

数学オンラインテストの問題作成支援

鶴岡篠^{*1}・内橋夏実・浅本紀子^{*2}

Email: tsuruoka.shino@is.ocha.ac.jp

*1: お茶の水女子大学大学院 人間文化創成科学研究科 理学専攻 情報科学コース

*2: お茶の水女子大学 理学部 情報科学科 教授

◎Key Words オンラインテスト, 数式処理, LMS

1. はじめに

近年, 教育現場における ICT の活用がますます盛んになっている。その一例として, 授業時間外に様々な場所で学習できるオンライン教育システムを充実させ, これを対面授業と併用することで, より効果的な教育に繋げようとする動きがある。しかし, 特に数式を含むオンラインテストの作成には, Moodle のような学習管理システム(LMS)の他に, 数式処理システムや STACK のような数式評価システムに対する知識が求められるため, 教員側の負担を増やす恐れがある。そこで本研究では, このようなシステムにあまり詳しくない教員でも Moodle 上で数学オンラインテストシステム STACK を用いた作問・採点ができるようなツールを開発し, 教員による数学自習教材の作成を支援する。

2. Moodle と STACK

2.1 Moodle

Moodle(1)とは生徒の学習について管理するLMS(Learning Management System)のひとつで, オンラインでの課題提出・評価, 出欠確認, 小テスト等を利用できるeラーニングプラットフォームである。オープンソースであり, 導入コストの面から導入組織が多く, 国内の大学での使用率は約40%とLMSの中でトップシェアである(2)。プラグインを追加することで機能を拡張することができる。

2.2 STACK

STACK(System for Teaching and Assessment using a Computer algebra Kernel)(3)とは, 数式による回答が可能なオンラインテスト・評価システムのことである。STACKでの数式の入力は, 基本的にはExcel等の記法と同じように, フリーの数式処理システムであるMaximaの数式入力記法に従う。バーミンガム大学のSangwinらによって2004年から開発が始められ, 2008年にリリースされたSTACK2.0ではMoodleと連携可能となり利便性が大幅に向上した(4)。STACK3.0以降ではMoodleのプラグインとして動作し, 小テストの問題タイプの一つとして利用可能となっている。

3. オンラインテスト作成支援ツール

3.1 背景

Moodleの小テスト作成には, 問題作成者がMoodleの使い方に慣れるまでにある程度の時間を要するという課題がある。Moodleには小テストで使用される問題をインポートおよびエクスポートするためのMoodle固有のXMLフォーマットが存在し, 関連研究では, 代数学問題

の作成に特化した問題様式のExcelファイルをMoodle用XMLファイルに変換するツールの開発(5)などがある。このようにMoodleに慣れていない人でも小テストを作成できるようにするための研究が進められている。

3.2 意味形式 MathML からオンラインテストを作成

本研究では, HTMLで記述された数学小テスト問題をMoodleの小テストに変換できればこの課題を克服できると考えた。MathMLに注目した理由は, 数式をMathMLで記述して公開されているWebページは多いため簡単にMathMLコードを入手できると考えたからである。この方法は先述した既存研究と比較すると, 複雑な数式をExcelに入力する際の煩雑さが無いという点や, Excelの入っていないパソコンでも利用できるという点でメリットがある。そこで, 数式の書かれたHTMLファイルをMoodle用XMLファイルに変換するツールを設計し, 簡単な計算問題に対応するツールを開発した。

さらに, 本研究では, 変換の際に問題タイプを指定することで, 対応するポテンシャル・レスポンス・ツリーを自動的に設定するよう改良を行う。ポテンシャル・レスポンス・ツリーとは, STACKには解答した内容を評価する機能であり, 様々な想定される学生の解答(ポテンシャル・レスポンス)をツリー状に整理することで, 学生の解答が正解かどうかだけでなく, 入力された解答に応じて様々な応答を返すことができる。このポテンシャル・レスポンス・ツリーを適切に設定することにより, 学生の理解に寄り添った採点をし, 復習すべき点を明確に示すことが可能となるが, その設定は容易ではない。そこで, 複雑なポテンシャル・レスポンス・ツリーにも対応できるよう, 問題タイプを導入した。

3.3 対象とする数式

変換の対象とする数式の範囲は, 高等学校までの算数及び数学の学習指導要領(6)に記載されている範囲に含まれる数式とし, 指導要領は平成20年及び平成21年に改訂されたものを参照する。

