

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 29 日現在

機関番号：13901

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2010～2014

課題番号：22500917

研究課題名(和文) 数式処理システムを活用した自然科学教育 e ラーニングシステムの構築と教材の体系化

研究課題名(英文) Constructing e-learning system for science-related subjects with use of computer algebra system and systemization of teaching materials

研究代表者

中村 泰之 (Nakamura, Yasuyuki)

名古屋大学・情報科学研究科・准教授

研究者番号：70273208

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,600,000 円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は、Web上での数式の扱いに重点をおき、数式処理ソフトウェアを活用した、数式評価可能なオンラインテストを含むWeb教材を開発することと、それらを用いてサーバ上にシステムを構築し、LMSとの連携を実現することによる、自然科学教育に有効な新しいeラーニングシステムの開発である。主に、LMSと連携した数学オンラインテストシステムSTACKを積極的に活用し、また、日本での活用を推進するための多言語化を実施するとともに、数式評価可能な問題を作成するための支援ツールの開発を行った。

研究成果の概要(英文)：We emphasis on treating mathematical expressions on Web and our goal is to develop teaching materials including on-line test that can assess mathematical expression as an answer. In order to realize it, we extremely use mathematical e-learning system STACK (System for Teaching and Assessment using Computer Algebra Kernel) and localize it in order to encouraging to use the system in Japan. We also develop question authoring tool for creating questions of on-line test.

研究分野：教育工学

キーワード：自然科学 e ラーニング Moodle STACK

1. 研究開始当初の背景

近年の通信環境の高速化・広帯域化、また様々なインターネット技術の開発に伴い、教育にコンピュータを利用する、いわゆる e ラーニングの有効性を考慮し、Java アプレットを用いたシミュレーションなどの自然科学系の教材開発、遠隔実験システムの開発がさかんに行われてきていた。申請者もこれまで、Web 上で実行可能な、Java を用いたシミュレーション教材の開発を多く行ってきた(特定領域研究(A)(平成12年度)課題番号12040221)。この中には、Java3Dの技術をいち早くシミュレーション教材に取り入れ、Web 上で3次元可視化を可能にしたシミュレーションを実現することができた(特定領域研究(A)(平成13年度)課題番号1320219)。また、シミュレーションだけではなく、放射能測定実験の遠隔操作、リモートセンシング実験など、実際の実験に応用することなどにも取り組み、教材開発では先駆的な研究を行ってきた。

近年は、これらコンテンツとしての教材開発にも様々な工夫がなされており、その一例として、申請者は Java と数式処理ソフトウェアを統合することによる、新しいタイプの教材開発を世界に先駆けて行ってきた(基盤研究(C)(2)(平成16-17年度)課題番号16500585)。また、講義全体の運営、管理のために、Blackboard、Moodle などの LMS が多くの機関で導入され、実際に講義で利用されている。LMS を導入することの利点として、コース管理だけでなく、オンラインテストという形式で、受講者が時間・場所に拘束されることがなく、納得のいくまで課題に取り組み、しかもその結果が自動的に採点・評価され、受講者の理解度を向上させている機能が含まれている点があげられる。従来、そのオンラインテストで自動評価されるものは基本的に、選択形式、項目群の整合評価形式、短答形式に限られていたが、申請者は、数式を扱う課題をオンラインテストで課し、評価することを可能にするシステムとして英国で開発された STACK というシステムを整備、拡張し、LMS に統合することにより、数式評価可能なオンラインテストを LMS 上に構築した。このことにより、例えば、ある微分の計算問題を解く課題が出された時、与えられた複数の候補の中から正解を選択する形式ではなく、受講者の導き出した答えそのものを数式として評価でき、その結果が成績として LMS に集計・統合されることが可能となった。

しかしながら、そのようなオンラインテストの問題、教材はまだ数が限られており十分に体系化されているとは言いがたい。また、上記システムを構成しているソフトウェアの仕様により、問題を作成する際、付随するグラフ、図の掲載には、いくつかの制限があった。

