

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 5 月 22 日現在

機関番号：24403

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23501072

研究課題名(和文) Web 数学学習システムの普及促進のための改良と汎用化

研究課題名(英文) Improvement and generalization of web-based mathematics learning systems for more utilization

研究代表者

吉富 賢太郎 (Yoshitomi, Kentaro)

大阪府立大学・高等教育推進機構・講師

研究者番号：10305609

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,800,000 円、(間接経費) 540,000 円

研究成果の概要(和文)：大学における初年次数学教育において有効である数学 e ラーニングシステムをより普及させるため、その普及の障害と考えられるコンテンツの拡充とユーザーの利便性の観点から、システムに依存しない改良とコンテンツ開発環境の改善に取り組んだ。コンテンツ開発環境はシステムに大きく依存するが、各システムのコンテンツの構造の分析によって教材共有化に必要な数学 e ラーニングコンテンツの仕様(MeLCS)を提案するまでに至った。また学生の利用の利便性について、数式処理システムに依存するキー入力における利便性をはかるため、汎用的なソフトウェアキーボードの開発やタブレット用のアプリのプロトタイプ開発を行った。

研究成果の概要(英文)：In order to popularize web-based e-learning systems for college mathematics, we have studied how to create and prepare the contents for such systems and how to make easier for the students to enter the answer to the systems. We have analyzed the formats of the contents of such systems and surveyed the difference of our system called 'MathOnWeb', including "WebMath Learning system" and "the Evaluation System of Mathematics", and the STACK, which is rather popularly used and the recent version of which is the Moodle plugin. As the result, we propose a specification, which we could call 'Mathematics e-Learning Contents Specification'(MeLCS), and as an application of such format, we converted some contents of the both systems mutually. In addition, we have developed a JavaScript program, which could be used generally for any e-learning system and support the students to enter their answers appropriately. We also developed a prototype App for iOS to use our system.

研究分野：総合領域

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：数学教育 e ラーニング

1. 研究開始当初の背景

(1) 数学 e ラーニングの実情

大学における初年次数学教育における数学 e ラーニングシステムの利用は授業時間外学習を主たる目的として広く利用されているが、その実情はコンテンツが不足しており、利用する教員も学生も増えないという実情があった。また、利用が増えないことが教員の利用意識を下げ、またコンテンツを作成できる教員が非常に少ないことが、結果として e ラーニングの利用が普及しない悪循環を引き起こしていた。

(2) 所属機関における運用実績

一方で所属する大阪府立大学において運用している Web 数学学習システムについてはまだ多くの問題を抱えていたものの着実に利用者を増やしていた。しかし、その後継として数学力育成と質保証の観点から導入された到達度評価システムについては、問題パラメータを乱数で生成するという性質上、さまざまな問題があり、例えば、

- ・ 問題パターンに平等性が求められるがその検証が万全ではない。
- ・ 単純に乱数化したものでは問題の難易度が変わってしまい、パラメータを充足するのが容易ではない。
- ・ 問題パラメータの乱数の範囲や問題のパターンを減らすと、評価目的での利用には支障をきたす。

という問題点を抱えていた。

(3) 入力インターフェイスの問題

Web 数学学習システムを初めとして Web ベースの数学 e ラーニングシステムにおいては学生の数式入力においていくつかの問題が発生する場合がある。例として

- ・ CAS 構文を誤ってしまい、正解でも正しく判定されない場合がある。
- ・ CAS 独自の関数記号を入力しなければならず、慣れるまでに時間がかかる。

などの問題があった。これは実施ログに見られる誤りの例として例えば無限大を表す記号で Infinity が正しいが、“Infinity” としてしまうものや “infinity” としてしまうものなどが記録されていることからわかる。

2. 研究の目的

前項で述べたような背景にあって、今後の数学 e ラーニング普及促進と到達度評価システムのような多様な問題パターンとパラメータを備えたコンテンツを開発するため、次のような点を主たる目的として研究開発を行うこととした。

