

数理科学を学ぶ環境のデザイン

Designing Learning Environment for Mathematical Science

1016198 高橋沙織 Saori Takahashi

1 はじめに

本プロジェクトは、情報技術を用いて数理科学を学べる環境を整備し、公立はこだて未来大学（以下、本学と記す）の1年生を支援することを活動の目的としている。本章では、本プロジェクトの背景・目的と、今年度の活動方針について述べる。

1.1 背景

本学は、情報系大学として数学科目が必修科目としてしている。しかし、数学科目に対して苦手意識を持つ生徒が非常に多く見られる。その原因について考えられることを2つ述べる。1つ目は入試制度である。本学の入試制度は「数学Ⅲ」を必須としていない。そのため、高校時に「数学Ⅲ」を履修していなくても本学に入学することが可能である。本学では「数学Ⅲ」の延長線上にある数学を学ぶので、数学科目に躓いてしまう1年生が見受けられた。2つ目は数学への理解度の問題である。1年生で学ぶ数学科目は2年生以降で学ぶ数学科目の基礎知識となる科目である。だが、実際には単位は取得したが「基礎知識」をしっかりと身に付けられていないという現状があった。我々の中にも以下のような事例に該当する者がいた。

- 単位さえ出れば良いので試験前に問題の解き方だけ覚えて、終わるとすぐに忘れてしまった。そのため2年生以降の授業に全くついていけない。
- 微分や積分の理解が不十分なため、偏微分や微分方程式を理解することができない。

これらの問題を解決するため、我々は1年生に対して基礎知識が学べるような取り組みが必要であると考えた。

1.2 本プロジェクトの目的

本プロジェクトの目的は、情報技術を用いて数理科学を学べる環境を整備し、1年生の数学学習を支援することである。数学学習支援に情報技術を用いるのは2つの

理由である。1つ目は我々が2年間で学んだことを活かすためである。我々は「情報表現入門」などの講義を通し様々な情報技術を学んだ。これらの知識は1年生の学習支援に活かすことができると考えたからである。2つ目は本学は情報技術が受け入れられやすい環境にあるということである。本学には1年生、2年生の英語能力向上を目的としたWebサービスとして「VEP」というオンライン講義があるため、本学の学生には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。以上のことから我々は、「情報技術を用いて数理科学を学べる環境を整備し、1年生の数学学習を支援すること」を本プロジェクトの目的とした。

1.3 活動方針

我々は、1年生の数学学習における弱点に対応したシステムの作成を行い、支援をすることを目標とした。そのために以下のような活動を行いシステムの開発を行った。1つ目は1年生の数学学習の現状を把握することである。1年生の問題点を把握することは、1年生の弱点に対応したシステムの作成につながると考えたからである。2つ目は我々の数学学習における問題点の調査をすることである。これは私達の問題点は1年生の問題点につながると考え、1年生の現状を知る手がかりになると考えたからである。3つ目はこれら2つを踏まえてどのようなシステムを作成して支援するか決めるということである。これにより具体的な支援方法が確立するのが遅くなってしまうが、より1年生の弱点に対応したシステムを作成できると考えたからである。この3つより1年生を効果的に支援できるシステムを提供することを目指した。

2 調査

我々の数学学習における問題点の調査を行うため、プロジェクト内学習会を行った。その結果から、1年生の数学学習に関する仮説を立てた。この仮説を検証するた

め、1年生に対して解析学I勉強会を行った。本章では、プロジェクト内学習会と解析学I勉強会の目的・内容・結果・考察について述べる。

2.1 プロジェクト内学習会

今年度の目標である、Webサービスの作成をするため、我々はプロジェクト学習の最初の活動としてプロジェクト内学習会を行った。この活動の目的は2つある。1つ目は前述した通り、我々の数学学習における問題点を調査することである。これにより1年生の現状を知る手がかりになると考えたからである。2つ目に我々が数学を正しく理解することである。我々の数学に対する理解が不十分である場合、作成したWebサービスが学習者に誤った知識を与えてしまう可能性がある。そのような事態を避けるため、我々は数学の深い理解や正しい知識を身につける必要があった。プロジェクト内学習会の内容は次の通りである。

1. 教員が出題した解析学の問題を、メンバーが自力で解いた。問題は解析学の教科書から抜粋したものや教員が作成した問題であった。問題を解く際は教科書や講義ノート、参考書、インターネットなど、使用する物は自由とした。
2. 解答はできるだけ細かく記述し、不明点、疑問点は解答用紙に記した。
3. 作成した解答を共有し、他のメンバーや教員にコメントをもらった。

