

## Moodle の「小テスト」活動を用いた大学数学教育の実践

The Practice of Undergraduate Mathematics Education  
by Using the Quiz Activity in Moodle

松田 真実\*

Mami MATSUDA\*

## Abstract

In this paper, we report the results of using the Quiz Activity in Moodle for undergraduate mathematics education of first and second graders of our university, and consider its advantages and improvement.

## 1. はじめに

2020 年、コロナ禍の影響により遠隔授業が推奨され、本学でもオープンソースの e-Learning システムである Moodle を活用した授業を全学的に実施することとなった。本論文では、2020 年度に担当した 1, 2 年生向け数学系科目（表 1.1）において、Moodle に付与されている問題作成機能「小テスト」活動（以下、小テスト）を利用した結果を報告し、その有用性と改善点について考察する。

学部 1, 2 年生向け数学系科目では、学生の十分な演習時間の確保と、課題の提出等による理解度の把握がきわめて重要である。Moodle での遠隔授業を行う際、紙媒体での課題提出に代わる方法として、主に「答案用紙を撮影し画像ファイルや PDF として提出させる」「小テストを利用する」の 2 点が挙げられる。前者は紙媒体での提出と同様、学生の計算の途中経過が把握しやすい利点がある一方で、返却に時間差が生じ、学生の学習意欲の減退が懸念された。後者は計算過程が見え難いという欠点があるが、問い方を工夫すれば、各問題の正答率まで瞬時に把握できる利点を生かした演習が行えるのではないかと考え、後者を選択するに至った。

どの科目も小テストは中間・最終まとめの回以外は毎回実施し（2 時限続きの演習科目は 1 度につき 2 回実施）、原則として、小テスト受験後には正解ではなく正誤のみ分かるようにし、何度でも受験できるよう設定した（図 1.1）。なお、Moodle 授業ページの閲覧は登録者のみであり他学科への漏洩の可能性が低いこと、さらに、小テストは点数よりも課題の提出の有無に主眼を置いて設置したものであることから、同名科目の小テストを全て同一問題に設定した。

小テストには問題タイプが複数存在する<sup>[1]</sup>。ここでは数学問題に適した形式として、「多肢選択型」「穴埋め問題（Cloze）」、および Moodle のプラグインとして本学でも導入された、数式入力可能な「STACK」の 3 タイプを使用した問題を作成した。各科目に対する問題タイプの内訳は図 1.2 の通りである（縦軸は問題数を表している）。

第 2 節では各問題タイプに対する具体例を紹介し、第 3 節では小テストによる教育的効果を述べる。最後に第 4 節では、改善点と共に今後の展望を述べる。

---

\*大阪電気通信大学 共通教育機構 数理科学教育研究センター

表 1.1 小テスト対象科目

科目名【学科】	前期or後期：遠隔or対面：受講人数	科目内容
基礎数学・演習【ENF】	前期：遠隔：32名	「基礎解析」に繋げるため、数式の計算などの基礎的な知識を確認する。
基礎解析演習【T】	前期：遠隔：43名	「微分積分」に繋げるため、関数に関する基本事項を確認する。
微分積分演習【T】	後期：遠隔：43名	1変数関数の微分・積分を学習する（上記「基礎解析演習」と同じ受講者）。
ベクトルと行列1【U】（A）	前期：遠隔：49名	平面・空間ベクトルの基礎および行列を用いた連立一次方程式の解法を学習する、小テスト問題は3クラス同一。
ベクトルと行列1【EJ】（B）	前期：遠隔：64名	
ベクトルと行列1【F】（C）	前期：遠隔：68名	
ベクトルと行列2【HF】	後期：対面：62名	行列式、ベクトル空間、線形写像および固有値について学ぶ。
微分方程式【H】（A）	後期：対面：39名	2年生向け。1階線形微分方程式、変数分離形の微分方程式、2階線形微分方程式の解法について学ぶ、小テスト問題は2クラス同一。
微分方程式【L】（B）	後期：遠隔：22名	

## ▼ レビューオプション ?

学生の受験最中

- ☒ 受験 ?
- ☐ 答えの正誤 ?
- ☐ 得点 ?
- ☐ 特定フィードバック ?
- ☐ 全般に対するフィードバック ?
- ☐ 正解 ?
- ☐ 全体フィードバック ?

