

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 5 月 31 日現在

機関番号：14101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25381253

研究課題名(和文) シミュレーション技術を活用した中学校技術科の教材開発と評価

研究課題名(英文) Teachin materials of Structural Design using Computer Simulation technology in Technology Education

研究代表者

中西 康雅 (Nakanishi, Yasumasa)

三重大学・教育学部・准教授

研究者番号：00378283

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：近年、生産技術や情報技術が発達し、設計段階において様々な現象を製作前にシミュレーションすることが可能となってきた。これに伴い、試作数を低減し、問題解決の質を高めることができるようになった。これらの技術の発達が、人間が行う作業の軽減、能率や生産性の向上、自動化の実現とともに、生活や産業などに変化をもたらす1つの要因である。

そこで、中学校技術・家庭科の技術分野の学習内容を鑑み、コンピュータシミュレーションを利用したものづくりの授業を行うことで、情報技術がものづくりの問題解決の質を高め、現代の生活の向上や産業を発展させたことを体験的に学習出来ると考え、教材を開発し、授業実践を通じて評価した。

研究成果の概要(英文)：One of the goals of technology education in junior high school is to produce students with a more conceptual understanding of technology and its place in society, who can thus grasp and evaluate new bits of technology that they might never have seen before. Because "Object-making" by using computer simulation technology has been rapidly developed, Computer Aided Engineering (CAE) technology was used as teaching materials for technology education classes. To evaluate the effects of proposed instructional program as an aid to instruction and learning, we have analyzed the data of questionnaire which asked students how they feel about before and after implementation of this program.

研究分野：技術教育

キーワード：技術教育 シミュレーション 設計 構造 コンピュータ

1. 研究開始当初の背景

近年、生産技術や情報技術が発達し、設計段階において様々な現象を製作前にシミュレーションすることが可能となってきた。これにともない、試作による試行錯誤の回数を低減し、問題解決の質を高めることができるようになった。これらの技術の発達が、人間が行う作業の軽減、能率や生産性の向上、自動化の実現とともに、生活や産業などに変化をもたらす1つの要因である。

一方、中学校技術・家庭科の技術分野の学習指導要領解説には、「A 材料加工に関する技術」において、指導項目(1)ア「技術が生活の向上や産業の継承と発展に果たしている役割について考えること」、(3)ア「使用目的や使用条件に即した機能と構造について考えること」と記されている。さらに、機能や構造を検討する際には、「製作品の形状、材料や加工法と関連付け、使用時に加わる荷重を考えた材料の使い方、組み合わせ方や接合の仕方についても考慮するように指導する」ことや、「機能や構造の検討に当たっては、模型やコンピュータを支援的に利用させること」とも記されている。

そこで、コンピュータシミュレーションを利用したものづくりの授業を行うことで、情報技術がものづくりの問題解決の質を高め、現代の生活の向上や産業を発展させたことを体験的に学習出来ると考えた。

2. 研究の目的

上述のような研究背景を鑑み、中学校の技術・家庭科の技術分野を対象とし、構造設計に関する学習を支援するシミュレーション教材を開発し、現代のものづくりにおいて欠かせない役割を果たしているコンピュータシミュレーション技術について学習し、技術リテラシーの習得を目標とした授業実践を行い、その意義と課題について明らかにすることを目的とした。

3. 研究の方法

本研究では、中学校技術・家庭科技術分野の構造設計学習の授業場面において、生徒自身が使用して学習することの出来るコンピュータシミュレーションのソフトウェアを開発し、それをを用いた授業実践を行い、研究目的に示した意義と課題を明らかにする。

そこで、研究課題は次の2つに集約することが出来る。

中学校技術・家庭科技術分野の構造設計学習に関するコンピュータシミュレーションのソフトウェアを活用した授業づくり

コンピュータシミュレーションのソフトウェアを活用した授業の評価

まず、中学生を対象とした構造設計学習に関するコンピュータシミュレーションのソフトウェアを開発し、そのユーザビリティや計算精度を評価、検証する。

次に、構造設計学習の授業案を作成し、実践を行い、生徒の知識に関する修得度、興味関心などについて調査する。

4. 研究成果

本研究の成果は、構造設計を支援するソフトウェアを開発し、授業実践を通じてその有効性を明らかにすることが出来たことにある。

ソフトウェア開発においては、特に構造設計の剛性設計に焦点をあて、インタラクティブなユーザーインターフェースの構築、構造設計に必要な計算精度と機能を充実させることで、生徒自身が使用して構造設計できるソフトウェアの開発を目指した。

まず機能について述べる。解析機能として、剛性解析、振動(固有値)解析、剛性の位相最適化機能を設けた。これにより、単に静的な剛性設計だけではなく、動的な荷重に対する共振現象を考慮した設計も可能となった。また、最適化機能を付加したことにより、ブリッジコンテストなどを行ったとき、最適な構造をソフトウェアにより明らかにすることが出来るようになった。例えば、定められた材料の使用量において、最も高剛性な構造をシミュレーションにより求めることが出来、教師の指導に役立てることが可能である。

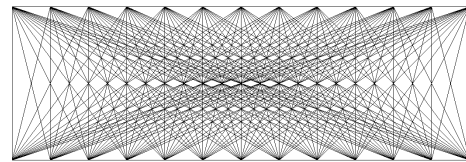


図1 初期構造

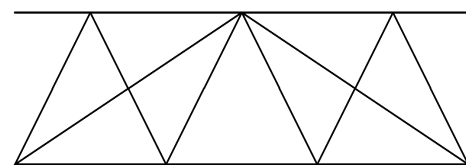


図2 最適構造

次に、解析機能全体を通じて、ユーザーインターフェースを改善することで、短時間で使用方法を理解できるようソフトウェアのユーザビリティを改善することが出来た。実際、中学生を対象にした授業実践の結果、開発したソフトウェアを活用するための操作学習・習得に要した時間は約5分であり、1モデルの設計から評価までを遅くとも数分で完了できることが確認できた。また、代表的な木材や金属材料の物性値データベースを利用できる仕組みを構築し、機能の充実を図った。これから分かるように、異方性材料へ対応することで、近年自動車用などの構造材料としても注目されている繊維強化複合材料(FRP)をも対象として設計できるようになった。さらに、構造の変形状態、剛性解

析では応力分布，振動解析では振動モードなどを表示できるようにすることで，構造の改善に役立てられるよう視覚的に構造物の挙動を捉えられるよう機能を追加した。

次に，ソフトウェアの計算精度について述べる。開発したソフトウェアの計算精度を検証するため，実際に構造模型を作成し，実験を行いシミュレーションの結果と比較・検証した。ここでは実際の授業実践を想定し，中学校で用いられることの多い木材と，プラスチック材料（アクリル）を用いて模型を作成し，実験を行った。剛性については，荷重荷部，その他2点でのたわみを評価した。振動については固有振動数と固有振動モードを比較した。その結果，いずれの結果も誤差5%以内と十分な精度でシミュレーションできていることを明らかにすることが出来た。

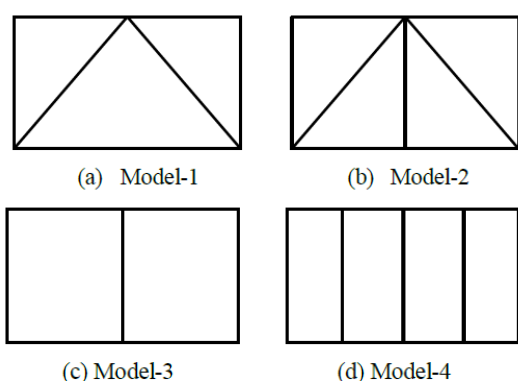


図3 検証モデルの構造

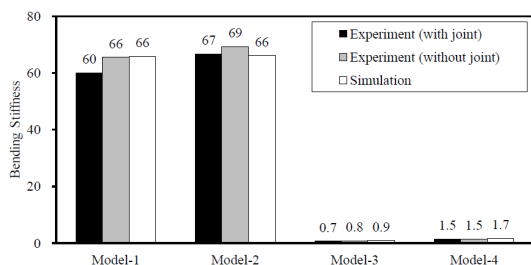


図4 三点曲げ試験による曲げ剛性の比較
(実験とシミュレーション)

最後に本開発教材を用いた授業づくりとその実践について報告する。まず，開発教材を活用した授業案を検討した。ものづくりの設計段階に焦点をあて，ものづくりの設計学習においてシミュレーション技術を援用することの意義や利点，問題や課題についても検討し，授業案に反映させるよう試みた。また，現代社会のものづくりにおいて欠かせない存在となっているシミュレーション技術について気づき，その役割について理解できるような授業構成となるよう工夫した。

次に，教員を対象として本教材の評価を行った。その結果，シミュレーション技術の教育については評価を得ることが出来た一方，地域の課題である地震に対する防災と日々の生活を結びつけた教材として活用しては

どうかという提案があった。また，大きな構造物だけでなく身近な製品設計にもこのような構造設計の考えが活用されていることを学習内容として含むことなどの改め視点が得られた。そこで，授業案の検討において，防災の視点や実際の製品設計への活用などの内容を含めるとともに，ソフトウェアには地震応答解析機能などの追加を検討し，振動解析機能を設けた。

最後に，これらの改善点を反映させ，中学校において授業実践を行った。特に，シミュレーション技術を導入した事による教育効果とともに，構造設計に関する知識・理解についても調査した。その結果，構造と強度の関係に関する基本的知識については十分に習得できていることを確認することが出来た。また，シミュレーション技術を援用して設計学習を行うことで，多くのモデルの設計・評価を行うことが出来るため，試作レスで設計学習に試行錯誤して取り組めること，またCAEに代表される現代のものづくり技術についても関心を持ち，授業内で対象とした製作物以外にもシミュレーション技術を活用して設計されていることに関心を示すことが分かった。

以上のように，本開発教材の活用を通じて，構造と強度の基礎的知識について習得できるとともに，現代のものづくりを支えるシミュレーション技術の役割について学習できることを明らかにすることが出来た。

<引用文献>

文部科学省，中学校学習指導要領解説技術・家庭科編（2008）

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2件)

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，57巻，2015，251-257
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誌，査読有，56巻，2014，177-185

〔学会発表〕(計6件)

中西康雅，赤木和重，大西宏明，大日方真史，根津知佳子，前原裕樹，守山紗弥加，森脇健夫，山田康彦，「教員養成型PBL教育の課題と展望(XIII) 技術教育の教科専門教育に関する対話型事例シナリオの開発」，第22回大学教育研究フォーラム，2016年3月17日，京都大学（京都府・京都市）
今井啓介，中西康雅，「強度設計学習のためのシミュレーション教材の開発と実

践」, 日本産業技術教育学会第 58 回全国大会, 2015 年 8 月 23 日, 愛媛大学 (愛媛県・松山市)

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, 刈谷総合文化センター (愛知県・刈谷市)

中西康雅, 「中学校技術科における繊維強化プラスチックを題材とした学習内容の提案」, 日本産業技術教育学会第 57 回全国大会, 2014 年 8 月 23 日, 熊本大学 (熊本県・熊本市)

中西康雅, 「ブリッジコンテストを対象とした最適設計プログラムの開発」, 日本産業技術教育学会第 56 回全国大会, 2013 年 8 月 25 日, 山口大学 (山口県・山口市)

中西康雅, 「技術科における構造設計学習に関するシミュレーション教材の開発」, Dynamics and Design Conference 2013, 2013 年 8 月 26 日, 九州産業大学 (福岡県・福岡市)

〔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

<http://www.kikaikougaku.edu.mie-u.ac.jp/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

中西 康雅 (NAKANISHI, Yasumasa)

三重大学・教育学部・准教授

研究者番号: 00378283

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし