

理数系科目学習のためのプログラミング教材開発に関する研究

A Study on Developing Programming Learning Material for Science and Mathematics Subjects

西山 颯^{*1}, 岩本 朋也^{*2}, 大下 昌紀^{*2}, 松本 慎平^{*1}

Hayate NISHIYAMA^{*1}, Tomoya IWAMOTO^{*2}, Masanori OHSHITA^{*2}, Shimpei MATSUMOTO^{*1}

^{*1} 広島工業大学情報学部

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

Email: {b116076, s.matsumoto.gk}@cc.it-hiroshima.ac.jp

^{*2} 広島工業大学大学院工学系研究科

^{*2} Graduate School of Science and Technology, Hiroshima Institute of Technology

Email: {md18002, md18003}@cc.it-hiroshima.ac.jp

あらまし：本研究では、中等教育課程で学ぶ数学のモデル式を対象とし、学習教材に誤概念の修正やモデル式の変化を観測可能な内容を組み入れることで、モデル式の理解の深化を促進可能なプログラミング学習教材開発を目的とする。本研究では中等教育課程での関数の学習を対象とする。実験の結果、提案したプログラミング教材は数学の一般的な関数学習の活動と同等の学習効果を有することを確認した。

キーワード：プログラミング、中等教育課程、数学、関数

1. はじめに

プログラミングは論理的思考力の養成に大きな学習効果があることは広く知られている⁽¹⁾。また、プログラミングの思考過程の構造と問題解決の過程には相関があるといった報告もある⁽²⁾。これらの指摘を踏まえれば、論理思考力が求められる学習課題においてプログラミングは有用な学習手段と位置付けることができる。その証拠に、数学の学習においてプログラミングを学習手段として採用した事例もある⁽³⁾。中等教育機関などで教授される数学・物理でプログラミングを用いる大きなメリットとして、出力提示に基づきモデル式を対話的に操作でき、それによりモデル式を構成する各変数の役割や全体の機能を理解できる点にあると考えられる。この点に着目し、先行研究では、数学におけるシミュレータの学習ツールとしての有用性とプログラミング開発学習自体の学習効果を踏まえ、二次元関数のグラフ描画シミュレータのプログラミングを学習課題とした教材及びその学習を支援するシステムが提案された⁽⁴⁾。その結果、一般的な学習法と比較し提案システムの有効性が示されたが、モデル式の理解の深化は見られなかった。その理由として、自らモデル式を操作しその結果を観測した上で理由を自己説明する活動や、モデル式を拡張した場合の振る舞いの予測とその根拠の説明、確認と考察といった科学的活動を十分に指示できておらず、モデル式をコーディングしその動作を確認するといった手続き的理解⁽⁵⁾に留まっていたからではないかと考えられる。その他に考えられる理由として、誤概念⁽⁶⁾が適切な学習を阻害していた可能性がある。誤概念とは、科学的に正しくないとされる知識や考え方のことを意味し、学習前や学習初期段階に初学者は誤概念を持っている場合が多々見られると言われている。この誤概念は適切な学習や問題解決の妨げとなり得る存在であるため、誤概念を正しい知識へと変化させる活動が必要と考

えられている。そこで本研究では、中等教育課程で学ぶ数学のモデル式を対象とし、学習教材に誤概念の修正やモデル式の変化を観測可能な内容を組み入れることで、モデル式の理解の深化を促進可能なプログラミング教材開発を目的とする。本研究では関数の学習に焦点を当てる。実験の結果、プログラミングは数学の一般的な関数学習の活動と同等の学習効果を有することを確認した。

2. 提案

シミュレータの数学学習ツールとしての有用性とプログラミング開発学習自体の学習効果が先行研究で示されている⁽⁴⁾。本研究では、シミュレータの操作を通じて学習者の思考を視覚的に表現することで学習者が自分自身で誤りを気付くことができ数学のより深い理解に繋がる⁽⁷⁾といった報告や、シミュレータのようにゲーム開発を題材とした学習は学習者の意欲促進に繋がる⁽⁸⁾といった報告⁽⁸⁾を踏まえ、ゲーム開発を題材とした教材を構築する。この中に中等教育課程で学ぶ数学・物理のモデル式を組み込み、それらの理解の深化を促進するための学習課題を用意する。具体的には、モデル式を操作しその結果を観測した上で理由を自己説明する活動、モデル式を拡張した場合の振る舞いの予測とその根拠の説明、確認と考察といった科学的活動を教材の中で指示し、科学的活動に対応したプログラムの記述・編集を行わせる。教材の一部を図1に示す。教材の開発と共に、プログラミング学習により専念できるよう単一画面のみで学習を完結させることが可能なUIを有する学習支援システムを開発する。提案システムの動作画面を図2に示す。提案システムは、主に学習者の目標となる模範画面の提示領域、ゲームとして開発するプログラムの入力領域、入力されたプログラムをもとに実行結果をゲームとして出力するための領域の3つから構成され、3つの領域は単一画面

