

ベクトルを対象とした操作の要求により 半主体的な試行錯誤を促すシステムの提案

Proposal for a System that Encourages Semi-Active Trial-and-Error by Requiring Operations on Vectors

十文字 智人^{*1}, 相川 野々香^{*1}, 東本 崇仁^{*2}

Tomohito JUMONJI^{*1}, Nonoka AIKAWA^{*1}, Takahito TOMOTO^{*2}

^{*1} 東京工芸大学大学院工学研究科

^{*1} Graduate School of Engineering, Tokyo Polytechnic University

^{*2} 千葉工業大学情報科学部

^{*2} Faculty of Information and Computer Science, Chiba Institute of Technology

Email: tomhito067@gmail.com

あらまし：学習において、主体的な学びと解答の振り返りは重要である。しかし、従来の授業において、それらを行うことが難しい環境となっている。解答の振り返りを行わせる手法として、学習者の解答をもとにした事象を提示する「誤りの可視化」というものが存在する。しかし、学習者によっては、提示された事象をみるだけで、振り返りが行われない可能性があった。本稿では、システム側から明示的に学習者に対し、操作を要求することで、主体的な振り返りを促す手法を提案する。

キーワード：誤りの可視化，数学，ベクトル

1. はじめに

学習において、自分から進んで学習を行い、自身の解答を振り返ることが重要である。しかし、従来の授業は、一対多の関係で実施されることが多く、学習者が誤った解答をした場合でも、個々の学習者に合わせたフィードバックが困難である。そのため、従来の授業では、学習者は受け身の学習になってしまい、自身の解答の振り返りが困難になっている。上記の場合、学習者は、自身がどのような誤りをしているのか、振り返らない危険性があり、似た誤りをする可能性がある。そのため、学習者が自ら学習を行い、試行錯誤できる環境が必要である。

学習者に試行錯誤を促す手法として誤りの可視化というものがある⁽¹⁾⁽²⁾。これは学習者の誤った仮説にしたがった事象を学習者に示し、自身の誤りに気付かせることで、学習者に認知的葛藤を生起させ試行錯誤を促す手法である。しかし、これまでの誤りの可視化を用いた研究では事象を提示するまでにとどまっており、学習者によっては、事象から正誤判断のみを行うような受動的な学習となっていた。そこで本研究では、数学におけるベクトルの合成を対象に、誤りの可視化を用いた学習にくわえ、システム側で操作の要求を行う手法を提案する。操作の要求を行うことで、学習者は必ず操作活動を行うため、自身の解答の振り返りを行うことができる。

2. 誤りの可視化を用いた研究

これまで誤りの可視化を用いた手法として、「Error-based Simulation (EBS)」⁽¹⁾⁽²⁾というものがある。EBSは物理における力学を対象として、学習者の誤った仮説にしたがった事象を学習者に示し、自身の誤りに気付かせることで、学習者に認知

的葛藤を生起させ試行錯誤を促す手法である。

また、黒川らの研究⁽³⁾⁽⁴⁾では、数学における線形代数を対象として、学習者の立てた方程式から図形を生成することで誤りの可視化を行うという学習支援を行った。この研究では対象とする範囲が数学における線形代数であるため、事象ではなく図形と提示している。ゆえに、EBSと比較して学習者への誤りの示唆が難しい。これを解決するため、提示された図形は学習者の立てた方程式の制約にしたがい、操作できる。これにより、自身の解答の誤りに気づき、試行錯誤を行うことができる。

3. 提案手法

前章で挙げた黒川ら⁽³⁾⁽⁴⁾の学習支援では、システム側で学習者の解答にしたがい生成された図形を提示するだけにとどまっていた。そのため、学習者によっては、図形により正誤判断を行うだけの受動的な学習になる可能性があった。このような手法では、学習者は提示された図形を見るだけで終わってしまい、振り返りを行わないまま次の学習に進んでしまう可能性があった。そのため、学習者に振り返りを促すための具体的な活動が必要であると考えられる。

そこで本稿では、学習者に対し、システムで操作を要求することで、学習者に活動をさせ、半主体的に振り返りを行わせる学習支援を提案する。本研究では、学習者に操作を要求する方法として、操作指標を提示する。操作指標とは、対象となる問題において、その問題において、学ぶべき法則・知識を一定の活動としてモデル化したものである。これを操作目標として提示することで学習者は操作指標に沿って操作を行うという半主体的な活動を行いながら、学ぶべき法則・知識の理解を深めることができる。

4. 提案システム

システム画面を図1に示す。本研究では、数学におけるベクトルの合成を対象として提案手法を用いたシステムを開発した。ベクトルの合成には2つのベクトルから1つのベクトルが合成した場合、その3つのベクトルは三角形の関係性になるという法則がある。そのため、提示する操作指標は三角形となる。図1を例とする場合、正答は $\overrightarrow{AC} = \overrightarrow{AB} + \overrightarrow{BC}$ となるため、 $\overrightarrow{AC}, \overrightarrow{AB}, \overrightarrow{BC}$ の3つのベクトルにより形成できる三角形が操作指標として提示される。学習者はこの操作指標に沿って学習者の解答にしたがい生成されたベクトルを操作する。本研究では対象とする範囲を数学のベクトルの合成に制限することで、学習者に提示する操作指標を1つに絞り、システム側で操作指標の提示を提示することを可能としている。