(1) e ラーニングのコンテンツを汎用化

さまざまな e ラーニングシステムが存在する中で、それらのコンテンツ(教材)を汎用化し、広く供用・共有することによって普及をはかる。コンテンツ開発は教員にとって、

CAS に対する知見が不足している場合や効果が未知数の教材開発に時間をかける余裕がない場合など、個人で実施していくには負担が大きい作業である。コンテンツ構造を明確にし、異種システムにおいても利用可能な問題パターンや問題パラメータを問題構成要素として明らかにすることにより、組織内、あるいは組織外さらには国際的な範囲も視野に入れた教材共有や情報交換によるコンテンツ拡充を目指すものである。

(2) 適正パラメータの研究

前項と関連して、コンテンツを評価目的で利用する場合を想定して適正なパラメータ、さらに、パラメータだけでなく教育的効果や評価基準を見たす類似パターンを多数策定することで、評価を目的とした e ラーニングシステムへの利用を促進することを目指す。

(3) ユーザーインターフェイスの改良

数式入力におけるユーザーインターフェイスは利用者がシステムを利用する上で障壁となっていると考えられる。一般的な Web ベースの数学学習システムに使える可搬性の高いユーザーインターフェイスを作成することによって利用者の利便性の面での普及促進をはかる。特に入力支援はこの研究における主要な目的の一つである。

3. 研究の方法

上述の研究目的を達成するため研究の方法として、目的毎に以下のような方法で研究を行うこととした。

(1) e ラーニングコンテンツの汎用化

既存の Web 数学学習システムのコンテンツを整理・分析すると同時に、他のシステムの運用状況やコンテンツについて数学 e ラーニングに関わる研究者と学会等において情報交換し、他システムのコンテンツ構造について比較分析を行い、汎用的なコンテンツはどうあるべきかについての考察を行う。さらに、他のシステムとして STACK を自ら導入し、汎用化したコンテンツデータを基に Web 数学学習システムや授業で利用している乱数生成問題パターンから STACK に問題を移植、コンテンツの汎用化の検証を行う。

(2) 適正パラメータの研究

到達度評価システムのコンテンツについて、学生の実施状況などからパラメータの適正を評価・検証すると同時に、問題パターンが不足していると考えられる場合には、新たに問題パターンやパラメータを追加していく。紙媒体での演習や小テストの実施実績も参照する。

(3) ユーザーインターフェイスの改良

学生の入力パターンのうち、誤りの多い誤入力パターンを防止する、入力時に必要な

CAS 独自の構文の入力を補助する、の 2 点についてどのように改良するかを検討し、汎用性(システムへの非依存性)の高い JavaScript による入力支援を行う方法を検討・プログラミングと試験運用・実地運用を行っていく。また、必要に応じてさまざまなデバイスでの利用を想定して利便性や問題点を検証していく。

4. 研究成果

各研究目的に応じた研究成果は以下の通りである。

(1) eラーニングコンテンツの汎用化

前述の研究方法による研究の結果、数学 eラーニングの教材コンテンツの構成には非常に類似点が多く、どのシステムにおいても本質的に問題文、問題解答変数(パラメータ)、解答判定とフィードバックの 3 つから構成されると考えられることがわかった。特に問題解答変数を設定するに必要なパラメータはどのようなシステムにおいても、システム任せの適当なパラメータ設定では役に立たない。そのような方法でパラメータ設定ができるのは極基礎的な例えば行列の加減乗除に関するもののような計算過程における数値変動の幅が小さいものに限定される。したがって、数値パラメータは教材コンテンツの主要な構成要素であり、無作為に定められるものではなく、重要な構成要素をなすことがわかる。

