

# 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 学習ログの分析方法の検討

## Examining Analysis Method of Learning Log Data for Card Operation-Based Programming Learning Support System

花房 隆成<sup>\*1</sup>, 松本 慎平<sup>\*2</sup>  
Ryusei HANAFUSA<sup>\*1</sup>, Shimpei MATSUMOTO<sup>\*2</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: md21006@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

**あらまし** : 本稿では, 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において, 学習中に学習の質を適切に評価するための学習ログの分析方法について検討することを目的とする. カード操作のパターンや学習中の状態から学習活動の適切さの程度を数量化できれば, 不適切な振る舞いが見られた学習者一覧を教授者に提示できるようになるため, それにより, 必要な助言を必要なタイミングで学習者に提供するという適応的な支援が実現可能となる. 本稿では, カード操作のパターンではなく, 学習中の状態の評価法に着目した2種類の分析法の詳細を明らかにし, これらの特徴や性能について議論する.  
**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

意味のある部分間の関係を考える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)が開発されている<sup>(1)</sup>. 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<sup>(2,3)</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>(2)</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>(3)</sup>が, 学習者の回答から, 学習の質までは十分に評価できていない.

ところで, 部品の再構成に着目した学習の仕組みは, オープン情報構造指向アプローチと呼ばれている<sup>(4)</sup>. これに基づく算数学習システムであるモンサクンで扱われる作問課題は, 制約充足問題となっている. 制約充足で問題の状態を捉えることで, 各状態の質を知識工学の観点から説明できるようになるため, 制約充足といった捉え方を基本システムでの状態評価に取り入れることは有用だと考えられる. そこで本稿では, 制約充足問題としてプログラム組み立てを捉え, 学習ログを分析する方法を設計し, その詳細を明らかにする.

### 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. 学習中の状態の定量評価手法

村上らや森永らの手法<sup>(2,3)</sup>は, レーベンシュタイン距離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. 具体的には, 正解のカード順列を得るまでに必要なカード操作回数を算出し, 学習中の状態を評価できるようにした. 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

処理回数を距離として定量的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。村上らや森永らの手法は、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。ただし、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。これらについてはレーベンシュタイン距離とは異なった方法で1ステップを評価し、学習中の進捗や状態を把握できるようにしている。

#### 4. 分析

従来システムをオープン情報構造指向アプローチ<sup>(4)</sup>に倣って設計された学習システムと捉えた場合、オープン情報構造指向アプローチによって設計された算数学習システムモンサクンと同等の学習プロセス評価が可能だと考えられる。具体的には、モンサクンの作問課題は制約充足問題となっている。よって本研究でも同様に、制約充足問題としてプログラム組み立てを捉え、その解決過程を評価することで、学習ログから学習プロセスや問題解決の質を評価可能になると考えている。そのために必要なこととして、本研究では以下の制約を定義する:1.文法制約, 2.変数宣言制約, 3.変数初期化制約, 4.変数初期値制約, 5.算術制約, 6.命令順序制約, 7.論理構造制約, 8.制御条件制約, 9.出力形式制約, 10.代入文数量制約, 11.代入文処理制約, 12.制御命令数制約。これら制約充足のパターンで各状態を定義し、その出現の有無を説明変数とする。このことで、学習中の状態を説明できるようにするため、学習の質といった観点から状態を理解できると考えている。

制約充足の観点から従来システムのログを評価する方法について説明する。従来システムはC言語のソースコードを対象としている。そこで、まず学習者が問題の正誤チェックを行ったタイミングのソースコードをまとめてコンパイルし、そのエラーから制約1,2の充足を評価する。制約3は変数が初期化できているか、つまり変数に初期値を設定するカードが利用されているかそうでないかで判別する。これは、あらかじめ制約3の充足に関係するカードにこの情報を付与しておき、学習者の回答にそのカードが含まれているか否か(カード内の一部の命令をセレクトボックスで設定できるトグルが設定されていた場合、そ

の状態も加味して)で評価する。制約4は初期値が正しいかどうかの判別であり、制約3と同様の方法で評価する。制約5は命令文の計算式が正しいかどうかの判別であり、制約3と同様の方法で評価する。制約6は、正解のカード順列と回答欄のカード順列との単純な比較で判別する。制約7はアルゴリズムが正しさの判別である。論理構造を満たすために必要なカードのみの順列が、回答の順列と一致するか否かで評価する。制約8は制御条件、つまりfor文やif文の条件式の正しさ正しいかどうかの判別であり、制約3と同様の方法で評価する。制約9は出力の形式が正しいかどうかである。学習者の回答をコンパイルし、得た結果結果と正解の結果との文字列マッチングにより評価する。制約10は正解のカードと学習者の回答の代入文の数で判別する。制約11は代入文の処理が正しいかどうかの判別であり、制約3と同様の方法で評価する。制約12は制御命令の数であり、制約3と同様の方法で評価する。以上について、制約を満たしている場合は「1」、満たしていない場合は「0」として、学習中の状態を12次元の説明変数でベクトル化する。

#### 5. おわりに

本稿では、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に焦点を当て、制約充足問題としてプログラム組み立てを捉え、学習ログを分析する方法を設計した。今後、本稿で提案した手法に基づいて分析を行った結果を明らかにする。

#### 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)No.19K02987, No.20K03194)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) 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)
- (3) 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).
- (4) 平嶋宗, 「学習課題」中心の学習研究: 情報構造としての学習課題の再定義と構造操作としての学習活動の設計. 人工知能, 30(3), pp.277-280 (2015).