

証明問題解決支援システムにおけるダミーカードの自動生成

Automatic Generation of Dummy in Interactive Environment of Proof Questions

長野 大智^{*1}, 倉山 めぐみ^{*1}

Daichi NAGANO^{*1}, Megumi KURAYAMA^{*1}

^{*1}函館工業高等専門学校

^{*1}National Institute of Technology, Hakodate College

Email: naganodaichi1109@gmail.com

あらまし：近年、自分の考えを論理的に伝える能力が求められる機会が増えている。その能力を向上させるための一つの手段として証明問題を解くことが挙げられる。私たちが開発した証明問題解決支援システムでは、学習者が単文が書かれたカードを取捨選択して証明を完成させ、システムが正誤判定を行い、結果を学習者に返している。しかし、これらのカードの中には不正解のカード（ダミーカード）が含まれている。このシステムに新しい問題を追加しようとする時、その問題に適したダミーカードを考える必要がある。本研究では、新しい問題を追加する際の無駄な時間を省くために、証明から読み取ることのできる特徴で問題を分類し、その分類に基づいてダミーカードの自動生成を行った。

キーワード：証明問題、ダミーカード、自動生成

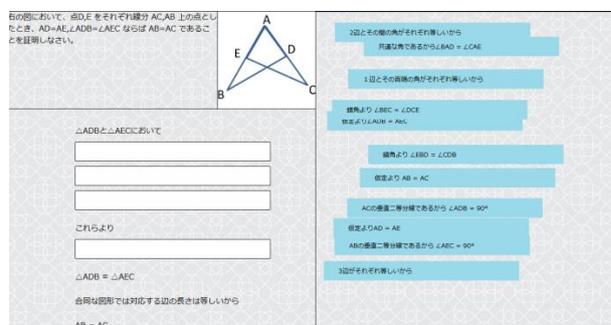
1. はじめに

近年、論理的思考力が注目されており⁽¹⁾、プレゼンテーションや作文などの論理的思考力の向上に有効な方法の一つに証明問題の解決がある。証明問題では、プレゼンテーションや作文とは異なり、提示された問題に対して問題文や図で与えられている仮定や条件から結論を導く。すでに分かっていることから証明したい事柄を論理的に順を追って考えていくため、証明問題の解決は他の方法と比べ、特に論理的思考力を育成しやすい方法であると考えられる。三角形の合同証明問題を例にすると、問題文と提示された図形から仮定部分を考え、適する合同条件をもとに三角形の合同を証明するという一連の過程を通じて論理的思考力を養うことができる。そこで、証明問題の解決を行う支援システムの開発を行っている⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾。既存のシステムではカード選択方式が導入されており、学習者は問題文を読み、正解カードと不正解カード（ダミーカード）が含まれるカード群から正解と思われるカードを選択して解答し、システムが正誤判定を行い、学習者に正誤を返している。しかし、現状のシステムではシステム管理者が問題ごとに問題の内容に適したダミーカードを考え、手動でダミーカードを用意する必要がある。本研究では、システムに用意する問題数の拡張作業の円滑化を目的として、仮定や条件といった証明を進めるうえで重要となる情報を読み取ることのできる証明文に注目し、ダミーカードの自動生成方法の提案と実装を行った。

2. システム概要

システム⁽⁴⁾を起動すると図1に示す問題画面が表示される。学習者は問題文を読み、カード群から正解と思われるカードを選択し、証明文中の空欄に配

置する。空欄がすべて埋まった後に「解答する」ボタンを押すと正誤判定が行われ、正誤に応じて正解、不正解画面に遷移する。正解画面では解答を終了するか次の問題を選択することができ、不正解画面ではどの部分を間違えたのかが表示され、「戻る」ボタンを押すことで元の問題に戻ることができる。



3. ダミーカードの自動生成

本研究では、システム管理者が問題を追加する際にダミーカードを手動で追加する手間を省くために、証明文の特徴に注目して問題を分類し、問題と同グループに属する別の問題の正解カードをダミーカードとして自動生成する方法を提案し、実装する。

3.1 問題の自動生成

合同証明問題の証明文から読み取ることのできる特徴として以下の二つが挙げられる。

- ① 合同条件の特徴
- ② 仮定部分の特徴

合同条件の特徴は、「三辺が等しい」、「二辺とその間の角がそれぞれ等しい」、「一辺とその両端の角がそれぞれ等しい」のうち、証明文中で用いられてい

るものが選択される。

仮定部分の特徴は、まず証明文中の仮定部分を「共通な〇〇なので」、「図形の性質」、「その他」の三種類に分けて考えた。仮定部分に正三角形、二等辺三角形、正方形、平行四辺形のうちのいずれかの単語が含まれていた場合は、仮定部分の特徴としてそれぞれの「図形」を、上記の単語が含まれておらずなおかつ「共通な」という単語が含まれていた場合は「共通」を、それ以外の場合は「その他」を仮定部分の特徴として選択する。

