

## 証明問題解決支援システムの利用実験

## Utilization Experiment of Interactive Environment for a Proof Question

中村 香織\*, 浜本 風化\*, 倉山 めぐみ\*  
Kaori NAKAMURA\*, Fuka HAMAMOTO\*, Megumi KURAYAMA\*

\* 函館工業高等専門学校

\* National Institute of Technology, Hakodate College

Email: nakamura.kaori.hnct@gmail.com

**あらまし** : 著者らは、カード選択方式を利用した証明問題解決支援システムの開発を行っている。本システムでは、与えられた問題とカード群から学習者がカードの取捨選択を行い、証明問題を完成させる。完成した学習者の解答に対して、本システムが診断を行い、学習者にフィードバックを返して学習を行う。本研究では、本システムを利用して、高専生に対して行った利用実験の結果について報告する。

**キーワード** : 証明問題解決支援システム, カード選択方式

### 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。一方で、その力を育成するための場については変化があるとはいえない。論理的思考力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げられるが、その中に、証明問題の解決もあげられる。証明問題は、プレゼンテーションや作文とは異なり、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、仮定、条件、結論などが既に与えられているのである。そのため、他の方法に比べ、論理的思考力を育成しやすいと考えている。様々な証明問題の中で、最初に学習するのが図形の証明問題であり、その中でも基本となるのが、三角形の合同の証明である。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<sup>[2,3]</sup>。そこで本研究では、高専生に対してその証明問題解決支援システムを用いた利用実験を行い、本システムが教育支援に有効であることの確認を試みた。

### 2. 学習方法

既存の証明問題の出題方式には、「記述式」「穴埋め式」がある。記述式は、学習者が証明部分をすべて自分で考え記述する方式である。そのため、初学者にとって困難ではあるが学習効果は非常に高い。穴埋め式は、証明問題の一部分を空欄にし、そこに学習者が式や文字を入力する方式である。初学者にも易しいが、空欄の前後を読むだけで解けてしまうこともあるため学習効果が上がらなくなるという欠点がある。記述式と穴埋め式は、「難易度」と「学習効果」の2点で大きく差がある。したがって、証明問題の学習を段階的に行えるようにするために、この2つの方法の中間に位置する学習方法である「カード選択方式」を採用した。カード選択方式は、単文が書かれたカードを空欄に当てはめていく方式の

ことである。この方式は仮定や条件など問題文から読み取れる部分だけを空欄にすると、穴埋め式に近い。記述式ほど難解ではなくなり、初学者にも取り掛かりやすい。また、空欄の数を増やすことによって文章の構成を考えることを要求されるので、穴埋め式よりも記述式に近い出題形式になる。つまり、問題の難易度を上下させることができるのがカード選択方式の利点である。

### 3. 提案システム

提案するシステムの画面を図1に示す<sup>[2]</sup>。システムが起動すると画面上に問題が表示され、右側のカード群から左下の証明の空欄部分にカードをドラッグアンドドロップで移動させ空欄を埋めると解答ボタンが押せるようになり、解答ボタンを押すことでシステムが正誤判定を行うものとなっている。このシステムを使った学習の流れは、学習者が画面左上の問題文を読み、カード群からカードを取捨選択し、左側証明部分の空欄に当てはめていく。空欄をすべて埋めて解答ボタンを押すと、システムが正誤判定を行い、正解の場合は「正解です」というメッセージを、不正解の場合は「不正解です○枚目のカードが間違っています」というメッセージを表示する。正解の場合メッセージウィンドウを閉じた時点で問題を終了する。不正解の場合はウィンドウを閉じても問題は終了せず、カードを選択する場面に戻る。

