

日常の活動を題材とした小学生向け  
プログラミング的思考の育成ツール

筑波大学

図書館情報メディア研究科

2019年3月

内田 早紀子

# 目次

<b>第1章</b>	<b>序章</b>	<b>1</b>
1.1	背景	1
1.2	目的	2
1.3	本論文の構成	2
<b>第2章</b>	<b>関連研究</b>	<b>3</b>
2.1	小学生にとって身近な題材	4
2.2	本研究の位置づけ	5
<b>第3章</b>	<b>提案手法</b>	<b>6</b>
3.1	ツールの題材	6
3.2	プログラミング的思考の評価	6
3.3	ツール開発	7
3.3.1	ツール概要	7
3.3.2	ステージの内容	9
<b>第4章</b>	<b>評価実験</b>	<b>17</b>
4.1	実験概要	17
4.2	実験参加者	17
4.3	実験の流れ	18
4.3.1	導入	18
4.3.2	事前テスト・事後テスト	18
4.3.3	プログラミング的思考の育成ツールの使用	20
4.3.4	チャレンジ問題	20
4.3.5	アンケート	20
<b>第5章</b>	<b>結果</b>	<b>22</b>
5.1	事前テストと事後テストの比較	22
5.1.1	文章を書く課題	22
5.1.2	ツールによる課題	23
5.2	各ステージの達成度の比較	24
5.2.1	学年ごとのクリアした割合	24
5.2.2	クリアした人数とクリアした平均実行回数	26
5.3	本人向けアンケート結果	31
5.4	保護者向けアンケート結果	35
<b>第6章</b>	<b>考察</b>	<b>38</b>
6.1	プログラミング的思考力が向上したかどうか	38
6.2	日常の活動を題材とした効果	40

6.3	楽しくプログラミングを学習できたか	40
6.4	今後の課題	42
第7章 結論		44
謝辞		46
参考文献		47
付録		49

# 目 次

2.1	尾花らが開発したアプリケーション . . . . .	4
2.2	坂本らが開発したまねっこダンス . . . . .	4
2.3	身近な課題の例 . . . . .	4
3.1	ツールのメイン画面 . . . . .	8
4.1	実験の導入で使ったレゴブロック . . . . .	18
4.2	実験の様子 . . . . .	20
5.1	文章を書く課題による評価の例 . . . . .	22
5.2	楽しさ 全学年 B 小学校 . . . . .	28
5.3	楽しさ 全学年 雙峰祭 . . . . .	28
5.4	使いやすさ 全学年 B 小学校 . . . . .	29
5.5	使いやすさ 全学年 雙峰祭 . . . . .	29
5.6	難しさ 全学年 B 小学校 . . . . .	30
5.7	難しさ 全学年 雙峰祭 . . . . .	30
5.8	楽しさ+難しさ 全学年 B 小学校 . . . . .	31
5.9	楽しさ+難しさ 全学年 雙峰祭 . . . . .	31

# 第1章 序章

## 1.1 背景

「諸外国におけるプログラミング教育に関する調査研究の報告書 [1]」によると、プログラミング教育を初等教育から導入する動きが見られる。教育の情報化に関して先進的な諸外国、例えば英国(イングランド)は2014年度から、フィンランドやオーストラリアは2016年度からプログラミング教育が必修となっており、多くの国で、特に初等教育段階では、ロボット等の実体物を動かすなど、体験的に論理的な思考力や情報技術に関する理解を深める活動等が行われている。

日本においては、2020年度から小学校にてプログラミング教育が必修となる。新小学校学習指導要領に明記されているプログラミング教育とは、「子供たちにコンピュータに意図した処理を行うよう指示することができるということを体験させながら、将来どのような職業に就くとしても、時代を超えて普遍的に求められる力としての「プログラミング的思考」などを育むことであり、コーディングを覚えることが目的ではない」[2]とされている。プログラミング的思考とは、「自分が意図する一連の活動を実現するために、どのような動きの組合せが必要であり、一つ一つの動きに対応した記号を、どのように組み合わせたらいいのか、記号の組合せをどのように改善していけば、より意図した活動に近づくのか、といったことを論理的に考えていく力 [2]」とされており、諸外国と同様に論理的な思考力を育成することが求められている。

小学校からのプログラミング教育の導入をきっかけに、小学生向けのワークショップや実際の授業でプログラミングを実践し、その効果を示す事例が多くみられるようになった。Chaudhary は、Lego Mindstorms EV3 ロボティクス教育キット [3] を使用して、小学生に計算思考、問題解決、チームワーク、およびプロジェクト管理スキルを教えることは、講義ベースのアプローチよりも簡単で効果的であることを示している [4]。また、萱津らは、ビジュアルプログラミング言語である Scratch を利用することにより、小学校の低学年段階においてプログラミングへの興味の喚起とともに、他者と協力して物事を進める力の育成にも効果的であることも分かった [5]。さらに、プログラミング的思考に関する研究では、森らは Scratch を用いて小学生向けにプログラミング教育を行い、9割近い児童がキー入力の判別処理や条件分岐について取り組むことができたという事例がある [6]。また、太田 [7] によると子供が作成したビジュアル言語である Scratch のプログラムを分析した結果、小学生4・5年は基本的な分岐・繰り返しなどが使用できることを示唆しており、小学生がプログラミング的思考を学習することが可能だと言える。

しかし、尾花らは、従来の暗記型のプログラミング教育では、小学生がプログラミング的思考を習得することは困難であると指摘し、小・中学生向けのビジュアルプログラミング言語を用いプログラミング学習のアプリケーションを開発、提案している [8]。川本ら [9] も、フローチャートを用いた学習システムを開発し効果をあげており、小学生がプログラミング的思考をより効果的に学習するためには、アプリケーションを新たに開発する必要があると言える。

