

# カード操作方式におけるプログラミング学習支援システムにおける ラーニングアナリティクス

## Learning Analytics for Card Operation-Based Programming Learning Support System

岩本 颯<sup>\*1</sup>, 森永 笑子<sup>\*2</sup>, 松本 慎平<sup>\*1</sup>, 林 雄介<sup>\*3</sup>, 平嶋 宗<sup>\*3</sup>  
Hayate IWAMOTO<sup>\*1</sup>, Shoko MORINAGA<sup>\*2</sup>, Shimpei MATSUMOTO<sup>\*1</sup>

<sup>\*1</sup> 広島工業大学情報学部

<sup>\*1</sup> Faculty of Applied Information Science, Hiroshima Institute of Technology  
Email: {b117018, s.matsumoto.gk}@cc.it-hiroshima.ac.jp

<sup>\*2</sup> 広島工業大学大学院工学系研究科

<sup>\*2</sup> Graduate School of Science and Technology, Hiroshima Institute of Technology  
Email: md18006@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:** 本研究では、カード操作方式によるプログラミング学習支援システムのラーニングアナリティクスを行った結果を報告する。まず、カード操作回数に着目しその回数とプログラミングの理解度との関係を調査したところ、プログラミングを理解できている群(中央値より上位)は下位群よりもカード操作回数が統計的に有意に少ないことを明らかにした。この一般性を帰納的に明らかにするため、先の分析とは異なった学習ログデータに対して先行研究と同様の分析手法を適用し、先行研究で得られた知見の一般性を調査した。その結果、先行研究と同様にプログラミングを理解できている群はそうでない群よりもカード操作回数が統計的に有意に少なく、カード操作回数と学習者の理解度の間に一般性が示唆された。

**キーワード:** プログラミング, カード操作方式, ラーニングアナリティクス

### 1. はじめに

分節化された意味のある部分の再構成を通じ部分間の関係の思考に焦点を当てたプログラミング学習において、外在的な非本質的認知負荷の影響をできる限り抑制するため、カード操作方式によるプログラミング学習支援システム(以降、基本システム)が開発され、その有用性が示されている<sup>(1)</sup>。先行研究において大学講義で基本システムを導入した結果その有用性が明らかとされた。基本システムを用いて更なる学習支援を実現するため、学習履歴データの集計と統計による提示により数多くの教育改善が試みられている現状<sup>(2)</sup>を鑑み、基本システムの学習ログ分析が進められている<sup>(3,4)</sup>。村上らは学習プロセスを数量的に評価するため、レーベンシュタイン距離<sup>(5)</sup>の考え方を参考にして学習者の回答欄に並べられたカード順列を定量化する方法を提案した<sup>(3)</sup>。

Morinagaらは、基本システムの実践利用を通じて得られた学習ログを村上らの手法で処理し、多変量解析可能な形式に変換する方法を提案した<sup>(4)</sup>。その有用性を示すため多変量解析を適用し、学習者や問題の特徴がベクトルに表れていることを明らかにした。

本研究では、カード操作回数に着目しその回数とプログラミングの理解度との関係を調査する。その結果、プログラミングを理解できている群(中央値より上位)は下位群よりもカード操作回数が統計的に有意に少ないことを明らかにした。この一般性を帰納的に明らかにするため、先の分析とは異なった学

習ログデータに対して先行研究と同様の分析手法を適用し、先行研究で得られた知見の一般性を調査した。その結果、先行研究と同様にプログラミングを理解できている群はそうでない群よりもカード操作回数が統計的に有意に少なく、カード操作回数と学習者の理解度の間に一般性が示唆された。

### 2. 提案

基本システムは、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。基本システムの外観を図1に示す。

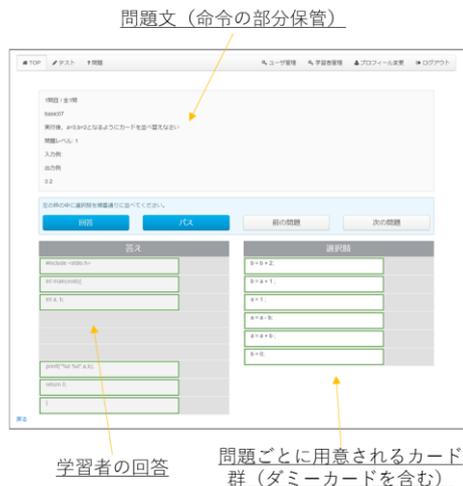


図1 基本システムの外観

### 3. 学習プロセスの定量評価手法

村上らの手法<sup>(1)</sup>は、レーベンシュタイン距離<sup>(1)</sup>の考え方を参考に学習プロセスを量的に評価するための分析手法である。レーベンシュタイン距離は自然言語処理の中で文字列類似度評価に用いられる一般的な方法であり、ゴールまでの処理回数を数字で表したものである。レーベンシュタイン距離では文字の挿入、削除、置換、を1手として考え、編集にかかる距離を測定する。村上らの手法は、基本的にはレーベンシュタイン距離と同様に学習者の回答であるカード順列を数量化する。すなわち、正解のカードの配置を距離0として考え、正解に近づくまでに必要なカードの操作回数をレーベンシュタイン距離と同様に評価する。例えば、正解のカード順列が(1,2,3,4)で学習者の状態が(1,3,2,4)であったとき、2番目と3番目のカードを交換すれば正解のカードの配置を得られるため距離は1となる。

