

# カード操作方式によるプログラミング学習システムの フィードバック機能の実装及び評価

## Implementation and Evaluation of Feedback Function of Card Operation-Based Programming Learning System

森永 笑子<sup>\*1</sup>, 松本 慎平<sup>\*2</sup>, 林 雄介<sup>\*3</sup>, 平嶋 宗<sup>\*3</sup>  
Shoko MORINAGA<sup>\*1</sup>, Shimpei MATSUMOTO<sup>\*2</sup>, Yusuke HAYASHI<sup>\*3</sup>, Tsukasa HIRASHIMA<sup>\*3</sup>

<sup>\*1</sup> 広島工業大学大学院工学系研究科

<sup>\*1</sup> Graduate School of Science and Technology, Hiroshima Institute of Technology

Email: md18006 @cc.it-hiroshima.ac.jp

<sup>\*2</sup> 広島工業大学 情報学部

<sup>\*2</sup> Faculty of Applied Information Science, Hiroshima Institute of Technology

Email: s.matsumoto.gk@cc.it-hiroshima.ac.jp

<sup>\*3</sup> 広島大学 大学院工学研究科

<sup>\*3</sup> Graduate School of Engineering, Hiroshima University

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

**あらまし**: 部分間の関係を考えることに焦点を当てたプログラミング学習において、非本質的な認知負荷の影響をできる限り減らすため、カード操作方式の学習支援システムが開発されている。これは、学習課題のフレームと学習活動のパターンを制限し、意図した学習に認知資源を集中させることを目指したプログラミング学習システムのひとつの形である。著者らのこれまでの取り組みにより、カード操作方式に基づいたプログラミング方式は教授者が意図した内容に学習者を集中させることができ、とりわけ初学者にとってより有効な学習方法であることが確認された。また、カード操作方式に基づいたプログラミングは、従来のコーディング主体の学習と同等の学習効果を有しながら、従来よりも学習時間を短縮できる効率的な学習方法であることが明らかにされた。本稿では、カード操作方式に対して SIEM 理論に基づいたフィードバック方式を提案し、その効果を明らかにすることを目的とする。

**キーワード**: プログラミング, 学習支援システム, カード演習方式, 部分間の関係, SIEM 理論

### 1. はじめに

プログラミングは様々な能力や活動を必要とするため、コンピュータに不慣れな初学者にとっては学習の負担が特に大きく、認知資源を本質的学習にうまく配分できないと言われている<sup>(1)</sup>。プログラミングは本来高い内在負荷を持つため、できる限り学習者の外在負荷を減らす必要があるとされている<sup>(2)</sup>。

そこで、部分間の関係を考えることに焦点を当てたプログラミング学習において、非本質的な認知負荷の影響をできる限り減らすため、カード操作方式の学習支援システムが開発されている<sup>(3)</sup>。これは、学習課題のフレームと学習活動のパターンを制限し、意図した学習に認知資源を集中させることを目指したプログラミング学習システムのひとつの形である。カード操作方式は、プログラムの部分と部分の関係を考えることに集中させることで、プログラムの構造を意識する習慣、全体の構造を把握する力の習得を狙いとしたものである。大学講義でカード操作方式による学習支援システムを導入した結果、非本質的な認知負荷<sup>(4)</sup>を減らしながら、教授者が意図した学習活動に集中できていたこと、とりわけ初学者にとってより有効な学習方法であることが示唆された<sup>(5)</sup>。また、カード操作方式に基づいたプログラミングは、従来のコーディング主体の学習と同等の学習効果を有しながら、従来よりも学習時間を短縮でき

る効率的な学習方法であることが明らかにされた<sup>(6)</sup>。一方で、カード操作方式に基づく学習システムの正誤判定は、カード順列のマッチングでのみ行われている。そのため、実際のコーディングのように、命令の並びに応じた実行結果をフィードバックとして返すことができない。カード操作方式に基づく学習システムをプログラミングの学習として一層活用できるようにするためには、カードの並びに応じて実行結果を返答できるようにすること、加えて、自学学習を促すために、実行結果を足場かけの機会として活用可能な教材開発が必要であると考えられる。

そこで本稿では、カード操作方式に基づく学習支援システムに対して、カードに並びに応じて実行結果を返答できるようなフィードバック機能を実装することを目的とする。さらに、プログラムの実行結果を足場かけの機会として利用できるようにするため、本稿では SIEM 理論<sup>(6)</sup>に基づいた教材を提案する。本稿では、その教材(提案教材)の詳細を明らかにし、提案教材の有効性を明らかにするための具体的な実験方法を示す。

### 2. カード操作方式

カード操作方式は、問題文とプログラムコードの書かれたカードを提示し、学習者は問題文の処理にあるようにカードを並び替える演習方式である。カ

ード操作方式では、プログラミングを分割した後、間接的に一部の活動を減らし、各活動に認知資源を集中させる仕組みである。なお、このカード操作方式は、従来のコーディング演習を完全に置き換えるのではなく、一般的な教授法とカード操作方式とを併用した形で教育を実践することを想定している。

