

平成 23 年 5 月 31 日現在

機関番号：32601

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2008～2010

課題番号：20500784

研究課題名（和文）理工学部専門教育におけるモデルに基づく深い知識獲得のための教材開発環境

研究課題名（英文）Environment for Development of Teaching Material Based on Deep Knowledge by Mathematical Model in Engineering Education

研究代表者

佐久田 博司（SAKUTA HIROSHI）

青山学院大学・理工学部・教授

研究者番号：10170630

研究成果の概要（和文）：理工学専門教育における学習者の理解度を、インタラクティブなクイズ型の教材によって向上させることを目的として、開発教材を広く利用できるソフトウェア環境を構築し、実験を行った。概念形成と定量的な評価能力を同時に獲得することを深い知識獲得として実験結果を考察した結果、力学の専門分野における効果を整理することができた。今後、他分野での応用への方針が提案可能となった。

研究成果の概要（英文）：Students' level of understanding of science and engineering subjects in professional education, are expected to be improved by the aim of the interactive quiz-type materials. Building of software development environments are applied to experiments to be carried out. As a result of examining the results acquired in-depth knowledge acquired at the same time that the concept and quantitative assessment capabilities, we were able to organize effectively in the special field of mechanics. It makes possible to apply a policy proposal in other areas.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,500,000	450,000	1,950,000
2009年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2010年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
総計	3,600,000	1,080,000	4,680,000

研究分野：設計情報工学, 科学教育

科研費の分科・細目：科学教育・教育工学・科学教育

キーワード：科学教育カリキュラム、モデル、WBT、MBL

1. 研究開始当初の背景

(1) e-ラーニング教育の全般的な状況：理工学系高等教育における e-Learning の果たす役割は、既に各大学等のコンテンツの蓄積の下で、一定の評価を受けていた。代表的な例として、マサチューセッツ工科大学

（以下 MIT と略）の OCW（OpenCourseWare）が知られている。2007年度において約2000科目を全世界に Web で公開し、自由に閲覧することを可能としており、教育用知的資産の共有方法の

代表例である。これ以外の動向としては、教材の管理システムとして、商用製品やオープンソースアプリケーションが既に多く開発され、各組織におけるコンテンツアーカイブの開発環境は整えられつつあり、この動きは当初から現在まで加速している。

(2) コンテンツの質と適用範囲：工学教育における e-Learning コンテンツの質は、未だ、書籍や、教室の授業ノートの範囲を大きく踏み出しているとはいえない。つまり、工学分野における本質的な知識獲得のための手法は、ソフトウェアのレベルで開発の途上である。

(3) 先行研究：代表者らは、1997年度より、この手法のサーベイおよび、基盤システムの開発を行っている。基盤ライブラリについては、2003年度に Java クラスライブラリで記述した数値計算手法をまとめて出版し、以降の授業に活用している。それ以降、Web を活用して、図形表現による知識獲得の改善手法の研究は、図形科学などの講義演習に反映され、CAD と図法幾何を融合した科目構成を実現するに至っている。また、力学系の設計手法については、前記クラスライブラリを基礎として、インタラクティブな教材開発を継続的に実施しており、Model Based Learning と称して、設計工学や材料力学における教材を公開している。同時に、大学間のプロジェクト型演習を MIT と実施しており、プロジェクトパートナー間の時差の問題等の課題を解消する方法などを検討していた。その他に、学習における分野毎の基本述語や用語の学習方法のための Web アプリケーションを開発し、その効果を実証する活動などを、機械要素設計の基本述語や、英語の専門用語について講義演習の中で継

続的に行っている。

(4) 適用可能な事例：本計画に先行して、構造設計において最も基本的な構成要素である「はり」の基本特性についての知識の整理、および知識獲得のための基盤ライブラリを構築し、「Beam Master 2007」として公開した。