学生の受験直後 (2分間)

- ☒ 受験
- ☒ 答えの正誤
- ☒ 得点
- ☐ 特定フィードバック
- ☐ 全般に対するフィードバック
- ☐ 正解
- ☐ 全体フィードバック

学生の受験後、小テストがクローズされるまで

- ☒ 受験
- ☒ 答えの正誤
- ☒ 得点
- ☐ 特定フィードバック
- ☐ 全般に対するフィードバック
- ☐ 正解
- ☐ 全体フィードバック

図 1.1 小テストにおけるレビューオプション例

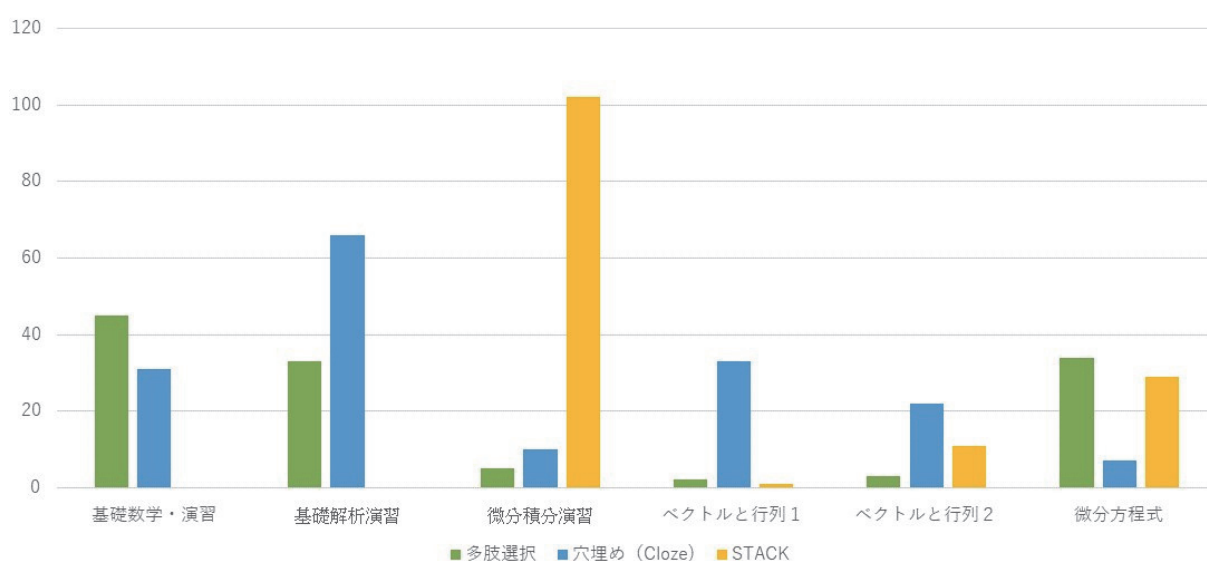


図 1.2 小テストの問題タイプの内訳

## 2. 小テストの具体例

本節では、使用した3つの問題タイプについて、具体例を挙げながら特徴を紹介する。

### 2.1 多肢選択型

多肢選択型では「単一解答の問題」「複数解答の問題」の2タイプが作成できる。答えの形状が見えることから、基礎的な科目と位置付けられている「基礎数学・演習」や「基礎解析演習」で主に使用した（図 1.2）。

このタイプの問題点は、何度でも繰り返し受験できる設定の場合、学生が憶測で解答してしまうことがあるが、ときには複数解答にすることで憶測での解答を出来るだけ回避した（図 2.1.1）。また図 2.1.2 は「微分方程式」での例である。この科目での使用は当初想定していなかったが、習熟度の低い学生を考慮した上で、理解の定着のために用いることになった。

次の中で  $x$  と  $y$  が比例するものはどれか、すべて答えよ。

1つまたはそれ以上選択してください:

- ☐ 密度  $19.32 \text{ g/cm}^3$  の金  $x \text{ cm}^3$  の質量  $y \text{ g}$
- ☐ 正方形の1辺の長さを  $x \text{ cm}$  とするときの周囲の長さ  $y \text{ cm}$
- ☐ まっすぐ南北に延びる道路を、南に向かって秒速  $1.2 \text{ m}$  で歩く。  $x$  秒歩いたとき、出発点から南に  $y \text{ m}$  のところにいる。
- ☐ 1枚80円の切手を  $x$  枚買うときの代金  $y$  円
- ☐  $100\text{g}$  の水に  $x \text{ g}$  の食塩を溶かすと  $y \%$  の食塩水になる。

図 2.1.1 多肢選択型（「基礎数学・演習」複数解答例）

次の微分方程式の一般解を下から選べ。ただし、 $C_1$ 、 $C_2$  は任意定数とする。

$$\frac{d^2y}{dt^2} - 2\frac{dy}{dt} - 3y = 0$$

1つ選択してください:

- ☐  $y = e^t(C_1 \cos 2t + C_2 \sin 2t)$
- ☐  $y = C_1 e^{-3t} + C_2 e^t$
- ☐  $y = C_1 e^{3t} + C_2 e^{-t}$
- ☐  $y = e^{-t}(C_1 \cos 2t + C_2 \sin 2t)$

図 2.1.2 多肢選択型（「微分方程式」例）

### 2.2 穴埋め（Cloze）問題

記述問題、数値問題、多肢選択問題等、様々な記述解答をテキスト形式で埋め込むことが出来る Cloze 型は汎用性が高い。ここでは主に、テキスト内でインラインのドロップメニューとして表示される多肢選択肢タイプ（MULTICHOICE）と数値解答タイプ（NUMERICAL）とを使用した。前者は学生が数値の直接入力に慣れていない可能性を考慮しての使用である。

図 2.2.1 では MULTICHOICE タイプの例として、部分分数分解の問題を挙げた。ドロップダウンメニューには数字およびマイナス符号を選択できるよう設定している。ただしこのタイプでは、分数での解答は指定出来ないため、答えが分数の場合は分母と分子に分けて解答させている。

図 2.2.2 では NUMERICAL タイプの例として、2 次方程式の解を求める問題を挙げた。入力欄に

は数値を直接入力できるが、単一解答に制限されるため、例えば解として異なる 2 実数解が求められる場合の解答方法では、「小さいものから順に」などと質問を工夫する必要があった。また、小数および符号は入力可能であるが、このタイプでも分数は指定出来ないため、解が分数になるときの解答欄は分母と分子に分けている。

Cloze 型は設定が比較的容易であるが、選択肢や入力欄に数学では不可避の分数を含めることが出来ない点、また NUMERICAL タイプでは文字を入力出来ない点に不便が生じる。

次の (あ) ~ (え) を求めよ。(A と B が既約分数になるように答えよ)

$$\frac{2x-3}{(x-1)(x+7)} = \frac{A}{x-1} + \frac{B}{x+7}$$

において、  
 $A = \frac{\text{(あ)}}{\text{(い)}}、B = \frac{\text{(う)}}{\text{(え)}}$  である。

(あ) =

(い) =

(う) =

(え) =

図 2.2.1 穴埋め (Cloze) 問題 (「基礎解析演習」 MULTICHOICE 型)

次の方程式の解を小さいものから順に答えよ。

ただし空欄には半角マイナス符号、半角数字を入力すること。

分数は  $-\frac{1}{2}$  の場合、 $-1/2$  のように入力すること。

(1)  $x^2 + 9x = 0$   
 $x = \text{}$ 、 $x = \text{}$

(2)  $x^2 - 9 = 0$   
 $x = \text{}$ 、 $x = \text{}$

(3)  $x^2 - 3x - 10 = 0$   
 $x = \text{}$ 、 $x = \text{}$

(4)  $6x^2 - 11x - 10 = 0$   
 $x = \text{} / \text{}$ 、 $x = \text{} / \text{}$

図 2.2.2 穴埋め (Cloze) 問題 (「基礎解析演習」 NUMERICAL 型)

## 2.3 STACK 問題

STACK (System for Teaching and Assessment using a Computer algebra Kernel) は解答を数式として要求することができ、数式処理システムを利用して正誤評価が行えるシステムである<sup>[2]</sup>。Cloze 型の懸案であった分数も入力可能であることが強みであるが、数式処理にはオープンソースの Maxima が使用されているため、まずは Maxima の文法を学生に周知する必要があるが、図 2.3.1 のような表を配布して入力時の参考にさせた。

