

G7 Programming Learning Summit

2016 年 11 月 12 日 調査実施報告

(全体概要編)

一般公開資料 (2017 年 01 月 28 日改訂版)

G7 Programming Learning Summit 実行委員会

<http://g7.washi.cs.waseda.ac.jp/>

はじめに

この報告結果はあくまで、講師が限られた時間で特定の内容を実施した結果であり、各ツールや環境のあらゆる特性をとらえたものではありません。

本調査報告資料の著作権は G7 Programming Learning Summit 実行委員会に帰属します。

本調査報告に関するお問い合わせは g7-contact@list.waseda.jp までお願いします。

G7 Programming Learning Summit 実行委員会（2017 年 1 月 14 日現在）

会長 鷺崎弘宜 早稲田大学グローバルソフトウェアエンジニアリング研究所所長・教授 /
国立情報学研究所客員教授 / 株式会社システム情報取締役

副会長 山田洋久 株式会社フジテレビ KIDS P-kies 事業部部长

監事 饗場敏彦 株式会社フジテレビ KIDS P-kies 事業部チーフアカウントマネージャー

委員 武藤優介 株式会社フジテレビ KIDS P-kies 事業部アカウントマネージャー

委員 齋藤大輔 早稲田大学教育学部 助手

委員 佐々木綾菜 早稲田大学基幹理工学部 情報理工学科プロジェクト研究生

事務局員 長田有紀子 株式会社フジテレビ KIDS P-kies 事業部アカウントマネージャー

事務局員 佐藤悠 株式会社フジテレビ KIDS P-kies 事業部アカウントマネージャー

変更履歴

2017 年 01 月 03 日 報告書作成

2017 年 01 月 09 日 軽微な変更(ヘッダーの修正、ページ番号の追加)

2017 年 01 月 13 日 対象ツールの概要、テストの得点と分析を加筆。図 3 の差し替え。
表 4 の追加。軽微な変更。

2017 年 01 月 14 日 見出しの修正

2017 年 01 月 28 日 実行委員会名簿掲載、軽微な変更（字句修正ほか）

目次

G7 Programming Learning Summit.....	1
2016年11月12日調査実施報告	1
（全体概要編）	1
はじめに	2
G7 Programming Learning Summit 実行委員会（2017年1月14日現在）	2
変更履歴	2
1. 概要.....	4
1.1. 対象ツールの概要	4
2. 実験的調査	6
3. ワークショップの概要.....	7
3.1. ワークショップの実施体制と方法	7
3.2. ワークショップの時間と構成	7
3.3. 受講者数とテスト・アンケートの有効回答数.....	7
4. 理解度確認テストの結果.....	7
4.1. 得点の全体的傾向	8
4.2. 自由記述式問題における傾向	10
5. プログラミングに対する態度の結果.....	11
6. 各ツールの結果.....	13
6.1. CodoMonkey.....	14
6.2. Lightbot.....	14
6.3. OSMO Coding.....	15
6.4. Robot Turtles	15
6.5. Scratch	16
6.6. Viscuit	16
参考文献	16

1. 概要

G7 Programming Learning Summit 2016 (以下、G7PLS)にて扱った6ツールの理解度確認テストならびにアンケートの結果および分析結果について報告する。

1.1. 対象ツールの概要

G7PLSでは、開発元がプログラミングの概念や方法の教育および学習を支援するツール・環境として公式に表明したうえで提供しているものを調査対象として扱う。具体的には調査対象としたツールは以下、表1の54種類からワークショップにおける利用可能性や知名度、特徴のバランス等を考慮して6ツールを選択した。また、もともとの54種類のツールの選定方法としては、文献等の網羅的サーベイにしばしば用いられる Systematic Literature Mapping [1]における選定手法を参考として、図1に示す手法を用いた。図1の手法で使用したキーワードは以下の通りである。今回の選定では、Googleの検索エンジンを用いて各キーワードごとに100件のデータ(合計800件)を分析した。

- プログラミング 学習 子ども ゲーム
- プログラミング 学習 子ども ツール
- プログラミング 教育 子ども ゲーム
- プログラミング 教育 子ども ツール
- Programming learning game kids
- Programming learning tool kids
- Programming education game kids
- Programming education tool kids