同様に、学生の解答に対するフィードバックも重要である。CAS 利用の eラーニングシステムにおける有用なポイントは大きく分けて二つある。一つは線形代数における基底判定や微積分学における不定積分の計算問題のように答が必ずしも一意的ではなく、CAS による検証が必要な場合である。そしてもう一つは、与えられた答が誤答である場合に(あるいは正解であっても)どのような条件を満たす形式もしくは内容の答であるかということを知り、学生がどのような点を理解しどのような点を理解していないかを見極めて応答メッセージを出すことができるという点である。この後者の役割を担うのが解答判定とフィードバックの部分であり、Web 数学学習システム、STACK のいずれにおいても重要なコンテンツの構成要素となっている。

これらのコンテンツの構成要素を持つコンテンツフォーマットを数学 eラーニングコンテンツ仕様(ここでは仮に MeLCS, Mathematics e-Learning Contents Specification と呼ぶこととする)として提案した。この仕様に基づいたコンテンツデータを作成し、実際にコンテンツ作成を行うことができることを検証するために、我々の Mathematica 利用の Web 数学学習システムと Maxima 利用の STACK におけるコンテンツ相互交換の試みを行った。具体的には、

到達度評価システムから MeLCS フォーマットに準拠したコンテンツデータを作成し、それを基に STACK への移植作業を行い、また、逆に STACK からこのような方法で到達度評価システムへの移植を行った。また、この結果に利用した、数学 eラーニングコンテンツ仕様に基づくデータについては他の CAS を取り扱うベンダーとも情報交換を行うに至った。今後コンテンツの構成要素の普遍的要素として多くのシステムで検証されることが期待される。

この研究成果は今後、単なる計算ドリルの正解不正解判定でなく、学生をつまづきや理解不足をシステムで発見しフィードバックを与えるコンテンツの普及を促進していくことが期待される。また、このデータは国内外を問わず広く利用され、また効果が検証されることによって、汎用化された eラーニングコンテンツの拡充が進展して行くと考えられる。このように今後国際的に数学コンテンツ仕様とそのデータベースの共有・拡充による eラーニングの普及促進が進展するものと考えている。

(2) 適正パラメータの研究

eラーニングシステムの教育利用として学力評価も重要な要素である。実際に初級・中級などのレベル分けされた評価システムを利用することによって、学生は自分の理解度を捉えることができ、また、教員は指導や評価に利用することができる。この目的のためには数多くの問題パターンと適正パラメータの策定が必要であるが、残念ながら本研究においては、この点における成果は限定的であり、今後(1)において提案した数学 eラーニングコンテンツ仕様(MeLCS)に沿ったデータとして整備して行く必要があると考えている。この方向での研究は今後も研究を続行し、コンテンツ共有の理念に基づいて公開して行きたいと考えている。

(3) 入力支援に関する開発について

ユーザーインターフェイスの改良を目的とした研究の結果として、JavaScript による入力支援 Keypad の作成を行った。この入力支援 Keypad は所属機関において運用する数学到達度評価システムにおいて利用しており、その特性上、どのような Web ベースの数学 eラーニングシステムにおいても CAS(数式処理システム)依存の部分で修正するだけで利用することができる(ホームページの項参照)。コンテンツ毎にキー配列の異なるキーパッドを配置することができるようになっており、例えば、虚数単位が明らかに必要のない問題では、虚数単位の入力キーは必要なく、極限の問題で無限大・無限小は選択になっている場合は、それらを入力する必要がない(数値のみ)ので必要なキーだけを提供するという様な形でキーパッドを制御することが可能である。

また、このキーパッドを利用するにあたって、iOS や Android での利用では一部不都合があることがわかっており、それについて、iOS については専用の Web ウィジットをベースとしたキー入力を制御するアプリのプロトタイプを作成した。本研究においては公開にまでは至らなかったが、今後、汎用的なアプリを目指し、入力キーや対象となる URL 等を設定で変更できるようなアプリとして改良して開発して行きたいと考えている。

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 8 件)

吉富 賢太郎, MathOnWeb の iPad における入力支援アプリの開発, JSiSE Research Report, 査読無, vol.28, no.5, 2014, 17--20

吉富 賢太郎, MathOnWeb における入力支援アプリの開発について, CIEC PC カンファレンス北海道 2013 論文集, 査読無, 1, 2013, 33-34

