

# タンジブルなプログラミングツールプロたんを用いた協調学習の学習効果における検証方法の検討

鉄村 直樹<sup>\*1</sup> 本吉 達郎<sup>\*1</sup> 津田 真理子<sup>\*1</sup> 澤井 圭<sup>\*1</sup>  
増田 寛之<sup>\*1</sup> 玉本 拓巳<sup>\*1</sup> 小柳 健一<sup>\*1</sup> 大島 徹<sup>\*1</sup> 川上 浩司<sup>\*2</sup>

## Examination of Verification Method for Learning Effect of Collaborative Learning Using Tangible Programming Tool Pro-Tan.

Naoki Tetsumura<sup>\*1</sup>, Tatsuo Motoyoshi<sup>\*1</sup>, Mariko Tsuda<sup>\*1</sup>, Kei Sawai<sup>\*1</sup>,  
Hiroyuki Masuta<sup>\*1</sup>, Takumi Tamamoto<sup>\*1</sup>, Kenichi Koyanagi<sup>\*1</sup>, Toru Oshima<sup>\*1</sup>, and Hiroshi Kawakami<sup>\*2</sup>.

**Abstract** — We have been developing a card-type programming tool called “Pro-Tan.” In this paper, we describe the attempt to evaluate the usefulness of tangible programming tool in the collaborative learning process which multiple users share the tool. We consider a method of verification evaluating the learning effect. We report the experiment which records the time required, the talking time and test scores which assumes the depth of understanding of a program structure.

**Keywords** : Programming tool, Tangible interface and Collaborative learning.

### 1. はじめに

プログラミングツールにタンジブルなインタフェース<sup>[1]</sup>を取り入れる研究が行われている<sup>[2],[3]</sup>。アルゴブロック<sup>[4]</sup>は学習者のコミュニティの活動を支援するための教育ツールであり、子どもが共同でプログラムを作成する場におけるインタラクションを促進するためのデザインが施されている。共同で作業しながら学習を行う方法が教育現場にはある。初等教育での学習方法として、子どもたち同士が教えあい、学び合う協働的な学びである協調学習があげられる。小学校学習指導要領<sup>[5]</sup>では、個性を生かし多様な人々との協働を促す教育の充実に努めることとしているため、教育現場では他者と協力して学ぶ協調学習が取り入れられている。タンジブルなツールの初学者向けの効用について研究されている<sup>[6]</sup>。しかし、このほかの有効性に関する研究事例が少なく、タンジブルなプログラミングツールを用いた協調学習の影響や有用性、学習効果についての分析手法は確立されていない。

我々は子ども同士が共有して使いやすい初学者向けのタンジブルなカード型のプログラミングツール「プロたん」の開発に取り組んでいる<sup>[7]</sup>。本稿では、複数のユーザがプログラミングツールを共有する協調学習に対する本ツールの影響や有用性を検証するための分析手法について検討する。まず、既存のプログラミングソフトウェアと本ツールを用いて、それぞれ2人1

組ずつの被験者を用意し、プログラミング課題への取り組み過程から検証した。

### 2. プロたん

プロたんは、プログラミングカード、プログラムパネル、プログラム転送用機器で構成されている。プロたんのシステム概要を図1に示す。プログラミングカードをプログラムパネルに貼り付けることでプログラミングができるツールである。プログラミングカードは、図2に示す、どうさカード、じかんカード、繰り返しカード、もしもカードの4種類ある。プログラミングカードには、各カードの種類を割り当てるためのRFIDタグを取り付けられており、プログラムパネルのマス目に設置されたRFIDリーダーがカードの配置情報を読み取る。カードの種類と配置情報は、プログラムパネルに接続された転送用機器を介して制御対象に転送される。本ツールの使用によりユーザがプログラミングの基本である「順次」「条件分岐」「繰り返し」の概念を習得できることを目的としている。

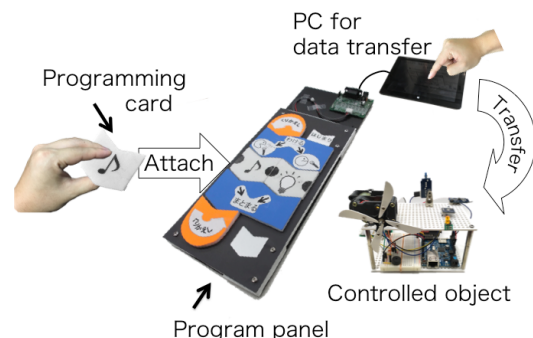


図1 システム概要

Fig.1 System configuration .

