

令和元年5月25日現在

機関番号：13901

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2016～2018

課題番号：16K12785

研究課題名(和文)大規模体験教育からスタートする振動と制御の工学に関するV字型教育の試み

研究課題名(英文)An Attempt on V-shaped Education of Vibration and Control Engineering Starting with a Large Scale Experiential Learning

研究代表者

原進(Hara, Susumu)

名古屋大学・工学研究科・教授

研究者番号：40329850

交付決定額(研究期間全体):(直接経費) 2,700,000円

研究成果の概要(和文):本研究では振動および制御工学に関する新しい体験的教育法を提案している。実建築物の自由振動の実験、理論に関する講義と効果的な模型実験装置を使用した先端的振動制御を組み合わせるスタイルであり、V字型教育と呼んでいる。本教育法を約200名の学部2年生に対して実施した。受講生は5階建ての建物の自由振動を体感し、免震層の動きを観察した。その直後に受講生は実験に関連する理論的講義を受けた。それらに加えて一部の学生は建物実験を模擬した模型実験装置を使用した。免震層として用いたリニアアクチュエータは先端的な制御工学実験まで可能としている。ほとんどの受講生はこれらの組み合わせによる提案した教育法を高く評価した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

最初に実際の建築物を用いた大規模な振動の体験教育を行い、その直後に関連する振動工学の理論を講義し、その後、再度適切な模型実験装置を用いて振動工学に加えて制御工学の教育まで行うV字型教育は、他の多くのPBLの諸手法と異なり、冒頭の大規模実験で受講生のモチベーションを大きく引き上げ、最後の模型実験では振動工学のみならず制御工学までシームレスに拡張する特徴を有している。このような特徴が評価され、本研究期間中に計測自動制御学会教育貢献賞などを受賞した。また、招待講演も含めた国内外の学会発表で大きな反響を得た。今後、大学学部生の専門科目教育の新たな方法としてさらに注目されることが期待される。

研究成果の概要(英文): This study proposes a novel experience-based education style for vibration and control engineering. In the proposed style, experiments on free vibration on a seismic building, theoretical lecture and advanced vibration control using an effective model device are examined in combination. We call this combination "V-shaped education". This style was carried out with about two-hundred second-year students; the students felt the free vibration of the five-story building and witnessed the motion of the isolation layer. Just after the building experiment, they take the theoretical lecture about the experiment. To follow these steps, part of them uses a model experimental system. The device is composed of a vibration component corresponding to the building, and a cart corresponding to the ground. These are connected via a linear actuator as the isolation layer. This actuator realizes advanced control experiments. Most of the students valued this combined education method as useful.

研究分野：機械力学・制御

キーワード：工学教育 機械力学・制御 教授法開発

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

(1) 振動工学に限らず、多くの大学工学部（理工学部）機械工学系学科の専門科目教育においては、教科書を使用した講義による基礎理論教育、それに続く比較的小さな実験装置を導入した学生実験、さらに関連する選択科目の履修や卒業研究の実施など、いわば階段状に基礎から応用に向けて登って行く教育カリキュラムが一般的である。このスタイルは段階を追って、一つ一つ理屈を理解しながら学習を進めて行くことにはふさわしい方法であるが、逆に、学習の初期で、その科目の全体像や社会的な有用性がよくわからないまま、もしくは具体的なイメージがつかめないうまま学習を進めてしまう短所も含んでいる。一つ間違えると、多くが必修科目であるそのような科目の学習について、単に「単位」を取るための履修に成りかねない危険性さえはらんでいる。そして、そのような低いモチベーションで学習した者にとっては、大学院進学時や就職後の実務に就いた後で後悔することも少なくない。

(2) 本研究では、上記のような背景を十分に考慮し、学習のできる限り早い段階で、その科目の全体像や社会的意義を提示し、高いモチベーションを持たせて、大きな学習成果を得るための一つの教授法について研究している。

2. 研究の目的

機械系学科において重要な「振動と制御の工学」の教育について、学部2年生程度の授業から卒業研究の前半部分程度までを捉えた、世界でも類のない体験的V字型教育（図1）を導入し、従来にはなかった教育効果と研究着手能力の早期付与を実現する方法論を提示するのが本研究の目的である。本研究では、導入部で大きな動機付けを与えるために、実在する大型建築構造物の加振実験で「振動」を体感、免震機構を用いることで「（パッシブの）制御」を体感させる。学年が進むに連れて模型装置などを用いた（アクティブな）制御の授業、数学・物理学に基づく理論教育、その後、関連するテーマの卒業研究で再び応用を意識されるように、応用と理論の間をV字を描くような教育を提供することで、この分野の社会的、学術的など多面的な重要性と本質を効果的に教え、将来幅広い実問題において高度な振動・制御設計が可能となる能力の養成を目指した。