コンピュータを使わないアンプラグドプログラミング教育を小学校で実践し、成果をあ

げている事例 [10] がある。算数の筆算の仕方を考える学習や三角形の書き方を理解する学習などに論理的思考を学習する場面は多く存在し、その中でアンプラグドプログラミング教育は身近な生活とコンピュータのつながりを見出すことに有用だと小林 [10] は述べている。例えば、国語科において、「朝ごはんを食べる」と言った身近な課題を取り込むことにより、簡単に順序を考えることができた事例や、理科の実験に使った身の回りのものを分けていき、条件分岐の考えをおさえることができたという事例もある [10]。子供達の身近な課題を題材とすることで、より効果のある学習支援ができる可能性が示唆される。

## 1.2 目的

そこで本研究では、小学生にとって身近な題材をアプリケーションとすることで、より効果のある学習支援ができるのではないかと考え、プログラミング的思考を育成するツールを開発することを目的とする。そのために、日常の活動から題材を定義し、プログラミング的思考の評価基準を選定し、ツールを開発する、

## 1.3 本論文の構成

本論文は7章で構成されている。第2章では関連研究を述べる。第3章では提案する手法と開発したシステムについて述べる。第4章では評価実験について述べる。第5章では評価実験での結果を述べ、第6章では実験結果に対する考察を行う。最後に第7章で本研究の結論を述べる。

## 第2章 関連研究

Li[11]は、Computational Thinkingに基づく教育は、学習者にとって、コンピュータの知識を記憶するより、学習を通じて自分の考え方や意識形成に焦点を合わせるべきだと述べている。問題解決のプロセスや思考の形成に関して、一般的な教育とは異なると示しており、プログラミング教育には新たなアプローチが必要であることが示唆される。特に、尾花ら [8] は、従来の暗記型のプログラミング教育では、小学生がプログラミング的思考を習得することは困難であると指摘している。そこで、小・中学生向けのビジュアルプログラミング言語を用い、動作パネルを使うことによってアルゴリズム的思考を訓練するためのアプリケーションを開発した。尾花らが開発したアプリケーションの画面を図 2.1 に示す。「前に進む」、「左を向く」、「右を向く」、「ジャンプ」といった動作パネルを使い、アルゴリズム的思考を学習する方法を提供している。ビジュアルプログラミング環境やゲーミフィケーションの要素をアプリケーションに取り入れることでプログラミング初学者がアルゴリズム設計能力の養成に移行する際に課題となるモチベーションの維持に関しても効果があると述べている。また、Stephenら [12] は、3-D アニメーションのプログラミング環境を提供することによって、容易にデバックしプログラムを修正することができたという事例もある。坂本ら [13] は、言語の構成要素、教育ツールの動作デバイス、ユーザインタフェースといった初学者が学習する際の障害を解消するプログラミング教育ツールまねっこダンスを提案した。まねっこダンスの画面を図 2.2 に示す。このツールは、手や足を動かす可愛らしいひよこのキャラクターにダンスをさせるというプログラミングを行うツールである。プログラムコードは、絵文字も使用することができ、ぬいぐるみやロボットに完成したプログラムを実行ダンスさせることもできる。主に中高校生を対象とした評価実験では、プログラミング学習の動機付けやプログラミングの印象改善、手続き・くり返し・条件分岐に関する理解の促進が示唆された。小学生を対象とした研究には、川本ら [9] のフローチャートの解読と作成を通じて論理的思考力を育成することを目的とする学習システム「ろつつ (LOTTS:LogicalThinkingTrainingSystem)」がある。直線的なフローチャートと、条件分岐を含むフローチャートを扱う問題を実装し、使用した小学生の論理的文章を書く力が向上した。これらの先行研究からプログラミング初学者や、小学生がプログラミング的思考力を学習するためには、アプリケーションがあるとよいと言える。

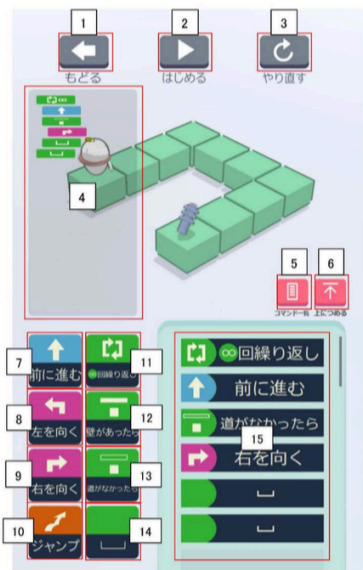


図 2.2: 坂本らが開発したまねっこダンス

図 2.1: 尾花らが開発したアプリケーション

## 2.1 小学生にとって身近な題材

コンピュータを使わないアンプラグドプログラミング教育を小学校で実践し、成果をあげている事例 [10] がある。国語科において、「朝ごはんを食べる」(図 2.3) といった身近な課題を取り込むことにより、簡単に順序を考えることができた。「朝ご飯を食べる」という活動を、「1. 朝ごはんを持ってくる」、「2. 椅子に座って、手を合わせていただきますと言う」、「3. 箸を持って、お皿を持つ」といった動作に分けることができ、その順序を正しく並び替えることが出来た。さらに、理科の実験に使った身の回りのものを分けていき、条件分岐の考えをおさえることができたという事例もある [10]。別の先行研究では、給食の配膳や掃除の手順を可視化し、フローチャートを用いる事によって、順次、条件分岐、繰り返しを学習し、成果を上げている [14]。

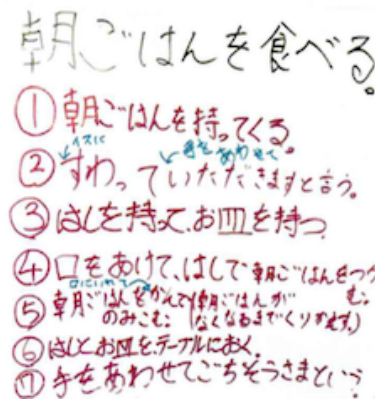


図 2.3: 身近な課題の例



## 2.2 本研究の位置づけ

これらを踏まえ、小学生にとって身近な題材をアプリケーションにすることで、より効果のある学習支援ができるのではないかと考えた。そこで本研究では、日常の活動を題材に用い、プログラミング的思考を育成するツールを開発した。このツールを小学生が用いることで、楽しくプログラミング的思考力が向上することを目指す。

