

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 12 日現在

機関番号：13901

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2015～2016

課題番号：15K12377

研究課題名(和文) 経験知とアルゴリズムの融合による数学オンラインテスト解答候補ツリーの自動生成

研究課題名(英文) Generating potential-response-tree for mathematics e-learning system using algorithm and expertise based on experience

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) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：数式の正誤評価が可能なオンラインテストにおいて、学生から提示された様々な解答に対して柔軟に対応し、適切なフィードバックを与えることができる機能を提供できるように、想定される解答候補を効率的に生成する仕組みを構築することは重要な課題である。我々は、数学オンラインテストSTACKを活用して、典型的な問題のプロトタイプを作成し、そこから機械的なアルゴリズムにより構築された解答候補ツリーとしてのポテンシャル・レスポンス・ツリーに、教師の豊富な教育経験に基づいて得られた知見としての経験知をもとに修正し、適切なものを構築していくことが、アルゴリズムと経験知の最も効率的な融合であることを見出した。

研究成果の概要(英文)：It is important to develop a mechanism that can create potential response from students in order to flexibly respond to several kinds of answers from students and to give suitable feedbacks for them in online test of e-learning system that can evaluate mathematical expressions as answers. We developed a prototype of typical questions by utilizing mathematics e-learning system, STACK, and we found that it is the most efficient way to use the prototype of questions and modify them based on the expertise obtained from a lot of experience of education for most effective blending of algorithm and expertise based on experience.

研究分野：教育工学

キーワード：eラーニング 教育工学 数学教育

1. 研究開始当初の背景

各教育機関や家庭において、高速インターネット回線が普及するなど、情報インフラが整備されてきたこと、また、コンピュータやタブレットなどの情報端末が身近になってきたことなどから、近年学習管理システム(Learning Management System, LMS)を活用した、eラーニングによる教育・学習の機会が増えてきた。LMSの機能の中でも、オンラインテストは自動採点による採点の効率化や、繰り返し受験によるドリル学習的な活用による、知識の定着のために重要な機能であると言える。しかし、オンラインテストでの解答形式は、自動採点の容易さにより、正誤判定型、多肢選択型などが多いが、理数系科目で要求される、計算問題で数式を解答として求めるような形式も求められている。イギリスで開発された STACK (System for Teaching and Assessment using a Computer algebra Kernel)は、そのような形式のオンラインテストの一つで、日本においても利用が広がりつつある。

選択式、数式入力式などの解答形式にかかわらず、良質なコンテンツ、つまり一つのコンテンツ(オンラインテストの問題)を通してフィードバックの提示などにより、単に正解かどうかだけではなく、様々な学習のきっかけを与えることのできる教育効果の高いものを充実させることが重要である。

STACKなどの数式解答形式では、学生からの様々な解答パターンが存在し得るため、様々な解答に応じた適切なフィードバックを提示することができれば、高い教育効果が期待でき、良質なコンテンツとなる。しかし、あらゆる解答パターンを想定し、個々に対応した適切なフィードバックを提供できるように、問題の設計を行うことは容易ではなく、効率的な問題作成手法は未だ提案されていない。

2. 研究の目的

本研究の目的は、多肢選択式ではなく、数式で解答を提示する数式評価可能なオンラインテストにおいて、学生から提示される様々な解答に対して柔軟に対応し、適切なフィードバックを与えることができるように、想定される解答候補を効率的に生成し、整理する仕組みを構築することである。具体的な目標は以下のとおりである。(1) アルゴリズムと、豊富な教育経験を基盤として蓄積された教師の経験知を融合することによる、解答候補ツリー生成の仕組みを構築する。(2) この知見を土台として、学生からの様々な解答を想定し、適切なフィードバックを与えることのできる、学習効果の期待できる数学オンラインテスト構築の指針を提案する。

3. 研究の方法

数学オンラインテストシステムとして、日本国内で最も利用されているシステムの一

つである STACK を活用し、様々な問題のプロトタイプを整理したデータベースを構築し、学生からの想定解答を処理するためのポテンシャル・レスポンス・ツリーを提示する。そして、そのポテンシャル・レスポンス・ツリーを自由に改変することができる仕組みを提供し、教師の様々な経験知が融合される仕組みを提供する。

