

G7 Programming Learning Summit

2017 年 8 月 22 日 調査実施報告

(全体概要編)

一般公開資料 (2018 年 4 月 1 日公開)

G7 Programming Learning Summit 実行委員会

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。

本報告書資料の取り扱いには個人・法人問わず第三者への公表、公開は原則として禁止です。

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

お問い合わせ g7-contact@list.waseda.jp まで

変更履歴

2017 年 10 月 23 日 作成

2018 年 4 月 1 日 公開

過去の G7PROGRAMMING LEARNING SUMMIT 開催実績

❖ 第 1 回 2016 年 11 月 12 日土曜日 早稲田大学

- 調査実施ツール：Scratch, Viscuit, Lightbot, CodeMonkey, Robot Turtles, OSMO Coding
- 参加人数：展示会: 500 名, ワークショップ: 59 名

❖ 第 2 回 2017 年 3 月 18 日土曜日 楽天株式会社 仙台支社

- 調査実施ツール：AlgoLogic, LEGO Mindstorms, OSMO Coding, PETS, PROCK, Robot Turtles
- 参加人数：展示会: 300 名, ワークショップ: 46 名

目次

はじめに	2
変更履歴	2
過去の G7PROGRAMMING LEARNING SUMMIT 開催実績	2
1. 概要.....	4
2. 実験的調査.....	4
3. ワークショップの概要.....	5
3.1. ワークショップの実施体制と方法	5
3.2. ワークショップの時間と構成	5
3.3. 受講者数とテスト・アンケートの有効回答数.....	6
3.4. ルーブリックの活用	6
4. テストおよびアンケート結果.....	6
自由記述問題の結果について.....	8
4.1. プログラミングに対する態度の結果	10
5. ピアジェの発達段階に基づいた結果.....	11
5.1. 7 歳から 12 歳ごろ (具体的操作期).....	11
5.2. 12 歳以上 (形式的操作期).....	13
6. 各ツールの特徴.....	15
6.1. AlgoLogic.....	15
6.2. アーテックロボ	16
6.3. ルビィのぼうけん	16
6.4. Minecraft Education Edition (MEE)	17
6.5. ORANGE Pico	17
6.6. PETS	17
参考文献	18

1. 概要

G7 Programming Learning Summit 東京 2017(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。

調査した 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

- AlgoLogic
- Minecraft Education Edition

分類: ロボット

- アーテックロボ
- PETS

分類: アンブラグド

- ルビィのぼうけん

分類: その他 (ミニコンピュータおよびジェネリックプログラミング言語およびその処理系)

- ORANGE Pico

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 (各アンケートの内容については別紙を参照のこと)。

● 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調査を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: 以下については7問出題した。概念を問う問題はそれぞれ1点、自由記述問題は2点(小問が2問ずつ)としてカウントし、満点は9点として評価する。

➤ 逐次実行: 1問

➤ 繰り返し: 2問

➤ 条件分岐: 2問

➤ 自由記述問題: 2問(小問4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2017年8月22日に早稲田大学にて実施された。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1名から5名の体制で実施された。対象学年は小学1年生から6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、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 32名

事前事後の理解度確認テスト有効回答数 22名

態度の選択式アンケート有効回答数 18名

感想の自由記述式アンケート有効回答数(一部のみ回答含む) 25名

3.4. ルーブリックの活用

本ワークショップでは上述したアンケートおよびテスト結果を、我々が作成を進めているルーブリックに基づき受講者の達成度合いについて、簡単ではあるが調査した。

特に、ルーブリックにおける「プログラミングの概念理解」の達成度とピアジェの発達段階[3]の観点から検討する。

4. テストおよびアンケート結果

本項目ではテストおよびアンケートの結果を示す。

テストの結果としてバイオリンプロット(図2)および散布図(図3)を示す。まず、バイオリンプロットは得点(黒線=平均値, 緑線=中央値)とその分布を表している。事後は、平均値、中央値と事前に比べて向上している。分布も3点以下の受講者が減っていることが分かる。しかし、最高点が7点となり-1点減であった。この結果と散布図における結果を見てみると、点数が事後に向上している受講者が多いことが分かる。しかし、事前8点から事後0点に低下した受講者がいることが伺える。これは、ワークショップに対して「夢中になってしまった」、「ドロップアウト」といった理由でテストに取り組まなかったと考えられる。