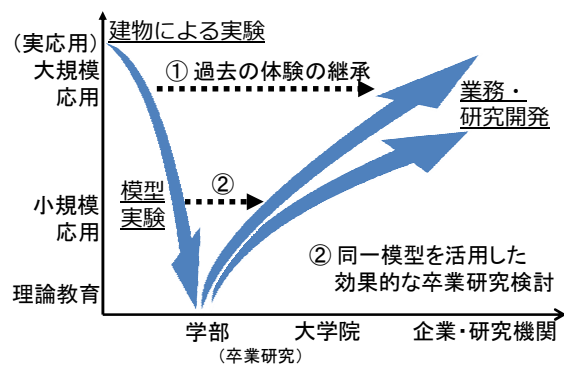


図1 V字型教育の概念

3. 研究の方法

(1) 学部2年生を対象に振動工学の授業の枠内で、名古屋大学減災館を対象とした大規模体験型授業を実施した（図2）。具体的には、減災館の特徴的な免震層を活用し、ジャッキ加力により建物を移動させた後にリリースして発生させる建物の自由振動の観察と体験を行う。同時に関連する減災館内の展示品の紹介を行い、さらに振動実験を行った減災館の中の講義室を借りて実験と同じ時間枠内に、自由振動や振動絶縁（免震）に関する理論的講義を行った。実施後、受講生へのアンケートやレポートの取り組み状況などから実施効果について考察した。この体験型授業は、研究代表者（原）、研究分担者（井上）とともに名古屋大学減災連携研究センターの協力を得て実施された。



図2 名古屋大学減災館における体験型授業の様子（免震層前で講師の説明を受ける受講生）

(2) 研究代表者（原）が中心となり、この減災館での体験型授業を縮小して再現でき、かつ振動工学のみならず制御工学の授業でも使用可能な模型実験システムを製作した（図3）。これを学部4年生対象の制御工学の授業の枠内で活用し、実際の減災館では不可能なアクティブ振動絶縁制御のデモンストレーションも含めて体験授業を実施した。この時も、受講生へのアンケートにより実施効果について考察した。学部4年次の体験授業により、受講生は振動工学から先端的な制御工学まで学部教育の進展にあわせてシームレスに体験的学習ができた。なお、模型実験システムでは、減災館での体験とのサイズギャップを少しでも解消する目的でVR（仮想現実）技術も導入し、受講生がVRゴーグルを装着しながら振動制御実験を行うことで、減

災館での体験を容易に思い出し、さらに減災館では不可能なアクティブ制御の効果を体感することができた。

(3) 研究分担者(井上)は学部3年生を対象とした振動工学に関する選択科目の枠内で、マルチボディダイナミクスなど最近の機械力学問題に対応した高度なソフトウェアを授業に取り込み、その教育への効果を評価した。

4. 研究成果

(1) 名古屋大学減災館を対象とした大規模体験型授業を実施した際に受講生から得られたアンケート結果により、ほとんどの受講生がこの体験を振動工学の学習上有意義と感じたこと、また学習へのモチベーション向上に効果的であると感じたことが明らかとなった。詳細なアンケートの条件と解析結果については主な発表論文〔雑誌論文〕の②などに示している。

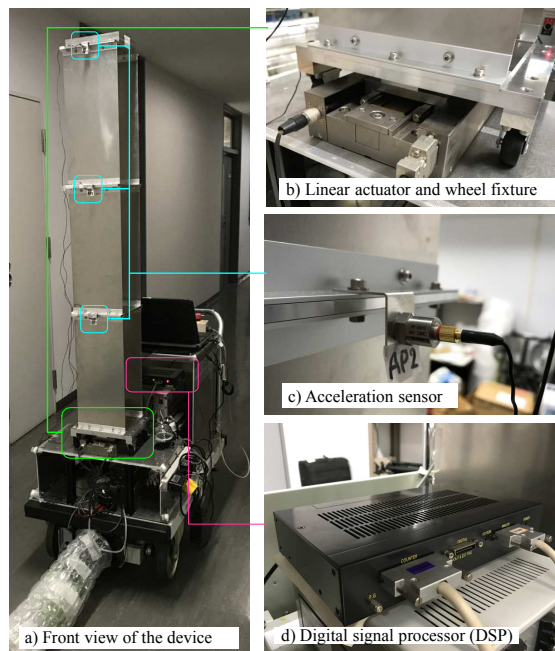


図3 模型実験システム

(2) 模型実験システムを用いた制御工学

まで含めた体験授業についても、受講生から得られたアンケート結果により、有意義な内容であったことが示された。特に、減災館を対象とした大規模体験型授業と組み合わせで実施する点の良さがわかり、V字型教育スタイルの意義が見出された。また、VR技術の導入などの工夫についても一定の良い評価が得られた。詳細なアンケートの条件と解析結果については主な発表論文〔学会発表〕の⑥などに示している。