また、これらに示すツールは基本的にソフトウェアの形態で提供されているものを中心としている(一部例外有)。

表 1. ツール一覧

No.	学習ツール名	No.	学習ツール名	No.	学習ツール名
1	AgentSheets	21	HackforPlay	41	RoboMind
2	Alice	22	Hello Ruby	42	Robot Turtles
3	Ardublock	23	Hopscotch	43	Run Marco!
4	BetaTheRobot	24	JointApps	44	Scrach
5	Bitsbox	25	Junior Coder	45	ScratchJr
6	Blockly	26	Kodu	46	SmalRuby
7	Box Island	27	Learn Python	47	Squeak
8	BotLogic.us	28	LearnToMod	48	Swift Playgrounds
9	c-jump	29	Lightbot	49	Tech Rocket
10	Code Monster	30	MaKey	50	The Foes
11	Code Studio	31	Minecraft	51	Tickle
12	CodeCombat	32	MinecraftEdu	52	Turtle Academy
13	Code-Girl Collection	33	MOONBlock	53	Tynker
14	CodeMonkey	34	Move the Turtle	54	Viscuit
15	Crunchzilla	35	Osmo Coding		
16	Daisy the Dinasauro	36	Penjee		
17	Empire	37	PETS		
18	Erase All Kittens	38	Programin		
19	Flappy	39	Puzzlets		
20	Greenfoot	40	Pyonkee		

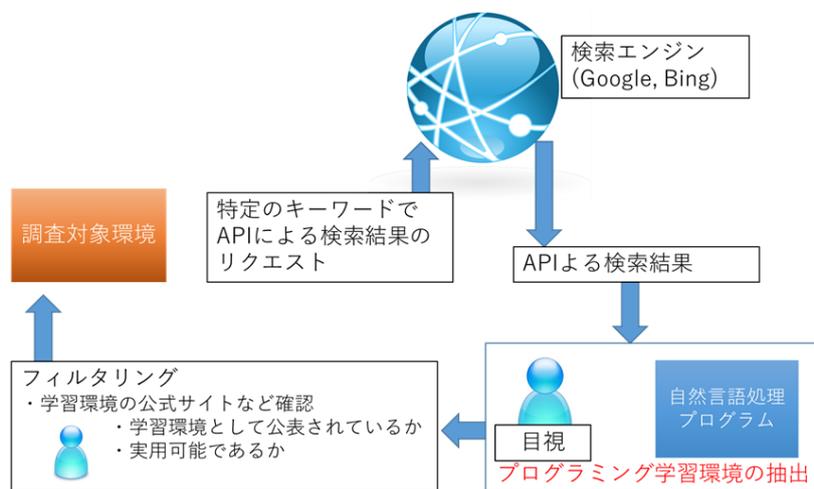


図 1. 初回 54 ツールの選定方法

選択した 6 ツールを、各ツールの大まかな分類と共に以下に示す。

分類: ゲームソフトウェア

- CodeMonkey
- Lightbot

分類: タンジブルデバイス

- OSMO Coding

分類: アンプラグド

- Robot Turtles

分類: ビジュアル言語および環境

- Scratch
- Viscuit

2. 実験的調査

今回の G7PLS においては上述の 6 ツールに対して、ワークショップの実施を通じて、プログラミングの基本的な概念(逐次実行、繰り返し、条件分岐)の理解および応用力 (特に抽象化および問題解決) への影響を中心に調査した。調査には、以下のテストおよびアンケートを使用した。

- テスト・アンケートの種類

- 事前事後の理解度確認テスト

テストは当該ツールを使用した際、プログラミングの理解力がどのように変化するのかわかるように調査するために実施した。

- 態度の選択式アンケート

本アンケートはプログラミングに対する意欲や面白さなどを調査するために実施した。

- 感想の自由記述式アンケート

感想やツールに関して感じたことを調査するために実施した。

- テストの内容と得点: 以下についてそれぞれ 1 問の正答を 1 点とカウントした。事前・事後の共に、8 点満点である。

- 逐次実行: 1 問

- 繰り返し: 3 問

- 条件分岐: 2 問

- 自由記述問題: 2 問

- ◇ 問題解決能力

- ◇ 発想力

◇ 抽象化能力

◇ 説明する力

3. ワークショップの概要

3.1. ワークショップの実施体制と方法

ワークショップは 2016 年 11 月 12 日に早稲田大学西早稲田キャンパスにて実施された。各ワークショップは 1 時間 30 分で実施された。体制としては講師とアシスタントを含め 2 名から 4 名の体制で実施された。対象学年は小学 3 年生から 6 年生までである。ただし Robot Turtles のみ、当該ツールが公式に対象として表明している小学 1 年生から 3 年生までである。教材の形態は、オンラインツールや配布資料などであった。ワークショップの具体的な内容については、それぞれのツールごとに後述する。

