

## 構造図を用いた両向き推論支援のための 対話型図形論証支援システムの開発と評価

### Development and Evaluation of Interactive Learning System of Math Graphic Demonstration Problems by Bidirectional Reasoning Support with Structural Diagram

竹森 賢<sup>\*1</sup>, 室田 真男<sup>\*2</sup>  
Ken TAKEMORI<sup>\*1</sup>, Masao MUROTA<sup>\*2</sup>

<sup>\*1</sup>東京工業大学 理学部情報科学科

<sup>\*1</sup>Department of Information Science, Tokyo Institute of Technology

<sup>\*2</sup>東京工業大学 リベラルアーツ研究教育院

<sup>\*2</sup>Institute for Liberal Arts, Tokyo Institute of Technology

Email: takemori.k.aa@m.titech.ac.jp

**あらまし**：全国学力・学習状況調査 報告書(中学校 数学)の中で、毎年正答率が低く改善が必要とされるのが図形論証の単元を記述形式で扱った設問である。改善方針を読み解くと「前向き推論ストラテジー」「後ろ向き推論ストラテジー」を修得させることが提示されており、本研究はこれらを修得させ、図形論証の記述式問題を解けるようにすることを目的とする。そのために、システム上で構造図と呼ばれる演繹的推論の流れを可視化するツールを用いて、推論を誘導する質問、フィードバックを提示することでストラテジーのトレース学習を行い、その後自身で構造図、記述解答を書き、定着の確認、練習を行うような教授方法の提案を行う。提案する教授方法を公立中学校の中学2年生12名を対象に実践しその効果を検証したところ、全体として記述式問題の点数が有意に向上した。特に上位層は「筋道立てて考え、証明する力」の定着による点数向上、中位層、下位層はストラテジーの初動、知識の定着、意欲の向上による点数向上が見られた。

**キーワード**：数学教育、知的CAI、構造図、推論ストラテジー

#### 1. はじめに

毎年度、文部科学省 国立教育政策研究所は小中学生を対象に全国学力・学習状況調査を行っている。その報告書(中学校 数学)の中で課題があるとされている問題の一つに図形論証の記述式問題がある。昨年度はB□4(1)で出題されており、正解率30.0%、未解答率21.8%と、課題のある状況である。出題の趣旨は「筋道立てて考え、証明することができるかどうかを見る。」と記述されており、その力の不足がよって正答率の低さを招いていることが分かる。

報告書は改善の方針を提示しており、記述されている内容を読み解くと、分かっている事象を整理しそれらから何が言えるかを考える「前向き推論ストラテジー」、結論など導きたい事象を言うために何が言えればいいかを考える「後ろ向き推論ストラテジー」の両方の習得をさせることを目指していることがわかる。これらを「事柄が成り立つ理由を筋道立てて考えたりする活動」を取り入れ、習得させることが大切であると述べている。本研究では、この活動の一例として「構造図」「コンセプトマップ」など証明の演繹的思考の流れを可視化するツールの利用を考えた。

#### 2. 先行研究

長谷川、三輪(2004)はコンセプトマップを用いて論証のしくみを理解させ、その中で後ろ向き推論(解

析的思考)を活用した考え方を身につけさせるような授業モデルの提案、調査、その評価を行っている。その結果、実験群のほうが統制群に比べ、縦の転移問題(応用問題)において有意に向上していることがわかった。生徒を上位層、中位層、下位層に分けたこと上位層の既習問題、中位層の縦の転移問題に実験群に有意傾向が見られた。また、ストラテジーの習得と記述式問題の点数には相関関係があることも明らかになった。

この授業モデルの問題点として筆者は、教員と上位層が中心となって授業を進行してしまい、中位層、下位層の生徒は適切なフィードバック(FB)を受けない可能性を考えた。それが中位層、下位層の既習問題や横の転移問題(授業レベル相当問題)に有意差が出ていない原因なのではないかと考えた。

#### 3. 本研究の目的と概要

本研究の目的は「筋道立てて考え、証明する力」を身につけさせ、図形論証の記述式問題を解けるようにすることである。その手法として、構造図を用いた活動と個人への適切なFBの両立を可能にするため、知的CAI(Computer Assist Instruction)のような教授方法の提案を行う。教授は以下のように進行する。①システムが構造図を利用しながら推論に関する質問を提示し、それに対する生徒の解答にFBを返しストラテジーの誘導を行い、生徒は「両向き推

論ストラテジー」による解答方法のトレースを行う。  
②その後、生徒は再生課題として構造図を自力で作成することで、ストラテジーが身につけているかを確認、練習を行う。

システムは図1のような構成である。構造図作成エリアの要素ボタンをクリックすることで、質問エリアに推論に関する質問が表示され、その質問と生徒の解答に対するFB、その場面で行うべき手順の提示によって推論の流れを誘導する。知識の不足についてはヒントエリアをクリックするようにFBが与えられ、また自由にヒントを参照することもできる。そしてシステム使用后、構造図の要素が整列した画面を見ながら自力で構造図を作成する。