(3) 以上の成果により研究代表者らは

- ・2018年度計測自動制御学会 学会賞(教育貢献賞)

- ・第16回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会 SI2015 優秀講演賞

を受賞した。さらに、本研究の取り組みは地域タウン誌の取材を受け紹介された他、名古屋大学広報室が発行した単行本「名大ウォッチ」(辻 篤子 著、ISBN978-4-9910304-0-6)にも紹介された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 3 件)

- ① 原 進、柔軟心がみえた研究や教育、日本ロボット学会誌、査読有、36巻、2018、258-261
DOI:10.7210/jrsj.36.258
- ② 岡本 正吾、原 進、福和 伸夫、野田 利弘、田代 喬、飛田 潤、長江 拓也、倉田 和己、井上 剛志、名古屋大学減災館を活用した振動工学教育、工学教育、査読有、66巻、2018、64-68
DOI:10.4307/jsee.66.2_64
- ③ 原 進、福和 伸夫、野田 利弘、田代 喬、飛田 潤、長江 拓也、倉田 和己、井上 剛志、講義を行なう建物ごと自由振動させる体験型振動工学授業の試み、計測自動制御学会論文集、査読有、53巻、2017、99-101
DOI:10.9746/sicetr.53.99

〔学会発表〕(計 9 件)

- ① Susumu HARA, Experience-Based Lecture of Vibration and Control Engineering Using Dual Scale Experiments, The 2019 4th International Conference on Control and Robotics Engineering (ICCRE 2019) and the 2019 6th International Conference on Mechatronics, Electronics and Automation Engineering (ICMEAE 2019), 2019、招待講演
- ② 原 進、山口 皓平、実際の建物を加振する振動工学の体験授業に続く制御工学の授業のための実験システム、第61回自動制御連合講演会、2018、1568-1571
- ③ 原 進、大規模体験型授業からスタートする振動と制御の工学のV字型教育に関する検討(3年間の実施報告)、日本機械学会2018年度年次大会、2018、J2010105
- ④ 原 進・山口 皓平、建物を自由振動させる体験授業から始まる振動と制御の工学のV字型教育、日本工学教育協会第66回年次大会・平成30年度工学教育研究講演会、2018、26-27
- ⑤ Susumu HARA and Kohei YAMAGUCHI, Development of Effective Vibration Control

- Experimental System for Undergraduate Lecture on Modern Control Engineering, The 2018 Australian and New Zealand Control Conference (ANZCC 2018), 2018, 136-140
- ⑥ Kohei YAMAGUCHI and Susumu HARA, Experience-Based Lecture of Vibration Engineering Using Dual Scale Experiments: Feeling the Free Vibration of 5,600-ton Seismic Building and Controlling the Vibration of Scale-Down Experimental Model, The 2018 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE 2018), 2018, 1570430680
 - ⑦ 原 進・山口 皓平、振動工学の講義における多分世界初の試み（講義を行う建物ごと自由振動させる体験型授業）の後をどうすべきか？、日本機械学会東海支部第67期総会・講演会（Tokai Engineering Complex 2018, TEC18）、2018、126
 - ⑧ 原 進、講義を行う建物ごと振動させる体験型振動工学教育の試み、日本機械学会D&D 2017機械力学・計測制御講演会 教育フォーラム事例集「一学生に振動現象をどのように魅せるか？— 大学・高専における振動実験に関する情報交換会」、2017、23
 - ⑨ 原 進、大規模体験型授業からスタートする振動工学のV字型教育に関する検討、日本機械学会2016年度年次大会、2016、S2020104

〔その他〕

ホームページ等 名古屋大学 大学院工学研究科 航空宇宙工学専攻 制御システム工学研究グループ ホームページ、<http://jupiter.nuae.nagoya-u.ac.jp/index.html>

単行本「名大ウオッチ」（辻 篤子 著、ISBN978-4-9910304-0-6）pp. 40-42 に本研究の活動の一部が紹介されている。

地域タウン誌での紹介 授業で学生を夢中にさせたい、タウンニュースてんぱく、No. 752（2018/6/23）、第1面

6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名：井上 剛志

ローマ字氏名：(INOUE, tsuyoshi)

所属研究機関名：名古屋大学

部局名：大学院工学研究科

職名：教授

研究者番号（8桁）：70273258

(2) 研究協力者

研究協力者氏名：岡本 正吾

ローマ字氏名：(OKAMOTO, shogo)

研究協力者氏名：山口 皓平

ローマ字氏名：(YAMAGUCHI, kohei)

研究協力者氏名：福和 伸夫

ローマ字氏名：(FUKUWA, nobuo)

研究協力者氏名：飛田 潤

ローマ字氏名：(TOBITA, jun)

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。