

# 証明問題解決支援システムにおけるカード群の自動生成 - 正解カードと証明文の生成 -

## Automatic Generation of Cards in an Interactive Environment of Proof Questions - Correct Cards and Proof Sentences -

金沢 萌実<sup>\*1</sup>, 倉山 めぐみ<sup>\*1</sup>  
Moemi KANAZAWA<sup>\*1</sup>, Megumi KURAYAMA<sup>\*1</sup>

<sup>\*1</sup> 函館工業高等専門学校

<sup>\*1</sup>National Institute of Technology, Hakodate College  
Email: 16702@hakodate.kosen-ac.jp

**あらまし:** 既に我々はカード選択方式を用いた証明問題解決支援システムを開発している。本システムは学習者に証明問題を与え、カードを取捨選択して解答させる。その後正誤判定をし、結果を学習者に示す。しかしこのシステムではカードを追加する際にデータベースを手動で操作する必要がある。そこで本研究ではカード群の自動生成を追加したシステムの提案をする。システムに証明の構造を与え、構造から仮定・条件・結論を解析し、カード群を自動生成した。

**キーワード:** 証明問題, カード群, 自動生成, 論理的思考力

### 1. はじめに

近年、論理的思考力に注目が与えられている<sup>(1)</sup>。その理由として、就職や進学における面接の場など、論理的に考え表現する場が増えたことが考えられる。これを育成するものとしてプレゼンテーションや作文などがあるが、その中に証明問題の解決があげられる。証明問題は他の方法とは異なり、与えられた問題に対して既に分かっている事柄（仮定や条件）から分かってほしい事柄（結論）を導くものであり、論理的に順序立てて考えていくことができることから、論理的思考力を育成しやすいと考えている。

この考えを基に、カード選択方式を用いた証明問題解決支援システムが開発されている。しかし現在のシステムでは、一つの証明問題に対して問題文、証明文、カード群などのデータをファイルとして管理している。このためカード群を追加するためには、システムのデータベースを直接人の手で追加する必要がある。

本研究では、前述のような手間を省くように、そして学習者に適した学習を進められるように現在のシステムにカード群の自動生成を追加したシステムを提案する。

### 2. システム概要

カード選択方式を用いた証明問題解決支援システム<sup>(2)(3)</sup>の実行画面を図1に示す。システムが起動するとまず学習者は表示された問題文を読み、ランダムに配置されたカード群からカードを取捨選択し、証明部分の空欄にマウスのドラッグアンドドラッグで移動させて当てはめていく。空欄を全て埋めて解答ボタンを押すとシステムは正誤判定を行い、正解の場合は正解メッセージを、不正解の場合は不正解メッセージを表示する。その後、正解の場合は次の

問題へボタンか終了ボタンを選択でき、次の問題へボタンを押すと次の問題を表示し先に述べた順序で学習者は問題を解いていく。終了ボタンを押すとシステムは終了する。不正解の場合は元の問題へボタンより、カードを選択する画面へ戻る。

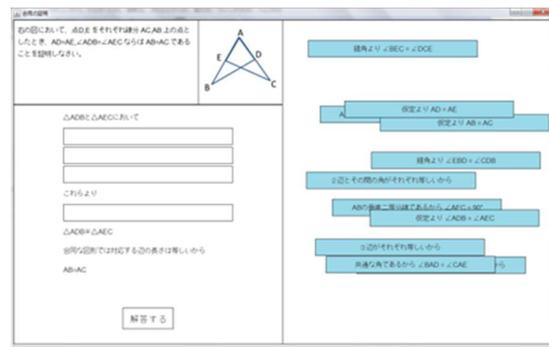


図1 システム画面

### 3. 正解カード群自動生成

システムが起動し問題を表示する前にカード群自動生成処理を加えることで実現を図る。まず証明問題の構造から仮定、証明の合同、結論のそれぞれの型に当てはめた配列に格納する。この配列を基にして正解カードを生成する。

自動生成法としては、まずあらかじめデータベースにその問題の構造を追加する。証明問題では証明文の形式が決められており、問題文や問題の図形から仮定を得て条件を導き出し、そこから合同を証明し、結論を導く形となっている。今回取り上げる三角形の合同証明では、二つの三角形において、仮定、条件、合同、結論の五つの要素から成り立っている。今回取り上げる三角形の合同証明の構造を図2に示

す。上から順に一段目はその仮定がどこから得られたものなのか、二段目は実際の仮定、三段目は合同、四段目は結論をそれぞれ表しており、丸は要素を、線は要素と要素の繋がりを表している。これらを図の位置関係が崩れないように二次元配列の形でデータベースに格納する。そして問題に適した構造の読み出しを行う。

