

JavaScript 版数式入力インタフェース MathTOUCH の試作

武庫川女子大学大学院・生活環境学研究科 白井 詩沙香 (Shizuka Shirai)
Graduate School of Human Environmental Sciences,
Mukogawa Women's University
武庫川女子大学・生活環境学部 福井哲夫 (Tetsuo Fukui)
School of Human Environmental Sciences,
Mukogawa Women's University

1 はじめに

e ラーニングは、インターネット利用人口の拡大とともに、日本国内においても 2000 年頃から普及するようになった [1]. 2014 年現在では、多くの大学において授業の演習やリメディアル教育に活用されている.

特に有効な e ラーニングの特徴の 1 つとして、学習者の解答を自動採点し、即時フィードバックできる演習問題機能 (以下、オンラインテスト) が挙げられている [2]. 学習者の知識定着や理解度確認のために重要な機能であり、多くの e ラーニングシステムに実装されている. しかし、従来のオンラインテストの解答形式は、空所への数値入力や多肢選択形式が中心で、数学のような理数系科目の演習で求められる数式による解答は行えず課題であった.

この問題を解決したのが、数式処理システム (Computer Algebra System, 以下, CAS) を活用し、数式の正誤判定を実現した数式自動採点システムである [3]. 近年、数式自動採点システムは国内においても注目を集めており、大阪府立大学の数学学習支援サイト MATH ON WEB[4] や Moodle の小テストとして利用可能な STACK[5, 6, 7] など既にいくつかの大学でリメディアル教育や授業の課題演習で利用されている [8, 9].

しかし、現時点における数式自動採点システムは、解答すべき数式の入力手順に手間がかかるという問題がある [3]. 2014 年現在の数式自動採点システムでは、数式入力方式としてテキストベース入力方式と構造ベース入力方式を採用している. テキストベース入力方式とは、CAS コマンドをテキストフィールドに入力する方法である. 入力するために CAS コマンドを覚える必要がある点や、WYSIWYG ではないため自分が入力した数式をイメージしづらい点が短所である. 一方、構造ベース入力方式は GUI を使い数式構造や数学記号をアイコンテンプレートの中から選択し、数式を作図するように入力する方法である. WYSIWYG で入力した数式がイメージしやすいが、まず構造を決めてから入力をする手順は、自然な数式の入力手順ではなく、ユーザに負担をかける可能性が指摘されている [10]. また、キーボードとマウスを併用する入力操作やツールバー上の多数のテンプレートから所望のテンプレートを見つける作業もわずらわしい. この

ように、現在の数式入力方式は初学者にとって最適なものとは言えず、数式自動採点システムで数学学習をより効果的に行うためには、数式入力方法を改善する必要がある。

そこで我々は、数式自動採点システムの数式入力方法に数式入力インタフェース MathTOUCH [11] の利用を提案した。2014 年には数式自動採点システムの一つである STACK に MathTOUCH を実装し、数学基本公式の学習実験により検証した。その結果、従来方法と変わらず学習を進めることができ、数式入力に対する満足度を改善することができた [12]。

しかし一方で、MathTOUCH は Java 言語で開発されており、セキュリティ上の実行環境の問題や既存の数式自動採点システムとの連携性に不満が残されていた。本研究では、この問題を解決するため、MathTOUCH を JavaScript 言語に移植し、良好な結果を得たので報告する。

2 JavaScript 版 MathTOUCH

2.1 MathTOUCH とは

MathTOUCH は、2011 年に福井が提案した数式曖昧表記変換方式 [13] を実装した WYSIWYG の数式入力インタフェースである。本方式は、 a^2 を入力したい場合は “a2” といったように曖昧な表記法で文字列を入力し、仮名漢字変換のように変換を行い、数式候補から該当の数式を選択することで数式入力ができる。この表記法は、数学記号のイタリック体・ボールド体・ローマン体・ギリシャ文字をほとんどアルファベット 1 文字に対応させており、暗黙積やべき乗などの省略演算子は省略したままでよい。また、実際には表記されない括弧やコンマなど演算子が作用するオペランド範囲の区切り記号¹も不要なため、テキストベース入力方式に比べ、短い文字数で済むという特徴がある [14]。また、根号の “root” や積分記号の “int” など、一部の初期入力文字列は覚える必要があるものの、基本的には普段数式を読むような文字列で入力すれば良いので、初期入力文字列を記憶しやすい特徴も持つ [12]。

2014 年現在までに、数式を使った教材や論文作成支援 [14] や数学 e ラーニングシステムの数式入力支援 [12, 15, 16] を目的とした MathTOUCH の応用研究が進められている。

2.2 JavaScript 版の必要性

しかし、MathTOUCH は Java 言語によって開発されているため、(1) タブレット端末など Java 非対応のデバイスでは利用できない、(2) MathTOUCH の起動読み込み時に時間がかかる、(3) Java のセキュリティ上の問題で、利用の際にはセキュリティ設定を調整する必要があり（例えば、MathTOUCH を使用するサイトは Java の使用を許可するなど）、一般ユーザにとっては利用環境を整えるための手間がかかりすぎるという問題がある。