3.2. ワークショップの時間と構成

事前アンケート 2 分

事前テスト 5 分

ワークショップ時間 75 分

事後テスト 5 分

事後アンケート 3 分(+5 分を追加許容)

3.3. 受講者数とテスト・アンケートの有効回答数

受講者数 59 名

事前事後の理解度確認テスト有効回答数 45 名

態度の選択式アンケート有効回答数 49 名

感想の自由記述式アンケート有効回答数 49 名

4. 理解度確認テストの結果

本項目ではテストおよびアンケートの結果を示す。

4.1. 得点の全体的傾向

図2に得点別の積み上げグラフを示す。事前(before)から事後(after)において全体的に得点が向上しており、プログラミングの基本的な概念の理解について各ツールが有効であることを確認できた。図3(箱ひげ図)、図4(散布図・ヒストグラム)、表2は得点変化を示したものである。図3、図4の結果からも全体の得点が向上していることがわかる。表1は得点の変化に加え、その人数も示している。得点に変化がない学習者および得点が下がってしまった学習者が若干名いる。これは、「ツールそのものに夢中になってしまいテストに集中できなかった者」、「モチベーションの低下に伴いドロップアウトしてしまった者」、「そもそも、テストに取り組まなかった者」などの理由が考えられる。加えて、実施したテスト問題が難しかった可能性も挙げられる。これらのことも踏まえ、事前と事後の間に統計的に有意な違いがあることを確かめるためウィルコクソン符号順位検定を実施した。結果はp値:0.0020(信頼度区間95%: $p < 0.05$ 以下で有意差あり)であり、有意性が認められた。故に事後に得点の向上があったといえる。

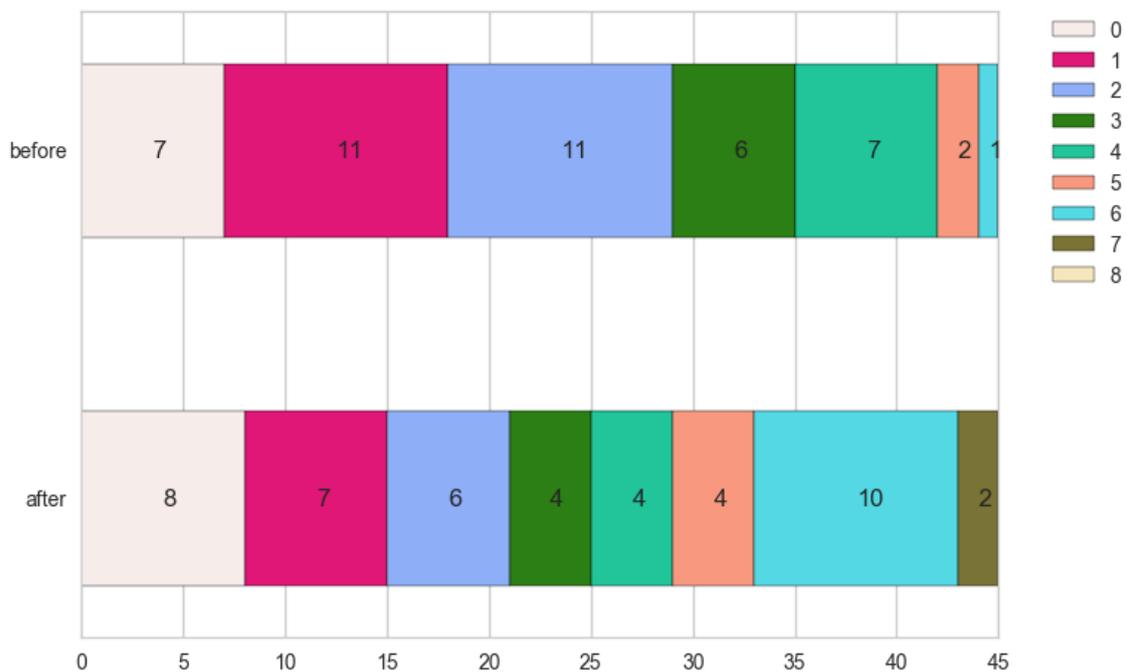


図2. 全体の得点(上側: 事前、下側: 事後)

