

数理科学学習改革：みんなで振り返ろう

Reform of Mathematical Science Learning: reflection on our learning

1017127 相内優作 Yusaku Aiuchi

1 はじめに

本報告書は、プロジェクト「数理科学学習改革：みんなで振り返ろう」（以下、本プロジェクトと記す）の報告書である。本プロジェクトは、「公立はこだて未来大学（以下、本学と記す）の1年生の数理科学学習に対する意欲が向上すること」が目的である。我々は、この目的を達成するために本学の1年生（以下、1年生と記す）が「本学で数学を学ぶ意味」に気付いてもらうことを目標に活動を行った。本報告書ではこの目標をもとに本プロジェクトがどのような活動を行い、どのような成果物を制作したのかを述べる。なお、本章では本プロジェクトの背景と目的を述べる。

1.1 背景

本学は1年次に必修で情報科学や数学、プログラミングなどの情報技術に関する基礎を学ぶ。しかし、本プロジェクトメンバーには、数学科目を1年次に必修で学んだことにどんな意味があったのか実感できていない人が多くいた。そこで、我々は1年次に「本学で数学を学ぶ意味」について議論した。議論の結果、1年次に「本学で数学を学ぶ意味」として「説得力のある説明ができるようになること」、「理由や根拠を確認する習慣がつくこと」などが挙げられた。しかし、我々はそもそも「本学で数学を学ぶ意味」について深く考えたことがないことに気付いた。これは1年生にも同様のことが言えるのではないかと考え、1年生の中には「本学で数学を学ぶ意味」を考えていない人がいるという仮説を立てた。そこでこの仮説を検証するために解析学勉強会を行った。その結果、1年生の中には「本学で数学を学ぶ意味」を考えていない人がいると推測した。そのため、1年生に「本学で数学を学ぶ意味」について考えてもらえるような取り組みが必要であると考えた。

1.2 目的

本プロジェクトの目的は「1年生の数理科学学習に対する意欲が向上すること」である。我々はこの目的を達

成するために1年生が「本学で数学を学ぶ意味」に気付いてもらうことを目標に活動を行った。1.1より我々は1年生の中にある「本学で数学を学ぶ意味」を考えていない1年生に対して「本学で数学を学ぶ意味」について考えてもらえるような取り組みが必要であると考えた。この取り組みによって本プロジェクトの目的の達成を目指した。

2 調査

我々は前期に「本学で数学を学ぶ意味」についての議論、プロジェクト内勉強会、解析学勉強会の3つの活動を行った。

本章では、はじめに本プロジェクト内で行った「本学で数学を学ぶ意味」についての議論の詳細を述べる。次に、プロジェクト内勉強会と解析学勉強会の目的・内容・結果・考察について述べる。

2.1 「本学で数学を学ぶ意味」の議論

本学では1年次の必修に数学がある。我々は本学で数学が必修科目であることには意味があると考えた。そこで、我々は3つの手段を用いて「本学で数学を学ぶ意味」について議論した。

はじめに、本プロジェクトメンバーが考える「本学で数学を学ぶ意味」を議論した。この議論より、「本学で数学を学ぶ意味」として「2年次以降の専門分野のため」、「理系大学生としての教養のため」、「論理的思考力を身に付けるため」、「世の中で生きるため」という4つのことが考えられた。

次に、本学が学生全体に求めていることを把握できれば「本学で数学を学ぶ意味」が分かるのではないかと考えた。そこでシラバスから読み取れる「本学で数学を学ぶ意味」を調査した。シラバスから読み取れる「本学で数学を学ぶ意味」は科学全ての分野における基礎知識の1つで科学の諸分野で起こる問題を数学的に解決する能力の基礎を養うことであることが分かった。

さらに、プロジェクト内で実際に数学の問題を解き、改めて「本学で数学を学ぶ意味」について議論した。その結果、「本学で数学を学ぶ意味」は、「説得力のある説明ができるようになる」、「理由や根拠を確認する習慣が身に付く」、「順序立てて物事を考えられるようになる」、「他教科にも応用できる基礎的な知識が身に付く」などが挙げられた。

