

手書き解答数式オンラインテスト環境の試作

合同会社三玄舎 中原 敬広 (Takahiro Nakahara)

Sangensha LLC.

名古屋大学・情報科学研究科 中村 泰之 (Yasuyuki Nakamura)

Graduate School of Information Science,

Nagoya University

1 はじめに

近年ではインフラの整備に伴い、大学をはじめとした教育機関においてeラーニングシステム（以下LMS）が一般的に利用されるようになった。その中でもオンラインテストはもっとも利用頻度が高い機能である。また、数学をはじめとする理工系の分野においても、数式評価システム（以下CAS）を使った数式オンラインテストシステムが開発され、効果的な利用が広まってきている。主な数式オンラインテストシステムとして、大阪府立大学で開発され利用されている Mathematica をベースとした MATH ON WEB[1]、イギリスのバーミンガム大学で開発された Maxima をベースとした STACK[2]、Maple 社によって開発され販売されている Maple をベースとした Maple T.A[3] などがあげられる。

しかし、数式オンラインテストには大きな問題の一つとして、学習者が解答する際にそれぞれのCASに応じた書式で入力しなければならないという解答入力の問題が存在する。CASに応じた書式で入力するため、解答の数式が複雑になると視覚的に判断するのが難しく、誤入力により不正解となることが多く見受けられる。また、数学での問題解答においては、計算過程など解答導出までの手続きが重要となる事がある。現在の多くのLMSのオンラインテストでは解答のみの正誤評価を行うため、学習者がどのようにしてその解答にたどり着いたかをLMS上では知る事が難しいのが現状である。そこで、数式オンラインテストにおいて解答入力を補助するための手書き入力解答インターフェイスと、計算過程などを手書きで記述する事ができるノート機能を試作したので報告する。

2 新しい数式解答インターフェイス

数式オンラインテストにおけるもっとも基本的な入力インターフェイスはテキスト入力フォームでCASに応じた書式で数式を入力するものである。このテキスト入力形式は学習者がオンラインテストを受験するための前知識としてCASの書式を学ぶ必要があり、数式オンラインテストを利用する際の大きな障害となっている。そのため各数式オンラインテストシステムでは、入力補助のために分数入力や指数入力、三角関数といったものの定型型を用意し、クリックやドラッグ・アンド・ドロップなどの操作で入力欄

に数式を挿入する機能を用意しているものも見られる．その他にも新しい入力インターフェイスを開発し，数式オンラインテストで利用されている実例がいくつか報告されているので紹介する．

2.1 MathTOUCH

MathTOUCH は武庫川女子大学の福井・白井らによって開発された WYSIWYG の数式入力インターフェイスである [2]．MathTOUCH では曖昧な数式入力を許容しており，数式を読むように入力することができる．例えば x^2 であれば，x2 と入力することで変換候補の中に x^2 がリストアップされる．MathTOUCH は STACK の入力タイプとして利用することができる．開発当初は Java 言語で開発されていたが，現在では JavaScript 版も開発されており，モバイル端末での利用も視野に入れた開発が進められている．また最新の研究では機械学習を用いて，より精度の高い変換候補の選定を実現し，これまで以上に数式入力を素早く行うことを可能としている．

2.2 FlickMath

FlickMath は中村・中原らによって開発された STACK 用のモバイル端末用数式入力インターフェイスである [3]．FlickMath は数式を二次元的な表現のまま入力ができる MathDox Formula Editor をベースに開発された．フリック形式で入力された数式を入力欄に二次元表記することができ，モバイル端末においてスムーズかつ直感的に数式入力が可能である (図 1)．基本キーボードとして配置された文字や数字をフリックすること



図 1: FlickMath

とにより、対応した数式が表示され入力することができる。また、 $\log$ や $\sin$ などの関数は関数入力ボタンをフリックすることにより入力することが可能である。また、タブレット端末では全ての英数字が含まれたフルサイズのキーボードがデフォルトで表示される。この場合、入力したいキーをプレスすることで数式候補が吹き出し式で表示される。