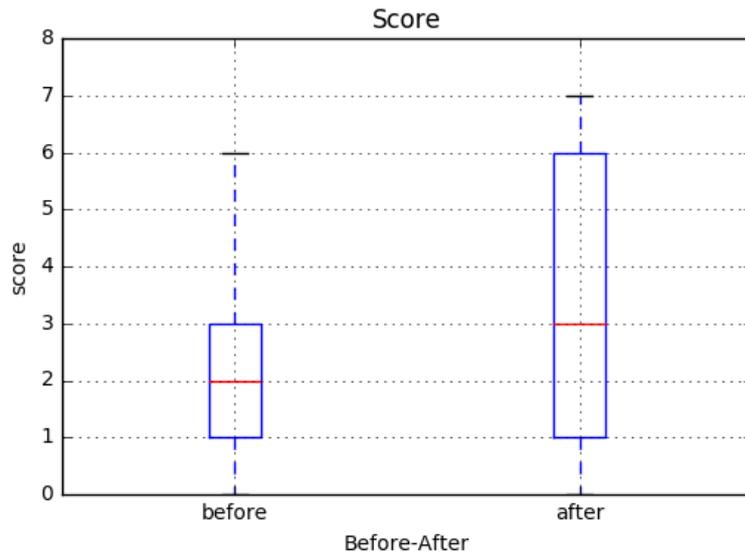


図3 全体の得点(左側: 事前、右側: 事後)

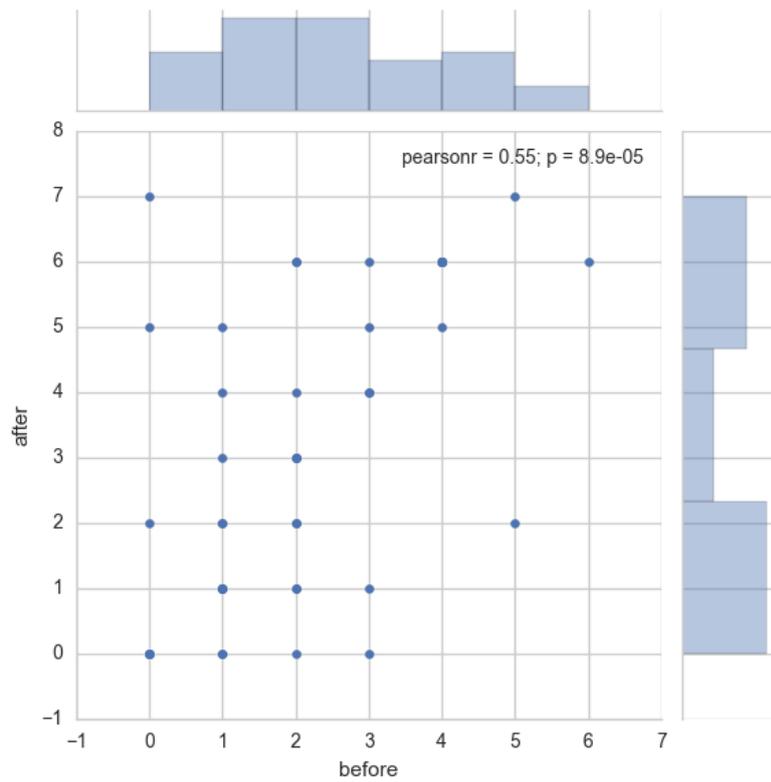


図4. 得点の変化

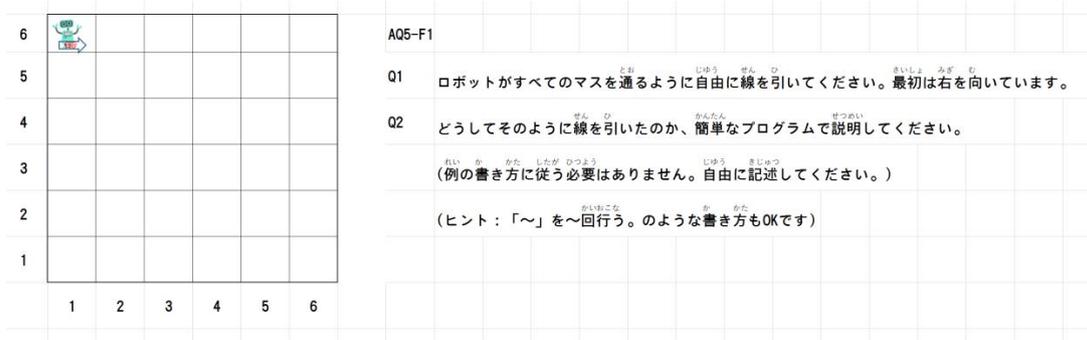
表 2. 得点の変化とその人数

事前	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	4	4	5	5	6
事後	0	2	5	7	0	1	2	3	4	5	0	1	2	3	4	6	0	1	4	5	6	5	6	2	7	6
人数	4	1	1	1	2	4	2	1	1	1	1	2	2	3	1	2	1	1	2	1	1	1	6	1	1	1

