

# 数学の学び方を理解する

## Understanding how to learn Mathematics

岩崎照大 Shota Iwasaki

### 1 はじめに

本章では、本プロジェクトが活動を行う上での背景と目的を述べる。

#### 1.1 背景

今年度は COVID-19 の影響により、講義の形式に伴い学習環境が大幅に変更された。そこで我々は講義のオンライン化が数学の学習に及ぼす影響や、今までの講義の受け方との違いについて議論を行った。

その結果、講義のコンテンツを時間を気にせずいつでも受講できる、講義のコンテンツを用いて不明な点について繰り返し学習できる、という利点があった反面、講義のコンテンツでも理解できない部分を質問するのに敷居が高くなる。スクリーンショットなどの便利な機能を使うことで実際に手を動かして文字を書く機会が減る。課題の締め切りなどを忘れてしまうことがある。などの欠点もあった。

我々は、数学の学習において実際に手を動かして文字を書くことが、自分の理解できていない部分を把握し、正しい知識を会得することを手助けすると考えた。

よって、列挙した欠点の中の「スクリーンショットなどの機能の利用が、ノートを書く、数学の解答を書くといった手書きの機会を減少させる」ことにつながると考え、「書く機会の減少」が問題であると考えた。この問題はプロジェクトメンバーに限らず、数学の学習者に共通して起こりうるものである。

したがって我々は、数学の学習者に書くことの重要性を理解してもらえよう取り組みを行うこととした。

#### 1.2 目的

本プロジェクトの目的は「情報技術を用いて、数学の学習者に、人に伝えるために解答を書くことが重要であることを意識してもらう」である。

まず情報技術を用いた理由は、2つである。

1つ目に友人以外のさまざまな学生同士であっても

情報技術を用いれば、数学を学びあうことができるからである。従来の対面授業では、数学でわからないことがあったらすぐに友人や教員に質問したりすることができた。しかし、今年度はそれをすることも、簡単にはできない。そのため我々は学生達が同じ場になくても、より多くの学生に対して、数学の学習を補助できるように支援をしたいと考えたからである。

2つ目に本学は、情報技術を受け入れやすい環境にあるからである。本学の学生は多くの講義で情報技術を利用している。例えば、教育支援サービス manaba、オンラインでの会議を実現するビデオチャットサービス Zoom などが挙げられる。特に Zoom では、本学の学生はすべての講義を受講する際に利用していたので、情報技術の使用に抵抗感が少なく、スムーズに操作できると考えられる。よって情報技術を学習手段として用いることは有効であると考えられる。

以上のことを踏まえて我々は、「情報技術を用いて、『書いて学習する』ことの重要性を理解してもらい、数学における記述の力を身につけてもらう。そのことの有効性を示すために1年生の数学学習の支援を行うこと」をプロジェクトの目的とした。

### 2 調査

我々は、数学学習における問題点の調査を行うため、数学の輪講を行った。また、今年度は学習環境が変化し、ほとんどの講義がオンライン授業になったため、自分たちの数学の学習環境について話し合い、仮説を立てた。その仮説を検証するため、本学1年生を対象にアンケートを行った。本章では、数学の輪講、学習環境の把握、アンケートの目的、内容、結果、考察について述べる。

#### 2.1 数学の輪講

我々は、プロジェクト活動を始めるとき、まず何を行うべきかわからない状態であった。そこで、数学的帰納

法の輪講を行うことを先生から提案していただいた。ここで、数学的帰納法を用いた理由は先生のもとに届いた数学的帰納法の質問に答えられるだけの理解を深めるためである。輪講の目的は、数学学習に関する問題点を考えるためである。輪講は、メンバー全員が各自で問題を解いて、その解答について指摘をし、議論を行った。輪講を通して、メンバー全員が先生のもとに届いた質問に答えられるほど理解を深めることができた。その中で、議論を行うとき、人に自分の考えを伝える時に数学の言葉の定義に対する認識、解釈の食い違いが伝えた側と伝えられた側に生じるという問題点が挙げられた。そこで、数学において自分の考えを正確に伝えるためには書くという手段が有効であると考えた。

## 2.2 学習環境の調査

今年度から COVID-19 の影響により、学習環境が変わり、ほとんどの講義がオンライン学習になった。そこでオンラインでの数学学習について考えるために、自分たちの数学の学習環境について議論した。議論を進めていくうちに、スクリーンショットという機能を使用することで、ノートをとらなくても講義内容を記録することが出来るということが分かった。また、講義によっては講義動画がアップロードされており、いつでも講義内容を見返すことが出来るようになっていたことが分かった。このことから我々は、オンライン学習により手書きで板書をとることが減ったのではないかと、という仮説を立てた。我々は輪講の経験で、数学の理解には、手で書くことが重要だと考えたため、その機会が減ったことは問題であると考えた。

