

平成 29 年 6 月 26 日現在

機関番号：55503

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2014～2016

課題番号：26560109

研究課題名（和文）CubeSat開発による教育効果の評価と技術者教育への適用研究

研究課題名（英文）Application of CubeSat Project to Engineering Education based on the evaluation of educational efficacy

研究代表者

北村 健太郎（KITAMURA, Kentaro）

徳山工業高等専門学校・機械電気工学科・准教授

研究者番号：60380549

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、複数のCubeSat開発実績校への訪問調査を通じて、大学等の高等教育機関においては、衛星作りそのものがプロジェクトとしての主要な目的を認識されており、学校カリキュラムへのフィードバック等に関する研究があまり行われていない現状が明らかになった。そこで、衛星サブシステムの機能を理解できるような模擬衛星教材の開発をおこなった。さらに、徳山高専専攻科1年生を対象に半年間の衛星システムをテーマとした授業を試行した。

研究成果の概要（英文）：In the actual development of the CubeSat in many universities and colleges, an educational efficacy has not been evaluated well, because main purpose of the CubeSat project is likely to focus on the completion of the development. In this study we investigated the more realistic problems among the CubeSat project in higher education institutions by door-to-door survey, and developed the educational materials based on the result of these survey. Finally, we conducted the half year program using the model CubeSat for the first-year student of advanced course in Tokuyama College.

研究分野：太陽地球系物理学，工学教育

キーワード：超小型人工衛星 工学教育 エンジニアリング・デザイン教育

### 1. 研究開始当初の背景

1999年にスタンフォード大学の Twiggs らによって提案された、10cm 立方で重量 1kg 以下の超小型衛星である CubeSat は、2003 年以降、国内の複数の大学や高等専門学校において学生主体での開発が行われ、現在までに 10 機に及ぶ打ち上げが行われてきた。

CubeSat の開発に於いて学生達は、設定したミッションを達成するために多くの要素技術やそれに伴う多彩な専門知識を複合的に駆使して、グループワークに基づいたプロジェクトマネジメントを行いながら既定の解が存在しない問題解決に長期間にわたって取り組む。このような取り組みは、工学教育におけるエンジニアリング・デザイン教育のコンテンツとして非常に高い教育効果が期待され、単に航空宇宙工学の一分野としてではなく、機械工学、情報工学、電気工学、情報通信工学など幅広い専門分野が参画可能な教育コンテンツとして発展可能性を秘めている。本研究は、このような学生衛星開発を技術者教育のコンテンツとして広く導入するための方策を調査研究するものである。

### 2. 研究の目的

現在、複数の大学や高等専門学校に於いて、CubeSat という 10cm 立方程度の超小型人工衛星を開発し、打ち上げ運用を行っている事例が増えてきている。これらの人工衛星開発は複数の学生が多分野の知識を複合させ、各自の役割を長期間にわたって分担する実践的なエンジニアリング・デザイン教育の好例である。

本研究では、これらの学生衛星開発の実施校に対する調査により衛星開発の教育的効果の評価を行い、学士課程におけるエンジニアリング・デザイン教育のコンテンツとしての導入に向けた課題を明確にする。そして、導入のための教材開発及び、教育プログラムの試行・評価を行う。

本研究に於いては、一般的には高度に専門的と考えられていた人工衛星開発を、学士課程の工学教育への導入を目指すところに高いチャレンジ性を有している。

これまでに、国内では 20 機を超える CubeSat が大学や高専によって打ち上げられているにもかかわらず、平成 25 年 1 月に内閣府が発表した「宇宙基本計画」では、「宇宙開発利用を支える人材育成と宇宙教育の推進」について、近年の宇宙機器産業の従業員数の減少について危惧と、大学等における教育機能の強化や宇宙を対象とする初等中等教育の充実が課題として指摘している。このことは、大学における CubeSat の開発が必ずしも、技術者教育として体系化されていないことを示唆している。本研究の最大の特徴は、これまでに学生による CubeSat 開発から得られたデータを客観分析することによって、エンジニアリング・デザイン教育として

の標準的なプログラム開発を試みることである。従来、CubeSat の開発を指導してきた教員は、長期間にわたるプロジェクトマネジメントの実践など、学生にとって高い教育効果を実感しているが、多様なプロジェクトにおける共通点や実施方法等の差による教育効果の違いに関しては、これまでに総合的な調査は行われてきていない。このような点を明らかにする試みは、従来にない斬新なアイデアに基づく研究であると言える。

