

## 異種パズル操作の時系列データ分析

渡邊 雄之介<sup>1)</sup> 大場 みち子<sup>1)</sup> 中村 陽太<sup>2)</sup> 山口 琢<sup>3)</sup>

公立はこだて未来大学 情報アーキテクチャ学科<sup>1)</sup>

公立はこだて未来大学大学院 システム情報科学研究科<sup>2)</sup> フリー<sup>3)</sup>

### 1. はじめに

従来の教育や研究では、授業中のワークシートやテストの解答などアウトプットに基づいた指導や学習支援、評価が主流である[1]。しかし、これでは学習者の解答に至った過程の把握が困難である。学習者が問題を解答する際には、様々な思考を経て解答に至る。そのため、ある教育分野において学習者がどのように問題を考え、解答に至るかの思考過程について詳細な分析が必要であるとされている[2]。教育において、学習者の「考える力」を育てるには、思考過程に基づき、指導や学習支援をしたほうが、学習者が本質的に抱えている問題を解決することができるため、従来の指導と比べて効果的であると考えられる。近年、様々な教育分野における思考過程に関する研究がされている[3][4][5][6]。しかし、異なる分野における思考過程の関係性を分析した研究は、筆者らが調べた範囲では見当たらない。

本研究では、学習者の思考過程を明らかにすることで適切な指導や学習支援に繋げることを目的とする。目的を達成するために、異なる分野の問いに対する学習者の思考過程の傾向を比較・分析し、関係性を見出す。分析結果を表示する分析支援システムを開発することを目指す。

### 2. 関連研究と課題

プログラミングの思考過程を分析した研究としてMaharajanらの研究[3]と中村らの研究[4]がある。2つの研究では、プログラムコードをパズル化し、並び替える操作過程を記録・分析することで、プログラミング思考過程の傾向が示された。

文章読解の思考過程を分析するための手法を提案した山口らの先行研究[5]がある。この研究

では、文章をパズル化し、文を並び替える操作過程を記録・分析し、記録したデータが学習者の読み取った文章の構造を反映している可能性を示している。英文作成の思考過程に関する研究として、宮崎らの研究がある[6]。コンピュータ上で並び替え問題を解く際のマウス操作から、学習者が解答を導き出すまでの思考過程で迷いが発生したかどうかを推定している。迷いを推定することで、学習者の理解度や特定の学習項目における理解の有無を詳細に把握でき、学習および教育に応用することができる可能性を示している。

関連研究や先行研究より、個々の分野での学習者の思考過程に関する研究はなされている。しかし、異なる分野における思考過程の関係や傾向は解明されていないという課題がある。

### 3. 解決アプローチ

2章の課題に対する解決アプローチとして、先行研究[4][5]で利用されたツールを用いて、思考過程を測定し、異なる分野の問いに対する学習者の思考過程の関係や傾向を分析する。本研究では、数とプログラムの2分野の並べ替えを対象とする。

数を並び替える操作は、ジグソー・テキストを用いて測定する。プログラムを並び替える操作は、ジグソー・コードを用いて測定する。図1は、ジグソー・コードを利用したプログラムを並べ替える問題の画面例である。図1のように、利用するツールは、ランダムに並べられた文やプログラムのピースを正しい順序に並び替えるジグソー・パズルのことで、並び替える過程は操作ログとして記録される。各ツールで測定した操作ログを時系列で可視化し、個人ごとの傾向を分類する。クロス集計で個人の2分野の傾向を捉え、アソシエーション分析を用いて異なる分野の思考過程の関係性を見出す。上記の時系列での可視化や2分野の関係性を分析する分析支援システムを開発する。

Time Series Data Analysis of Heterogeneous Puzzle Operations

1)Yunosuke Watanabe 1)Michiko Oba 2)Yota Nakamura

3)Taku Yamaguchi

1)Department of Information Architecture, Future University Hakodate

2)Future Univ.Hakodate Grad Sch 3)Independent Researcher



図 1. ジグソー・コードの画面例

#### 4. 実験

2 分野の思考過程の関係を分析するために、実験では、数の並び替え問題 12 問とプログラミング (java) 問題 12 問を 5 回に分けて出題した。実験対象者は、公立はこだて未来大学の学部 2 年生対象の java のプログラミング科目を履修している学生 10 名である。

分析は、以下の手順で実施する。

- (1) 実験問題解答時の操作ログの取得
- (2) 取得した時系列の操作ログを開発する分析支援システムを用いて可視化
- (3) 可視化した時系列の操作ログを思考過程の傾向ごとに分類し、クロス集計で分野ごとの個人の思考過程の傾向を分析
- (4) アソシエーション分析を用いて、2 分野の間における思考過程の比較・分析