4. 研究成果

(1) 数学オンラインテストシステム STACK のコンテンツ(問題)の整備

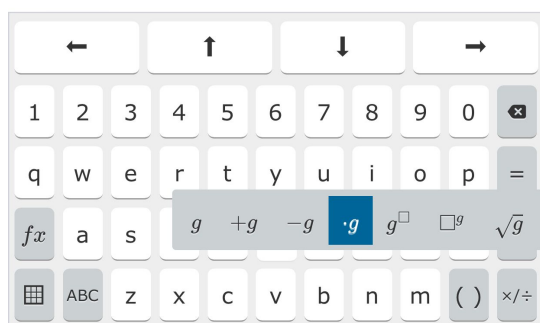
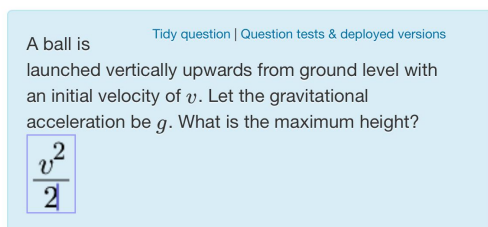
本研究においては、当初、提示された問題に対して、学生が解答すると思われる解答候補を自動的に生成するアルゴリズムの開発を目指したが、検討の結果、典型的な問題としてのプロトタイプを用意し、そこで生成された解答候補ツリーを修正することが有効であることの結論に至った。そこで、数学オンラインテストシステム STACK のコンテンツの整備を行った。そこで提供されるコンテンツには、STACKの機能として様々な解答を処理するための、ポテンシャル・レスポンス・ツリーが設計されている。このポテンシャル・レスポンス・ツリーを如何に設計するかがコンテンツを良質化させていくために最も重要であり、教師の豊富な教育経験に基づく経験知を、自由にポテンシャル・レスポンス・ツリーに反映(想定解答候補の追加・変更・削除、処理の分岐の追加・変更・削除など)が可能となり、コンテンツを「育てていく」ことが可能となる。これが、アルゴリズムと経験知の最も効率的な融合であると考えている。これらのコンテンツは、<https://mathbank.jp/>で閲覧可能である。

| ID | 問題名 | 種別 | レベル | 状態 | 操作 |
|--------|----------------|-------|-----|----|----|
| 000001 | 【数式入力式】 二次関数 | 数式入力式 | その他 | 有効 | 編集 |
| 000002 | 【数式入力式】 三角関数 | 数式入力式 | その他 | 有効 | 編集 |
| 000003 | 【数式入力式】 多項式 | 数式入力式 | その他 | 有効 | 編集 |
| 000004 | 【数式入力式】 累乗・累乗根 | 数式入力式 | その他 | 有効 | 編集 |
| 000005 | 【数式入力式】 累乗・累乗根 | 数式入力式 | その他 | 有効 | 編集 |
| 000006 | 【数式入力式】 累乗・累乗根 | 数式入力式 | その他 | 有効 | 編集 |
| 000007 | 【数式入力式】 累乗・累乗根 | 数式入力式 | その他 | 有効 | 編集 |
| 000008 | 【数式入力式】 累乗・累乗根 | 数式入力式 | その他 | 有効 | 編集 |
| 000009 | 【数式入力式】 累乗・累乗根 | 数式入力式 | その他 | 有効 | 編集 |
| 000010 | 【数式入力式】 累乗・累乗根 | 数式入力式 | その他 | 有効 | 編集 |
| 000011 | 【数式入力式】 累乗・累乗根 | 数式入力式 | その他 | 有効 | 編集 |
| 000012 | 【数式入力式】 累乗・累乗根 | 数式入力式 | その他 | 有効 | 編集 |
| 000013 | 【数式入力式】 累乗・累乗根 | 数式入力式 | その他 | 有効 | 編集 |
| 000014 | 【数式入力式】 累乗・累乗根 | 数式入力式 | その他 | 有効 | 編集 |
| 000015 | 【数式入力式】 累乗・累乗根 | 数式入力式 | その他 | 有効 | 編集 |
| 000016 | 【数式入力式】 累乗・累乗根 | 数式入力式 | その他 | 有効 | 編集 |
| 000017 | 【数式入力式】 累乗・累乗根 | 数式入力式 | その他 | 有効 | 編集 |
| 000018 | 【数式入力式】 累乗・累乗根 | 数式入力式 | その他 | 有効 | 編集 |
| 000019 | 【数式入力式】 累乗・累乗根 | 数式入力式 | その他 | 有効 | 編集 |
| 000020 | 【数式入力式】 累乗・累乗根 | 数式入力式 | その他 | 有効 | 編集 |

(2) モバイルデバイス用数式入力インターフェースの開発

STACK上でコンテンツを開発していく過程では、確認のために試験的に問題を解き、解答に対する処理を検討することが重要であるが、その際の解答入力をより直感的であり、視認性が良いものとするために、数式入力インターフェースの開発は不可欠である。本研究課題の主題ではないが、付随的な課題として数式入力インターフェースの開発も行った。また、このインターフェースはスマートフォン、タブレットなどのモバイルデバイスでの利用も想定されたものであり、学生が練習問題をドリル的にスマートフォンなどの