## 第3章 提案手法

本研究では、日常の活動を題材としたプログラミング的思考の育成ツールを開発、評価した。そのため、まずは日常の活動から題材を選んだ。次に、プログラミング的思考力の評価基準を参考に、ツールによって育成する資質・能力の検討を行った。最後に、これらの資質・能力を選定した題材との関係を整理し、プログラミング的思考の育成ツール(以後ツールと記す)を開発した。

### 3.1 ツールの題材

身近な課題を取り組むことで、物事の順番を簡単に考えることができたという先行研究がある [10][14]。また、「プログラミングで育成する資質・能力の評価規準 [15]」では、「身近な生活でコンピュータが活用されていることに気が付くこと」が目標とされている。これらのことから、小学生の身近な生活の活動をプログラミングすることで、コンピュータが活用されていることに気づくことを意図する。これらの理由より、小学生が日常的に行っている片付け、お手伝いや学校の準備などを題材に選定した。今回開発したツールでは、「片付け」、「洋服の選択」、「出かける準備」、「肩揉み」、「料理の手伝い」、「犬の散歩」、「じゃんけん」、「ドッジボール」を題材とした。

### 3.2 プログラミング的思考の評価

プログラミング的思考の評価は、「プログラミングで育成する資質・能力の評価規準 [15]」を参考に表 3.1 にまとめた。この基準では、全体的な目標として「問題解決のためにコンピュータに指示を出すには必要な手順があることに気付く」とある。この目標達成のために、学年に沿った目標として、低学年は「順序がある場面があることを知ること」、中学年は「条件を満たすまで動作を続ける場面があることを知ること」、高学年は「条件により動作が変化する場面があることを知ること」がそれぞれ定められている。そこで、学年ごとの目標である「必要な手順があることに気付く」に着目し、ツールの設計にあたっては、まずは「必要な程順があることに気付く(知る+体験)」ことを支援するために、各学年で取り上げられている手順の「順次」、「繰り返し」、「条件分岐」とその組み合わせを扱うこととした。

表 3.1: プログラミングで育成する資質・能力の評価規準 [15]

目標	問題解決のため必要な手順があることに気付く
低学年 (1・2年)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. コンピュータには明確な手順を命令する必要があることを知ること</li> <li>2. 順序がある場面があることを知ること (順次)</li> </ol>
中学年 (3・4年)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 条件を満たすまで動作を続ける場面があることを知ること (繰り返し)</li> <li>2. 順次や繰り返しを組み合わせ、コンピュータに意図した処理を行うための指示を出す体験をすること</li> </ol>
高学年 (5・6年)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 条件により動作が変化する場面があることを知ること (条件分岐)</li> <li>2. 順次や繰り返し、条件分岐を組み合わせ、コンピュータに意図した処理を行うための指示を出す体験をすること</li> <li>3. センサーの存在を知り、センサーが身近な生活で活用されていることに気付くこと</li> </ol>

### 3.3 ツール開発

#### 3.3.1 ツール概要

自分で描いた絵を動かしながらプログラミングを学ぶ Viscuit[16] は、幼稚園生や小学校低学年でも操作可能なタブレット端末のアプリで起動する。本研究は、小学校での必修化を踏まえ、低学年でも操作しやすいタブレット端末 (iPad) を選定した。iPad 用のアプリケーションを作成するため Xcode を用いて開発を行った。プログラミング的思考を育成する要素 [15] として、「目的に合わせてより良い手順を作ること」と定義されている。そのため、目的に合わせてよりよい手順に事象を並び替える仕様とした。作成したツールのメイン画面を図 3.1 に示す。ツールは「ロボットと一緒に手伝いをしよう」というテーマで、参加者の家庭にロボットが来て、家族の困り事を解決していくストーリーとした。家族は、「弟」、「お兄ちゃん」、「妹」、「おばあちゃん」、「おじいちゃん」、「ママ」、「犬のポチ」とし、それぞれの画面をステージとした。