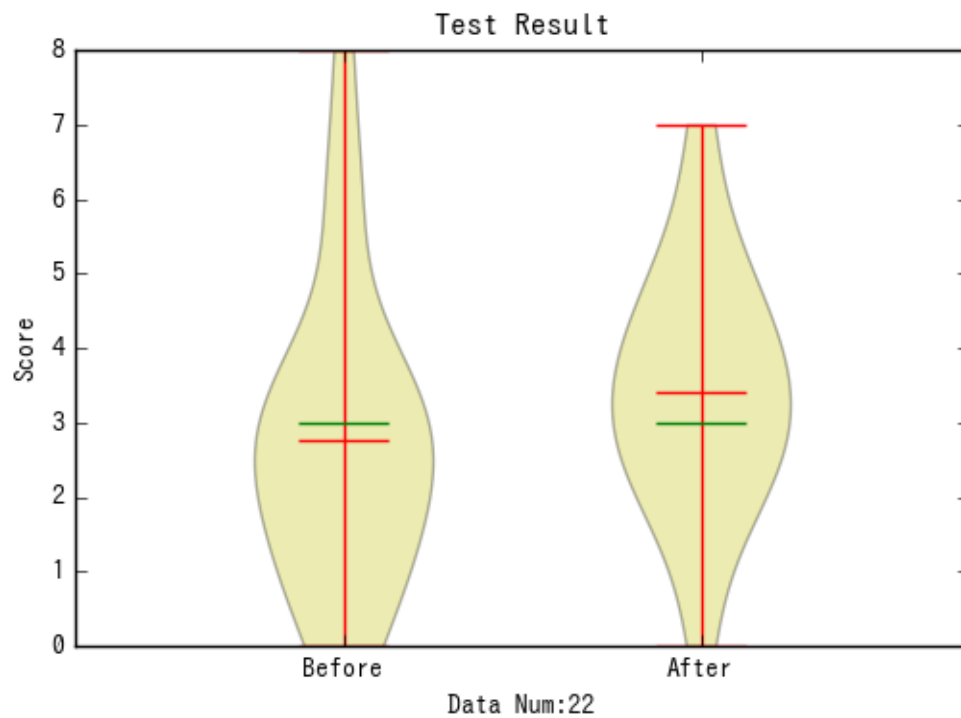


図 1. プログラミング概念の理解度の結果(バイオリンプロット)

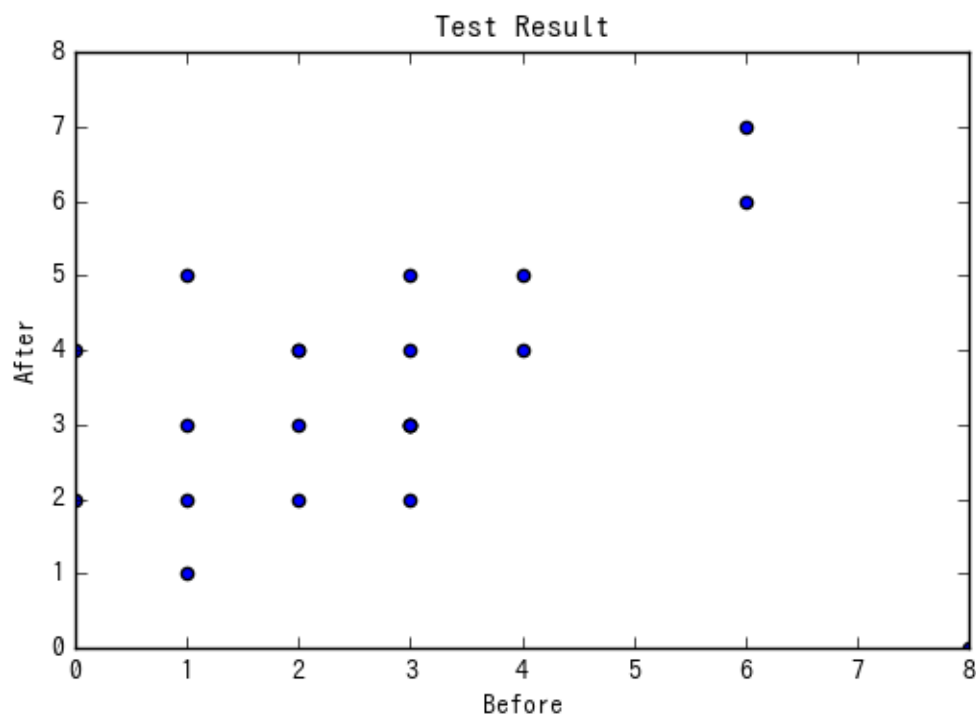


図 2. プログラミング概念の理解度の結果(散布図)

