

# 誤りの可視化におけるもっともらしさ向上を指向した 学習者の解答とフィードバックの対応関係の理解を促す学習システムの開発

## Development of a Learning System That Promotes Understanding of the Correspondence Between Learners Answer and Feedback Oriented Toward Improving Reliability in Error Visualization

中村 祐希人<sup>\*1</sup>, 相川 野々香<sup>\*2</sup>, 東本 崇仁<sup>\*3</sup>  
Yukito NAKAMURA<sup>\*1</sup>, Nonoka AIKAWA<sup>\*2</sup>, Takahito TOMOTO<sup>\*3</sup>

<sup>\*1</sup> 千葉工業大学大学院情報科学研究科

<sup>\*1</sup> Graduate School of Information and Computer Science, Chiba Institute of Technology

<sup>\*2</sup> 明海大学総合教育センター

<sup>\*2</sup> Integrated Education Center, Meikai University

<sup>\*3</sup> 千葉工業大学情報変革科学部

<sup>\*3</sup> Faculty of Innovative Information Science, Chiba institute technology

Email: S2381034HR@s.chibakoudai.jp

**あらまし**：学習者の解答の振り返り支援の方法として誤りの可視化がある。誤りの可視化では顕在性、もっともらしさ、示唆性の3つを満たす必要がある。これまでの研究から、誤り可視化システムの3つの要素について分析を行った結果、もっともらしさを向上させる必要があることが分かった。そこで、本稿では学習者の解答と可視化の対応関係の理解を促す手法の提案と実際にシステムの開発を行う。

**キーワード**：誤りの可視化、もっともらしさ、対応関係理解、Error-based Problem Posing

### 1. はじめに

学習をする上で、誤った解答をした学習者が自身の解答を振り返ることは重要である。解答の振り返りを学習者に促す支援方法として誤りの可視化がある<sup>(1)</sup>。誤りの可視化とは、学習者の誤りに基づいてそれがどのような結果になるのかを示すことで、学習者に自身の誤りへの気づきを促すものである。

誤りの可視化によって学習者に誤りへの気づきを与えるためには、フィードバックと正しい挙動の差を示した顕在性、フィードバックの妥当性を示したもっともらしさ、フィードバックの学習者が修正すべき点をどの程度示唆しているのかを示した示唆性の3つの要素が伴ってなければいけない。

これまでの研究で、誤りの可視化を応用したError-based Problem Posing(EBPP)システムのもっともらしさと示唆性が低いことが示されている<sup>(2)</sup>。本稿では、もっともらしさを高めるための新たな手法の提案と実際にシステムの開発を行う。

### 2. 先行研究

#### 2.1 誤りの可視化

誤りの可視化とは、学習者に自身の解答では誤りであると内発的に気づかせるための支援方法である<sup>(1)</sup>。誤りの可視化は学習者が誤った解答を行った際、それに基づくどのような結果になるかを示すことで、学習者に誤りへの気づきを促している。

誤りの可視化では生成されるシミュレーションに顕在性、もっともらしさ、示唆性という3つの重要な要素が伴っている必要がある。顕在性とは、生成

されたシミュレーションと正しい挙動の差の程度を示している。次にもっともらしさとは、生成されたシミュレーションの妥当性を示している。最後に示唆性とは、顕在化された誤りが、学習者の修正すべき点を適切に示唆しているかどうかを示している。この3つの要素が高いフィードバックは、学習者に正しい修正を促すことが可能だと考えられる。

#### 2.2 EBPP システム

本研究では誤りの可視化を応用したEBPPシステム<sup>(3)</sup>を用いた。EBPPシステムは学習者の誤った解答に対して、「あなたの入力した解答は提示された問題ではなく、別の問題を解いていることになる」と学習者の誤答に基づいた別の問題を学習者に提示するものである。EBPPシステムでは提示された問題設定と学習者の解答に基づいた問題設定の違いから誤りへの気づきを促している。

#### 2.3 EBPP システム分析

これまでの研究でEBPPシステムの3つの要素について分析が行われてきた<sup>(2)</sup>。分析の結果から、もっともらしさと示唆性が低いことが分かった。

示唆性を高めるには顕在性、もっともらしさの両方が伴っていることが前提となる。よって、EBPPシステムのもっともらしさと示唆性の向上のためには、もっともらしさを向上させる必要があると考えた。

### 3. 提案手法

EBPPシステムのもっともらしさを向上させるには、学習者の解答と問題設定が関連していることを

学習者が認識する必要がある。そのため、EBPP システムに自分の解答とフィードバックが関連していることを学習者に理解させるためのフェーズを加える。

新フェーズでは、学習者の解答した力が提示された問題設定と図のどれに対応するのかを選択させる。これは数学のベクトルにおける誤りの可視化で用いられた、学習者に明示的に図形の操作を要求する手法<sup>(4)</sup>を応用したものである。