2. 研究の目的

(1) 微分方程式系を構成方程式とする設計分野のクラスライブラリとアプリケーション開発：構造物の振動設計については、研究協力者の Connor 教授 (MIT) の提唱する、Motion Based Engineering を基に、既にいくつかのアプリケーションとして、代表者の開発したライブラリによる教材が OCW および専用サイト (<http://moment.mit.edu>) 上で公開されている。本研究では、ここで得た知見を基礎として、リアルタイムシミュレーションとその効果について、教育と知識獲得以外の実用的な用途も視野に入れてライブラリの拡充を図る。

(2) 教材開発者のためのクラスライブラリ活用環境の整備：オブジェクト指向によるアプリケーションの開発は、まだ個別の研究機関や個別の課題についての実務的な面では十分浸透しているとはいえない現状である。ここで提案するライブラリでは、オブジェクト指向開発手法を取ることによって、短時間に多様なアプリケーションを開発することができるが、開発者は、その手法に知識と経験を有することが必要である。

(3) 以上の環境によって、理工学における深い理解のための教材の必要条件を模索するために実験を行う。

3. 研究の方法

(1) ライブラリ整備：本研究で着目した「はり」モデルのためのライブラリは、力学系の物理量と材質、寸法などを変数として内蔵するオブジェクトであり、はりに対する外力や、せん断力、曲げモーメント、スロープ、たわみ等の分布変量の表示形も内蔵するため、クイズシステムへの適用が容易になる。クイズシステムは、「Beam Master 2010 Quiz」とした。

(2) サーバサイトの構築：被験者の管理のために、Moodle (LMS) を利用した。これにより、集計等の作業の効率化が図れた。

(3) 実験の実施：実験結果の一例を以下に示す。理工系学部2, 3 年生を対象として「Beam Master 2010 Quiz」の各設問を解答時間無制限で全問回答させた。ここでは、クイズの対象となる物理量についての理解は、まだ十分でない段階を選んで実験を行った。評価としては、問題の正誤、解答をボタン入力するまでに要した時間をもとに分析した。図1に問題毎の正解者数とともに、平均秒数を全員と不正解者のものを記した。この図からも基本的に全員が同程度の解答時間をかけていることが分かるが、難易度の高い、計算が必要となる問題（例えば図中の問題8）は、正解者が特に時間をかけていることが分かる。

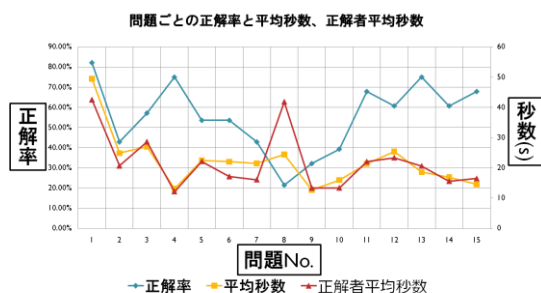


図1 問題毎の正解者数と平均秒数

基本的な解答時間は 10 秒から 30 秒程度であることが図から読み取れる。設問毎の難易

度はあるが、平均的には、問題形式に慣れる時間を要する設問 1 を除いては、解答時間は一定と考えられる。正誤のばらつきは、設問毎の難易度が大きく、理解の難しい構造が抽出できることになる。