\*1: 富山県立大学

\*2: 京都大学

\*1: Toyama Prefectural University

\*2: Kyoto University

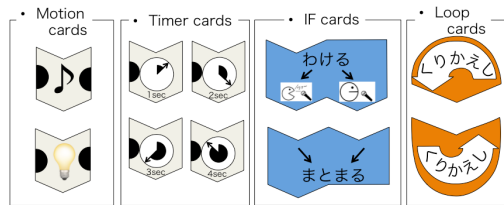


図 2 システム概要  
Fig. 2 System configuration .

### 3. プロたんを用いた協調学習の検証実験

#### 3.1 実験概要

2人1組で学習ツールを共有し、プログラミング学習に取り組む場合の学習効率や有用性について検証を試みる。被験者は、2人1組で指定されたツールを使用して、制御対象のプログラミング課題に取り組む。指定するツールはプロたん、もしくは図3に示す studuino ソフトウェア [8] である。プロたんを使用して課題に取り組むグループをプロたんグループ、studuino software を使用して課題に取り組むグループをタイルグループとする。図4に実験環境を示す。被験者はとなり同士椅子に座り、課題のプログラムを作成した。図5に実験の流れを示す。Ex.1 から Ex.5 の順番でペアでの協調学習を行う。その後プログラミング構造の理解度を調べるため、ペーパーテスト1を行う。ペーパーテスト1は、フローチャートの流れから回答を推測するものや、制御されているもののプログラム構造を推測するプログラミング構造をコードから推測する問題で構成されている。問題数は9問（回答箇所19箇所）であり、正解した問題の数を得点とした。Task 1 から Task 6 において被験者単独でプログラム作成に取り組み、その後ペーパーテスト2を行う。ペーパーテスト2は、プログラミング構造をコードから推測するものや、フローチャートから正しいコードを推測する問題で構成されている。問題数は9問（回答箇所20箇所）であり、正解した回答箇所の数を得点とした。

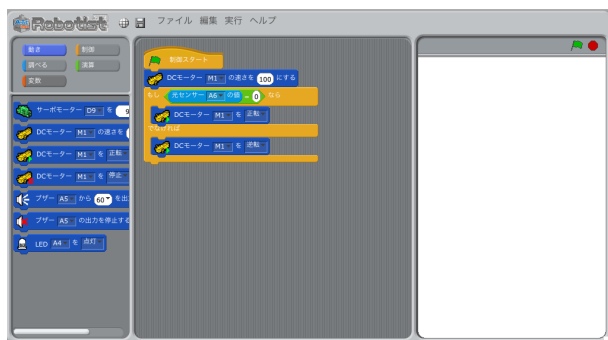


図 3 Studuino ソフトウェア  
Fig. 3 Studuino Software.

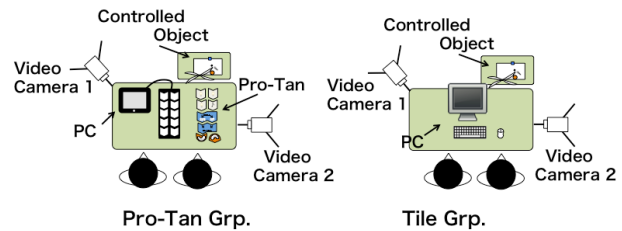


図 4 実験環境  
Fig. 4 Experimental Layout.

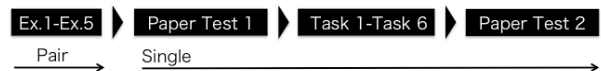


図 5 実験の流れ  
Fig. 5 Flowchart of Experiment.

#### 3.2 制御対象

実験において使用する制御対象を図6に示す。制御対象にはブザー、LED、モータ、音センサ、光センサ、およびタッチセンサが搭載されている。

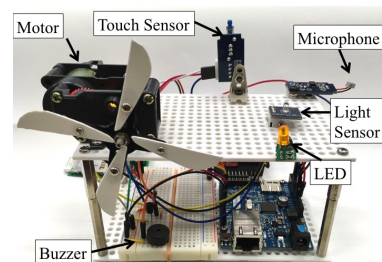


図 6 制御対象  
Fig. 6 Controlled Object.