デバイスで利用する際の有効な解答入力支援ともなると期待される。



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 11 件)

中村泰之, 谷口哲也, 中原敬広, 「項目応答理論による自動評価機能を有した数学オンラインテスト用コンテンツバンクの開発」, 情報処理学会研究報告コンピュータと教育, 査読無, 2016-CE-113, 2016, pp.1-5

谷口哲也, 宇田川誠一, 中村泰之, 中原敬広, 「Moodle と STACK による微分方程式, ガンマ関数, ベータ関数の問題」, 数理解析研究所講究録「数学ソフトウェアとその効果的教育利用に関する研究」, 査読無, 1978, 2015, pp.79-86

深澤謙次, 中原敬広, 中村泰之, 高遠節夫, 「STACK 上での KETpic の利用について」, 数理解析研究所講究録「数学ソフトウェアとその効果的教育利用に関する研究」, 査読無, 1978, 2015, pp.150-157

Masataka Kaneko, Satoshi Yamashita, Kiyoshi Kitahara, Yoshifumi Maeda, Yasuyuki Nakamura, Ulrich Kortenkamp, Setuo Taato, 「KETCindy -Collaboration of Cinderella and KETpic」, The International Journal for Technology in Mathematics Education, 査読有, Vol.22, 2015, pp.179-185

中野裕司, 永井孝幸, 中村泰之, 稲垣祐亮, Wannous Muhammad, 喜多敏博, 宇佐川毅, 「RESTful Web API とマッシュアップ技術を活用した Web コンテンツ内数式処理と入出力及び可視化の検討」, 情報処理学会研究報告教育学習支援情報システム

△, 査読無, 2015-CLE-16, 2015, pp.1-6
吉富賢太郎, 「線形代数の自作解説動画の授業利用と効果検証」, 日本数学教育学会誌, 査読無, 第 97 巻臨時増刊, 2015, pp.584-584

M.Kawazoe and K. Yoshitomi, 「E-learning/e-assessment systems based on webMathematica for university mathematics education」, MSOR Connections, 査読有, Vol.15, 2017, pp.17-24

Yasuyuki Nakamura and Takahiro Nakahara, 「New mathematics Input Interface with Flick Operation for Mobile Devices」, MSOR Connections, 査読有, Vol.15, 2017, pp.76-82

Kenji Fukazawa and Yasuyuki Nakamura, 「Enhancement of Plotting Environment of STACK with Gnuplot」, Proceedings of 21st Asian Technology Conference in Mathematics, 査読有, 2016, pp.1-9

Yasuyuki Nakamura, Takahiro Nakahara, 「DEVELOPMENT OF A MATH INPUT INTERFACE WITH FLICK OPERATION FOR MOBILE DEVICES」, Proceedings of 12th International Conference on Mobile Learning 2016, 査読有, 2016, pp.113-116

中原敬広, 吉富賢太郎, 川添充, 「Mathematica をベースとした数式評価オンラインテストを可能にする Moodle プラグインの開発」, JSiSE Research Report, 査読無, Vol.31, 2016, pp.15-16

[学会発表](計 21 件)

中原敬広, 中村泰之, 「数式オンラインテストシステム STACK における手書き解答プラグインの試作」, PC カンファレンス北海道, 2015 年 11 月 14 日, 札幌学院大学

中原敬広, 中村泰之, 「モバイルデバイス用数式入力インターフェースの開発」, 第 40 回教育システム情報学会全国大会, 2015 年 9 月 3 日, 徳島大学

深澤謙次, 中原敬広, 中村泰之, 高遠節夫, 「STACK 上での KETpic の利用について」, RIMS 研究集会「数学ソフトウェアとその効果的教育利用に関する研究」, 2015 年 9 月 1 日, 京都大学

谷口哲也, 宇田川誠一, 中村泰之, 中原敬広, 「Moodle と STACK による微分方程式, ガンマ関数, ベータ関数の問題」, RIMS 研究集会「数学ソフトウェアとその効果的教育利用に関する研究」, 2015 年 8 月 31 日, 京都大学

中野裕司, 永井孝幸, 中村泰之, 稲垣祐亮, Wannous Muhammad, 喜多敏博, 宇佐川毅, 「RESTful Web API とマッシュアップ技術を活用した Web コンテンツ内数式処理と入出力及び可視化の検討」, 情報処

