

R5地域協働研究（ステージⅠ）

R05-Ⅰ-08「数学に苦手意識をもつ生徒のための個別最適指導を可能にする学習システムの開発」

課題提案者：岩手女子高校

研究代表者：ソフトウェア情報学部 田村篤史

研究チーム員：児玉英一郎（ソフトウェア情報学部）、福島朋子（高等教育推進センター）、高田広土、豊岡修平、渡部聖美（岩手女子高校）

<要 旨>

本研究では、修得の個人差が大きいとされる数学の指導において、個別最適化を目指し、数学学習用システムの開発を目指すものである。一方、当初から本研究は単年度で成果が出るものではないと考えており、令和5年度は生徒の学力の現状をより詳細に把握し、誤解答の分析を行うことを主目的とした。ソフトウェア情報学部の強みを生かし、令和5年度の成果を受け、令和6年度は数学の自動作問システムの研究開発にあたる。

1 研究の概要（背景・目的等）

数学は一般的に修得の程度における個人差が大きくなる傾向にある。県内でも様々な高校において、数学の修得状況の改善を図るべく現場で工夫がなされている。一方、昨今の教育DX化を踏まえて、本研究は、より効果的な数学の修得を目指して、個別最適化された数学学習システムの開発およびその効果の検証（自己肯定感の検証を含む）を長期的な目的として令和5年4月から開始した。

本研究は短期（1年）では解決できないと研究チームでは当初から考えており、令和5年度は生徒の学力の実情の把握、誤解答の分析を主目的と位置づけ、令和6年度にステージIIの採択を目指すこととしていた（実際には再度ステージIに採択いただいた）。令和5年度の成果を受け、令和6年度は数学の自動作問システムの研究開発にあたる予定である。

2 研究の内容（方法・経過等）

原則的には週に1回、本学部の研究チームと高校1年生の希望者が集まり、放課後学習会を行い、生徒の理解の向上と理解状況の把握の両方に努めた。大学の学年暦における前期は、主としてアイーナキャンパスを会場として生徒に集まってもらった。後期は、田村研は岩手女子高校に伺い、児玉研はオンラインによりそれぞれ週1回ずつ、計週2回の放課後学習会を実施した。毎回の出席者は3人～10人程度であった（高校1年生の在籍者は33人。学期途中で転入生が加わり34人）。

放課後学習会においては、原則として学校の進度に合わせて生徒と一緒に勉強する形をとった。途中で数学技能検定のための学習会をスポットで行った。また、夏期講習の一部は筆者（県大・田村）が担当し、生徒の言動についても注意してデータを収集した。

システムのアルゴリズム構築の一環として、令和5年12月6日に研究協力者である電気通信大学の高木正則研究室の学部4年生による研究授業を行った。これは、主観的な理解状況に基づく理解不足箇所の把握支援手法の実践であり、課題分析図を用いることにより、誤解答



放課後学習会の様子

をした場合、90.4%の生徒が次に解くべき問題を決定しやすくなった答えており効果が確認できた。さらに、令和6年3月5日、岩手県立大学の学部3年生による研究授業を行った。これは、実生活に数学を活用することをグループで議論することにより生徒の意欲向上を図るものである。具体的には「修学旅行の自由行動時間において、料金体系の異なる3つの交通手段を組合わせて、より効率的な移動を試みる」ものである。7点満点のテストを事前・事後に行ったところ、平均点が1.4点向上した。また、リッカート式5件法で、座学とグループワーク、「教科書」と「実生活と関連した内容」を比較したところ、それぞれ後者の支持値が、4.17、3.87であり、一定の効果は見られたが、特に授業内容については、引き続き検討が必要と思われる。

また、東京都教職員研修センターが開発した児童・生徒用自己評価シートを令和5年5月6日に実施した。

なお、生徒たちには承諾書にサインをしてもらい、学校内の学修状況についてもデータをいただき、アプリケーション開発の土台として活用している。

3 これまで得られた研究の成果

年間を通して行った放課後学習会やスポットの学習

会、学校内の学修状況等のご提供により、概ね、生徒たちの学力は把握できたものと考えている。誤解答の主たる起因を列挙する。

1. 公式等の記憶が曖昧なことに起因する計算の誤り
2. 途中式を書かないことに起因する計算の誤り
3. 問われ方の変化に対応できないことに起因する誤り
4. 図が正しくかけていないことに起因する問題の誤解
5. 問題文の誤読に起因する誤り
6. 独自の解法に起因する誤り
7. 「違和感」の不足に起因する計算の誤りの見逃し