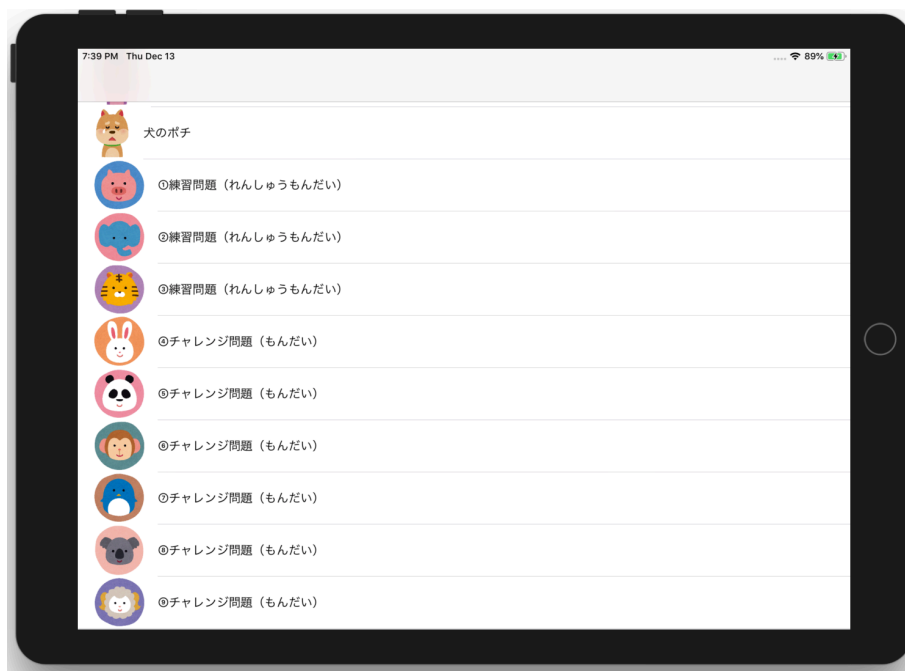


図 3.1: ツールのメイン画面

### 3.3.2 ステージの内容

ステージは7つの学習用ステージ，各3つの事前テスト・事後テスト用のステージと3つのチャレンジ問題のステージの全16ステージを作成した．各ステージは，題材の一連の動きをあらかじめ分割された事象を正しい手順に並び替える内容とした．加えて「順次処理」，「繰り返し処理」，「条件分岐処理」を学習できる．ステージの内容は「順次処理」，「繰り返し処理」，「条件分岐処理」を学ぶための学習，プログラミング的思考力の向上を評価するための「事前・事後テスト」，矢印や配色を用いて事前・事後テストで扱った題材を学ぶための「チャレンジ問題」に分かれている．この構成は，4章で述べる評価実験を想定したものである．各ステージの内容，題材，学習できる「順次処理」，「繰り返し処理」，「条件分岐処理」の個数を表3.2にまとめた．さらに，具体的に題材を分割した事象と画面を3.3にまとめた．

表 3.2: ツールのステージの内容

ステージ	内容	題材	学習する処理		
			順次	繰り返し	条件分岐
1	学習	片付け	3		
2	学習	洋服の選択			1
3	学習	出かける準備	2		1
4	学習	洋服の選択			2
5	学習	腰揉み		1	
6	学習	料理のお手伝い	5		
7	学習	犬の散歩	1	1	1
8	事前テスト	明日の学校の準備	4		2
9	事前テスト	じゃんけん	3		3
10	事前テスト	ドッジボール	2	1	2
11	事後テスト	明日の学校の準備	4		2
12	事後テスト	じゃんけん	3		3
13	事後テスト	ドッジボール	2	1	2
14	チャレンジ問題	明日の学校の準備	4		
15	チャレンジ問題	じゃんけん	3		3
16	チャレンジ問題	ドッジボール	2	1	2

各ステージを実施後，正解の場合には「クリア!やったね!」，不正解の場合には「ちょっと違うよ!もう一回やってみて!」と正解か不正解かがわかるようなメッセージを表示した．不正解の場合では，試行錯誤して正解にたどり着くことができる様に，何度でも並び替えを行える仕様とした．また，正解の場合でも，正解は1つではないことを学習するために，何度でも試行できる仕様とした．以下では，各処理の具体的な内容を説明する．

### 順次処理

題材の一連の動きを分割した事象を順不同に配置した．その一例として「片付け」を示す「鉛筆を筆箱に入れて，ランドセルに入れる」という一連の動きを「鉛筆を筆箱に入れる」「筆箱のふたをしめる」「ランドセルに筆箱を入れる」に分割した．

### 繰り返し処理

題材の一連の動きを「～まで繰り返す」「」に分割した事象を順不同に配置した．最後の「」は，繰り返しの条件が上矢印まで有効であることを意味する．「～まで繰り返す」と「」の事象を分かりやすくするために，オレンジ色に配色した．その一例として「犬の散歩」を示す「ポチが喜ぶまでボールで遊んであげる」という一連の動きを「ポチが喜ぶまで繰り返す」「ボールで遊んであげる」「」に分割した．

### 条件分岐処理

題材の一連の動きを「～なら」と「」に分割した事象を順不同に配置した．最後の「」は，分岐の条件が左矢印まで有効であることを意味する．「～なら」と「」の事象を分かりやすくするために，青色に配色した．その一例として「出かける準備」を示す「明日，国語の授業があったなら，国語の教科書をランドセルに入れる」という一連の動きを「国語の授業があったなら」「国語の教科書をランドセルに入れる」「」に分割した．

### 事前テスト・事後テスト，チャレンジ問題

事前テスト・事後テストは，子供達の身近な活動である「明日の学校の準備」「じゃんけんの手順」「ドッジボールの手順」を題材に選定した．題材の一連の動きに「順次処理」「繰り返し処理」「条件分岐処理」を含んだ文章の事象を，正しく並び替える課題を出した．文章の並び替えを目的とするため，通常の文章では使用しない学習用ステージの「繰り返し処理」と「条件分岐処理」の矢印や配色は用いない．チャレンジ問題は，事前テスト・事後テストと同様の課題とし，矢印や配色を用いることで，学習ステージの発展的な課題とした．

表 3.3: ステージ内容 (学習用) の詳細

ステージ	題材	事象と画面
1	片付け	1. えんぴつをふで箱 (ばこ) に入れる 2. ふで箱 (ばこ) のふたを閉 (し) める 3. ランドセルにふで箱 (ばこ) を入れる

表 3.3: ステージ内容 (学習用) の詳細 (続き)

ステージ	題材	事象と画面
		
2	洋服の選択	<p>1. 雨 (あめ) なら 2. かっぱをきる 3.</p> 
3	学校の準備	<p>1. 国語 (こくご) のじゅぎょうがあったなら 2. 国語 (こくご) のきょうか書 (しょ) をランドセルにしまう 3. 4. えんぴつをふでばこに入れる 5. ふでばこをランドセルにしまう</p> 
4	洋服の選択	<p>1. 暑 (あつ) いなら 2. 半 (はん) そでを着 (き) る 3. 寒 (さむ) いなら 4. 長 (なが) そでを着 (き) る 5.</p>

表 3.3: ステージ内容 (学習用) の詳細 (続き)

