

大学初年次の数学授業におけるオンラインテストの実践

Practice of on-line test in mathematics lesson of university

亀田 真澄*1, 宇田川 暢*2

Masumi KAMEDA*1, Mitsuru UDAGAWA*2

*1 山陽小野田市立山口東京理科大学共通教育センター

*1 Center for Liberal Arts and Sciences, Sanyo-onoda City University

*2 新潟大学学術情報基盤機構情報基盤センター

*2 Center for Academic Information Service, Niigata University

Email: kameda@rs.tusy.ac.jp

あらまし：工学系の大学初年次の数学授業において、対面授業と融合させた e-Learning を構築し、その学習サービスとしてオンラインテストを提供しています。この学習環境に対する技術的仕様と一部の学習データ分析を紹介します(1)(2)。

キーワード：数学, e-Learning, STACK, オンラインテスト, 学習データ分析

1. はじめに

第一筆者は工学系の大学初年次における数学基礎教育に対して旧来型の対面授業を提供していました。8年前より第二筆者と協働活動により対面授業に融合させた e-Learning を構築し、数学基礎教育のネットワークサービスを提供し始めました。本稿ではこのサービスの中でキーとなる数学基礎教育に対するオンラインテストを提供する上で必要な環境と技術情報を報告します。

2. e-Learning 環境について

第一筆者は工学系の大学（以下、本学）に所属しており、本学では STEM (Science, Technology, Engineer and Mathematics) 教育を重要視しています。それ故 30 年前から新生にはある水準以上の機能をもつノート PC を所持することを指導しています。さらに 2 年前より全キャンパスで使用できる無線 LAN が構築されたことで、ノート PC と無線 LAN 環境を活用した授業が多数開講されています。例えば科学実験の実行から実験レポートの作成さらに実験結果の発表までの教育活動において、ノート PC と無線 LAN の活用を推奨しています。

筆者らは次の段階的環境に沿って数学基礎教育における e-Learning を発展させていきました。

第一に、最近の新生はほぼ全入学生がスマートフォン（以下、スマホ）を所持しています。その結果大学生活においてスマホを有効に活用しています。それ故スマートデバイス（ノート PC, スマホ等）を担当授業の教育活動において利活用しています。これにより ICT (Learning management system) と BYOD (Bring your own device) を積極的に授業に取り入れた教育活動を実行しています。

第二に、構築している e-Learning の LMS (Learning management system) にはプラットフォーム Moodle を採用しています。その結果担当科目を AL (Active Learning) 的な授業に実現し易く、さらに受

講者の学習成果物の LA (Learning Analytics) も利活用し易い学習環境になります。

第三に、美的かつ複雑な数式を表現させるために、数式組版システム AMS-LaTeX と JavaScript 数式ライブラリ MathJax を組み入れています。この環境によりスマートデバイスにおける拡大・縮小表示された画面においても数式は乱れないようになります。

第四に、数学基礎教育向けオンラインテストを実践的に提供するために、数式オンラインテスト評価システム STACK と数式処理システム maxima を組み入れています。この環境により数式係数等に対するランダム出題、試験終了後の自動採点かつ数学的論理式を要求させる記述式問題を提供できるようになります。

第五に、有益な数学図形をオンラインテストに埋め込むために、コマンドライン図形生成システム gnuplot と動的数学ソフトウェア GeoGebra を組み入れています。この環境によりランダム出題された関数に従った関数グラフを、さらに可動的な数学図形をオンラインテストに埋め込むことができます。

The screenshot shows a math problem: $\int_0^1 \frac{20x^3}{5x^4+2} dx$. Below it, the instruction says "1. 次の原始関数 $F(x)$ を求めよ." The derivative is given as $\frac{d}{dx} F(x) = \frac{20x^3}{5x^4+2} \Rightarrow F(x) = A_1$. A text input field contains $A_1 = \log(5 \cdot x^4 + 2)$. Below the input, a message says "あなたの入力した数式は次のとおりです:" followed by $\ln(5x^4 + 2)$. Another message says "あなたの解答の中で使われている変数は[x] です". At the bottom, a yellow box contains the text "[正解] 解答: $\ln(5x^4 + 2)$ と正解: $\ln(5x^4 + 2)$ は一致する."

図 1 微分積分学の出題例に対する採点結果

3. オンラインテスト問題について

この節では実際に提供したオンラインテストの問

題を紹介します。

図 1 微分積分学の出題例に対する図 1 は講義「微分積分学」に対するオンラインテストに出題した問題文の一部のスクリーンショットです。上部において問題文が記述され、中部における枠内に回答すべき論理的な数式（対数関数の maxima コマンド）を記載され、下部において回答に対するサーバによる認識結果が返答された数式が記載され、最下部において採点結果（正解）がフィードバックとともに記載されています。

【問題】 2次正方行列の正則性について答えよ。

1. $A = \begin{bmatrix} 2 & -1 \\ x & 3 \end{bmatrix}$ が正則ではない。このとき

$$x = A_1.$$

2. $B = \begin{bmatrix} \cos \frac{\pi}{4} & -\sin \frac{\pi}{4} \\ \sin \frac{\pi}{4} & \cos \frac{\pi}{4} \end{bmatrix}$ は正則である。このとき、その逆行列 B^{-1} が存在する。すなわち

$$B^{-1} = A_2.$$

3. $C = \begin{bmatrix} 1 & 2 \\ 3 & -2 \end{bmatrix}$ に対して、次の行列を求めよ。

$${}^t(C^{-1}) = A_3, \quad ({}^t C)^{-1} = A_4.$$

なお、平方根 \sqrt{a} は、「a^(1/2)」(7字)と入力せよ。

【解答】

1. $A_1 =$

2. $A_2 =$

3. $A_3 =$

4. $A_4 =$

図 2 線形代数学問題の出題例

図 2 は講義「線形代数」に対するオンラインテストの問題に対するスクリーンショットです。上部においてランダムに出題された 2 次正方行列に関する問題が記述され、下部において回答すべき 2 次正方行列の成分を記載する枠が用意されています。

【問題】 <2次関数> 変数 x とする次の 2 次関数について答えよ。

$$y = x^2 + 6x + 10$$

1. $y = x^2 + 6x + 10$ のグラフ(放物線)は、 $y = x^2$ のグラフ(放物線)を x 軸方向に A_1 、 y 軸方向に A_2 にそれぞれ平行移動したグラフ(放物線)である。

【解答】

1. $A_1 =$

2. $A_2 =$

図 3 グラフ図形を含む出題例

図 3 は講義「基礎数学」に対するオンラインテストのグラフ図形を含む問題に対するスクリーンショットです。上部においてランダムな係数をもつ 2 次関数に関する問題が記述され、中ほどに 2 次関数に連動した放物線が描画され、最下部に回答を記入す

べき 2 つの枠が用意されています。

これらの出題例を問題なくまたミスなく提供するには、ある一つの数学的概念に対応して、それに伴う数学数式、Web ページで表示させるための TeX/AMS-LaTeX コマンド、数式処理を行うための Maxima コマンドを理解した上で適材適所に使用しなければならない(図 4)。

解釈	数学	TeX/AMS-LaTeX	Maxima
円周率	π	<code>\pi</code>	<code>%pi</code>
ネイバーの数	e	<code>e</code>	<code>%e</code>
虚数単位	i	<code>i</code>	<code>%i</code>
(正)無限大	∞	<code>\infty</code>	<code>inf</code>
(負)無限大	$-\infty$	<code>-\infty</code>	<code>minf</code>
和	$a + b$	<code>a+b</code>	<code>a+b</code>
差	$a - b$	<code>a-b</code>	<code>a-b</code>
積	$a \times b$	<code>a*b</code>	<code>a*b</code>
商	a/b	<code>a/b</code>	<code>a/b</code>
	$\frac{a}{b}$	<code>\frac{a}{b}</code>	
括弧	$1/(x+2)$	<code>1/(x+2)</code>	<code>1/(x+2)</code>
	$\frac{1}{x+2}$	<code>\frac{1}{x+2}</code>	

