

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 13 日現在

機関番号：32665

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25350353

研究課題名(和文)自然科学系 e ラーニングシステムのためのオンラインテスト用問題バンクの進化的構築

研究課題名(英文)Item Bank System for science and technological e-Learning System STACK

研究代表者

谷口 哲也 (TANIGUCHI, Tetsuya)

日本大学・医学部・准教授

研究者番号：10383556

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)：数学オンラインテストシステムの一つである STACK の、テスト用の問題を共有するシステム Mathbank を構築した。Mathbank にアカウントを持つユーザが、STACK の問題を登録(アップロード)、利用(ダウンロード)することができる、問題バンクとしての機能を実現した。現在、約 200 題の問題が蓄積されている。Mathbank にアカウントを持たないユーザでも蓄積された問題を練習問題として解くこともでき、受験データを蓄積することのできる仕組みを導入した。蓄積された受験データを元にして、項目反応理論を利用することによる、問題の難易度を定期的に自動判定する機能を追加した。

研究成果の概要(英文)：System for Teaching and Assessment using a Computer Algebra Kernel (STACK) is a computer-aided assessment system for mathematics, which functions as a plug-in for the learning management system Moodle. Using STACK, Moodle can provide questions for online mathematics tests. However, the questions must be designed carefully to take full advantage of STACK's rich functionality. Well-designed questions can be valuable educational resources, especially in an e-learning environment. Thus, to promote the sharing of high-quality questions for use in online tests, we developed an Item Bank System for the mathematics e-learning system STACK. Using our system, users can submit authored questions in XML format to STACK along with additional metadata, including the subject, difficulty level, targeted grade and publicity level. After they have been uploaded and stored in the system, all users can utilize any of the questions that are open to the public.

研究分野：微分幾何学

キーワード：eラーニング 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, 学習を支援するためのシステムとして, Blackboard, Moodle などのラーニング・マネージメント・システム(LMS) が多くの機関で導入されている。LMS を導入することの利点として, 教材の配布などだけでなく, 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の多くは, 選択形式, 項目群の整合評価形式, 数値入力形式, 短答形式に限られていたが, 我々は, 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, 元々英国で開発された STACK(System for Teaching and Assessment using a Computer algebra Kernel, <http://www.stack.bham.ac.uk/>) というシステムを整備, 拡張し, 数式評価可能なオンラインテストを LMS 上に構築した(引用文献)。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(これは従来の選択形式として自動評価可能)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。我々は, STACK のような数式評価可能なオンラインテストシステムが, 教育現場に普及していくためには, いくつかの問題点があると考えていた。それらは, 次の 5 つである。(問題点 1) 導入。(問題点 2) 日本語での利用。(問題点 3) 動作速度。(問題点 4) 問題作成。(問題点 5) 数式入力。(問題点 1) は, STACK のインストール環境の整備, 利用方法の解説を充実させることで克服され,(問題点 2) は, 多言語化を視野に入れた完全な日本語化を行うことで克服された(STACK 日本語コミュニティ Ja STACK, <http://ja-stack.org/> の運用)。(問題点 3) は STACK のバージョンアップにより解決された。STACK の重要な特徴の一つは, 数式で入力された問題の正誤評価のみならず, 学生の様々な解答に対して, 適切なフィードバックを与えることのできる機構が備わっていることである。しかし, これは逆に, 慎重かつ適切に問題を設計して作成することが要求され, 一つの問題を作成することは大きな労力となっており, これが,(問題点 4) の内容で, STACK 普及の大きな妨げとなる要因の一つであった。我々は問題作成を支援するツールを作成することにより, その問題点の解決に向けた提案をなした(引用文献)。学生が解答する際の数式入力の方法に関する(問題点 5)について現

在のところ, 完全な解決は得られていない。オンラインテストを活用して学習の支援を行う場合, 最も重要なことは, 良問を多数用意することである。しかしながら(問題点 4) の克服のために問題作成支援ツールを開発したものの, 根本的な解決にはなっておらず, まだ問題数は限られており, 十分に体系化されているとは言いがたい。

2. 研究の目的

(1) 本研究ではまず, 貴重な教育資源としての優れた STACK の問題を共有するための問題バンクの構築を行うことを第一の目的とする。この問題バンクは, 適切な認証のうえで誰でも問題を登録することができ, それらの問題を問題バンク上で実際に解き, 利用条件に応じて STACK がインストールされた個別のサーバに問題をダウンロード・活用できることとする。

(2) 第二の目的は, 構成された問題バンクを実際の実験データをもとに, 再構築していくことである。具体的には, 項目応答理論などを利用することにより, 登録された問題の難易度を判別し, それをもとに問題バンクの問題構成を再編成していく仕組みをつくることである。