3.2 問題の分類について

問題の分類は前節で示した証明文から読み取ることのできる問題をもとに行われる。以下図2に示す問題を例にして考える。

合同条件の特徴は、証明文中の合同条件から「二辺とその間の角がそれぞれ等しい」が選択される。仮定部分の特徴は、仮定部分に「正方形」という単語が含まれているため「正方形」が選択される。これら二つの特徴をもとに、この問題の問題番号が待ち行列 Cardpool に格納される。Cardpool の仕様は図3に示す。

図2の合同条件および仮定部分の特徴より、index1 は1が、index2 は2が選択され、Cardpool に格納される。同様の操作をシステム起動時に全ての問題に対して実行し分類する。

問題番号 6

図で点E、Fは正方形ABCDの対角線BD上にありDE=BFとなっている。このとき、AE=CFであることを証明しなさい。

証明：
△ADEと△CBFにおいて

仮定より	DE=BF	仮定部分
正方形の辺はそれぞれ等しいから	AD=CB	
正方形の角はそれぞれ等しいから	∠ADE=∠CBF	

よって、

二辺とその間の角がそれぞれ等しいから	△ADE=△CBF	合同条件
--------------------	-----------	------

合同な図形では対応する辺の長さは等しいから
AE=CF

図2 問題例 1

Cardpool[index1][index2][index3]

index1—合同条件の特徴

- 0：三辺が等しい
- 1：二辺とその間の角がそれぞれ等しい
- 2：一辺とその両端の角がそれぞれ等しい

index2・・・仮定部分の特徴

- 0：正三角形
- 1：二等辺三角形
- 2：正方形
- 3：平行四辺形
- 4：共通
- 5：その他

index3・・・要素番号 (0から100まで)
問題番号が格納される

図3 Cardpool の仕様

3.3 ダミーカードの自動生成

問題画面に表示する証明文を生成する際に問題の

合同条件の特徴と仮定部分の特徴を読み取り、その特徴に応じて Cardpool から問題番号を取り出し、取り出した問題番号に対応する問題の正解カードをダミーカードとして生成する。例えば、図4では合同条件の特徴が「二辺とその間の角がそれぞれ等しい」であり、仮定部分に「正三角形」が含まれるため仮定部分の特徴は「正三角形」である。そのため、index1 は1が、index2 は0が選択され、Cardpool から問題番号を取得する。

図のように、線分AB上に点Cをとり、AC, CBをそれぞれ1辺とする正三角形ACDと正三角形CBEを、線分ABについて同じ側に作る。このとき、AE=DBとなることを証明せよ。

証明：
△ACEと△DCBにおいて

仮定より	AC=DC	仮定部分
仮定より	CE=CB	
△ACDと△CBEは正三角形なので	∠ACE=∠DCB=120°	

よって、

二辺とその間の角がそれぞれ等しいから	△ACE=△DCB	合同条件
--------------------	-----------	------

合同な図形では対応する辺の長さは等しいから
AE=DB

図4 問題例 2

4. まとめ

現在のシステムにはひし形や円といった図形の性質を用いた証明問題は存在しないが、今後のシステム拡張の可能性を考え、仮定部分にそれらの特徴を読み取ることができた場合の操作を追加する必要がある。また、本研究はシステム管理者側の問題追加時の手間を省くことを目的としたが、証明問題解決支援システムとしての有用性を高めるために不正解時の解答者への支援や、解答者のレベルに応じてといった改良を加えていきたい。

謝辞

本研究は、公益財団法人マツダ財団助成金、JSPS 科研費 (15K16109, 20K12118) 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) Megumi Kurayama, “Developing a Geometric Proof Problem-Solving Support System Utilizing Card Selection”, Proc. of ICCE2017, pp. 110-112(2017)
- (3) 吉原直輝, 倉山めぐみ, 中学数学の図形における証明問題解決支援システムの提案, 教育システム情報学会 2018 年度学生研究発表会, pp.5-6(2018)
- (4) 倉山めぐみ, 単文カードを利用した証明問題解決支援システムの開発とその利用, 電子情報通信学会信学技報, vol. 119, no. 468, pp. 99-102(2020)