自由記述問題の結果について

自由記述問題については2問出題した。問題の例としては図4と図5に示す通りである。今回のワークショップにおいては回答者が少なかった。図4については2種類の回答(図6)が見られた。第1回、第2回のG7PLSと同じ結果であり、本問題に関してはおおよそ、どちらかの回答となるようだ。左側のコの字型は、形式化、パターン化の能力が向上したといえる。右側の渦巻き型は、効率化、抽象化の能力が向上したといえる。

図5の問題について回答数は事前、事後ともに皆無に等しく問題の作り直しなどを検討し回答率を上げることが課題となった。回答例として図7を示す。

6						
5						
4						
3						
2						
1						
	1	2	3	4	5	6

AQ5-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)
答え	

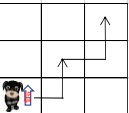
例
Q1例
 
Q2例
みぎむ 「右に向けて、 一歩前に進め、 左に向けて、 一歩前に進める」 ということを2回行う。

図3. 記述式テスト問題

BQ6-D1							
ひろのり君は、図書室に来ています。							
しかし、ひろのり君は本を借りることができません。							
(1) どうして、ひろのり君は本を借りることができないのでしょうか？考えられる理由を3つ書いてください。							
①							
②							
③							
(2) (1)で書いた理由のうち一つを選んで、どうすればひろのり君が本を借りられるようになるか、方法を書いてください。							

図 4. 記述式テスト問題 2

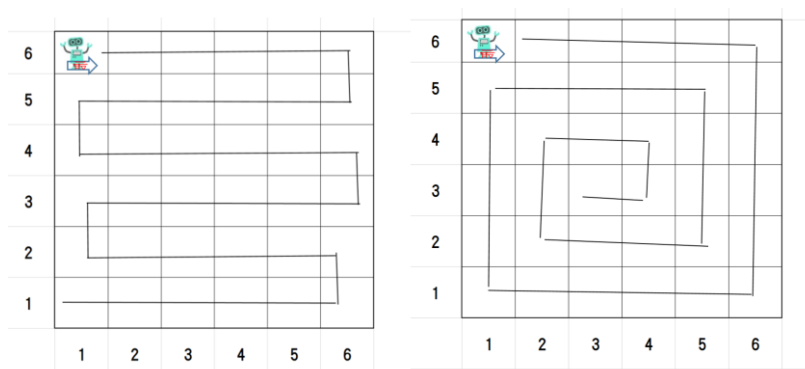


図 5. 図 4 の問題に見られた回答(左：コの字型, 右：渦巻き型)

(1) どうして、ひろのり君は本を借りることができないのでしょうか？考えられる理由を3つ書いてください。	
① もう本をかりているから。	
② まわりでまわっている。	
③ 本のかりかたがいじからなり	
(2) (1)で書いた理由のうち一つを選んで、どうすればひろのり君が本を借りられるようになるか、方法を書いてください。	
止まる。	

図 6. 図 5 の問題の回答例

4.1. プログラミングに対する態度の結果

態度に関する質問は以下の通りであった

- 面白さ：プログラミングは面白いと思いますか？ (Q1B(事前), Q1A(事後))
- 難易度：プログラミングは難しいと思いますか？ (Q2B(事前), Q2A(事後))
- 利便性：プログラミングは便利だと思いますか？ (Q3B(事前), Q3A(事後))
- 意欲：プログラミングをしたいと思いますか？ (Q4B(事前), Q4A(事後))
- 興味：プログラミングに興味がありますか？ (Q5B(事前), Q5A(事後))

このアンケート結果のバイオリンプロット(図 8)を示す。面白さや利便性といった点では事後に向上していることが分かる。プログラミングへの難易度については事後に難しく感じた受講者と簡単に感じた受講者がいることが分かる。興味や意欲については大きく変化していない。今回のワークショップでは複数のツールを受講した、受講者がいたため、後のワークショップに参加するほど興味や意欲が低下した可能性がある。いわゆる「飽きてしまった」という状態である。