3. 研究の方法

STACK 用問題バンクシステムの進化的構築を果たすために, 研究期間を 3 段階のプロセス, Collect (問題バンクを構築し, STACK の問題の収集), Use (問題バンクに登録された問題を実際の実験に利用し, 実験データを蓄積する), Build (実験データの解析を基盤にした問題バンクの再構築, つまり進化的構築)により研究を遂行していく。初年度では, 適切な認証のもと, 誰でも STACK の問題を登録・利用・受験することのできるデータベースとしての問題バンクシステムの構築を行い, 問題の蓄積を行う(Collect)。26 年度以降は, 問題バンクの問題を利用した実験を行い(Use), その実験データをもとに, 項目応答理論による問題の難易度判定と再構成を可能にするシステムの開発と, 学生の解答履歴の解析をもとにした多肢選択問題の生成を可能にするシステムの開発を行う(Build)。

4. 研究成果

(1) e ラーニングシステム Moodle 用の数学用の問題(STACK)が利用できるマスタバンク(図 1)と呼ばれるサーバを平成 25 年度に設置した。具体的には, 適切な認証のもと, 誰でも STACK のオンラインテストの問題を登録でき, 誰でもそれを利用・受験することのできるデータベースシステムとしての問題バンクの構築を行った。STACK は Moodle のプラグインとして動作するので, データベ



図1 ログイン画面



図2 登録画面

システムも、Moodle 上に構築することが適切であると考えられ、認証も Moodle のユーザ認証を利用することができるようにした。ただし、適切な認証のもと誰でも STACK 用の問題を登録・利用することができるようにするためには、インターフェースはできるだけシンプルなものとし、問題を登録するためには、「問題名」、「問題カテゴリ」、「利用範囲」の最小限の情報とともに、XML 形式で STACK の問題をアップロードするような運用を実行している。利用範囲（個人利用、許可制利用、完全公開）などを明確にすることにより、著作権の処理を行いやすくなると期待される。全国の数学教育者に広く利用してもらうため設置したものであるが、研究集会での反応をみると、新学習指導要領に沿った分類によって、マスバンク上に問題が配置されることが望ましいとの意見を得た。そこで、平成 26 年度は、マスバンク上の内容を図 3 のように中学校、高等学校の新学習指導要領に沿ったものに刷新した。引き続き、STACK の問題の蓄積を継続し、内容充実を図った。

| 練習する分野を選ぶ | あなたの練習履歴 |
|-----------|---|
| 中学1年生 | 2014/6/23 中学3年生：平方根を練習し、4問正解しました。 |
| 中学2年生 | 2014/6/21 中学3年生：平方根を練習し、1問正解しました。 |
| 中学3年生 | 2014/6/10 中学3年生：平方根を練習し、1問正解しました。 |
| 数学I | 2014/6/2 中学3年生：平方根を練習し、1問正解しました。 |
| 図形と計量 | 2014/5/20 中学2年生：文字式を用いた式の四則演算を練習し、4問正解しました。 |
| 二次関数 | |
| データの分析 | |
| 数学A | |
| 数学II | |
| 数学B | |
| 数学III | |

図3 指導要領に沿った分類

(2) STACK の普及のため、雑誌論文 において、STACK のインストールの紹介を行った。また、STACK の基本的な利用方法の紹介をおこなった。

(3) STACK の version 3 を用いた図 4 のような線形代数の問題例とその作成法を、雑誌論文 にて紹介した。

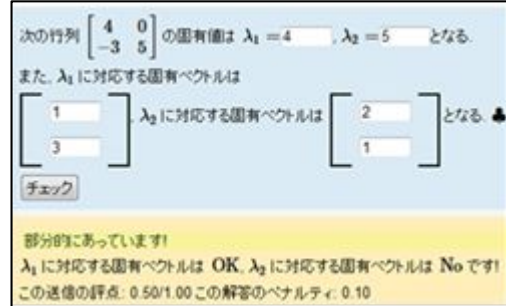


図4 問題例

(4) STACK (System for Teaching and Assessment using a Computer algebra Kernel) の version 3 と Moodle 2 を用いた、微分方程式、ガンマ関数、ベータ関数などの問題の作成例を紹介した。また、STACK を受験することによる、定期試験の点数への効果を分析した。傾向スコアを用いた順序ロジスティック回帰分析を行った結果 STACK 問題受験が定期試験問題の得点に効果があることが示された。