プロジェクト内学習会にてメンバーの解答や学習方法について、発見が3つあった。1つ目は「数学用語の定理がわからない」ということである。逆関数の問題を学習した際、我々が逆関数という数学用語の定義を理解したつもりでいたが、実際には逆関数を扱うときに定義域や値域をしっかりと示さないで使っていた。なお逆関数は解析学Iで学習する内容である。2つ目は「証明の方針が立てられない」ということである。証明問題を解く際、最初に何を示せば証明できるかを考えるが、我々の中に、その方針が見つけれない者がいた。結果、証明の仕方が分からず、解答用紙がほぼ白紙になっていた。3つ目は「証明の記述の仕方がわからない」ということである。証明問題の解答を進めていく際、何を示せば証明できるか理解しているが、記述の仕方がわからないということがあった。以上の発見より、我々は「証明問題

が苦手」であることがわかった。そして「1年生も我々と同様に証明問題が苦手」という仮説を立てた。

2.2 解析学I勉強会

解析学I勉強会とは、1年生を対象に実施した勉強会のことである。この勉強会を開催する目的は以下の2つである。

- 「1年生も我々と同様に証明問題が苦手」という仮説の検証
- 1年生の現状の学習状況の調査

勉強会に向け、我々は企画班、数学班、アンケート班、フライヤー班、メール班に分かれそれぞれ準備を進めていった。企画班は勉強会の企画書・タイムスケジュールを作成した。数学班は勉強会で使用する問題、模範解答を作成した。アンケート班は勉強会の前後で実施するアンケートと、参加登録フォーム2つを作成した。フライヤー班は勉強会のポスターを作成した。メール班は1年生へのメール、解析学Iの担当教員へのメールを送り、授業内での勉強会の告知を行った。

当日は1年生5、6人のグループに対しメンバー1人が問題の解説を行うという形式で行った。1年生が問題へ取り組む様子の観察を行った。1年生は我々が提示した問題への解答および、勉強会の前後で数学学習に関するアンケートの回答を行った。

勉強会の結果、1年生も我々と同様に「証明問題が苦手」ということがわかった。これは以下の結果から判断した。

- アンケートで「有界列の定義を説明できると言えるか」という質問にて、9割の人が「はっきり言えない」、「言えない」と回答した
- 1年生は「この問題で最初に何をしたらよいかかわからない」と発言していたり、1年生の手が止まって動かない様子が見られた
- 1年生の答案にて、証明問題では白紙の解答が多く見られた

3 開発

我々は1年生の学習支援を行うWebサービスを作成した。本章では、Webサービスの制作にあたっての提案と実現にあたっての過程について述べる。

3.1 Web サービスの提案

我々は開発の前に、情報技術でどのような支援を行うか議論を行った。議論の結果、本学の学生に馴染みがあるという点とインターネット環境があれば、どんな場所でも利用できる点から Web サービスによる支援を行うことに決定した。その後、どのような Web サービスを作成するかという議論を行った。議論の結果、1年生に証明問題を理解してもらう Web サービスを作成することに決定した。また、対象を「証明問題に苦手意識がある1年生」とした。特に、証明問題が全く解けない、証明問題の学習方法がわからない1年生を対象とした。対象の1年生が証明問題の解き方を理解し、白紙解答を脱却できるようになるような Web サービスを提案し、作成を行った。

次に我々は Web サービスにどのような要素が必要か検討を行った。その結果以下の4つの要素が満たされれば良いと判断した。

1. 順序を追って理解すること
2. 気軽に使ってもらえること
3. 正しい知識が定着すること
4. 論理的思考能力が向上すること

これらの要素を実現するため、3つのステップで問題を提示し順序を追って学ぶことができるようにした。また4択の選択問題形式を採用し気軽さを出した。問題を解答し終わった後にステップごとそれぞれ解答、解説を掲載することで理解不足を解消し正しい知識定着を目指した。また論理的思考能力の向上には、文と文の繋がりを意識できる並び替え形式が良いと考えた。そこで並び替え形式の「ジグソーテキスト」の研究をしている本学の大場教授の話を伺いに行った。山口ら [1] によると「ジグソーテキスト」とは文の並べ替え作文を課題とし編集操作を記録するテスト・アプリケーションである。実際に我々で「ジグソーテキスト」の問題を体験し、並び替えは文と文の繋がりを意識するために利用できると判断し、並び替えを採用した。

3.2 Web サービスの実現

Web サービスの作成にあたり、システム班と数学班を設けた。

システム班、Web サービスの実装とデザイン考案の2つに分かれた。実装として、ステップ1,2では4択での

回答形式の機能、ステップ3では問題文の並び替えによる回答形式の機能を実装した。これらの機能を実現するために HTML・CSS・JavaScript を使用した。また画面遷移などから考えていき、それぞれの画面でどのように表示すると使いやすいデザインになるか考案した。