¹例えば $\sqrt{2}$ の Maxima コマンドは “sqrt(2)” と sqrt のオペランドを区切り記号 () で囲む必要がある。本表記法では “root2” でよく、根号の “root” と 2 を区切りなく並べる。

そこで、デバイスを選ばず、インターネット環境さえあれば特別な設定を行わずに利用ができるよう、HTML5, JavaScript, CSS をベースに MathTOUCH を開発する。目的である数式自動採点システムも Web ベースで動作するため HTML5 との親和性は高い。また、JavaScript はアプリケーションやプラグインなど何もインストールする必要がなく、主要なウェブブラウザで簡単に利用できることから [17] 最適な言語であると判断した。

2.3 JavaScript 版 MathTOUCH の機能

JavaScript 版への設計方針としては、Java 版の機能をすべて踏襲するべく移植を実施した。WYSIWYG を実現するための入力フィードバックエリアはグラフィックス機能として HTML5 の Canvas を利用した（以前は Java API の AWT を利用）。しかし、Canvas の文字列のフォント処理やサイズ計算など一部の機能の仕様が異なるため、両者の数式 2 次元表記には若干のずれがある。また、Java 版の数式出力機能で画像形式 (JPEG, PNG) の出力には $\text{\LaTeX}$ などの外部コマンドを呼び出す機能があるが、JavaScript 版では使えない。従来の Java アプレット版でも外部呼び出しは使えないため変換サーバとの CGI 通信機能により対応していたので、今後、JavaScript 版でも Ajax 通信を使って対応可能である。

次に、変換候補のポップアップ提示には Canvas を利用し、候補の数式 2 次元表示には、従来画像表示であったものを MathJax[18] を利用して対応した。したがって、候補提示にはインターネットの接続が不可欠である。候補採択指示は、従来同様、Space バーまたは上下矢印キーで対象候補（ハイライト表示）を切り換え、Enter キーを押下することによって行える。また、マウスクリックイベントでも候補採択ができるよう実装した。

また、2014 年現在のところ、数式要素の利用頻度に応じた優先順位データが保存できないため、MathTOUCH を利用した Web サーバとのセッションが切れると数式辞書学習機能は使えない。

それら以外の機能は、Java 版と同様に使用可能である。我々の動作テストでは、数式入力時の操作性、応答速度（体感による）に全く問題はなかった。

2.4 数式自動採点システムへの実装と動作検証

JavaScript 版 MathTOUCH を数式自動採点システム STACK に実装した際のスクリーンショットを図 1 に示す。従来の MathTOUCH と同様に、普段読むような曖昧表記による初期文字列を入力後、変換指示 (Space) キーを押すと、図 1 のように変換候補が文字列直下に表示される。前節で述べたように、この候補の数式は、MathJax を利用し表示している。数式入力完了後は、STACK のテキストフィールドに Maxima コマンドを出力させることで、従来同様、STACK の Validation エリアと連携できることを確認した。

JavaScript 化を行ったことでセキュリティ設定操作をする必要がなくなり、MathTOUCH 起動までの時間および STACK 全体のページ読み込みによる遅延は見られなかった。こ

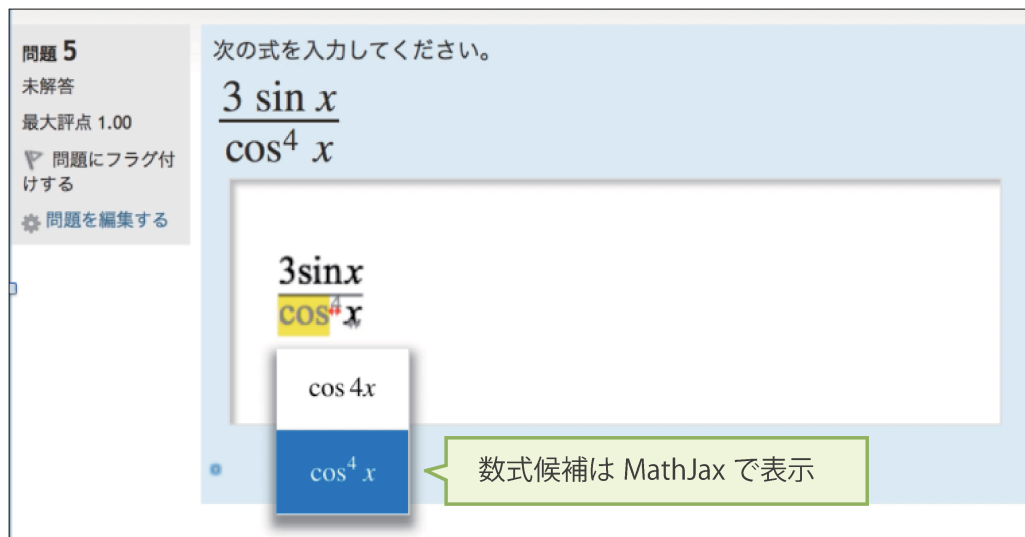


図 1: JavaScript 版 MathTOUCH

のように，従来の MathTOUCH に比べ，JavaScript 化を行ったことにより，起動までのスピードが向上し，これまで以上にスムーズな数式入力との連携が確認できた。

