



企画番号：23

**企画タイトル：問題を解いて採点できるデジタル
問題集を作る**



プロジェクトリサーチ 活動報告書

～問題を解いて採点できるデジタル問題集を作る～

No. 23

代表 : y200032	川田奈都美
y200006	飯田愛菜
y200018	大西菜緒
y200022	奥田幸史
y200034	河野美紅
y200036	北川いずみ
y200040	久保田圭亮
y200049	榊潤人
y200056	新垣竜大
y200076	福原光
y200093	山下桃果

概要

目的：

大学で学習した数学とプログラミングの両方の知識を活用して、大学の講義で学習した微分積分を紙媒体ではなく、デジタル化したいと考えた。デジタル化することで電車などの隙間時間に学習することが可能になる。私たちが大学入学時に問題を解いて採点も可能である Mobius というサイトを使用してオンラインテストをしたことから、今回は解答者ではなくこのサイトの作成者として問題作成をしたいと考えた。

計画：

- ① 第一回ミーティング（題作成の手順や方法を学び簡単な問題を作成）
- ② Excel を利用して問題の割り当て
- ③ 第二回ミーティング（Mobius の回答タイプ・ランダム数値を用いた問題の作成）
- ④ 個人で問題作成

方法：

Mobius を使用するためのプログラム言語である Maple を学習し、個人で問題作成を行う。その後、問題集の答えとプログラミングの出力が一致しているかの検証を行い、全問題を結合し、解答者が問題を解くことができる状態であるかの確認を行う。また、Excel を用いて全員の進行状況が把握できるようにした。

活動経過：

時期	活動内容
6月	ミーティングを通して問題作成の手順・方法の学習
7月～9月	Maple の学習・問題作成・検証
10月	問題の結合・ポスター作成・報告書作成

成果・結果

まず、証明問題ではアルゴリズムを用いた作成が困難であることが分かった。また、複数人で1つの問題集を作成することから、個人で問題作成の方法が異なる可能性があり、問題作成の方法の統一をしつつ作成をすることや、証明問題では複数選択などの回答タイプに変更して作成したことで問題作成に時間がかかり、全問題を作成することはできなかったが、約8割の問題は作成することができた。

報告書

目的：

自らが問題の作成者となり微分積分をデジタル化して隙間時間に学習できるデジタル問題集を作成する。

大学生活において、自主学習は単位取得のために重要な活動である。また、自分の実力を図る機会は定期テスト以外に手軽にできず、普及していない。Mobius を使うことで、オンラインテストや自主学習・自己分析が可能なデジタル問題集を作成したい。

Mobius を使うことで以下のような利点がある。

- ・問題集をデジタル化し、オンラインテストができる。
- ・自主学習がスマートフォン一台でどこでもできる。
- ・学習履歴の記録により、自分の得意分野と不得意分野の自己分析ができる。
- ・全体の得点率から苦手な分野が可視化され、学習効率を高めることができる。

以上のことより、今まで学んだプログラミングの知識を生かしてデジタル問題集を作る。

計画：

<目標>

夏休み中に微分積分の青チャート 1 冊分をデジタル化して Mobius で問題が解けて評価出来る状態まで完成し、さらに微分積分の学習を隙間時間に出来るようにする。

<手順>

- ① Mobius で問題作成する時のプログラミング言語 Maple を学習
→2. 3 回程度のミーティングを通して全員で Maple の学習をする。
- ②計 341 題の中で担当する問題を決定
- ③自分が担当する範囲の問題の解き方、考え方の理解
- ④自分が担当する範囲の問題をプログラミング化し問題作成
→定期的に進行状況を共有 ・問題の解答とプログラミングの出力が合っているか検証する。

活動経過：

活動日	内容
6月9日	<p><第一回ミーティング></p> <p>Mobius にログインし問題を解いたり、お試しで問題を作ったりし、問題作成の手順と方法を学んだ。</p> <ul style="list-style-type: none">・学んだこと <p>問題テキストとフィードバックの作成方法。</p> <p>数式は LaTeX を用いて書く。</p>

	<p>回答入力部分の設定の仕方。 採点のためのアルゴリズムの基本的な使い方。</p>
6月14日	<p><問題の割り当て> Excel を用いて、問題の割り当てを行った。 誰でも参照できるように teams の共有ファイルに保存した。 できた問題は「○」作成途中の問題は「△」と入力するように決め、活動の進行状況が一目で分かるようにした。</p>
6月16日	<p><第二回ミーティング> Mobius の様々な回答タイプとランダム数値を用いた問題作成の方法を学んだ。 ・学んだこと 回答タイプにどんな種類があるか。 (Maple 採点・多肢選択・真偽判定・組み合わせ) 係数にランダム数値を設定する方法。</p>
6月21日	～微分積分の青チャートの配布～
6月22日 ～ 10月31日	<p><問題作成期間> ※問題作成方法は下記参照 個人で自分の担当する範囲の問題の解き方・考え方を理解し、問題をプログラミング化させる。 分からない問題は各自で協力しあい解決する。 定期的に進行状況を共有し、問題の解答とプログラミングの出力が合っているかを確認する。</p>
10月31日	～活動終了～