これらの議論より、我々は今までそもそも「本学で数学を学ぶ意味」について考えたことがなかったことに気付いた。

以上のことをふまえて 1.1 で記述したとおり、我々は 1 年生の中には「本学で数学を学ぶ意味」を考えていない人がいるという仮説を立てた。この仮説を検証するために解析学 I 履修者を対象とした解析学勉強会を行った。

2.2 プロジェクト内勉強会

まず我々は、解析学勉強会を実施する前にゼミ形式でプロジェクト内勉強会を行った。このプロジェクト内勉強会では「教える立場である我々の理解度を高くすること」、「本番を行う前に練習で一度解説するという経験を積むこと」、「解析学勉強会で使用する問題を解答・解説するための解析学の知識や理解を深めること」の 3 つを目的とした。

プロジェクト内勉強会の内容は以下の通りである。

- 本学の解析学 I の講義で使用されている教科書第 1 章の練習問題 1.3 から抜粋した問題を割り振りそれぞれが自力で解いた。問題を解く際には解説することを意識して解く
- 担当した問題の箇所を本プロジェクトメンバーや教員の前で白板を使って解説を行って共有し、他のメンバーや教員にコメントをしてもらう

このような内容でプロジェクト内勉強会を行ったことにより、3 つの目的を達成することができた。また、解析学勉強会で使用する問題はこのプロジェクト内勉強会で扱った問題の中から、解答者が「定義を理解し、正しく問題に応用できているか」を確認できる問題を抜粋した。抜粋した問題を用いて解析学勉強会で使用する問題用紙を作成した。

2.3 解析学勉強会

我々は解析学 I 履修者を対象に 6 月 6 日の 5 限と 6 限に 494,495 教室にて解析学勉強会を実施した。この勉強会を実施する目的は、「本プロジェクトが立てた仮説の検証」、「解析学 I 履修者の「本学で数学を学ぶ意味」に対する意識調査」、「解析学 I 履修者の数学学習状況の調査」の 3 つである。

この目的を達成するために我々は解析学 I 履修者全員を対象とした事前アンケートと解析学勉強会を実施した。解析学勉強会の際には、その前後にアンケートを行い、勉強会中や解説中の学生の勉強方法をよく観察した。事前アンケートの目的は勉強会への参加希望人数の把握と「本学で数学を学ぶ意味」に対する意識を調査することである。次に勉強会前後に行ったアンケートは「本学で数学を学ぶ意味」に対する意識の変化を調査することが目的である。事前アンケートには 68 人が回答した。アンケートで「数学を勉強する意義とは何だと思いますか」という項目に対し、「単位取得のため（進級）」と答えている人が 60.5% いた。この質問は複数回答可能であった。そして、このアンケートの結果をもとに課題やテストの点数を取るためだけに数学を勉強し、2 年次以降で数学を使う可能性を考えていない人がいるのではないかと考えた。次に、参加者の学習状況を調査するためにを観察した参加者の様子について述べる。勉強会の時に白板で問題解説していた時、問題を解けずに解答用紙が白紙である人が日本語の記述は書かずに解答用紙に数式だけをメモしていた人がいたことが確認できた。我々は、観察した結果をもとに学習対象の概念を理解しないまま問題の解答例を丸暗記しようとしているのではないかと考えた。

以上のことより我々は 1 年生の中には「本学で数学を学ぶ意味」について考えていない人がいると推測した。また、それは「2 年次以降の科目で必要な知識が身につかない」ことや、「覚えたことや知識を発展させる力が身につかない」という理由から問題であると考えた。

