

タンジブルなツールを用いたプログラミングプロセスの パターン分析手法の検討

Methods for Analyzing Patterns in Programming Processes Using Tangibles Tools.

瀧田 一誠^{*1}, 本吉 達郎^{*2}, 布施 陽太郎^{*2}, ミヤグマルドラム ビルグウンマ^{*2},
澤井 圭^{*2}, 増田 寛之^{*2}, 高木 昇^{*2}
Issei TAKIDA^{*1}, Tatsuo MOTOYOSHI^{*2}, Yotaro FUSE^{*2}, Bilguunmaa MYAGMARDULAM^{*2}
Kei SAWAI^{*2}, Hiroyuki MASUTA^{*2}, Noboru TAKAGI^{*2}

^{*1} 富山県立大学大学院工学研究科知能ロボット工学専攻

^{*1}Department of Intelligent Robotics Graduate School of Engineering, Toyama Prefectural University

^{*2} 富山県立大学工学部知能ロボット工学科

^{*2}Department of Intelligent Robotics, Faculty of Engineering, Toyama Prefectural University

Email: u354011@st.pu-toyama.ac.jp

あらまし：P-CUBE シリーズは、ブロックを並べてプログラミングを学べるタンジブルなツールである。ブロックの操作履歴を取得する機能を実装した P-CUBE3 を用いて、晴眼者、視覚障がい者を対象としたプログラミング体験授業を実施した際のデータを取得した。プログラミングプロセスを分析し、ユーザーの特性に応じて分類した結果について報告する。

キーワード：タンジブルインタフェース、プログラミング学習、プログラミングプロセス、視覚障がい者支援

1. はじめに

ビッグデータ、IoT 等の新しい技術やサービスの登場により、IT 利活用の高度化・多様化が進展すると予想されている⁽¹⁾。これにより、IT 人材の不足が課題となっており、子供がプログラミングを学ぶ機会が増加している。しかし、プログラミング教育に使用されるツールは、PC やタブレットを用いるものが多く、それらの操作に不慣れなユーザーは、プログラミングに苦手意識を形成することが懸念される。

これらの背景を受け、タンジブルなプログラミングツール：P-CUBE シリーズ⁽²⁾を開発してきた。従来のもものでは、学習後のペーパーテストでユーザーの理解度を評価しており、視覚障がい者の評価が困難であった。そこで、ブロックの操作履歴を記録する機能を開発し、実装したものを P-CUBE3 とした。本研究は、操作履歴データを用いて、プログラミングプロセスの分析手法を構築することを目的とする。

2. プログラミングツール「P-CUBE3」

2.1 P-CUBE3 の概要

図 1 に P-CUBE3 のシステム構成を示す。本ツールは、ブロックをマットに並べることでプログラムを構築し、音声の出力を制御することができる。ブロックに RFID タグ、マットに RFID リーダを取り付けていることで、ブロックの情報を取得している。

P-CUBE3 には、RFID システムを利用した操作履歴取得システムが搭載されている。ブロックを配置、または除去するたびに配置情報を記録し、操作した時刻、マットの枠番号、ブロックの種類を確認することができる。

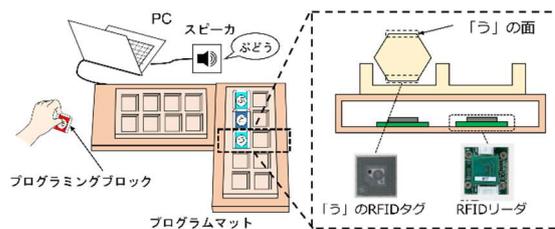


図 1 P-CUBE のシステム構成

3. 操作履歴データの前処理

3.1 使用するデータ

視覚障がい者、晴眼者を対象に P-CUBE3 を用いたプログラミング体験授業を実施し、操作履歴データを取得した。参加者は、視覚障がい者 7 名、および晴眼者 10 名であり、プログラミング経験の有無 (P-NP)、視覚障がいの有無 (V-S) によって PV、NPV、PS、NPS のように分類する。

3.2 評価パラメータ

プログラミングプロセスを評価するパラメータとして、正解の配置に対しての「不足ブロック数： Lk 」、 「余分ブロック数： Ex 」に加え、「ブロック編集距離： Ld 」という作業量の指標を導入した。 Ld は、レーベンシュタイン距離⁽³⁾を参考にしている。

ブロックを配置、除去すると 3 つのパラメータが「減少」、「不変」、「増加」のいずれかに遷移し、パラメータ遷移の組み合わせパターンを見ることで、ブロック操作を捉えることができる。1 つのブロック操作で起こるのは、以下に示す P1~P6 の 6 パターンである。P1-P3 が正解の操作、P4-P6 が誤操作であると考えられる。-また、例外としてプログラム実行に用

いる「転送ブロック」の操作を P0 とする. 図 3 に「ぶどう」を正解の配置としたブロック操作の各パラメータとパターンを示す.

- P0. 転送ブロックの操作 (プログラム実行)
- P1. 必要なブロックを正しい順序で配置
- P2. 余分なブロックを除去
- P3. 誤った順序で配置された必要なブロックを除去
- P4. 必要なブロックを誤った順序で配置
- P5. 余分なブロックを配置
- P6. 正しい順序で配置された必要なブロックを除去

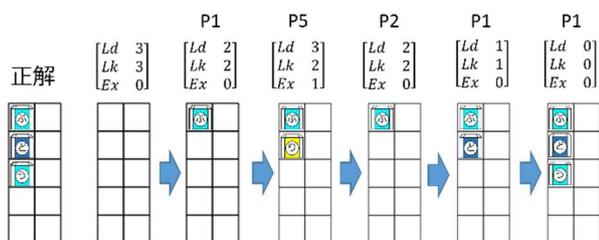


図 3 パラメータとパターンの例

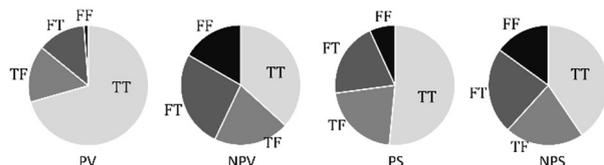


図 4 共起行列の各エリアの割合

各群間で χ^2 検定を行った. ここで, ①と②の割合についてを検定 1, ③と④の割合についてを検定 2 とする.

検定 1 では, PV-NPV, PV-PS の比較で有意差が見られた. PV は, 正解の操作が連続する傾向にあると考えられるが, PV の参加者は年齢が他よりも高いため, 年齢による差が生じている可能性も考えられる. 検定 2 では, PV-NPV, PS-NPS の比較で有意差が見られた. 両者ともプログラミング経験の有無の比較であるため, プログラミング未経験の場合, 誤操作が連続する可能性が高くなることが示された.

4. プログラミングプロセスの分析

4.1 共起行列

山口らは, 共起行列を用いてプログラミングプロセスを分析する研究を行っている⁽⁴⁾. 共起行列は, 文章中で特定の単語が同時に現れる回数を記録した行列であり, 各要素 (i, j) は, 単語 i と単語 j が同じ文脈や近くに出現した回数を示す. これにより, 単語の意味的な関連性や共起性を捉えることができる.

3.2 節で示した P0~P6 を共起行列に適用することで, 表 1 のような行列が得られる. 行列の要素からは, 「P1 の次に P2 となる操作が 77 回行われた」といったパターン同士の共起関係の頻度を見ることができ, パターン遷移の傾向が分かる. 正解の操作, 誤操作に応じて行列を 4 つのエリアに分類する. 各色は明るい順に以下の操作内容である.

- TT: 正解の操作の次に, 正解の操作が行われた.
- TF: 正解の操作の次に, 誤操作が行われた.
- FT: 誤操作の次に, 正解の操作が行われた.
- FF: 誤操作の次に, 誤操作が行われた.

表 1 パターンの共起行列

n \ n+1	P0	P1	P2	P3	P4	P5	P6
P0	55	12	4	24	9	0	28
P1	120	697	11	77	106	20	219
P2	1	30	5	3	5	5	4
P3	3	144	4	108	80	7	77
P4	7	80	1	146	119	7	43
P5	1	19	25	4	5	5	0
P6	1	269	3	17	59	2	74

4.2 共起行列のエリア別の割合

表 1 の各色の割合をプログラミング経験の有無 (P-NP), 視覚障がいの有無 (V-S) によって分類した結果を図 4 に示す.

5. まとめ

本研究では, P-CUBE3 の操作履歴データを用いたプログラミングプロセスの分析に取り組んでいる. Ld, Lk, Ex の 3 つのパラメータを導入し, ブロック操作によって生じるパラメータ遷移を見ることで, P-CUBE3 におけるブロック操作を客観的に捉えられる. 今回の報告では, パラメータ遷移のパターンを共起行列に適用することでパターン同士の共起関係の頻度を確認した.

正解の操作, 誤操作に応じて共起行列を 4 つのエリアに分類し, ユーザの特性ごとに各エリアの割合を算出した. 割合について χ^2 検定を行ったところ, プログラミング未経験者は, 誤操作が連続する割合が大きくなることが確認された. また, 参加者の年齢によって差が生じている可能性も示された.

参考文献

- (1) 経済産業省: IT 人材の最新動向と将来推計に関する調査結果
https://www.meti.go.jp/shingikai/economy/daiyoji_sangyo_skill/pdf/001_s02_00.pdf, (閲覧日: 2024/1/30)
- (2) 本吉達郎, 掛橋駿, 小柳健一, 大島徹, 増田寛之, 川上浩司, ブロック型プログラミングツール P-CUBE の学習初期段階における有用性の検証, 日本知能情報ファジィ学会誌, Vol. 27, No. 6, pp.909-920 (2015)
- (3) V. Levenshtein, Binary Codes Capable of Correcting Deletions, Insertions, and Reversals, Soviet Physics Doklady, Vol.10, pp.707-710 (1966)
- (4) 山口琢, 新美礼彦, 大場みち子, 考えるプロセスの測定・分析のすすめ-学習プロセスの時間的な共起分析-, 日本知能情報ファジィ学会誌, Vol.33, No.4, pp.117-125 (2021)