役割：

上の表のように担当を一問ずつ色分けして振り分けた。(グレー：証明問題)

問題を作成し終えたら○、途中や改善が必要な問題は△と表記することで進行状況を各個人が書き込み、リアルタイムで確認できる形にした。

また、担当の問題が早く終わればほかのメンバーの問題をカバーする形にした。

<取り組んだ問題数>

y200006 飯田 34 △5

y200018 大西 33

y200022 奥田 24

y200032 川田 38

y200034 河野 24

y200036 北川 16

y200040 久保田 25

y200049 榊 34

y200056 新垣 24 △1

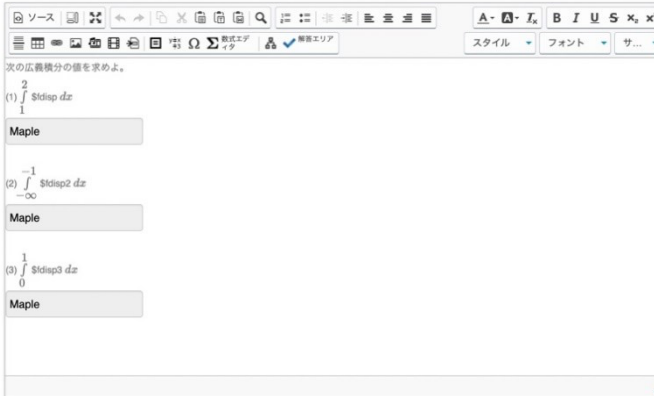
y200076 福原 24

y200093 山下 42 △1

問題作成方法（手順）：

<アルゴリズムを使う問題>

①問題テキストを書き込む（問題を解く場所）

- 問題名	第4章 基本例題079
- 問題テキスト	

②アルゴリズムを書き込む（解答の正誤を判断するためのアルゴリズムを書く）

- アルゴリズム

右側のテキストボックスでアルゴリズムのコードを編集するか、[デザイナーを表示]をクリックしてアルゴリズムデザイナーを使用します。アルゴリズムデザイナーを使用すると、フォームに入力して問題のアルゴリズムを定義できます。デザイナーを表示
アルゴリズムのプレビューを更新

```
1 $disp=maple("proc(A) printf(MathML[ExportPresentation](A)); end proc;");
2 $grader=maple("proc(A,R) evalb((A)=(R)); end proc;");
3 $f=maple("1/(x-1)^(1/2)");
4 $ans=maple("int($f,x=1..2)");
5 $fdisp=maple("Sdisp($f)");
6 $ansdisp=maple("Sdisp($ans)");
7
8 $f2=maple("1/x^2");
9 $ans2=maple("int($f2,x=-infinity..-1)");
10 $fdisp2=maple("Sdisp($f2)");
11 $ansdisp2=maple("Sdisp($ans2)");
12
13 $f3=maple("ln(x)*x");
14 $ans3=maple("int($f3,x=0..1)");
15 $fdisp3=maple("Sdisp($f3)");
16 $ansdisp3=maple("Sdisp($ans3)");
```

③ フィードバックを書き込む (解答を表示する場所)

- フィードバック

生徒は、採点された問題を確認すると、このフィードバックが表示されます。課題エディターを使用して、表示されるフィードバックのレベルをカスタマイズできます。

④ プレビューを表示させて、問題にミスがないか確認する

プレビュー

次の広義積分の値を求めよ。

(1) $\int_1^2 (x-1)^{-\frac{1}{2}} dx$

(2) $\int_{-\infty}^{-1} \frac{1}{x^2} dx$

(3) $\int_0^1 \frac{\ln(x)}{x} dx$

成績

採点ボタン

更新

閉じる

⑤ 解答が間違えていないか、採点はされているか、フィードバックは表示されているかを確認する

採点する

第4章 基本
例題079

成績: 0.8666666666666666

次の広義積分の値を求めよ。

(1) $\int_1^2 \frac{-1}{(x-1)^2} dx$

あなたの解答	正しい解答
2	2

自動採点 採点: 1/1.0

(2) $\int_{-\infty}^{-1} \frac{1}{x^2} dx$

あなたの解答	正しい解答
0	1

自動採点 採点: 0/1.0

(3) $\int_0^1 \frac{\ln(x)}{x} dx$

あなたの解答	正しい解答
-infinity	-infinity

自動採点 採点: 1/1.0

✖️ 総合成績: $1.0 \times 1/3 + 0.0 \times 1/3 + 1.0 \times 1/3 = 33\% + 0\% + 33\%$

フィードバック:

