

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 元年 6 月 21 日現在

機関番号：57701

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2018

課題番号：15K00953

研究課題名(和文) 教員と学生との共同作業による学生視点の教材開発

研究課題名(英文) Developing the Learning Materials proposed from student perspective in Collaboration with Teachers and Students

研究代表者

塚本 公秀 (TSUKAMOTO, KIMIHIDE)

鹿児島工業高等専門学校・機械工学科・教授

研究者番号：30155337

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：近年コンピュータゲームの普及で、子供達はおもちゃで遊ぶ経験が急減している。少年期の子供達が実際の“もの”に触れる経験の減少は、彼らの科学や工学に対する関心の減少にもつながっている。高等専門学校では低学年での専門教育の導入教育が重要であるが、学生の実体験が乏しくなっていることから、学生の個性の多様化や教員と学生の認識の差が導入教育にも困難が生じている。学生が共感できる教材を得るために若い世代の視点をういた開発を提案した。この研究では、高等専門学校の5年生の学生たちが卒業研究において、専門科目で学習する内容を低学年の学生が事前学習できる教材として教員と共同開発した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

近年IT技術の革命により学齢期までの経験が高等教育の現場に様々な影響を及ぼしてきている。大学・高専でも授業形態にアクティブラーニング等の導入に迫られ、教員は教材開発に迫られている。特に工学教育の現場では学生の個人による実体験による知識の差が学生の専門知識の習得時に大きく影響している。これを解消する目的で、様々な専門科目に直結する予備学習用教材作成に学習者の年代に近い高学年生の視点を取り込む試みをおこなった。学生視点を教育の場に活用する一手法として教材開発に多くのアイデアを得ることができた。さらに、共同開発により教員にも学生の持つ教育的背景や問題点を得られた。

研究成果の概要(英文)：Recently, children's playing with a toy decreases and their time of the computer game is increasing. The student who is not touching the actual object has entered the institution of higher education. Although the introductory education of the specialized education in lower classes is important at Technical College, introductory education is difficult for a teacher because of the difference of recognition of a teacher and a student. Therefore, because of the lack of experience and knowledge of students in lower classes, teachers need to use items and phenomenon that students are familiar with from observation in order to draw out students' desire to learn about engineering and technology. To compensate for the generation gap with students, I asserted that education for lower classes should adopt the perspectives of students in higher grades. In this study, I developed learning materials for lower classes that were jointly developed with students using time for graduate research.

研究分野：科学教育

キーワード：教材開発 学生視点 工学教育

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

政治や経済のグローバル化という変化は人材育成を行う教育機関にも波及しており、高等教育機関での教育を取り巻く環境の変化は激しくなっている。年々学習させるべき事項は増加する一方、学生の個性の多様化、学習指導の多様化、国際性の対応など新しい教育内容の導入と多くの変化に直面している。学生達の環境も、義務教育でも既に激しい変化が起きている。少子化の影響で2009年には大学への進学率が50%を越え、高校授業料の無料化などもあり、平均的な学力の若者が高等教育を受けるようになった。特に高等専門学校は中学卒業生を受け入れるために、技術や工学に対する関心の深さが浅く、インターネットやテレビの影響等その時代のブーム等の表面的な関心を動機として入学してきている学生が多い。

一方IT技術の革命により学齢期までの経験が高等教育の現場に様々な影響を及ぼしてきている。大学・高専でも授業形態にアクティブラーニング等の導入に迫られ、教員は教材開発に迫られている。高等専門学校では低学年からの専門教育を特徴としているため、特に専門科目への動機付けが重要である。しかし、学生の入学以前の経験や知識が乏しくなっていることから、個性の多様化と相まって教員と学生の認識の差が顕著となってきた。特に教育の現場では学生自身の実体験による知識の差が学生の専門知識の習得時に大きく影響してきている。一例では授業で掲示する資料の“もの”や“こと”を、教員は学生が知っているだろうと別の例えで示すものの、学生がその例えを知らないことがあり、理解の助けになっていないことがある。これには教員と学生との世代間格差や、学生の初等教育段階での実験実習の時間削減からくる体験不足や、幼少時からの遊びから得られる実体験不足から来る知識不足が工学技術の講義や実習に様々な形で妨げとなってきている。

