

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 学習プロセスの分析

— レーベンシュタイン距離の考え方をを用いた不適切な活動の検出 —

Analyzing Learning Process for Card Operation-Based Programming Learning Support System

- Detecting Inappropriate Activity Using the Concept of Levenshtein Distance -

神崎 悠衣^{*1}, 重松 大志^{*2}, 松本 慎平^{*1}

Yui KANZAKI^{*1}, Hiroshi SHIGEMATSU^{*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: {bm20039, 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: md22004@cc.it-hiroshima.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。先行研究において、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の考え方を参考にし、学習状態の定量化手法が提案された。この手法により、学習者の状態を直感的に把握できるようになったが、詳細な分析は十分に行われていなかった。そこで本研究では、先行研究の手法は不適切な活動を行う学習者の検出に有用かどうか調査することを目的とする。

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⁽¹⁾。

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にされた。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⁽²⁾を踏まえ、基本システムの学習ログ分析が進められている^(3,4)。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⁽⁵⁾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・可視化する方法を提案した⁽³⁾。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⁽⁴⁾。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。岩本らは、Morinaga らの手法を用いて分析を行った⁽⁶⁾。その結果、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には関係があることを確認した。

岩本らの指摘を踏まえると、理解が不十分な学習者のカードの操作回数が多いならば、その傾向が学習プロセスの可視化結果に見られると考えられる。

しかし、このことは十分に明らかにされていない。そこで本研究は、理解が十分ではない学習者が行う不適切な活動の検出・可視化に村上らの手法が有用かどうか調査することを目的とする。

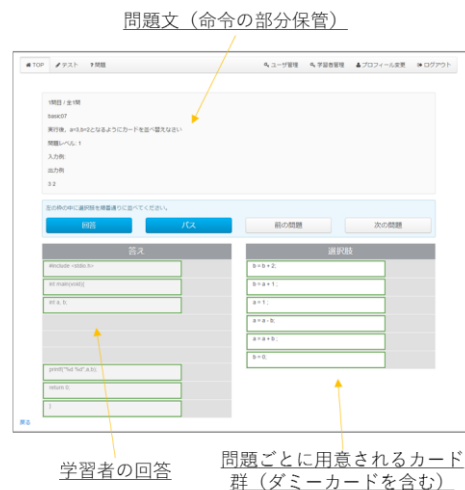


図1 基本システムの外観

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。

3. 学習プロセスの定量評価手法

村上らの手法⁽¹⁾は、レーベンシュタイン距離⁽¹⁾の考

え方に基づき、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、レーベンシュタイン距離と同様の考え方で、学習者の解答欄の状態(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、レーベンシュタイン距離と全く同じ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、正解のカード順列が(1,2,3,4)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⁹⁾は、レーベンシュタイン距離の考え方に加えて、これらの規則を加味している。

4. 分析

本研究で分析対象としたデータは、先行研究¹⁾の実践で得られた学習ログの一部とする。学習プロセスを可視化した一例を図2に示す。図2の左側は、ある学習者がある問題を解いた際の学習ログを示している。図2の「ターン」は操作数を意味し、時間(秒)は「経過」の列に、ターンごとに得られた距離を「距離」の列に、解答を送信したタイミングとその時の距離を「送;距」と「送」の列に示している。「結果」の列にはカード順列を示しており、正解の順列は「1234」となる。図2の右上のグラフは、この様子を可視化したものである。

図3は、不適切な学習活動の例である。1番目と2番目のカードを構築した後、3番目のカードを総当たりで当てはめている。このようなパターンは、いくつかの学習課題においていくつかの学習者の操作に見られた。特徴として、時間と距離の2項目の値を用いて回帰直線を構築したとき、その傾きが緩やかな場合、不適切な活動を行っている可能性が高いことを分析により確認できた。



図2 学習ログを可視化した例



図3 不適切な学習活動の例

5. おわりに

本研究は、理解が不十分な学習者が行う不適切な活動の検出に対して、村上らの手法が有用であることを明らかにした。

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)20K0319, 22K02815)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, 部分間の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).
- (6) 岩本颯, 森永笑子, 松本慎平, 林雄介, 平嶋宗, 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, 教育システム情報学会 2019 年度学生研究発表会講演論文集, 中国地区, O06, pp.187-188 (2020).