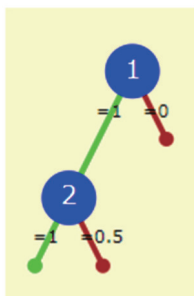
### 数式入力の仕方について

1. 【 $\pi$ 、 $e$ 、 $i$ 、 $\infty$ 】円周率  $\pi$  は、`%pi` と入力する (`pi` だけでもよい)。同様に、自然対数の底  $e$  は `%e`、虚数単位  $i$  は `%i` と入力する。また無限大  $\infty$  は、`%inf` と入力する。
2. 【足し算・引き算】  $x+1$  は、`x + 1` と入力する。また  $x-1$  は、`x - 1` と入力する。 $+$  や  $-$  の記号の前後に空白があってもよい。
3. 【掛け算】  $2x$  は、`2*x` と入力する。また  $-3(2x-1)$  は、`-3*(2*x-1)` と入力する。必ずアスタリスク (`*`) を入れること (`2 * x` のように、前後に空白があってもよい)
4. 【割り算】  $\frac{1}{2}$  は、`1/2` と入力する。また  $\frac{x+1}{2x-1}$  は、`(x+1)/(2*x-1)` と入力する。分母・分子とも、項が複数あるときは括弧 (使えるのは丸括弧のみ) を忘れないようにすること。
5. 【べき乗】  $x^2$  は、キャレット (`^`) を用いて `x^2` と入力する。また  $x^{-2}$  や  $x^{\frac{1}{2}}$  は、`x^(-2)`、`x^(1/2)` のように丸括弧を必ずつけること。
6. 【絶対値】  $|x|$  は、`abs(x)` と入力する。
7. 【平方根】  $\sqrt{2}$  は、`sqrt(2)` と入力する。
8. 【指数関数・対数関数】  $e^x$  は、`e^x` または `exp(x)` と入力する。また自然対数  $\log x$  は、`log(x)` または `ln(x)` と入力する。 $\log_a b$  は、`log(b)/log(a)` または `ln(b)/ln(a)` と入力する。
9. 【三角関数】  $\sin x$  は、`sin(x)` と丸括弧をつけて入力する。また逆三角関数  $\sin^{-1} x$  は、`asin(x)` と入力する。
10. 【方程式】  $x^2 - 2x + 1 = 0$  は、`x^2 - 2 * x + 1 = 0` と入力する。

図 2.3.1 Maxima の文法に従う数式入力方法

STACK の特徴の一つとして、想定される学生のような解答を整理し、処理できる「ポテンシャル・レスポンス・ツリー (PRT)」が挙げられる (図 2.3.2)。例として、「微分方程式」の 1 階線形微





分方程式の一般解の問題を挙げる（図 2.3.3A～図 2.3.3C）。この 3 つの例は係数などの数値をランダムに変更できる機能を採用した同一問題である。図 2.3.3A は図 2.3.2 のツリー上の「①」での不正解の枝（右側）に相当する。図 2.3.3B は任意定数の不足により、図 2.3.2 のツリー上の「②」での不正解の枝（右側）に相当する。正解の度合いに応じてフィードバックを細かく設定できるのも STACK の利点であり、正解の場合には、一般解のグラフの形状も分かるようフィードバック上にグラフが描写される設定にした。