数学班は Web サービスに使用するコンテンツを作成した。コンテンツの作成には解析学の講義で使用している教科書 [2] を参考にした。作成にあたり数学的に正しいかを教員に何度も添削を受け作成した。その後、Web サービスに合うように作成を行った。

数学班が作成したコンテンツをシステム班が開発した Web サービスに実装することで Web サービスが完成した。我々は完成したこの Web サービスを『ならべま証』と命名した。

4 検証 (解析学 II 勉強会)

解析学 II 勉強会とは、1年生を対象に実施した勉強会のことである。『ならべま証』の効果をアンケートや観察で調査するため、この勉強会を行った。実施の目的は以下の通りである。

- 『ならべま証』を使用することで証明問題の理解を促せるか調査する
- 『ならべま証』の品質を向上させるため、フィードバックを受けて改善箇所を調査する

準備内容は企画書の作成、広報活動、アンケートの作成、当日使用する資料の作成である。勉強会では我々が提示した証明問題の演習を1問行い、参加者に『ならべま証』を使用してもらい、その後最初に提示した同じ証明問題の演習を1問行った。我々は問題へ取り組む様子の観察、勉強会の最後に問題の解説を行った。

勉強会の結果、『ならべま証』を用いた学習が効果的であり、『ならべま証』を利用することで1年生に証明問題の解き方を理解してもらうことができた。これらの結果は、以下のアンケートや観察、1年生の解答の結果から判断することができる。

- アンケートより、『ならべま証』を使いやすい・証明問題を解く手助けになると感じた1年生が多かった。
- 文と文の繋がりを意識できたという声が多かった。
- 1回目の演習問題で白紙だった人が2回目の演習問題では証明問題の方針が立てることができており、

証明の流れが掴めた。

5 まとめ

我々はこの1年間、証明問題の解き方を理解できるWebサービスの設計、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成果が2点ある。1つ目は、解析学Ⅰ勉強会で行った仮説の検証である。我々は、プロジェクト内学習会を行い、仮説を立てた。その仮説は、「数学用語の定義がわからない」、「何を示せばよいのかわからない」、「証明記述の仕方がわからない」という3つである。そして、解析学Ⅰ勉強会の1年生のアンケートや観察、解答から我々の仮説の真偽を検証することができた。2つ目は、1年生に証明問題の解き方を理解してもらうことができたことである。これは仮説の結果から証明問題の解き方の理解を支援するWebサービス『ならべま証』を作成し、解析学Ⅱ勉強会にて使用してもらうことで実現できた。『ならべま証』は、証明問題の考え方が学べ、全くできないところから進捗を生むことを可能とすることは1年生からのアンケートや観察、解答から判断した。そして、1年生の証明問題に対する理解を深めることができた。

5.2 今後の展望

我々が作成した『ならべま証』の展望について述べる。我々は解析学Ⅱ勉強会での結果から以下の4つの点の機能の改善、追加を検討している。

1. 『ならべま証』の対象者の拡大
2. ユーザー自身が計算を行う機能の追加
3. 設問の追加
4. デザイン面の改善

1つ目に『ならべま証』の対象者の拡大について述べる。「証明問題を解ける状態になる」ためには様々な能力が必要だったため、対象者を「証明問題が苦手な人」に絞った。我々は1年生全体を支援したいという考えがあるため、「証明問題が得意な人」にも焦点をあて、サポートできるようにしたいと考えている。それらの具体案として、問題の難易度を上げることを検討している。

2つ目にユーザー自身が計算を行う機能の追加につ

いて述べる。我々は気軽に利用できることを重視したため、『ならべま証』では実際に計算を行うことなく学べるように作成した。しかし、アンケートの結果から、自身で計算を行いたいという声があった。そのため、穴埋めでの解答方式を採用するなど、ユーザー自身が解いた答えを入力する形式の機能の追加を検討している。

3つ目に設問の追加について述べる。解析学Ⅱ勉強会では、問題を1問しか用意することができなかった。また、別解も実装することができず、1つの問題で1つの解き方しかなかった。多くの問題と解法を作成しコンテンツを増やすことが必要だと考えている。

4つ目にデザイン面の改善について述べる。解析学Ⅰ勉強会にて1年生から長文のテキストが読みづらいというアンケートの結果を得た。これを改善すべくフォントを変更する、文と文のスペースを増やすなど見やすくなる改善を検討している。

参考文献

- [1] 山口 琢, 高橋 慈子, 小林 龍生, 大場 みち子. (2016), 文章を構成する過程を測定するジグソー・テキストの開発, 研究報告コンピュータと教育 (CE), 2016-CE-137, pp1-5.
- [2] 上見 練太郎, 勝股 脩, 加藤 重雄, 久保田 幸次, 神保 秀一, 山口 佳三. (2015), 微分 改訂版, 共立出版.