### 3. 研究の方法

本研究は、工学系高等教育における CubeSat 開発を、学士課程におけるエンジニアリング・デザイン教育として導入するための調査研究と教材開発であり、CubeSat 開発経験のある教育機関及び現在開発中の教育機関に対する訪問調査を通じて分析結果を基にした教材開発、実際の授業における試行・評価等を行った。

上記の研究計画を実施する課程に於いて、毎年、学協会における経過報告を行い。また最終年度には、研究結果を取りまとめ、学術誌への論文投稿を行った。

### 4. 研究成果

本研究では、3 カ年にわたって継続的に CubeSat の開発経験や、小型衛星の開発経験のある、教育機関研究機関への訪問調査を実施した。

平成 26 年度には、学生衛星開発の実施校に対する訪問調査を中心におこなった。2 大学 1 高専での訪問調査により、学生衛星の開発プロジェクトについては、実施形態にかなり差があることが明らかになってきた。A 大学での訪問調査では、CubeSat 開発の主体は研究室での研究の一貫として行われており、開発に関わる学生は卒業研究や修士課程の研究の一貫として衛星開発を実施する。これに足して、B 高専での衛星開発では参画する学生は、クラブ活動の一環として CubeSat の開発に参加している。また、C 大学においては、学生の有志サークルとして衛星開発を進めており、衛星設計コンテストでの提案等を中心に実際の衛星開発の検討を進めていた。いずれのケースにおいても、これらの学生の指導に関する中心的な役割を担う教員の存在が重要であることがこの調査から明らかになってきた。

C 大学においては、学部課程における演習の一貫として衛星設計コンテストへの応募を踏まえたアイデアの検討などを行っていたが、その他では一般的なカリキュラムとして衛星開発をテーマにしている学校はなかった。一方で、大学 2 校に関しては、JABEE 受審校ではないため、エンジニアリング・デザイン教育という観点からのプロジェクト評価は実施していなかった。

いずれのケースにおいても、プロジェクト参加学生のマネジメントスキルの向上や、

システム開発の概念に対しての理解に関して衛星開発プロジェクトが多大な利点を持っていることが各指導者の共通理解として挙げられる。問題点としては、資金の調達や、参加学生の卒業等に伴う技術の伝承の問題に各校とも苦心して知る状況が明らかになった。



図 1.A 大学における実験室の様子

これらの、調査対象の学校では多くの場合、衛星設計コンテストへの参加実績があり、こうしたコンテストを通じて学生の動機付けを行うことが効果的であることも明らかになった。これらのコンテストの例として2011年に徳山高専が提案した、「月の縦穴探査」に関するミッションが、UZUME 計画として実際に検討されていることから、本件研究では月の縦穴単にかかわるアウトリーチの側面から、教育効果に関する考察をおこなった。本計画は、月に発見された縦穴を直接観測するものであるが、実際のミッションの困難さと対照的にミッションの趣旨が単純であるために、様々な技術スキルを持つ学年や年齢層で非常に自由な発想に基づくアイデアを出すことが可能である。こうした特長を、ミッションの実現に関して実際に必要となるサブシステムごとに要素分解することによって極めて広範囲に適用可能な教育コンテンツを構成することが可能であると結論した。

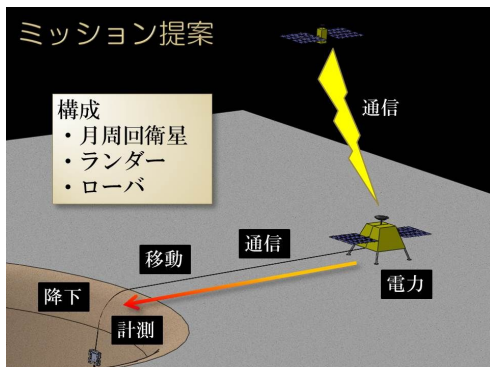


図 2.月の縦穴探査のイメージ

こうした、大学や研究所への訪問を H27 年度 28 年度にも継続し、実際の衛星開発を教育として実施する際の問題点の洗い出しをおこなった。その後、これらの知見をもとにした、教材開発を実施した。

教材は、人工衛星のシステムを概観できる初学者向けのものとし、衛星の基本的なバスシステムである。電源系、通信系、データ処理系、ミッション系などの基本的なサブシステムの連携を学修できるものとして、開発をおこなった。

開発をおこなった、教材のシステム図を図 3 に示す。本教材では、模擬人工衛星のミッションとして撮像ミッションを想定し、カメラ制御を無線による遠隔操作で行い、撮像した画像を同じく無線で地上局を模した PC 等へ転送するシステムとした。衛星搭載のオンボードコンピュータ (OBC) として PIC マイコンを採用し、各サブシステムの制御を行うようにしている。無線は Xbee を用い、カメラの制御に関しては、Arduino をサブシステムとして採用している。学習者は、本教材を用いて基本的な衛星のバスシステムとミッションシステムにおける各サブシステムの役割を理解することができる。さらに必要に応じ、学習者が独自にサブシステムを開発し、OBC による制御を施すことも可能となっている。

