

# PRT を利用するオンラインテストの作成支援

浅本紀子\*1・小峯玲奈\*2・堺谷天詩\*2

Email: asamoto.noriko@ocha.ac.jp

\*1: お茶の水女子大学 基幹研究院 自然科学系

\*2: 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

◎Key Words オンラインテスト, STACK, PRT

## 1. はじめに

近年教育現場でも ICT がより一層活用されオンライン教育やハイブリッド型授業は広く行われるようになり、そこで利用する教材の作成や分析を教員自身が行うことも多い。オンラインテスト利用においても、教員が自分の授業に適した問題を作成し、その受験結果の分析を授業にフィードバックするメリットは大きい。一方で、オンラインテストの作成や受験結果の分析には、学習管理システム(LMS)に対する知識や、分野によっては TeX や数式処理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、解答評価に PRT を利用できる STACK 用に問題作成支援ツールを開発する。今回は、主に共通テスト形式の大学入試問題の範囲を対象とする。STACK 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であるが、PRT の利用は数学以外の問題でも活用できる。

## 2. 背景

### 2.1 LMS とオンラインテスト

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 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。

Moodle で小テストの問題タイプの一つとして利用できるプラグインに STACK がある<sup>(1)</sup>。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。Moodle プラグインとして利用できるのは STACK3.0 以降である。

### 2.2 ポテンシャル・レスポンス・ツリー(PRT)

STACK にはポテンシャル・レスポンス・ツリー(Potential Response Tree, 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(図 1)。そして、教師は学生の解答記録を見て、学生がどこでつまづいているのか、どのような誤りが多いのかを調べ、今後の指導に役立てることが可能である。



図 1 ポテンシャル・レスポンス・ツリーの概念図

LMS の機能を利用して成績の管理を行うことは可能であるが、さらに STACK では学生がたどった PRT を確認することで、各学生がどのような経緯で正答または誤答にたどり着いた経緯まで知ることができる。適切な PRT を設計し構築することが、オンラインテストの問題をよくすることに繋がる。

## 2.3 関連研究・先行研究

前述のとおり STACK には PRT に従って、受験者に適切なフィードバックを返したり、教師が受験者達の解答経緯を確認しクラス全体の習熟度を確認したりできるが、多くの受験結果の解答記録をみて把握するには手間がかかる。また、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。これらの悩みを軽減するツール等はいくつか発表されている。

玉田、堀之内らは、教師向け・学生向けそれぞれに STACK の問題からなる小テスト結果の分析シートを PRT の解答記録を利用して自動作成するツールを開発した<sup>(2)(3)</sup>。これらは、Moodle サーバーに変更を加えることなく利用者としての教師の権限のみで LMS に詳しくない教員が各自の PC での Excel の操作で教員向け学生向けの分析シートを小テストのフィードバックとして Moodle にアップロードできるものである。

村木らは、PRT の設計が機械的に決まる種類の問題について、令和 5 年度の数学 4 科目(数学 I、数学 I・数学 A、数学 II、数学 II・数学 B)の正解表のデータから STACK 用の問題を生成するツールを作成した。<sup>(4)</sup>

## 3. 共通テスト形式問題の作成支援

昨年の PCC2023 で発表した共通テスト形式の数学問題の PRT 生成を発展させ、令和 6 年までの過去の共通テスト全科目の本試験及び追・再試験に対応させる。この形式で横書きであれば、数式を含まない数学科目以外でも STACK 形式にすることで PRT 利用の恩恵を受けることができる。

### 3.1 共通テスト形式

先行研究と同様に、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。

### 3.2 出題パターン

令和 3 年度から令和 6 年度までの本試験及び追・再試験の正解表等を調べ必要事項の確認をした。

#### ◇ 入力欄

問題の入力欄は原則として問題文の枠に対応させる。つまり、可能なものは(符号付き)整数で、一部「a」「b」が使われる。それ以外の分数式や根号式等は問題文で複数の枠を組合せて使う。小数点を含む解答については、1 枠で入力させる方法も考えられるが今回は問題文の通りに 2 枠に分けることとした。

#### ◇ PRT

出題パターンの基本は、n 枠で順/順不同と部分点あり/なしの組合せの 4 通りである。

表 1 令和 6 年度問題出題パターンごとの PRT の個数

	R6				R6追・再試験				
	数学 I	数学 I・A	数学 II	数学 II・B	数学 I	数学 I・A	数学 II	数学 II・B	
1 枠	29	30	32	33	20	22	18	27	211
2 枠	5	12	12	14	20	20	22	21	126
3 枠	6	4	1	3	2	4	3	1	24
4 枠	2	1	2	1		2	1	1	10
5 枠								1	1
6 枠				1				1	2
2 枠、順不同	1				1				2
3 枠、部分点			1	1					2
	43	47	48	53	43	48	44	52	378

#### (1) n 個の枠が順番通りに全て一致のとき正解

入力値を解答欄の順に全て正解と代数等価のとき(ツリーの左下の緑の枝)のみ配点を与えることとし、ノード数は n 個になる。リストで判定するとノードは 1 個で済むが、よりよいフィードバックを書くことに備え n 個とした。

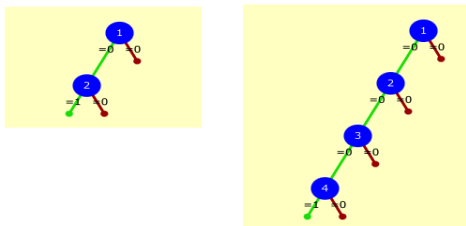


図 2 全て一致のとき正解の PRT 例

#### (2) n 個の枠が順不同で全て一致のとき正解

Maxima で、集合もしくは sort 済みリストの代数等価を

使用し 1 個のノードのみのツリーとする。

#### (3) n 個の枠が順番どおりで部分点あり

#### (4) n 個の枠が順不同で部分点あり

これらは、出現頻度が多くないため対応する部分点なしのツリーを手動で編集することとした。

#### ◇ 問題文

数学の問題の多く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ことになる。問題文内の四角の枠を使った分数式や根号式も LaTeX コードで直接生成させることも検討したが、用意する CSV データが複雑になるため今回のツールの仕様には含めなかった。

国語の問題は縦書きのため、今回は対象としない。

### 3.3 作成ツール

共通テスト形式の問題では、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 24.04 LTS, Maxima 5.46.0, Moodle 4.4.1, STACK 4.6.0。

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)。



図 4 問題文(左)と正解表(右)の一部

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)

図 7 編集後の問題テキスト

(※ PDF 上で拡大してご覧ください)

### 4. おわりに

発表者らは、オンラインテストで教師/学習者双方に役立つ問題設計に PRT が活用できると考え、Moodle 上の STACK を利用した問題の作成を手助けするいくつかのツールを開発した。本発表では、

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

- (1) <[https://moodle.org/plugins/qtype\\_stack](https://moodle.org/plugins/qtype_stack)>
- (2) 玉田: “高校数学オンラインテストにおける教師支援システムの開発”, お茶の水女子大学修士論文 (2021).
- (3) 堀之内: “STACK による高校数学オンラインテストを用いた学習支援”, お茶の水女子大学修士論文 (2021).
- (4) 村木, 鶴岡, 浅本: “数学オンラインテストの PRT 活用”, 2023PCCConference, pp.173-174 (2023).
- (5) 大学入試センター: <https://www.dnc.ac.jp/kyotsu/>