4.2. 自由記述式問題における傾向

自由記述問題は以下、図 5 のような問題を出題した。回答における典型的なパターンとしては、図 6 に示すようなものがあった。また、「どうしてそのように線を引いたかのプログラムで説明しなさい」に取り組めた学習者は事前においては皆無であり、事後においてもごく少数であった。記述されたプログラムの一例を図 7 に示す。

図 6 の左側と右側に示すように、自由記述式のテストにおける記述パターンにはコの字型（左側）および渦巻き型（右側）の回答の両方があった。いずれの回答についても、問題解決の結果としては正しく、問題解決力および説明力の向上結果が表れている可能性がある。またこの 2 種類の回答を比較してみると、渦巻き型のほうが、少ない手順および構成要素でシンプルに記述することが可能であり、問題に対する抽象化能力の向上結果が表れている可能性がある。



The figure shows a test interface for a free description problem. On the left is a 6x6 grid with a robot icon at the top-left cell (row 6, column 1). On the right, the question text is as follows:

A05-F1

Q1 ロボットがすべてのマスを通るように自由に線を引いてください。最初は右を向いています。

Q2 どうしてそのように線を引いたのか、簡単なプログラムで説明してください。
(例の書き方に従う必要はありません。自由に記述してください。)
(ヒント: 「～」を～回行う。のような書き方もOKです)

図 5 自由記述問題

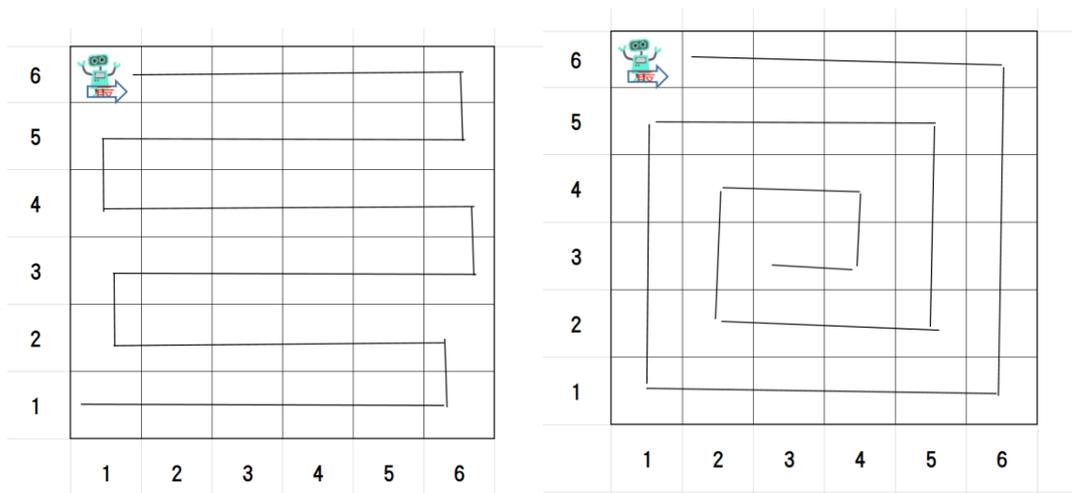


図 6. 自由記述問題の回答例(線)

壁に当たるまで進めればよかったからです

右に 5 マス進め、右に一つ曲がり、左に 5 マス進み、左に 5 マス進み、同じことを 2 回

図 7. 自由記述問題回答例(プログラム)

5. プログラミングに対する態度の結果

本アンケートはプログラミングに対する面白さ(事前 Q1B, 事後 Q1A)、難易度(事前 Q2B, 事後 Q2A)、利便性(事前 Q3B, 事後 Q3A)、意欲(事前 Q4B, 事後 Q4A)、興味(事前 Q5B, 事後 Q5A)の 5 項目について調査した。調査方法には 6 段階のリッカートスケール方式(6: すごく思う - 1: すごく思わない)を用いた。結果を図 8(箱ひげ図)および図 9(バブルチャート)に示す。加えてウィルコクソン符号順位検定を実施し、事前の結果と事後の結果の両群に差があるか調べた。結果を表 3 に示す。面白さと興味について信頼度区間 5%で p 値 < 0.05 のため有意差が認められた。その他の項目について、有意差は認められなかったが、箱ひげ図およびバブルチャートから、向上の傾向が見受けられる。本結果の留意点として、Q2 の難しさを問う問題はリッカートスケールの値が小さいほどポジティブな値としたため、アンケートに誤った回答をしてしまっている学習者がいる可能性がある(1 につけなければならないのに 6 につけてしまったなど)。また、結果を出す際にポジティブ値が逆の値となるように変換している。