2. 研究の目的

教員側から一方的に与える知識の理解を促す教材でなく、学習する学生の側から理解を助けてくれる教材を開発するため、専門科目に直結する予備学習用の教材作成に学習者の年代に近い高学年生の視点の取り込みを試みる。学習者と年齢の近い学生の視点であれば、より学生の興味を惹き、専門分野への学習意欲を促進させ、工学技術への関心を高める教材開発が期待できる。また、学生と共同開発することで、学生と教員の工学的な知識に関する世代間格差を教員が理解することも可能となる。教員が授業で掲示する資料の“もの”や“こと”を学生が知らないことで、理解の助けになっていないことがあることの原因の追究も可能となる。開発に関わる学生にとっても企画から製品の完成までの製品開発の全行程を経験できることから、ものづくり教育の効果を確認できる。

3. 研究の方法

まず開発担当の学生自身への調査からおこなった。学生自身のこれまでの学習歴から専門科目で理解しにくかった事項を抽出した。教員側はそれらの事項について教科の関連図を用いて、シラバスを調査した。学生の指摘する理解しにくい“もの”や“こと”が機構学や設計法に多く見いだされた。しかし、学生の調査で理解しにくかった事項がシラバスの調査からは見いだせなかったことが多くあった。そこで学生自身が在学中に用いたノートや教科書を学生自身に見直させるところ、学生自身から教材の提案が出てきた。

これらの調査結果を教員と共に協議し、教材製作の対象にするかどうかを協議した。その際、学生提案の教材が専門科目の学習項目とどのように関連するかを重視し、開発学生と製作目的を明確にした。一例として機械工作実習で取り扱うブレーキ装置の開発の際の専門科目の学習項目との関連性の調査結果を表1に示す。

表1 ATV車のブレーキ装置と専門教科での学習項目との関係

| 実習対象 | 構成部品 | 学習項目 | 教科 |
|--------|------------|------------|------|
| ブレーキ装置 | ブレーキハンドル | てこの原理 | 理科 |
| | ブレーキシュー | 摩擦力、摩擦係数 | 工業力学 |
| | ブレーキパッド | | |
| | ドラムブレーキ | ブレーキドラムの直径 | 設計法 |
| | ディスクブレーキ | 摩擦熱 | 熱工学 |
| | 油圧駆動 | 非圧縮性流体 | 流体工学 |
| | | パスカルの原理 | 流体工学 |
| | | 油圧シリンダ | 流体機械 |
| キャリパー | 油圧アクチュエーター | 流体機械 | |

4. 研究成果

これまでの研究で開発した教材と、学生視点の導入がどのように利点となったかを示す。

最初に実習用の副教材の開発例について述べる。実習では4輪自動車の分解組立実習をおこなっている。市販の自動車は車体重量が大きいため実習には適しないので、安全を考慮してATV(All-Terrain Vehicle: 4輪バギー)を教材としている。分解作業の学習で、構成部品の動作と構造の関係が理解しにくいという学生の指摘に差動歯車が挙げられた。そこで開発対象となったのがデファレンシャルギアの教材である。図1はデファレンシャルギアの教材で、ラジ

コンカーを改造したカットモデルである。カットモデルは実物に似ているという点で評価できる。実車のカットモデル製作は不可能であるため、学生の提案はラジコンカーを転用したモデルであった。次にATV分解実習では見ることのできない機構でステアリングの教材が提案された。図2に示すブロックのおもちゃを用いた教材である。レゴ社のレゴブロック製であるため、学生達に親しみがあり分解組み立てが容易にできて、実習時には全員が手に取れる教材である。実際の機構より簡素化されてはいるが、本質的な構造理解には十分なモデル教材となった。また、このブロックにはデファレンシャルギアのパーツも準備されていて、ラジコンカーのカットモデルと共に学生に提示することで理解を促すことができる。