我々はこの問題を解決するために「本学で数学を学ぶ意味」に気付いてもらうことを目標とした。

3 開発

我々は 1 年生に「本学で数学を学ぶ意味」について気付いてもらうことを目的として、Web アプリケーショ

ン(以下、Web アプリと記す)「DIVE」を制作した。本章では、Web アプリの制作過程について述べる。

3.1 Web アプリの提案

我々は1年生に「本学で数学を学ぶ意味」について考えてもらうために、どのような支援を行うのかを議論した。そこで、解析学勉強会の際に実施した事前アンケートを見直した。そのアンケートの中に「1年次の数学科目が2年次以降の科目や他分野にどのように使われているかを知っていますか」という項目があり、「知らない」もしくは「あまり知らない」と回答した人が合計で76%いた。このことから、1年次の数学科目と2年次以降の科目や応用例とのつながりを知ってもらえれば、1年生が「本学で数学を学ぶ意味」に気付いてもらえるのではないかと考えた。

その上で、数学が苦手な人や興味のない人に、手軽に制作物を利用してもらうために2つのことが重要だと考えた。まず1つ目は、インタラクティブに利用できることである。ここで言うインタラクティブとは、ユーザーが一方向的に読むだけではなく、ユーザーの行動によって図やグラフなどに変化が起きるような、ユーザーとシステムが相互にやり取りをすることである。2つ目は、時間や場所を選ばずに利用できることである。我々は、この2つを満たす最も適している情報技術がWeb アプリだと考えた。

3.2 Web アプリの制作

Web アプリの制作にあたり、内容班とシステム班を設けた。

内容班は、まず1年次の数学科目と2年次以降の科目や応用例とのつながりを示すために、どのようなコンテンツが最適かを調査した。それに際して、シラバスを用いて科目の相互関係の調査や数学科目の学習をした。その結果、1年次に学ぶ解析学の微分とつながっていること、社会での応用例が分かりやすいなどの理由から、Web アプリに載せるコンテンツを最小二乗法に決定した。その後、例題を含むWeb アプリに載せる原稿の作成を行った。

システム班は、内容班が作成した原稿をWeb アプリとして反映させた。前述した通り、インタラクティブに利用しようしてもらえるように、HTML・CSSに加えてJavaScriptを使用した。具体的には、ユーザーがフォームへ数字を入力することでグラフを直接操作できるよう

にしたり、マウスカーソルの位置によってグラフの傾きを操作できるようにした。また、デザインによってユーザーの操作性やWeb アプリの印象に支障が出ないように配慮した。具体的には、途中式の表示・非表示を切り替えられるようにしたり、注釈を用意した。

このようにして、原稿の修正やシステムへの反映を繰り返し、Web アプリが完成した。我々は完成したこのWeb アプリを「DIVE」と命名した。

4 実験

Web アプリ「DIVE」の有用性を調べるために本学の1年生を対象とし、実験を行った。本実験の目的は「DIVE」を使用することで、本学の1年生が「本学で数学を学ぶ意味」に気付いたかなどの意識変化を検証するものであった。

「DIVE」を使用する実験の準備として、被験者が記入する書類を作成した。また、「DIVE」の有用性を示すために、被験者に実験の前に回答してもらう事前アンケートと、実験の後に回答してもらう事後アンケートを作成した。アンケートを作成する際に、以下の3つの達成目標を設定した。

- 被験者全員が最小二乗法に対する知識が得られ、他教科・他分野とのつながりが分かる
- 被験者全員が1年次の数学科目と2年次以降の数学科目や社会での応用例とのつながりが分かることで数学の勉強が無駄ではないと感じる
- 本学で数学を学ぶ意味について気付いていない人が本学で数学を学ぶ意味について気付く

また、上記の目標が達成された場合に、被験者が「DIVE」のどの部分に影響を受けたか、直接要因を探るための質問を用意した。事前アンケートでは「浅い勉強をしている人」と「深い勉強をしている人」を判別するための学習行動に関する設問を用意した。

本実験では、被験者に集まってもらった後に同意書に記入してもらい、次に事前アンケートに回答してもらった。アンケート回答、後「DIVE」を40分使用してもらった。「DIVE」の使用方法は使い方ページを見るように促し、使い方の説明は行わなかった。被験者が「DIVE」を使用している間、我々は「DIVE」を使用している様子を観察した。最後に、事後アンケートに回答