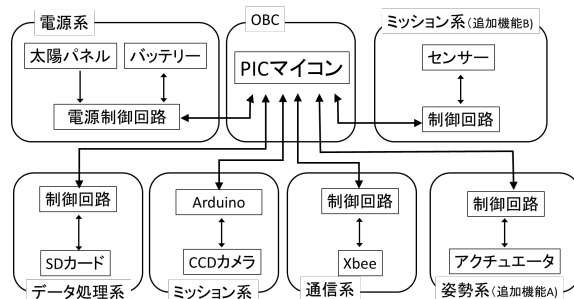


図 3. 開発した教材のシステム図

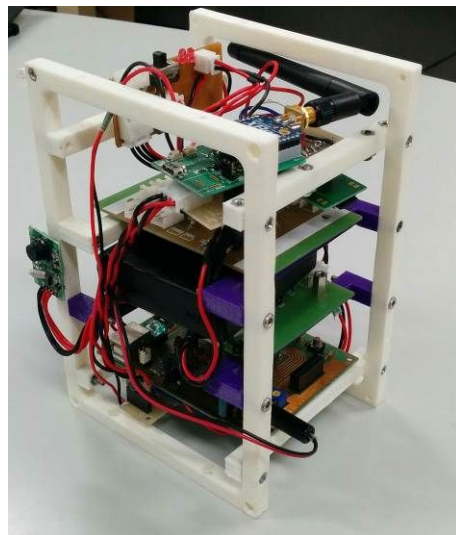


図 4. 実際に作成した教材の外観

これらの、教材の利用法を試行錯誤しながら、徳山高専専攻科1年のコンピュータ総合演習(半期)の中で、実際に衛星システムをテーマとした授業を実施した。授業実施の時期と上記模擬人工衛星の開発に関する時期が重複したために、本授業では大学宇宙工学コンソーシアム(UNISEC)で開発された模擬人工衛星(Hepta-Sat)を教材として授業を試行した。本授業の中では、実施の衛星システムを模したサブシステム群の中に、各種センサーを学生たちが付加するところまでを実施した。

これらの取り組みによって、実際にCubeSat開発から得られた人工衛星開発の要素を授業に組み入れる施行までを実施することが出来た。一方で、これらの複合技術教材をさらに汎用的に利用できるよう改良し、衛星開発を題材としたカリキュラムとして、宇宙工学が意外の学士教育に広く適用できるコンテンツの開発が今後の課題として挙げられる。

#### 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3件)

1. Kitamura K., S. Miura, and J. Haruyama, Application for an Engineering Design Education of Lunar/ Planetary Exploration, Transactions of JSASS, Aerospace Technology Japan, 2016
2. Ando M., A. Matsumoto, K. Kitamura, K. Imai, T. Takada, Y. Hiram, N. Hirakoso, A Consideration on Attitude Control System for Small Satellite with Dual Reaction Wheel, The IEEEJ International Workshop on Sensing, Actuation, Motion Control, and Optimization, V-16, pp. 1-2, 2016
3. 田中怜, 北村健太郎, 複合システム学習教材としての超小型模擬人工衛星の開発, 徳山工業高等専門学校研究紀要, 第40号, P1-5, 2016

[学会発表](計16件)

1. 北村健太郎, 高専スペース連携, 徳山高専におけるCubeSat開発及び専攻科授業への展開, 第4回小型衛星の科学教育を考える会, (福岡県北九州市), 2017.3.18
2. 北村健太郎, 高専スペース連携, 高専連携CubeSat開発により電離圏磁場変動観測計画, 地域ネットワークに夜宇宙天気の観測・教育活動に関する研究集会, (福