## 2.3 アンケートの実施

我々の立てた仮説を検証するため、本学 1 年生を対象にアンケートを実施した。今年度の数学の講義はすべてオンラインで行われていたため、学生がどのような姿勢で受講しているかが不明であった。そのため、板書のとり方などの数学学習の状況を明らかにする必要があった。またオンライン、対面に関わらず数学学習におけるノートを書く機会や教科書 [1] の練習問題を手を動かして解く機会などはじめとした「書く」機会が解析学の理解にどの程度影響を及ぼしているのかを明らかにする必要があった。これらを調査するため、高校時に板書をとった頻度、解析学 I で板書をとった頻度、レポート成績、わからない問題を相談する機会の有無について調査し

た。

アンケートの結果、高校の数学の授業で板書を手書きでノートをとった頻度と解析学 I の授業で板書を手書きでノートをとった頻度では、高校の数学の授業が対面式であったとみなすと、板書を手書きでノートにとる頻度は変化していなかった。よって、数学の授業はオンラインになったが書く機会は減っていなかったことがわかった。

友人と相談を行いながら数学の学習を行った人は回答者の約 6 割程度だった。その際に利用されたツールは Zoom などのビデオ通話ベースのサービスよりも SNS の方がはるかに多かった。このことから、ビデオ通話ベースのサービスよりも SNS の需要が多い結果から、SNS に近い形のサービスを提供するのがよいと考えられる。

また、外れ値を除いた場合の書く量と成績の相関係数は 0.19 であり、5% の有意水準で有意であった。試験勉強において 5 段階で書く度合いと試験勉強の時間の積についてはその積と成績の相関係数は 0.28 であり、1% の有意水準で有意であった。よって、多くの解析学 I の受講者は教科書の練習問題を解くことで試験勉強をしていると考え、教科書の練習問題を書いて解くことを促すべきであることが示唆された。

## 3 開発

我々は前期に行った輪講における書く機会に着目した。数学の輪講では、我々が輪講の準備を行うために書いた解答や聴衆に見せるためのノートを作ることが、数学の理解に対して効果的であったと考えていた。また、このことに加え、輪講では書いたものについてコミュニケーションをとることも、数学の理解を促したと考えられる。

これらのことから、アンケートで最も効果的であった教科書の練習問題を解き、輪講のようなコミュニケーションを促す Web アプリを作ることにした。

本章では Web アプリの狙いと機能について述べる。

### 3.1 Web アプリの狙い

『MWUN』の主な狙いは「人に伝えるために書く」ことの重要性を意識してもらうことである。詳しい機能については後述するが、Web アプリには自分の解答をアップロードする機能があり、解答を他の人が見ても理

解できるように意識したものを作る。そうすることで利用者は自分の意見を整理しながら正しい解答を書く。これを行うことによる恩恵は、記述力の向上、数学の知識の定着である。

まず、記述力の向上について説明する。他の人がアップロードした解答と自分の解答を比較することで自分の解答の間違った部分、自分の解答に足りていない部分を把握することができる。さらに自分がアップロードした解答に対し他の人からの指摘を受けることで、自分の解答をより正しいものに修正できる。この作業を繰り返すことで誰が見ても理解できる数学的に正しい解答を徐々に作っていくことができる。

次に、数学の知識の定着について説明する。前述したように、正しい解答を作る過程で他の利用者から不足している事柄を得ることは自分の数学の知識を補うことにもつながる。また、自分の理解できている部分について自分の力でまとめ、他者に指摘をすることで、指摘をした事柄についての理解度が深くなり、自分の理解できている部分を再確認できる。この指摘を行うためには相手の立場になって詳細までわかりやすく伝えることが重要である。以上のことから人に伝えるために書くことは数学の知識の定着につながると考えた。

これら2つの恩恵を感じることで「人に伝えるために書く」ことの重要性を意識してもらう。

### 3.2 Web アプリの機能

Web アプリの機能について述べる。

本 Web アプリは前述のとおり「人に伝えるために書くことを意識してもらう」ことを目標としており、ユーザが解答などの写真をアップロードし別のユーザがそれに対しコメントするという2つの機能がある。

画像をアップロードする機能に対しては、他の人が読みやすい解答を意識するようになる、自分の知識の足りない部分を整理できる、他のユーザの解答を参考にできる、といった3つの狙いがあり、コメントを書く機能については、他の人の解答から良い部分を取り入れやすくなる、間違えやすい部分などを共有できる、といった2つの狙いがある。

つまりユーザにとって「人に伝えるために書くことを意識してもらう」という目的以外にも様々な恩恵があるシステムとなっている。また書き込まれたコメントは一定の時間で消えるように設定されており、来たコメントを

メモする必要がある。これも書く機会の増加につながるものとなっている。

本システムの特徴として、匿名性を持ちながら解答にコメントができる一方で Web アプリの管理者側で利用者の制限をすることができる。つまり他の SNS と比較してより解答について指摘を行いやすい環境であるといえる。

初めに Web アプリの狙いを実現するために必要な機能案を考えた。この機能案から必要最低限の機能が備わったプロトタイプの作成を行うこととした。プロトタイプに実装した機能は以下に挙げる。

