

STACK と Moodle による数学 e ラーニング

名古屋大学大学院情報科学研究科 中村 泰之 (Yasuyuki Nakamura)
Graduate School of Information Science,
Nagoya University
e ラーニングサービス 中原 敬広 (Takahiro Nakahara)
秋山 實 (Minoru Akiyama)
e Learning Service

STACK はイギリスで開発された数学のためのオンラインテスト・評価システムであり、数式を含む解答の正誤評価を行い、成績を管理することができるシステムである。Moodle と連携し、小テストの問題に STACK の問題を組み込むことができ、数式を使った数学の問題を課すことが可能である。本報告では、STACK の完全な多言語化による日本語化と各種機能の改善について紹介する。

1 はじめに

近年では多くの大学で e ラーニングが導入され、各分野での利用が盛んになってきている。e ラーニングの実践にはコースマネジメントシステム (CMS) が多く利用されている。ほとんどの CMS にオンラインテストシステムが実装されており、CMS の最も重要な機能の一つと言える。CMS のオンラインテストの種類は多肢選択問題、記述問題、数値入力問題といったものがほとんどである。しかし、このようなオンラインテストの種類のみでは理工系教育における数式の取り扱いが十分と言う事は難しい。

そこで利用されているのが、数式処理システム (Computer Algebra System) である。ユーザ管理や成績管理、資料の提示などの基本的な部分は CMS で行い、オンラインテストにおける数式の評価の機能を外部のアプリケーションである CAS に委ねる形式が多く見られるようになってきた。たとえば、商品として販売されているものとして Maple TA[1] が挙げられる。Maple TA では Moodle[2] や Blackboard[3] との連携が実現されている。また、無償のオープンソースソフトウェアのシステムもいくつか発表されている。CABLE[4] は CAS として Axiom[5] を用い、LogiCampus[6] と組み合わせて利用される。また、数学学習支援システム CAML など、独自の数式正誤判定アルゴリズムを実装したシステムも存在する。

今回紹介する STACK[7, 8, 9, 10] は CAS として Maxima[11] を採用し、Moodle との連携を実現している。今回は STACK の完全なる日本語化と改善を報告する。

2 STACK

2.1 概要

STACK(System for Teaching and Assessment using a Computer algebra Kernel) は PHP と MySQL を用い、ユーザ管理、成績管理を行うことを実現した数学オンラインテスト・評価システムである。前述のとおり、CAS として Maxima を採用し、全てオープンソースソフトウェアで構成されていることが特徴である。2004 年に Sangwin らによって開発が始まり、2005 年から公開されている。そして、2008 年に入り、大幅な改変が行われ、CMS の一つである Moodle との連携が実現された。Moodle の小テストモジュールにおいて、STACK で作成した問題を利用することができるようになり、シームレスな利用が可能になった。また、そのテスト結果は Moodle の評価機能で管理されるため、授業の成績の一部として取り扱うことが可能になっている。

STACK には基本的な機能である数式評価問題の取り扱いに加えて以下のような機能が用意されている。

- GUI による解答入力
- 係数をランダムに変化させる問題の作成
- グラフを利用した問題の作成
- 詳細なフィードバック
- 部分点を含む採点
- 解答の手引きの提示

2.2 利用例

本節では、STACK の利用例を簡単に紹介する。図 1 は、積分の問題を解く問題が出題された Moodle の小テストの一部分である。これは、を計算させる問題である。解答欄に $5/3*x^3+2*x^2+2*x$ と入力し、解答を送信した後の画面である。この問題の正答は $5/3*x^3+2*x^2+2*x+C$ であり、送信された問題は積分定数 C が不足していることになる。このとき STACK は送信された解答に積分定数が不足していることを自動判断し、積分定数を忘れていた旨をフィードバックとして返している。また、積分定数がないということで完全な不正解でなく部分点を与えているところにも注目されたい。また、積分定数に C 以外の文字を使用した解答にも、その文字を積分定数と判定し正解と返すことも可能である。このフィードバックは問題作成時に自身で細かく設定することも可能であるし、積分定数や因数分解など基本的な要件に関しては自動でフィードバックを返すことも可能である。

また、この問題は係数がランダムで作成されているので、再受験すると違う係数の問題が表示される。係数が 0 となった場合はその項は表示されない。図 2 は同じ問題を再受験したものである。

積分 - 受験 1

1 次の積分を計算せよ。

得点:
0.5/1

$$\int (5 \cdot x^2 + 4 \cdot x + 4) dx$$

5/3*x^3+2*x^2

あなたの入力した解答:

$$\frac{5}{3} \cdot x^3 + 2 \cdot x^2 + 4 \cdot x$$

正しい！部分的に正解です。
積分定数を忘れていませんか？積分定数を追加すれば正解です。あなたの点数は0.5。●減点とは別の結果とあわせて、1点満点中0.5点です。