開発した分析支援システムで可視化した結果を以下に示す。

数を昇順に並び替える問題の思考過程の傾向では、以下の 5 つの傾向が得られた。

- $\alpha$ . 小さい数字から順に並べ替える
- $\beta$ . 大きい数字から順に並べ替える
- $\gamma$ . 上から順に比較して並べ替える
- $\delta$ . ある程度のブロックを作りつつ並べ替える
- $\zeta$ . 上記以外の並べ替え

プログラムを並べ替える問題における思考過程の傾向では、以下の 3 つの傾向が得られた。

- x. プログラムを上から順に並べ替える
- y. 関数の構造や構文から並べ替える
- z. 処理の順番に沿わない並べ替え

上記の 2 分野における思考過程の傾向に基づき分類し、クロス集計で個人の傾向を捉えた結果を表 1, 表 2 に示す。

表 1, 表 2 より、2 分野の並べ替えに次の関係性があると言える。

- (1) 概ね 2 分野とも個人に特定の傾向がある。

これは、個人ごとに適した問題の解き方があると考えられる。

- (2) A と I の学生は、数の並べ替えでは  $\delta$ 、プログラムの並べ替えでは z の傾向がある。これは、理解が容易にできるものから順に並べ替えていくためと考えられる。
- (3) H の学生は、数の並べ替えでは  $\gamma$ 、プログラムの並べ替えでは x に、特定の高い傾向が見られる。これは、上から順に完成させようとするためと考えられる。

表 1. 数を並べ替える個人の傾向

被験者\傾向	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	$\delta$	$\zeta$	$\alpha \cdot \beta$	$\alpha \cdot \gamma$	$\alpha \cdot \delta$	$\alpha \cdot \zeta$	$\beta \cdot \gamma$	$\beta \cdot \delta$	$\beta \cdot \zeta$	$\gamma \cdot \delta$	$\gamma \cdot \zeta$	$\delta \cdot \zeta$
A	8%	8%	8%	58%										8%	17%
B	8%		50%												33%
C	50%						42%			8%					
D	50%			17%			17%	8%						8%	
E	8%		17%	25%	8%			17%						17%	
F	8%		58%	8%			17%							8%	
G	8%		17%	58%					8%					8%	
H	8%		92%												
I	17%			42%				17%						17%	
J	67%			17%				17%							

表 2. プログラムを並べ替える個人の傾向

被験者\傾向	x	y	z	x · y	x · z	y · z
A	32%	25%	42%			
B	58%	8%	17%		17%	
C	50%	17%	17%	8%	8%	
D	25%	50%	17%			8%
E	58%	17%	8%		17%	
F	17%	67%			8%	8%
G	25%	58%	8%			8%
H	100%					
I	33%	8%	58%			
J	92%	8%				

#### 5. まとめ

本研究では、学習者の思考過程を明らかにすることで適切な指導や学習支援に繋げることを目的とした。目的を達成するために、分析支援システムの開発をすることで、操作ログを時系列で可視化した。可視化した時系列の操作ログを思考過程の傾向ごとに分類し、クロス集計で個人ごとの 2 分野の傾向を捉えた。

今後は、2 分野の関係性を分析できる分析支援システムの開発を進めると共に、異なる分野の思考過程の関係性をさらに見出すことを目指す。

#### 参考文献

- [1] 株式会社浜銀総合研究所：学習指導と学習評価に対する意識調査報告書 2018, <https://www.mext.go.jp/b\_menu/shingi/chukyo/chukyo3/080/siryo/\_icsFiles/afilefield/2018/09/05/1406428\_9.pdf > (参照：2020-12-01).
- [2] Newell, A., & Simon, H.A. (1972). *Human Problem Solving*. Prentice-Hall.
- [3] Sali Maharjan and Amruth N. Kumar : *Using Edit Distance Trails to Analyze Path Solution of Parsons Puzzles*, Educational Data Mining (EDM 2020), pp. 638-642, 2020
- [4] 中村陽太, 大場みち子, 山口琢, 伊藤恵 : 授業進度に対応するパズルを利用したプログラミング思考過程の分析と教育支援システムの開発, 情報処理学会第82回全国大会, Vol.4, pp. 701-702, 2020.
- [5] 山口琢, 大場みち子, 藤原亮, 高橋慈子, 小林龍生 : 読み書き行為の時間的・手順的な共起に基づく自然言語処理の提案, 情報処理学会第80回全国大会, 2018.
- [6] 宮崎佳典, 厨子光政, 相馬法月健 : 英単語並び替え問題における機械学習による学習者の迷い検出の試み, コンピューター&エデュケーション, Vol. 45, No. 1, pp. 31-36, 2018.