また，JavaScript 版では，Java が使用できない PC 環境でも Safari[19]，FireFox[20]，または Chrome[21] の Web ブラウザがあれば，STACK で MathTOUCH を利用できるため，自宅に Java の利用環境がない学生でも MathTOUCH を利用した STACK で数学学習を行えると期待できる。

3 今後の課題

本論文では，MathTOUCH の JavaScript 化を行ったことで，従来 Java 版に比べ起動スピードが向上し，これまで以上にスムーズな数式入力との連携が行えることを報告した。

今後は JavaScript 版 MathTOUCH を使い，実際に数学 e ラーニングを行い，従来の MathTOUCH に比べ，利便性が向上したかを確認することが課題である。また，タブレット端末での検証とタブレット端末向けの MathTOUCH に特化したソフトウェアキーボードの開発を行っていきたい。

参考文献

- [1] 特定非営利活動法人 日本イーラーニングコンソシアム：『e ラーニング白書 2008/2009 年版』，東京電機大学出版局，2008.

- [2] Clark, R. C., Mayer, R. E., :『e-learning and the science of instruction: Proven guidelines for consumers and designers of multimedia learning』, Jossey-Bass/Pfeiffer , 2003.
- [3] CIEC 研究会 :「第 100 回研究会報告書」, CIEC 第 100 回研究会報告書, pp.1-6, 2014.
- [4] 大阪府立大学高等教育推進機構 : MATH ON WEB Learning College Mathematics by webMathematica(online), <http://www.las.osakafu-u.ac.jp/lecture/math/MathOnWeb/> (2014.12.8 閲覧).
- [5] Sangwin, C. J. : STACK(online), <http://stack.bham.ac.uk/> (2014.12.8 閲覧).
- [6] Ja STACK.org : Ja STACK.org(online), <http://ja-stack.org/> (2014.12.8 閲覧).
- [7] 中村泰之 :『数学 e ラーニング 数式解答評価システム STACK と Moodle による理工系教育』, 東京電機大学出版局, 2010.
- [8] 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, 教育システム情報学会研究報告」, Vol.27, No.2, pp.113-118, 2012.
- [9] 谷口哲也, 根本洋明, 五十嵐正夫 :「数学教育における Moodle と STACK の利用」, 数理解析研究所講究録, No.1865, pp.121-129, 2013.
- [10] Pollanen, M., Wisniewski, T., Yu, X. : 「XPRESS: A Novice Interface for the Real-Time Communication of Mathematical Expressions」, In Proceedings of Math-UI2007, 2007.
- [11] MathTOUCH プロジェクト : 数式エディタ MathTOUCH (online), <http://math.mukogawa-u.ac.jp/> (2014.12.8 閲覧).
- [12] 白井詩沙香, 福井哲夫 :「数式自動採点システム STACK における数式入力方法の改善」, コンピュータ&エデュケーション, Vol.37, pp.85-90, 2014.
- [13] 福井哲夫 :「数式のインテリジェントな線形入力方式」, 京都大学数理解析研究所講究録, Vol.1780, pp.160-171, 2012.
- [14] 福井哲夫 :「インテリジェントな数式ユーザインタフェース (Web アプリケーション版数式エディタの開発)」, 情報処理学会シンポジウムシリーズ, Vol.2013, No.1, 2EXB-50, pp.537-540, 2013.
- [15] 白井詩沙香, 福井哲夫 :「数式自動採点システム STACK の行列問題における解答入力方法改善の取り組み」, 情報処理学会 情報教育シンポジウム 2014 論文集, Vol.2014, No.2, pp.207-212, 2014.

- [16] Shirai,S. and Fukui,T.: 「Development and Evaluation of a Web-Based Drill System to Master Basic Math Formulae Using a New Interactive Math Input Method」 , International Congress on Mathematical Software 2014, Lecture Notes in Computer Science 8592, Springer, pp.621–628, 2014.
- [17] Shelley Powers : 『初めての JavaScript 第 2 版』, 株式会社オライリー・ジャパン, 2009.
- [18] MathJax : MathJax (online), <http://www.mathjax.org/> (2014.12.8 閲覧) .
- [19] Safari : Safari バージョン 5.1.10 (online), <https://www.apple.com/jp/safari/> (2014.12.8 閲覧) .
- [20] Firefox : Firefox バージョン 34.0 (online), <https://www.mozilla.org/ja/firefox/new/> (2014.12.8 閲覧) .
- [21] Google Chrome : Google Chrome バージョン 36.0.1985.125 (online), <https://www.google.co.jp/chrome/> (2014.12.8 閲覧) .