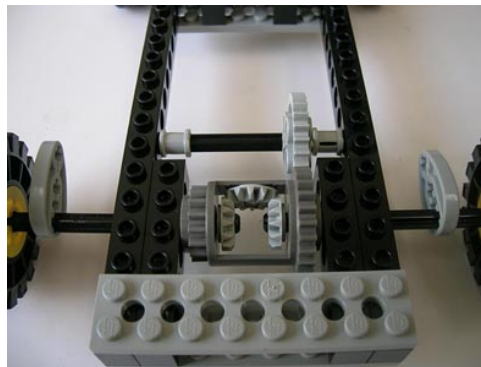
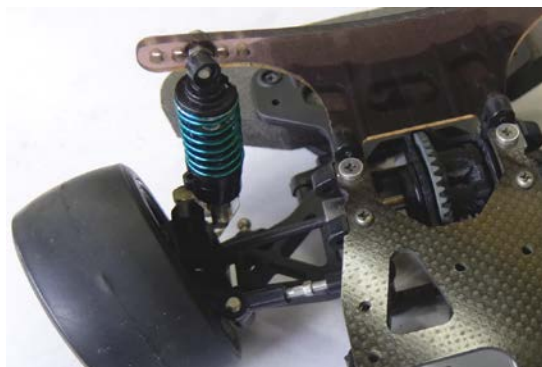


図1 RCカーを用いて差動歯車部をカットした教材

図2 ブロックの差動歯車モデル

さらにブレーキの教材の開発について示す。ATVはハンドルがバータイプである。そのためブレーキは自転車やモーターバイクと同じく手で握って減速させる。しかし、車体が142kgと重いため制動力は油圧を用いて増幅・伝達させディスクブレーキを作用させる。油圧系統は前後輪2系統もあり、実物を分解できない部分である。ハンドルのブレーキレバーではこの原理が用いられており、油圧シリンダではパスカルの原理が用いられてディスクを大きい力で挟み込む機構となっている。表1に示したように「ブレーキハンドルは義務教育で学習した”てこの原理”ディスク方式の油圧ブレーキ機構は専門科目で学習する摩擦や摩擦熱、アクチュエーターなど機械や制御に関する多くの専門知識と関係がある。てこの原理とパスカルの原理で制動力が何倍になるか確認できる設計を要望した。学生の設計では競技スポーツ用自転車のブレーキ装置の転用案があった。低学年学生は競技用の自転車は見慣れていないため、高価な競技用自転車パーツに触れることに惹かれるだろうとの理由だった。また、ロードセルを用いてディスクを挟む力を測定する設計だった。このような発想は高学年の学生だからこそできる提案だと思われる。製作した教材を図3に示した。

類似の教材は市販されているが、学校で使用されることを前提に強度や耐久性を重視した設計のため金属素材が多く、意匠に配慮されている製品は少ない。しかし学生の開発した教材は、本体はアクリルを使用している。ブレーキは握って加重するため、本体に大きい荷重が作用しないので金属である必要はない。アクリルの透明性が各部の視認性を高めるとともに透明感が教材と思わせない。また自転車のハンドルバーを転用して、これに合わせてフレームにアルミパイプを利用してデザイン上の統一感を出している。3Dプリンタを用いて接合部を製作するこ



図3 油圧ブレーキの教材



図4 遠心クラッチの教材

とでボルトや溶接での接合を避けている。配線を隠すために表示部のケースも製作している。右フレームパイプのキャップ部に設置したキャリパー部にロードセルを入れて、日頃自転車の制動時にハンドルを握る力が、どの程度ブレーキに加えられているかを被験者はkg単位で知ることができる。競技用自転車用パーツ自体が学生の興味を惹き、日常使う実物の自転車のブレ

一キで工業力学の基礎理論を体験させて専門教育への動機付けや予備学習できる教材として効果があった。

遠心クラッチの教材

工業力学は低学年での学習項目である。慣性や遠心力などは実際に現象を見ることが理解に繋がる。慣性や遠心力の学習用教材も物理学実験用として市販されているが、工科系の学生にとっては専門科目の中で応用されている機械を例として触れることができれば、専門科目の学習と連携して学習効果を上げることができる。そこで学生の生活に使われる原動機付き自転車(原付バイク)の部品に提案している。原付バイクのクラッチはAT(オートマチック)が多用されているので、ATで代表的な遠心クラッチの提案があった。遠心力と摩擦による遠心クラッチの機構が理解できるようにとの学生の提案で製作したものが図4の教材である。ハンドルを手で回すと遠心力で赤色の重りが外側の静止しているアウターに接触。両パーツ間の摩擦力でアウターと連れ回りするという構造である。学生の設計提案で、各パーツに透明アクリルを用いることで動作時の構造が見えるようにしている。

サスペンションを用いた減衰状態の学習教材

機械工学の専門科目で工業力学や機械力学では振動が扱われる。また減衰振動は制御工学でも学習する。しかし減衰振動は学生が理解しにくい項目の一つでもある。低学年のATVの分解組立実習でサスペンションに触れているため、サスペンションが減衰振動の応用例として理解の助けになるだろうと、バネ定数とダンパ係数の変更で減衰の形態が異なることを確認できる教材開発を学生と行った。学生は図5に示す車輪に見せかけた錘にRCカー(ラジコン模型)のパーツとして市販されているサスペンションのパーツを取り付けたものを設計した。RCカー用の交換パーツのサスペンションは、異なる2種類のバネ係数のバネに交換できるし、ダンパのシリンダに注入するオイルは異なる6種類の粘度が市販されている。このパーツを用いて車輪部の減衰状態の変更ができる。ここで減衰する振幅を可視化するために、タイヤの下にフォトセンサーを取り付け、時間に対する車輪部とセンサーとの距離の変化を、Arduinoを用いてPCに表示させるシステムとした。異なるバネやダンパを取り付けたサスペンションのパーツに交換して減衰状態の差を見ることのできる教材となっている。

開発した学生は制御工学の授業の際に、この挙動が2次遅れ系で表されていることに気がついたと、機械力学とのアナロジーを発見できる項目でもある。このように機械力学のバネ・マス・ダンパ系のモデルとして開発された教材が、制御工学を定性的に理解する助けとなる教材ともなって専門科目との関連性の高い教材となった。

これ以外にも学生との共同開発では、授業時に掲示する資料へのアニメーションの導入や、3次元CADを用いて設計したものを動画で提示するなど、学生の視点ならではの教材が開発された。これらの素材や提示方法には教員の興味も惹かれることが多く共同開発の利点が明らかとなった。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計2件)

- ① Yoshifumi Ohbuchi, Masakazu Nishi, Kimihide Tsukamoto, Hidetoshi Sakamoto, Study of Safety Evaluation for Assembled Mechanical Structure, Transaction of the TSME 2016, 査閲有, Vol. 4, No. 1, 2016, pp. 25-34
- ② Kimihide Tsukamoto Yasuyuki Shii Kim Yun-hae, Development of Learning Materials for Specialized Education in Collaboration with Teachers and Students, Journal of Engineering Education Research Korean Society for Engineering Education, 査閲有, Vol. 22, No. 2, 2019, pp. 3-8

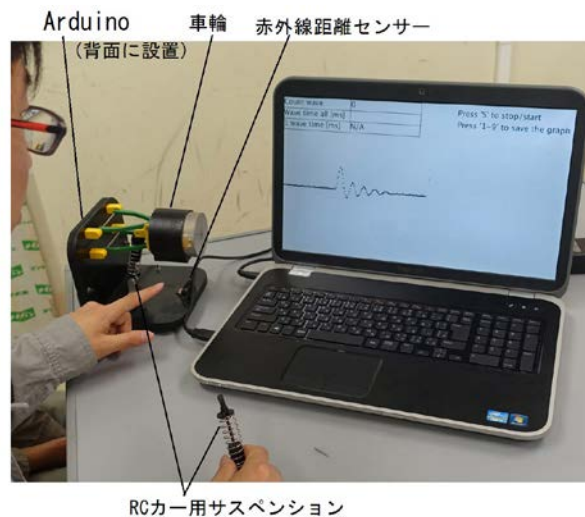


図5 減衰振動の学習用教材

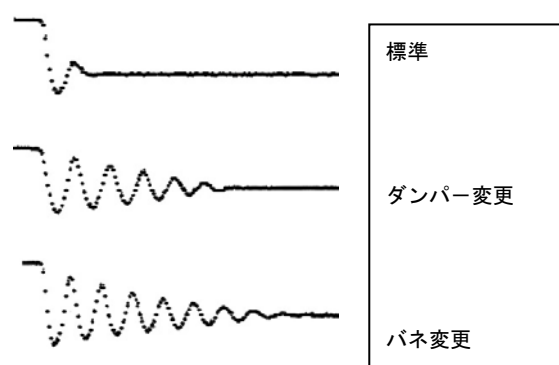


図6 ダンパやバネのパーツを変更して観測できる波形

〔学会発表〕（計 18 件）

- ① 塚本 公秀 上野 孝行 東 雄一、学生と教員による揭示教材の共同開発、日本工学教育協会 平成 27 年度工学教育講演会
- ② M.Nishi Y.Ohbuchi K.Tsukamoto H.Sakamoto、Study of Safety Evaluation for Assembled Mechanical Structure、TSME International Conference on Mechanical Engineering、2015
- ③ Yu Kuwata K.Tsukamoto T Yamada、Development of the Teaching Aid for Dismantling and Assembling of ATV -Mechanical model for the dynamic vibration absorber-、5th International Joint-Symposium on Engineering Education、2015
- ④ Koki Hagihara、Kimihide Tsukamoto、Takayuki Ueno、Development of the Teaching aid for Dismantling and Assembling of ATV - Mechanism model for learning the principle of Pascal -、5th International Joint-Symposium on Engineering Education、2015
- ⑤ Hironari SUGIYAMA、Kiyotaka KAMATA、Youzou TAMARI Kimihide TSUKAMOTO、Study of shielding method to reduce leakage magnetic field of an opening in a magnetically shielded room、5th International Joint-Symposium on Engineering Education、2015
- ⑥ Kimihide Tsukamoto、Advantages of Students Developing Learning Materials Using Graduate Research、Proceedings of International Workshop on Fundamental Research for Science and Technology 2016
- ⑦ Akira Tanoue、Kimihide Tsukamoto、Takayuki Ueno、Development of learning for understanding of the Vibration absorbing at the Suspension、Proceedings of International Workshop on Fundamental Research for Science and Technology 2016
- ⑧ 塚本 公秀、山田 孝行、学生と教員による実習教材の共同開発、日本工学教育協会 平成 28 年度工学教育講演会
- ⑨ T.Mori、Y.Ohbuchi、K.Tsukamoto、Study of optimum shape and strength design of redesigned Zig-Zag chair
- ⑩ Akira Tanoue、Shuji Esaki、Kimihide Tsukamoto、Experiments on an Automotive Engine Using a Newly Developed Transient Chassis Dynamometer and an Engine Control Unit、6th International Joint-Symposium on Engineering Education、2016
- ⑪ T. Mori、Y. Ohbuchi、H.Iida、K. Tsukamoto、Study of Optimum shape and Strength Design of the Redesigned Zig-Zag Chair、6th International Joint-Symposium on Engineering Education、2016
- ⑫ Kimihide Tsukamoto、Yasuyuki Shii、Developing Learning Materials for Specialized Education in Collaboration with Teachers and Students、Asian Conference on Engineering Education 2017
- ⑬ 塚本 公秀 白石 貴行、学生と教員による教材の共同開発、日本工学教育協会 平成 29 年度工学教育講演会
- ⑭ Ryo Yoshida、Kimihide Tsukamoto、Development of Device for Observing Deflection of Cantilever Beams、7th International Joint-Symposium on Engineering Education、2017
- ⑮ Yoshiki Tanima、Kimihide Tsukamoto、Measurement of Material Strength for 3D Printer、7th International Joint-Symposium on Engineering Education、2017
- ⑯ Ryuki Fukuyama、Kimihide Tsukamoto、Development of Device to measure Wing Lift Force based on Difference in Shape of Wing and Angle of Attack、7th International Joint-Symposium on Engineering Education、2017
- ⑰ 塚本 公秀 白石 貴行、学生と教員による教材の共同開発、日本工学教育協会 平成 30 年度工学教育講演会
- ⑱ Kazuha TOKUDOME、Kimihide TSUKAMOTO、Takayuki UENO、Development of a Transmission Model for Understanding the Mechanism of Shift Gears、8th International Joint Symposium on Engineering Education、2018

〔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：

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：

国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名：大淵 慶史

ローマ字氏名：Ohbuchi Yoshifumi

所属研究機関名：熊本大学

部局名：大学院先端科学研究部

職名：准教授

研究者番号（8桁）：10176993

(2) 研究協力者

研究協力者氏名：

ローマ字氏名：

※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。