してもらった。

学習行動の設問の結果から、被験者数 23 人のうち、「浅い勉強をしている人」が 9 人、「深い勉強をしている人」が 14 人と分類した。「現在学んでいる数学がこれから学ぶ他教科や現実社会でどのように使われているかを意識して行う勉強」に対して、どのように感じていますか(選択回答)と質問した結果、「浅い勉強をしている人」では、対応のある t 検定の結果、 $t(8)=1.79$ 、 $p>0.05$ 。よって有意差は確認されなかった。「深い勉強をしている人」では、対応のある t 検定の結果、 $t(13)=2.69$ 、 $p<0.05$ 。よって有意水準 5% で有意差が確認された。また全体の回答として「つながりを意識して勉強を行わなければならないととても感じている」と回答した人の人数が一番多くなった。対応のある t 検定の結果、 $t(22)=2.90$ 、 $p<0.01$ 。よって有意水準 1% で有意差が確認された。

「DIVE」を使用することで、つながりを意識した勉強が重要であると認識したと考えられる。つながりを意識した勉強が重要であると認識すれば、「本学で数学を学ぶ意味」の 1 つについて気付いたことになる。そのため「DIVE」は、本プロジェクトの目標である「本学で数学を学ぶ意味」に気付かせることが出来るシステムであるということが明らかになり、「DIVE」の有用性を示すことができた。

5 まとめ

我々は 1 年間、「本学で数学を学ぶ意味」に気付いてもらうことを目標として、Web アプリ「DIVE」の設計と制作を行ってきた。実験結果より、「本学で数学を学ぶ意味」に気付かせることができるシステムであるということが明らかになり、「DIVE」の有用性を示すことができた。本章では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

プロジェクトを通して達成できた成果が 2 点ある。1 つ目は、数学学習に対する実態の把握である。我々は解析学 I 勉強会で 1 年生を観察をし、アンケート調査を行った。そこで、我々は 1 年生の中には数学を学ぶ意味を考えていない人がいると推測し、1 年生の数学学習に対する実態を把握することができた。2 つ目は、「本学で数学を学ぶ意味」に気付かせることが出来るシステム

「DIVE」を制作したことである。我々は解析学 I 勉強会で考察した結果から、本学で学ぶ 2 年次以降の科目や応用例とのつながりを示す Web アプリ「DIVE」を制作し、1 年生に実験で使用してもらうことで「本学で数学を学ぶ意味」に気付かせることができた。

5.2 今後の展望

我々が制作した Web アプリ「DIVE」の今後の展望を述べる。実験で得られた結果より、以下の 3 点のシステムの改善を検討している。

- 機能の改善
- 題材内容の改善
- 題材追加

1 つ目に機能の改善について述べる。実験時のアンケートをもとに解答の正誤判定方法の変更やグラフ部分に分かりやすくするためにデフォルトの数字を入れたりするなどの機能の改善を検討している。

2 つ目に、題材内容の改善について述べる。最小二乗法を説明する際に、二変数関数の極小値があることをグラフを用いて説明していた。これだとグラフを書けない場合に最小値があることを確かめることができない。したがって、数式だけで最小値があることを確かめることができるヘッセ行列を用いた方法も載せることを検討している。

3 つ目に、題材追加について述べる。現段階で「DIVE」の題材が 2 つしかないので、「データの誤り訂正」と「ロジスティック方程式」の 2 点の題材の追加も検討している。「データの誤り訂正」は、本学の 1 年次の履修科目である情報数学の 2 進数の知識が必要になる。また、「ロジスティック方程式」は、本学の 1 年の履修科目である解析学の微分積分の知識が必要になる。この 2 つの題材を追加することで、本学 2 年次以降の科目や応用例とのつながりを今以上に示すことが出来ると考えている。

今後の改善を行うとすれば、上記の 3 点の内容が重要なものと考えている。