学習者に自身の入力した力が提示された問題設定と図のどれに対応するのかを選択させることで、学習者に以下の2点を促すことを目指す。1つ目に、学習者自身の解答と生成された問題設定が関連付いていることを理解させることである。2つ目に、学習者が一通り解答の結び付けを行うことで、学習者は正しい問題設定には存在しない問題設定を選択することになるため、自身の解答のどこで誤っているのかを理解することである。

#### 4. 提案システム

システムの流れを、図1を用いて説明する。まず、システムが画面左上に学習者が解くべき問題を提示する。そして、学習者は画面下に正解だと思う解答を入力する。その後、システムが画面右上に学習者の解答に基づいた問題設定を生成する。ここまでは従来のEBPPシステムと同様のものとなる。問題設定提示後、図2のように学習者に対応付けタスクという、学習者の解答が提示された問題設定のどれに対応するのかを解答する問題が提示される。

例えば図2では、学習者の解答の誤り箇所である物体の中央から右向きに働く力について、これに対応する問題設定の要素を図2右上の部分から選択する。そして学習者が誤った問題設定を選択したとき、

学習者の入力が入っていることが表示される。

対応付けタスクは、学習者の解答の全ての要素について、順番に取り組みさせる。その際、EBPPの単一可視化条件、複合可視化条件に則ってタスクを与える。単一可視化条件とは1つの力の入力で可視化を行うもので、複合可視化条件とは複数の力が一定の条件を満たしたときに行う可視化である。

学習者が行う活動を、図2を用いて説明する。図2は「物体が滑らかな床の上を滑っている」問題を解いているときの状態である。この時、学習者は重力と垂直抗力、中央から右方向への力を入力している。この中で中央から右方向への力は誤りであり、EBPPでは物体を右向きに引く磁石として可視化する。対応付けタスクの一つでは、この中央から右方向への力を示し、対応する可視化された磁石を選択させる。学習者の解答とフィードバックの結び付けが正しく行われた時、学習者は正しい問題設定には存在しない「物体は1つの磁石に引っ張られている」を選択することになる。正しい問題設定には存在しない問題設定を選択することで、学習者は右向きに移動しているのは、入力した力とは別の要因であることを理解することができる。

#### 5. おわりに

本稿ではこれまでの研究で明らかになっていたEBPPシステムについて、もっともらしさが低いという問題点を解決するための手法を提案した。もっともらしさを向上させるためには学習者の解答が提示されたフィードバックの対応関係を理解する必要がある。また、実際にシステムの開発を行った。

今後の課題として、評価実験を行い、提案した手法がもっともらしさ向上につながっているのかを調査することがあげられる。

#### 謝辞

本研究の一部は JSPS 科研費 JP22K12322, JP21H03565 の助成による。

#### 参考文献

- (1) 平嶋宗, 堀口知也: “「誤りからの学習」を指向した誤り可視化の試み”, 教育システム情報学会誌, Vol. 21, No. 3, pp. 178-186, (2004)
- (2) 中村祐希人, 東本崇仁: “誤りの可視化システムのフィードバックに対する発話プロトコル分析と考察”, 教育システム情報学会 (JSiSE) 2022 年度特集論文研究会, Vol. 37, No. 7, pp. 122-127, (2023)
- (3) 相川野々香, 齊藤寛, 古池謙人, 東本崇仁: “力学における学習者の誤りに基づいた問題提示 (Error-based Problem Posing) システムの開発”, 電子情報通信学会論文誌 D, Vol. J106-D, No. 2, pp. 144-155, (2023)
- (4) Jumonji, T., Aikawa, N., and Tomoto, T.: “Development of a Semi-Active Learning Support System with Operation Index for the Mathematics of Vectors”, Workshop proceedings of the International Conference on Computers in Education ICCE 2023, pp. 333-342, (2023)

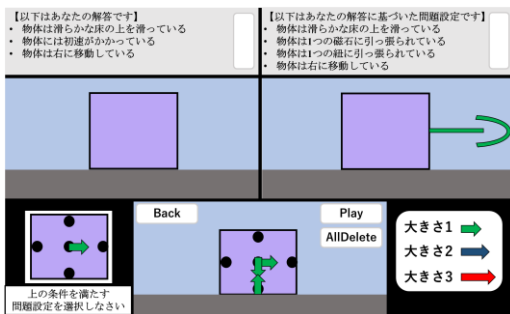


図1 EBPP システム画面

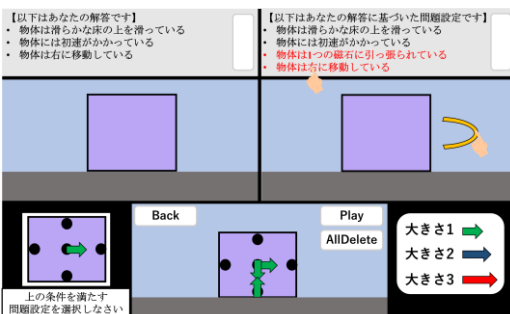


図2 EBPP システム新フェーズ例