このうち、7の「違和感」とは、例えば、「一般に、体積なのに3次式ではない、面積なのに2次式ではない」ことなどから、自ら解答内容を見直せる感覚のことを指している。

これらの誤解答のうち、1～3はコンピュータの使用によって成果の向上が期待できる。項目反応理論等を用いて、個別最適な出題を行う。これについては、学修内容が基礎的であるほど大きな効果が得られるものと予想している。一方、4～7については、さらなる議論が必要であり、本研究の対象からは除外する。

研究チームとしては、誤解答の起因を概ね把握することができたため、今後の個別最適化を見据えたシステム開発に与するデータとしては十分に得られたと認識している。また、上述したように、数学は定着状況の個人差が大きいとされる。本研究で得られたデータを見ても高いレベルで修得している生徒もいれば、概念の理解や知識不足の生徒もおり、個人差の大きいことが確認できた。なお、児童・生徒用自己評価シートについては、学力と自己評価との相関を予想したが、ほとんどの生徒が東京都の高校生の平均値と同等の結果であった。つまり、学力の差による自己肯定感の差異は見られなかった。この点については、実施時期によるバイアスがかかっていた可能性もあり、令和6年度以降の研究で再調査を行いたい。また、生徒にとっては公立中学校時代の多様な人間関係と異なり、高等学校は特に学力の観点から均一性が高まり、過ごしやすい環境にあることも要因の1つとして考えられる。

学習会に複数回参加した生徒の感想を以下に記す。一部、読みやすさを考慮して修正している（内容は変わっていない）。

- 分からないところや考査で出るところを中心に教えてもらってとてもわかりやすかった。
- わかりやすく説明してくれてるので、分からないところを分からないままにすることがなくなったので良いなと思いました。
- テスト期間とか分からない問題があったけど、好きな問題をやってよかったので助かった。

- 教え方が丁寧で分かりやすい。楽しかった。
- 近くに1人は大人がいる状態だったので、分からないところをすぐ聞いて良かった。
- 分からないところが分かるようになったときがうれしかったです。
- 自分の分からない問題を解けるまで教えてもらったことや数学の問題に集中できました。
- 2年生になっても勉強会をやってほしいです。
- 教え方がうまくて分かりやすかったです。

一方、学習会に出席をしなかった生徒の理由として、部活動と重複していることを挙げた生徒が最も多かった。また、早く帰りたいと回答した生徒も複数名存在した。

4 今後の具体的な展開

システムの開発にあたり、高校と研究チームは以下の点で合意した。

- 1) システム（アプリケーション）は手に取ることが容易で（学習に取り掛かる心理的ハードルが低い仕様）あること。
- 2) 基礎学力の定着の効果が見込めること。

1) について：市井では継続性の強いアプリケーションが話題になっている。X（旧Twitter）、Facebook、TikTokなどがしばしば取り上げられているようである。本研究ではこれらのプラスの部分を生かし、インタラクティブ、アダプティブ、ゲーミフィケーション、視覚化ツール、フィードバック、ヒント提示機能、コミュニティ機能、定期的なレビューと評価等の機能を実装する予定である。肝心の数学の学習部分では自動作問を実装する予定である。これは個別最適化に対応し、効果的な反復を可能とするためである。前述のように、数学は個人差が大きいとされるため、既存のデータベースによる問題提示よりも効果が期待できる（理由は次に述べる）。令和6年度は企業2社にも参画してもらい実用性を高める予定である。

2) について：自動作問システムの開発により以下の点が期待できる。

- 現場の先生の作業量が削減され、よりきめ細かな支援が必要な生徒に対応する時間を確保できる
 - 半永久的に作問できるため、基礎的な問題に対しても「質の高い反復」ができる
 - 基礎的な問題の演習においては、他の教材より学習効果が期待できる（特に第3節の1～3）
- ※質の高い反復：一問一問、見たことのない問題に出会い、解答の暗記が起らないような反復のことである