

カードを並べ替えることによるプログラミング学習システムを用いた 講義実践及び付加機能の検討

Practicing Education with Card Exercise Based Programming Learning System and Examining its Additional Functions

森永 笑子^{*1}, 松本 慎平^{*1}, 林 雄介^{*2}, 平嶋 宗^{*2}

Shoko Morinaga^{*1}, Shimpei MATSUMOTO^{*1}, Yusuke HAYASHI^{*2}, Tsukasa HIRASHIMA^{*2}

^{*1} 広島工業大学 情報学部

^{*1} Faculty of Applied Information Science, Hiroshima Institute of Technology

Email: {b214208, s.matsumoto.gk}@cc.it-hiroshima.ac.jp

^{*2} 広島大学 大学院工学研究科

^{*2} Graduate School of Engineering, Hiroshima University

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

あらまし：著者らのこれまでの取り組みにより，プログラミング学習者の認知負荷を減らし，認知資源を講義で教授した内容への理解を確認すること，考える学習活動に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が開発されている．これは，命令の書かれたカードを並び替えることで演習を行う「カード演習方式」に基づいた Web ベースの学習システムである．我々は大学講義において提案システムを導入し，実際に認知負荷を減らせているかを調査した．その結果，文法やタイピング等の認知負荷を減らし，アルゴリズム等に認知資源を集中できていることが示唆された．ただし，現在の段階では，基本的な機能が実装されているのみである．そこで本稿では，カード演習方式に基づいたプログラミング学習システムを用いて行った講義での成果を振り返ると共に，より学習効果を高めるために実装すべき機能を検討することを目的とする．

キーワード：認知負荷理論，プログラミング，Web，学習システム，カード演習方式，考えること

1. はじめに

高等教育機関のプログラミング講義では，それを特に苦手と感じている学習者が多く存在しており，大学等の教育現場では彼らを十分に支援できていない．この原因として，プログラミングは様々な能力や活動を必要とするために，初学者にとっては学習の負担が大きいということが考えられている^(1,2)．また，初学者はタイプミス等による文法エラーが多発すると指摘されており⁽³⁾，プログラミングの本質的な学習が不十分となることが危惧される．

そこで，プログラミング学習者の認知負荷を減らし，認知資源を講義で教授した内容への理解を確認すること，考える学習活動に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が開発されている⁽⁴⁾．これは，命令の書かれたカードを並び替えることで演習を行う「カード演習方式」に基づいた Web ベースの学習システムである．カード演習方式は，認知負荷理論⁽⁵⁾と先行研究^(2,6)に基づき，初学者の認知負荷を減らすことを目的に設計された仕組みである．我々は大学講義において提案システムを導入し，実際に認知負荷を減らせているかを調査した結果，extraneous 負荷を減らせていることが示唆された．ただし，現在の段階では，基本的な学習者管理，問題管理機能，テスト機能，自動採点機能が実装されているのみである．そこで本稿では，カード演習方式に基づいたプログラミング学習システムを用いて行った講義での成果を振り返ると共に，より学習効果

を高めるために実装すべき機能を検討することを目的とする．

2. 背景及び先行研究

2.1 認知負荷理論

認知負荷理論(Cognitive Load Theory, CLT)^(3,5)によると，認知負荷は，学習課題自体が持つ intrinsic 負荷，教材や教示方法の不適切さによって生じる extraneous 負荷，解決過程自体に対する負荷でむしろ学習に対して有益な貢献をする germane 負荷の3つから構成されている⁽⁵⁾．プログラミングは本来高い intrinsic 負荷を持っており，extraneous 負荷は教示者が意図して減らせるとされているため，できる限り学習者の extraneous 負荷を減らす必要がある．ゆえに，プログラミングと認知負荷に関する様々な先行研究が行われてきた．

2.2 先行研究

Part-Complete Solution Method(PCSM)⁽²⁾では，部分コードとコードの選択肢を基に，プログラムを完成させる演習方式である．Parson's Puzzles⁽⁶⁾では，プログラムコードの書かれたパーツをパズルのように並び替える演習方式である．PCSM や Parson's Puzzles は，過去の実験より，学習者の認知負荷を減らしているといえる^(6,7)．しかし，これらは共に，認知負荷については言及していない．一方でこれらは，直接プログラムを打ち込む必要がないため，文法やタイ



