

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 9 日現在

機関番号：12201

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2012～2015

課題番号：24501037

研究課題名(和文) 分解, 再構築, 模倣, 改良を通して創造的感性を磨く工学教育プログラムの開発

研究課題名(英文) Development of Education program for Innovative thinking with Dismantling, Rebuilding and Mimicking

研究代表者

渡辺 信一 (Watanabe, Shinichi)

宇都宮大学・工学(系)研究科(研究院)・准教授

研究者番号：00422212

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では人間が搭乗可能な2輪倒立型移動体を教材とし、学生自らが構造・制御技術およびプログラムを理解し、総合的に設計・製作を行うことを目的としている。この研究では、1から移動体を作り上げるのではなく、まず予め製作してあるものを分解し、その構造等を理解し、再構成・模倣を行ない、その後彼らのアイデアで新しい移動体を製作することをポイントとしている。ほとんどもものづくりの経験の無い学生たちであったが、はじめに分解と再構成の経験を行ったことにより、基本的な技術を理解し、最終的には成功体験による達成感や満足感が得られ教育効果が認められた。

研究成果の概要(英文)：This research utilized two-wheeled inverted pendulum vehicles as a teaching tool and aimed to have students understand the structure, control technologies, and programs therein as they attempted to design and construct said vehicle in a comprehensive fashion. The research involved not building a new item from scratch, but rather dismantling an existing item to understand its layout, then rebuilding and mimicking its structure. The students had virtually no experience with building, but allowing them to dismantle and then rebuild the vehicle at the start of the course enabled them to understand the core technologies therein; at the conclusion of the course, the pedagogic effects of this method were confirmed by the students' feelings of completion and satisfaction at successfully completing the build.

研究分野：工学教育

キーワード：工学教育 創造性教育

1. 研究開始当初の背景

IT 技術の発達により、大学等の教育環境が変わってきている。例えば、黒板等に板書することが減り、パワーポイントに代表されるプレゼンテーションソフトにより、講義が進められ、その講義で使用された資料は e-ラーニングにより、ネットワークにつながっていれば学内、場合によっては自宅で講義の復習ができるように学生に対する教育支援の環境が変化している。また、講義中にメモを取る学生が減り、プレゼンテーションソフトを使用せず講義を進めると、授業に関するアンケートに「板書したことをノートに写すのが大変なので、プレゼンテーションソフトを使って、そのスライドの資料を配布して欲しい」旨の結果が返ってくるが多々ある。

この受身体質の学生に対して、社会からは学生に対して、「自主性・積極性」、「コミュニケーション能力」、「異分野統合能力」、および「プレゼンテーション能力」等の社会人としての能力習得、さらに大学院生に対しては「リーディングプログラム」という名の下にグローバルに活躍するリーダーの養成を期待されていることもあり、大学等では「どうかしよう」と授業内容の改善に努力している。例えば、多くの大学等の工学系の学部では、PBL 形式、つまり自らが考え、手を動かし、グループ活動を通して、課題を解決させる教育プログラムを導入している。しかし、幼いころから、習い事やコンピュータゲームに囲まれ育ち、自らの手を動かし「ものを作る」ことや、「ものを分解する」経験が皆無である学生も少なからず存在する。また、友人同士で協力して「何かをやり遂げる」ということが、一部の学校生活を除き、社会生活でほとんど経験が無い学生がいることも聞いている。このような学生に対して、大学では従来からの座学によるエンジニアとしての基礎、および専門科目により、高等(と呼ばれる)教育を行わなければならない。一方、社会の要望に答えるように社会人としての能力向上に関する教育を行わなければならない。さらに幅広い学生層に対して、やる気のある積極的な学生をさらに伸ばしながら、比較的消極的な学生に対しても、底上げとなる教育を行わなければならない現実がある。

2. 研究の目的

ではこのような現実の中で育ってきた学生に対する教育方法としてより良い方法があるだろうか。おそらく完璧な方法を開発することは難しく、さまざまな大学等の教育機関で独自の教育プログラムを開発し、実践している。著者らが提案したいのは、まずはお仕着せでも手を動かし、グループ活動を経験させたいと考える。さらに、ものを分解し、組み立て直し、同じものを製作し、改良するというプロセスを経験させたい。その「もの」である工学教育教材(以後、教材)は、人が搭乗し移動でき、その体感を通して感性に訴

