

令和4年度 学士論文

物理学の学習のためのプログラ
マブルなシミュレータと環境の
提案

東京工業大学 情報理工学院 数理・計算科学系

学籍番号 18B04657

木内 康介

指導教員

増原 英彦 教授

令和5年2月6日

概要

ここに Abstract を書く (A4 2 枚まで)

謝辞

本研究を進めるにあたり、増原英彦教授、叢悠悠助教授に多くのアドバイスやご指導をいただきました。また、増原研究室の学生の皆様にも様々な知見や、研究におけるアドバイスをいただきました。本論文は以上の方々のご支援がなければ存在しえませんでした。この場を借りて感謝申し上げます。

目次

第1章	はじめに	1
第2章	関連研究	2
2.1	PhET	2
2.1.1	PhET を用いた実例の紹介	2
2.2	Scratch	3
第3章	提案する内容	4
第4章	実装	5
第5章	評価手法	6
第6章	まとめと展望	7

第1章 はじめに

書くこと

- 物理教育におけるシミュレーションの位置付け
- 物理教育でのシミュレーションの実例
- 現在のシミュレーションでは自分の目的に適していないことの説明

本論文の構成は以下の通りである。第2章で、既存のシミュレータとそれを用いた実例について紹介する。第3章で、[ここにシミュレータの名前を入力] の紹介とその効果を説明する。第4章で、[ここにシミュレータの名前を入力] の実現方法を説明する。第5章で、[ここにシミュレータの名前を入力] の評価方法を提案する。第6章で、まとめと今後の展望について述べる。

第2章 関連研究

2.1 PhET

PhET(Physics Education Technology)[4] は、コロラド大学ボルダー校によるプロジェクトで、物理学の教育に活用できるシミュレーションの作成を目標としている。2023 年 1 月現在、ウェブサイト [10] 上では 50 以上のシミュレーションが公開されている。また、物理学のみならず化学・数学・生物学・地球科学などのシミュレーションも公開されている。

ここからは、PhET の物理学シミュレーションに的を絞ってより詳しく紹介する。PhET では、学習レベルに応じたシミュレーションの分類も行っている。各レベル毎のシミュレーションの数は表 2.1 の通りである。

表 2.1: PhET における GRADE LEVEL 毎のシミュレーション数

GRADE LEVEL	個数
Elementary School	23
Middle School	37
High School	49
University	47

2.1.1 PhET を用いた実例の紹介

Prima[5] は、インドネシアの中学校の生徒に PhET を用いて太陽系について教える実験を行った。Prima は、PhET を利用する効果を N-Gain(normalized gain) を用いて評価している。満点を 100 とする pre-test と post-test の平均点をそれぞれ $\langle \text{pre-test} \rangle$, $\langle \text{post-test} \rangle$ とすると、N-Gain $\langle g \rangle$ は以下のように求められる:

$$\langle g \rangle = \frac{\langle \text{post-test} \rangle - \langle \text{pre-test} \rangle}{100 - \langle \text{pre-test} \rangle}$$

また、テストは Bloom's Taxonomy に基づき Remembering, Understanding, Applying, Analyzing の 4 領域で行われた。

この調子で書いていくと [5] の内容を翻訳するだけになるので一旦中断 [8]

2.2 Scratch

Scratch[3] について

Scratch を用いた実例の紹介 [2]

第3章 提案する内容

- シミュレータの概要
- 既存のシミュレータとの差異

第4章 実装

実装は、フロントエンドに Lively.next[1] を、文字式の計算に SymPy[9] を用いた。また、SymPy は Python のライブラリであるが、WebAssembly で実装された CPython 処理系の Pyodide[7] を用いることでブラウザ上で完結させた。

第5章 評価手法

[6] の手法を参考にして考える。

第6章 まとめと展望

参考文献

- [1] : lively.next, <https://lively-next.org>.
- [2] López, V. and Hernández, M. I.: Scratch as a computational modelling tool for teaching physics, *Physics Education*, Vol. 50, pp. 310 – 316 (2015).
- [3] Massachusetts Institute of Technology: Scratch - Imagine, Program, Share, <https://scratch.mit.edu>.
- [4] Perkins, K. K., Adams, W. K., Dubson, M., Finkelstein, N. D., Reid, S., Wieman, C. E. and LeMaster, R.: PhET: Interactive Simulations for Teaching and Learning Physics, *The Physics Teacher*, Vol. 44, pp. 18–23 (2006).
- [5] Prima, E. C., Putri, A. R. and Rustaman, N.: Learning solar system using PhET simulation to improve students ’ understanding and motivation, *Journal of Science Learning*, Vol. 1, No. 2, p. 60 (2018).
- [6] Pucholt, Z.: Effectiveness of simulations versus traditional approach in teaching physics, *European Journal of Physics*, Vol. 42, No. 1, p. 015703 (2020).
- [7] Pyodide contributors and Mozilla: Pyodide, <https://pyodide.org/en/stable/>.
- [8] Rehman, N., Zhang, W., Mahmood, A. and Alam, F.: Teaching physics with interactive computer simulation at secondary level, *Cadernos de Educação Tecnologia e Sociedade*, Vol. 14, No. 1, p. 127 (2021).
- [9] SymPy Development Team: SymPy, <https://www.sympy.org/en/index.html>.
- [10] University of Colorado: PhET: Free online physics, chemistry, biology, earth science and math simulations, <https://phet.colorado.edu>.