

数式入力による数学評価システム Maple T.A. を利用した 理工系学部での基礎教育

龍谷大学・理工学部 樋口 三郎 (Saburo Higuchi)
Faculty of Science and Technology,
Ryukoku University

1 はじめに

数学の e ラーニングの一要素として、問題に対して学習者が特定の文法に従った数式を解答として入力して、自動採点結果をフィードバックする数学オンラインテストが普及しつつある。

e ラーニングのオンラインテストでは、多肢選択、自由記述などがよく用いられる解答形式である。一方、e ラーニングシステムが数学オンラインテストで数式を自動採点するには、システムが、数式としての等価性を考慮して学習者の答を処理する必要がある。したがって、数学オンラインテストにはバックエンドとなる数式処理システム (CAS) が必要となる。また、学習者による答の入力は、数式の構造を表現する何らかの規約に基づく必要がある。現時点では紙上の数学の答案記述に用いられる 2 次元的数式表現をシステムが正しく認識することは困難で、CAS の文法をそのまま使用して入力するか、数式エディタのようなユーザインターフェイスを介して入力するかすることが多い。

日本国内で利用されている主な数学オンラインテストシステムとしては、商用 CAS である webMathematica を基礎に構築された MATH ON WEB[1], CAS として Maxima を利用しオープンソースで開発されている STACK [2, 3, 4], Maple を利用する Maplesoft 社の商用システム Maple T.A. [5] がある。

数学オンラインテストシステム Maple T.A. を理工学部の 1 年生向けの数学のリメディアル教育に利用した事例と結果を紹介する。

2 Maple T.A. の機能

以下では、Maple T.A. 10 SP001 を使用した。このバージョンでは、問題文やユーザの姓名には日本語を使えるが、メニューや指示の大部分は英語である。

学習者から見た Maple T.A. の機能を説明する。Web ブラウザでクラスの課題のページを開くと、問題が表示される。シンボル入力モードでは、これに、Office 系製品が備えるような数式エディタ (図 1) を用いて答える。一方、テキスト入力モードでは、CAS の文法、またはその簡略化版にしたがった数式の文字列をテキストフィールドに入力して回答する。例えば、図 1 に示した問題の場合のテキスト入力モードでの回答は $(3*x-3)^5$ となる。



図 1: Maple T.A. の出題と Equation Editor を用いた解答

回答後に、学習者は図 2 の採点結果や正解を、クラス管理者すなわち教授者の設定したタイミングで、見ることができる。

一方、クラス管理者は、学習中、学習後の各学生の成績、各学生の回答履歴 (図 2 と同等)、問題の古典テスト理論に基づくアイテム分析の結果 (図 3) を閲覧することができる。

学習者の集団はクラス (Class) にまとめられる。クラス管理者 (Instructor) は、問題 (Question) を作成し、問題バンク (Question Bank) に保存することができる。これを課題 (Assignment) にまとめ、期限や解答回数の制限などを付して学習者に対して公開する。問題内のパラメタが、クラス管理者の定めた確率分布でランダムに生成され、各学生に対して異なる問題として出題される。問題や課題は、Maple T.A. のサービンスタンス内や、Maple T.A. Content Center, Maple T.A. Cloud などの Maplesoft 社のクラウドサービスを通じて共有することができる。図 4 に、オープンソースの LMS である Moodle の小テスト (Quiz) 活動と対比してこの構造を示す。

3 リメディアル教育のデザイン

3.1 従来のリメディアル教育とリメディアル教育の目的

龍谷大学理工学部は 6 学科 (1 学年各 90–100 名) からなる。従来から、「初年次学習支援センター」を設置して高校での数学・物理の学習が不十分な学生をサポートしている。また学科ごとにリメディアル科目を設け、または必修科目内で、基礎学力が不足している学生をサポートしている。

上記に加え、2015 年度には Maple T.A. の学部 1 学年分のサイトライセンスを購入し、学部共通の数学のリメディアル教育などに使用している。入学以降の進行は以下の通りである。

Your response	Correct response
次の関数を微分しよう $(\sin(3x-3)+1)^6$ $6(\cos(3x-3)+1)^5$ (0%)	次の関数を微分しよう $(\sin(3x-3)+1)^6$ $18*(\sin(3*x-3)+1)^5*\cos(3*x-3)$
Total grade: 0.0x1/1 = 0%	
Comment: 正解は $18(\sin(3x-3)+1)^5 \cos(3x-3)$	


