

ゲームプログラミングによる物理学習支援システムの開発

Development of Physics learning support system by game programming

水島 冬馬^{*1}, 岩本 朋也^{*1}, 松本 慎平^{*1}, 林 雄介^{*2}, 平嶋 宗^{*2}
Tohma MIZUSHIMA, Tomoya IWAMOTO^{*1}, Shimpei MATSUMOTO^{*1},
Yusuke HAYASHI^{*2}, and Tsukasa HIRASHIMA^{*2}

^{*1} 広島工業大学情報学部

^{*1} Faculty of Applied Information Science, Hiroshima Institute of Technology.

Email: {b215110, b214032, s.matsumoto.gk}@cc.it-hiroshima.ac.jp

^{*2} 広島大学大学院工学研究科

^{*2} Graduate School of Engineering, Hiroshima University.

Email: {hayashi, tsukasa}@lel.hiroshima-u.ac.jp

あらまし: プログラミングの学習を通じて、問題解決力など、様々な能力が身に付くと言われている。特に、プログラミングは物理や数学といった理数系科目と強い関係があると考えられている。しかしながら、プログラミングは、物理、数学に関する学習にどの程度役立つのかといった知見については、これまでのところ十分に報告されていない。そこで本研究では、プログラムの構成要素であるオブジェクト同士の関係や複数のオブジェクトで構成される構造学習を目的とした学習システムを開発し、主として構造把握力・システム思考力の学習が物理の知識獲得にどの程度役立つのかを明らかにする。本研究では、インタラクティブ機能を有するシミュレーションの仕組みを活用し、物理課題の学習教材を開発する。そして、それが物理の因果構造理解に有効に働くかどうかを調査する。提案システムは、出題者の意図として正解としての構造を与え、その構造を推測することを学習の狙いとしたものである。

キーワード: プログラミング, 学習支援, 物理学習, ゲーム, enchant.js, Web システム

1. はじめに

プログラミングの学習を通じて、問題解決力、構造把握力、創造力、システム思考力など、様々な能力が身に付くと言われている。例えば、プログラミングの思考過程と問題解決の過程には相関があると報告されている⁽¹⁾。また、プログラミングの思考過程と問題解決の過程には相関があると報告されている⁽²⁾。これらからプログラミング教育の効果は他の学習においても効果を発揮できると考えられる。しかしながら、プログラミングは、物理、数学に関する学習にどの程度役立つのかといった知見については、これまでのところ十分に報告されていない。

そこで本研究では、プログラムの構成要素であるオブジェクト同士の関係や複数のオブジェクトで構成される構造学習を目的とした学習システムを開発し、主として構造把握力・システム思考力の学習が物理の知識獲得にどの程度役立つのかを明らかにする。本研究では、インタラクティブ機能を有するシミュレーションの仕組みを活用し、物理課題の学習教材を開発する。そして、それが物理の因果構造理解に有効に働くかどうかを調査する。提案システムは、出題者の意図として正解としての構造を与え、その構造を推測することを学習の狙いとする。

提案システムでは、カード組み立てによりアルゴリズムの構造の操作を可能とし、与えられた構造に応じた結果をシミュレータ形式で提示する。これは、Error-Based Simulation⁽³⁾の考え方に基づいている。カード組み立ては、「カード操作方式」に基づくプログラミング学習支援システム^(4,5)の仕組みを利用する。

2. 物理学習

物理教育の現状調査プロジェクトが行った「力学概念調査」(Force Concept Inventory; FCI)⁽⁶⁾の結果、物理未履修(中学段階までの理解)で克服が難しい素朴概念を持つ問題は履修後も克服が難しく、逆に物理未履修での正答率の高い問題は履修後もさらに高いという状況であることが示された。作用・反作用の法則及び力と運動の関係は高校物理履修後も正答率は半数にも満たなかった。ゆえに、日本の高校物理においてさらに全体的な理解の向上をめざし、強く残る素朴概念を克服できるような新たな授業方法の提案を模索していくことが必要であるとされている。

3. 提案システム

提案システムは、問題文とプログラムコードの書かれたカード群が提示され、学習者は問題文の処理に合うようにカードを選択し、マウスで並び替えることでプログラムを構築する演習方式となっている。システムの構成は以下のようにになっている。

- ✓ 基本言語 : Ruby 2.3.3
- ✓ Web アプリケーションフレームワーク : Ruby on Rails 4.2.4
- ✓ OS : Ubuntu 15.04
- ✓ Web サーバソフトウェア : Apache 2.4.10
- ✓ データベース管理システム : MySQL 5.6.28
- ✓ CSS フレームワーク : UIKit 2.23.0
- ✓ JavaScript ライブラリ : jQuery 1.11.3

