

数学 e ラーニングにおける数式解答評価システムについて

原田実里 (指導教員：浅本紀子)

1 はじめに

インターネットに接続する環境が整いつつあるのに伴い、Web 上に教材を置いて授業の補助に利用したり、生徒が自学・自習を行う、いわゆる e ラーニングの利用も増えてきている。

本研究では、数式による解答を要求し、数式としての正誤評価が可能なオンラインテストシステムである STACK をとりあげ、その改良及び補助ツールの導入で、学生が復習を効果的に行えることと、教師の問題作成の負担を減らすことを目的とする。

2 STACK

STACK(System for Teaching and Assessment using a Computer algebra Kernel) とは、パーミンガム大学の Christopher Sangwin が中心となり開発した、数学のためのオンラインテストシステムである。名古屋大学の中村らにより日本語化も行われている [1]。STACK は学習過程管理システム (CMS) である Moodle と連携して動作する。ユーザ管理、コース管理は Moodle が行い、STACK は問題の提供と受験結果のレポートを行っている。解答の正誤評価には数式処理システム (CAS) の Maxima、問題の登録・管理を行うデータベースは MySQL を用いている。

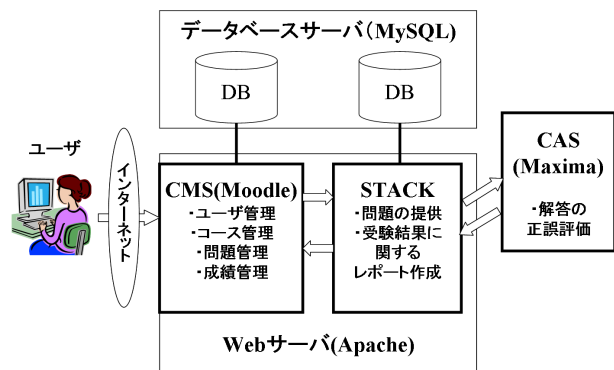


図 1: STACK の構成

現在、自然科学分野でも e ラーニングの利用は増えてきているが、練習問題は多肢選択式や数値を解答する方式などの単純なものがほとんどである。STACK は数式そのものの評価が可能であるため、様々な種類の問題を扱うことができる。STACK のその他の利点としては、同形式で数値 (係数) の異なる問題をランダムに作成可能なこと、問題で図やグラフを扱えることなどがある。また、部分点を与えたりフィードバックを返したりできることが大きな特徴である。

3 ポテンシャル・レスポンス・ツリー

ポテンシャル・レスポンス・ツリーとは、想定される学生の解答を処理するための機構である。学生の予想される解答 (ポテンシャル・レスポンス) を互いに関連付けてツリー状にしたもので、学生の解答に対して正誤評価だけでなく、部分点を与え、解答に応じた

適切なフィードバックを返すことができる。教師は学生の解答記録 (レポート) 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。

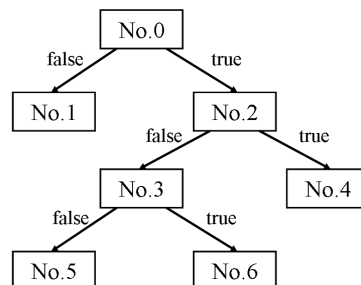


図 2: ポテンシャル・レスポンス・ツリーの概念図

基本的には評価関数を用いて学生の解答を判定していく。評価関数を満たす (true) か満たさない (false) かによって、次のポテンシャル・レスポンスに移っていく。

4 例題

次の微分方程式の一般解を求める問題を例にとる。

$$\frac{d}{dx}y(x) - y(x) = 4e^{2x}$$

この問題のポテンシャル・レスポンス・ツリーは次のような構成になっている。

No.0: 学生の解答が微分方程式を満たしているかどうかを判定。満たしていれば No.1 へ、満たしていなければ 0 点。

No.1: 学生の解答が任意定数を含んだ一般式の形になっているかどうかを判定。任意定数を含んでいれば正解とし 1 点、そうでなければ部分点として 0.5 点を与える。

判定が終了した時点で、解答に応じたフィードバックを返すことができる。例えば No.1 で解答が任意定数を含んでいなかった場合、その旨のフィードバックを点数と共に表示させることが可能である。

5 研究概要

学生が復習をしやすくなるように、また、教師の負担を減らし、よりよい指導ができるように、以下の 2 点について STACK の改良を試みていくことにする。

5.1 ポテンシャル・レスポンス・ツリーのツリー表示

学生は問題の解答を送信すると、その場で自分の解答に対するフィードバックと部分点を見ることができ。しかし、解答の判定の途中経過までは確認することができない。さらに、フィードバックは後で見ることができないので、復習をするのに不便になっている。また、教師は、問題の編集画面でしかツリーの詳細を確認できない。ツリーを概念図の形でわかりやすく表示するように改良し、学生のより効果的な復習と教師の作業の効率化をはかる。

5.2 教師向け補助ツール

問題作成が、手順が煩雑・Maxima の知識が必要ななどの理由で難解であるため、コンピュータにそれほど詳しくない教師にとってはハードルが高い。慣れている教師でも、細かい設定が多くやや面倒に感じる。負担を減らし、より多くの教師が STACK を活用できるようにするため、問題作成のための補助的なツールを開発する。本研究ではポテンシャル・レスポンス・ツリーの設定のためのツールを開発した。