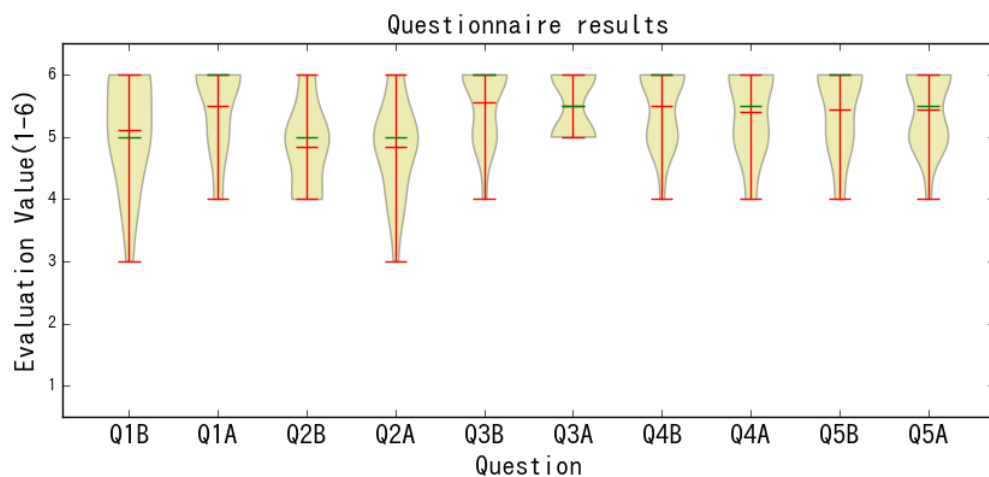


図 7. プログラミングに対する態度のアンケートの結果(バイオリンプロット)

5. ピアジェの発達段階に基づいた結果

本節では、ピアジェの発達段階に基づいて年齢ごとの結果を示す。

なお、本節において用いる“ループリック”とは我々が作成中の評価指標である。一部を図9に示す。また、全文は G7PLS のホームページに掲載している。

分類	項目	4	3	2	1	?
		優	良	可	不可	
	積極性	自発的に学習し、指示していない事にも自ら挑戦している	指示をされなくても自発的に学習する。	指示をされれば学習に取り組むが、自発的にはしない	指示をされても学習に取り組まない	
	関心	事後アンケートにおける面白さ(Q1)・意欲(Q4)・興味(Q5)の回答が2つ以上とても肯定的(6段階中5以上)である、かつ、授業中の様子が楽しそうである	事後アンケートにおける面白さ(Q1)・意欲(Q4)・興味(Q5)の回答が2つ以上肯定的(6段階中4以上)である	事後アンケートにおける面白さ(Q1)・意欲(Q4)・興味(Q5)の回答が2つ以上否定的(6段階中3以下)である	事後アンケートにおける面白さ(Q1)・意欲(Q4)・興味(Q5)の回答が2つ以上とても否定的(6段階中2以下)である、かつ、授業中の様子がつまらなそうである	
	態度 忍耐力・根気	学習の途中で困難に当たっても投げ出さず、考えつく限りの方法を試し、自ら解決の糸口を探ろうとする	学習の途中で困難に当たっても投げ出さず、いくつかの解決法を試してみる	学習に取り組むが、困難に当たると投げ出してしまう	学習を始めてもすぐに投げ出してしまふ	
プログラ ミング概 念の理解	逐次実行	逐次実行を理解し、プログラムを最初から最後まで順番に読み進めることができ、逐次実行のプログラムを書け、かつ、自分で逐次実行のプログラムを考えられる	逐次実行を理解し、プログラムを最初から最後まで順番に読み進めることができ、逐次実行のプログラムを書ける	逐次実行を理解し、プログラムを最初から最後まで順番に読み進められる	逐次実行を理解していない	
	繰り返し	繰り返しを理解し、繰り返しのプログラムを読むことができ、かつ、自分で繰り返しを見つけてプログラムに取り入れることができる	繰り返しを理解し、繰り返しのプログラムを読むことができ、繰り返しのプログラムを書ける	繰り返しを理解し、繰り返しのプログラムを読むことができる	繰り返しを理解していない	
	条件分岐	条件分岐を理解し、条件分岐のプログラムを読むことができ、かつ、自分のプログラムに条件分岐を取り入れることができる	条件分岐を理解し、条件分岐のプログラムを読むことができ、条件分岐のプログラムを書ける	条件分岐を理解し、条件分岐のプログラムを読むことができる	条件分岐を理解していない	

図 8. 我々が作成中のループリック評価指標(一部抜粋)

5.1. 7 歳から 12 歳ごろ (具体的操作期)