ステージ	題材	事象と画面
		
5	腰揉み	<p>1.10回(かい)くりかえす                  2.腰(こし)もみをする                  3.</p> 
6	料理のお手伝い	<p>1. にんじん, 玉(たま)ねぎをきる                  2. 野菜(やさい)とお肉(にく)を炒(いた)める                  3. 野菜(やさい)とお肉(にく)がやわらかくなるまで15分(ふん)にこむ                  4. カレーのルーを入(い)れる                  5. かきまぜながら, ふたたび10分(ふん)にる</p> 
7	犬の散歩	<p>1. 公園(こうえん)にポチを連(つ)れて行く                  2. ポチが喜(よろこ)ぶまで                  3. ボールで遊(あそ)んであげる                  4.                  5. ポチのお腹(なか)が空(す)いたなら                  6. えさをあげる                  7.</p>



表 3.3: ステージ内容 (学習用) の詳細 (続き)

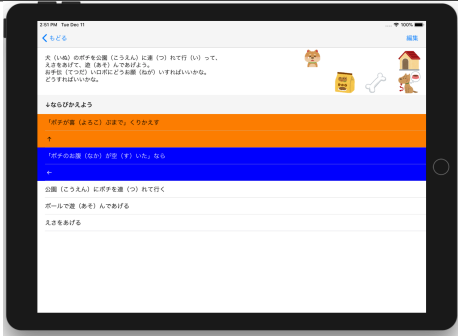

ステージ	題材	事象と画面
		
8・11	<p>テスト1 明日の学校の準備</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 明日 (あした) の時間割 (じかんわり) をみる</li> <li>2. 国語 (こくご) があったら</li> <li>3. 国語 (こくご) の教科書 (きょうかしょ), ノートをランドセルに入れる</li> <li>4. 算数 (さんすう) があったら</li> <li>5. 算数 (さんすう) の教科書 (きょうかしょ), ノートをランドセルに入れる</li> <li>6. えんぴつをけずって, ふでばこに入れる</li> <li>7. 消 (け) しゴムと赤青 (あかおあ) えんぴつをふでばこに入れる</li> <li>8. ふでばこをランドセルに入れる</li> </ol> 
9・12	<p>テスト2 じゃんけん</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. なにを出 (だ) すか考 (かんが) える</li> <li>2. 「さいしょはグー, じゃんけんポン」という</li> <li>3. グーを出 (だ) す</li> <li>4. あいてがパーなら</li> <li>5. まけ</li> <li>6. あいてがグーなら</li> <li>7. あいこ</li> <li>8. あいてがちょきなら</li> <li>9. 勝ち</li> </ol>

表 3.3: ステージ内容 (学習用) の詳細 (続き)



ステージ	題材	事象と画面
		
10・13	<p>テスト3 ドッジボール</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ボールを投 (な) げる</li> <li>2. もし相手 (あいて) にボールがあたったら</li> <li>3. 相手 (あいて) は外野 (がいや) にでる</li> <li>4. 相手 (あいて) がボールを投げる</li> <li>5. もし自分 (じぶん) がボールにあたったら</li> <li>6. 自分 (じぶん) は外野 (がいや) にでる</li> <li>7. 相手 (あいて) のチームが自分 (じぶん) のチーム全員 (ぜんいん) があたら、おわり</li> <li>8. 相手 (あいて) のチームが全員 (ぜんいん) いないなら勝 (か) ち 自分 (じぶん) のチームが全員 (ぜんいん) いないなら負 (ま) け</li> </ol> 
14	<p>明日の学校の準備</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 明日 (あした) の時間割 (じかんわり) をみる</li> <li>2. 国語 (こくご) があたら</li> <li>3. 国語 (こくご) の教科書 (きょうかしょ), ノートをランドセルに入れる</li> <li>4.</li> <li>5. 算数 (さんすう) があたら</li> <li>6. 算数 (さんすう) の教科書 (きょうかしょ), ノートをランドセルに入れる</li> <li>7.</li> <li>8. えんぴつをけずって, ふでばこに入れる</li> <li>9. 消 (け) しゴムと赤青 (あかおあ) えんぴつをふでばこに入れる</li> </ol>

表 3.3: ステージ内容 (学習用) の詳細 (続き)


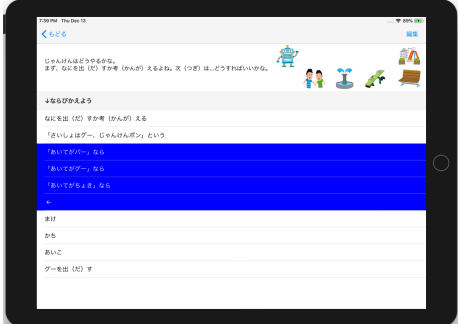
ステージ	題材	事象と画面
		
15	じゃんけん	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. なにを出 (だ) すか考 (かんが) える</li> <li>2. 「さいしょはゲー、じゃんけんポン」という</li> <li>3. ゲーを出 (だ) す</li> <li>4. あいてがパーなら</li> <li>5. まけ</li> <li>6. あいてがゲーなら</li> <li>7. あいこ</li> <li>8. あいてがちょきなら</li> <li>9. 勝ち</li> <li>10.</li> </ol> 
16	ドッジボール	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 相手 (あいて) のチームが自分 (じぶん) のチーム全員 (ぜんいん) があたるまで</li> <li>2. ボールを投 (な) げる</li> <li>3. もし相手 (あいて) にボールがあたったら</li> <li>4. 相手 (あいて) は外野 (がいや) にでる</li> <li>5.</li> <li>6. 相手 (あいて) がボールを投げる</li> <li>7. もし自分 (じぶん) がボールにあたったら</li> <li>8. 自分 (じぶん) は外野 (がいや) にでる</li> <li>9.</li> <li>10. 相手 (あいて) のチームが自分 (じぶん) のチーム全員 (ぜんいん) があたらたら、おわり</li> <li>11. 相手 (あいて) のチームが全員 (ぜんいん) いないなら勝 (か) ち</li> </ol>

表 3.3: ステージ内容 (学習用) の詳細 (続き)

