

三角形の合同証明問題における学習支援システムの構築

－「なぞる」行為を通して－

渋谷 直樹[†] 時井 真紀[‡]

筑波大学 情報学群 知識情報・図書館学類[†]

筑波大学 図書館情報メディア系[‡]

1. 研究背景

近年の中等教育における数学科の授業では、「ICT 教育」が推進され、デジタル教材を用いて学習する機会が増えている。その一方、数学を得意とせず、楽しさを感じられていない生徒は毎年多い。それは特に図形の性質を理解できず、辺や角の関係を式や言葉で表現できないことが、一つの原因なのではないかと考えた。

先行研究では、条件式をもとに図形を整形し色づけする機能^[1]や、図形の輪郭をなぞることで、形状把握の理解促進に繋げるシステム^[2]がある。また、結論から前提条件を明らかにする手順を取り入れた合同証明システム^[3]も開発されている。

そこで、本研究は三角形の合同証明に特化し、中学生に数学的理解や楽しさを提供することを目的とした学習支援システムの構築をしようと考えた。独自の証明手順をもとに、タブレット端末上の画面を一貫して「なぞる」行為のみですべて答案を完成することができる仕様とした。三角形の色づけによる視覚化、図形内の等しい辺や角の関係の記号化、関係式への自動変換を通して、証明プロセスの言語化をサポートする。また、適切な指示と間違いに気づける振り返り機能を搭載し、何度でも繰り返して学習できることを可能にした。

2. システム概要

図 1 はシステムを起動した際の開始画面である。黄色が問題文、左上には図形が表示されている。青色のふきだしで各手順で操作する指示を出し、間違えてなぞってしまった場合はオレンジ色の振り返り欄で、アドバイスとともに履歴が残る。

Designing of the Learning support system in Triangle congruence proof problem -Through the move of "Touching"-
†Naoki SHIBUYA

Collage of Knowledge and Library Science, School of Informatics, University of Tsukuba

‡Maki TOKII

Faculty of Library, Information and Media Science, University of Tsukuba

ピンク色は証明のフォーマットが穴埋め形式になっており、手順に従って図形の辺や角などを正しくなぞっていくと、自動でフォームに値が入力される。各エリア間での連動を見ながら、客観的に学習することができる。

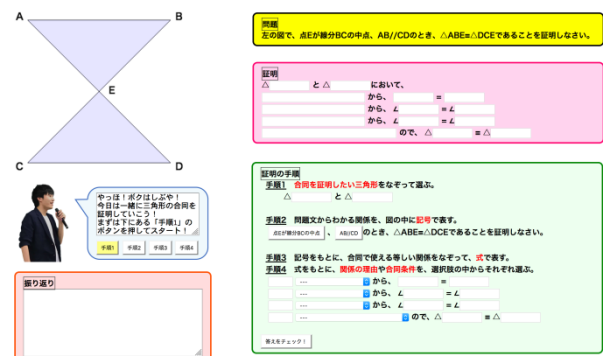


図 1 システム起動時の開始画面

緑色は証明手順を示してある。今回提示する手順は演繹的な解法で、以下 4 ステップである。

- ① 合同を証明したい三角形をなぞって選ぶ。
- ② 問題文からわかる関係を図中に記号で表す。
- ③ 記号をもとに、合同に使える関係式で表す。
- ④ 関係の根拠や合同条件を選択肢から選ぶ。

以上の手順を踏まえ、システムを使い進めて解答していくと、図 2 のように証明が完了する。

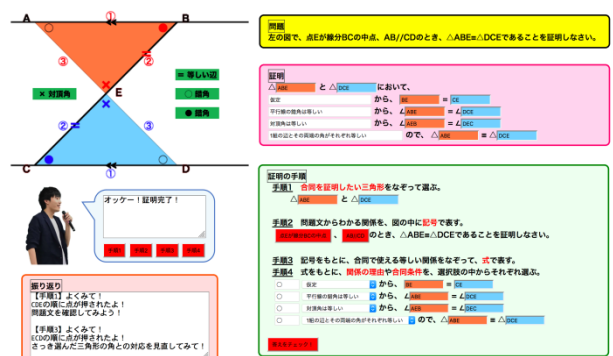


図 2 証明完了画面

3. 結果および考察

中学2年生17名を対象に、本システムの利用前後に同じ問題でペーパーテストを実施した。生徒の集中力を考慮し、妥当性の高い辺や角の性質を多く用いる1題に絞り、各5分で解答してもらった。システムの使用は証明完了に2回到達するまでとした。図3はシステム利用時の生徒の様子である。テストは証明フォーマットと同じ穴埋め形式で、それぞれに配点を施した。