また、本システムでは、はじめに問題文と正しい解答をした場合に形成できる三角形を操作指標として提示するため、正しい解答をした際に生成されるベクトル（EBSにおける正しい事象）をシステム側では提示しない。これにより、これまでの誤りの可視化を用いたシステムにあった学習者が正しい事象と絵合わせを行う可能性を下げる利点がある。

図1を用いて本システムの流れを説明する。まず、学習者はシステム側から与えられた問題文と、操作指標（正しい解答）をもとに解答を行う。学習者は入力フォームから空欄が空いた方程式と空欄に合う記号を入力することで解答する。その後、図構築ボタンを押すことで、学習者の解答にしたがい生成されたベクトルと形成できる三角形を操作指標として学習者に提示する。具体例を用いて説明する。図1のベクトルの加算の問題では正しい解答が $\overrightarrow{AC} = \overrightarrow{AB} + \overrightarrow{BC}$ となる。この状態で図構築を行った場合、学習者の解答にしたがった操作指標では $\overrightarrow{AB}, \overrightarrow{CB}, \overrightarrow{AB} + \overrightarrow{CB}$ の3つのベクトルにより形成できる三角形が操作指標として提示される。次に、学習者はシステム側で生成されたうちの1つのベクトルを指定する。これにより、学習者に自身が現在どのベクトルを操作しているのか意識させることで、学習者が図形だけをみて操作を行うことを防ぐことができる。

続いて、図2のように、学習者は選択したベクトルを「学習者の解答にしたがった操作指標」、「正しい解答にしたがった操作指標」の順で重ねるように操作を行う。これにより、学習者は自身の解答と正しい解答におけるベクトルの関係性の差異を認識できる。学習者はこの操作を生成された3つベクトルで行い、三角形を形成する。学習者の解答によっては、「正しい解答にしたがった操作指標」では存在しないベクトルが生成される場合があり、三角形を形成できない可能性がある。これにより、学習者は自身の解答や、生成されたベクトルの関係性がどのよ

うにおかしいのかを認識できる。また、これまでの誤りの可視化を用いた学習支援システムで問題であった学習者が提示されたフィードバックを観察せず次の解答へ移るといった点についても解決している。

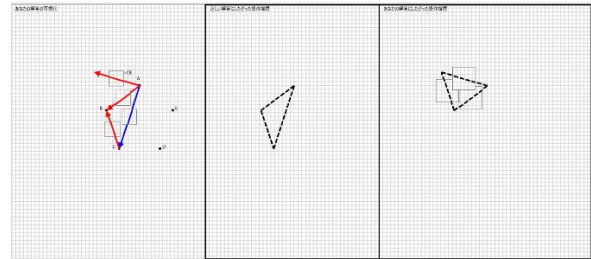


図1 提案システム画面

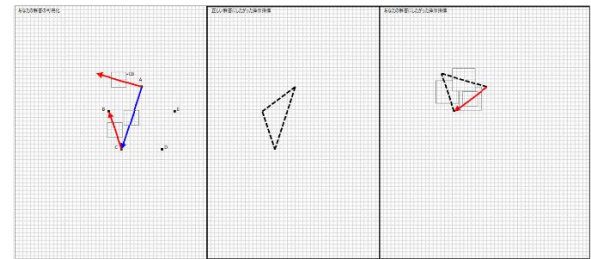


図2 ベクトル操作後の画面

5. おわりに

本研究では、数学におけるベクトルの合成を対象に操作指標を用いた半主体的な誤りの可視化学習を検討し、システムに実装した。今後の課題として、評価実験を行い、学習効果の検証をすることが挙げられる。また、本研究では数学におけるベクトルの合成に範囲を制限することで学習者に操作指標の提示を可能にし、システム側でサポートを行えたが、他の単元や問題でもこの手法が適用可能かを検討していく必要がある。

謝辞

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

参考文献

- (1) 堀口知也, 平嶋宗: 誤りの修正を支援するシミュレーション環境誤り原因の示唆性を考慮した Error-Based Simulation の制御, 人工知能学会論文誌, Vol. 14, No. 4 SP-C, pp. 462-472 (2002)
- (2) 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)
- (3) 黒川魁, 東本崇仁, 堀口知也, 平嶋宗: 軌跡を題材とした数学の表現変換と能動的誤りの発見支援機能を有する学習支援システムの開発と評価, 電子情報通信学会論文誌 D, Vol. J101-D, No. 6, pp. 864-873 (2018)
- (4) 黒川魁, 東本崇仁, 堀口知也, 平嶋宗: 軌跡を題材とした作図インターフェースと図から記号文への変換フィードバック機能を有する学習支援システムの開発, 人工知能学会先進的学習科学と工学研究会, Vol. 84, pp. 9-14 (2018)