2. 研究の目的

本研究では Web 上での数式の取り扱いに重点をおき、数式処理ソフトウェアを応用した、数式評価可能なオンラインテストを含む Web 教材を開発することと、そのような教材・オンラインテストの蓄積、体系化を目的とする。また、既存のオンラインテスト・評価システムの高機能化も実現していく。具体的な目的は以下のとおりである。

(1) 単なる数値的な扱いにとどまることなく、Web 上で数式の入出力、計算、評価(正誤判定)、計算結果の視覚化・グラフ化・アニメーション化を可能にした、オンラインテストを含む、自然科学系 Web 教材の開発。また、携帯端末も視野にいたるサーバサイドの数値計算・数式処理によるデモ用シミュレーション教材の開発とその蓄積・体系化。

(2) 既存のオンラインテスト・評価システムの高機能化。

3. 研究の方法

そして、Web 上での数式処理オンラインテストシステムの開発に関しては、これまで開発を続けてきた STACK の利用を考えている。STACK では、数式を解答として要求する問題を提示することが可能であり、Moodle の小テストの一部として実行が可能である。生徒の解答に応じて、様々なフィードバックを返すことができるという特徴がある。STACK では、そのことを実現するために、「ポテンシャル・レスポンス・ツリー」という概念を導入し、生徒の解答に応じて、適切なフィードバックを返すことを可能としている。しかし、これを各問題に実装するためには、慎重な問題設計が必要となり、労力を要する。そこで、その作業を効率化させるためのチャートを設定し、より手軽に問題作成が可能となるようなシステムを設計することができれば、大変有効である。

また、STACK の問題提示時には、グラフや図を利用することも可能である。しかし、グラフは簡単な一変数関数の描画にとどまり、利用機会が限られてしまう。二変数関数などを提示し、それをマウスにより任意に回転させながら、考察を加えながら解答するよう生徒に促せば、より教育効果もあがると考えられる。

そのことを目的として、STACK の高機能化を目指していく。具体的には、商用の数式処理サーバソフトウェアである MapleNet を利用する。MapleNet はバージョンアップにより、PHP 言語からも動作することができるようになり、PHP 言語で書かれている STACK との親和性が高いと考えられる。

4. 研究成果

(1) 「数学 e ラーニング」という書籍を出版し、STACK の活用方法について述べた。また、教材の体系化の一環として、ポータルサイトを構築し、テンプレートとなるオンラ

インテストを公開している
(<https://ja-stack.org/>)

(2)主に, Webでの教材配布を想定し, 図入り文書を効率的に作成することのできるライブラリKETpic(<http://ketpic.com/>)の利用を支援することのできるインターフェース作成に取り組み, 3次元プロットまで可能にするインターフェースを開発した。これにより, CUIを中心としたKETpicの利用に加えて, GUIを使用することで, より直感的な利用を可能とした。

(3)STACKの高機能化の一つとして, グラフ描画の機能強化に取り組んだ。STACKはグラフ生成にgnuplotを利用しているのに対し, 本研究では, STACKのソースコードを改良することにより, 数式処理ソフトウェアMapleを計算エンジンとするサーバソフトウェアMapleNetをSTACKと連携させた。その結果, Mapleの豊富な描画機能を活用することによる, 高度なグラフ描画を可能にするだけでなく, 描画速度の向上も達成することができた。

(4)STACKの問題作成をより効率的に行うための, 問題作成支援ツールを開発した。この支援ツールはExcelとVBAを活用したもので, 利用者にとって馴染みの深いインターフェースであることに加え, オフラインでの問題作成が可能であり, また, 学生の回答に応じて適切なフィードバックを与える機構である, ポテンシャル・レスポンス・ツリーの構成を容易にするためのツリーの可視化を実現することができた。

(5)タブレットなどの携帯情報端末での利用を視野に入れた教材として, iBooks Authorで利用可能なデジタル教科書において, 練習問題としてSTACKの問題をはじめとしたMoodleの小テストを利用可能にするための, デジタル教科書とLMSとの連携の仕組みを構築することができた。