3 手書き数式入力インターフェイス

上述のように、通常のテキスト入力に加えて様々な入力インターフェイスの開発が行われ、数式オンラインテストでの解答入力の改善が行われている。しかし、中等教育における数式オンラインテストの利用を想定した場合、さらに自然に数式を入力することができる手書きによる入力インターフェイスが好ましいことは考えるに難くない。また、近年 iPad Pro と Apple Pencil のような手書きによる入力が非常に容易なタブレット端末がリリースされてきていることもあり、手書きによる数式入力の試作を行う動機付けの一つとなった。今回試作した手書き入力インターフェイスは STACK の入力タイププラグインとして開発することとした。STACK で手書き数式を判定することはできないので、手書きで入力された数式を Maxima 形式に変換することが必要である。手書き数式の認識エンジンはすでに東京農工大学 [4] やフランスの MyScript 社 [5] により開発が進められており、実用レベルに達しつつある。今回は手書き数式エンジンは手軽に実装可能な MyScript 社の CDN を利用することとした。

図 2 に実際に STACK での手書き解答の画面を示す。テキスト入力欄の鉛筆アイコンをクリックもしくはタップすると手書きエリアが表示される。この手書きエリアに数式を記述すると、Maxima 書式に変換された数式がテキスト入力欄に自動で挿入される。今回の試作では「戻る」ボタンと「進む」ボタン、「全て消去」ボタンを用意した。手書き入力では消しゴム機能のような削除機能も有効であると考えられる。今後は数式入力以外の部分のユーザビリティを考慮して機能を拡充していく予定である。

手書き数式の判定は一筆ごとに行われる。実際には手書きエリアに記述されたデータを一筆ごとに MyScript 社のサーバに送信し、数式としての認識が行われ MathML の形式でデータが返される。その後、入力インターフェイス側で用意しておいた MathML 形式から Maxima への変換フィルタを通して、テキスト入力欄に挿入される。図 3 に手書き数式認識の簡単な仕組みを図で示す。MathML から Maxima への変換フィルタは中村・稲垣・中原らによって開発された STACK の入力タイプである MathDOX 入力プラグインで作成された Maxima 書式への変換フィルタを利用している [6]。オンライン環境でないと数式判定が行われない形であるが、Moodle を利用しての数式オンラインテスト自体がオンライン環境での利用を想定しているので大きな問題とはならない。しかし、厳密にクロサイトスクリプティングを禁止している環境では MyScript 社のサーバへのデータの送信ができない可能性があるため注意が必要となる。

実際に数式オンラインテストを利用している教員や興味を持っている教員に試してもらったところ、非常によい評価を得ることができた。今後は実際に学習者に提供し、アンケートや入力時間の測定など定量的な評価も含めた機能評価を行っていきたいと考えている。