図 4 数学概念と関連コマンド図表

4. 学習データ分析について

オンラインテスト受験から生成される学習データを集計することにより、多種多様な分析結果を得ることができます。

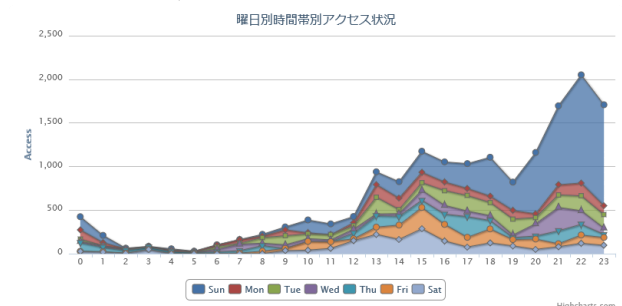


図 5 曜日別時間帯別アクセス状況

第一に、図 5 は e-Learning サイトへの受講者の利用状況を曜日別時間帯別にアクセス回数を積み上げ面グラフで集計した結果です。実際、受講者は大学登校時におけるアクセスとは別に、帰宅後の夜間におけるアクセスのピークが存在します。この夜間のピークはオンラインテストの受験期限日時による要因ですが、受講者の主体的な学習活動による要因でもあります。

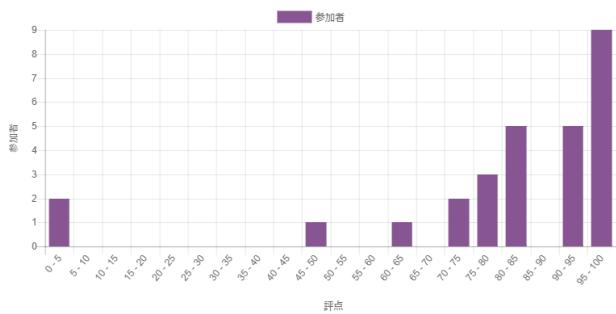


図 6 最高評点のヒストグラム

第二に、図 6 はあるオンラインテストの最終的に蓄積された最高評点に対するヒストグラムです。筆者らが提供しているオンラインテストは一定の受験期間において反復受験を可能にしている受験設定により最高評点を受講者の最終評価として採用しています。その結果ほとんどの受験期で上位評点に寄った棒グラフが形成されます。すなわちオンラインテストの受験が教育の質向上に貢献していると判断しています。

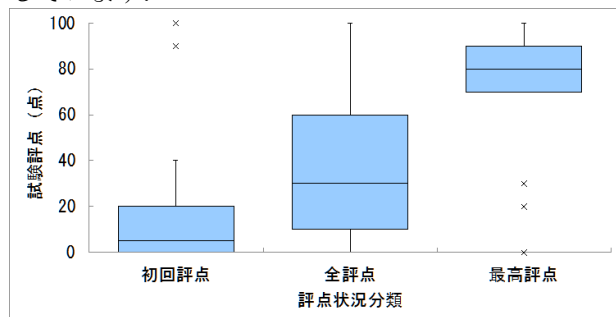


図 7 受験回数毎の評点の箱ひげ図

第三に、図 7 はあるオンラインテストの評点について初回評点、全体の評点、最終の最高評点に対する各分布の箱ひげ図です。図 6 を裏付けとなる反復受験活動における右肩上がりの箱ひげ状態になっていることを示しています。これもオンラインテストの反復受験が教育の質向上に貢献していると判断しています。

参考文献

- (1) 亀田真澄, 宇田川暢: “工学系大学における数学基礎教育の e-Learning における数学コンテンツの配信について”, JSiSE Research Report 32-3, pp.1-6 (2017)
- (2) 亀田真澄, 宇田川暢: “工学系大学の数学基礎教育に対するオンラインテストの活用について—教室外のアクティブラーニング—”, JSET 17-5, pp.45-52(2017)