3.4 単一の数式からなる簡単な計算問題の場合

一元多次方程式/一次方程式/展開/因数分解/微分/積分などの, 一つのMathMLタグを1つの問題とする簡単な計算問題については先行研究(7)で扱っている。

そのツールで, HTML文書からMoodle用XMLファイルを作成しMoodleの問題バンクにインポートし, それをプレビューした様子が図1である。

問題をプレビューする: factor3

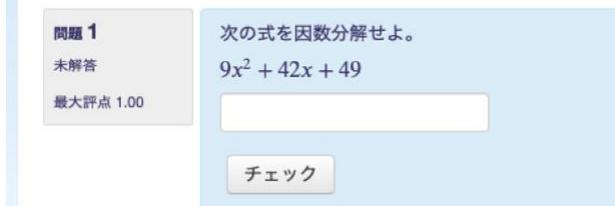


図1 インポートした問題

3.5 問題タイプを指定する方式

前節の方式では、簡単なポテンシャル・レスポンス・ツリーの問題にしか対応できなかった。ポテンシャル・レスポンス・ツリーを柔軟に設定できれば多様な問題を作ることができる。そのために、問題タイプを指定する方式を考えた。

現在利用できる問題タイプは次のとおりである：

- 1) 文字式演算
- 2) 一元一次方程式
- 3) 連立二元一次方程式 (連立方程式 (2))
- 4) 連立三元一次方程式 (連立方程式 (3))
- 5) 一次不等式
- 6) 因数分解
- 7) 式の展開
- 8) 二次方程式
- 9) 二次不等式
- 10) 微分
- 11) 積分
- 14) 三角関数
- 15) その他

例えば、問題タイプに二次方程式を指定した場合、ポテンシャル・レスポンス・ツリーは図2のように設定される。緑のブランチは True、赤のブランチは False を表す。(例：「 $x^2+4x+3=0$ を解け。」)

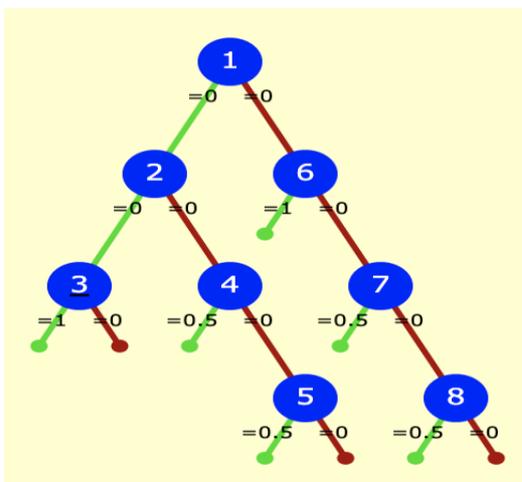


図2 二次方程式のポテンシャル・レスポンス・ツリー

各ノードの評価内容は下記のようにになっている：

- ノード1：問題の二次方程式が重解かどうか
- ノード2：入力された2つの解が等しいか
- ノード3：解答1が正しいか
- ノード4：解答1が正しいか

- ノード5：解答2が正しいか
- ノード6：入力された2つの解が正しいか
- ノード7：解答1が正しいか
- ノード8：解答2が正しいか

4. おわりに

数式部分が意味形式で記述された HTML ファイルから、Moodle 上の STACK を利用した数学オンラインテストを自動生成するツールを開発し、適切なポテンシャル・レスポンス・ツリーを容易に設定できるよう改良を行った。

今後の課題として、現在はポテンシャル・レスポンス・ツリーの自動設定は限られた計算問題にしか対応していないが、グラフを用いた問題など、より幅広い数学問題に対応させることが挙げられる。また、現在は Python3 の実行環境でターミナルコマンドを入力することによって変換結果を取得する形式になっているが、一意な表現形式への変換ツール(8)と統合させ、Web アプリケーションの形で実装できる様にしてユーザビリティを高めたい。

参考文献

- (1) "Moodle": Moodle <<https://moodle.org>>
- (2) 葉利江子, 酒井博之, 辻靖彦, 平岡斉士, 重田勝介: "日本の大学における LMS の導入状況", 大学 ICT 推進協議会 2019 年度年次大会論文集, TP-27 (2019).
- (3) "STACK": Moodle <https://moodle.org/plugins/qttype_stack>
- (4) 中原敬広, 中村泰之: "Moodle の完全なプラグインとなった数式評価システム STACK3.0", 大学 ICT 推進協議会 2012 年度年次大会論文集, G8-5 (2012).
- (5) 畑篤, 上木佐季子, 遠山和大, 中原敬広: "Moodle 小テスト問題の一括作成-数式記述問題支援ツールの改良及び代数学小テスト作成支援ツールの開発-", 日本ムードル協会 全国大会発表論文集, pp.9-14 (2020).
- (6) 文部科学省: 「学習指導要領」 <https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/youryou/1282000.htm>
- (7) 内橋夏実, 浅本紀子: "数式記述言語 MathML の表現形式から意味形式への変換およびオンライン小テスト作成への応用", 情報処理学会コンピュータと教育研究会 161 回研究発表会 (2021).
- (8) 八巻澄奈: "MathML における一意な表現形式記述への変換ツールの開発", お茶の水女子大学大学院 人間文化創成科学研究科 理学専攻 情報科学コース 修士論文 (2022).