図 1 にシステムのインタフェース画面を示す。カ



図1 学習支援システムのインターフェース

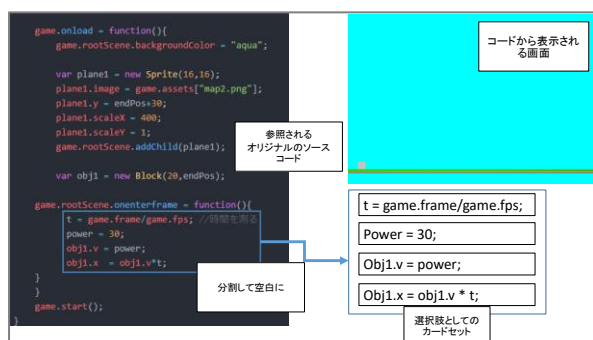


図2 学習支援システムのシミュレータの例

ードはドラッグ&ドロップで動かせ、出題する問題の言語は javascript のフレームワークである enchant.js である。システムの特徴は、各問題の解答時に図2のように画面に結果の表示を行うことで、即時フィードバックを返せる点にある。学習者は、提案システムを用いて物理の力学の運動方程式をプログラムで作成する。先行研究の EBS のように、プログラミング演習とシミュレータによる動作確認を通じて物理の概念構造を理解する。

本システムで物理の力学を学習してもらうにあたって、学習者にはシミュレータで全てのプログラムを作るのではなく、一部の特定のオブジェクトの動作を開発する。例えば図1の問題の場合、問題開始時点では、学習者には図2の右上に示すシミュレータの画面が表示される。画面に表示されている箱は問題文に書かれている等速直線運動を行っておらず、画面では動作しないままの状態となっている。そこで、問題で指示されたとおりの箱が等速直線運動を行うよう、学習者は与えられたカードを組み立て、問題で指示されたとおりと一致するようにプログラムを構築する。カードの順番を並べ替えたり、カード内の各数字の値を変更したりしながら、物理のシミュレータを正解に近づけていく。プログラムは、物理の運動方程式をもとにしたものとなっており、今回の例の場合は等速直線運動の運動方程式である $x=vt$ の式を作成するものとなっている。この問題を自習することにより、学習者は式の適切な使い方を理解することができる。

4. 評価方法

本研究の目的は、インタラクティブなシミュレータを有するプログラミング環境は、物理の構造理解に有効であるかを検証することである。そこで本研究では、提案システムを用いた学習を通じて、物理の理解度(成績)がどの程度向上するかを明らかにする。本研究では、学習方式として、一般的な教科書による学習、EBSを用いた学習、提案システムを用いた学習の3種類を用意した。それぞれプレテストとポストテストを実施し、学習効果を比較した結果、提案システムを用いた学習は他の学習方式と同程度の効果を得られていた。このことは、プログラミングは物理学習の手段として利用可能であることが示唆された結果と言える。なお、アンケートの結果からは、有意差は見られなかったものの、提案システムはEBSよりも高い評価を得ていた。実験結果の詳細は当日発表で明らかにする。

5. おわり

本研究では、プログラミングで論理的思考を学ばせることを目的とした学習システムを開発し、物理の学習に有効であるかどうかを検証した。その結果、提案システムは物理教育に有効な可能性があること、また、学習者にとってもより楽しく学びやすい学習方法であることがアンケートから示唆された。

謝辞

本研究は、独立行政法人日本学術振興会科学研究費助成事業(基盤研究(C)16K01147, 17K01164)の助成を受けて実施した成果の一部である。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- (1) 山本利一, 本郷健, 本村猛能, 永井克昇, 克昇初等中等教育におけるプログラミング教育の教育的意義の考察, 教育情報研究 32(2), pp.3-12 (2016).
- (2) 大場みち子, 伊藤恵, 下郡啓夫, プログラミング力と論理的思考力との相関に関する分析, 研究報告, 情報基礎とアクセス技術(IFAT), IFAT-118(2), pp.1-4 (2015).
- (3) 今井功, 東本崇仁, 堀口知也, 平嶋宗, 中学理科における Error - based Simulation を用いた授業実践: - 「ニュートンに挑戦」プロジェクト -, 教育システム情報学会学会誌, Vol.25, No.2, pp.194-203 (2008).
- (4) 石井元規, 松本慎平, 林雄介, 平嶋宗, プログラミングを苦手とする学習者のための学習支援システムの検討, 第18回 IEEE 広島支部学生シンポジウム論文集, 410.情報その他, A4-59, pp.202-205 (2016).
- (5) K. Okimoto, S. Matsumoto, S. Yamagishi, T. Kashima, Proposal of a Game Development-Based Online Programming Learning System Based on the Concept of Parson's Puzzle, Proc. of AROB 22nd, pp.139-142 (2017).
- (6) 山崎敏昭, 岸澤眞一, 長谷川大和, 安田淳一郎, 合田正毅, 覧具博義, 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, 物理教育学会年会物理教育研究大会予稿集, pp.32-59 (2015).