

証明問題支援システムの実験的利用と問題点の改良

Experimental use of an Interactive Environment for Proof Question and Improvement of the problem

佐々木 虎太郎^{*1}, 倉山 めぐみ^{*2}

Kotarou SASAKI^{*1}, Megumi KURAYAMA^{*2}

函館工業高等専門学校

National Institute of Technology, Hakodate College

Email: 18080@hakodate.kosen-ac.jp

あらまし：近年，中学校の数学，特に図形の証明問題は学習者が証明全体を書くことができなくなっていると言われていた。そこで，証明全体を書くための補助段階として，証明の構造を理解させることを目的とした証明問題解決支援システム的设计開発を行っている。本システムではシステムから示された証明問題と，証明を構成する仮定と結論の単文カードが与えられ，学習者は，この単文カードを取捨選択して，証明を構成する。学習者が出した解答にシステムがすぐに正誤のフィードバックを与えることで学習を進めていく。本稿では，提案システムを用いた実験的利用とその実験から得られた問題点である，学習者の解答に対するフィードバックの改良について報告する。

キーワード：中学数学の証明問題，実験的利用，正誤判定，

1. はじめに

近年，論理的思考力に注目が与えられている[1]。その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，証明問題の解決も育成する一つとして考えられる。証明問題の解決は，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仮定や条件といった事柄から導きたい結論のような事柄を繋げるといった，分かっていることから導きたいことを論理的に順序立てて考えることができることから，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。

証明問題の解決として最初に学習するのが中学校の数学の図形の証明である。しかし，図形の証明問題は学習者が証明全体を書くことができなくなっていることが知られている⁽¹⁾。証明全体を書くための補助段階として，証明の構造に着目し，学習者が構造を学習する方法として，単語ではなく，単文（仮定と結論や条件などの1つが書かれている状態）を取捨選択し，組み合わせる方法を利用している。この方法を利用した，カード選択方式の証明問題解決支援システムが開発されている⁽²⁾⁽³⁾。本システムはweb上で構成されており，学習者は，システムから与えられた単文カードを取捨選択して，証明を構成し，解答に対するフィードバックをシステムが与えることで学習を進めていく。

本研究では，開発が進められているシステムを用いて，1クラス分の人数を対象とした利用実験を行った結果について報告する。利用実験から得られた問題点である，フィードバックと正誤判定の改良についても報告する。

2. システムの概要

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の中からカードを取捨選択し，

左側の証明の空欄にマウスのドラッグアンドドロッグで移動させて当てはめていく，空欄を全て埋めると解答ボタンが押せるようになり，「解答する」ボタンを押すことで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の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「終了する」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，「終了する」ボタンを押すとシステムは終了する。不正解の場合は「戻る」ボタンより，カードを選択する画面へ戻る。

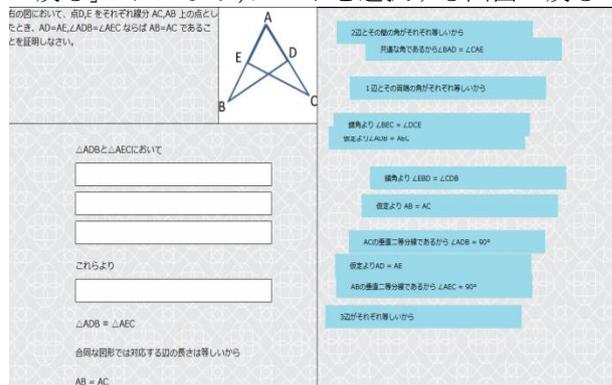


図1 既存のシステムの問題画面

3. システムの利用実験

3.1 利用実験の内容と方法

すでに行われている評価実験⁽⁴⁾では，対象人数が5名での実施となっており，中学校の1クラス分の人数とはなっていなかった。そこで，本利用実験では，既存のシステムを35人の被験者に試してもらい，学習者が本システムを用いて学習効果を得られたのか，そして問題点がないかについての検証を行った。

本実験は，高専本科1年生35人を被験者として，まずプレテスト（穴埋め式解答問題2問，記述式問題1問，満点を9点）を15分間，後日，本システムを40分間利

用, ポストテスト (プレテストと同様の問題) を 15 分間行った. 2 つのテスト結果を比較し, 学習効果があるか否かの分析を行った. また, システム利用後にアンケートを実施し, 集計, 分析を行った.