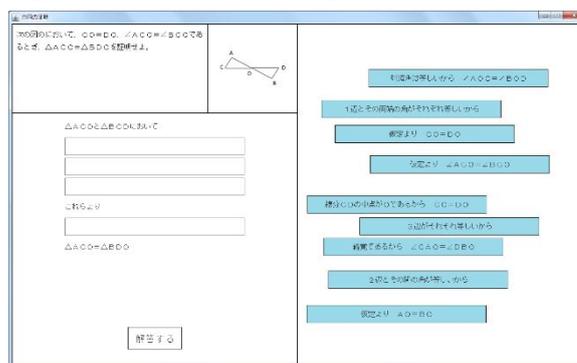


図1 システム画面

## 4. システムの利用実験

### 4.1 方法, 対象

高専3年生の学生, 計9名に対して, システムを利用してもらう実験を行った. 実験でははじめに5分間のプレテストを行った. 問題数は穴埋め式1問, 記述式2問であり, どれも基本的な問題を出題した. 仮定3つ, 合同条件1つを採点対象とし, 各4点, 計12点満点として採点した. 次に, システムを用いて15分間学習を行ってもらった. 本実験において, システムには中学生の教科書に記載されているレベルに相当する問題7問を登録しており, 仮定と合同条件のみが空欄となっている. 続いて, ポストテストとして, プレテストと同様の設定でテストを実施した. 最後に表1に示す内容について3段階で評価するアンケートを実施した.

表1 アンケート項目

数学について	
Q1	数学が好きですか?
Q2	証明問題の解き方は覚えていましたか?
学習内容について	
Q3	問題は簡単でしたか?
Q4	論理的に問題に取り組めるようになりましたか?
システムについて	
Q5	システムを使った学習は楽しかったですか?
Q6	またこのシステムを使ってみたいですか?
Q7	操作はしやすかったですか?
実験全体について	
Q8	意見や感想などがあれば自由にお書き下さい.

### 4.2 結果

表2にテストの結果を示す. Mann-WhitneyのU検定で両群の成績を比較したところ, 有意水準5%のもとで有意な差があると認められた ( $U=67.5$ ,  $p=0.17$ ). このことから, 本システムの利用によって証明問題に対する理解が深まり, 点数が伸びたと考えられる.

次に, 図2にアンケートの結果を示す. この結果から, このシステムを使った学習自体は楽しく, また論理的に問題に取り組めるようになった学生の割合は多いことが分かる. 一方で, このシステムを使って再度学習したいと考えている学生の割合は少ない. 以下に, Q8の回答の一部をまとめる.

- ・解答を順不同にしてほしい.
- ・図に書き込めるようにしてほしい.

このように, ユーザインターフェース面に対する指摘が多かった. 現状のシステムでは, 選択しているカードは合っても順番が規定通りでなければ正解とはならない. このようなシステムの煩雑さがこのシステムを用いた学習に対する意欲を削いでいると思われる.

表2 テスト結果

	プレテスト	ポストテスト	
試験成績	4点	1人	0人
	~		
	8点	2人	0人
	9点	1人	1人
	10点	4人	2人
	11点	1人	0人
12点	0人	6人	
平均点	8.89	11.22	

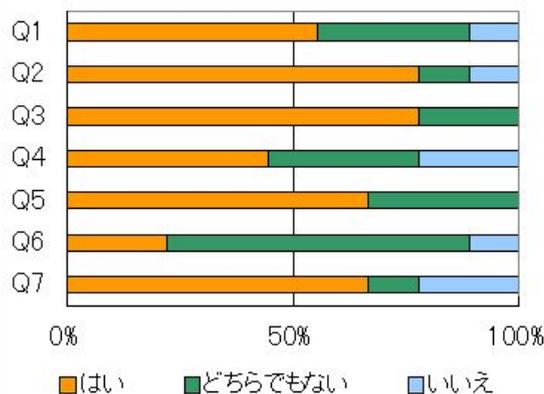


図2 アンケート結果

## 5. まとめ

本研究では, 証明問題解決支援システムを用いた利用実験を行った結果, システムの使用前後でテストの平均点が有意に上昇したことから, その有用性を確認することができた. このシステムの継続的な使用によって, 証明部分ひいては論理的な思考能力の向上が期待されるが, 一方でシステムの使いにくさが指摘された. タブレット端末であることを活かし, 図に直接書き込めるようにするなど, 今後ユーザインターフェース面も改善していく必要がある. また, 現状では仮定と合同条件のみを探すシステムになっており, カード選択方式の利点である難易度の変更までは行えなかった. 今後, 学生の学習進度に合わせて, 空欄とカードを増減させることで, 学習者の段階的な学びを促すような機能を実装するなど, システム面でも改善していく必要がある.

### 謝辞

本研究は JSPS 科研費 15635722 の助成を受けたものです.

### 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) 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)