この時期から実際にものを動かしたりすることで理論的な思考が可能になってくる。この時期は抽象的な概念の理解が難しい場合がある。

まず、テスト結果のバイオリンプロット(図 10)を示す。事前と事後で中央値は変化ないが平均値は向上している。しかし、事後に最大値が 6 点に減少した。先述したような理由からテストに取り組まなかった可能性がある。また、テストの合計が 3 点の受講者多くいることから、短いワークショップの中でプログラミング概念の理解まで到達できなかった可能性が高い。ループリックにおける「プログラミングの概念理解」の点数としては各項目、3 点の受講者も見受けられるが、1 点から 2 点の受講者もいる(図 11)。時間的な制約と年齢的な観点からいえば妥当な結果といえるであろう。複数のツールを受けた受講者の中には、受講を重ねるごとに点数が伸びていることから、各ツールとも概念を教えることに十分に活用できるといえる。

次に、態度のアンケート結果のバイオリンプロット(図 12)を示す。事後にプログラミングに対する面白さは向上している。難易度は若干、難しく感じているようだが大きな変化はなかった。利便性に関しては向上した。意欲、興味に関しては大きな変化が見られなかった。ループリックにおける「態度」の評価では1点、2点の受講者はいなかった。受講後もプログラミングに対する態度は阻害されていないと考えるのが妥当である。



図 9. テスト結果(7-11 歳)

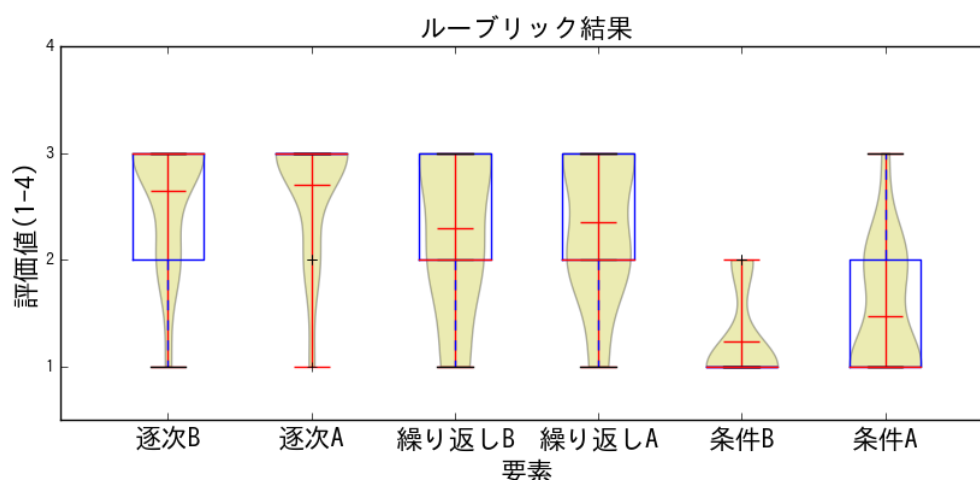


図 10. ループリックの点数の変化(7-11 歳)

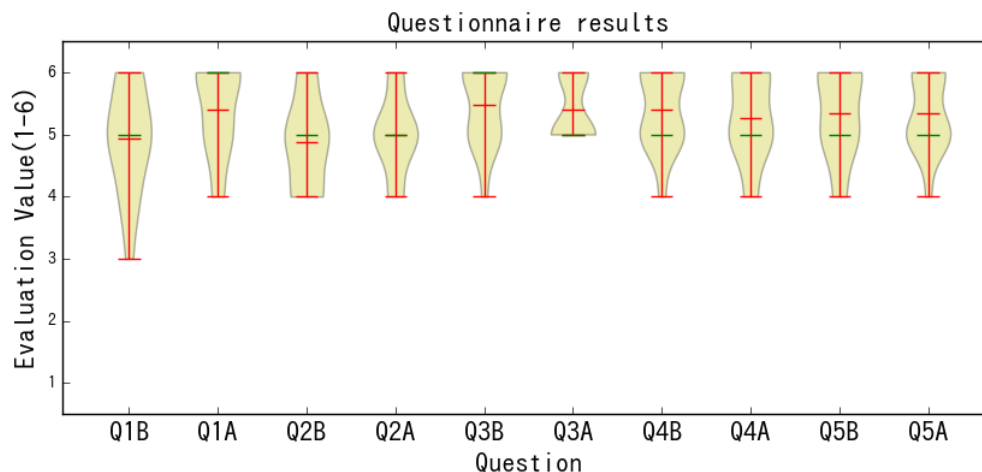


図 11. プログラミングに対する態度のアンケートの結果(7-11 歳: バイオリンプロット)