えることができるものであれば、学生の興味が引き出せるのではないかと考える。また、商品化やキット化を目指した教材ではなく、手作り感、人間味のあるものにしたい。この教材を通して、学生が「おもしろいな」、「作ってみたいな」、さらに制御パラメータの変化により挙動が変化することで「制御理論を勉強してみたい」という気になれば本研究の目的は達成されたと考える。

次に「ものづくり」から制御理論学習へ発展できるよう教材のテーマを考えてみる。制御理論を理解するには、微積分、三角関数、指数・対数関数のような基礎的な数学の知識を駆使しなければならず、苦手としている学生が比較的多い。また、理論と併行して実験を行うと、その実験テーマは温度変化や倒立振り子等となる場合がある。これらのテーマの問題として、「反応が遅い」、「実感がわからない」、単に「わからない」という学生の反応が多い。指導する教員としても、例えば倒立振り子をテーマにした実験教材を開発しても、見慣れていることもあり「(あまり)楽しくない」、同僚からも「これね」という反応を暗に受けることがある。ただし、倒立振り子は制御理論を学習する上で基本的なモデルであるため、このモデルをベースにしたいと考える。そこで、著者らはこれまでに搭乗面が水平に制御される 2 輪倒立振り子型の移動体を試作し、学生、および工業高校の生徒に試乗してもらい、その反応について調査を行ってきた。試作した移動体を図 1 に示す。



図 1 : 試作した移動体

この移動体は制御パラメータを変更でき、その違いにより「乗り心地」を体感できる仕様になっている。試乗後のアンケートの結果、単に「おもしろかった」、「先生すげー」という意見から「作ってみたい」、「制御理論について勉強してみたい」というかなり前向きな意見まであった。

本学工学部の授業科目の中にもものづくりに関するテーマを学生が提案、もしくは教員が提示し、学生がグループ活動を通してテーマの課題を解決する授業がある。その授業で学生たちにこの移動体(教材)をテーマとして提示し、学生たちはこの教材を分解し、組み立て直し、同じものを製作し、改良する課

題を通じて、創造的感性を磨くような経験をさせることを本研究の目的とする。この一連の活動を通して多少ものづくりに関する経験が得られ、同じものを製作した際に、改善案や個性的な何かが付加されていれば、教育効果があったと判断したい。

さらに、本学工学研究科には大学院生向けの PBL 形式の授業を準備しており、彼らにも同様な経験をさせ、さらに学部生の授業で TA として任用しその指導の一部にあたせたいと考えている。理解が不十分であると教えることは難しく、さらに学部生をマネジメントしながら実践的指導が行われるので、リーダーとしての経験も同時に体験でき教育効果が期待できる。

最後に、本研究の特色としては、以下があげられる。

1. パラメータを変更し、その挙動の違いを体感できる工学教育教材(移動体)の開発
2. 自らが作り、その過程を通してものづくりの楽しさ、達成感、さらに制御理論の学習意欲の向上のきっかけづくり、および理解の支援
3. 大学院生の学部生に対する実践的指導の経験

3. 研究の方法

実施年度全般を通して、本学工学部の授業科目「創成プロジェクト実践」(3 年生後期)および工学研究科の授業科目「創成工学プロジェクト」(博士前期課程 1 年生前期)で、学生に著者らが開発した教材に搭乗してもらい、まずは制御パラメータの違いによる挙動の変化を体感してもらおう。次に、教材の分解、組み立て直し、同じものを製作し、改良させ、ものづくりの楽しさ、難しさ、また、センシング技術、マイコンによるモータの制御に関する知識の習得、および実践を体験してもらおう。さらに、博士前期課程の学生は後期の学部生の授業の TA として任用し実践的指導を行うことにより、リーダーとしての経験をさせ、教育効果を向上させる。