図1にカード操作方式に基づいた学習支援システムの外観を示す。本システムは、Ruby on Railsで動作するWebアプリケーションである。カードは、マウスのドラッグ&ドロップ操作で動かすことができ、右側から左側にカードを移動させてプログラムを組み立てる。本稿では、カードに並びに応じて実行結果を返答できるようなフィードバック機能を実装した。組み立てられたコードは、JSON形式に変換された後、C言語コンパイル用のWebインタフェースシステムを通してgccで実行され、実行結果を受け取り画面に表示できる。実行結果に加えて、カードの並びに基づいて正誤を自動で判定し、学習者にフィードバックできる。

### 3. SIEM理論に基づく教材開発

プログラムの実行結果を足場かけの機会として利用できるようにするため、SIEM理論の「スモール・ステップ」に注目し、教材を開発した。SIEM理論とは、学習者の学習意欲を高めることを目的に、認知心理学に基づいた学習理論によるシステムティックな情報教育メゾットとして開発された教授法である<sup>(6)</sup>。先行研究<sup>(6)</sup>により、SIEM理論を導入したプログラミング教育が学習意欲を高めていることが検証され、モチベーションを高めることが教育効果を高めることにつながったことも確認された。SIEM理論で示された「スモール・ステップ」とは、目標に至るステップを細かくすることで、失敗を最小限に抑えるような配慮をし、興味を失わせないように工夫することである。そこで本稿では、この「スモール・ステップ」を足場かけの仕組みとして教材に導入することを試みた(図2参照)。そして、この効果を明らかにするために実験を行う。

本研究の実験では、フィードバックを受ける群を実験群、受けない群を統制群として2群に分けて、比較実験を行う。まず、学力水準が同等になるように実験群、統制群の2群に分ける。その後、実験群、統制群ともに同じ問題を3問出題し、学習を行う。トレーニング時間は、最大30分とする。学習後ポストテストを行う。なお、全ての実験が終わった後、被験者からアンケート結果を得る。アンケートは、先行研究<sup>(6)</sup>で使用されたアンケート内容を利用し、6段階のリッカート尺度で評価する。

### 4. おわりに

本稿では、カード操作方式に基づく学習支援システムにフィードバック機能を実装した。また、プログラムの実行結果を足場かけの機会として活用するために、SIEM理論に基づいた教材をした。

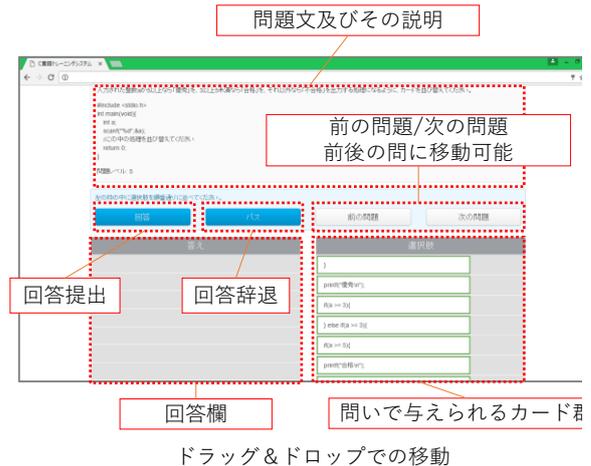


図1 学習支援システムの画面

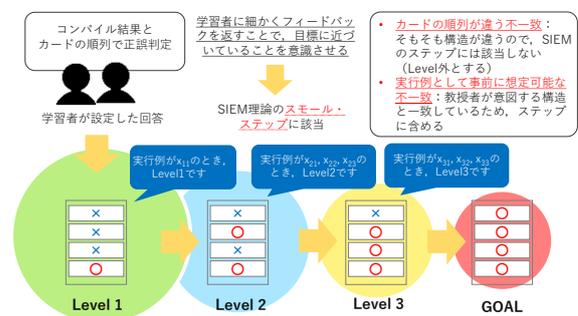


図2 スモール・ステップの実現方法

### 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) S. Lisack, Helping Students Succeed in a First Programming Course: A Way to Correct Background Deficiencies, International Association for Computer Information Systems Conference, Mexico (1998).
- (2) S. Garner, A Tool to Support the Use of Part-Complete Solutions in the Learning of Programming, Proceeding de conference, pp.222-228 (2001).
- (3) 松本慎平, 林雄介, 平嶋宗, カード操作に基づくアルゴリズムの思考に焦点を当てたプログラミング学習システムの実践, 平成29年度(第68回)電気・情報関連学会中国支部連合大会, R17-27-10 (2017).
- (4) J. Sweller, J. Van Merriënboer, F. Paas, Cognitive architecture and instructional design, Educational psychology review, Vol.10, No.3, pp.251-296 (1998).
- (5) 村上瑠香, 森永笑子, 松本慎平, 林雄介, 平嶋宗, カード操作方式によるプログラミング学習システムの学習効果, 2017年度JSiSE学生研究発表会(中国地区)講演論文集 (2018).
- (6) 土肥紳一, 宮川治, 今野紀子, 工学部第二部電気電子工学科におけるプログラミング入門教育の教授の工夫, 工学教育, Vol.62, No.3, pp.28-33 (2014).