基本的な評価規則は従来通りであるが、一部レーベンシュタイン距離の考えは基本システムの仕様にそぐわない点がある。具体的には、「複数枚のカードで構成されるグループの移動を1回の処理と見なす点と「カードの入れ替えを1回の処理と見なす」点である。前者について、正解のカード順列が(1,2,3,4)で学習者の状態が(2,3,4,1)であるとき、カード順列をレーベンシュタイン距離と同様の考え方で距離を計算すると3手となる一方、基本システムでは1手で(1,2,3,4)の状態を得られるため距離は1となる。後者について、正解は同じで学習者の状態が(1,6,3,4)のとき、レーベンシュタイン距離は1となる。しかし基本システムの場合、まず6番のカードを除き(1手)次に2番のカードを挿入する(1手)必要があるため、距離は2となる。村上らの手法<sup>(3)</sup>は、レーベンシュタイン距離の考え方にこれらの規則を加味している。

### 4. 分析

Morinagaらは、各学習者をベクトル化する方法を示した<sup>(4)</sup>。本研究ではこの考えに基づき、学習者の各ベクトルの要素を距離*i*が出た回数/問題数とした。なお、回答ログのない問題は含めないものとし、正解の並びを得た回数を0番目の要素とした。距離8以上については全てを合算し、8番目の要素を算出した。以上により、各学習者を9次元ベクトルで表した。このデータを主成分分析した結果、第1主成分(寄与率44.1%)は試行錯誤の形跡と結論付けた。その仮説を踏まえ、第1主成分得点の符号に基づき学習者を2群に分け到達度試験の差をWelchのt検定で比較したところ、第1主成分の符号が負の学習者の到達度テストの平均(29.2,  $n=66$ )は正の学習者のそれ(25.7,  $n=39$ )よりも有意( $p<.05$ , 両側)に高いことを明らかにした。また、第1主成分の符号が負の学習者の1問題あたりのカード操作回数を調査したところ平均5.7回であったのに対して、第1主成分の符号が正の学習者は11.7回となり統計的に有意( $p<.01$ ,

両側)に多かった。このことから、成績の良い学習者は十分な思考を行っていたためカード操作が少ない傾向にあると結論付けた。

以上の知見を再確認するため、Morinagaらとは異なった学習データに対して先行研究と同様の分析手法を適用した。第1主成分得点の符号に基づき学習者を2群に分け到達度試験の差をWelchのt検定で比較したところ、第1主成分の符号が負の学習者の平均(26.2,  $n=72$ )は正の学習者のそれ(20.7,  $n=35$ )よりも有意( $p<.01$ , 両側)に高く、また、1問あたりのカード操作回数も先行研究と同様に、第1主成分の符号が負の学習者の平均カード操作回数は17.4、正の学習者は28.9であり、正の学習者は有意( $p<.01$ , 両側)に多かった。この結果から、先行研究が結論付けた仮説の一般性が示唆された。

### 5. おわりに

本研究では、カード操作方式によるプログラミング学習支援システムのラーニングアナリティクスを行った。その結果、カード操作回数とプログラミングの理解度との間に関係が見られた。この一般性を帰納的に明らかにするため、先の分析とは異なった学習ログデータに対して先行研究と同様の分析手法を適用し、先行研究で得られた知見の一般性を調査した。その結果、先行研究と同様の傾向が示され、カード操作回数と学習者の理解度の間一般性が示唆された。今後、カード操作回数が少なくなるよう指導した場合の変化を調査し、因果関係の存在の有無を明らかにする予定である。

### 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) 松本慎平, 林雄介, 平嶋宗, 部分間関係を考えることに焦点を当てたカード操作によるプログラミング学習システムの開発, 電気学会論文誌C, Vol.138, No.8, pp.999-1010 (2018).
- (2) 植野真臣, eラーニングにおけるデータマイニング, 日本教育工学会論文誌, vol.31, no.3, pp.271-283 (2007).
- (3) 村上瑠香, 森永笑子, 松本慎平, 岩井健吾, 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過程を分析するための基礎的手法の提案, 教育システム情報学会2018年度学生研究会発表会講演論文集, A14, pp.181-182 (2019)
- (4) S. Morinaga et al., A New Concept of Distance Modified by Levenshtein Distance for Clarifying the Learning Processes in Card Operation-Based Programming Learning Support System, Proc. of 2019 8th International Congress on Advanced Applied Informatics, pp.310-313 (2019).
- (5) V. Levenshtein, Binary codes capable of correcting deletions, insertions, and reversals, Doklady Akademii Nauk SSSR, 163(4), pp.845-848 (1965).