(1) 答えは 2 です

(2) 答えは 1 です

(2) 答えは $-\infty$ です

戻る 閉じる

<証明問題>

① 解答を書き、重要な部分に穴埋めや選択枝を作る

問題名: 第6章 重要例題095

問題テキスト

(1) $(\sin^{-1}(x))^2 = \frac{1}{\sqrt{1-x^2}}$ であることを用いて、 $\sin^{-1}(x)$ がマクローリン展開可能であることを示し、そのマクローリン展開は $\sin^{-1}(x) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(2n-1)!!}{(2n)!!} \cdot \frac{x^{2n+1}}{2n+1}$ で与えられることを示せ。また、その収束半径を求めよ。

(2) 次の等式を示せ。

$$\frac{\pi}{6} = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(2n-1)!!}{2^{2n+1}(2n+1)(2n)!!}$$

解答:

(1) $\frac{1}{\sqrt{1-x^2}} = 1 + \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(2n-1)!!}{(2n)!!} x^{2n} \dots \dots \textcircled{1}$

①の右辺の収束半径は (A) である。

x を x^2 におき換えることにより、 $\frac{1}{\sqrt{1-x^2}}$ のマクローリン展開は (B)

(B)

② プレビューを表示させて、解答にミスがないか確認する (正解の場合 不正解の場合)
が出てくる。不正解の場合は正しい答えも表示される)

möbius
プレビュー

(1) $(\sin^{-1}(x))' = \frac{1}{\sqrt{1-x^2}}$ を用いて、 $\sin^{-1}(x)$ がマクローリン展開可能であることを示し、そのマクローリン展開は $\sin^{-1}(x) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(2n-1)!!}{(2n)!!} \frac{x^{2n+1}}{2n+1}$ であることを示せ。また、その収束半径を求めよ。

(2) 次の等式を示せ。

$$\frac{\pi}{6} = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(2n-1)!!}{2^{2n+1}(2n+1)(2n)!!}$$

解答:
 (1) $\frac{1}{\sqrt{1-x^2}} = 1 + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(2n-1)!!}{(2n)!!} x^{2n} \dots \dots \textcircled{1}$
 ①の右辺の収束半径は (A) である。
 また x^2 が収束半径 r となるため、 $\frac{1}{\sqrt{1-x^2}}$ のマクローリン展開は (B)
 (B)
 <導出>

$$\frac{1}{\sqrt{1-x^2}} = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(2n-1)!!}{(2n)!!} x^{2n}$$

$$\frac{1}{\sqrt{1-x^2}} = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(2n-1)!!}{(2n)!!} x^{2n}$$
 ①、②
 これを微分積分すると

$$\sin^{-1}(x) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(2n-1)!!}{(2n)!!} \frac{x^{2n+1}}{2n+1} + C \quad (C \text{ は積分定数})$$

$$\sin^{-1}(0) = \dots \dots$$
 よって $\sin^{-1}(x) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(2n-1)!!}{(2n)!!} \frac{x^{2n+1}}{2n+1} \dots \dots \textcircled{2}$
 ②の右辺の収束半径は、①の右辺の収束半径と同じから、②の右辺の収束半径は である。
 したがって、関数 $\sin^{-1}(x)$ はマクローリン展開可能であり、そのマクローリン展開は $\textcircled{2}$ のように与えられ、収束半径は である。

成績 問題をボタン 閉じる

möbius
プレビュー

(B)
 <導出>

$$1. \frac{1}{\sqrt{1-x^2}} = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(2n-1)!!}{(2n)!!} x^{2n}$$

$$2. \frac{1}{\sqrt{1-x^2}} = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(2n-1)!!}{(2n)!!} x^{2n}$$
 ①、②
 これを微分積分すると

$$\sin^{-1}(x) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(2n-1)!!}{(2n)!!} \frac{x^{2n+1}}{2n+1} + C \quad (C \text{ は積分定数})$$

$$\sin^{-1}(0) = 0$$
 よって $\sin^{-1}(x) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(2n-1)!!}{(2n)!!} \frac{x^{2n+1}}{2n+1} \dots \dots \textcircled{2}$
 ②の右辺の収束半径は、①の右辺の収束半径と同じから、②の右辺の収束半径は である。
 したがって、関数 $\sin^{-1}(x)$ はマクローリン展開可能であり、そのマクローリン展開は $\textcircled{2}$ のように与えられ、収束半径は である。

(2) (1) で得られたマクローリン展開に $x = 1/2$ を代入すると

$$\frac{\pi}{6} = \sin^{-1} 1/2 = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(2n-1)!!}{2^{2n+1}(2n+1)(2n)!!}$$
 となる。

不正解
あなた: 1
解答: 0

成績 閉じる

結果・考察：

私たち自身 Mobius を使うのは問題を解く側しか経験がなく、問題を作る側は今回が初めてであったためメンバーのほとんどが使い方を知らなかった。計 2 回のミーティングで TA の方や先生に教わり、簡単な問題は作成できるようになった。そして夏休み中に、今まで学んだプログラミングの知識を生かしつつ、アルゴリズムの構造を理解しながら作成することができた。作成するうえで微分積分の内容が理解できていない問題を作成するのは困難なので、まず問題の意味を理解することで自分自身の学習にもなった。分からない操作方法、問題はメンバー全員で確認し、それでも解決しない場合は TA の方に聞いてアドバイスをもらい作成した。全員がアルゴリズムの問題と証明問題に取りかかったが問題作成に時間がかかるため、担当の問題が終わり余裕の出来た人が他の人の問題作成のフォローを行った。R-Gap 中にすべての問題を作成することはできなかったが、活動終了時までには全体の 8 割ほどは完成できた。残りの問題はメンバーで協力し、完成したいと考えている。

各々が担当した問題に関する工夫点等：

y200006 飯田愛菜

「私は主に第一章の基本問題の証明や極限の問題を担当した。証明問題は長いので見やすくなるように途中式を省くことや、一問につき 3～5 個程度の穴埋め問題にした。極限の問題についてはアルゴリズムを使い作成した。」

y200018 大西菜緒

「私は主に積分と微分方程式の問題を担当した。微分方程式については、解答を出すまでの過程を考えながら解くことができるように、重要なところを穴埋め問題にして作成した。」

y200022 奥田幸史

「私は、主に微分(多変数)の範囲を担当した。アルゴリズムを作成する際、式を文字で置くことで1つの式を多変数で微分することや、複数回の微分ができるように工夫した。また、極限の問題では、代入を行う subs コマンドを用いてアルゴリズムにて座標を代入し求めるようにした。」

y200032 川田奈都美

「私は主に数列、関数の極限、級数の問題を担当した。極限のアルゴリズムでは、問題をそのまま使用すると正しい答えが出力されないことがあったため、計算の途中過程も使用し、正しい答えを出力できるようにした。証明問題では、複数選択の部分や自分で値を打ち込む部分など問題に合わせて解答者が解きやすい形式で作成した。」

y200034 河野美紅

「私は、主に多変数の微分分野を担当した。偏微分には diff コマンドを用いてアルゴリズムを作成した。理解を深めるため、フィードバックの解説を詳しくするなど、分かりやすく使いやすい教材づくりの為に工夫をした。」

y200036 北川いずみ

「私は、主に微分・積分を担当した。フィードバックでは、解答者が理解しやすいように計算過程を補足した。証明問題では途中式を部分的に省き、重要な部分を選択問題として出題することで、要点を学習出来るよう工夫した。」

y200040 久保田圭亮

「私は主に1変数の関数、微分を担当した。問題を作る際、自分が作りやすいようにではなく問題を解きやすいようにと、このデジタル問題集を使う側のことを考え作成した。問題集の中の赤字で書かれている部分は必ず問題として出題し、それだけでなく自分が大事だと思った部分も問題として出題した。」

y200049 榊潤人

「私は、主に積分(多変数)の範囲を担当した。アルゴリズムを作成する際、極座標変換を用いる問題等は問題と最後に出てくる式が違うので問題と計算で違う式を用いて作成するように工夫した。また答える側の入力が複雑なものは問題文の中で文字を置いて代用するようにして解きやすくした。」

y200056 新垣竜大

「私は主に広義積分の問題を担当した。問題文を書く際に
$$$$
を使い数式を綺麗に見せる工夫をした。証明問題はデジタルでの採点方法が難しいため、大事なところを穴埋めにし、採点を簡単にした。」

y200076 福原 光

「私は主に微分・積分の問題を担当した。二重や三重の積分問題が作成の際には、積分関数 \int で一度積分し、求めた答えをもとにさらに積分を繰り返すということを考え、工夫した。その他に積分の範囲を指定する方法と組み合わせて、問題作成に挑んだ。」

y200093 山下桃果

「私は主に微分・極限・マクローリン展開の範囲を担当した。証明問題では前後の証明文の関係から繋がらない選択肢にならないように工夫し、アルゴリズムを使用した計算問題では、途中計算が比較的長くなる問題は(1)は穴埋めにし、(2)以降を自力で解答する形にする工夫をした。微分ではdiff、極限ではlimit、マクローリン展開の問題では「○項まで求めよ」という問題に変更するなどしてtaylor関数を用いて作成した。」

参考文献

アルゴリズム (maple)

<https://www.maplesoft.com/support/helpjp/maple/view.aspx?path>

Mobius

<https://ryukoku.mobius.cloud/33>

DigitalEd

<https://www.digitaled.com/>