(6)STACKをより手軽に利用することを目的として, USBフラッシュメモリから利用することのできる, ポータブルSTACKを開発した。これにより, たとえインターネット環境がない場合でも, 学生はSTACKの問題演習結果としてUSBフラッシュメモリを媒体として提出することが可能となった。

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15件)

(1) Yasuyuki Nakamura, Takahiro Nakahara and Minoru Akiyama, TEACHING OF

DIFFERENTIAL EQUATIONS USING MATHEMATICS E-LEARNING SYSTEM STACK, Proceedings of the IADIS International Conference e-Learning 2010, 査読有, Vol. 2, pp. 227-230, 2010

(2) 中村泰之, 中原敬広, 秋山實, STACKとMoodleで実践する数学eラーニング, 数理解析研究所講究録1674「数式処理と教育」, pp. 40-46, 2010

(3) Yasuyuki Nakamura, Setsuo Takato, Graphical user interface for drawing 3D plots with KETpic, Proceedings of the 11th International Conference on Computational Science and Its Applications, 査読有, pp. 60-65, 2011

(4) 中村泰之, 中原敬広, 秋山實, STACKとMoodleによる数学eラーニング, 数理解析研究所講究録1735「数式処理と教育」, pp. 9-16, 2011

(5) Yasuyuki Nakamura, Haruhito Amano, Takahiro Nakahara, Enhancement of Plotting Function of Math e-Learning System STACK, Proceedings of World Conference on E-Learning in Corporate, Government, Healthcare, and Higher Education 2011, 査読有, pp. 2621-2627, 2011

(6) Yasuyuki Nakamura and Takahiro Nakahara, Math e-Learning System STAK2.2 and a Prototype of Question Authoring Tool, Work-in-Progress Poster of the International Conference on Computers in Education: ICCE 2011, 査読有, pp. 27-29, 2011

(7) 安田淳一郎, 齋藤芳子, 小西哲郎, 中村泰之, 千代勝実, 古澤彰浩, 三浦裕一, 物理学講義における系統的演示実験の試み, 大学の物理教育, 査読有, 17巻3号, pp. 121-124, 2011

(8) Yasuyuki Nakamura, Yuka Ohmata, Takahiro Nakahara, DEVELOPMENT OF A QUESTION-AUTHORING TOOL FOR MATH E-LEARNING SYSTEM STACK, Proceedings of the IADIS International Conference e-Learning 2012, 査読有, pp. 435-440, 2012

(9) Yasuyuki Nakamura, Koichi Yasutake, Osamu Yamakawa, SOME ASPECTS OF MATHEMATICAL MODEL OF COLLABORATIVE LEARNING, Proceedings of the IADIS International Conference on Cognition and Exploratory Learning in Digital Age, 査読有, pp. 305-307, 2012

(10) 中村泰之, 天野晴仁, 中原敬広, 秋山實, 数学eラーニングシステムSTACKのグラフ描画機能の強化, 数理解析研究所講究録1780「数学ソフトウェアと教育」, pp. 89-93, 2012

(11) Yasuyuki Nakamura, Kenji Fukazawa, Takahiro Nakahara, Development of

Portable STACK: Packaged Math e-Learning System, Proceedings of World Conference on E-Learning, 査読有, pp. 2468-2473, 2013

- (12) 曾我聡起, 小森良隆, 中村泰之, iBooks Author を用いた数式表現の可能性に関する考察, 数理解析研究所講究録 1865「数学ソフトウェアと教育」, pp. 171-178, 2013
- (13) 中原敬広, 中村泰之, Moodle と STACK3 による数学問題バンクの構築に向けて, 数理解析研究所講究録 1865「数学ソフトウェアと教育」, pp. 130-136, 2013
- (14) Kohei OGAWA, Yasuyuki NAKAMURA, Koichi YASUTAKE, Osamu YAMAKAWA, Mathematical model for collaborative learning: acquiring hierarchic-structured knowledge, Proceedings of the 21st International Conference on Computers in Education, 査読有, pp. 247-251, 2013
- (15) Yasuyuki Nakamura, Tetsuya Taniguchi, Takahiro Nakahara, Development of an Item Bank System for the Mathematics e-Learning System STACK, Proceedings of the 18th Asian Technology Conference in Mathematics, 査読有, pp. 155-161, 2013