図 2.3.2 ポテンシャル・レスポンス・ツリー（PRT）例

次の微分方程式の一般解  $y = y(t)$  を求めよ。ただし、任意定数は  $C$  とする。

$$\frac{dy}{dt} - y = 0$$

$y(t) =$

あなたの入力した数式は次のとおりです:  $e^t + C$

**残念...間違いです。**

あなたの解答を微分方程式の左辺に代入すると

$$-C$$

となり、これは微分方程式の右辺

$$0$$

に一致しません。

微分すると右辺になるような  $y = y(t)$  を見つけましょう。

図 2.3.3A STACK による微分方程式の解（不正解）（「微分方程式」問題例）

次の微分方程式の一般解  $y = y(t)$  を求めよ。ただし、任意定数は  $C$  とする。

$$\frac{dy}{dt} + 7y = 0$$

$y(t) =$

あなたの入力した数式は次のとおりです:  $-\frac{1}{7} e^{-7t}$

**惜しい！部分的に正解です。**

あなたの解答は確かに与えられた微分方程式を満たしますが、

「一般解」とは任意定数  $C$  を含んだ形でなければなりません。

もう一度、任意定数  $C$  を含めた形で解答してみましょう。

図 2.3.3B STACK による微分方程式の解（部分的正解）（「微分方程式」問題例）

次の微分方程式の一般解  $y = y(t)$  を求めよ。ただし、任意定数は  $C$  とする。

$$\frac{dy}{dt} - 5y = 0$$

$y(t) =$

あなたの入力した数式は次のとおりです:  $C e^{5t}$

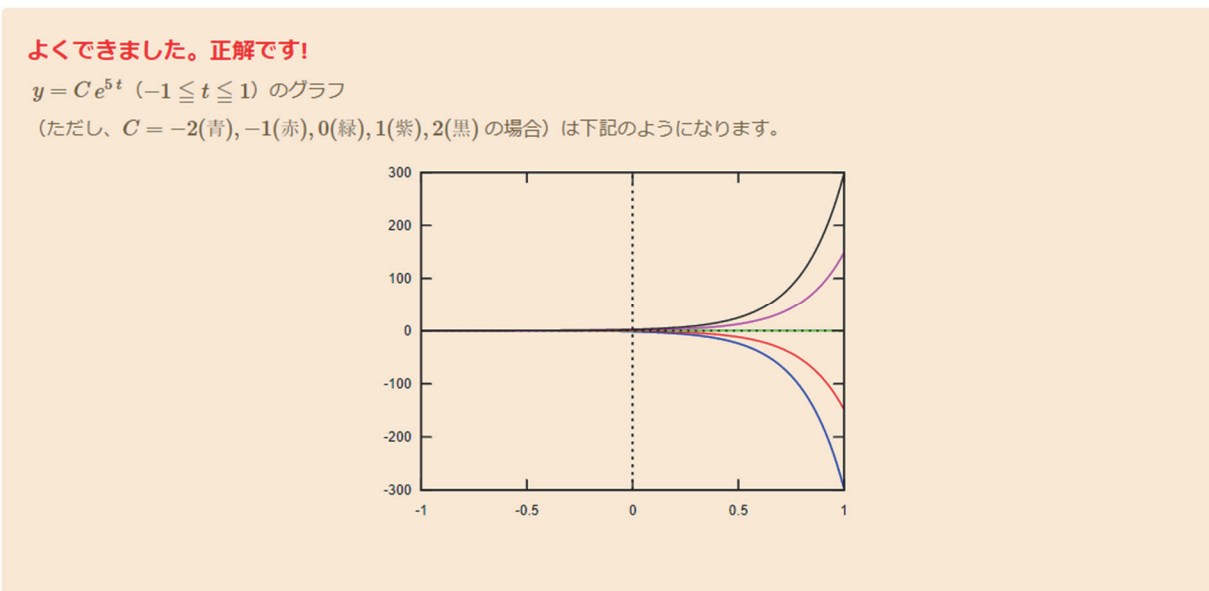


図 2.3.3C STACK による微分方程式の解（正解）（「微分方程式」問題例）

### 3. 小テスト実施による教育効果

本節では、小テストを実施したことによる教育効果として、以下の2点を挙げる。

#### 3.1 自主的な反復演習

表 3.1 は、各科目の1人当たりの小テスト受験回数と、各テストの平均点をまとめたものである。紙媒体での小テストの場合、採点と解説を行い返却したとしても、それを再び学習し直しているのかどうか把握が難しい。一方、Moodle の場合は受験終了と同時に点数が把握でき、複数回受験が可能であるため、「より高得点を出したい」という意欲的な態度が受験回数から見てとれた。

表 3.1 小テストの1人あたりの受験回数と平均点

科目	基礎数学・演習	基礎解析演習	ベクトルと行列 1 (A)	ベクトルと行列 1 (B)	ベクトルと行列 1 (C)	微分積分演習	ベクトルと行列 2	微分方程式 (A)	微分方程式 (B)
1人当たりの受験回数	2.45	2.24	2.59	2.66	2.66	2.17	2.65	2.31	2.36
テスト平均 (10点満点)	8.98	8.77	8.21	8.74	8.57	8.16	8.83	8.98	6.36

