

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 5 月 15 日現在

機関番号：14101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26381262

研究課題名(和文)最適設計を導入した技術教育のためのPBL教育教材の開発

研究課題名(英文) Development of PBL teaching materials for technology education using optimization design

研究代表者

松本 金矢 (Matsumoto, Kinya)

三重大学・教育学部・教授

研究者番号：10239098

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)： 遺伝的アルゴリズムによる位相最適化プログラムとNC旋盤による自動加工とを組合せ、楽器製作に関するPBL教材開発し、技術科教員養成授業において実践を試みた。また、はりの曲げ剛性最適化プログラムを開発し、リアルタイムで最適設計過程を表示できる演示用教材を開発した。データロガーを用いて最適化結果を演示する実験方法も提示した。いずれの成果も、日本産業技術教育学会において審査論文として発表した。

研究成果の概要(英文)： PBL(Project Based Learning) teaching programs composed with topology optimization using GA(genetic algorithm) and factory automation method to design music instruments were developed. The programs were put into practice of technology teachers' training. In addition, presentation teaching materials to optimize the bending stiffness of a simple beam was also developed with a presentation method for bending experiments of optimized beams. Those fruits of this study were contributed to the theses of the Japan Society of Technology Education.

研究分野：機械工学

キーワード：教材開発 PBL教育 最適設計 演示教材

1. 研究開始当初の背景

技術教育の目標である技術と社会や環境とのかかわりについての教材を考えると、エネルギーの効率的な利用などエネルギー変換に関する教材開発は進んでいるが、材料と加工に関する技術については、木材加工など従来からのものづくり教材が中心で、環境との関わりを具体的に考えるような教材の開発は遅れている。

従来においては、「材料と加工に関する技術」は、製作を通して加工法や工具の使い方などの技術を体験的に学ぶ教材が多くを占めていたが、製作そのものにほとんどの授業時間が費やされ、ものへの関心を育むといった視点が欠落していた。また、「情報に関する技術」ではややもすると情報リテラシー教育に終始し、技術と情報との関わりを学ぶ実践が少ない。日本のものづくりの現場では、設計や製造においてコンピュータが活用され、優れた製品が生み出されており、そのような現状を学ぶための教材を開発することが、子ども達のものづくりに対する興味・関心を育むことの一助となると思われる。

与えられた条件の中で構造物の最適な形状を求める最適設計は、生活や産業の合理化・高効率化において一つの鍵となる重要な概念である。最適設計手法は、近年研究レベルでの進展は著しいものの、実構造物や製品にあまり応用されていない現状がある。その理由としては、技術者の間で最適設計の概念が十分には理解されていないことや、実製品への摘要が困難であると考えられる傾向にあることがあげられる。また、消費者が最適設計の概念を持ち合わせていないためにその有用性を理解できず、消費行動において製品の品質を評価できないという問題が生じている。

したがって、環境問題を改善するような最適設計の概念を発展させ実製品への応用・普及を図るためには、産業を支える人材として、あるいは能動的な消費者として次世代を担う子ども達に、この概念を伝える技術教育が必要であると考えられる。日本の産業を支える次世代の人材を育成するためには、短時間の授業で技術そのものに強い興味・関心を持たせるような教材の開発が必要であると考えられる。

2. 研究の目的

本研究は、技術教育の「材料と加工に関する技術」「情報に関する技術」において、最適設計の概念を導入するための新たな教材を開発することを目的としている。まず、教育学部技術科教員養成課程において、最適設計を体験的に学ぶための PBL 教材を開発するとともに、中学校現場で技術・家庭科技術分野での教育実践に用いるための演示教材の開発を行う。開発した PBL 教材を学部授業において実践し改良を行う。また演示教材は、教員免許更新講習や CST プログラム、大学院教育等の現場で実践し、その有効性の

評価・検証を行う。

3. 研究の方法

本研究は2つの方法で進める。1つは、最適設計と自動加工を合体させた最適設計を体験する PBL 教材を開発し、技術科教員養成においてその教材を用いた実践の可能性を明らかにするものである。もう1つは、学校現場で実践する最適設計手法に遺伝的アルゴリズムを導入した演示用教材の開発である。開発した教材を免許更新講習等で実践し、評価を受けて改善を図る。

まず、最適設計を体験する PBL 教材の開発では、構造物の形状と音の関係に注目し、打楽器の一種であるシロフォンを対象として最適設計を行う。鍵盤の形状を変更することにより、基音となる1次固有振動数に対する2次・3次の固有振動数の高さを調整し、整数比で構成された倍音をもつ楽器を作成することが出来る。本研究では、最適設計手法を活用し、このような美しい響きをもつ打楽器を設計し製作するという PBL 教材を開発する。具体的には、最適化手法には固有値解析と遺伝的アルゴリズム(GA)を組み合わせ、1～3次の固有振動数を整数比とする形状を求める。得られた鍵盤の製作には、金属板を任意の形状に切削できる NC フライス盤を導入する。その際、金属板の正確な材料特性が得られない場合には、設計した楽器の固有振動数と実測された振動との間には誤差が生じるという問題が発生する。これに対しては、これまでに開発してきた材料特性同定法を適用し、基本的な金属板の固有振動数から正確な材料特性を求めることで解決する。開発した PBL 教材を、技術科教員養成の専門科目で実践する際の有効性と課題を検討する。