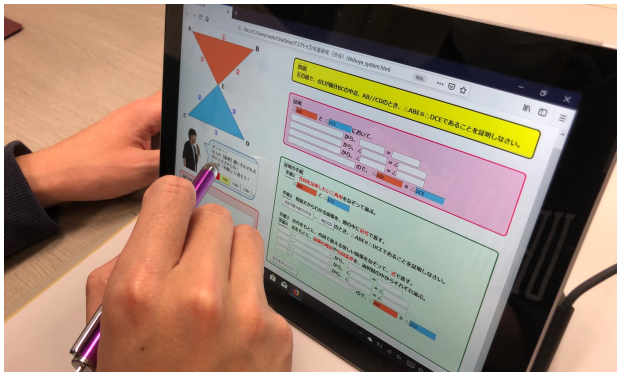


図3 システム利用時の様子

結果として、本システムの利用後において、テストの得点を下げた生徒は17名のうち1人もいなかったことから、一定の理解が得られた。詳しく見てみると、事前テストで得点率が50%に満たない生徒は事後テストで80%を超えるほどの成長がみられたものの、成績中間者にとっては80%を超えるような例はわずかで、得点の変化がみられなかった。つまり、本システムは比較的低学力層の生徒たちに有効であったといえる。各手順に対応した得点の伸びを調べてみると、手順3に相当する式への変換は改善されたが、手順2の記号を書き込む作業を実践した生徒はほとんどおらず、強く意識づけられなかった。各生徒で振り返り欄での間違っただけの回数を数えてみたところ、突出して何度も間違えてしまった箇所は事後テストの得点に反映されなかった。かえって無暗になぞってしまったことにより、意識的に正しく身につけなかったという弊害も生まれてしまった。

実験後のアンケート結果では「手順や指示のわかりやすさ」が特に一番高い評価を受けた。手順を限定し、マニュアル化を図ったことで、順序立てて考えることができたと考えられる。また、話し言葉口調で問かけけるような指示を意識したことで、親しみをもちリラックスした状態で学習に臨むことができたのではないかと。一方、システムの改善した方がよい点として、

「一定の答えでないと反応しない」「なぞって学習するよりも動画の方がよい」という意見も数人から挙げられた。

4. 結論

数学的理解の観点でいえば、テスト結果から大幅な得点の向上がみられたことにより、証明問題を解く理解を深めるには効果的であったと考える。直感的でスムーズな操作による学習を実現させたことが、学習効果を生む成功要因の一つとなった。しかし自動化することにより、本質的な理解に繋がったかについては不透明な部分も多く、長期的な学習観察は必要である。また、時間経過に伴い、正解を導けた可能性もあるとして、さらに綿密な分析が求められる。

数学の楽しさや興味関心の向上については、アンケート調査で高評価を得流ことができた。システム利用時の様子を見ても、目を輝かせてタブレット上で遊ぶような感覚で学習する姿が大変印象的だった。操作する楽しさもあるが、学習理解することで得られる好奇心の育成こそ喫緊の課題である。

5. 今後の展望

図形証明は学習者の論理展開を伝えるためのメッセージであり、生徒の自由な発想や解法を促進するような設計を考えなければならない。また、動画や音声などを用いた聴覚的指示や、学習者に対して、何らかのインタラクションを与えるような工夫の必要性を実感した。

教育現場への導入を視野に入れた展望では、個人で学習するだけではなく、グループ学習やアクティブラーニングに貢献するような改良を進めることである。本システムの醍醐味である何度も繰り返し解けることや、振り返りながら学習できることを生徒同士で共有していけば、コミュニケーションを利用した言語的活動へと展開することが可能である。

6. 参考文献

- [1] 末広 美幸, 加藤 直樹, 中川 正樹. “中学数学教育を支援する図形と式の連携機能の試作”. 情報処理学会第66回全国大会.
- [2] 光永 法明, 岡田 隆. “なぞるインタラクションを模擬する第三角法習得補助教材”. 情報処理学会インタラクション2018.
- [3] 隠田 亮介, 平井 佑樹, 金子 敬一. 「後ろ向き推論」支援による三角形合同証明問題のための学習システム. 研究報告コンピュータと教育(CE). 2014, 2014-CE-124(13), p. 1-8.