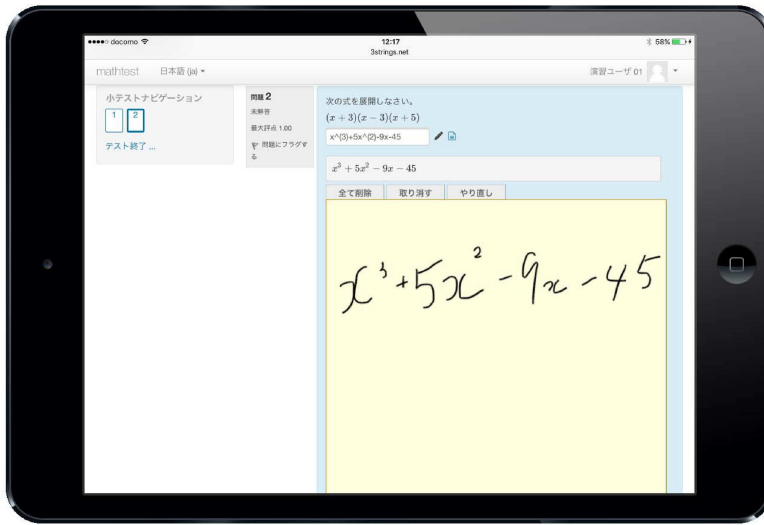


図 2: 手書き解答インターフェイス

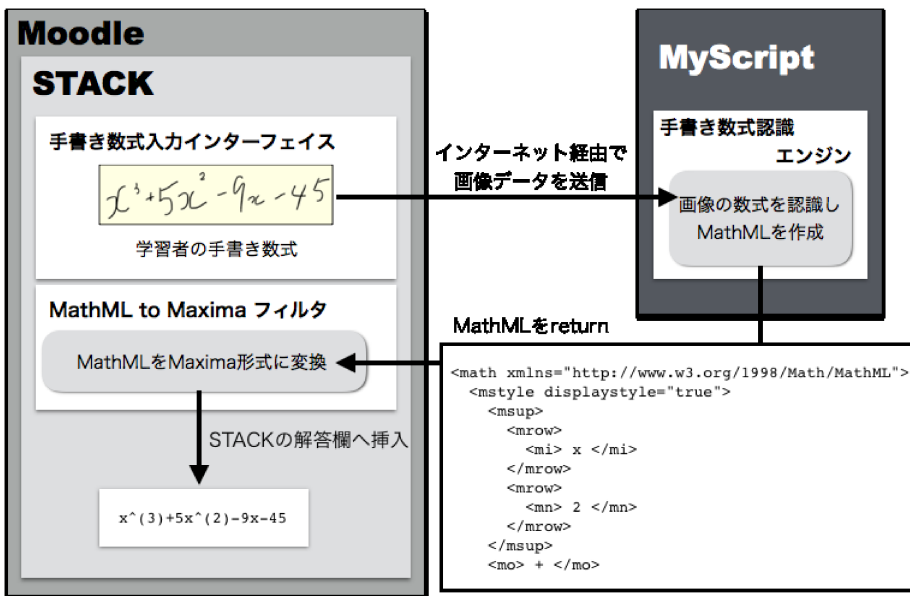


図 3: 手書き数式解答の流れ

4 手書きノート機能

これまで数式オンラインテストでは結果の正誤判定のみが行われてきた。数学において解答導出までの途中過程の重要性は明らかであり，途中式も数式オンラインテストで提出・管理できることが望まれている。これまで著者の一人である中村はSTACKを使った演習授業で，解答をSTACKに入力し正誤判定を行うことを前提に，途中の計算を行うための用紙を配布し，演習終了後に回収することで学習者の解答導出過程を把握していた。しかしこの手法では，eラーニングにおける最大のメリットであるデータの一元管理を生かすことができない。そこで今回，数式手書き解答入力に加えて，途中式も手書きで問題・解答と紐付けて管理することができる機能も開発することとした。図4に学習者が途中式を手書きノート機能を使って記述している様子を示す。

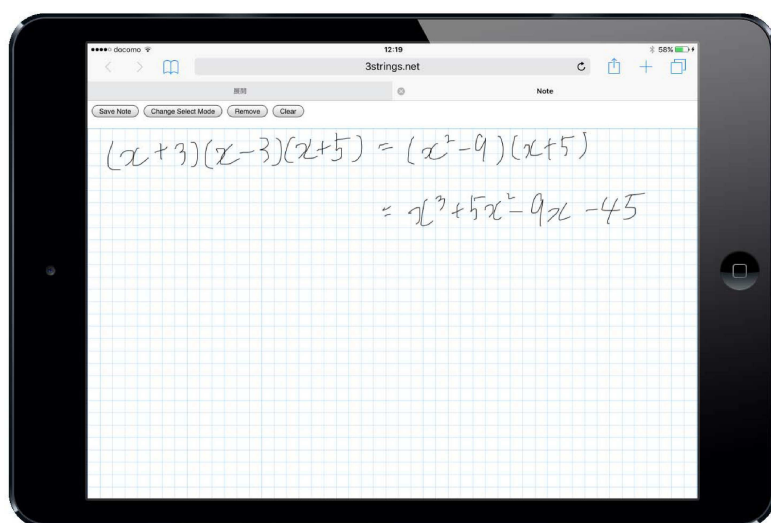


図 4: 手書きノート機能：学習者による途中式の記述

手書きノート機能は先述のSTACKの入力タイプとして開発を行った手書き数式入力インターフェイスと連動して機能する。しかし，STACKの入力タイプとしてのプラグインではデータベースを持つことができないため，手書きノートの実体はMoodleの基本モジュールの小テストのレポートタイププラグインとして開発を行った。図2の鉛筆アイコンの右にあるノートアイコンをクリックすると，手書きで途中計算を記すことができるノートウィンドウが表示される。ここで記述された数式は自動判定されることはなく，そのままの状態データベースに格納される。STACKによる解答判定は解答送信後即時行われる。教員は手書きノートを送信された解答と紐付けられた状態で確認することができる。また，教員は手書きノートに手書きで赤色のペンで追記することができる。学生は赤ペンが入ったノートを確認することができる（図5）。

