智, 織原義明, 東郷翔帆, 須藤志, 鈴木裕子, 藤原博伸, 稲崎弘次, 鴨川仁, 学校教育に導入可能な小型測定機器を用いた富士山頂における長期測定実証実験, 東海大学海洋研究所研究報告, 37, 15-20 (2016) (査読有)

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

鴨川 仁 (KAMOGAWA, Masashi)

東京学芸大学・教育学部・准教授

研究者番号: 00329111