

誤りの可視化を通じた学習における運動状態の構造的記述演習の設計・開発

Design/Development of the Structural Description Exercise of Motion States in Learning through Error Visualization

磯貝 通也^{*1}, 下條 一駿^{*2}, 平嶋 宗^{*2}, 林 雄介^{*2}
Michiya ISOGAI^{*1}, Kazutoshi SHIMOJO^{*2}, Tsukasa HIRASHIMA^{*2}, Yusuke HAYASHI^{*2}

^{*1} 広島大学情報科学部情報科学科

^{*1}School of Informatics and Data Science, Hiroshima University

^{*2} 広島大学大学院先進理工系科学研究科

^{*2}Graduate School of Advanced Science and Engineering, Hiroshima University

Email: b185137@hiroshima-u.ac.jp

あらまし：Motion Implies a Force (MIF) 素朴概念の修正を目的として Error-Based Simulation (EBS) が提案されているが、EBS を利用しても修正ができない学習者が存在する。これの原因として、作図とそれに対応する誤り可視化を行う EBS による演習だけでは運動状態が構造的に捉えられない学習者が存在すると考えた。そこで、運動状態を分節化し、表を用いて各状態の力・加速度・速度を記述する、運動の構造的記述により運動状態の正しい認識を促進する演習の設計・開発をした。

キーワード：MIF 素朴概念、誤りの可視化、Error-Based Simulation、構造的記述

1. はじめに

日常的な経験から形成される科学的とは異なった考え方は素朴概念と呼ばれる⁽¹⁾。代表的なものとして、運動している物体には必ず進行方向に力が働くという Motion Implies a Force (MIF) 素朴概念があり⁽²⁾、物理を履修した学習者でも保持している者が非常に多いことが分かっている⁽³⁾。MIF 素朴概念を修正することを目的とした誤り可視化の手法として Error-Based Simulation (EBS) がある⁽⁴⁾。力学における EBS では、課題に対して力の作図を行い、その力からなる運動の挙動を可視化することで学習者に自らの誤りを気づかせる。EBS を利用することで MIF 素朴概念の修正に効果があることが分かっているが、効果がない学習者の存在も確認できている。この原因の一つとして、作図とそれに対応する誤り可視化を行うだけでは運動状態が構造的に捉えられない場合が考えられる。そこで本研究では、運動状態の分節化と表を用いた各状態の力と加速度、速度の記述を行う構造的記述を演習化することで運動状態の正しい認識を促進することを目指した。

2. 多視点 EBS の実践利用結果

西岡 (2021) は、多視点 EBS を利用することによる学習者の MIF 素朴概念の変容を、事前と事後に概念マップを作成させることで捉える実験を行った⁽⁵⁾。その結果として、概念マップのスコアが高い学習者は作図テストのスコアが高い傾向があったが、作図テストのスコアが高くても概念マップのスコアが高いとは限らないということが分かった。つまり、作図ができるようになって概念が変容していない学習者が存在することが示唆されている。この原因として、作図だけでは運動状態を構造的に捉えられない学習者が存在することが考えられる。本研究はこ

のような学習者の発見とその支援を目指すものである。

3. 運動の構造的記述演習

本研究では運動状態の構造的な理解を指向し、運動状態の分節化と表による運動状態の記述を演習とする方法を提案する。詳細を以下に示す。

3.1 運動状態の分節化

初等力学において、物体の運動状態は力、加速度、速度の三つの概念で捉えることができると考えられるため、この三概念によって運動状態を分けることができると言える。本研究では運動状態を分けることを分節化と呼ぶ。

これまでの力学における EBS ではあらかじめ分節化されている状態についてそれぞれ作図を行っており、分節化自体は自明なものとして取り扱ってきた。しかしながらこれまでの実践結果より、運動状態を構造的に捉えることができていない学習者の存在を示唆する結果を得ており、したがって分節化自体も演習の対象とすることが必要であると判断した。

3.2 表による運動状態の記述

分節化した各状態について表にまとめることで運動状態の記述をすることができる。物体の鉛直上向きへの投げ上げを例にして、運動を表に記述したものを表 1 に示す。物体に働いているそれぞれの力とその合力、加速度、速度の有無と向きについて記述をすることで運動状態を表すことができる。表で記述することで、物理概念間の比較が容易になり、関係の理解を促進することができると考えられる。また、学習者が作成した表を参照することにより学習者の誤りをより詳細に知ることができるようになる。と期待できる。