理学会第 16 回教育学習支援情報システム(CLE)研究会, 2015 年 5 月 23 日, 放送大学熊本学習センター

中村泰之, 谷口哲也, 中原敬広, 「項目応答理論による自動評価機能を有した数学オンラインテスト用コンテンツバンクの開発」, 情報処理学会コンピュータと教育(CE)研究会, 2016 年 2 月 13 日, 東京農工大学

中村泰之, 中原敬広, 「数学 e ラーニングシステム STACK の数式入力改善」, 日本数式処理学会合同分科会, 2016 年 1 月 23 日, 名古屋大学

中村泰之, 中原敬広, 「数学オンラインテスト STACK における数式入力プラグインの開発」, MoodleMoot 2016, 2016 年 2 月 22 日, 東洋大学

吉富賢太郎, 「線形代数の自作解説動画の授業利用と効果検証」, 日本数学教育学会第 97 回全国算数・数学教育研究(北海道)大会, 2015 年 8 月 7 日, 北海道札幌市札幌南高等学校

吉富賢太郎, 「問題共有に向けた仕様策定」, 2015PC カンファレンス, 2015 年 8 月 20 日, 富山大学

吉富賢太郎, 「数学教育におけるアクティブラーニングの実践～反転授業を目指して～」, ICT 利用教育に関する少研究会「学生に内省を促すアクティブラーニング手法の検討」, 2015 年 9 月 5 日, 香川大学
川添充, 吉富賢太郎, 「webMathematica による数学学習システムと数学到達度評価システムの構築と運用」, 数学ソフトウェアとフリードキュメント XXI, 2015 年 9 月 12 日, 京都産業大学

中原敬広, 吉富賢太郎, 川添充, 「Mathematica をベースとした数式評価オンラインテストを可能にする Moodle プラグインの開発」, 教育システム情報学会 2016 年度第 2 回研究会, 2016 年 7 月 9 日, 千歳科学技術大学

Kentaro Yoshitomi and Mitsuru Kawazoe, “WEB-BASED ASSESSMENT SYSTEM DEVELOPED WITH WEBMATHEMATICA”, 13th International Congress on Mathematical Education, 2016 年 7 月 24 ~31 日, ハンブルク(ドイツ)

M.Kawazoe and K. Yoshitomi, “E-learning/e-assessment systems based on webMathematica for university mathematics education”, The International Conference on E-Assessment in Mathematical Sciences 2016, 2016 年 9 月 14 日, ニューカッスル(英国)

Kenji Fukazawa and Yasuyuki Nakamura, “Enhancement of Plotting Environment of STACK with Gnuplot”, 21st Asian Technology Conference in Mathematics, 2016 年 12 月 16 日, パタヤ(タイ)

中村泰之, 中原敬広, 「モバイルデバイス用数式入力支援環境の拡張」, 2016PC カンファレンス, 2016 年 8 月 11 日, 大阪大学

Yasuyuki Nakamura and Takahiro Nakahara, “Development of math input interface for mobile devices”, The International Conference on E-Assessment in Mathematical Sciences 2016, 2016 年 9 月 14 日, ニューカッスル(英国)

Yasuyuki Nakamura, Takahiro Nakahara, “DEVELOPMENT OF A MATH INPUT INTERFACE WITH FLICK OPERATION FOR MOBILE DEVICES”, 12th International Conference on Mobile Learning 2016, 2016 年 4 月 11 日, ヴィラモウラ(ポルトガル)

Y. Nakamura and T. Nakahara, “Function Enhancement of Math Input Environment with Flick Operation for Mobile Devices”, The 5th International Congress on Mathematical Software, 2016 年 7 月 12 日, ベルリン(ドイツ)

21 Yasuyuki Nakamura, Tetsuya Taniguchi, Kentaro Yoshitomi, Shizuka Shirai, Tetsuo Fukui, Takahiro Nakahara, “STACK PROJECT IN JAPAN: ITEM BANK SYSTEM, MATH INPUT INTERFACE AND QUESTION SPECIFICATION”, 13th International Congress on Mathematical Education, 2016 年 7 月 24 ~31 日, ハンブルク(ドイツ)

〔図書〕(計 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
出願年月日:
国内外の別:

取得状況(計 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
取得年月日:
国内外の別:

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

中村 泰之 (NAKAMURA, Yasuyuki)
名古屋大学・大学院情報学研究科・准教授
研究者番号：70273208

(2) 研究分担者

吉富 賢太郎 (YOSHITOMI, Kentaro)
大阪府立大学・高等教育推進機構・准教授
研究者番号：10305609

(3) 連携研究者

()

研究者番号：

(4) 研究協力者

()