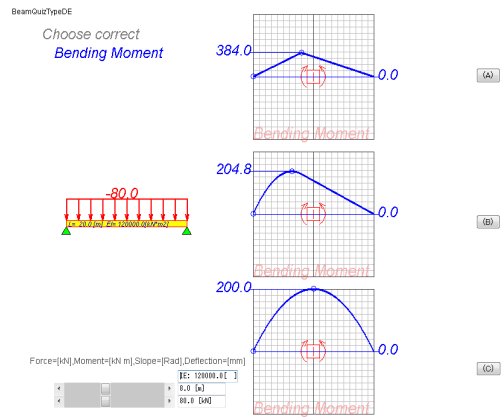


図2 分布荷重による曲げモーメント（問4）

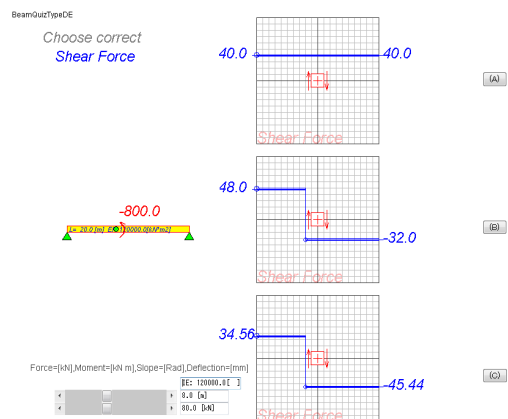


図3 ねじりによるせん断力（問8）

(2) 考察：被験者が、経験的に概念が形成されていると判断できる、はりの曲げや、たわみ等を対象とするクイズは、比較的短時間に正解に到達することが分かった（図2）。それに対して、日常生活では定量的な感覚を持ちにくい「ねじり」について変数値をパラメータとする設問の正解率は著しく低いことが分かった（図3）。

この結果として、予め概念形成を行うことの重要性が再確認できた。また、体

感的な理解は、深い理解の一要素であることが示唆されたと考える。

4. 研究成果

(1) ライブラリの開発：本研究においては、アプリケーションとしては「はり」のクラスライブラリの機能を高度化することによって学習用の「Beam Master 2007」から「Beam Master 2010 Quiz」まで利用可能な汎用ライブラリが開発できた。本例を基にすることによって、高度な要素ライブラリを開発することが可能になったと考えられる。これらをさらに有機的に組み合わせることによって高度なアプリケーションモデルが構築可能となる。

(2) 実験環境の構築：本研究では、LMS にクイズシステムを組み込む形式で環境を整えた。一般に e-ラーニングの利用環境は、整備が進み、いくつかの代表的なシステムに機能が集約される傾向にあるので、本研究以降も、この環境を継承することによって効率的な利用環境が得られる。

(3) 理工学教育における深い理解に関する定量的評価手法の提案：感覚的な現象や原理の理解、体感的な体得する定量的な評価基準、直感的な判断、などは、深い理解を達成するためには重要な要素であることが推測されているが、本実験のように、被験者による傾向の把握は、今後も、教育上の観点から進める必要があると思われる。

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 20 件)

- ① 矢吹太朗, 佐久田博司. SQL による数独の解法とクエリオプティマイザの有効性. 日本データベース学会論文誌, 査読有, Vol.9, No.2, pp.13-18, 2011

- ② 高沢健太, 矢吹太朗, 佐久田博司. 論文マッピングによる研究知識の可視化手法の提案. 創立 50 周年記念 (第 72 回) 全国大会講演論文集, 査読なし, 第 1 巻, pp. 393-394. 情報処理学会, 2010.
- ③ 渋谷俊介, 矢吹太朗, 佐久田博司. 動画へのコメント付加機能を持つ Wiki の開発. 創立 50 周年記念 (第 72 回) 全国大会講演論文集, 査読なし, 第 1 巻, pp. 877-878. 情報処理学会, 2010.
- ④ 山本努, 矢吹太朗, 佐久田博司. MapReduce を活用したコンテンツベースレコメンデーションのための分散処理システム. 創立 50 周年記念 (第 72 回) 全国大会講演論文集, 査読なし, 第 3 巻, pp. 397-398. 情報処理学会, 2010.
- ⑤ 吉岡宏記, 矢吹太朗, 佐久田博司. 英文 web ページを活用する語彙力向上支援システム. 創立 50 周年記念 (第 72 回) 全国大会講演論文集, 査読なし, 第 6 巻, pp. 603-604. 情報処理学会, 2010.
- ⑥ 渡邊貴志, 矢吹太朗, 佐久田博司. Web 利用履歴のリアルタイムモニタリングによるクラスの学習状況把握ツールの開発. 信学技報 (電子情報通信学会技術研究報告 [教育工学]), 査読なし, Vol. 109, No. 335, pp. 37-42, 2009.
- ⑦ 今田智大, 矢吹太朗, 佐久田博司. 双方向性を持つウェブ閲覧システムの開発. 情報処理学会シンポジウムシリーズ (インタラクション 2009 CD-ROM 論文・デモコンテンツ集), 査読なし, Vol. 2009, No. 4, 2009.
- ⑧ Tsutsumi, W. Ishikawa, H. Sakuta, K. Suzuki, Analysis of Causes of Errors in the Mental Cutting Test – Effects of View Rotation, Journal for Geometry and Graphics, 査読有, Vol.12, pp109-120, 2008