岡県福岡市) 2017.3.15

3. Rei Tanaka and Kentarou Kitamura, Development of an artificial satellite model for an engineering education, International Conference on Innovative Application Research and Education, (大韓民国清州市), 2016.12.22
4. Sukhtsoodol L., Y. Nakayama, R. Fujita, M. Ando, K. Tan, K. Imai, T. Takada, and K. Kitamura, A CubeSat project to observe the beaming of Jupiter's decametric radio emissions, 地球電磁気・地球惑星圏学会140回総会・講演会, (福岡県福岡市), 2016.11.20
5. 北村健太郎, 三浦靖一郎, 櫻本逸男, 池田光優, 村上幸一, 浅井文男, 若林誠, 梶村好宏, 平社信人, 篠原学, 高田拓, 今井一雅, 高専における超小型衛星開発の技術者教育への展開, 第60回宇宙科学技術連合講演会(北海道函館市), 2016.9.6
6. 今井一雅, 北村健太郎, 高田拓, 若林誠, 浅井文男, 平社信人, 梶村好宏, 村上幸一, 篠原学, 島田一雄, Raspberry Pi Zeroを用いた超小型衛星のOBC開発とその宇宙人材育成への展開, 第60回宇宙科学技術連合講演会, (北海道函館市), 2016.9.6
7. 北村健太郎, 今井一雅, 高田拓, 篠原学, 池田昭大, 若林誠, 高専スペース連携グループ, 「高専連携CubeSatによるSq電流観測計画」, 地域ネットワークによる宇宙天気の観測・教育活動に関する研究集会, 2016年3月10-11日(福岡県福岡市)
8. Kitamura K., S. Miura and J. Haruyama, Application for an Engineering Design Education of Lunar/ Planetary Exploration, 30th International Symposium on Space Technology and Science, Kobe, 4-10 July, (兵庫県神戸市), 2015.
9. Kitamura K., and KOSEN Space Collaboration Group, CubeSat Project for Extremely Low Altitude Ionospheric Observation as Practical Engineering Education, International Conference on Innovative Application Research and Education, Zhenjiang, China, Dec.20-22,

- (中華人民共和国鎮江市), 2015.
10. Nishimura A., K. Kitamura, T. Uozumi, and A. Yosikawa, Automatic cancel of ambient magnetic field for the digital Fluxgate magnetometer, International Conference on Innovative Application Research and Education, Zhenjiang, China, Dec.20-22, (中華人民共和国鎮江市), 2015.
  11. Haruyama J., I. Kawano, T. Iwata, Y. Yamamoto, K. Shimada, S. Shigeto, M. N. Nishino, M. Shirao, T. Yamada, M. Arai, M. Nakajima, K. Kitamura, Y. Obi, Promoting Public Understanding of Science and Technology through the Unprecedented Zipangu Underworld of the Moon Exploration (UZUME) Project, 30th International Symposium on Space Technology and Science, Kobe, 4-10 July, (兵庫県神戸市), 2015.
  12. 今井一雅, 高田拓, 北村健太郎, 平社信人, 高専スペース連携グループ, 「高専連携 CubeSat による木星電波観測プロジェクトについて」第 138 回 地球電磁気・地球惑星圏学会講演会, 2015 年 11 月 3 日 (東京都文京区)
  13. 北村健太郎, 三浦靖一郎, 春山純一, 「UZUME 計画の技術者教育への適用」, 第 59 回宇宙科学技術連合講演会, 2015 年 10 月 9 日 (於: 鹿児島県鹿児島市)
  14. 北村健太郎, 高専スペース連携グループ 「高専連携 CubeSat による超低高度磁場観測計画」, 低高度衛星磁場観測研究会, 2015 年 8 月 11 日 (京都府京都市)
  15. 田嶋健佑, 安藤瑞基, 小楠和也, 北村健太郎, 今井一雅, 平社信人, 「月の輪郭抽出による超小型衛星の姿勢角推定」, 25th. Workshop on Astrodynamics and Flight Mechanics, 2015 年 7 月 27 日 (神奈川県相模原市)
  16. 北村健太郎, 今井一雅, 高田拓, 篠原学, 池田昭大, 若林誠, 高専スペース連携グループ, 「CubeSat による超低高度域 (<400km)での Sq 電流観測計画」, 地球惑星科学連合 2015 年大会 2015 年 5 月 24-28 日 (千葉県千葉市)

{ 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

### (1) 研究代表者

北村 健太郎 (KITAMURA, Kentaro)  
徳山工業高等専門学校 機械電気工学科  
准教授

研究者番号: 60380549

### (2) 研究分担者

なし

### (3) 連携研究者

時津 裕子 (YOKITSU, Yuko )  
徳山大学 福祉情報学部 教授  
研究者番号: 90530684

石田 好輝 (ISHIDA, Yoshiteru)  
豊橋芸術科学大学 工学研究科 教授  
研究者番号: 80159748

篠原 学 (SHINOHARA, Manabu)  
鹿児島工業高等専門学校 一般教育科 教授  
研究者番号: 10403982

今井 一雅 (IMAI, Kazumasa)  
高知工業高等専門学校 ソーシャルネットワ  
ーク工学科 教授  
研究者番号: 20132657

糸長 雅弘 (ITONAGA, Masahiro)  
山口大学 国際総合科学部 教授  
研究者番号: 60213104

### (4) 研究協力者

なし