さらに初年度に学部 3 年生として「創成プロジェクト実践」を受講した学生が博士前期課程 1 年生に進学することも考えられるので対象者に対して指導者の立場で学部生の指導を実践させる。

4. 研究成果

(1) 要求仕様

開発する移動体は搭乗可能であり、小回りが利き、コンパクト、屋内での使用を考慮し、2 輪とした。また、バランスの安定性や安全性を考慮し、スケートボードのように横乗りにするようにした。本研究では人間の搭乗を可能とする移動体であるため、以下に示すような要求仕様をあげた。

- ・ 乗りたくなるような外観(デザイン性)
- ・ 人間が乗ることができる(搭乗)
- ・ 搭乗者の意思が反映できる(操作性)

- ・ 構造的にシンプルであること(メンテナンス性)
- ・ 安全であること(安全性)
- ・ 乗っている人間が楽しめること(アトラクション性)

外観(デザイン)は、乗ることが可能であることや、乗ってみたいという意欲を誘うものでなくてはならない。そこでスケートボードのように搭乗部をフラットな形状とし、搭乗板を大きくタイヤとの大きさを考え目立たせるようにした。

構造は重さの大部分を占めるバッテリー、モータドライバを均等にするように配置しキャスターを設けることで傾きに制限を与え、傾けすぎたときの転倒につながらないようにした。人間が意図的に重心移動にすることにより搭乗面を傾け、移動体に操作量を与えられるようにした。ハンドルは無線リモコンを装備し、リモコンのボタン操作で簡単に操作できるようにした。

(2) ポイントとなる設計と仕様

メンテナンス・改良を考慮し、シンプルな構造を実現するためにギヤヘッド付きのモータを選択し、出力軸とホイールをハブで固定することにした。フレームにはアルミ材のアンクル材を用いることにより加工や改良をやすくすることにした。フレームとモータを固定させるにはブラケットを用い、直接モータの出力軸に負荷が加わらないようにした。モータを中心にフレームを組み、部品を配意した(図 2)。センサは非接触式の距離計測センサを使用し、これによって斜度を検出する形とした。制御は H8 マイコン 1 台で 2 台のモータを制御する。搭乗部がモータ出力軸より上の仕様の移動体を製作した(図 3、表 1)。モータはオリエンタルモータ株式会社製 DC 電源入力のブラシレスモータを 2 台用いた。ギヤヘッドのギヤ比は 50 対 1 のものを用いることによって移動体が傾いた時に素早くトルクが出せるようにした。最大スピード最大出力の約 70 % を使い約 1.2m/s=4.32km/h とした。人間の歩行速度が 3~5km/h なので安全を考慮し人間の歩行速度とほぼ同じとし速度制限を設けた。



図 2 : 部品配置図



図3：側面写真

表1：主な仕様

本体寸法：800L×600D×370H

モータ出力：100W×2

(オリエンタルモータ株式会社製)

電源：DC12V (SHORAI製LFX12A1-BS12)

制御ボード：H8/3048F

重量：27kg

最大傾斜：25度程度

(3) 乗り心地の評価

本研究で製作したものは搭乗位置がモータより高い位置にあるので乗り手の重心は高くなり不安定になると考えた。そこでどのような乗り心地、操作感、どのような楽しさを感じるかということ評価した。評価の方法としては健康な20代男子学生に安全な場所で乗ってもらい以下の項目について質問した(図4参照)。

- ・年齢、性別
- ・身長、体重
- ・スポーツ経験
- ・デザインに対する評価
 - 形状が四角くインパクトがある
 - 搭乗する板が大きくダイナミックに感じる
 - 自動車のように見える
 - ハンドルがリモコン式でよい
 - 安心感がある
 - タイヤの大きさがちょうどよい
 - カバーが角々しい
 - カバーで大きくみえる
- ・乗り心地・操作に対する評価
 - 移動が早くて楽しい
 - 乗る場所が大きくよい
 - 浮遊感がある
 - バランスをとるのが楽しい
 - 慣れるとさらに楽しい
 - 直進するのが難しい
 - 片側に大きく体重をかけると転倒しそうで怖い
 - キャストがあたったときが怖い
 - 曲がるタイミングがつかめない
 - 傾く速度が速い
 - 乗り降りしがづらい
 - カバーが乗り降りの邪魔になる
- ・制御に対する評価
 - 倒立の操作量が良い