6 ポテンシャル・レスポンス・ツリーの表示

ポテンシャル・レスポンス・ツリーを、構造を理解しやすいように画像として表示する機能を STACK に追加した。学生に対しては、自分の解答の点数と、解答がツリーをどのように辿ったのが確認できるレポート画面を表示する (図 3)。さらにツリーの名をクリックすることで図 4 の画面に飛び、そのツリーの詳細が確認できる画像を表示するようにした。教師はレポートから辿る以外にも、問題作成画面でツリーの詳細の確認をすることもできる。

Student id 4	3	ans1 0*(7-x) - valid ans2 (x-4)/(x-1) - valid ans3 (x+5)*(x^2+10*x+21) - valid 詳細を表示	この受験は採点されていません。				
	4	ans1 0*(7-x) - score ans2 (x-4)/(x-1) - score ans3 (x+5)*(x^2+10*x+21) - score 詳細を表示	フィードバック名	満点	得点	解答記録	エラー
			PRT1	1.00000	1.00000	[[Correct by default]] PRT1.0-T	0
			PRT2	1.00000	1.00000	[[Correct]] PRT2.0-T	0
			PRT3	0.00000	0.00000	[[ATFacForm_nofactored]] PRT3.0-F PRT3.1-T	0

図 3: 学生のレポート画面 (自分の解答、ツリーを辿った経路、点数が表示される)

ツリーの画像は、STACK の問題データベースから必要な情報を取得し出力する。それぞれのポテンシャル・レスポンスにカーソルを合わせることで、そのポテンシャル・レスポンスでの解答の判定基準、次のポテンシャル・レスポンスの番号、フィードバックを表示させることができるようにした。解答記録と合わせてツリーの内容を確認可能になったことで、復習や、どこでつまづいているのがより確認しやすい形になった。

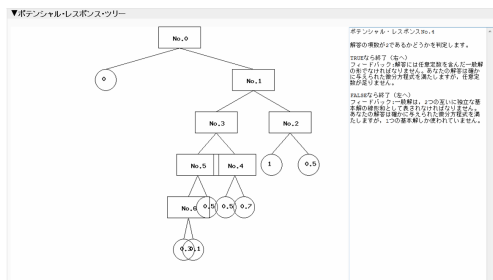


図 4: ポテンシャル・レスポンス・ツリーの図

7 問題作成の補助ツール

教師が問題作成時に設定するポテンシャル・レスポンス・ツリーを、STACK の問題作成画面ではなく、あらかじめローカルで作成しておいた上で問題作成画面に上げることができるようなツールを作成した。

STACK には、問題を XML 形式にしてインポート、エクスポートできる機能が備わっている。今回作成す

るツールは、ポテンシャル・レスポンス・ツリーの構成と、フィードバック等の詳細情報を設定しておき、それらの設定を書き出して、STACK にインポート可能な XML ファイルを生成するという操作を行う。下がそのツールである。

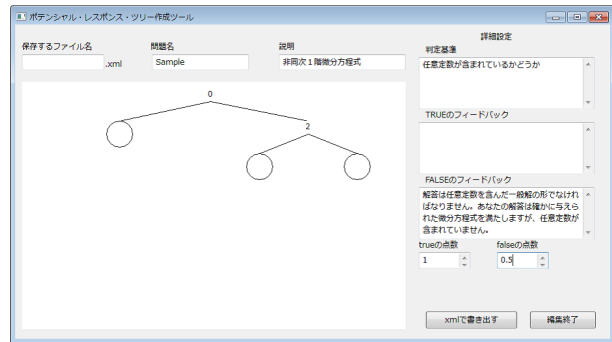


図 5: ツリー作成ツール

このツールを使用したときは、次のような流れで問題の作成を行うこととなる。

1. 問題名を入力し、ポテンシャル・レスポンス・ツリーの構造を決定する。
2. ポテンシャル・レスポンス毎に、解答の判定基準、フィードバック、点数 (または部分点) を入力する。
3. 入力した情報を使い、STACK にインポート可能な XML ファイルを生成する。
4. STACK に問題をインポートし、問題文や解答欄の設定等を行って問題を完成させる。

STACK の画面上でツリーを作成する場合、ツリーの構造が把握しづらく、画面を何度もスクロールしなければならず、入力がしにくい。このツールは、ツリーの構造を先に決めて、その図を見ながら必要事項を埋めていくことができるため、ツリー全体が直感的に把握しやすく、編集作業がしやすくなっている。

8 まとめと今後の課題

ポテンシャル・レスポンス・ツリーをツリーの画像として出力し構造をわかりやすくすることと、問題作成時のポテンシャル・レスポンス・ツリーの設定を直感的に行えるツールの作成の 2 点を行った。

今後は、Maxima に詳しくない教師でも比較的簡単に問題の作成ができるように、問題の分野ごとにひな型を用意しておき、いくつかの項目を埋めるだけで自動で問題の形にしてくれるようなツールの開発を行い、STACK がより便利で効果的に利用できるようにしていきたい。

参考文献

- [1] 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)
- [2] Ja STACK.org : <http://ja-stack.org/>
- [3] Moodle.org : <http://moodle.org/>