図1 学習支援システムの画面

ピング等に関する活動を軽減しているといえる。ゆえに、学習者はアルゴリズムの組み立て等に認知資源を集中できているため、認知負荷を減らせているのではないかと推測できる。

3. カード演習方式

カード演習方式は、問題文とプログラムコードの書かれたカード群を提示し、学習者は問題文の処理に合うようにカードを並び替える演習方式である。選択肢のカード群には、回答に必要なダミーカードも含まれる。図1にインタフェース画面を示す。カードはドラッグ&ドロップで動かせる。

カード演習方式では、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。大まかには、プログラミングを各行内における「行内の活動」と、行同士の関係が重要な「行間の活動」に分割する。具体的には、文法、タイピング、データ構造、トレース、アルゴリズム、デザインパターン、文法デバッグ、論理デバッグといった要素の活動に分割する。カード演習方式は、まずは、プログラミングに基本となるメンタルモデルの理解の確認に集中できる演習だと考えられる。すなわち、プログラムとは、外部から与えられた変数セットが命令により順に操作されることで、コンピュータの状態や振る舞いを変化させながら目的を達成するもの、ということを知得する学習に集中できる。カード方式はあくまで学習活動を制限しただけのフレームワークであるので、もちろん、様々な種類の問題の提示、たとえば、アルゴリズムに集中できる演習も可能である。

カード演習方式に基づいた学習システムは、実際に開講されたC言語の基礎を学ぶ授業にて利用された。被験者は主に大学1年生とし、前期に開講された授業では117名の受講者に対して1回、後期の授業では122名の受講者に対して7回システムを導入した。最後の授業にて6段階リッカート尺度で評価結果を得た。具体的には、「楽しく取り組みましたか?」といった質問では、平均3.90(数字が大きくなるほど楽しい),「集中できた程度はどうでしたか?」といった質問では、平均3.89(数字が大きくなるほど集中),「難易度はどうでしたか?」といった質問で

は、平均4.41(数字が大きくなるほど難しい)といった回答が得られ、比較的難しい問題に集中できた背景には、extraneous 負荷の低減があると推察される。

4. おわりに

本稿では、カード演習方式に基づいたプログラミング学習システムの詳細を示し、講義での成果を示した。より学習効果を高めるために実装すべき機能として、今後、ログデータ分析やシステムの改良が挙げられる。これまでのシステムでは、カードを並び替えた後のパターンで正解・不正解の判断を行っていたシステムの発展として、カードを並び替えた後、実際にコンパイルできるようにし、コンパイル結果をフィードバックとして返答することを検討する。次に、Person's puzzleにあるトグルを利用可能とすることが考えられる。また、1カード1命令のみに対応している点について、1カードに2つ以上の命令を設定可能にすることが考えられる。問題の内容の見直しも検討する。これまでの取り組みでは、アルゴリズムを学ばせることに焦点を当てて問題を提示した。プログラミングの基本的なメンタルモデルの理解の確認を行うためには、内的構造にのみ依存した形で問題を提示する必要があると考えている。これにより、プログラミングを不得意とする学習者に対して内省の機会を用意できると考えている。

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)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) 岡本雅子, 喜田一, プログラミングの”写経型学習”における初学者のつまづきの類型化とその考察, 実践センター紀要, Vol.22, pp.49-53 (2014)
- (4) 石井元規, 松本慎平, 林雄介, 平嶋宗, プログラミングを苦手とする学習者のための学習支援システムの検討, 第18回IEEE広島支部学生シンポジウム論文集, 410.情報その他, A4-59, pp.202-205 (2016).
- (5) J. Sweller, J. Merrienboer, F. Paas, Cognitive architecture and instructional design, Educational psychology review, Vol.10, No.3, pp.251-296 (1998)
- (6) D. Parsons, P. Haden, Parson's programming Puzzles: a fun and effective learning tool for first programming courses, Proceedings of the 8th Australasian Conference on Computing Education, Vol.52, pp.157-163 (2006)
- (7) S. Garner, Learning to program using part-complete solutions, Computer Science, pp.8-14 (2003)