

科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成 25 年 4 月 27 日現在

機関番号：14101
 研究種目：若手研究（B）
 研究期間：2011～2012
 課題番号：23730830
 研究課題名（和文）ものづくり教育における設計学習を支援するシミュレーション教材の開発
 研究課題名（英文）Structural design material 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

研究成果の概要（和文）：

本研究では、中学校技術科の構造設計学習を支援するソフトウェアの開発と、それを活用した教材開発を目標とした。そのため、教材開発、ソフトウェア開発と中学校技術科教材としての評価を2年間の研究期間において実施した。コンピュータシミュレーションを利用した強度設計に対する理解を支援するソフトウェアを開発し、予備実践を行い、その効果について調査した。また、開発したソフトウェアを中学校技術科の授業で実践するにあたり、本教材を活用した授業案を作成し、その有効性について検討した。

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 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.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	2,500,000	750,000	3,250,000

研究分野：材料工学，機械力学，技術科教育学

科研費の分科・細目：教育学・教科教育学

キーワード：技術科教育，コンピュータシミュレーション，ものづくり教育，設計，CAE

1. 研究開始当初の背景

シミュレーションとは、実際に行うことが困難、不可能、または危険である実験に対して小規模なモデルや模型やコンピュータによる計算から模擬的に実験をするものであり、教育でのコンピュータ活用という文脈では、シミュレーションの持つ教育的効果が着目されてきた。

佐伯胖は「コンピュータと教育」の中で学習者が問題解決や探究活動において、シミュレーションを用いて略図を描くことによって、深い概念理解へ導かれるとしている。一方、赤堀侃司は「学校教育とコンピュータ」の中で、シミュレーションによって次のようなプロセスを持つ帰納的学習が支援できると述べている。

1. 観察：色々いじってみる、比較してみる、記録してみる
2. 仮説の生成：ルールや規則の発見
3. 仮説の確認・検証：他の状態で見えてみる、試してみる

本研究で対象とする中学校の技術科では、コンピュータの活用といえばプレゼンテーションや製図学習が主である。しかし技術科本来の教科目標や、ものづくり教育を対象とすれば、学習者の問題解決や探求活動場面を重要視しており、シミュレーションを活用した学習活動が有効であると考えられるが、そのような研究はほとんど行われていないのが現状である。これは、シミュレーションの教育活用において問題視されることの多い「現実との乖離」に起因するのではないだろうか。すなわち、教育者は、学習者が現実と疑似体験の区別がつきにくくなり、逆に疑似体験を現実だと思いこむ可能性を懸念していると考えられる。

そこで本研究では、中学校技術科におけるシミュレーション技術を活用した授業・教材の意義と課題を明らかにしつつ研究を展開する。

一方、研究代表者は、中学校の技術科において現在行われている情報技術に関する教育内容の問題を、全国の技術科担当教員を対象とした質問紙調査から明らかにし、その改善案としてシミュレーション技術や計測・制御技術などの最先端ものづくり技術を導入した技術科の教育内容を提案してきた。本調査では、ものづくりにおける設計段階で構造設計の検討に十分な時間をとらず、単に製図し、製作するだけに終わり、知識の定着とその活用が疎かにされた授業が展開されている現状が明らかになった。本来ものづくりを通して問題解決の能力や自発性、創造性を育むためには、単にモノの製作体験をするだけでなく、材料の特性や構造設計に関する知識を礎とした設計や製作について学習する必要がある。これにより生徒の創意工夫が製品に活かされ、ものづくりへの意欲が高められることによって創造性は養われると考える。しかしながら、中学校の技術科においては、授業時間数の削減や、情報分野の学習内容の増加などに伴い、ものづくりにおける設計に関する学習時間を十分に確保できない現状にある。

2. 研究の目的

ものづくりの構造設計段階に着目し、コンピュータシミュレーションを利用した強度設計に対する理解を支援する教材を提案し、構造解析システムを開発することを目的とする。そして、開発した教材を用いた授業を実践し、中学校技術科における設計学習の意

義について検討し、構造と強度の学習分野において、その効果を検証する。

3. 研究の方法

本研究では、中学校技術科の設計学習に着目し、ブリッジコンテストを題材として、設計学習の意義について検討し、構造と強度に関する学習についての教材開発を実施する。そこで、ブリッジコンテストをコンピュータ上で実施することのできるバーチャルブリッジコンテストソフトウェアを開発し、授業実践を行うことで、その有効性について検証する。

まず、ブリッジコンテストをコンピュータ上でバーチャルに実施するソフトウェアを開発する。その構造解析システムとして、有限要素法による応力解析プログラムを開発する。本教材の特徴としてCAE (Computer Aided Engineering) を用いていることが挙げられる。CAEは自動車や航空産業など現代の多くの生産現場で活用されているコンピュータを活用したものづくりの総称であるが、CAEを中学校技術科のようなものづくり教育に導入することで、コンピュータ上で仮想的なものを作り、様々な角度から仮想実験を繰り返すことで、実際の試作・実験回数を減らし、短時間で定量的な設計段階での製品の特性が予測できるようになると考える。また、試行錯誤する中で、構造と強度の関係について気づき、それをものづくりに応用することで、知識・理解が深まり、技能が身につくと考える。本研究では、題材としてブリッジコンテストを取り上げ、実際に授業実践をすることにより開発教材の有効性及び問題点を明らかにする。

次に、開発教材を用いた授業案を作成する。ここでは特にシミュレーションの活用場面に焦点をあて、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、授業案に反映させたい。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も気づき、その役割について理解できるような授業構成とする。

本研究で開発するソフトウェアは、インタラクティブな操作性に特徴がある。例えば構造変更を行うと同時に、その構造の変形状態と応力の分布状態が示され、強度評価を行うことが可能となる。市販のソフトウェアにおいても同様の機能を有するものはなく、また教育用に使用を考えた場合、中学生が短時間で市販ソフトウェアの操作を習得するのは困難である。これに対し、開発するソフトウェアは数回のマウスクリックで構造変更を可能とし、結果が画面に表示されるため、操作学習に時間がほとんど不要で、設計学習に

十分な時間をとることが出来るところに利点がある。

また、このようなソフトウェアを使用することで、これまで製作し、強度実験を行わなければ計測することが出来なかった強度値を、短時間に定量的に評価できる上、構造のどの部分に応力が集中し、破壊に至るのかを視覚的にとらえることが出来るため、構造設計の基礎的な力量を試行錯誤的に修得することができる。と期待できる。

開発したソフトウェアの検証のために、実際に構造模型を作成し、実験を行う。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やプラスチック材料を用いて模型を作成し、実験を行う。同様の構造を開発したソフトウェアにおいてもモデル化し、計算を実行し、実験結果と比較する。

4. 研究成果

本研究では、中学校技術科の構造設計学習を支援するソフトウェアの開発と、それを活用した教材開発を目標とする。そのため、教材開発、ソフトウェア開発と中学校技術科教材としての評価を2年間の研究期間において実施した。

まず、コンピュータシミュレーションを利用した強度設計に対する理解を支援するソフトウェアを開発し、実験を行い、その精度について調査した。ソフトウェアの開発においては、インタラクティブな操作性と、視覚的に構造と強度を理解できるよう、ソフトウェア開発し、精度検証を実施した。開発したソフトウェアでは、3回のクリックのみで部材補強を評価できるようユーザーインターフェースを構築した。また、部材の使用量、最大たわみ、応力を定量的に評価できるよう画面上に表示する機能を設けた。また、視覚的に応力分布をとらえられるように、各部材の応力分布をカラーで表示できる機能を設けた。そして、開発したソフトウェアの有効性を検証するため、実際にアクリル樹脂を用いた3点曲げ実験とシミュレーション結果の比較により、たわみ及び強度に関して、開発したソフトウェアが十分な精度を有していることを確認した。

また、開発したソフトウェアを中学校技術科の授業で実践するにあたり、本教材を活用した授業案を作成し、現職の中学校教員から教育課程での位置づけや授業計画について情報収集した。さらに授業実践として、中学校技術科の授業において開発したソフトウェアを使用し、構造と強度の学習に活用し、その有効性について検討した。

その結果、コンピュータシミュレーションによる仮想ブリッジコンテストを行ったことで、より丈夫なブリッジを製作することが

でき、ものづくりの問題解決の質が高まったと考えられる。また情報技術がものづくりの問題解決の質を高め、現代の産業を発展させてきたことに気付かせることができたと考えられる。さらに生徒の記述を分類すれば、単にコンピュータシミュレーションに関連する内容だけではなく、技術の社会的役割や技術的思考、身の回りの製品開発に対する興味・関心も示していることが明らかとなった。

以上のことから、本研究で開発した教材は、中学校技術科の設計学習において学習効果をも高めるのに非常に有効な教材であると考えられる。

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1件)

- (1) 松本金矢、古市裕太、中西康雅、技術教育のための総合的な材料加工教材の提案、三重大学教育実践総合センター紀要、査読無、33巻、2012、44-50

[学会発表] (計8件)

- (1) 青木智美、中西康雅、防災・減に関する建物の構造学習ため地震応答シミュレーション教材開発、第30回日本産業技術教育学会東海支部大会、2012年11月25日、三重大学
- (2) 藤山秀公、中西康雅、宇宙を題材にした技術科の授業実践、第30回日本産業技術教育学会東海支部大会、2012年11月25日、三重大学
- (3) 藤山秀公、中西康雅、技術教育との宇宙教育連携プログラムの開発(第3報)、第56回宇宙科学技術連合講演会、2012年11月20日、別府国際コンベンションセンター
- (4) 中西康雅、画像処理技術に基づく材料強度と構造設計学習を支援する教材の開発、日本産業技術教育学会第55回全国大会、2012年9月2日、北海道教育大学
- (5) 中西康雅、テキスタイル複合材料の振動減衰シミュレーション技術の開発、日本繊維機械学会第1回バーチャルテキスタイル研究会、2012年6月29日、大阪科学技術センター
- (6) 藤山秀公、中西康雅、宇宙関連技術を題材とした中学校技術科の教材開発、第29回日本産業技術教育学会東海支部大会、2011年12月3日、岐阜大学
- (7) 中西康雅、竹野英敏、中学校技術科に

における数値シミュレーション技術を活用した構造設計学習教材、日本機械学会年次大会、2011年9月3日、東京工業大学

- (8) 中西康雅、藤山秀公、組紐を題材とした生物育成と材料加工教材の開発、日本産業技術教育学会第54回全国大会、2011年8月27日、宇都宮大学

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