- 单元ごとに対応する写真をアップロードする。
- アップロードされた写真に対してコメントを投稿する。
- 問題の解答を解説するページの作成をする。

この機能の実装には、HTML、CSS、MySQL、PHP を用いて行った。ページ構成を作成し、使いやすいページデザインを考案し、CSS によって実装した。また、解説ページでは、数式が見やすくなるように TeX を用いてページを作成した。

我々は「人に伝えるために書く」ことの重要性を通じて数学の理解を深めて欲しいと願い、Mathematical Writing for UNderstanding の頭文字から Web アプリを『MWUN』と名付けた。

## 4 検証

我々が開発した『MWUN』を通して手書きで書くことを促し、人に伝えるための書くことの重要性を意識してもらうことを目的として、解析学 II 勉強会を開催した。解析学 II 勉強会とは、解析学 II を履修している本学 1 年生を対象とした勉強会である。対象を 1 年生としたのは、我々が行ってきた輪講の内容が 1 年生で学ぶ解析学についてであったこと、アンケート調査によって 1 年生の数学学習の現状を知っていたことなどが挙げられる。勉強会では、事前アンケートの回答してもらった。次に、解析学 II に関する問題を教科書 [1] から 2 題手書きで解答してもらった。参加者が最初の問題を解き終わった後、解答を『MWUN』上で共有し、他者の解答の批評を相互に行ってもらった。『MWUN』を使用した上でもう 1 つの問題に解答してもらった。これらが終

わたったのち、我々は参加者が解答した問題の解説を行った。最後に事後アンケートを回答してもらった。

事前と事後のアンケートを比べてみると、勉強会前と後のアンケート結果から差をとって両側検定を行った結果、有意水準 1% で帰無仮説が棄却され、『MWUN』を通して、客観的な視点を意識して数学の問題を解く学生が増えたことがわかった。

今回の勉強会において、指摘を行える・もらえる機能に対する共感の声やアンケート分析結果からも、解答の改善や理解を深めることを通して、『MWUN』を使った学習方法で人に伝えるために書くことを意識してもらえたと考えられる。

## 5 まとめ

人に伝えるために書くことを用いた学習方法の提案ができるような Web アプリの設計、作成を行ってきた。本章では、本プロジェクトの成果と今後の展望について述べる。

### 5.1 成果

プロジェクト活動を通して、達成することができたことは成果が 2 つある。1 つ目はアンケート調査で行った仮説の検証である。我々は、数学の輪講や学習環境の調査を行い、数学の授業がオンラインになって書く機会が減少した、という仮説を立てた。そして、1 年生を対象としたアンケート結果から仮説の真偽を検証することができた。2 つ目は、『MWUN』を通して人に伝えるために書くことを意識してもらうことができたことである。これは輪講の経験やアンケートの結果から、人に伝えるために書くことを用いた学習方法を提案した Web アプリ『MWUN』を作成し、解析学 II 勉強会にて使用してもらい、勉強会前と後のアンケートを比較した結果から判断した。

### 5.2 今後の展望

勉強会で、実際に参加者に『MWUN』を使用してもらい、『MWUN』に関する評価や意見を貰うことで、さまざまな改善点を見つけることができた。以下にそれを示す。

1 つ目に、アカウント登録機能の実装について述べる。勉強会当時のコメント機能ではコメント投稿者の名前が設定できたが、名前について規則はないので、「なりすまし」が容易にできる状況であった。そこで、我々

は個人情報のセキュリティ向上が必要だと認識し、ユーザー登録機能の実装が必要だと考えた。また、アカウント登録機能をつけることで自分の解答にコメントがついた場合に通知を送る機能やコメントの自動削除をログイン後に一定時間経過した場合に行うようにすることができると考えた。

2 つ目に、投稿削除機能の実装である。現在のシステムでは、解答を誤送信した際は、解答を削除するのに手間がかかる。我々が利用する際にこのような問題が起こった。本システムを使用する際は、1 度の誤送信が利用者と管理者、お互いにとって大きな負担になるので、投稿者が自分が投稿した解答を削除できる機能の実装を検討している。

3 つ目に、質問と指摘でコメントを分ける機能の実装について述べる。勉強会では解答に対し、利用者が解答に対し指摘をする意識のほうが強くなり、数学の知識に自信がない利用者はコメントがしにくい、という意見を頂いた。この課題に対し、コメントを送る前にコメント投稿者は質問か指摘かを選択できるようにし、指摘する自信がないユーザーでも質問という形で、自分のわからないところを聞けるようにする狙いがある。これによりコメントに対する敷居を低くし、議論を活発にするのが目的である。

4 つ目に、デザイン面の向上について述べる。現在の UI では、コメントが見づらいことや写真が見づらいことがある。よって、より使いやすいデザインを検討している。今後の修正点としては、コメントのサイズや位置の調整、投稿された解答のサイズを変更する機能を実装することにより、見やすくするような改善が必要だと考えている。また、今回は Web ページ版しか制作しなかったため、Web ページだけではなく、さまざまなデバイスのレイアウトの制作も検討している。

## 参考文献

- [1] 上見練太郎, 勝俣脩, 加藤重雄, 久保田幸次, 神保秀一, 山口佳三,(2018), 微分, 共立出版.