### 3.2 即時フィードバックによる内容改善

小テスト後に Moodle の「フィードバック」機能を活用して学生から意見を募り、次週からのテスト設定に反映させることで、学生の利便性を高めることが出来た。

図 3.2.1A, 図 3.2.1B は「ベクトルと行列 1」第 7 回目の小テストにおける例である。連立方程式の掃き出し法の問題を、STACK による数値入力方式 (図 3.2.1A), Cloze による文字への穴埋め方式 (図 3.2.1B) のどちらが解きやすいかを問う「フィードバック」機能での回答結果が表 3.2 である。

「フィードバック」には自由記述欄も設定できる。表 3.2 からは、3 クラスのうち 2 クラスが STACK 問題の方が比較的解きやすいと回答しているのが分かるが、自由記述欄には「解答を送信する画面で問題 3 (\*STACK) の解答が不完全な答えと表示されていました」「問題 3 (\*STACK) はどこが間違っているかわかりにくい」などの感想があったため、それらの声を踏まえ、「ベクトルと行列 1」では数値を工夫するなどして Cloze 型を採用し、学生の理解を得た。

連立方程式

$$\begin{cases} x + y + z = 8 \\ 2x + 3y + 4z = 5 \\ 3x + 5y + 8z = -9 \end{cases} \text{ を掃き出し法で解く。}$$

拡大係数行列  $\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 8 \\ 2 & 3 & 4 & 5 \\ 3 & 5 & 8 & -9 \end{bmatrix}$

→


(1行目の-2倍を2行目に加え、1行目の-3倍を3行目に加える)

→


(2行目の-1倍を1行目に加え、2行目の-2倍を3行目に加える)

→


(3行目の1倍を1行目に加え、3行目の-2倍を2行目に加える)

よって、解は  $x = \text{[ ]}$ 、 $y = \text{[ ]}$ 、 $z = \text{[ ]}$  である。

図 3.2.1A STACK による掃き出し法 (「ベクトルと行列 1」問題例)



$$\begin{cases} x + 3y + 5z = -1 \\ 3x + 5y - z = 1 \\ 4x + 5y = -5 \end{cases} \text{ を掃き出し法で解く。}$$

拡大係数行列  $\begin{bmatrix} 1 & 3 & 5 & -1 \\ 3 & 5 & -1 & 1 \\ 4 & 5 & 0 & -5 \end{bmatrix}$

→  $\begin{bmatrix} 1 & 3 & 5 & -1 \\ 0 & a & b & c \\ 0 & d & e & f \end{bmatrix}$  (1行目の定数倍を2行目、3行目に加える)

→  $\begin{bmatrix} 1 & 3 & 5 & -1 \\ 0 & 1 & g & h \\ 0 & d & e & f \end{bmatrix}$  (2行目を定数倍する)

→  $\begin{bmatrix} 1 & 0 & i & j \\ 0 & 1 & g & h \\ 0 & 0 & k & \ell \end{bmatrix}$  (2行目の定数倍を1行目、3行目に加える)

→  $\begin{bmatrix} 1 & 0 & i & j \\ 0 & 1 & g & h \\ 0 & 0 & 1 & m \end{bmatrix}$  (3行目を定数倍する)

→  $\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & n \\ 0 & 1 & 0 & p \\ 0 & 0 & 1 & m \end{bmatrix}$  (3行目の定数倍を1行目、2行目に加える)

$a = \text{□}$ 、 $b = \text{□}$ 、 $c = \text{□}$ 、

$d = \text{□}$ 、 $e = \text{□}$ 、 $f = \text{□}$ 、

$g = \text{□}$ 、 $h = \text{□}$ 、

$i = \text{□}$ 、 $j = \text{□}$ 、 $i = \text{□}$ 、 $j = \text{□}$ 、

$m = \text{□}$ 、 $n = \text{□}$ 、 $p = \text{□}$

図 3.2.1B Cloze による掃き出し法 (「ベクトルと行列 1」問題例)