5.2. 12 歳以上 (形式的操作期)

この時期から物事に依存することなく抽象的、形式的に概念を理解できるようになってくる時期である。抽象的な問題解決を行うことができるようになるのもこの時期である。

データ数は 3 と少ないが 12 歳以上の受講者について、結果を示す。

まずは、テスト結果のバイオリンプロット(図 13)を示す。結果としては、事後に中央値、平均値ともに向上が見られた。加えて、最大値も 7 点に向上した。故に、プログラミング概念への理解が向上したといえる。ループリックの点数に当てはめると各項目ともに 2 点から 3 点程度である(図 14)。こちらも時間的な制約と年齢的な観点から妥当といえるだろう。故に複数ツール受けた受講者についてはテストの点数が最初に 4 点だったのが、最終的に 7 点まで向上した。この受講者に限っては合計およそ 3 時間程度の受講時間で概念の理解を深めたことになる。

次に、態度のアンケート結果のバイオリンプロット(図 15)を示す。難易度のみ低下の傾向であった。その他の態度に関しては変化がなかった。ループリックの点数においては、こちらも 1 点、2 点の受講者はいない。故に態度については大きな変化はなく、意欲や興味などは持続しているといっていよう。

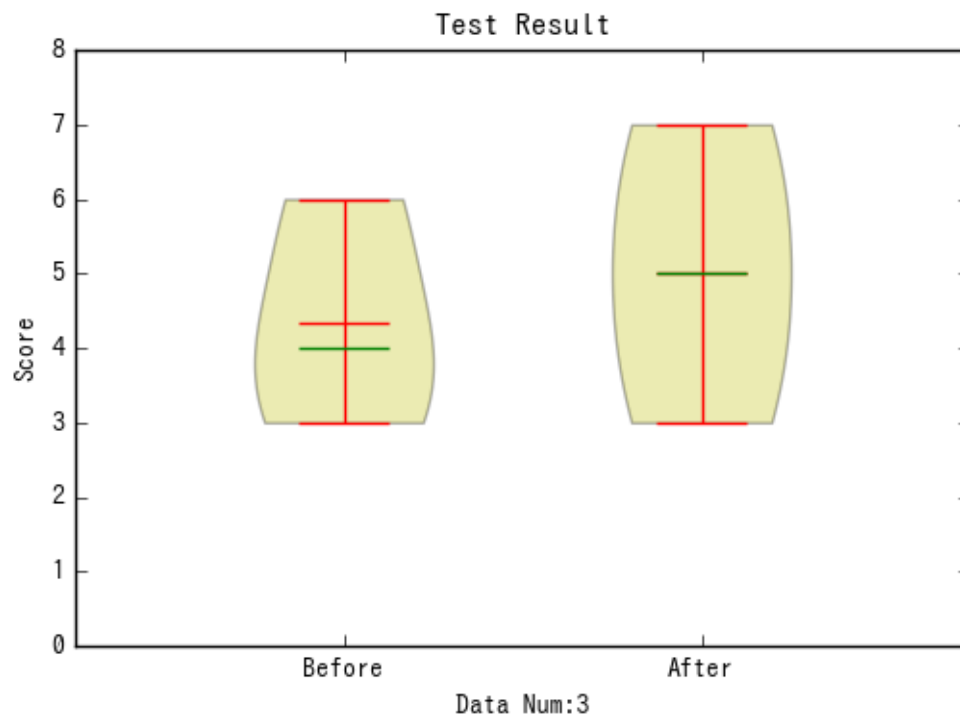


図 12. テスト結果(12 歳)