吉富 賢太郎, emath 利用の行列計算用 TeX マクロの作成と大学初年次向け演習問題および小テスト問題作成への利用, 教育システム情報学会第 38 回全国大会予稿集, 査読無, 1, 2013, 1-2

吉富 賢太郎, 川添 充, 数学 e ラーニングシステムの教材データベースの構成要素と運用方法の検討, JSiSE Research Report, 査読無, vol28 no.1, 2013, 23--28

M. Kawazoe, T. Takahashi and K. Yoshitomi, Web-based System for After-class Learning in College Mathematics via Computer Algebra System, Proceedings of The 6-th East Asia Regional Conference on Mathematics Education (EARCOME6), 査読有, 2, 2012, 476—485

吉富 賢太郎, 川添 充, 数学学習システムのコンテンツ素材共有化のためのデータベース構築について, 第 37 回教育システム情報学会全国大会予稿集, 査読無, 37, 2012, 418—419

吉富 賢太郎, 川添 充, 学習目標データベースを基盤とする数学到達度評価システムの開発, JSiSE Research Report, 査読無, Vol27, no.2, 2012, 113—118

川添 充, 吉富 賢太郎, 線形代数における誤答パターンの分類と e ラーニングへの応用, 数学教育論文発表会論文集, 査読有, 第 44 回, 2011, 375—380

[学会発表](計 9 件)

吉富 賢太郎, Mathematica 利用の数学到達度評価システムと STACK とのコンテンツ相互利用, CIEC 第 100 回研究会 e-Learning における数式自動採点の可能性 2(招待講演), 2014/02/22, 名古屋大学

吉富 賢太郎, MathOnWeb の iPad における入力支援アプリの開発, 教育システム情報学会研究会, 2014/01/11, 高知工科大学

吉富 賢太郎, MathOnWeb における入力支援アプリの開発について, CIEC PC カンファレンス北海道 2013, 2013/11/04, 北海道工業大学

吉富 賢太郎, emath 利用の行列計算用 TeX マクロの作成と大学初年次向け演習問題および小テスト問題作成への利用, 教育システム情報学会第 38 回全国大会, 2013/09/02, 金沢大学角間キャンパス

吉富 賢太郎, 数学 e ラーニングシステムの教材データベースの構成要素と運用方法の検討, JSiSE 2013 年度第 1 回研究会 e ラーニング環境のデザインと組織マネジメント, 2013/05/18, 放送大学

Kentaro Yoshitomi, Web-based System for After-class Learning in College Mathematics via Computer Algebra System, 6-th East Asia Regional Conference on Mathematics Education (EARCOME6), 2013/03/22, Prince of Songkla University, Phuket Campus, Phuket, Thailand

吉富 賢太郎, 数学学習システムのコンテンツ素材共有化のためのデータベース構築について, 第 37 回教育システム情報学会全国大会, 2012/08/24, 千葉工業大学 芝浦キャンパス

吉富 賢太郎, 学習目標データベースを基盤とする数学到達度評価システムの開発, JSiSE 第 2 回研究会 [ICT を活用した学習支援と教育の質保証], 2012/07/15, 北海道大学

川添 充, 線形代数における誤答パターンの分類と e ラーニングへの応用, 数学教育論文発表会, 2011/11/12, 上越教育大学

[その他]

ホームページ等

<http://bg.las.osakafu-u.ac.jp/emath/>

汎用化に基づき作成したコンテンツの一部を TeX マクロにより生成して取得する。

<http://webmath3.las.osakafu-u.ac.jp/>

汎用化に基づき検証したコンテンツと入力支援 JavaScript が動作する到達度評価システム。

<http://mathbank.jp/>

汎用化に基づき Web 数学学習システムから

STACK に移植したコンテンツが含まれる。

6．研究組織

(1)研究代表者

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

(2)研究分担者

川添 充 (KAWAZOE MITSURU)
大阪府立大学・高等教育推進機構・教授
研究者番号：10295735