〔学会発表〕(計 33 件)

- (1) Yasuyuki Nakamura, Takahiro Nakahara and Minoru Akiyama, TEACHING OF DIFFERENTIAL EQUATIONS USING MATHEMATICS E-LEARNING SYSTEM STACK, IADIS International Conference e-Learning 2010, 2010.7.26, フライブルク大学(ドイツ)
- (2) 中村泰之, 中原敬人, 秋山實, STACK を利用した物理数学授業実践の報告, 2010PC カンファレンス, 2010.8.8, 東北大学
- (3) 中原敬人, 中村泰之, 秋山實, 数学 e ラーニングを実現する STACK の日本語化と改善, 2010PC カンファレンス, 2010.8.8, 東北大学
- (4) 中村泰之, 中原敬人, 秋山實, STACK を利用した数学の問題を解算する生徒の思考過程の検証, 教育システム情報学会第 35 回全国大会, 2010.8.28, 北海道大学
- (5) 中村泰之, 中原敬広, 秋山實, STACK と Moodle による数学 e ラーニング, 京都大学数理解析研究所研究集会「数式処理と教育」, 2010.8.30, 京都大学
- (6) Yasuyuki Nakamura, Takahiro Nakahara and Minoru Akiyama, Online Test for Mathematics and Physics Class Using STACK, 5th European Workshop Mathematical & Scientific e-Contents, 2010.9.10, サラマンカ大学(スペイン)
- (7) 中村泰之, Mobile-learning の実践例, 2010PC カンファレンス 北海道, 2010.11.7, 北海道教育大学函館校
- (8) Yasuyuki Nakamura and Setsuo Takato, Graphical user interface for drawing 3D plot by KETpic, The 15th Asian Technology Conference in Mathematics, 2010.12.19, マラヤ大学(クアラルンプール)
- (9) 中村泰之, 中原敬広, 秋山實, 数学 e ラーニングを実現する STACK の日本語化と改善, 情報教育研究集会, 2010.12.11, 京都府民総合交流プラザ 京都テルサ
- (10) Yasuyuki Nakamura, Setsuo Takato, Graphical user interface for drawing 3D plots with KETpic, 11th International Conference on Computational Science and Its Applications, 2011.6.21, サンタンデル(スペイン)
- (11) 中村泰之, 天野晴仁, 中原敬広, 秋山實, 数学 e ラーニングシステム STACK のグラフ描画機能の強化, 2011PC カンファレンス, 2011.8.8, 熊本大学
- (12) 中村泰之, 天野晴仁, 中原敬広, 秋山實, 数学 e ラーニングシステム STACK の描画機能の改善, RIMS 研究集会「数学ソフトウェアと教育」, 2011.8.24, 京都大学
- (13) 中村泰之, 中原敬広, 数学 e ラーニングシステム STACK2.2 とその問題作成ツールの試作, 教育システム情報学会第 36 回全国大会, 2011.8.31, 広島市立大学
- (14) 中村泰之, MapleNet を利用した教材開発と Web アプリケーション開発授業, Maple Academic Conference 2011, 2011.9.14, 富士ソフトビル(東京)
- (15) Yasuyuki Nakamura, Haruhito Amano, Takahiro Nakahara, Enhancement of Plotting Function of Math e-Learning System STACK, World Conference on E-Learning in Corporate, Government, Healthcare, and Higher Education 2011, 2011.10.18, ホノルル(USA)
- (16) Yasuyuki Nakamura, Takahiro Nakahara, Math e-Learning System STACK2.2 and a Prototype of Question Authoring Tool, The 19th International Conference on Computers in Education, 2011.11.30, チェンマイ(タイ王国)
- (17) 中村泰之, 中原敬広, 数学 e ラーニングシステム STACK の日本語化総括, 機能拡張, および活用事例, CIEC 第 94 回研究会, 2011.12.8, 名古屋大学
- (18) 中村泰之, 中原敬広, 数学 e ラーニングシステム STACK の日本語化総括と活用事例, Moodle Moot 2011, 2012.2.22, 三重大学
- (19) 大俣友佳, 中村泰之, 中原敬広,