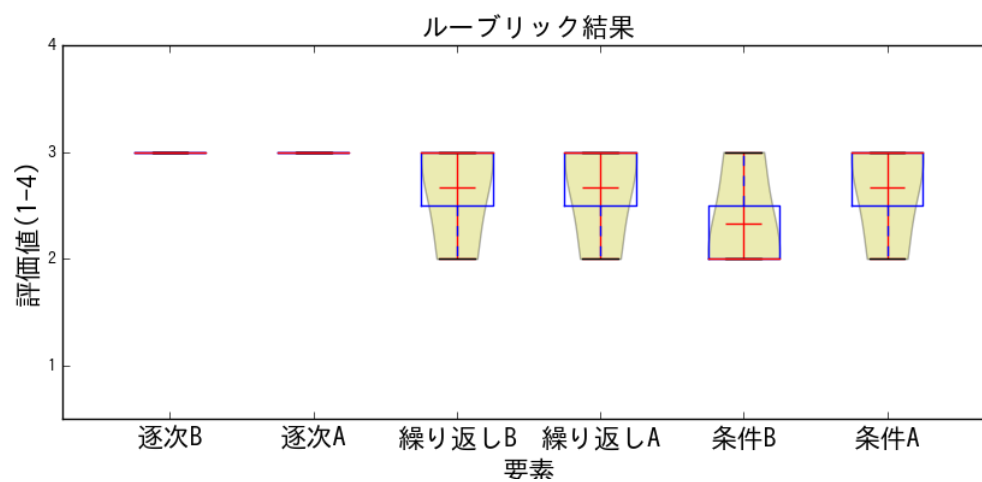


図 13. ループリックの点数(12 歳)

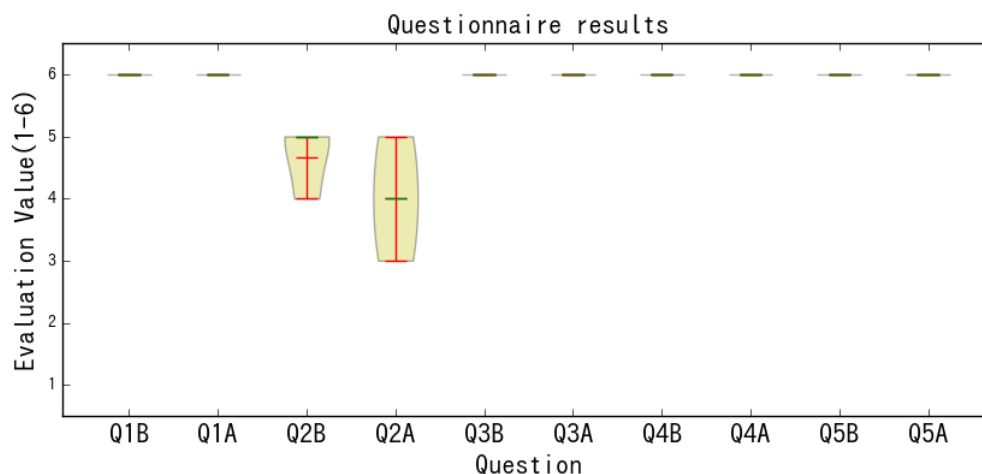


図 14. プログラミングに対する態度のアンケートの結果(12 歳: バイオリンプロット)

6. 各ツールの特徴

各ツールにおいて見られた特徴の概要を表 2 に示す。

表 2. ツールに見られた特徴

ツール名	見られた特徴
アルゴロジック	動作を自身で考える力を向上させる効果が見られた。
アーテックロボ	動作を自身で考え、説明する能力を向上させる効果が見られた。
ルビィのぼうけん	プログラミングに対してのモチベーションや興味を導出させる。
MEE	繰り返しや条件分岐といった概念の理解を促進することに適している。
Orange Pico	特に繰り返しの概念の理解を深めることに適している。
PETS	特に繰り返しの概念の理解を深めることに適している。

*尚、これらの特徴はツール全体の側面を捉えたものではなく、今回の教え方や教材の中で見られた特徴であることに注意する。

また、以下にて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. AlgoLogic

AlgoLogic は PC のブラウザ上で動作するゲームソフトウェアであり、ドラッグアンドドロップによりコマンドを組み合わせてプログラミングをするツールである。講師は早稲田大学の佐々木綺奈が勤めた。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

の教材はコマンドの基本説明や使い方が記載されたものである。講義はアルゴリズムにて提供される問題を使用し、「チャレンジ問題」の入門から順番に、各自のペースで問題を解かせた。必要に応じて、講師がヒントを与えた。

テスト結果は向上した。伸び幅が小さいのは、受講者がみな2～3回目のワークショップ受講であったからだろう。態度アンケートも大きな変化はないが、“便利さ”において向上があった。ワークショップでは、◎の評価を得るまで問題を考え続ける生徒と○で満足する生徒とにはっきり分かれた。この違いは本人の性格に依るものと思われるが、後者の生徒に“簡潔なプログラムを書くこと”の重要性を説明することで、多少の改善が見られた。

