

タンジブルなツールによるプログラミング操作の形式概念分析

Formal Concept Analysis of Programming Operations using the Tangible Tool

本吉 達郎^{*1}, 鉄村 直樹^{*2}, 増田 寛之^{*1}, 小柳 健一^{*1}, 大島 徹^{*1}, 澤井 圭^{*1}, 川上 浩司^{*3}
 Tatsuo MOTOYOSHI^{*1}, Naoki TETSUMURA^{*2}, Kei SAWAI^{*1}, Hiroyuki MASUTA^{*1}, Ken'chi KOYANAGI^{*1}, Toru
 OSHIMA^{*1}, Hiroshi KAWAKAMI^{*3}

^{*1}富山県立大学 工学部 知能デザイン工学科

^{*1}Department of Intelligent Systems Design Engineering, Toyama Prefectural University

^{*2}富山県立大学大学院 工学研究科 知能デザイン工学専攻

^{*2}Graduate School of Intelligent Systems Design Engineering, Toyama Prefectural University

^{*3}京都大学デザイン学ユニット

^{*3}Unit of Design, Kyoto University

Email: motoyosh@pu-toyama.ac.jp

あらまし：タンジブルなプログラミングツール P-CUBE, および Pro-Tan の開発に取り組んでいる。一般的なプログラミング・ソフトウェアを使用した場合と、タンジブルなプログラミングツールを使用した場合の手元の操作の違いに注目し、操作の種類間の論理的帰結関係を形式概念分析により導き出す。

キーワード：プログラミング教育、タンジブル・インタフェース、操作分析、形式概念分析

1. はじめに

プログラミング体験者から暗に排除されている視覚障害者に学習機会を提供するためにタンジブルなプログラミングツール P-CUBE の開発に取り組んできた⁽¹⁾。また、P-CUBE のシステムを活用し、学習機会を授業などの管理された場に制限せずに体験者がいつでも能動的にアクセスできるカード型のプログラミングツールである Pro-Tan の開発にも取り組んでいる。P-CUBE を用いた視覚障害者やプログラミング初心者を対象にこれらのツールを体験してもらい、タンジブルなツールの効用について検証してきた。本稿では、一般的なプログラミングソフトを使用する場合とタンジブルなプログラミングツールを使用する場合の手元の操作の違いに注目し、形式概念分析(2FCA)を用いてその操作に存在する論理的な構造の可視化を試みるとともに、ツールの効用との関連性について検証する。

2. タンジブルなプログラミングツール

本節では、これまで開発に取り組んできた P-CUBE, および Pro-Tan について述べる。

2.1 P-CUBE

P-CUBE は、これまでプログラミング体験から暗に排除されてきた視覚障害者を対象としたプログラミングツールとして開発に取り組んできた。順次、繰り返し、および条件分岐の基本的な構造の学習を目的としており、動作ブロック、タイマーブロック、LOOP ブロック、および IF ブロックの 4 種類の本製ブロックを並べることでプログラミングが可能であ

る。ブロックは判別用に RFID タグが備えており、ブロックを並べるプログラムマットに RFID リーダを設置している。P-CUBE を図 1 に示す。



図 1 P-CUBE によるプログラミング

2.2 Pro-Tan

Pro-Tan は P-CUBE と同じく RFID による判別システムを用いたカード型のタンジブルなプログラミングツールである。Pro-Tan は、P-CUBE と異なり凹凸やにおい、手触わりによりカードを判別できないため、とくに視覚障害者の使用を考慮したインタフェースは採用していない。カードを貼り付けるプログラムパネルは、P-CUBE と比較して小さく条件分岐も 1 つしか設定できないが、携帯性や設置自由度を高め、PC 操作に習熟していない子どもたちが授業以外にいつでもプログラムを体験できる装置となることを目指している。小さいプログラムを手軽に、好きなだけ試行錯誤できることに特化した装置となっている。Pro-Tan を図 2 に示す。

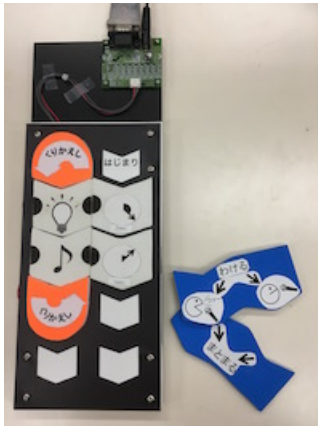


図2 Pro-Tan によるプログラミング

3. タンジブルなツールを用いたプログラミング操作の構造分析

タンジブルなツールを用いた場合のプログラミング作業における手元操作に潜在する論理的帰結関係を形式概念分析によって可視化することを試みた。

3.1 タンジブルなツールの効用

プログラミング初心者が、学習に P-CUBE を用いた場合と既存のプログラミングソフトを用いた場合を比較すると、P-CUBE を用いた方が学習後にコード入力型プログラミングソフトを使いやすい判断することが示された⁽¹⁾。また、2人1組での協調学習に P-CUBE に用いた場合、プログラミングソフトを用いる場合に比べて2人のプログラム構造に対する理解度に差が生じにくいことが示された⁽³⁾。短時間のタンジブルなツールを用いたプログラミング体験から生じるユーザの理解度の差の検証に対するアプローチとして、形式概念分析によるプログラミング操作の構造分析を試みた⁽³⁾。

3.2 プログラミング操作の形式概念分析

一般的なプログラミングソフトを用いる場合、手元においてはキーボード、およびマウスを用いる。グラフィカルなインタフェースを備えたソフトを用いても手元の操作がプログラム構造によって差は生じない。これに対して、P-CUBE や Pro-Tan のようなタンジブルなツールを用いた場合、カードやブロックなど操作対象の位置調整や他の対象との組み合わせなどが必要になるため、作成するプログラムの構造に応じて操作に差が生じる。このような差を表現する動作単位としてサブブリックを導入し、例として P-CUBE の操作対象（各ブロック）に関する操作を表現すると次のようになる。

動作ブロック

- ・つかむ (M1)、運ぶ (M2)、位置決め (M3)、手放す (M4)

タイマーブロック、LOOP ブロック、IF ブロック

- ・つかむ (M1)、運ぶ (M2)、位置決め (M3)、(他のブロックと) 組み合わせる (M5)、手放す (M4)

次にプログラミングソフトを用いる場合、操作対象であるマウスやキーボードに対する操作は以下のようになる。

マウス or キーボード操作

- ・空手移動 (m1)、位置決め (m2)、使う (m3)

これらの操作対象をオブジェクト、操作と操作が必要になるプログラム構造を属性としたコンテキスト表⁽²⁾を作成し、属性間に成り立つ含意関係⁽²⁾を導き出す。コンテキスト表の例を表1に示す。

表1 条件分岐プログラム作成時のコンテキスト表 (プログラミングソフト使用)

	条件分岐	くり返し	順次	m1	m2	m3
マウス	×	×	×	×	×	×

コンテキスト表から得られる属性間に成り立つ帰結感である含意論理を比較する。タンジブルなツールを用いた場合、M5→M1,M2,M3,M4 のように、「組み合わせる」操作に即した含意論理が成り立つ。一方、プログラミングソフトの場合には前件、および後件が空でない含意論理が成り立たない。M5→M1,M2,M3,M4 は、「組み合わせる」操作は他のすべての操作が伴うことを表している。タンジブルなツールを用いた場合は、操作対象によって異なる手元の操作の違いに論理的構造が潜在しており、プログラム構造に対する理解に影響を与えている可能性が考えられる。

4. まとめ

視覚障害者やプログラム初学者を対象としたタンジブルなプログラミングツールである P-CUBE、および Pro-Tan について紹介した。タンジブルなツールを短時間使用した場合にもユーザの理解度に差が生じる可能性が示唆されたことから、形式概念分析を用いて、プログラミング操作の構造分析を試みた。タンジブルなツールを用いた場合、操作対象によって異なる操作間に論理帰結関係が潜在しており、作成するプログラム構造の違いと対応することによって、ユーザの理解度促進に影響している可能性が考えられることがわかった。

参考文献

- (1) 鈴木治, 室伏俊明: “形式概念分析-入門・支援ソフト・応用-”, 日本知能情報ファジィ学会誌, Vol.19, No.2, pp.103-142 (2007)
- (2) 本吉達郎, 掛橋峻, 小柳健一, 増田寛之, 大島徹, 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) 本吉達郎, 増田寛之, 小柳健一, 大島徹, 川上浩司: “タンジブルなプログラミングツールを用いたプログラミング作業の動作分析”, 第43回知能システムシンポジウム講演論文集, CD-ROM, (2015)