内に配置されている。学習者は Web ブラウザさえあれば全ての学習活動を提案システムで行うことができる。なお、本研究は JavaScript でのプログラミングを対象とし、ゲーム開発フレームワークである `enchant.js` を使用する。

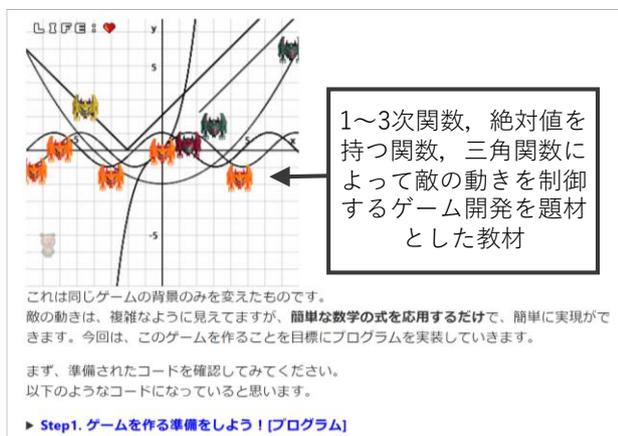


図 1 教材の一部



図 2 システムの外観

表 1 プレ・ポストテストの平均

	プレテスト	ポストテスト
実験群	8.7	11.1
統制群	8.4	11.6

3. 実験

提案法の教材で学習する実験群と、中等教育課程での数学の授業の中で一般的に行われている紙によるグラフ描画演習を行いながらプログラミング実装に取り組む統制群に被験者を分け、事後試験の成績に基づき学習効果を評価した。全ての被験者は同一システム上で学習を行い、実験群と統制群の違いは紙の演習の有無のみである。

まず、情報学を専攻する大学 3、4 年生 20 人を被験者とし、プレテストの結果を踏まえ学力水準が同等になるよう 10 人ずつ被験者を 2 群に分けた。実験の学習目標は関数の学習とし、学習内容は、1-3 次関数、絶対値を含む関数、三角関数、学習時間は 40 分とした。学習の後、学習効果を確認するためのポストテストを行った。プレ・ポストテスト共に問題数は同等とした。実験の結果を表 1 に示す。両群共

にプレテストよりポストテストは高く、統計的に有意な差 ($p < .01$, 両側) が認められた。ポストテストでは 2 群の間に統計的な差は見られなかった。以上から、提案法で掲げたプログラミングによる関数の学習は、紙による一般的な関数学習を置き換え可能であることが示唆された。

4. おわりに

本研究では、中等教育課程で学ぶ数学・物理のモデル式を対象とし、この理解の深化を促進可能なゲーム開発を題材とした教材を開発した。また、その学習を支援するためのシステムを開発した。提案法の有用性を実験で評価した結果、一般的な数学の学習法と同等の学習効果があることが示唆された。以上から、プログラミングにより数学を学習させる方法は一般の紙による学習を置き換え可能な方法であることを確認できた。今後、中等教育課程の数学・物理の中で学習項目に設定されている「関数方程式」、「運動方程式」、「摩擦運動」を対象を広げ、物理学習での有用性を明らかにする。

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)17K01164, No.19K02987)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, 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, Vol.32, No. 32, pp.3-12 (2016).
- (2) 大場みち子, 伊藤恵, 下郡啓, 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, 情報基礎とアクセス技術(IFAT), 118 (2), pp.1-4 (2015).
- (3) 杉野裕子, 数学教育におけるプログラミングの利用「学校図形 Logo」を通して, 教育情報研究, 5 巻, 1 号, pp.79-89 (1989).
- (4) 岩本朋也, 松本慎平, 基礎数学における関数の本質的理解を支援するためのプログラミング学習支援システムの開発, 第 79 回情報システム研究会, IS-19-048, pp.11-16 (2019).
- (5) 廣瀬友介, 中本敬子, 蛭田政弘, 数学学習における学習観と学習方略の関係: 大学生を対象とした分析. 文教大学教育学部紀要, 46, pp.45-56 (2013).
- (6) 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, 人工知能学会研究会資料 SIG-ALST-B403-12 (2015).
- (7) 黒川魁, 東本崇仁, 堀口知也, 平嶋宗, 軌跡を題材とした数学の表現変換と能動的誤りの発見支援機能を有する学習支援システムの開発と評価, 電子情報通信学会論文誌 D, J101-D(6), pp.864-873 (2018).
- (8) 栗山裕, 橋下友茂, 山下利之, ゲームプログラミングによる情報教育の評価方法, 日本教育工学会論文誌, 28 巻, pp.181-184 (2005).