

カード操作によるプログラミング学習支援システムの 学習過程を分析するための評価手法の検討

Investigation of Evaluation Methods for Analyzing the Learning Process in a Card Operation-Based Programming Learning Support System

矢上 果林^{*1}, 田辺 七海^{*2}, 松本 慎平^{*1}

Karin YAGAMI^{*1}, Natsumi TANABE^{*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: {b22226, 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: md24003@cc.it-hiroshima.ac.jp

あらまし: カード操作による学習支援システムにおいて、適切ではない学習活動の検出支援が求められている。先行研究では、レーベンシュタイン距離の考え方を応用した学習ログの評価方法が用いられ、これまで十分であると仮定されてきた。しかし、この仮定の適切性については、十分な検証が行われていない。そこで本研究では、レーベンシュタイン距離を基にした従来の学習ログ評価方法に対し、解答には含まれない選択肢の影響や、解答欄に配置されたカードの位置をより厳密に考慮した評価手法を提案する。いくつかの事例をもとに考察を行った結果、提案法は、学習の進捗をより正しく反映できている可能性が確認された。

キーワード: カード操作によるプログラミング学習支援システム, 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を再構成する活動を通じプログラムの構造に関する学習支援を意図して、カード操作方式による学習支援システム(Card Operation-Based Programming Learning Support System, 以降, COPS)が開発されている⁽¹⁾。カード操作方式とは、複数のカードに記述された命令を用いて、与えられたテストケースに沿ってプログラム全体または一部を組み立てる仕組みであり、これによりプログラムの構造を意識する習慣や全体の構造を把握する力の習得を目指している。COPSは、このようなカード操作方式による学習課題の演習を支援するアプリケーションである。

先行研究により、COPSにコンパイラとの対話を通じた探索的な学習⁽²⁾を可能にする機能が導入され、その有用性も明らかにされた⁽¹⁾。一方で、COPSでは、適切ではない学習活動の検出がより強く求められるようになった。適切ではない学習活動とは、教授者が意図した思考を行わず、総当り的に答えを見付けようとする活動⁽³⁾などである。

適切ではない学習活動の検出支援に向けては、先行研究においてレーベンシュタイン距離の考え方を応用した学習ログの評価方法⁽⁴⁾が用いられ、これまで十分であると仮定されてきた。しかし、この仮定の適切性については、十分な検証が行われていない。

そこで本研究では、先行研究で用いられてきた学習ログの定量化方法を分析し、その改善の可能性を探ることを目的とする。具体的には、レーベンシュタイン距離を基にした従来の学習ログ評価方法に対

し、解答には含まれない選択肢の影響や、解答欄に配置されたカードの位置をより厳密に考慮した評価手法を提案する。さらに、提案手法の有用性を検証するため、適切ではない学習活動の検出精度の向上という観点から、事例をもとに考察を行う。

2. カード操作によるプログラミング学習支援システム

COPSの外観を図1に示す。COPSの学習では、まず、問題文と1つ以上の命令を含むプログラムコードが書かれたカードが与えられる。問題文と共に、入出力例がいくつか示される。学習者は、問題文の処理に合うようにカードを選び、並び替えることで解答を行う。このような仕組みにより、学習者はタイピングをせずにプログラムを構築できる。選択肢のカード群は、解答に用いるカードと解答に必要なダミーカードで構成されている。なお、並び替えるプログラムは、部分的な場合が多い。部分的な再構築とは、“//この中の処理を並び替えてください”と書かれた記述を含んだプログラムが問題文と共に掲載され、プログラムの一部に当てはまる最も適切な命令群とその順番を考え、カードを解答欄に配置し解答することである。

COPSの演習画面では、学習者が上部に問題文、中央に各種ボタン、右側にカードの選択肢欄、左側に解答欄が表示されている。解答欄の行数は、解答に必要なカードの枚数を表している。なお、1カード2つ以上の命令を含める問題や解答欄の指定箇所にカードを固定する問題(変数宣言や画面出力を行