ステージ	題材	事象と画面
		<p>12. 自分 (じぶん) のチームが全員 (ぜんいん) いないなら負 (ま) け</p> <p>13.</p> 

## 第4章 評価実験

本実験は、本研究で開発したプログラミング的思考の育成ツールを利用することによって、実験参加者のプログラミング的思考力が向上したかどうかの検証を行う。

### 4.1 実験概要

実験は計3回実施した。1回目と2回目は、つくばみらい市の小学校2校にてPTA主催の「夏休みのプログラミング教室」のワークショップとして実施した。3回目は、筑波大学学園祭「雙峰祭」にて、筆者が所属する宇陀・松村研究室が附属図書館と共同で出展した「近未来サイバーフィジカルランド」の企画として「小学生向けプログラミングワークショップ」を実施した。3回とも集団で行い、各回につき筆者以外に3名のファシリテーターがサポートスタッフとして対応した。実験は下記の手順で行った。

1. 導入
2. 事前テスト
3. プログラミング的思考の育成ツールの使用
4. 事後テスト
5. チャレンジ問題
6. アンケート

### 4.2 実験参加者

実験参加者の内訳を、表4.1に示す。1回目と2回目の実験参加者は、夏休みのプログラミング教室のイベントとして参加した117名(男子73名、女子44名)である。保護者向けにメールにて参加者の募集を行い、A小学校(2018年8月7日に実施)では64名(男子45名、女子19名)、B小学校(2018年8月31日に実施)では53名(男子28名、女子25名)が参加した。実施時間は1時間とし、低学年(1,2年生)、中学年(3,4年生)、高学年(5,6年生)の3クラスに分けて行った。3回目の実験参加者は、筑波大学大学祭「雙峰祭」にて開催したプログラミングワークショップに参加した37名(男子26名、女子11名)である。筑波キャンパス春日エリアの近隣の小学校2校に参加募集のチラシを配布し、1日目(2018年11月3日に実施)は19名、2日目(2018年11月4日に実施)は18名が参加した。実施時間は、1時間とし、学年別のクラス編成は行わなかった。

表 4.1: 実験参加者の学年の一覧

場所	1 年生	2 年生	3 年生	4 年生	5 年生	6 年生	合計
A 小学校	16 名	10 名	13 名	10 名	8 名	7 名	64 名
B 小学校	13 名	12 名	13 名	9 名	4 名	2 名	53 名
雙峰祭 1 日目	1 名	4 名	5 名	4 名	5 名	0 名	19 名
雙峰祭 2 日目	2 名	5 名	5 名	6 名	0 名	0 名	18 名

## 4.3 実験の流れ

### 4.3.1 導入

実験の導入として、テレビ、ゲームやスマートフォンの例などを示しながら、プログラミングは子供達の身近にあることを説明した。次に、レゴブロックを用い、順次について「鉛筆を削る」と「鉛筆を削って筆箱に入れる」のブロックを正しい順序に組み合わせることで、上から順にプログラムが実行されることを説明した。繰り返し処理については、「鉛筆を削って、筆箱に入れる」という同じ処理を 5 回繰り返し実行するなら、「5 回繰り返す」と「」のブロックの中に「鉛筆を削る」、「鉛筆を削って筆箱に入れる」のブロックを入れることで、それらの命令が 5 回実行されることを説明した。条件分岐処理については、「もし雨なら」という題材を使い、「もし～なら」の条件があっているときなら、「もし雨なら」と「」のブロックの中に入っている「傘を持つ」の命令が実行されることを説明した (図 4.1)。

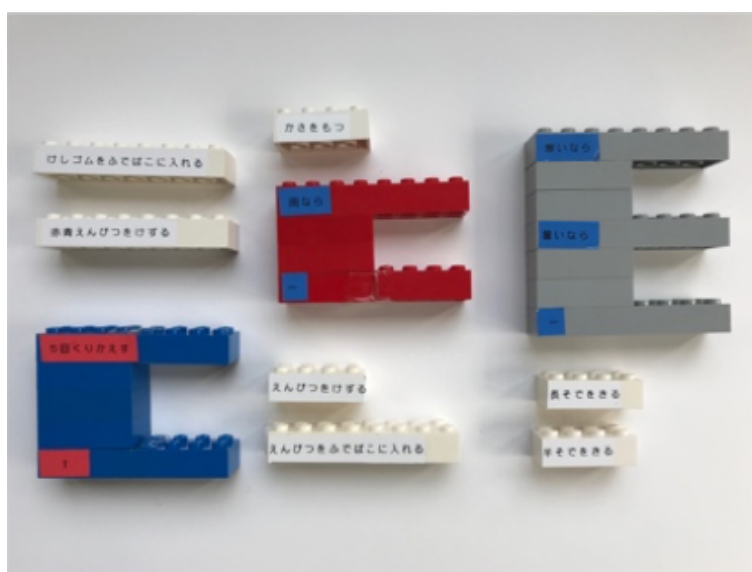


図 4.1: 実験の導入で使用したレゴブロック

### 4.3.2 事前テスト・事後テスト

ツールを使用する前と使用した後に同様の課題を行い、その点数を比較しプログラミング的思考力が向上したかを評価する。課題は「文章を書く課題」と「ツールの課題」の 2 種類を用いた。各課題を行なった場所を表 4.2 に示す。

#### 文章を書く課題 (自由記述の課題)

子供達に身近な遊びである「ドッジボール」のルールを自由記述する課題とした。川本ら [9]，大場ら [17] の評価方法に倣った。川本ら，大場らの方法は自由記述に含まれる論理性を評価している。本研究では，記述された文章から「順次処理」，「繰り返し処理」，「条件分岐処理」の表現が含まれた個数を算出して論理性を評価した。

#### ツールを使用した課題 (文を並び替える課題)

ツールの課題も子供達の日常の活動である「明日の学校の準備」，「じゃんけんの手順」，「ドッジボールの手順」とした。これらの一連の動きに「順次処理」，「繰り返し処理」，「条件分岐処理」を含んだ事象を，正しく並び替える課題を出した。文の並び替えを目的とするため，学習用ステージの「繰り返し処理」と「条件分岐処理」の矢印や配色は用いないこととした。