Incorrect

Your response	Correct response
次の関数を微分しよう $\frac{1}{(2x-6)^6}$ $-6 \cdot 2 \cdot (2x-6)^{-7}$ (100%)	次の関数を微分しよう $\frac{1}{(2x-6)^6}$ $-6 \cdot 2 \cdot (2x-6)^{-7}$
Comment: 正解は $-\frac{12}{(2x-6)^7}$	


Correct

図 2: Maple T.A. による採点結果と学習者へのフィードバック

Item Statistics :

課題 No.4

Question	Description	Success rate	p-Value	d-Value	p-Biserial	r-Biserial	Count	Correct	Partial	Incorrect
(1)	積分 $ax+b$	0.845	0.845	0.118	0.105	0.16	600	507	0	93
(2)	積分 a/x^m	0.664	0.664	0.174	0.158	0.205	602	400	0	202
(3)	積分 $\cos(ax)$, $\sin(ax)$	0.519	0.519	0.453	0.2	0.251	603	313	0	290
(4)	積分 $e^{\lambda(-ax)}$	0.564	0.564	0.364	0.202	0.254	606	342	0	264

図 3: Maple T.A. による古典テスト理論に基づくアイテム分析

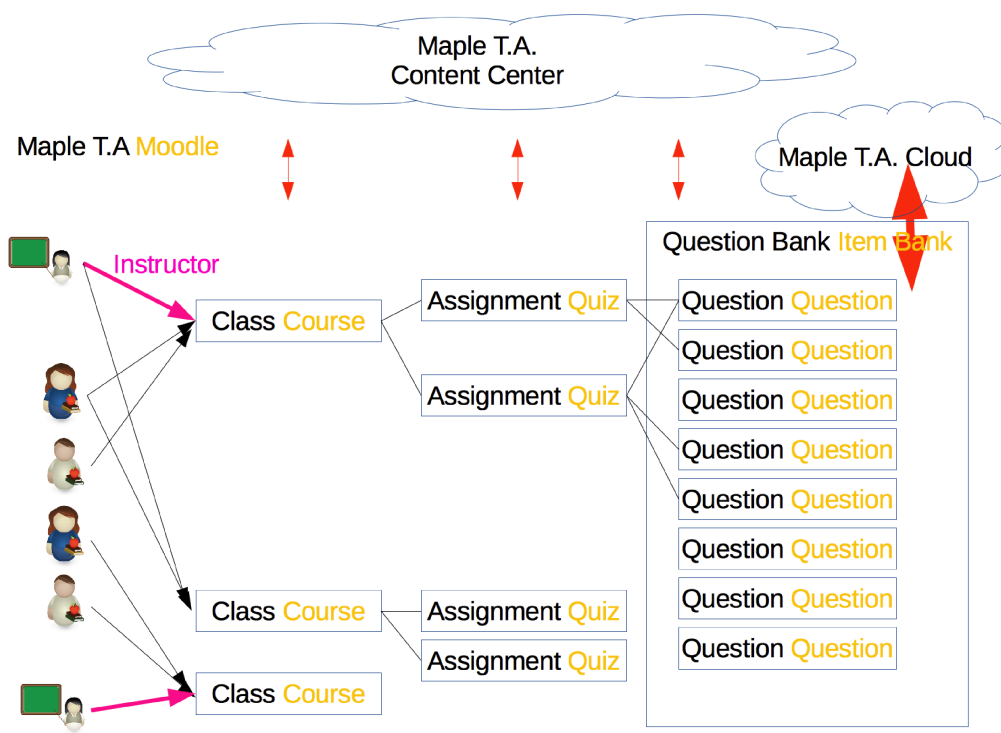


図 4: Maple T.A. におけるクラス、課題、問題の構造と Moodle との比較

3.2 入学直後のプレイスメントテスト

2015 年 4 月の入学直後に、高校の数学 I,II,III,A,B の基本的な問題 からなる 30 分間のプレイスメントテストを実施した。これは最終的な答のみを手書きで紙に回答するもので、2014 年度以前から実施し、基礎学力の不足している学生に注意を促すのに利用している。

3.3 Maple T.A. による課題の説明

プレイスメントテスト後に口頭で、Maple T.A. による学習の目的と方法を説明した。方法としては、紙による説明と実演で、Web サイトへの到達方法と、サイトの操作を示した。この際、学生がその場で PC による操作を試すことは行っていない。Web サイト上には、課題の締切や指示に加えて、簡略化した数式の入力方法を示した。また、操作方法を説明する動画（長さ 9.5 分）を置いた。

3.4 問題の構成・課題・締切の設定

プレイスメントテストの 23 の問題を分野別に 4 分割して、Maple T.A. でいう Masterly タイプの 4 個の課題とした。Masterly タイプの課題では、学生は繰り返し課題に回答す