6.2. アーテックロボ

アーテックロボはPC上の専用ソフトウェアを使ってプログラミング可能な物理ロボットである。プログラミングにはScratchを用いる。講師は早稲田大学の佐々木綺奈が勤め、株式会社アーテックから2人がアシスタントとして参加した。ワークショップで使用した題材は事前に開発元から共有されたもの、教材は講師が作成したものである。

テスト結果は向上し、特に自由記述問題における向上が大きかった。ロボットを動かすために試行錯誤した結果が理解度向上として反映されたものと思われる。感想のアンケートでは「ロボットを動かすのが楽しかった」という回答が多く、生徒の興味を掴んでいたと思われる。また、プログラミングで何を作りたいか？という問いに対し「黒と白以外の色を見分けられるロボット」という回答があり、プログラミングの具体的な使用を生徒に想起させる効果があったと考えられる。

6.3. ルビィのぼうけん

ルビィのぼうけんはアンブラグドに分類されるツールであり、ワークシートを使用して親子参加型のワークショップを行う。講師は早稲田大学の佐々木綺奈が勤めた。ワークショップでは補助教材として講師が作成したものを用いた。講義は、3つのワークを、講師が説明した後親子で取り組む形で行った。

テスト結果は向上した。また、態度アンケートにおいて“意欲”、“興味”の向上が見られ、生徒にプログラミングを楽しいものと感じさせる効果があったと思われる。感想では「プログラミングのことがわかった。Scratchはむずかしいけど、がんばってやってみたい」とあった。パソコンでプログラミングすることが難しい段階の生徒にもプログラミング概念やコン

コンピュータの本質を学ばせ、次の学習ステップへ繋げることができるツールであると考えられる。

6.4. Minecraft Education Edition (MEE)

MEE はサンドボックス型のゲームであり、エージェントと呼ばれるキャラクタを、プログラミングを用いて制御することができる。早稲田大学の齋藤大輔が講師を務め、マイクロソフトより 3 名が技術サポートして参加した。

プログラミング概念のテストの結果は向上の傾向にある。しかし、MEE に夢中になってしまい、事後のテストに取り組めていない受講者が若干名いた。しかし、夢中になるということとは学習が継続する可能性があり悪いことではない。プログラミングに対する態度も事後に落ちることもなく、継続的な意欲や興味が見られた。

感想としては「楽しかった」や「面白かった」などが多く見受けられ、モチベーションを高めるのに非常に適したツールといえるであろう。

6.5. ORANGE Pico

Orange Pico は BASIC プログラミングができる CUI 環境である。キーボードで文字を入力することでプログラムを記述し、計算や線画の描画などを行った。

早稲田大学の齋藤大輔が講師を務め、ピコソフト株式会社から 2 名のアシスタントがついた。本ツールでは BASIC を使ってプログラミングの基本的な概念を教えた。受講者は 3 名であった。

プログラミング概念理解のテストは向上傾向にある。特に逐次と繰り返しの理解に向上が見られた。感想については「英語」や「キーボードを打つ」が難しいという言葉が見られた。このことが一つの障壁であるようだ。しかし、プログラミングの面白さや意欲は伸びている受講者がいるため、プログラミングに対しての弊害では無いようである。また、先述した難しさがプログラミングに対する面白さ等に繋がっている。

6.6. PETS

PETS は物理ロボットであり、木で出来たプログラム用のブロックをロボット本体に挿すことでプログラミングを行うツールである。

早稲田大学の齋藤大輔が講師を務めた。PETS 公式の課題を使ってワークショップを進めた。テストの結果については受講者数が少数のため大きな変化は見受けられなかった。しかし、自身で考え問題を解くという行為が「プログラム作成における思考力」向上に大きく貢献しているのは間違いないであろう。感想には「難しかったけど面白かったです」というものがあり、問題を解く難しさが、面白さを誘発したものと考えられる。加えて、物理的なオブジェクトであることから、プログラミングが容易であること、現実の空間で動きを見ることができることが、面白さや意欲につながったと考える。

プログラム実行中にブロックを差し替える動作が受講者に見られた。間違えた気づいたときに、すぐに修正したくなっていたようだ。

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.
- [2]. Kelleher, Caitlin, and Randy Pausch. "Lowering the barriers to programming: A taxonomy of programming environments and languages for novice programmers." ACM Computing Surveys (CSUR) 37.2 (2005): 83-137.
- [3]. 山内光哉; 春木豊. グラフィック学習心理学—行動と認知. 2001.