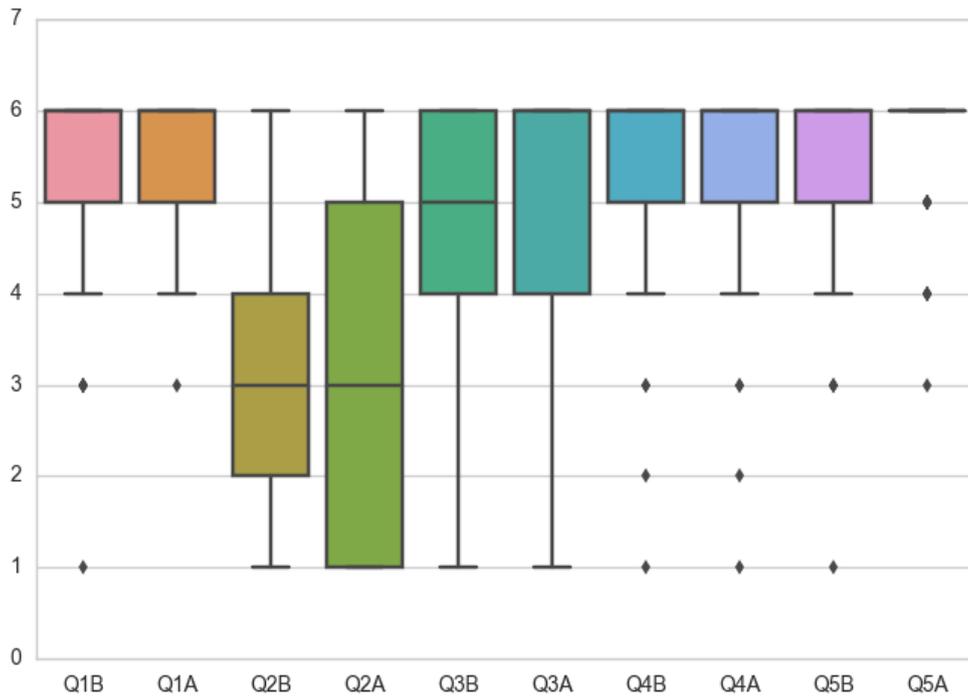


図 8. プログラミングに対する態度の結果(箱ひげ図)

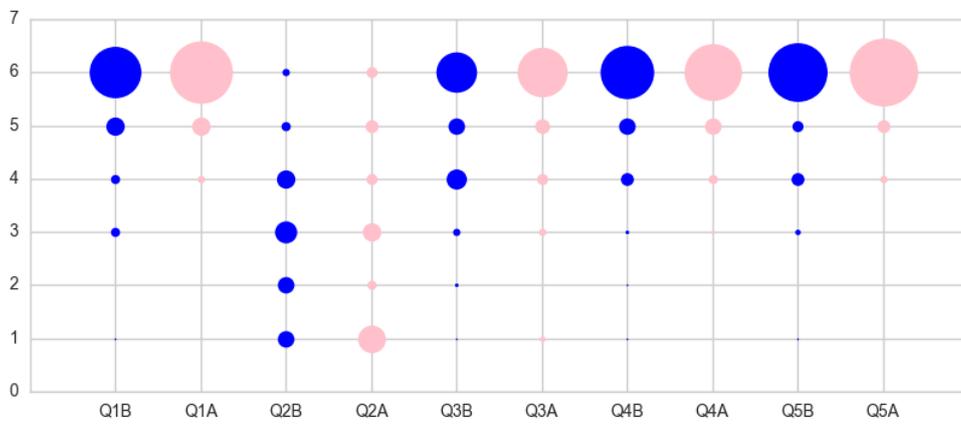


図 9. プログラミングに対する態度の結果(バブルチャート)

表 3. 検定結果

調査項目	統計量	P 値
面白さ Q1A, Q1B	18.0	0.007
難易度 Q2A, Q2B	185.0	0.922
利便性 Q3A, Q3B	102.5	0.643
意欲 Q4A, Q4B	48.5	0.499
興味 Q5A, Q5B	17.0	0.020

