

Error-Based Simulation での演習中における

MIF 素朴概念の検出機能の設計・開発

Design and development of MIF naive concept detection function during exercises in Error-Based Simulation

長曾 一樹^{*1}, 安田健太^{*2}, 林 雄介^{*2}, 平嶋 宗^{*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: nagaso@lel.hiroshima-u.ac.jp

あらまし: 先行研究では、力と運動の関係を理解するためのシステムとして Error-Based Simulation (EBS) が開発されている。EBS は、力・速度・加速度の誤った作図を反映させた挙動をシミュレートし、実際の挙動との比較を通して学習者に自らの誤りを気づかせる演習環境である。EBS は MIF 素朴概念とよばれる物体の運動に関する学習者の誤った認識を解消するのに効果があることが確認されている。この演習の効果をもさらに高めるための適応的な支援を行う基盤として、本研究では演習中の MIF 素朴概念の検出機能の設計・開発を行った。

キーワード: Error-Based Simulation, MIF 素朴概念, 素朴概念の検出, 初等力学

1. はじめに

学習者は学習する以前から科学的には妥当とは言えない考えを持っているとされており、そのような考えは素朴概念と呼ばれる。その中でも初等力学における Motion Implies a Force (MIF) 素朴概念は、非常に多くの学習者が持っていると共に、修正されにくい素朴概念として知られている。この素朴概念は力と運動の関係の科学的理解の妨げとなるため、その修正は初等力学学習における最も重要な課題の一つとなっている。しかしこの MIF 素朴概念は学習者の日常的な経験に基づいて形成されているため、その修正は困難であるとされている(1)。

Error-Based Simulation (EBS) は、初等力学問題における力・速度・加速度の誤った作図を反映させた挙動をシミュレートし、実際の挙動との比較を通して学習者に自らの誤りを気づかせる演習環境である。実践利用を通してこの EBS が MIF 素朴概念を解消する上で効果があることを示唆する結果が得られている。一方で現状の EBS 利用のみでは MIF 素朴概念の修正が困難な学習者も存在することも明らかになっており、EBS を通じた学習支援をより洗練したものにする必要があると言える。EBS における MIF 素朴概念の修正をより適切に行うためには、EBS 利用における MIF 誤概念の自動検出機能の実現がまず重要であると考えられる。この考えに基づいて、本研究では、力学問題に対する作図から MIF 素朴概念を自動で検出する既往の設計・開発を行った。

2. 素朴概念

学習者が初等力学の問題を解くとき、素朴概念と呼ばれる概念が問題の理解の妨げとなることがある。素朴概念とは学習者が学習する以前から持っている

科学的な考えに反した考えのことである。この素朴概念は学習者の日常的な経験に基づいて得られる考えのため、それを修正することは困難であるとされている。その中でも最もよく知られている素朴概念の一つが初等力学の分野において見られる Motion Implies a Force (MIF) 素朴概念である。

MIF 素朴概念とは、運動している物体には運動の向きに力が働いていると考える素朴概念のことであり、これは多くの力学の学習者に見られている。MIF 素朴概念は次の3つの現れ方をするとされている(2)

- (1) 物体が運動している場合は、運動の向きに常に力が働いている
- (2) 運動を妨げる抵抗があるときに、妨げる力よりも、運動方向のほうが力が大きい
- (3) 物体の速さが大きくなるのは、物体にはたらく力が大きくなったからである。

先行研究では、MIF 素朴概念がこれら三つの現れ方をするとしたうえで、学習者の誤答を手作業で分析し、MIF 素朴概念に起因する誤答が有意に減少していることを確認している。

3. EBS の実践利用

Error-Based Simulation (以下 EBS) とは、学習者に物体にはたらく力を作図させ、その作図に基づく運動と実際の運動のシミュレーションを見て比較させることにより、自らの誤りに気付かせるというシステムである。

このような誤りの可視化は学習者の誤りの修正に有効であると言われており、それを実現している EBS は学習者の誤り修正に有効であると言われている。

過去2回の高等専門学校における EBS の実践的

利用を通して、EBS 利用により学習者の MIF 素朴概念が解消できたかどうか分析されている⁽³⁾。

実践的利用では事前テスト、事後テスト、遅延テストを行い、その結果を分析することで、EBS システムを利用することが MIF 素朴概念の修正に有効であるかを検討した。実践的利用の流れは、まず事前テストを行い、その後 EBS システム利用を行い、最後に事後テストを行う。遅延テストはシステム利用の約 30 日後に行われた。事前テストはシステムと同じ課題を使用し、事後テストと遅延テストは転移課題を追加している。分析では、学習者の誤答を MIF 誤答数とそれ以外に分類し、それぞれの誤答数を求めるうえで、事前テスト、事後テスト、遅延テスト間でのそれぞれの誤答数の平均の変化を調べた。

分析の結果、過去 2 回の実践全てにおいて、事前テストと事後テスト間、および事前テストと遅延テスト間で、MIF 誤答数が有意に減少していた。このことから EBS システム利用は MIF 素朴概念の修正に有効であることが確認された。しかし、EBS システム利用後も MIF 素朴概念が解消されていない学習者も一定数存在することも確認できている。そのような学習者を支援するために、本研究では学習者の MIF 素朴概念を自動で検出する機能を設計・開発した。これにより、学習者の MIF 誤答の分析が容易になるとともに、システム利用中での教授活動が期待できる。

4. MIF 検出機能

現状の EBS のアナライザーでは、学習者が取り組んでいる問題番号、作図の正誤、作図された矢印の情報を EBS システムから取得している。例えば「摩擦のない氷の上で等速直線運動する人にはたらく力を作図せよ」という問題において、学習者が運動方向の向きに力を作図した場合を考える(図 1)。まず EBS アナライザーが EBS システムから上記の情報を取得する。その情報からアナライザーは、この学習者の誤りを 2 章で述べた MIF 素朴概念の(1)のパターンであると判定する。判定を行った後、アナライザー側で学習者がどのような作図をしたか、またどの種類の誤りをしたかを表示する(図 2)。他の MIF 誤答の例も紹介する。「パラシュートをつけて空気抵抗を受けながら等速に落下する人にはたらく力を作図せよ」という問題において、空気抵抗よりも重力のほうが大きい作図をした場合、(2)のパターンとなる(図 3)。「上方に投げ上げられたボールにはたらく力を作図せよ」という問題において、ボールの速さによって力が変わっている作図をした場合、2 章の(3)のパターンとなる(図 4)。

また MIF 素朴概念以外の誤りも検出できるように設計・開発を行った。例えば学習者が物体にはたらく重力を作図しなかった場合や、矢印の始点が間違っている場合などの誤りも検出できるように開発した。これにより、学習者の誤りをより具体的に特定

できるようになっている。今までは EBS 利用時において問題の正誤判定しかできなかったため、学習者の間違いの原因を特定することは困難であったが、それが容易となる。これにより今まで手作業で行っていた誤りの分析を容易にできるようになる。特に EBS 利用時のデータは膨大であるため、EBS 利用時の学習者の学習プロセスを分析するときに有用である。また、システム演習中において、行き詰っている学習者の行き詰まりの原因を特定することができるため、教授者の教授活動の質を向上させることができると考えられる。

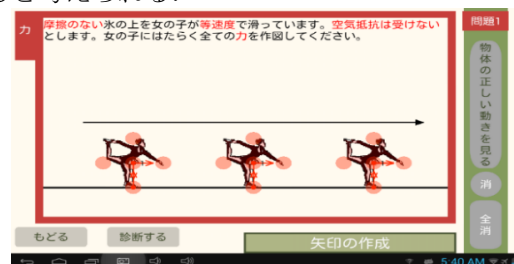


図 1 実際の EBS システム

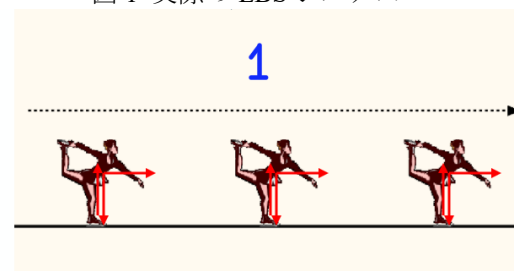


図 2 MIF 誤答事例 1

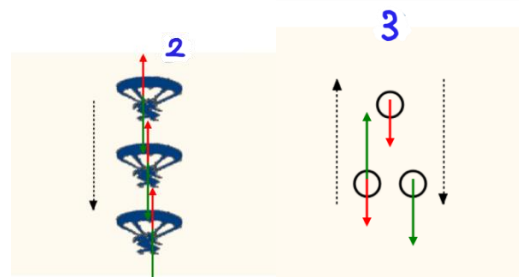


図 3 MIF 誤答事例 2

図 4 MIF 誤答事例 3

5. まとめと今後の課題

本研究では、学習者の MIF 素朴概念の修正のために、学習者の MIF 素朴概念を自動で検出する機能の設計・開発を行った。これにより学習者の誤りの分析が容易になるとともに、よりよい教授活動が期待できる。今後の課題として、行き詰まりの原因を特定した後の学習者の支援方法を考えることが挙げられる。

参考文献

- (1) K.M.Fisher, "A misconception in biology. Amino acids and translation," *Journal of Research in Science Teaching*, Volume 22, Issue 1, pp.53-62, 1985
- (2) J. Clement, "Students' preconceptions in introductory mechanics," *American Journal of Physics*, 50, pp.66-71, 1982
- (3) 篠原他: Error-Based Simulation による MIF 素朴概念の修正の効果の検証 電子情報通信学会論文誌 D Vol.J100-D No.3 pp.447-450