- ⑨ 舟口聡, 矢吹太朗, 佐久田博司. 図法幾何学演習問題の解法アニメーション生成システム. 第 70 回 (平成 20 年) 全国大会講演論文集, 査読なし, 第 4 巻, pp. 263-264. 情報処理学会, 2008.
- ⑩ 今田智大, 矢吹太朗, 佐久田博司. ウェブアプリケーションを利用したウェブへの双方向性導入の提案. 第 70 回 (平成 20 年) 全国大会講演論文集, 査読なし, 第 1 巻, pp. 537-538. 情報処理学会, 2008.
- ⑪ 佐久田博司, Jerome J. Connor, 矢吹太朗. 力学の深い知識獲得のための図的表現による学習者支援環境第 2 報構造設計への応用. 2008 年度大会学術講演論文集, 査読なし, pp. 81-84. 日本図学会, 2008.
- ⑫ Taro Yabuki and Hiroshi Sakuta. Development of collaboration environments for web-based learning. Journal of Computers, 査読有, Vol. 2, No. 8, pp. 1-6, 2007.
- [学会発表] (計 26 件)
- ① Taro Yabuki, Hiroshi Sakuta, and Hiroki Yoshioka. Vocabulary building support system by converting web pages. In LINC 2010 Conference Proceedings. MIT Learning International Networks Consortium (CD-ROM), Boston, U.S.A., 2010.5.24
- ② 渡邊貴志, 矢吹太朗, 佐久田博司. 学習者の Web 利用履歴を活用する e-Learning 環境の構築. 第 2 回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム (DEIM2010). 電子情報通信学会データ工学研究専門委員会, 日本データベース学会, 情報処理学会データベースシステム研究会, 淡路夢舞台国際会議場, 2010.3.1
- ③ 矢吹太朗, 佐久田博司. SQL による数独の解法. 第 2 回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム (DEIM2010). 電子情報通信学会データ工学研究専門委

員会, 日本データベース学会, 情報処理学会データベースシステム研究会, 淡路夢舞台国際会議場, 2010.3.1

- ④ 矢吹太朗, 佐久田博司. パズルのためのプログラミング言語. Future University-Hakodate Annual Workshop on Artificial Intelligence (FUN-AI-09), 公立はこだて未来大学, 2009.2.21,

[図書] (計 2 件)

- ① 矢吹太朗, (監修) 佐久田博司, 森北出版, Web アプリケーション構築入門第 2 版, 総 pp. 197, 2011
- ② 岡田昌章 (1 1), 日本冷凍空調学会, 冷凍空調便覧 第 I 巻 基礎編, pp. 27-29, 2010

[その他]

ホームページ等

<http://sakuta.idea.it.aoyama.ac.jp/BeamMaster/login.html> (クイズシステム)

<http://icampus.it.aoyama.ac.jp/tsukuba/> (筑波技術大学用サーバシステム)

<http://cms.cseis.aoyama.ac.jp/> (青山学院大学用サーバシステム)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

佐久田 博司 (SAKUTA HIROSHI)
青山学院大学・理工学部・教授
研究者番号: 1 0 1 7 0 6 3 0

(2) 研究分担者

矢吹 太朗 (YABUKI TARO)
青山学院大学・理工学部・助教
研究者番号: 7 0 3 8 3 5 1 0

岡田 昌章 (OKADA MASA AKI)
筑波技術大学・産業技術学部・教授
研究者番号: 6 0 1 6 9 1 1 7

(3) 研究協力者

Jerome J. Connor
Massachusetts Institute of Technology ·
Dept. of Civil & Environmental
Engineering · Professor