#### 3.3 実施課題

実施課題は、徐々に難易度が上がるように設定した。以下に各課題の内容を示す。

Ex.1 LED を点灯させるプログラム。

Ex.2 LED を点灯してからブザーを鳴らすプログラム。

Ex.3 Ex.2 の動作を繰り返すプログラム。

Ex.4 音センサを用いて、音を検知した時はブザーを鳴らし、検知していない時はLEDを点灯させるプログラム。

Ex.5 タッチセンサを用いて、変化を検知した時はLEDを点灯させ、検知していない時はブザーが鳴らすプログラム。

Task 1 LED を点灯してから、ブザーを鳴らし、その後モータを駆動させるプログラム。

Task 2 モータを駆動させてから、LED を点灯し、その後ブザーを鳴らす一連の動作を繰り返すプログラム。

Task 3 音センサにより、音を検知した時はLEDを点灯させるプログラム。

Task 4 光センサにより，光を検知した時はブザーを鳴らし，検知していない時は LED を点灯させるプログラム．

Task 5 タッチセンサにより，変化を検知した時モータを駆動させ，検知していない時は LED を点灯させるプログラム．

Task 6 Task 5 と同じ内容のプログラム．但し，コード型プログラミングソフトウェアを使用．

被験者には，課題遂行前に使用ツールの取り扱いに関するマニュアルを渡し，課題取り組み前に操作方法を確認してもらった．被験者はペアで Ex.1 から Ex.5 まで取り組み，次に，同じツールを使用して単独で Task 1 から Task 5 に取り組む．さらに，コード型プログラミングソフトウェアを使って，Task 6 に取り組む．コード型プログラミングソフトウェアには図 7 に示す Arduino IDE<sup>[9]</sup> を使用した．被験者は，Task 6 の取り組み中にソフトウェアのマニュアルを参考することを許されている．



図 7 Arduino IDE  
Fig. 7 Arduino IDE.

### 3.4 実験結果，および考察

実験では，Ex.1 から Ex.5 まで（ペア）の課題達成時間，発話時間，Task 1 以降（単独）の課題達成時間，テスト遂行時間，およびテスト結果を記録した．プログラミング未経験者の 2 ペアを対象に実施した結果について述べる．被験者は，19 歳男性 (A)，20 歳男性 (B)，24 歳男性 (C)，23 歳男性 (D) であった．A と B をプロたんグループのペアとし，C と D をタイルグループのペアとした．

#### 課題達成時間

課題達成時間の記録は，撮影した映像からストップウォッチによって計測している．Ex.1 から Ex.5 の

各課題達成時間を表 1 に示す．Task 1 から Task 6 の各課題達成時間を表 2 に示す．Ex.2 の課題遂行時間がプロたんグループでは 20sec，タイルグループでは 176sec であり，156sec の差が生じた．また，Ex.4 の課題遂行時間がプロたんグループでは 112sec，タイルグループでは 679sec であり，567sec の差が生じた．被験者には，課題遂行前に使用ツールの取り扱いに関するマニュアルを渡し，課題取り組み前に操作方法を確認してもらっているが，課題遂行中，タイルグループが使用方法が思い出せなく，戸惑う場面があった．

表 1 課題達成時間 (Ex.1-Ex.5).  
Table 1 Required times (Ex.1-Ex.5).

Grp.	Pro-Tan	Tile
Sub.	A & B	C & D
Ex.1 (sec)	59	19
Ex.2 (sec)	20	176
Ex.3 (sec)	16	36
Ex.4 (sec)	112	679
Ex.5 (sec)	26	154

表 2 課題達成時間 (Task 1-Task 6)  
Table 2 Required times (Task 1-Task 6).

Grp.	Pro-Tan		Tile	
Sub.	A	B	C	D
Task 1 (sec)	18	17	145	229
Task 2 (sec)	22	23	33	68
Task 3 (sec)	25	36	476	122
Task 4 (sec)	16	29	87	1030
Task 5 (sec)	14	17	83	149
Task 6 (sec)	602	588	352	499

#### 発話状況

会話状況として，発話時間と発話量を記録した．発話時間は，課題を始める時から終わるまでの間で，声を出している時間であり，被験者がアシスタントへ質問している時間は含まれていないものである．発話時間の記録は，撮影した映像からストップウォッチによって計測している．Ex.1 から Ex.5 の各課題における発話時間を表 3 に示す．発話量は，課題遂行時間の間で発話している割合として考える．表 4 に，Ex.1 から Ex.5 までと全体を通しての発話量を示す．Ex.1 から Ex.5 までの全体の発話量からプロたんグループのペアは A が 10%，B が 5% で 5% 差がある．タイルグループのペアは C が 9%，D が 8% で差が 1% である．プロたんグループよりタイルグループの方がペア間での発話量の差が 4% 少なくなっている．

#### テスト結果

ペーパーテストの結果を表 5 に示す．ペーパーテスト 1 は，協調学習での学習効果を確認するために実施した．また，ペーパーテスト 2 は，その後の単独での学習効果を確認するために実施した．ペーパーテスト 1 ではプロたんグループのペア間に点数と遂行時間の差がない．そのため，ペア間での理解度の差はないように見受けられた．タイルグループのペア間には点数

表 3 発話時間 (Ex.1-Ex.5)  
Table 3 Talking times (Ex.1-Ex.5).

