

誤りの可視化システムにおけるもっともらしさ向上を指向した 解答と可視化の対応付け手法の提案

Proposal of a Correspondence Method between Answers and Visualization Aimed at Improving Reliability for Error Visualization Systems

中村 祐希人^{*1}, 相川 野々香^{*2}, 東本 崇仁^{*3}
Yukito NAKAMURA^{*1}, Nonoka AIKAWA^{*2}, Takahito TOMOTO^{*3}

^{*1} 千葉工業大学大学院情報科学研究科

^{*1} Graduate School of Information and Computer Science, Chiba Institute of Technology

^{*2} 東京工芸大学大学院工学研究科

^{*2} Graduate School of Engineering, Tokyo Polytechnic University

^{*3} 千葉工業大学情報科学部

^{*3} Faculty of Information and Computer Science, Chiba Institute of 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．効果的な可視化のためには顕在性，もっともらしさ，示唆性の3つを満たす必要がある．本研究ではある誤り可視化システムの3つの要素について調査するために発話プロトコル分析を行った結果，もっともらしさが足りていないことが分かった．そこで，学習者の解答がどの可視化に対応しているのかを解答させる活動を学習者に行わせる手法を新たに提案する．

キーワード：Error Visualization, Error-based Simulation, Error-based Problem Posing, もっともらしさ

1. はじめに

学習者が誤った解答をした際，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．誤りの可視化では，学習者に提示されたフィードバックが学習者に正しく伝わるのが重要になる．

しかし，現状の誤りの可視化システムについて調査を行ったところ，一部フィードバックが学習者に正しく伝わっていない問題が発覚した．そこで，本研究では，誤りの可視化システムのフィードバックと学習者の解答を結びつける手法を提案する．

2. 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．学習者の解答をもとにシミュレーションを提示することで，学習者が誤りに気づくように促している．

誤りの可視化を実現するために，シミュレーションに対して顕在性，もっともらしさ，示唆性という3つの重要な要素を用いている⁽¹⁾ (図1)．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．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．

本研究では，誤りの可視化システムの3つの要素について発話プロトコル分析を用いて分析してきた．分析方法は文献2に示す⁽²⁾．

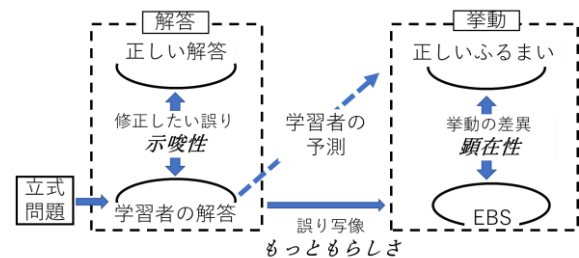


図1 誤りの可視化モデル

3. EBPP システム

本分析では誤りの可視化を応用した Error-based Problem Posing (EBPP) システム⁽³⁾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，この問題を解いていることになる」と別の問題を学習者に提示するものである．学習者は正解と違う問題設定が提示されることで，誤りに気付くことができる．

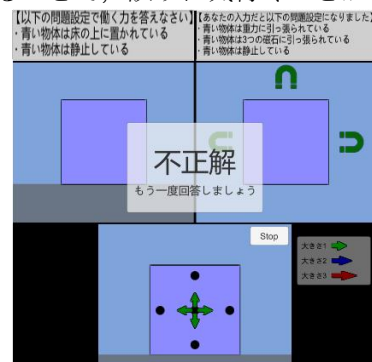


図3 EBPP システム

4. 分析結果

フィードバック回数が多かった問題 2 の分析結果を表 1 に示す。表 1 の顕在性・もっともらしさ・示唆性の○と×は、それぞれの要素に言及している発話について、正しく認識できている発話の数と正しく認識できていない発話の数である。

表 1 より、顕在性は○の合計が×の合計より多くなっていた。しかし、もっともらしさと示唆性は×の数の方が多くなっていた。このことから、顕在性が高いが、もっともらしさ、示唆性が低いという状態になっていると考えられる。