解答の手引きを表示する 

[問題文を拡大する](#) [すべての問題を解く](#) [すべての問題を印刷する](#)

図 1: STACK による問題解答の例

積分 - 受験 1

1 次の積分を計算せよ。

得点:
0.5/1

$$\int (2 \cdot x^2 + 5 \cdot x^3) dx$$

1/2*x^4+5/3*x^3

あなたの解答

$$\frac{1}{2} \cdot x^4 + \frac{5}{3} \cdot x^3$$

正解: $C + \frac{x^4}{2} + \frac{5x^3}{3}$
入力すべき値: $C + x^4/2 + 5 \cdot x^3/3$

正しい！部分的に正解です。
積分定数を忘れていませんか？積分定数を追加すれば正解です。あなたの点数は0.5。●減点とは別の結果とあわせて、1点満点中0.5点です。

解答の手引き

x^n の積分が $\frac{1}{n+1}x^{n+1}$ であることを思い出しましょう。項別に積分をすることにより、

$$\int 2 \cdot x^2 + 5 \cdot x^3 dx = \frac{x^4}{2} + \frac{5 \cdot x^3}{3} + C$$

となる。ただし、 C は積分定数である。

[問題文を拡大する](#) [すべての問題を解く](#) [すべての問題を印刷する](#)

図 2: 解答の手引きの提示

図3はSTACKに実装されているGUI数式エディタ DragMath を使用して解答を入力している例である。エディタ内に配置された記号類をドラッグ・ドロップすることによって直感的に数式を作成することができる。

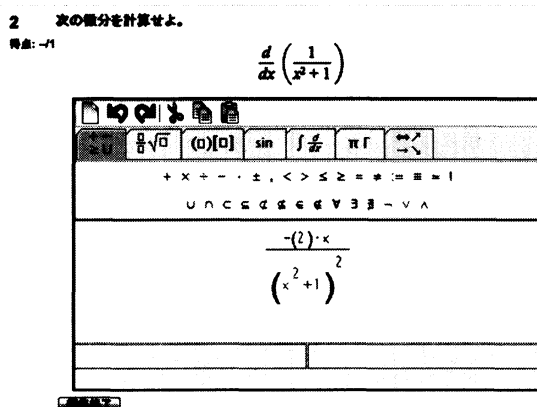


図3: GUI(DragMath) による解答入力

2.3 レポート

STACKはMoodleと連携しているので、テストのおおまかな採点結果はMoodle標準機能の小テストモジュール内のレポートとして管理される。これにより各学生の解答所有時間と個々の問題の得点状況を把握することができる(図4)。また、各学生の氏名をクリックすると、その学生の受験状況の詳細が表示される。図5は、ある学生が微分方程式を解答し、計算間違いしていることがわかる。このように解答履歴を確認することで、学生がどのようにして正解へたどり着いたかを把握することができる。

問題ID	問題名	開始日時	終了日時	経過時間	正解数	不正解数	正解率	不正解率	不正解理由
1	2010年01月21日 08:30	2010年01月21日 08:30	00:16	00:16	2/2	0/2	1.00	0.00	0/2
2	2010年01月21日 08:27	2010年01月21日 08:27	00:07	00:07	0/2	0/2	0.00	0.00	-2
3	2010年01月21日 08:24	2010年01月21日 08:24	00:26	00:26	2/2	0/2	1.00	0.00	0/2
4	2010年01月21日 08:24	2010年01月21日 08:24	00:07	00:07	2/2	0/2	1.00	0.00	-2
5	2010年01月21日 08:23	2010年01月21日 08:23	00:07	00:07	1.00	1.00	1.00	1.00	0/2
6	2010年01月21日 08:23	2010年01月21日 08:23	00:07	00:07	2/2	0/2	1.00	0.00	-2
7	2010年01月21日 08:23	2010年01月21日 08:23	00:23	00:23	2/2	0/2	1.00	0.00	1.00
8	2010年01月21日 08:24	2010年01月21日 08:24	00:07	00:07	2/2	0/2	1.00	0.00	0/2
9	2010年01月21日 08:24	2010年01月21日 08:24	00:07	00:07	2/2	0/2	1.00	0.00	0/2
10	2010年01月21日 08:24	2010年01月21日 08:24	00:07	00:07	2/2	0/2	1.00	0.00	0/2
11	2010年01月21日 08:24	2010年01月21日 08:24	00:07	00:07	2/2	0/2	1.00	0.00	0/2
12	2010年01月21日 08:24	2010年01月21日 08:24	00:07	00:07	2/2	0/2	1.00	0.00	0/2
13	2010年01月21日 08:24	2010年01月21日 08:24	00:07	00:07	2/2	0/2	1.00	0.00	0/2
14	2010年01月21日 08:24	2010年01月21日 08:24	00:07	00:07	2/2	0/2	1.00	0.00	0/2
15	2010年01月21日 08:24	2010年01月21日 08:24	00:07	00:07	2/2	0/2	1.00	0.00	0/2
16	2010年01月21日 08:24	2010年01月21日 08:24	00:07	00:07	2/2	0/2	1.00	0.00	0/2
17	2010年01月21日 08:24	2010年01月21日 08:24	00:07	00:07	2/2	0/2	1.00	0.00	0/2
18	2010年01月21日 08:24	2010年01月21日 08:24	00:07	00:07	2/2	0/2	1.00	0.00	0/2
19	2010年01月21日 08:24	2010年01月21日 08:24	00:07	00:07	2/2	0/2	1.00	0.00	0/2
20	2010年01月21日 08:24	2010年01月21日 08:24	00:07	00:07	2/2	0/2	1.00	0.00	0/2

