

# 数学オンラインテストのPRT活用

村木美香\*1・鶴岡篠\*1・浅本紀子\*2  
Email: muraki.mika@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 基幹研究院 自然科学系

◎Key Words オンラインテスト, 数式処理, LMS

## 1. はじめに

教育現場におけるICTの活用は盛んになっており、特に近年のコロナ禍の影響で、教員はオンライン教育やハイブリッド型授業に対応することは必須となっている。なかでも数式を含むオンラインテストの作成には、数式処理システムや Moodle のような学習管理システム(LMS) に対する知識が求められるため、教員側の負担をなるべく軽減するツール開発などの研究が行われている。本研究では、広く普及している LMS である Moodle 上で利用できる数学オンラインテストシステム STACK を利用した問題作成時に、適切な PRT を設定できるようなツールを開発する。今回は、教師が用意する問題文は先行研究を踏襲し MathML と LaTeX を利用し、主に大学入試問題の範囲を対象とする。

## 2. 背景

### 2.1 オンラインテスト

多くの LMS (Learning Management System) には、オンラインテストの機能がある。国内の大学でもっとも普及している<sup>(1)</sup>LMS である Moodle では小テスト(Quiz activity)、問題(Question)などが使われており、問題タイプ(Question type) はプラグインを追加することで機能を拡張できる。

### 2.2 STACK と PRT

STACK(System for Teaching and Assessment using a Computer algebra Kernel)とは、数式による解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、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。STACK3.0以降は Moodle のプラグインとなり、小テストの問題タイプの一つとして利用可能である<sup>(2)</sup>。

STACKにはポテンシャル・レスポンス・ツリー(PRT)という解答評価機能が搭載されており、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。

### 2.3 関連研究・先行研究

Moodleの小テストは豊富な問題タイプで多様な問題を作成できるが、特に STACK などの複雑な問題を作成するには作成者が使い方に慣れるまでにある程度の時間を要し作成にも手間がかかる。この悩みを軽減するツール等はいくつか発表されている。

畑らは、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を開発している<sup>(3)</sup>。Moodle 上で小テストを作る場合と異なる点として、PRTの入力欄がない代わりに「問題タイプ」を入力することで、適切な PRT が自動的に設定されるようになっている。(引用論文では本発表内の「出題パターン」にあたる概念を「問題タイプ」とよんでいる)

内橋らは、数式部分が MathML の意味形式で記述された数学小テスト問題の HTML 文書から STACK 形式に変換するツールを開発した<sup>(4)</sup>。数式を MathML で記述して公開されている Web ページは多く、表現形式で記述されている場合には意味形式に変換するツールと組み合わせることで、既存の MathML コードの再利用が容易であると考えられる。このツールでは、MathML 内の 1 つの math 要素から 1 つの小問とそれの標準的な PRT を作成し、単一の数式からなる計算問題に対応している。

## 3. MathML から数学オンラインテスト作成

### 3.1 既存ツールの改良点

共著者のひとりの鶴岡が PCC2022 で発表した<sup>(5)</sup>ツールでは、先行研究<sup>(4)</sup>での単一の数式からなる簡単な計算問題を拡張した。「出題パターン」とよぶタイプを指定することでより複雑な PRT に柔軟に対応できるようにしている。そこでは、問題作成者が各自のローカルなパソコンに Python3 の実行環境を用意し、ツールの実行はコマンドで行っていた。出題パターンごとに標準的な PRT を用意することで問題作成者の負担軽減を目指した。

今回、同等の機能を Web 上に GUI アプリで実装した(図 1, 2, 3)。問題作成者は現場の教員が想定されており、全員が自分でローカルパソコンの実行環境を用意するスキル/時間/予算が難しい場合もあり、導入と利用のハードルを下げることをできると考えている。

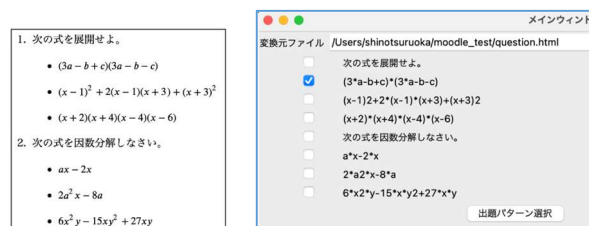


図 1(左) MathML を含む HTML 文書

図 2(右) HTML ファイルを読み込んだ様子



図 3 出題パターンを選択した様子

## 4. 共通テスト形式問題の作成支援

### 4.1 共通テスト形式

大学入学共通テストやセンター試験の数学問題のような問題文内の四角の枠に入れる数や記号を選択する出題や解答方法を本発表では共通テスト形式とよぶことにする。問題文および正解と配点表は公開されている<sup>(6)</sup> (図 4)。この正解と配点の表から問題と PRT を生成することを考える。

数学 I

② 半径が5である球Sがある。この球面上に3点P, Q, Rをとったとき、これらの3点を通る平面 $\alpha$ 上でPQ=8, QR=5, RP=9であったとする。球Sの球面上に点Tを三角錐TPQRの体積が最大となるようにとるとき、その体積を求めよ。

まず、 $\cos \angle QPR = \frac{\square}{\square}$ であることから、 $\triangle PQR$ の面積は  $\square\sqrt{\square}$ である。