6. 各ツールの結果

各ツールにおける特徴をまとめたものを表 4 に示す。

表 4. 各ツールの特徴表

ツール名	ツール分類	理解度	総合力 (線のひき方)	総合力(全体)	態度
CodeMonkey	ゲームソ フトウェ ア	全体的に向上。 特に条件分岐に ついて向上	コの字型	問題解決・説 明能力の向上 が見られた	プログラミングへ の意欲が特に向上 した
Lightbot	ゲームソ フトウェ ア	全体的に向上。 バランスよく向 上	コの字型	問題解決能力 の向上が見ら れた	プログラミングへ の面白さが特に向 上した
OSMO Coding	タンジブ ル	全体的に向上。	コの字型	問題解決能力 の向上が見ら れた	プログラミングへ の面白さが特に向 上した
Robot Turtles	アンブラ グド	全体的に向上。 特に繰り返しに ついて向上	コの字型	問題解決能力 の向上が見ら れた	プログラミングへ の面白さと興味が 向上した
Scratch	ビジュア ル言語	全体的に向上。	コの字型	問題解決能力 の向上が見ら れた	特にプログラミン グを事後に簡単に 感じる傾向があっ た
Viscuit	ビジュア ル言語	全体的に向上。	コの字型 渦巻き型	問題解決・抽 象化能力の向 上が見られた	プログラミングへ の興味が特に向上 した

出典：G7 Programming Learning Summit 実行委員会

上記、表 4 に加え、各ツールの特徴の概略を示す。(ツールの順番はアルファベット順である)

6.1. CodoMonkey

CodeMonkey は CoffeeScript(プログラミング言語のひとつ)を用いて、与えられたコースでキャラクターを操作しバナナを手に入れるゲームソフトウェアである。メインのコースは全体で 200 問用意されており、学習者のペースに合わせて進めることができるドリル形式である。今回、G7PLS ではワークショップを 1 名の講師と 1 名の TA で実施した。また、1 名のアドバイザーが当該ワークショップを見学した。ワークショップでは一定時間で区切りを入れ、逐次、繰り返し、条件分岐をすべて教えた。留意点として条件分岐の問題はメインコースの 100 問目からであるため、講師が自作したコースを使用して教えた。

ワークショップの結果、理解度確認テストの正答率は向上傾向にあった。自由記述式のテストにおける記述パターンはコの字型の回答が多く見られた。また、自由記述におけるプログラムを説明しようとする学習者も多く見られた。自身で考えて問題解決し、そのプログラムについて説明をしようとする態度が見られたことから、説明力の向上があったものと考えられる。加えて、受講者の感想として「いろいろなプログラムがありとても面白いことを学びました」とあった。問題集として多数の問題が収録され、それらを難易度の大きなギャップ無しに連続的に進めさせる仕組みを採用しており、継続的な熱中と面白さにつながっているものと考えられる。

6.2. Lightbot

Lightbot はイラストベースのアイコンでプログラミングを実施しロボットを操作するパズルゲームである。当該ツールではいくつかのコースが提供され、コースにある決められた箇所をすべて光らせることが目的である。G7PLS のワークショップは講師 1 名、TA1 名で実施した。教材は講師が作成した簡単な Lightbot の説明が記載されたもののみを使用し、一定時間で区切りを入れ、逐次、繰り返し、条件分岐を教えた。

ワークショップの結果、理解度確認テストの正答率は向上傾向にあった。各概念の理解に対して特徴が大きくみられた。決められた箇所を光らせるシンプルなパズルゲームであること、タブレットを用いて直感的に操作することができ自身の作成したプログラムをロボットの動きとしてみるため、各概念への理解を促進させることができたと考えられる。自由記述式のテストにおける記述パターンはコの字型の回答が多く見られた。感想としてゲーム感覚で学習しやすかったという感想があった。この「ゲーム感覚」は受講者のプログラミング学習に対するやる気を向上させ、理解の促進につながったと考えられる。

6.3. OSMO Coding

OSMO Coding はタンジブル系のデバイスであり、物理的なブロックを使用してプログラミングをするツールである。今回、G7PLS ではワークショップを 1 人の講師と 2 人の TA が実施した。ワークショップに使用された教材は講師が作成したものである。この教材はブロックの基本説明や使い方が記載されたものである。留意点として条件分岐用のブロックはあるが、公式アプリケーションのコースでは、当該ブロックを使用できるコースが未実装であったため、既存のコースで代替して条件分岐の学習に使用した。