表1 鉛直方向に投げ上げた物体の運動の記述

	状態1	状態2	状態3
重力	下	下	下
加速度	下	下	下
速度	上	静止	下

4. システム構成

運動の構造的記述演習の手順とその具体的な方法について、斜方投射の鉛直方向における課題を例に、現在開発中のシステム画面を交えながら説明する。

4.1 運動状態分節化演習

システムでは、全ての課題において運動の挙動を動画として再生できる。この挙動に対して、(1) 状態区切りの指定、(2) 状態ラベルのあてはめ、を行うことが運動状態分節化演習となる。

まず、学習者は運動状態が分けられると思う時点を、動画のシークバーにあらかじめ配置したダミーを含むいくつかの区切りの候補から選択する(図1)。これにより、物体の運動を時間の幅を持つ区間と運動状態が切り替わる瞬間である区切りに分けることができる。

次に、区間・区切りがそれぞれ状態の一つかどうかを選択する。この選択は、運動状態が変わる瞬間が一つの状態かどうかを判断させるために行う。システムでは、区間・区切りの数だけ状態ラベルを用意し、学習者は状態だと思ふ区間・区切りにラベルを当てはめる。

4.2 表作成としての構造的記述演習

次に、各状態について、働いている力とその合力、加速度、速度の有無とその向きを表の各要素のドロップダウンから選択して記述していく(図2)。

現段階ではフィードバックとして誤っているセルを表示することしか行っていないが、将来的にはこの表からなる挙動を可視化し、多視点EBSのように誤りに気付かせるフィードバックの実装を考えている。

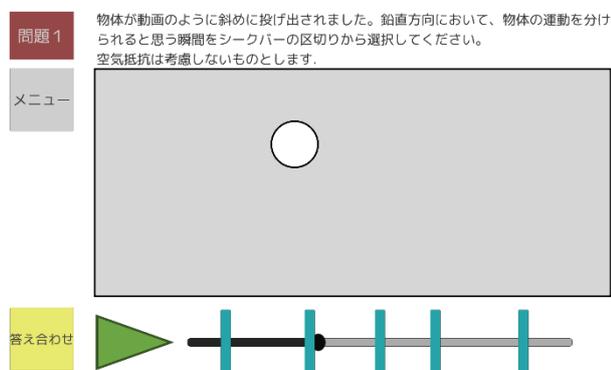


図1 シークバーによる運動状態分節化演習画面

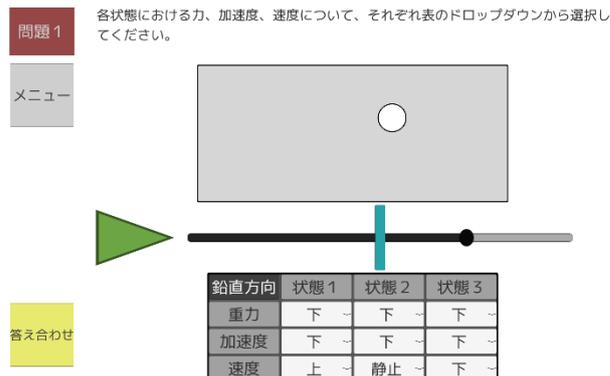


図2 表作成としての構造的記述演習画面

5. まとめと今後の課題

本研究は、MIF 素朴概念を修正することを目的とした、運動状態のより正しい認識を促進するための構造的記述演習を提案し、斜方投射についての課題の実装まで実現できている。今後の課題として、演習の改善と問題の追加、実践利用によるシステムの評価が挙げられる。区間・区切りに対する状態ラベル当てはめでは課題の意図が分かりづらく、負荷が大きくなることが懸念される。また、表への記述では、現在各概念の大きさやその変化について記述をすることができていない。これは、全て書こうとすると表が煩雑になってしまうためである。しかし、より詳細に運動状態を構造的に理解するために、演習方法を今後改善していく必要があると考える。

参考文献

- (1) Fisher, K.: "A misconception in biology: amino acid and translation", *Journal of Research in Science Teaching*, Volume 22, Issue 1, pp.53-62 (1985)
- (2) Clement, J.: "Students' preconception in introductory mechanics", *American Journal of Physics*, Volume 50, No. 1, pp.66-71 (1982)
- (3) 山崎敏昭, 岸澤真一, 長谷川大和, et al.: "A9a-2 2014 物理教育の現状調査・力学概念調査からの分析(2): 問題別正答率分布から見た現状(原著講演(A9a), 大会テーマ「物理教育で大学と小・中・高校教育をどうつなぐか」)", *物理教育学会年会物理教育研究大会予稿集* 32, pp.59-60 (2015)
- (4) 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*, 第21巻, 第3号, pp.178-186 (2004)
- (5) 西岡佳希, 下條一駿, 林雄介, 平嶋宗: "Error-based Simulation 利用学習による MIF 素朴概念修正の再構成型概念マップによる観測", *第91回人工知能学会 ALST 研究会* (2021)