また、適切な示唆は、学習者がフィードバックの正しい理解、比較が行えていることが前提となるつまり、示唆性は顕在性ともっともらしさが伴っていないければ効果を発揮しないものである。このことから、現状のシステムの示唆性が低い原因として、もっともらしさが伴っていないためだと考えた。

表 1 問題 2 の発話の分析結果 (全体)

学習者	A	B	C	D	E	F	G	合計
解答数	8	8	4	2	6	-	12	
顕在性	○	6	3	1	0	5	1	16
	×	3	0	1	0	1	3	8
もっともらしさ	○	1	2	0	0	4	1	8
	×	3	3	0	1	1	2	10
示唆性	○	1	0	0	0	1	1	3
	×	6	7	3	1	6	10	33

5. 提案手法

実験結果から、もっともらしさを高めるためのフェーズを加える必要があると考えた。もっともらしさを上げるためには学習者の解答とフィードバックが関連づいていることを学習者が認識する必要がある。そのため新たに加えるフェーズでは、学習者の入力した力がどの問題設定に対応しているのかを解答させる活動を学習者に行わせる。

従来の EBPP は学習者の入力に合わせて、問題設定を図と問題文で提示する。学習者はそれを見て誤りに気づき、修正を行う。EBPP では学習者の入力した解答に対して図と問題文が対応づいている。今回提案する新たな EBPP では、数学のベクトルにおける誤りの可視化で用いられてきた学習者に明示的に図形の操作を要求する手法を取り入れていく⁽⁴⁾。今回は、問題設定を図と問題文で提示することに加え、学習者の解答とフィードバックが対応づいていることを認識させるために、システムは図と問題文の一部をしめし、それに対応する学習者の入力した矢印はどれかを選択させるフェーズを加える。

具体例を図 4 に示す。図 4 では「物体は滑らかな床の上を滑っている」、「物体に初速がかかっている」、「物体は右に移動している」という問題に対して学習者が解答している様子である。学習者は解答として、重力、垂直抗力、中心から右方向、物体の右側面から右方向に力を入れている。この時、学習者に「物体は滑らかな床の上を滑っている」、「物体に初速がかかっている」、「物体は 1 つの磁石に引

張られている」、「物体は一つの紐に引っ張られている」、「物体は右に移動している」という問題設定が与えられる。

この後、学習者に「物体は 1 つの磁石に引っ張られている」という問題設定に対応する力の矢印が自分の解答のどれに該当しているのかを解答させる。そして、学習者の解答の正誤をフィードバックとして与える。このとき、フィードバックは学習者の入力した力の作用点、力の方向の 2 種類で生成する。

図 4 の例は学習者の解答は力の向きはあっているが、作用点が誤っている。そのため、「力の向きはあっているが磁石は物体内部からの力である」といってフィードバックを学習者に与える。

それにより、学習者は自分の解答が問題設定のどこに対応しているのかを理解することができる。このように新たなフェーズを加えることでもっともらしさを上げることができると考えた。

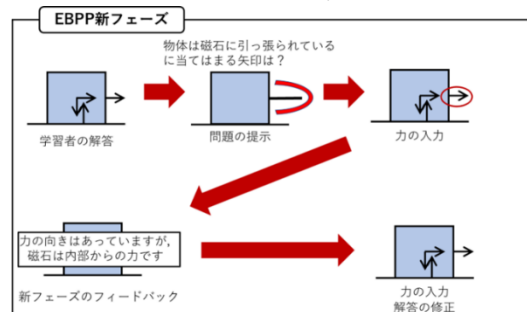


図 4 EBPP 新フェーズ例

6. おわりに

本稿では、EBPP システムのフィードバックについて、学習者の発話を用いて分析を行った。分析から一部の問題において、もっともらしさと示唆性が低いという問題点が見つかった。問題点を解決するために、学習者の解答とフィードバックを結びつける活動を EBPP システムに加える手法を提案した。

今後の課題として、提案した手法をシステムに実装し、提案した手法が学習者の能力向上に繋がっているのかを調べるために評価実験を行っていく。

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)