表 3.2 即時フィードバック（「ベクトルと行列1」）

ベクトルと行列 1	クラス (A) 26名	クラス (B) 37名	クラス (C) 42名
STACK（直接数値を入力）が良い	11名（42%）	16名（43%）	13名（31%）
Cloze（文字に数値を代入）が良い	9名（35%）	12名（32%）	18名（43%）
どちらでもよい	6名（23%）	9名（24%）	11名（26%）

## 4. まとめと今後の展望

本節では、小テストを実施して判明した2つの改善点を、今後の展望と併せて述べる。

### 4.1 問題バンクの活用

Moodle には作成した小テスト問題を共有できる「問題バンク」機能が備わっている。また、MathBank という問題共有サイトも外部に存在する<sup>[3]</sup>。数理科学教育研究センターでは、常勤および非常勤の数学教員が問題を共有できるよう、Google ドライブ内に「Moodle 問題バンク」を設置、各自で問題を登録できるほか、メーリングリスト等で利用法などの動画紹介もなされている。

「Moodle 問題バンク」共有問題例として、大須賀非常勤講師の STACK 問題（図 4.1 右）を挙げる。紙媒体での解答入力と同じ形式を維持した上で、ポテンシャル・レスポンス・ツリー（図 4.1 左）を細かく設定して部分点を与えられるよう工夫がなされた良問である。

Moodle の小テストを作成・利用している教員はまだ少ないが、教育の質の向上のためにも、このような共有の場をさらに推進できればと考えている。

[注意] 以下の解答欄はすべて埋めないと未解答となり得点は0になります。分からない部分がある場合は、何かしら入力してから送信するようにして下さい！

関数  $f(x) = \sqrt[3]{x} (= x^{\frac{1}{3}})$  の  $x = 1$  における3次のテイラー展開を求めたい。問いに答えよ。

(1)  $f(1) =$

(2)  $f(x)$  の導関数は  $f'(x) =$   だから、 $f'(1) =$

(3)  $f(x)$  の第2次導関数は  $f''(x) =$   だから、 $f''(1) =$

(4)  $f(x)$  の第3次導関数は  $f^{(3)}(x) =$   だから、 $f^{(3)}(1) =$

(5) (1)~(4)より、 $f(x)$  について  $x = 1$  の3次のテイラー展開（つまり、 $x = 1, n = 3$  のテイラーの定理を当てはめた式）は

$f(x) =$    $+ R_4$

である。

図 4.1 テイラー展開（「微分積分演習」大須賀非常勤講師による STACK 問題例）

## 4.2 対面授業との併用

表 1.1 の通り、担当科目「微分方程式 (A)」は対面授業、「微分方程式 (B)」は遠隔授業であった。表 3.1 において、同一問題にも関わらず (B) クラスの平均点が (A) クラスに比べて 2 点近く低い理由の一つとして、遠隔のみでは内容理解への支援が不足していたことが考えられる。実際、対面の (A) クラスでは、講義中に小テスト問題の解法のヒントについて説明する機会があり、係数がランダムに変化するような STACK 問題であっても順応が早かったが、(B) クラスでは「解くたびに問題 (の数字) が変化するので難しい」という声がきかれ、自主的な反復演習および学習意欲の減退に繋がっていた。

また、対面授業の「ベクトルと行列 2」では、行列や基本変形の表記が不正確な学生が複数存在することを紙媒体の小テストの実施で発見したが、これは遠隔授業の先行科目「ベクトルと行列 1」での Moodle の小テスト時には気づかなかった問題点であった。

以上 2 点を考慮しながら、自主学習を促進するツールとして最適な Moodle の小テストを、対面授業での紙媒体の小テストと組み合わせることで、学生の理解度を詳細に把握し、更なる学習支援に繋がっていききたい。

## 謝辞

STACK 導入の提案など、Moodle での小テストについての議論を深めて下さった岡崎真也非常勤講師をはじめとする常勤・非常勤の数学系教員の皆様、さらに STACK 問題例の提供を許可して下さいました大須賀昇非常勤講師、最後に小テストを受験し、有意義なフィードバックを残してくれた学生諸君に感謝いたします。

## 参考文献

- [1] Moodle (小テストの問題タイプ), <https://docs.moodle.org/3x/ja/%E5%95%8F%E9%A1%8C>
- [2] 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).
- [3] Mathbank, <https://mathbank.jp/>