ワークショップの結果、理解度確認テストの正答率は向上傾向にあった。自由記述式のテストにおける記述パターンはコの字型の回答が多く見られた。特定の事柄について大きな特徴が見られなかったものの、各事柄に対してバランスよくアプローチすることができるツールであると考えられる。また、タンジブルデバイスであることから実際にプログラムに手で触れ、プログラミングに取り組むという点は、学習者のモチベーションを低下させずに継続して学習させることに有効であったと考えられる。加えて「コンピュータを動かす」や「指示通りに動かす」などの「動かす」という言葉の感想が多く見受けられた。これは、ブロックを組み立ててプログラミングすることに起因すると考えられる。

6.4. Robot Turtles

Robot Turtles はボードゲームであり、電源を用いないアンプラグドなツールである。当該ツールはカードに書かれた命令を組み合わせてタートルを操作して宝石を取ることが目的のボードゲームである。当該ツールでは、ボード上に自由に宝石や障害物を配置してコースを作ることが可能である。また、プレイヤーはプログラミングによりタートルに指示をするタートルマスター(学習者)と、タートルマスターが出した指示通りにタートルを動かすタートルムーバ(メンター)の役割に分かれてゲームを進行する。今回、G7PLS ではワークショップをメンター3名で実施した。コースの宝石や障害物の配置としては、事前に決めてあるものを使用した。ゲームの進行は、各グループのメンターに任せた。また、事前に決めたコースをすべて達成した場合は適宜、各メンターにコースを作成してもらい対応した。

ワークショップの結果、理解度確認テストの正答率は向上傾向にあった。自由記述式のテストにおける記述パターンはコの字型の回答が大きくみられた。当該ツールはアンプラグドなツールであり、グループで学習を実施する。グループでの学習は、受講者同士で作成されたプログラムを見せ合うという観点から、様々なタイプのプログラムを知ることができ理解度を促進させることが可能であると考えられる。また、より「早く進む方法」を回答させることを通じて、プログラムの最適化の考えを持たすことができると考えられる。

6.5. Scratch

Scratch は MIT が開発したビジュアルプログラミング言語およびその環境である。ビジュアルで表現されたブロックをマウス操作によって組み合わせていくことでプログラミングすることができる。今回、G7PLS では 1 名の講師と 2 名の TA によってワークショップを実施した。教材は講師が作成したものを使用した。この教材は、Scratch の各ブロックの説明と簡単なプログラム例を示したものが掲載されたものである。

ワークショップの結果、理解度確認テストの正答率は向上傾向にあった。自由記述式のテストにおける記述パターンはコの字型の回答が多く見られた。また、ワークショップ後にプログラミングに対する「難しさ」の軽減が著しく見られた。これは、ブロックをドラックアンドドロップで操作しプログラミングすることから、自分の考えをすぐに形に反映、確認できることが大きくかかわっていると考えられる。さらに、「ものを作る」や「アプリを作る」という感想が見られた。イラストを用いて動きなどを即座に見られることやプログラミングの自由度が高いことが、このような感想につながったと考えられる。

6.6. Viscuit

Viscuit はビジュアル言語であり、粘土をこねるように、自身が作成したイラストに様々な動きをつけることができるツールである。今回、G7PLS ではワークショップでは講師が合同会社デジタルポケットから派遣されたファシリテータが 2 名と TA が 2 名であった。加えて G7PLS 実行委員会研究チームスタッフ 1 名がワークショップを見学した。ワークショップは説明的な授業形式に加えて、作品の共有活動などを取り入れたインタラクティブ形式で実施された。

ワークショップの結果、理解度確認テストの正答率は向上傾向にあった。自由記述式のテストにおける記述パターンはコの字型および渦巻き型の回答が混在して見られ、創造力が刺激された結果が発現した可能性がある。加えて、この 2 種類の回答を比較してみると、渦巻き型のほうが、少ない手順および構成要素でシンプルに記述することが可能であり、問題に対する抽象化をする能力がワークショップ後に向上したと考えられる。感想としては「絵を動かす」や「めがね」といったものが見られた。絵を描いて「めがね」で直感的に動きをつけることができるため、このような感想につながったと考えられる。

参考文献

[1] Kai Petersen, Robert Feldt, Shahid Mujtaba, Michael Mattsson, "Systematic Mapping Studies in Software Engineering," Proceedings of the 12th International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering (EASE'08), pp.68-77, 2008.