(5) すでに (1) において数学オンラインテストシステムの一つである STACK (System for Teaching and Assessment using Computer algebra Kernel) のテスト用の問題を共有するシステムであるマスバンクを構築したが、現在約 200 題の問題が蓄積されている。ここでは、マスバンクにアカウントを持たないユーザでも蓄積された問題を練習問題として解くこともでき、受験データを蓄積することのできる仕組みが導入されている。平成 27 年度では、蓄積された受験データを元にして、項目反応理論を利用することによる、問題の難易度を定期的に自動判定し更新記録することを可能とした機能（図 5）を追加した。

| Item easiness Parameters (beta) with 0.95 CI: | | | | |
|---|----------|------------|----------|----------|
| | Estimate | Std. Error | lower CI | upper CI |
| beta X248 | 0.000 | 0.994 | -1.949 | 1.949 |
| beta X203 | -1.218 | 1.081 | -3.337 | 0.902 |
| beta X258 | 1.218 | 1.082 | -0.902 | 3.338 |
| beta X259 | -1.218 | 1.081 | -3.337 | 0.902 |
| beta X260 | 1.218 | 1.082 | -0.902 | 3.338 |

図5 bj の評価

なお、項目応答理論のモデルとしては、 $p_j = 1/(1+\exp(-(\theta_j - b_j)))$ で表わされるラッシュモデル(1パラメータ・ロジスティックモデル)を採用した。ここで、 p_j は能力パラメータを持つ学生が、難易度パラメータ b_j の項目(問題) j に正答する確率である。蓄積された受験データを元に、項目ごとに難易度パラメータ b_j を推定していく。具体的には、Moodle のプラグインとして開発した「拡張問題バンク」ブロックにより、このラッシュモデルにもとづいて能力パラメータ、難易度パラメータ b_j が推定される。

<引用文献>

中村 泰之, 数学 e ラーニング, 東京電機大学出版局, 2010

Yasuyuki Nakamura, Yuka Ohmata, Takahiro Nakahara, DEVELOPMENT OF A QUESTION-AUTHORING TOOL FOR MATHE-LEARNING SYSTEM STACK", Proc. IADIS International Conference e-Learning 2012, 435-440, 2012

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5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(CE), 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 巻, 2015, pp. 79-86

谷口 哲也, 中村 泰之, 中原 敬広, 五十嵐 正夫, 根本 洋明, Moodle2 と STACK3 を用いた線形代数の問題作成例, 数理解析研究所講究録, 査読無, 1951 巻, 2015, pp. 102-111

中村 泰之, 谷口 哲也, 中原 敬広, Item Bank System for the Mathematics e-Learning System STACK, Research Journal of Mathematics & Technology, 査読有, 3 巻, 2014, pp. 77-85

谷口 哲也, 中村 泰之, 中原 敬広, 数学 e-ラーニングのための問題バンクの構築, 数理解析研究所講究録, 査読無,

1909 巻, 2014, pp. 165-175

[学会発表](計9件)

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, Moodle Moot 2016, 2016 年 02 月 21 日, 東洋大学(東京都・文京区)

中村 泰之, 谷口 哲也, 中原 敬広, 情報処理学会コンピュータと教育研究会 133 回研究発表会, 2016 年 02 月 13 日 ~ 2016 年 02 月 14 日, 東京農工大学(東京都・小金井市中町)

谷口 哲也, 中村 泰之, 中原 敬広, How to construct a question of linear algebra by mathematics e-Learning system STACK, The 19th Asian Technology Conference in Mathematics ATCM 2014, 2014 年 11 月 29 日, Yogyakarta State University Yogyakarta(Indonesia)

中村 泰之, 谷口 哲也, 中原 敬広, 数学 e ラーニングのための問題共有サイトの運用とアイテム分析に向けて, 第 39 回教育システム情報学会全国大会, 2014 年 09 月 12 日, 和歌山大学(和歌山県和歌山市)

谷口 哲也, 中村 泰之, 中原 敬広, 五十嵐 正夫, 根本 洋明, Moodle2 と STACK 3 を用いた線形代数の問題作成例, 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利用」, 2014 年 09 月 02 日, 京都大学数理解析研究所(京都市)

谷口 哲也, 中村 泰之, 中原 敬広, STACK を用いた数学 e ラーニングの実践例と STACK 用の問題バンクの構築, CIEC 第 100 回研究会(招待講演), 2014 年 02 月 22 日, 名古屋大学(愛知県名古屋市)

中村 泰之, 谷口 哲也, 中原 敬広, Development of an Item Bank System for the Mathematics e-Learning System STACK, 18th Asian Technology Conference in Mathematics, 2013 年 12 月 08 日, Indian Institute of Technology Bombay, Mumbai, India

中原 敬広, 中村 泰之, 谷口 哲也, 数学問題バンク構築に向けた Moodle プラグインの開発, 第 38 回教育システム情報学会全国大会, 2013 年 09 月 02 日, 金沢大学(石川県金沢市)

谷口 哲也, 中村 泰之, 中原 敬広, 数学 e-ラーニングのための問題バンクの構築, 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利用」,
2013年08月20日, 京都大学数理解析研
究所(京都府京都市)

〔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

<https://mathbank.jp/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

谷口 哲也 (TANIGUCHI, Tetsuya)

日本大学・医学部・准教授

研究者番号: 10383556

(2) 研究分担者

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

(3) 連携研究者

なし