- STACK の問題作成ツールの開発と STACK3 に向けて, 日本数式処理学会第 21 回大会, 2012.6.10, 山口大学
- (20) Yasuyuki Nakamura, Yuka Ohmata, Takahiro Nakahara, DEVELOPMENT OF A QUESTION-AUTHORING TOOL FOR MATH E-LEARNING SYSTEM STACK, IADIS International Conference e-Learning 2012, 2012.7, リスボン (ポルトガル)
- (21) 中原敬広, 中村泰之, 数式自動採点システム STACK の問題バンク構築にむけて, 2012 PC Conference, 2012.8.5, 京都大学
- (22) 中村泰之, 大俣友佳, 中原敬広, 数学 e ラーニングシステム STACK の問題作成ツールの開発, 2012 PC Conference, 2012.8.5, 京都大学
- (23) 曾我聡起, 小森良隆, 中村泰之, iBooks Author を用い数式表現を拡張した電子教科書の可能性について, 2012 PC Conference, 2012.8.5, 京都大学
- (24) 中村泰之, 大俣友佳, 中原敬広, 数学オンラインテスト STACK の問題作成支援ツールの開発, RIMS 研究集会「数学ソフトウェアと教育」, 2012.8.21, 京都大学
- (25) 中原敬広, 中村泰之, Moodle と STACK 3 による数学問題バンクの構築にむけて, RIMS 研究集会「数学ソフトウェアと教育」, 2012.8.21, 京都大学
- (26) 曾我聡起, 小森良隆, 中村泰之, iBooks Author を用いた数式表現の可能性に関する考察, RIMS 研究集会「数学ソフトウェアと教育」, 2012.8.21, 京都大学
- (27) 中村泰之, 大俣友佳, 中原敬広, 数学オンラインテストシステム STACK の問題作成支援ツールの開発と STACK3.0 の展望, 教育システム情報学会, 2012.8.24, 千葉工業大学
- (28) 中村泰之, 数学教育支援統合サイト構築に向けて, CASTeX セミナー, 2012.10.27, 木更津高専
- (29) 中原敬広, 曾我聡起, 中村泰之, 三谷正信, iBooks と STACK によるインタラクティブな数学問題集の試作, 2012 PC Conference 北海道, 札幌学院大学
- (30) 中村泰之, これからの e-Learning と数式処理, シンポジウム「実社会における数式処理」, 2012.12.8, 神戸大学
- (31) 中原敬広, 中村泰之, Moodle の完全なプラグインとなった数式評価システム STACK3.0, 大学 ICT 推進協議会年次大会, 2012.12.19, 神戸国際会議場 (神戸市)
- (32) Yasuyuki Nakamura, Kenji Fukazawa, Takahiro Nakahara, Development of Portable STACK: Packaged Math e-Learning System, World Conference on E-Learning, 2013.10, ラスベガス

(USA)

- (33) Yasuyuki Nakamura, Tetsuya Taniguchi, Takahiro Nakahara, Development of an Item Bank System for the Mathematics e-Learning System STACK, 18th Asian Technology Conference in Mathematics, 2013.12, ムンバイ (インド)

〔図書〕(計 1 件)

中村泰之, 数学 e ラーニング, 東京電機大学出版局, 2010 年

〔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

<https://ja-stack.org/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

中村 泰之 (Yasuyuki Nakamura)
名古屋大学・大学院情報科学研究科・准教授
研究者番号: 70273208

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし