

# Error-Based Simulation 用いた力学演習におけるモニタリングツールの設計・開発

## Design and Development of Monitoring System for Learning with Error-Based Simulation

安田 健汰<sup>\*1</sup>, 山田 敦士<sup>\*2</sup>, 篠原 智哉<sup>\*2</sup>, 山元 翔<sup>\*3</sup>, 堀口 知也<sup>\*4</sup>, 林 雄介<sup>\*2</sup>, 平嶋 宗<sup>\*2</sup>  
Kenta YASUDA<sup>\*1</sup>, Atsushi YAMADA<sup>\*2</sup>, Tomoya SHINOHARA<sup>\*2</sup>, Sho YAMAMOTO<sup>\*2</sup>, Tomoya HORIGUCHI<sup>\*2</sup>,  
Yusuke HAYASHI<sup>\*2</sup>, Tsukasa HIRASHIMA<sup>\*2</sup>

<sup>\*1</sup> 広島大学工学部

<sup>\*1</sup> Faculty of Engineering, Hiroshima University

<sup>\*2</sup> 広島大学大学院工学研究科

<sup>\*2</sup> Graduate School of Engineering, Hiroshima University

<sup>\*3</sup> 近畿大学工学部情報学科

<sup>\*3</sup> Kinki University Faculty of Engineering

<sup>\*4</sup> 神戸大学大学院海事科学研究科

<sup>\*4</sup> Faculty of Maritime Sciences, Kobe University

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

**あらまし**：初等力学問題における力と運動の関係の正しい理解は難しいとされている。先行研究では、力と運動の関係の理解の促進を目的として学習者の誤りに基づくシミュレーションである Error-Based Simulation (EBS) が開発されている。実践的利用において EBS の演習としての効果が確認されているが、EBS 単体での演習では効果が低い学習者も確認された。本研究では、EBS 単体の利用では効果の少ない学習者に対し教授者からのアプローチを可能にするため、学習者のモニタリングのための EBS Monitoring System を設計・開発し、学習者の学習状況の可視化を行った。

**キーワード**：Error-Based Simulation, モニタリング, 学習プロセスデータ, 誤概念, 初等力学

### 1. はじめに

学習者が初等力学の問題を解く際、誤概念<sup>(1)</sup>と呼ばれるものが理解の妨げとなることがある。理解の妨げとなっている誤概念を修正することは重要であるが、誤概念の修正は難しいとされている。初等力学において誤概念を修正するには、力と運動の関係を正しく理解することが重要である。筆者らは、力の作図問題による力と運動の関係の理解の促進を目的としたシステムとして、Error-Based Simulation(以下 EBS)<sup>(2)</sup>を設計・開発している。このシステムは実践的に利用されており、EBS は演習としての効果の有用性が確認されている。一方、EBS 単体の演習では効果が低い学習者が存在すること、そのような学習者には、システム利用と教授活動の併用で効果がみられることも確認されている。そこで本研究では、EBS 単体の利用では効果の少ない学習者に対し教授者からのアプローチを可能にするため、学習者の学習状況の可視化を行う EBS Monitoring System の設計・開発を行った。

### 2. 誤概念

誤概念とは、学習者が学習する以前から持っている科学的には正しいとされている考え方に反した考え方のことで、日常生活での経験の積み重ねで得られる<sup>(1)</sup>。この誤概念が原因で、学習者が初等力学の問題を解く時の理解の妨げとなっている。この誤概念を学習者が持っていた場合、経験から得られた考

え方は概念に大変強固に結びついているため、それを指摘するだけでは誤概念の修正は難しいとされている。初等力学における誤概念は力と運動の関係を正しく理解していないことを起因とするものが多く挙げられるため、初等力学において力と運動の関係を正しく理解させることが重要である。

### 3. Error-Based Simulation (EBS)

#### 3.1 Error-Based Simulation とは

Error-Based Simulation(以下 EBS)とは、学習者の考えが正しいと仮定した場合どのような現象が起きるのかのシミュレーションのこと<sup>(2)</sup>である。学習者が EBS システムで出題される初等力学の作図問題で間違った作図を行ったとき、学習者の予測する挙動とシミュレーションとの間に挙動の差異が生じることで、自身の誤りへの気づきと修正を促すといったねらいがある。学習者自身の誤りを可視化することができる EBS は、誤概念の修正に有効であると言われている。

#### 3.2 EBS の実践的利用

EBS システムのみでの演習を行った EBS 単独群、EBS システムの利用と教員の解説を併用した EBS 利用授業群、一般的な授業の形での説明を行った通常授業群の 3 群の条件を設けた EBS の実践的利用を行ったところ<sup>(2)</sup>、EBS 単独群の事前テストにおける成績上位群は、通常授業群以上の効果が得られたことから、EBS の演習としての有用性が示唆された。

しかし、EBS 単独群の事前テストにおける成績下位群は、EBS のみの支援によっては効果が得られないことも確認されている。一方、EBS 利用授業群においては、成績下位群においても効果が得られた。これらのことから、そのような学習者にはシステム利用と教授活動の併用による対応が提案された。したがって、学習者の学習活動を可視化する仕組みが必要となる。

## 4. 学習プロセスデータ

### 4.1 学習プロセスデータとは

学習プロセスデータとは、学習者の学習活動の過程のデータのことを表す。「学習活動」を「学習対象が持っている情報への処理」として捉えたとき、EBS は、対象を初等力学の問題に定めて、力と運動の関係について「構造化された情報」を扱っているため、学習活動は「構造化された情報への処理」と言うことができる。そのため、EBS によって取得できる情報は、学習プロセスデータであると言える。

### 4.2 学習プロセスデータの有用性

教育用プログラミング実行環境における活動記録を活用した研究<sup>(3)</sup>や、電子教科書から取得できるデータ項目に対する研究<sup>(4)</sup>など、学習データを扱った関連研究が数多くある。対象を定めずに研究されているこれらの関連研究は、一般性が高い反面深い分析ができないため、学習者の具体的な学習プロセスを見ることはできない。それに対し対象を初等力学の問題に定めて、情報を構造化している本研究では、構造化した分野のみに情報が適用可能な反面、学習者の学習活動のプロセスを深く分析することができる。よって、EBS によって取得できる情報は、初等力学の分野において有用性が高いと言える。

## 5. EBS Monitoring System

### 5.1 モニタリングツールの概要

本研究では、学習者の演習状況の可視化をするための EBS Monitoring System を設計・開発を行った。

### 5.2 モニタリングツールの設計

システムを開発するにあたって、本研究の目的を達成するために、本研究の目的を達成するために、教授者にとって必要な情報を整理し、EBS システムから取得可能な情報の取捨選択を行った。教授者にとって必要な情報を、システムの問題に正解できない学習者を教授者が発見するための情報、学習者の持っている誤概念を教授者が発見するための情報に分類した。

### 5.3 モニタリングツールの実装

前節の設計に基づき、EBS Monitoring System では、システムの問題に正解できない学習者を教授者が発見するための情報(a)問題演習に行き詰っている学習者を発見するための機能、学習者の持っている誤概念を教授者が発見するための情報から(b)学習者

の作図結果を表示する機能の2つを実装した。

(a)の機能では、学習者個人について、1つの問題に対して演習時間、診断回数が多い学習者を発見することができる。この機能を実現するためにEBS システムから、学習者の学籍番号、取り組んでいる問題番号、診断回数、演習時間を取得している(図1)。(b)の機能では、学習者が問題演習で間違った作図をし、その作図に即したシミュレーションを見ることで、学習者の作図がどのように変化をしたのかを教授者は確認することができる。この機能を実現するためにEBS システムから、学習者の学籍番号、取り組んでいる問題番号、診断回数、作図の正誤、作図された矢印の情報を取得している(図2)。

学籍番号	問題番号	診断回数	経過時間
17004	6	7	5分14秒
17007	6	5	1分57秒
18012	6	18	8分57秒
18017	3	10	6分40秒
18015	5	1	0分43秒
18027	5	2	1分50秒
18020	3	11	2分30秒
18023	6	13	8分39秒
18022	6	6	4分33秒

図1 問題演習に行き詰っている学習者を発見するための機能



図2 学習者の作図結果を表示する機能

## 6. まとめと今後の課題

本研究では、学習者の演習状況の可視化をするための EBS Monitoring System を設計・開発を行った。今後の課題として、誤概念を持った学習者の作図結果を自動で診断し、その結果、検出した誤概念を表示できるようにシステムの機能を拡張することが挙げられる。

### 参考文献

- (1) Clement, J.: "Students' preconceptions in introductory mechanics", *American Journal of Physics*, 50, pp.66-71(1982)
- (2) 篠原智哉, 今井功, 東本崇仁, 堀口知也, 山田敦士, 山元翔, 林雄介, 平嶋宗:力と運動に関する誤概念の修正を目的とした Error-based Simulation の開発と中学校での実践的利用, 先進的学習科学と工学研究会, pp.61-66(2015)
- (3) 荻野哲男, and 藤岡健史. "教育用プログラミング実行環境「ますめ」における活動記録を活用したフィードバック機能の設計." *教育報告コンピュータと教育(CE) 2014.7 (2014): 1-8.*
- (4) 田村恭久. "タブレット PC 上の電子教科書における Learning Analytics 向けデータ項目." *研究報告教育学習支援情報システム(CLE) 2014.11 (2014): 1-6.*