Grp.	Pro-Tan		Tile	
Sub.	A	B	C	D
Ex.1 (sec)	3	4	1	1
Ex.2 (sec)	1	1	24	21
Ex.3 (sec)	8	1	3	7
Ex.4 (sec)	8	6	53	40
Ex.5 (sec)	4	0	11	12

表 4 発話量 (Ex.1-Ex.5)  
Table 4 The amount of talking times (Ex.1-Ex.5).

Grp.	Pro-Tan		Tile	
Sub.	A	B	C	D
Ex.1 (%)	5	7	5	5
Ex.2 (%)	5	5	14	12
Ex.3 (%)	50	6	8	19
Ex.4 (%)	7	5	8	6
Ex.5 (%)	15	0	7	8
All (%)	10	5	9	8

に 4 点，遂行時間には 139sec の差があった．そのため，プロたんグループと比べてペア間での理解度の差はあるように見受けられた．ペーパーテスト 2 ではプロたんグループのペアであった被験者の間に点数は 1 点の差があり，遂行時間は 212sec の差が生じた．タイルグループのペアでは，点数に差がなく，遂行時間には 264sec の差が生じた．

表 5 ペーパーテスト 1 & 2 の結果  
Table 5 Result of Paper Test 1 & 2.

Grp.	Pro-Tan		Tile	
Sub.	A	B	C	D
Times of paper test 1 (sec)	626	626	930	1069
Times of paper test 2 (sec)	1038	826	1163	899
Points of paper test 1	15	15	18	14
Points of paper test 2	17	16	20	20

#### 4. まとめ

タンジブルなカード型のプログラミングツールであるプロたんの開発に取り組んできた．複数のユーザがプログラミングツールを共有する協調学習に対する本ツールの影響や有用性を検証するための分析手法について検討を試みた．プロたんを既存のソフトウェアと比較し，ペアで用いたプログラム作成を行う実験を実施した．各課題達成時間，発話時間，発話量，およびテスト結果を記録した．ペアでの課題達成時間において，Ex.2 と Ex.4 ではプロたんグループとタイルグループの間に差が見受けられたが，ツールの使用方法に関する教示が不足していたことが原因として考えられる．プロたんグループのペア間における発話量の差よりタイルグループのペア間における発話量の差は小さいように見受けられた．ペーパーテストの結果から，協調学習後のペア間での理解度に差がないように見受けられた．また，発話量と理解度に関連性が見受けられなかった．今後，実験を見直し，継続して実施する．

また，協調学習時の被験者同士の行動の違いから，タンジブルなツールの協調学習への支援効果を検証していく．

#### 参考文献

- [1] 石井：タンジブルメディアグループ，タンジブル・ビット- 情報の感触・情報の気配；NTT 出版，(2000)．
- [2] Danli, W., Yang, Z., and Shengyong, C. : E-Block: A Tangible Programming Tool with Graphical Blocks; *Proc. of Mathematical Problems in Engineering & MPE '13*, Vol.2013, Article ID 598547, (2013).
- [3] Michael, S.H., Erin, T.S. and Robert, J.K.J. : Tangible Programming for Informal Science Learning; *IDC'08 Proc of Making TUIs Work for Museums. Proceedings of 7th International Conference on Interaction Design & Children*, pp.194-201, (2008).
- [4] 鈴木, 加藤：共同学習のための教育ツール「アルゴブロック」；認知科学，(1995)．
- [5] 文部科学省：小学校学習指導要領解説 総則編；[http://www.mext.go.jp/component/a\\_menu/education/micro\\_detail/\\_icsFiles/afieldfile/2017/07/12/1387017\\_1\\_1.pdf](http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/afieldfile/2017/07/12/1387017_1_1.pdf)，(2017)
- [6] 本吉, 掛橋, 増田, 小柳, 大島, 川上：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：日本知能ファジィ学会誌 知能と情報，Vol. 27, No. 6, pp.909-920, (2015).
- [7] Tetsumura, N., Oshima, T., Koyanagi, K., Masuta, H., Tatsuo, M. and Kawakami, H: Interface Design Proposal of Card-Type Programming Tool; *Proc. of 9th International Conference on Intelligent Robotics and Applications*, pp. 71-77, (2016).
- [8] Studuino, <http://www.artec-kk.co.jp/studuino/en/>.
- [9] Arduino, <http://www.arduino.cc>.