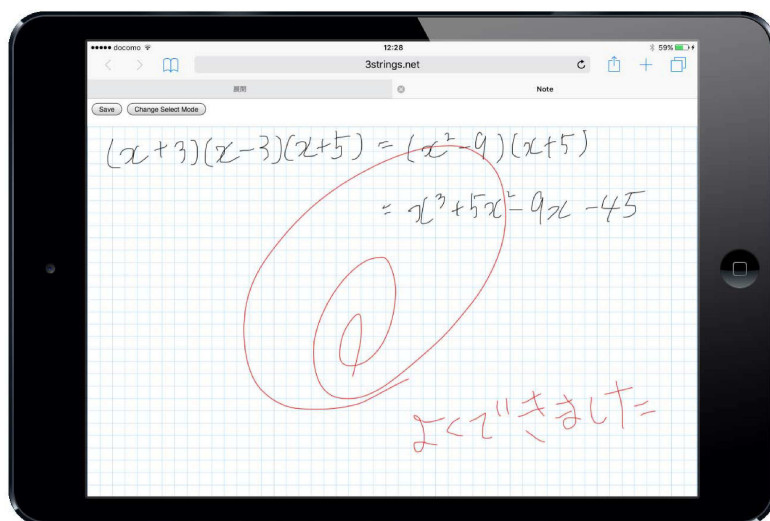


図 5: 手書きノート機能：教員によるチェック

5 まとめと今後の予定

今回, STACK と連携して利用することができる二つのプラグインを開発した. MyScript 社の手書き数式認識エンジンを利用した手書き数式解答インターフェイスは, 今後ユーザビリティの向上を中心とした改良を進めていく予定である. また, 手書きノート機能については, タブレット等での直接の手書き入力機能に加え, モバイル端末のカメラ機能による用紙に記述した途中式などを取り込む機能を追加する予定である. ノート機能については, STACK のような数式オンラインテストだけではなく幅広い利用方法が考えられるため, Moodle の他の機能とも組み合わせて利用できる形式を考えた開発を行う予定である.

これら二つの機能が整備されることにより, e ラーニングで収集するのが難しかった学習者の手書き情報を一元的に管理することができるようになることを示すことができた. 手書きの持つ情報量は多く, 機械学習などを用いた Learning Analytics など新しい学習者の傾向を見つけることが可能となる可能性を秘めている. 著者らはこれからも LMS をはじめとする ICT を活用し, 様々な学習データを一元管理することを目的とした活動を行っていく予定である.

参考文献

- [1] 川添充, 吉富賢太郎:「webMathematica による数学学習支援サイト MATH ON WEB の構築と運用」, 数式処理学会, 第 22 巻, 第 1 号, pp.13-27.

- [2] Chris Sangwin:『Computer Aided Assessment of Mathematics』, Oxford University Press, 2013
- [3] Maple T.A. - Web-based Testing and Assessment for Math Courses - Maplesoft, <http://www.maplesoft.com/products/mapleta/>, 2016 年 12 月閲覧
- [4] 白井詩沙香, 仲村裕子, 福井哲夫:「数式自動採点システムにおける数 式入力インタフェースの提案と評 価」, 情報処理学会論文誌「 教育とコンピュータ」, Vol.1, No.3, pp.11- 21
- [5] Yasuyuki NAKAMURA, Takahiro NAKAHARA: DEVELOPMENT OF A MATH INPUT INTERFACE WITH FLICK OPERATION FOR MOBILE DEVICES, Proceedings of 12th International Conference Mobile Learning 2016. 113-116.
- [6] 中村泰之, 稲垣佑亮, 中原敬広:「MathDox を活用し た STACK への数式入力インタフェースの追加」, PC カンファレンス論文集, pp. 188-191, 2014