図4：搭乗の様子

反応性が悪い

傾きが大きいときの反応が鈍い

(4) 評価に対する考察

楽しく乗れるものとして今回の搭乗板デザインについては評価できると思われる。搭乗者の意見より多くは乗る板が大きく見た目のインパクトがあるとの意見になっている。またタイヤについても程よい大きさになっているとの意見があった。しかしタイヤカバーについてはカバーによって大きさが目だってしまう、悪印象であったと思われる。カバーによる印象の変化があり、角ばったものについて好印象であった意見もあれば悪印象である意見もあった。今後安全性のためカバーははずすことはできないが、角ばっているものがよいのか丸みをおびたものの方が今後の問題点であると思われる。

また操作性については高重心のため乗りづらいといった意見が多く、スタンドや上り台を用いて試してみたが走行の妨げとなり危険であった。改善案としてはスタンドを本体につけておき、走行時には収納できるものが考えられる。また慣れるまで操作が難しく、ある程度走行するまでに時間がかかってしまう。これについてスポーツ、特にバランスをとるような運動をしている人は時間があまりかからず運動をしていない人は時間がかかる傾向があった。普段からスポーツ等をしていない人でも簡単に乗ることができるよう制御が求められる。

制御に関しては重心移動に対してより早い応答が求められる。ある程度の傾きに関しては応答が速く、傾きが大きくなるにつれて反応性が悪くなるといった意見がありこれはモータ出力によるものであると考えられる。制御量に関してはよいと考えられる。高重心型における倒立制御は応答速度が求められるが、同時に恐怖感が失われることとなる。ここで恐怖感と楽しさの関係性も知る必要があり、今後はより安全で楽しく乗れ、さらにスリルある制御方法を検討する必要がある。

(5) 教育効果

学生たちは当初、実際に製作することがで

きるか自信がなく、戸惑いも見られた。しかし、少しずつ新しいことにできることからチャレンジし、解決していくことにより、自信もつき積極的に調査・活動することができるようになった。基本的な技術の理解、トライアンドエラーの繰り返しと努力の積み重ねによる自信と成功体験による達成感や満足感が得られ教育効果が認められた。知識と知恵と勇気があれば、若いパワーで加速的に成長することが改めて気づき、感じられた経験であった。

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)

[学会発表](計4件)

原紳, 横田和隆, 渡邊信一, 丸岡正知: 情報系学生とのものづくり, 平成 25 年度工学教育研究講演会, 2013 年 8 月 29 日~31 日, 新潟大学(新潟県新潟市)。

横田和隆, 丸岡正知, 渡邊信一, 原紳, 入江晃宣, 杉山均: 「企画実践型 PBL を機軸とするリーダー育成のための大学院教育プログラム開発」事業の総括, 平成 25 年度工学教育研究講演会, 2013 年 8 月 29 日~31 日, 新潟大学(新潟県新潟市)。

渡邊信一, 丸岡正知, 原紳, 松井貞, 桜井哲真, 横田和隆: 宇都宮大学大学院における PBL 形式必修科目「創成工学プロジェクト」の実施について, 平成 25 年度工学教育研究講演会, 2013 年 8 月 29 日~31 日, 新潟大学(新潟県新潟市)。

原紳, 横田和隆, 渡邊信一, 大庭亨, 機械系学生とのものづくり, 平成 26 年度工学教育研究講演会, 2014 年 8 月 28 日~30 日, 広島大学(広島県東広島市)。

6. 研究組織

(1) 研究代表者

渡邊 信一 (SHINICHI, Watanabe)
宇都宮大学・工学部附属ものづくり創成工学センター・准教授
研究者番号: 00422212

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

尾崎 功一 (KOICHI, Ozaki)
宇都宮大学・大学院工学研究科・教授
研究者番号: 60282381