次に、点Tから平面 $\alpha$ に垂直な直線を引き、平面 $\alpha$ との交点をHとする。このとき、PH, QH, RHの長さについて、 $\square$ が成り立つ。

以上より、三角錐TPQRの体積は  $\square \left( \sqrt{\square} + \sqrt{\square} \right)$ である。

$\square$ の解答群

① PH < QH < RH	⑥ PH < RH < QH
② QH < PH < RH	⑦ QH < RH < PH
③ RH < PH < QH	⑧ RH < QH < PH
④ PH = QH = RH	

数 学 I

問題番号(配点)	解答記号	正解	配点	問1 配点
第1問 (30)	アイ	-8	2	問3 (30)
	ウエ	-4	1	
	オカ	2, 2	2	
	キク	4, 4	2	
	クコ	7, 3	3	
	サ	4	3	
	シスセ	3, 6, 9	2	
第2問 (30)	ソ, タ, チ	1, 5, 7	2	問4 (30)
	ツ, テ	1, 1	3	
	ア	0	3	
	イ	7	3	
	ウ, エ, オ	$3\sqrt{3} - 4$	3	
	カ	4	2	
	キク	2, 7	2	
ケ	1	2		
第3問 (30)	コ	2	2	問5 (30)
	サシ, ヴスセ	$1, 2, \sqrt{10}$	3	
	ツ	5	2	
	テ	5	2	
	ト	6, $\sqrt{11}$	3	
ニヌ	$(\sqrt{2}/\sqrt{3} + \sqrt{4})$	$1, 0(\sqrt{11} + \sqrt{2})$	3	

図 4 問題文(左)と正解表(右)の一部

### 4.2 作成ツール

共通テスト形式の数学問題では、各解答記号の枠内に入れることができるのは(符号付き)整数のみであり、採点は解答表の1行ずつの配点により行われる。この特徴をふまえ、STACKの問題は小問単位とし、複数の解答欄と複数のPRTからなるものとする。

正解表から作成したCSVデータをもとにして小問ごとのSTACK問題を作成するツールをPython3で試作した。今回の実験に用意したLMSのサーバー構成は次の通りである: Ubuntu 22.04 LTS, Maxima 5.46.0, Moodle 4.2.1, STACK 4.4.4。

問題作成手順としては、(1)CSVデータを用意、(2)インポート用のXMLファイル作成、(3)インポート(図5)、(4)Moodleで問題テキストと必要に応じてフィードバックを整える(図7)。

数学の問題では問題テキストや各フィードバック内の記述には数式や数学記号が含まれ、それらはLaTeXベースで記述されMathJaxフィルタでレンダリングされる。

さらに、CSVデータのカラムを増やすことで、テキストやフィードバックのテキストも自動でインポートすることができる。ただし、CSVファイルのセル内が長くなり扱いにくいことと、MathJaxフィルタのMoodle上での表示の確認が試行錯誤になることが多く、直接Moodle上で編集した方が便利などところがある。そのため、Moodle上で完成した問題を本ツールのCSVデータに逆変換するツールも用意したい。



図 5(左) インポート後の状態

図 6(右) その時の問題編集画面(解答欄とPRT部分)

2023数学I第2問(2)2-2-1-3

半径が5である球Sがある。この球面上に3点P, Q, Rをとったとき、これらの3点を通る平面 $\alpha$ 上でであったとする。球Sの球面上に点Tを三角錐TPQRの体積が最大となるようにとるとき、その体積を求めよ。

まず、 $\cos \angle QPR = \frac{\square}{\square}$ であることから、 $\triangle PQR$ の面積は  $\square\sqrt{\square}$ である。

次に、点Tから平面 $\alpha$ に垂直な直線を引き、平面 $\alpha$ との交点をHとする。このとき、PH, QH, RHの長さについて、 $\square$ が成り立つ。

以上より、三角錐の体積は  $\square \left( \sqrt{\square} + \sqrt{\square} \right)$ である。

$\square$ の解答群

① PH < QH ≤ RH	④ PH < RH ≤ QH	⑦ QH < PH < RH
② QH < RH ≤ PH	⑤ RH < PH ≤ QH	
③ QH < PH ≤ RH	⑥ PH = QH = RH	

タ	チ
ツ	テト
ナ	
ニヌ	ネノ
ハ	

図 7 編集後の問題テキスト

## 5. おわりに

発表者らは、Moodle上のSTACKを利用した数学オンラインテストの問題をPRTの観点からその作成を手助けすることを考え、いくつかのツールを開発した。本発表では、意味形式MathMLを含むHTML文書からSTACK用の問題を自動生成し適切なPRTを容易に設定できるようなGUIツールの開発と、共通テスト形式の問題と正解表から配点通りのPRTを作るツールを紹介した。

### 参考文献

- 稲葉利江子, 他: “大学におけるICT環境の規模別導入状況の現状と経年変化”, 大学ICT推進協議会2021年度年次大会論文集, pp.307-312 (2021)
- <[https://moodle.org/plugins/qttype\\_stack](https://moodle.org/plugins/qttype_stack)>
- 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)
- 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).
- 鶴岡・内橋・浅本: “数学オンラインテストの問題作成支援”, 2022PCCConference, pp.40-41 (2022).
- 大学入試センター: <https://www.dnc.ac.jp/kyotsu/>