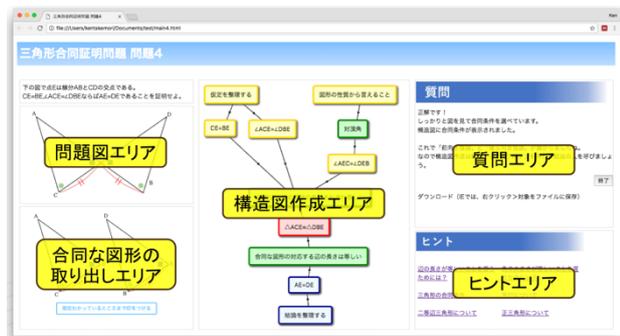


図1 システム概要

#### 4. 評価

##### 4.1 評価方法

提案する教授方法を図形論証について学習中の公立中学校の中学2年生12名を対象に効果検証実験を行った。1.事前テスト(穴埋め式、記述式問題)と事前アンケート(数学、証明に対する意識調査) 2.提案する教授方法を3回に分けて計2時間半 3.事後テスト(穴埋め式、記述式問題)と事後アンケート(意識調査、両向き推論と教授活動全体の評価)の順に行った。

評価は事前テストから事後テストへの点数推移、システム利用履歴と事後テストの点数の関係、アンケートからみる教授活動全体の評価で行う。

##### 4.2 事前テストから事後テストへの点数推移

事前テストと事後テストの穴埋め式、記述式問題の点数に wilcoxon の符号付順位和検定を行うと、穴埋め式問題は有意に向上傾向(+  $p < 0.10$ )、記述式問題は有意に向上(\*\*  $p < 0.01$ )したことがわかった。効果量は、 $d_{穴埋め式} = 0.499, d_{記述式} = 0.838$ であることから知識を測る穴埋め式問題よりも、知識に加えて筋道立てて考え、証明する力を測る記述式問題に効果があったことが分かる。

また事前テストの結果によって生徒を上位層(4名)、中位層(5名)、下位層(3名)に分け、各層への効果について検討した。上位層は穴埋め式問題の点数は横ばい、記述式問題の点数は大幅に向上し、ほぼ

全員が記述証明を最後まで解答できるようになった。構造図もよく書けるようになったことも考慮すると、「筋道立てて考え、証明する力」の向上によって記述式問題の点数が向上したことが分かる。中位層、下位層は穴埋め式、記述式問題共に点数が向上した。この記述式問題の点数向上は生徒の解答を見るとストラテジーの初動、知識の定着による点数向上であることが分かる。またアンケート結果から記述式問題への意欲の向上の影響もあることがわかった。

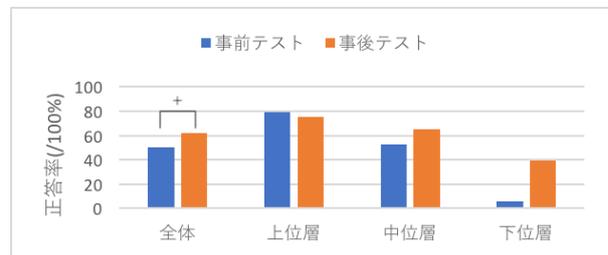


図2 穴埋め式問題 正解率推移

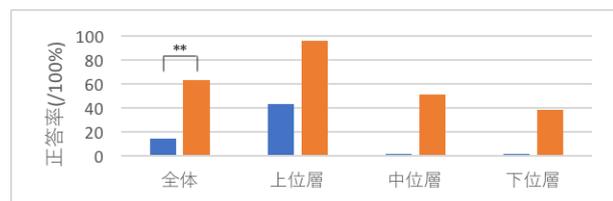


図3 記述式問題 正解率推移

##### 4.3 アンケートからみる教授活動全体の評価

アンケートは全て1低評価-5高評価の5件法で調査を行った。両向き推論の「理解」「システム内で活用」「今後の活用」については全員が3-5を解答しており、概ね高評価であったことがわかる。しかし「活用による解決見通し」に対しては低評価をつける生徒もおり、両向き推論ストラテジーの有用性の伝達に課題の残る結果となった。また、「システムの使用しやすさ」についてはFBや図への色つけ機能による高評価も見られたが、一方使いづらいという意見も見られ、ユーザーインターフェイスの改善が今後の課題として浮き彫りとなった。

#### 5. まとめ

構造図を用いて両向き推論を支援するシステムを開発し、それを使った教授方法の提案、実践、評価を行った。その結果、「筋道立てて考え、証明する力」の向上や、知識の定着、意欲の向上によって記述式問題の点数向上が見られた。

##### 参考文献

- (1) 文部科学省 国立教育政策研究所: “平成 28 年度全国学力・学習状況調査 調査問題”(2016)
- (2) 文部科学省 国立教育政策研究所: “平成 28 年度全国学力・学習状況調査 報告書 中学数学編”(2016)
- (3) 長谷川勝久, 三輪道正: “コンセプトマップと解析的思考を用いた図形の論証指導”, 日本数学教育学会学会誌, 第 86 巻, 第 3 号, pp.2-11 (2004)