表 4.2: テストの内容

実験場所	文章を書く課題	ツールの課題
A 小学校		-
B 小学校		
雙峰祭 (両日)	-	

#### 4.3.3 プログラミング的思考の育成ツールの使用

A 小学校では小学校内の音楽室，B 小学校では PC 室にて実施した．参加者の保護者は自由見学とし，見学希望の保護者には教室内に椅子を利用してもらった．



雙峰祭では，筑波大学附属中央図書館の 2F のチャットフレームにて実施した．参加者の保護者には，図書館内の出入りを自由とし，見学希望の保護者にはチャットフレーム近くのソファを利用してもらった．

参加者は一人 1 台のタブレットを使用し，ステージ 1 から 7 の学習を行った．



図 4.2: 実験の様子

#### 4.3.4 チャレンジ問題

チャレンジ問題は，学習ステージの発展的な問題として事前テスト・事後テストと同様の課題「明日の学校の準備」，「じゃんけんの手順」，「ドッジボールの手順」とし，学習用ステージの矢印「」「」の動きや青色やオレンジ色の配色を用いた．

#### 4.3.5 アンケート

使用したツールの楽しさ，使いやすさ，難しさが，プログラミング的思考力の向上の要素となりうるのではないかと考え，参加者本人に対し，以下のようなアンケートを行った．

1. プログラミングは初めてですか
2. 好きな教科は何ですか
3. ゲームは好きですか
4. どんなゲームが好きですか
5. プログラミングツールは楽しかったですか
6. プログラミングツールは使いやすかったですか
7. プログラミングツールはむずかしかったですか
8. またやってみたいですか

日常の活動を題材を用いて学習したプログラミング的思考が子供達の日常の活動にどのような影響を与えるのかについて，保護者に対し数日から一週間後，学習後の家庭での様子を回答してもらった．保護者は，WEB 上の入力システムで以下のようなアンケートを実施した．



1. お子さんは、順序立てて物事を考えるようになりましたか
2. そう思うとお答えになった方、お子さんのどの行動、言動からそう思いましたか
3. お子さんは、「もし～なら」や「繰り返し」を使うようになりましたか
4. そう思うとお答えになった方、お子さんのどの行動、言動からそう思いましたか

## 第5章 結果

### 5.1 事前テストと事後テストの比較

#### 5.1.1 文章を書く課題

ツールを使用する前と使用した後に同様の課題を行い、その点数を比較しプログラミング的思考力が向上したかを評価した。文章を書く課題は、A 小学校、B 小学校のみで実施し、雙峰祭では実施していない。課題は、参加者達に身近な遊びである「ドッジボール」のルールを自由記述とした。A 小学校、B 小学校の実験参加者に書いてもらった事前テスト、事後テストの文章から、プログラミング的思考の評価項目である「順次」「繰り返し」「条件分岐」を使用した回数を算出した。回数の算出方法は、「順次」は、まず一連の活動を2つ以上の事象に分解されていること、その事象の組み合わせが正しい順序かどうかを判断し、正しい場合には組み合わせごとに1点を加算する。複数の正しい組み合わせがある場合は、組み合わせごとに1点を加算する。「繰り返し」は、「～まで～する」という表現が含まれていたなら1点を加算し、それが複数回含まれていたなら、回数分得点を加算する。「条件分岐」は、「(もし)～なら」という表現が含まれていたなら1点を加算し、それが複数回含まれていたなら、回数分得点を加算する。例えば、図5.1の場合、「じゃんけんでボールとコートを決める」「中にいる人は線の外に当たるまでは出ててはいけない」「外にいる人は中の人を当てられたら中に入ることができる」という事象がある。「順次」については、これらは3つの事象に分解されていて、その事象の組み合わせが正しい順序になっているので、2点加算になる。「繰り返し」については、「～まで～する」という表現が「中にいる人は線の外に当たるまでは出ててはいけない」に含まれているので、1点加算になる。「条件分岐」は、「(もし)～なら」という表現が「外にいる人は中の人を当てられたら中に入ることができる」に含まれているので1点を加算になる。各処理の平均を学年ごとに算出した。A 小学校の結果を表5.1、B 小学校の結果を表5.2に示す。

・じゃんけんでボールとコートを決める  
・中にいる人は線の外に当たるまでは出ててはいけない  
・外にいる人は中の人を当てられたら中に入ることができる

図 5.1: 文章を書く課題による評価の例

表 5.1: 文章による評価 A 小学校

	人数	事前テスト				事後テスト			
		順次	繰り返し	条件	合計	順次	繰り返し	条件	合計
低学年	26	2.77	0.00	0.96	3.73	1.15	0.00	0.58	1.73
中学年	23	2.78	0.22	1.30	4.30	2.04	0.22	1.26	3.52
高学年	15	5.07	0.33	2.33	7.27	4.13	0.20	3.13	7.27
全体	64	3.31	0.16	1.41	4.88	1.66	0.14	2.44	4.24
分散		6.87	0.51	1.49	15.02	4.86	0.30	2.99	16.13

表 5.2: 文章による評価 B 小学校

	人数	事前テスト				事後テスト			
		順次	繰り返し	条件	合計	順次	繰り返し	条件	合計
低学年	25	2.08	0.04	0.92	3.04	2.04	0.04	1.48	3.56
中学年	22	2.82	0.00	0.64	3.45	2.14	0.18	1.09	3.41
高学年	6	7.50	0.67	1.83	10.00	5.33	0.33	2.50	8.17
全体	53	3.00	0.09	0.91	4.00	2.45	0.13	1.43	4.02
分散		5.76	0.09	0.26	10.16	2.34	0.01	0.35	4.88

事前テストと事後テストを比較した結果、事後テストの点数は事前テストより低い結果となった。A 小学校の事前テストの平均値は 4.88、事後テストの平均値は 4.24、B 小学校の事前テストの平均値は 4.00、事後テストの平均値は 4.02 であり、t 検定を行ったところ、有意な差が見られた。順次、繰り返し、条件の事前テストと事後テストの平均値の検定を行ったが、有意差は見られなかった。