ることができ、2度目以降には以前に不正解だった問題だけを解くことを求められる。課題内の(数値や数式の違いは無視して)すべての問題を1回以上正解したとき、その課題を完了したとみなす。

各課題に1-2週間の間隔をおいて締切を設定し、締切までに課題を完了することを求めた。これは、下記で述べる例外を除いては、単位が与えられる通常の科目や成績とは独立した課題である。

問題内のパラメタは、一定範囲でランダムに変更されるようにし、記憶に頼って満点を得ることがないようにした。

3.5 対面授業・ユーザサポートとの連携

一部の学科では、対面方式の通常の科目で、Maple T.A. の課題完了を単位取得の条件にしたり、課題の点数を科目の評価に用いたりした。また、課題に関する質問に科目内で対応した。

また、学部が設け週2日開室している「初年次学習支援センター」でも課題の数学および操作に関する質問に対応した。

4 結果

1番目の課題については、完了した学生の比率は締切日に100%近くなった。2番目以降の課題については、完了した学生の比率は締切日と無関係に緩やかに増加し、最終の4番目の課題を完成した学生の比率は最終的に75%程度となった[6]。

すべての課題を完成した学生を対象として、Maple T.A. の多肢選択問題を利用して記名アンケート調査を行った。数学の難しさ、数式入力の難しさの主観評価の質問への回答は図5のようになった。数学を難しいと感じている学生も一定数いるが、数式入力が難しいと感じている学生がそれよりも多い。これをプレイスメントテストの点数別に分けて見ると図6のようになった。数学を難しいと感じる学生はプレイスメントテストの低得点者に多いが、数式入力を難しいと感じる学生は、得点と無関係にほぼ一定の比率で存在することがわかった。

入学後の学生は、学内の自習用計算機室のPCを自由に利用できる。また、Maple T.A. のフロントエンドはJavaScriptで書かれており、タブレットやスマートフォンでも利用できる。Maple T.A. 自身はUser-Agentを判別・収集する機能を持たないため、アンケート調査で、学生が主に使用した端末を質問したところ、結果は図7のようで、多くの学生は自宅のPCを利用して学修していたことがわかった。

5 考察と展望

Maple T.A. を使用したリメディアル教育により、1年次の6月の時点で、75%以上の学生が、プレイスメントテスト満点相当の学力を獲得し、大学での学習に役だったと推定できる[6]。