次に、中学校技術科の授業で用いることができる演示用教材の開発では、表計算ソフトを用いて、遺伝的アルゴリズムによる最適設計プログラムを実現する。対象は梁の曲げ剛性やねじり剛性などを評価関数とし、断面を分割して各部分の材料の有無を2値化してDNAを構成する。各遺伝子をセルに当てはめ、遺伝操作を行うことで最適な形状を求める。最適化の有効性を演示するために、得られた形状の構造物を木材等で製作し、比較実験を行う。そこでは、データロガーを導入し実験結果をリアルタイムで電子黒板等に表示する教材を開発する。開発した演示用教材を用いて免許更新講習や技術教育の研修会において実演し、評価を受ける。

4. 研究成果

第一の研究テーマである、最適設計と自動加工を利用した打楽器制作の PBL 教材開発については、遺伝的アルゴリズムによる位相最適化プログラムを開発し、基音と倍音が整数比化された楽器形状を算出した。(図1、2) また、NC 旋盤による自動加工と組合せ、新たな打楽器を製作することに成功した。(図3)

なお、一連の研究推進に当たっては、日本女子大学・根津知佳子教授に実践現場でのニーズの把握や臨床的判断力などの専門知識の提供をいただいた。また、三重大学教育学部・後藤太一郎教授には、データロガーを用いた演示教材開発に関して、同じく中西康雅准教授には、プログラミングならびに教材製作・実践についてご協力をいただいた。さらに、北海道科学大学工学部・太田佳樹教授には最適設計に関する専門的知識の提供など協力をいただいた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 4件)

松本金矢、左右田睦月、守山紗弥加、教科書にみられる算数・数学と社会生活との関連性に関する研究、三重大学教育学部研究紀要、査読無 Vol.67、2016、pp.353-358

https://mie-u.repo.nii.ac.jp/?action=pages_view_main&active_action=repository_view_main_item_detail&item_id=3620&item_no=1&page_id=13&block_id=21

守山紗弥加、松本金矢、根津知佳子、芸術プログラムにおける造形活動形式の提案、三重大学教育学部研究紀要、査読無 Vol.67、2016、pp.403-409

https://mie-u.repo.nii.ac.jp/?action=pages_view_main&active_action=repository_view_main_item_detail&item_id=3626&item_no=1&page_id=13&block_id=21

松本金矢、甲谷俊紘、端崎裕太郎、根津知佳子、中西康雅、最適設計を利用した手作り打楽器の開発、日本産業技術教育学会誌、査読有、Vol.57、2015、pp.251-258

松本金矢、中西康雅、遺伝的アルゴリズムを用いた最適設計に関する教材の開発、日本産業技術教育学会、査読有、Vol.56、2014、pp.177-185

〔学会発表〕(計 4件)

松本金矢、守山紗弥加、技術・ものづくり教材開発のための PBL 教育モデルの提案、第 34 回日本産業技術教育学会東海支部大会、2016 年 11 月 30 日、三重大学(三重県・津市)

松本金矢、根津知佳子、菊本希、音楽活動における生命と感性 2、第 11 回日本感性工学会春季大会、2016 年 3 月 26 日、神戸国際会議場(兵庫県・神戸市)

甲谷俊紘、端崎裕太郎、松本金矢、中西康雅、感度解析による鍵盤打楽器の板厚最適化に関する研究、第 33 回日本産業技術教育学会東海支部大会、2015 年 12 月 5 日、岐阜大学(岐阜県・岐阜市)

甲谷俊紘、端崎裕太郎、松本金矢、根津知佳子、中西康雅、最適設計を利用した手作り有音程打楽器の開発と実践による改善、第 32 回日本産業技術教育学会東海支部大会、2014 年 12 月 6 日、刈谷市総合文化センター(愛知県・刈谷市)

〔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

松本金矢(MATSUMOTO, Kinya)

三重大学・教育学部・教授

研究者番号:10239098

(4)研究協力者

根津知佳子(NEZU, Chikako)

日本女子大学・家政学部・教授

後藤太一郎(GOTO, Taichiro)

三重大学・教育学部・教授

中西康雅(NAKANISHI, Yasumasa)

三重大学・教育学部・准教授

太田佳樹(OHTA, Yoshiki)

北海道科学大学・工学部・教授

甲谷俊紘(KOUTANI, Toshihiro)

三重大学大学院・教育学研究科・学生

端崎裕太郎(HASHIZAKI, Yuutaro)

三重大学大学院・教育学研究科・学生