

初等力学を対象とした EBS における概念マップ活用の試み —運動の三視点ごとの作図の概念マップ化と 作図・EBS・概念マップの相互変換の試み—

Use of Concept Map for Error-Based Simulation in Physics —Concept Mapping of Drawing for each Three Views of Movement and Mutual Conversion of Drawing, EBS and Concept Map—

下條 一駿^{*1}, 西岡 佳希^{*2}, 林 雄介^{*2}, 平嶋 宗^{*2}

Kazutoshi SHIMOJO^{*1}, Yoshiki NISHIOKA^{*2}, Yusuke HAYASHI^{*2}, Tsukasa HIRASHIMA^{*2}

^{*1} 広島大学工学部

^{*1} Faculty of Engineering, Hiroshima University

^{*2} 広島大学大学院工学研究科

^{*2} Graduate School of Engineering Hiroshima University

Email: shimojo@lel.hiroshima-u.ac.jp

あらまし: 力学の素朴概念の解消に効果があることが実証されている作図に対する Error-Based Simulation (EBS)に, 学習者の持つ概念を表現させる概念マップを組み合わせることで, 概念変容の観測と効果の向上を図る先行研究が行われたが, 成果を上げることができなかった. 原因としては作図においては「運動の3視点(力, 速度, 加速度)を, 一つの統合的な概念マップで記述させたことによる学習者に対する過負荷であると考えられる. 本研究では, 三視点毎の概念マップを作成させることで, この過負荷の解消を試みた. 本研究においてはさらに, 作図・概念マップ・EBS の三つの有望な表現が得られたことから, それらの相互変換の自動化及び演習化を試みている.

キーワード: 概念マップ, Error-Based Simulation, 相互変換

1. はじめに

学習者は日常生活での経験の積み重ねから, 科学的には正しいとされる概念とは異なる誤った概念を習得してしまうことがある. この概念は素朴概念と呼ばれ, その修正は困難であるとされている⁽¹⁾. MIF 素朴概念 (Motion Implies a Force: 動く物体には必ず進行方向に力が働いている) は初等力学における代表的な素朴概念であり, 通常の初等力学の授業ではその解消が困難であることが知られている. この MIF 素朴概念を解消するための手段として, 学習者による物体に対する力の作図の誤りに対して, その誤りに沿った物体の挙動を生成することで誤りを可視化する Error-Based Simulation(EBS)⁽¹⁾⁽²⁾が一定の効果が認められている.

この力の作図に対する EBS を, 学習者の持つ概念を表現させる概念マップと組み合わせることで, 概念変容の観測と効果の向上を図る先行研究が行われたが, 成果を上げることができなかった⁽³⁾. 原因としては「EBS における運動3視点(力, 速度, 加速度)の記述」と「運動の3視点の概念マップ化」を一度に行わせたことによる学習者に対する過負荷であると考えられる. 本研究では, 学習者の過負荷を解消し, 概念レベルの MIF 素朴概念修正を行うために EBS と概念マップを3視点毎に対応付けることができるシステムを開発する. さらに, 3視点毎に作図・概念マップ・EBS を相互変換する機能も開発する.

2. Error-Based Simulation (EBS)

MIF 素朴概念を解消するための先行研究として力学台車を用いた実験⁽⁴⁾, 加速度センサを用いた実験⁽⁵⁾が存在する. これらの研究は教材や実験により正しい物体の挙動を見せることによって, 学習者自身の考えが誤っていることに気付かせるものである. しかし, 結果としてこれらの手法は MIF 素朴概念の修正に十分ではなかったことが報告されている. 原因として, これらの手法は正しい挙動を示し正しい考えを教えることで誤りを指摘しているものの, 学習者の誤りが何故誤っているかまでは示していないことが挙げられる.

EBS は, 学習者の持つ誤りが正しいとした場合に起こることをシミュレートし, 振舞として可視化するものであり, 既知の振舞と EBS として生成された振舞の差分として誤りを可視化し, 学習者自身による誤りの認識と修正を促す枠組みである⁽⁶⁾. 初等力学の場合, 方程式や力の作図に基づく EBS が実現されており, 力の作図に基づく EBS については MIF 解消に対する効果が確認されている. この力の作図に基づく EBS を拡張し, 力から導かれる加速度および速度の作図に対する EBS も実現したのが多視点 EBS となる.

3. 作図の運動三要素別概念マップ化

MIF 誤概念に対する EBS の効果は, 力学問題に対する学習者の誤答の修正として確認されてきた. この確認においては, 誤答が修正されるのは, 概念が変容したためと仮定されているが, この概念変容をより直接的に観察するとともに, 概念変容の効果を

高めるために試みられたのが、作図に対する概念マップを組立てさせる先行研究の試みである。この試みは、多視点 EBS に対応する概念マップを組立てさせるものであり、その概念マップにおいては力、加速度及び速度に関する概念が統一的に表現されるものであった。この統一概念マップ自体は、互いに連動する力・加速度・速度の理解表現としては妥当なものであるが、先行研究では、EBS 単独であった MIF 解消の効果も減じる結果が得られた。このため、力、加速度、速度のそれぞれの作図と EBS に対して、それぞれの概念マップを作成させるように変更したのが本研究となる。

図1は作図画面であり、この作図に基づく EBS がこの画面において生成される。この作図は、力、加速度、速度に対してそれぞれ行うことができ、さらにそれぞれに対する概念マップの組立が行われる。図2は概念マップの組立画面である。

4. 作図・EBS・概念マップの相互変換

本研究では、運動を表現する作図、EBS、概念マップの三つの表現が取り扱われる。これらの表現間の関係を把握することができれば、力学の運動に関する深い理解をしていると考えてよいであろう。そこで本研究では、これらの三つの表現間の相互変化の自動化と演習化を試みている。例えば、図3であれば、作図画面上で状態1に対して下向きの小矢印を作図すると概念マップ上で状態1に対して下向きの小矢印に対応するノードとリンクが自動的に接続される。また、逆に、概念マップの組立の作図への反映も行っている。EBS は、作図の場合は直接、概念マップの場合は作図への反映を通して生成される。

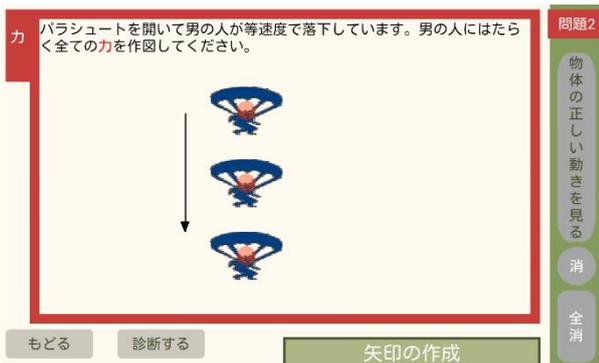


図1 EBS の初期状態



図2 概念マップの初期状態

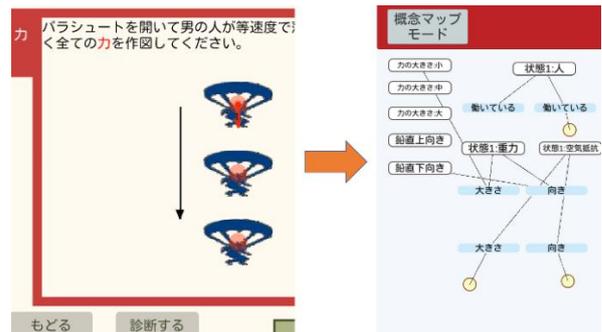


図3 システム動作例

5. まとめと今後の課題

学習者の概念レベルの MIF 素朴概念解消のために EBS と概念マップが統合されたシステムの開発を行っている。現状のシステムでは EBS のみしか利用してくれない学習者が表れる可能性があるため、学習者に EBS と概念マップを行き来させて、対応を理解させるようなシステムの支援または演習的支援が今後の課題として挙げられる。

参考文献

- (1) 篠原智哉, 山田敦士, 林雄介, 平嶋宗(正員): "Error-Based-Simulation による MIF 素朴概念の修正効果の検証", 電子情報通信学会論文誌 D Vol. J100-D No.3 pp. 447-450
- (2) 山田敦士, 篠原智哉, 堀口知也, 林雄介, 平嶋宗(正員); 多視点 Error-Based Simulation の設計・開発と実験的評価", 電子情報通信学会論文誌 D Vol. J99-D No. 12 pp. 1158-1161
- (3) 西岡佳希, 長曾一樹, 林雄介, 平嶋宗; "Error-Based Simulation を用いることによる概念変容の分析-概念マップの変化としての概念変容の分析", 先進的学習化学と工学研究会, pp. 70-75(2019)
- (4) 山崎翔平, 定本嘉郎, 牧井創: "MIF 素朴概念をなくす教材の開発と中学校での授業実践", 物理教育, 57(3), pp.215-219
- (5) 加藤信明, 定本嘉郎: "力の誤概念の解消を促す教材の開発と指導方法の改善", 日本物理教育学会, 物理教育, 59(3), pp.181-186(2011)
- (6) Hirashima, Tsukasa, et al. "Error-based simulation for error-visualization and its management." *International Journal of Artificial Intelligence in Education* 9.1-2 (1998): 17-31.