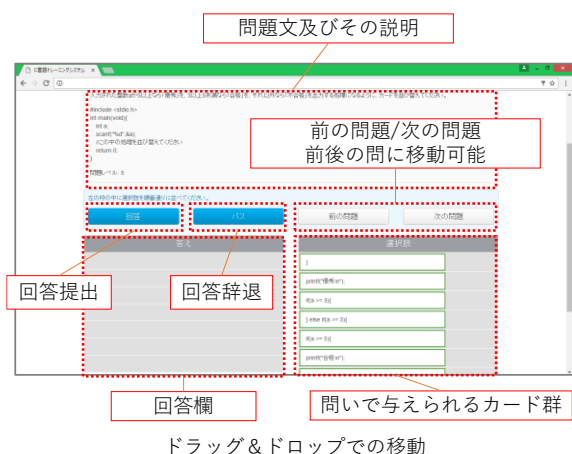


図1 学習支援システムの外観

う命令を含んだカードを解答欄の上部や下部に固定させること)や、内部に1つ以上の空欄(あるいは選択肢)を持つカードも提示可能である。

3. 提案法

先行研究⁽⁴⁾では、正解のカード順列を距離0として考え、正解を得るため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数値化する。各カードを数字で表したとき、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)の場合、レーベンシュタイン距離により、学習者と正解との差を2とする。

本研究では、解答欄に含まれないカード(ダミーカードと呼ぶ)を選択した場合、その枚数によってペナルティを与えるレーベンシュタイン距離の算出法を提案する。これを提案法1とする。ダミーカードを-1としたとき、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)の場合、ダミーカード枚数をペナルティとするため、ペナルティ1をレーベンシュタイン距離に追加し、学習者と正解との差を3とする。

次に、回答欄の空欄を考慮した場合のレーベンシュタイン距離を提案する。これを提案法2とする。空欄を0とし、正解のカード順列が(1,2,3,4)、学習者の状態が(1,3,0,4)のとき、レーベンシュタイン距離による通常の評価では学習者の状態が(1,3,4)となるため、カード順列が2となる。一方、提案手法では空欄を考慮するため、レーベンシュタイン距離は2となる。そのため、学習者と正解との差は2となる。

さらに、提案法2において、提案法1の規則に従いダミーカードのペナルティを加えた評価を行う。これを提案法3とする。

4. おわりに

本研究では、先行研究で用いられてきた学習ログの定量化方法の改善の可能性を探るため、学習者の状態を評価するいくつかの方法を提案した。具体的には、解答には含まれない選択肢の影響や、解答欄

に配置されたカードの位置をより厳密に考慮した評価手法を提案した。得られた事例の一部を図1に示す。図1では、従来手法を黄色、提案手法1を青色、提案手法2を緑色、提案手法3を紫色で表記している。また、正誤チェックのタイミングは、従来手法において赤丸で示している。図1の縦軸のスケールは6から始まっているが、最小値は0である。横軸は、解答開始からの経過時間である。

従来手法のグラフでは、カードを挿入するだけで距離が縮まる場合があることが確認できる。一方、提案手法3では、この問題が抑制されていることが分かる。さらに、学習ログを詳細に分析した結果、提案手法3は学習の進捗をより正確に反映できる可能性があることが確認された。本研究の結果は、事例分析の段階ではあるものの、提案手法を活用することで、今後の大規模な学習データの分析が可能となることを示唆しており、その点で意義がある。

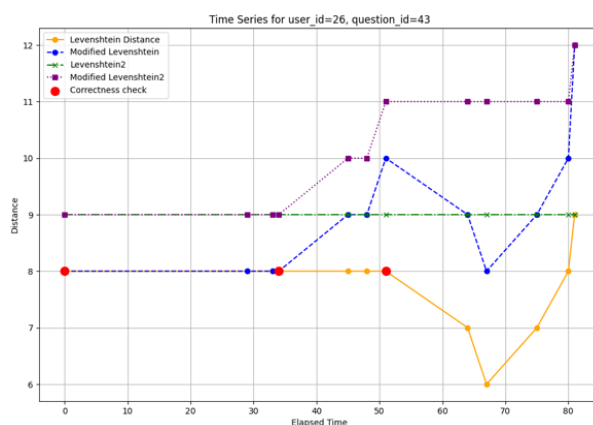


図2 学習ログの時系列変化の一例

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) 重松大志, 奥平泰基, 松本慎平. カード操作によるプログラミング学習支援システムにおけるコンパイラとの接続機能の実装. 情報処理学会論文誌, 65(6), pp.1102-1115 (2024).
- (2) 横原絵里奈, 井垣宏, 吉田則裕, 藤原賢二, 飯田元. プログラミング演習における探索的プログラミング行動の自動検出手法の提案. コンピュータソフトウェア, 35(1), pp. 110-116 (2018).
- (3) Perkins, D. and Martin, F. Fragile Knowledge and Neglected Strategies in Novice Programmers. IR85-22, ED295618 (1985).
- (4) N. Tanabe, S. Matsumoto, Analyzing the Learning Process in a Card Operation-Based Programming Learning Support System, Letters on Informatics and Interdisciplinary Research, DOI: <https://doi.org/10.52731/liir.v005.314> (2024).