次に仮定カードを生成する処理を行う。一段目に要素がある場合は二段目と文字列結合をし、一段目が空白の場合は問題文より得られるものと判断し「仮定より」と文を加えて二段目と結合する。

次に条件カードを生成する処理を行う。条件は構造には含まれていないため、二段目の仮定から角を探索して見つけたらカウントしていき、角の数が 0 個なら「3 辺がそれぞれ等しい」のように角の数によって三角形の合同条件を二次元配列に格納する。

最後に合同と結論カードの生成だが、これらは構造で与えられているので抜き出してそのまま二次元配列に格納する。そして配列に格納したそれぞれの仮定と条件、合同、結論をカードにセットすることにより処理は終了する。

また、これらのカードは一つの二次元配列の中に格納されているため、例えば条件にはその条件を導くために用いた仮定の情報を、結論には条件の情報を付加情報として見ることができる。このことからカードが何を示しているかをより明確にしている。

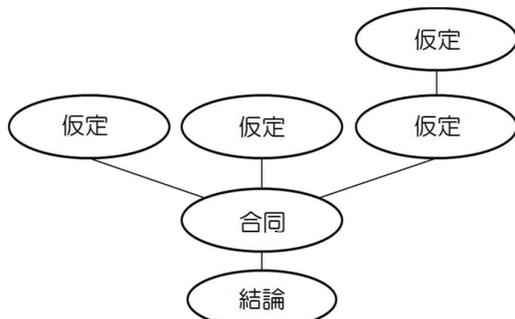


図2 三角形の合同における構造

#### 4. 証明文自動生成

証明文は二つの三角形において、仮定、これらより、条件、三角形の合同、合同な図形では対応する辺または角は等しいから、結論の形で書かれる。

今回のシステムで扱う証明文においては、問題によって変化する二つの三角形において、三角形の合同、合同な図形では対応する辺または角は等しいから、結論の部分に以下のように処理を加える。

二つの三角形においてでは、データベースにあらかじめ配列として一括で追加しておき、その問題に応じてデータベースから読み出すことで生成する。

また三角形の合同と結論では、カード群自動生成の際に用いた構造のデータベースから合同と結論の部分それぞれ読み出し、配列に格納することにより生成する。

合同な図形では対応する辺または角が等しいでは、構造のデータベースから結論の部分を読み込み、角の数を探索しカウントする。角の数が 0 個であれば辺、角の数が 1 個であれば角を含んだ文章を配列に格納する。以上より証明文が生成される。

#### 5. 自動生成を追加したシステムの実装

先に述べた正解カードと証明文の自動生成を現在のシステムに追加して実装を行った。実際の実行画面を図3に示す。

実装前のシステムである図1と比較して、画面左側の証明文の表示が変わらないことを、さらに画面右側のカード群では正解カードが生成されていることを確認できた。正解カードは仮定カードの3枚と条件カードの1枚が正しく生成された。

以上のことから、構造と二つの三角形においての文をデータベースに追加しておくことで、構造と証明文のファイルを作成する手間が省けたと言える。

#### 6. まとめ

今後の課題として、ダミーカードの自動生成を実装できなかったため、問題の画像から辺や角として存在し得るもので且つ正解と被ることのないダミーをカードとして生成することが挙げられる。

さらに、実際にシステムを利用した実験を行い、学習者に適した学習が進められるかを調査することが挙げられる。

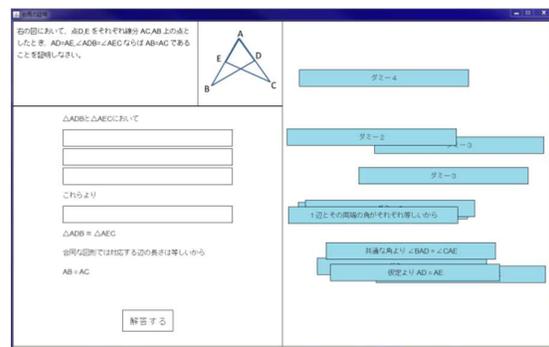


図3 自動生成を追加したシステム画面

#### 謝辞

本研究は JSPS 科研費（若手研究 B）1563572 の助成を受けたものである。

#### 参考文献

- (1) 清水宏幸: “全国学力・学習状況調査の結果にみる中学校数学科の指導上の課題—記述式問題に焦点を当てて—”, 日本数学教育学会誌, 第 94 巻, 第 9 号, pp.38-41 (2012)
- (2) 嶋田秀斗, 倉山めぐみ: “証明問題解決支援システムのためのデータベース構築”, 教育システム情報学会 2014 年度学生研究発表会予稿集, pp.7-8 (2015)
- (3) 倉山めぐみ: “カード選択を利用した証明問題解決支援システムの開発”, 2015 年度人工知能学会全国大会論文集, IE4-OS-11a-3 (2015)