3.2 利用実験の結果

今回 35 人の被験者による同時接続に成功し, データを得ることが出来た. 今回はシステムを最大 9 問解いてもらい, 全問不正解無しで解いている者もいたが, 12 回もやり直している者や全問やり直している者もいるのと, 全体の正答率は 71.7%と出たため, 教材としての役割は果たせていると考えられる. しかしながら, システム上の問題が利用実験中に判明したため, 全 18 問中で 9 問しかデータをとることができなかった.

4. システムの改良

既存のシステムを使った利用実験で, システム上の問題がありデータを満足に取ることができなかった. その問題点であった, (1)解答欄に埋めていないのに解答ボタンが出てくる, (2)解答欄にカードを埋めることができない, という 2 つについて, 改良を行った.

4.1 フィードバックの原因と正誤判定の追加

システムを実際に動かしてみたところ, 2 つの問題点は問題枠が 5 つの問題で同時に起こり, ある 2 つの条件の時に起きるバグだとわかった. 1 つ目は, 一問目の解答欄が 4 つの問題からスタートして, 解答欄が 5 つの問題で解答を埋めようとするとき一番下の解答欄にカードが入れられず上の四つの解答欄にカードを埋めると「解答する」ボタンが押せるようになってしまう. その状態で「解答する」を押しても不正解となり「戻る」ボタンを押したらカードの配置がおかしくなってしまう. 2 つ目は, 1 問目の解答欄が 5 つの問題からスタートして, 解答欄が 5 つの問題で最初は解答欄 5 つに全てカードを入れられ, 「解答する」ボタンを押して正解したら次の問題に行けるが, 不正解で「戻る」ボタンを押したら一問目の条件の時の様にカードの配置がおかしくなってしまう. 上記の二つの条件を図 2, 図 3 に示す. 上記の条件時に起きる原因を調べると, 1 つ目の原因として, 初期化の時に解答枠が 5 つの問題の 5 行目の初期化が失敗してしまうことがあげられる. 2 つ目の原因としては, システム上の値を web 側へ引き渡す時に値がおかしくなってしまうことがあげられる. 3 つ目の原因としては, 解答枠 5 つの問題に解答枠が 4 つ専用の配列の値を使用して何行目が解答枠かを判定していることがあげられる.

上記の原因を探している際に, 新たに, 解答枠が 5 つの時の正誤判定にも問題があることが分かった. 解答枠が 5 つの問題の正誤判定には条件があるが, 既存のシステムにはその条件で判定するプログラムが書かれていないことが判明した.

4.2 フィードバックの改良と正誤判定プログラム

4.1 節であげた前述の 3 つの原因を解決するために, 解答枠数をカウントする変数を別のファイルで宣言し, システムと web 上でのカード情報の差をな

くし, 最後に解答枠が 5 つ専用の何行目が解答枠かの情報が入っている配列の値を追加した.

また, 最後に判明した 4 つ目の問題について, 追加した正誤判定プログラムは図 4 に示すように改良を加えた.

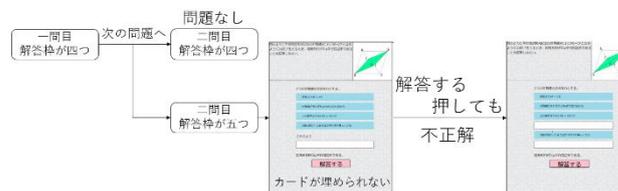


図 2 一問目の条件

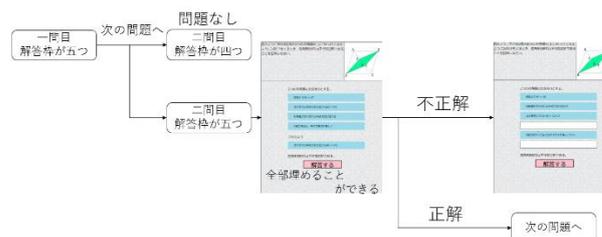


図 3 二つ目の条件



図 4 追加した正誤判定プログラム具体例

5. まとめ

本研究では, 既存のシステムで同時に 1 クラス分の人数(35 名)を対象とした評価実験を行い, データを取ることができた. 利用実験から得られたシステムの 2 つの問題点の原因の解明と, プログラムの改良を行い, 解答枠が 5 つの時の正誤判定のプログラムを追加した. 今後は, 改良されたシステムを用いて, 中学生を対象とした利用実験を行う予定である.

参考文献

- (1) 清水宏幸, “全国学主力・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) 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”, 電子情報通信学会技術研究報告, 教育工学, Vol.119, No.468, pp.99-102, 2020