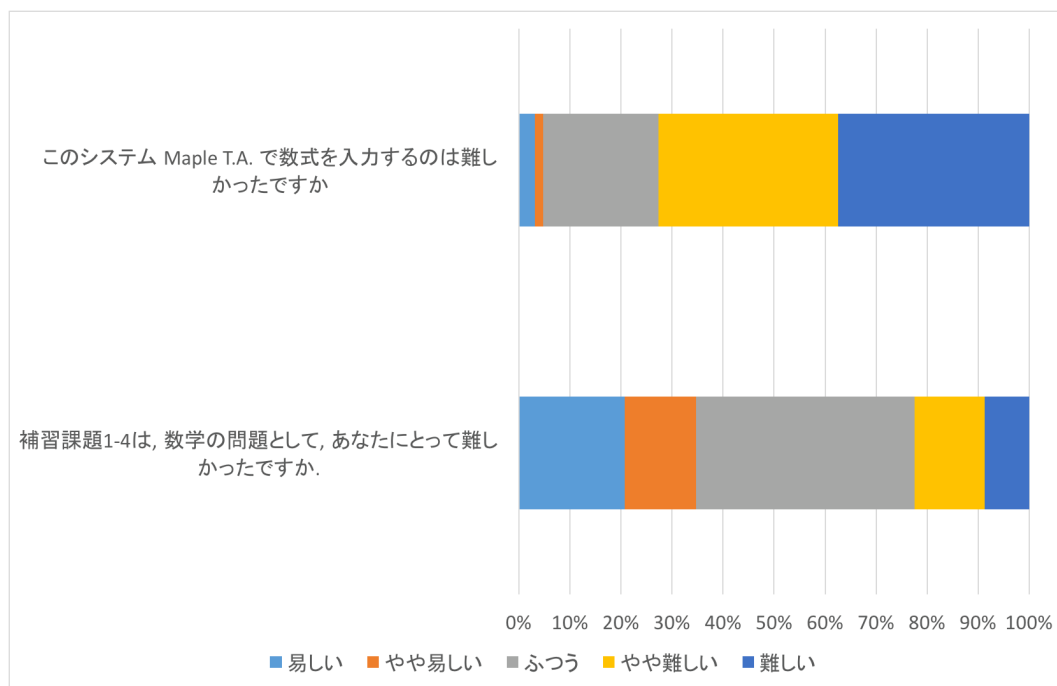


図 5: 学生にとっての難易度

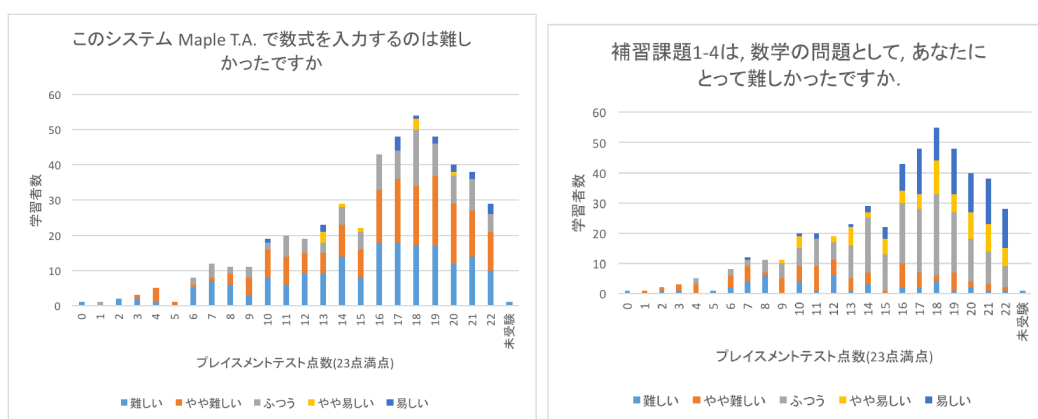


図 6: プレースメントテストの点数 (23 点満点) ごとの学生にとっての難易度

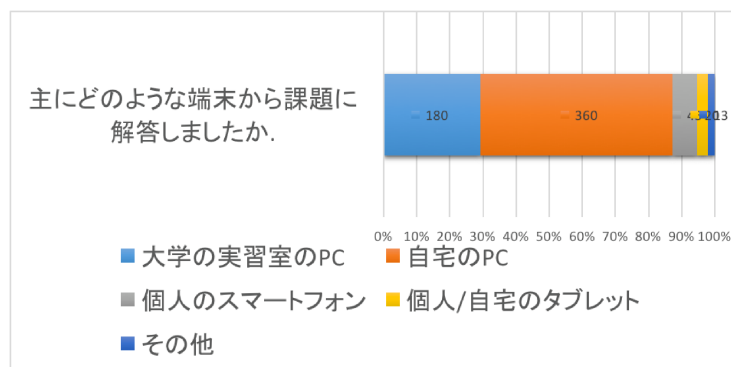


図 7: 学生が学修に使用した端末

改善すべき点として, Maple T.A. での数式入力が難しいととらえている学生が多いという点がある. アンケートの自由記述欄で, 数学としての答はわかるのに, システムに正解と認識されない, すなわち正しく入力できないと述べている学生が一定数いる. この問題を低減するには, 解答入力方法をより詳細に解説する, 数学的な解答の誤りと解答入力方法上の誤りとを区別してフィードバックする, などが考えられる.

このシステムについて, 今後計画している使用方法を挙げる.

Maple T.A. はベクトル, 多変数関数, 複素数, 微分方程式などを扱うことができるため, 大学数学の広い範囲をカバーする. 本システムで大学の数学系科目の問題演習を行うことを計画している.

本システムは Web 上の e ラーニングであるため, 大学入学予定者に, 入学前の学習課題として提供することを計画している.

参考文献

- [1] 川添充, 高橋哲也, 吉富賢太郎. webMathematica を用いた Web 数学学習システムの構築. 日本数学教育学会誌, 臨時増刊 総会特集号 92, p. 491, 2010.
- [2] 中村泰之, 中原敬広, 秋山實. STACK と Moodle で実践する数学 e ラーニング. 数理解析研究所講究録, Vol. 1674, pp. 40–46, 2010.
- [3] 中村泰之. 数学 e ラーニング. 東京電機大学出版局, 2010.
- [4] 亀田真澄, 宇田川暢. Moodle, TeX, STACK による数学の e ラーニングの取り組み. In *Moodle Moot Japan 2013 Proceedings*, pp. 22–27. Japan Moodle Association, 2013.
- [5] 北本卓也. Maple T.A. の授業援用について. 数理解析研究所講究録, Vol. 1907, pp. 182–187, 2014.
- [6] 樋口三郎, 藤田和弘, 松木平淳太. 数式自動採点 e ラーニングシステムによる理工系初年次教育の試み. 平成 27 年度教育改革 ICT 戦略大会, pp. 208–209. 私立大学情報教育協会, 2015.