図4: 成績レビュー

次の微分方程式の一般解を求めよ。

$$\frac{d}{dx} \cdot y(x) + 2 \cdot y(x) = 0$$

$y(x) = \exp(2 \cdot x)$

あなたの入力した解答:

$$e^{2x}$$

残念、間違いです。

あなたの解答は微分方程式を満たしてはいけません。しかし、あなたの解答を微分方程式の左辺に代入した結果

$$4 \cdot e^{2x}$$

となり、これは恒等的には0になりません。あなたの点数は0.

減点と以前の結果とあわせて、1点満点中0点です。

History of Responses:

1	Grade	09:32:34 on 21/01/10	0	0
2	Grade	09:32:49 on 21/01/10	0	0
3	Grade	09:33:22 on 21/01/10	0	0
4	Grade	09:33:35 on 21/01/10	0.3	0.3
5	Grade	09:33:56 on 21/01/10	0.3	0.3
6	Grade	09:34:03 on 21/01/10	0.8	0.8
7	Grade	09:34:34 on 21/01/10	0.8	0.8
8	Grade	16:02:55 on 25/01/10	0.8	0.8

図 5: 解答の過程

また、STACK は独自のレポート機能として学生がどのような解答過程を経て正答にたどり着いたか、もしくは正答できなかったかを知ることができるレポート機能を有している。レポート機能の種類として、特定の学生が受験した問題に対してどのような解答を行ったかを知ることができる。

「学生」レポートと、特定の問題に対して受験した学生がどのような解答をしたかを知ることができる「問題」レポート、問題の採点結果をもとにした「評価表」レポートの3つの機能が用意されている。

図6は「問題」レポートの一部である。特定の問題を受験した学生たちがどのような解答を提出したかを統計データとして表示している。これにより、クラス全体の状況を簡単に把握することができる。そのクラスの解答傾向を把握することで授業の計画にも役立つと考えられる。

解答欄	解答	回数
ans1	$x(x+7)=30$	6
ans2	$\{-10, 3, ?\}$	2
	$\{-10, 3\}$	2
	$\{1, 3\}$	2
ans3	3	6
	合計受験回数	18
	合計提出回数	6

図 6: 問題レポート：解答の統計

図7は「学生」レポートの例である。前述した積分の問題の解答履歴が表示されている。このレポートの「採点済み」となっている受験No2の行を見るとフィードバック名「integral」の解答記録に「積分定数なし」と表示されているのがわかる。これはSTACKの自動判定機能の結果である。このように、「学生」レポートではその学生がどのようなミスをしたかを一目で判断することが可能である。この「積分定数なし」の部分は英語版STACKでは開発者のみにわかるような略語で表示されていた。今回の完全日本語化により、この部分をわかりやすい日本語表記にすることにより教師が、より学生の学習履歴を把握できるようになった。ここでの「Integral」という英語表記は教師が命名したフィードバック名である。

レポート

問題 100:

学生	問題No	問題	採点
Student id 1	1	問: $\int 12x^4 + 53x^3$ 解答を表示	この受験は採点されていません
	2	問: $\int 12x^4 + 53x^3$ 採点済み 解答を表示	フィードバック名: 問題 採点: 採点済み integral [0.50000] [0.50000] integral-0.7 積分定数なし integral-1.F 0
	3	問: $\int 12x^4 + 53x^3$ 有効 解答を表示	この受験は採点されていません
	4	問: 空白 解答を表示	この受験は採点されていません
	5	問: $\int x^3 + 12x^2 + 4x$ 採点済み 解答を表示	フィードバック名: 問題 採点: 採点済み integral [0.50000] [0.30000] integral-0.7 積分定数なし integral-1.F 0
	6	問: $\int x^3 + 12x^2 + 4x$ 有効 解答を表示	この受験は採点されていません
	7	問: $\int x^3 + 12x^2 + 2$ 採点済み 解答を表示	フィードバック名: 問題 採点: 採点済み integral [0.00000] [0.00000] integral-0.F 0
	8	問: $\int x^3 + 12x^2 + 2$ 有効 解答を表示	この受験は採点されていません
	9	問: $\int 5x^3 + 2x^2 + 4x$ 採点済み 解答を表示	フィードバック名: 問題 採点: 採点済み integral [0.50000] [0.50000] integral-0.7 積分定数なし integral-1.F 0
	10	問: $\int 5x^3 + 2x^2 + 4x$ 有効 解答を表示	この受験は採点されていません

図 7: 学生レポート

「評価表」レポートはある期間における受験状況が一覧として表示される。このレポートから各問題の解答状況が大まかに把握できるが、詳細な情報は表示されないため、現在の利用価値は制限されていると言わざるを得ない。

2.4 日本語化

STACK は言語ファイルを参照することにより、多言語化を目指しているが、これまで英語の言語ファイルしか存在しなかった。そこで、まず英語の言語ファイルを翻訳することから日本語化を行うことから始めた。しかし、ボタンラベル、各種メッセージなどがソースコードに埋め込まれた、ハードコードされた形式になっている部分が多数見受けられ、そのままでは真の意味で多言語化は困難であると判断し、言語に関する部分は全て言語ファイルを参照するようにソースコードの修正を行った。

また、STACK の言語環境は Moodle の言語環境とは連携していなかった。そのため、STACK が英語と日本語に対応しているにもかかわらず、日本語でインストールされた STACK からの出力は、Moodle を英語で利用している教師に対しても、日本語で表示されるような状態であった。そこで、Moodle の言語環境が STACK にも引き継がれるような修正も施した。

以上により、STACK の本格的な日本語化と他言語への拡張が容易になったと言えるだろう。

2.5 今後の開発

現在の日本語版 STACK は STACK2.0 をベースに改良したものである。最新の英語版 STACK は STACK2.1 である。現在は STACK2.2 の開発が順調に行われている。

STACK2.0 の最大の問題点としてレスポンスの遅さが挙げられる。快適な動作を実現するには、それなりのサーバスペックが要求される。この問題を是正するために STACK2.1, 2.2 ではあらかじめキャッシュを作成しておくことでレスポンスの低下を防ぐ仕組みが加えられた。

また、STACK2.1, 2.2 では問題作成時のインターフェイス改善など多種の改良が行われている。

日本語版 STACK は現在開発中の STACK2.2 をベースに更新していく予定である。

2.6 おわりに

数学オンラインテスト評価システム STACK は理工系教育における e ラーニング導入への壁の一つである数式の取り扱いという問題を見事に解決することができる。また、今回の完全日本語化に伴い Moodle との連携部分の見直し、言語の取り扱いなどを大幅な改善を行った。

今後はモバイル対応やバックアップ機能の Moodle との完全連携などを視野に入れて、より広範囲に、使いやすい CAS として確立させていきたい。

参考文献

- [1] Maple T.A. Testing, Evaluation and Grading Software, <http://www.maplesoft.com/products/mapleta/>
- [2] Moodle.org: open-source community-based tools for learning, <http://moodle.org/>
- [3] Blackboard Home, <http://www.blackboard.com/>
- [4] L. Naismith and C. J. Sangwin, “Computer algebra based assessment of mathematics online”, Proc 8th CAA Conference 2004 (2004)
- [5] Axiom Computer Algebra System, <http://axiom-developer.org/>
- [6] Open Source Campus Management and LMS, <http://logicampus.sourceforge.net/>
- [7] STACK, <http://www.stack.bham.ac.uk/>
- [8] Ja STACK.org, <http://ja-stack.org/>

- [9] 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)
- [10] 中村泰之, 「数学オンラインテスト・評価システム STACK の日本語化」, 数式処理 Vol.15 pp.73-80 (2008)
- [11] Maxima-A GPL CAS based on DOE-MACSYMA, <http://maxima.sourceforge.net/>