### 5.1.2 ツールによる課題

B 小学校と雙峰祭の実験参加者を対象に、ツール上で「明日の学校の準備」、「じゃんけんの手順」、「ドッジボールの手順」の一連の動きに「順次」、「繰り返し」、「条件分岐」を含んだ文章の事象を、正しく並び替える課題を出した。ツールによる課題は、B 小学校、雙峰祭のみで実施した。テストは何度でも実行可能であるが、1 回目実行した回答を対象に、並び替えた結果が正しい場合 10 点、不正解の場合 0 点とした。B 小学校の結果を表 5.3、雙峰祭の結果を表 5.4 に示す。

表 5.3: ツールによる評価 B 小学校

	人数	事前テスト				事後テスト			
		テスト 1	テスト 2	テスト 3	合計	テスト 1	テスト 2	テスト 3	合計
低学年	25	2.80	2.80	0.00	5.60	4.00	2.40	1.60	8.00
中学年	22	5.91	4.55	0.91	11.36	7.73	4.09	1.36	13.18
高学年	6	8.33	5.00	1.67	15.00	10.00	6.67	3.33	20.00
全体	53	4.72	3.77	0.57	9.06	3.58	1.70	3.96	9.25
分散		24.92	23.50	5.34	72.69	23.50	23.00	14.10	84.51

表 5.4: ツールによる評価 雙峰祭

	人数	事前テスト				事後テスト			
		テスト 1	テスト 2	テスト 3	合計	テスト 1	テスト 2	テスト 3	合計
低学年	12	3.33	3.33	2.50	9.17	5.83	2.50	1.67	10.00
中学年	20	5.50	4.50	3.00	13.00	7.00	5.50	4.00	16.50
高学年	5	8.00	10.00	6.00	24.00	10.00	8.00	8.00	26.00
全体	37	5.14	4.86	3.24	13.24	4.86	3.78	5.14	15.68
分散		24.98	24.98	21.91	102.99	20.89	24.98	23.52	94.81

事前テストと事後テストを比較した結果、事後テストの点数は事前テストより高い結果となった。B 小学校の事前テストの平均値は 9.06、事後テストの平均値は 9.25、雙峰祭の事前テストの平均値は 13.24、事後テストの平均値は 15.68 であり、t 検定 ( $p < 0.05$ ) を用いて事前テストと事後テストの点数結果の平均値を検定を行ったが、有意な差は見られなかった。

## 5.2 各ステージの達成度の比較

### 5.2.1 学年ごとのクリアした割合

学年ごとのクリアした割合を表 5.5 に示す。ここでのクリアした割合とは、クリアした人数を全体の人数で割った割合のことである。

表 5.5: 各ステージ，各学年ごとのクリアした割合 (%)

ステージ	B 小学校			雙峰祭			平均
	低学年	中学年	高学年	低学年	中学年	高学年	
1	96.0	95.5	100.0	100.0	100.0	100.0	98.6
2	100.0	95.5	100.0	100.0	100.0	100.0	99.2
3	88.0	95.5	100.0	91.7	90.0	100.0	94.2
4	92.0	100.0	100.0	100.0	95.0	100.0	97.8
5	88.0	95.5	100.0	83.3	95.0	100.0	93.6
6	88.0	100.0	100.0	100.0	95.0	100.0	97.2
7	92.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	98.7
11	84.0	90.9	100.0	100.0	95.0	100.0	95.0
12	48.0	81.8	100.0	83.3	90.0	80.0	80.5
13	52.0	81.8	100.0	58.3	90.0	80.0	77.0
14	60.0	86.4	100.0	58.3	80.0	100.0	80.8
15	52.0	81.8	66.7	66.7	90.0	100.0	76.2
16	48.0	31.8	66.7	41.7	50.0	80.0	53.0
平均	76.0	87.4	94.9	83.3	90.0	95.4	87.8

全体的に，低学年よりも高学年の方がクリアした割合が多い結果となった。

文部科学省の指導要領において，低学年では「順次」，中学年では「繰り返し」，高学年では「条件分岐」の場面があることを知ることとされる。そこで，表 5.5 を処理ごとに各学年のクリアしたの人数の割合をまとめ，順次，繰り返し，条件分岐の順に表 5.6 に示す。

表 5.6: 順次，繰り返し，条件分岐ごとのクリアした割合 (%)

ステージ	順次	繰り返し	条件分岐	低学年	中学年	高学年	平均
1	3			97.3	97.6	100.0	98.3
6	5			91.8	97.6	100.0	96.5
5		1		86.4	95.2	100.0	93.9
2			1	100.0	97.6	100.0	99.2
4			2	94.5	97.6	100.0	97.4
3	2		1	89.1	92.8	100.0	94.0
11	4		2	89.1	92.8	100.0	94.0
12	3		3	59.4	85.7	90.9	78.6
14	4		2	59.4	83.3	100.0	80.9
15	3		3	56.7	85.7	81.8	74.7
7	1	1	1	94.5	100.0	100.0	98.2
13	2	1	2	54.0	85.7	90.9	76.8
16	2	1	2	45.9	40.4	72.7	53.0

## 5.2.2 クリアした人数とクリアした平均実行回数

各ステージのクリアした人数とクリアした平均実行回数の結果を，B 小学校は表 5.7，雙峰祭は表 5.8 に示す．ステージ番号 1 から 7 は学習用のステージ，11 から 13 は事後テスト，14 から 16 はチャレンジ問題である．なお，ステージ 8 から 10 は事前テストであり，実行回数を 1 回に制限しているため，ここでは対象外とした．

表 5.7: クリア人数と平均実行回数 B 小学校

ステージ	低学年			中学年			高学年		
	人数	実行	平均実行	人数	実行	平均実行	人数	実行	平均実行
1	24	47	1.96	21	27	1.29	6	8	1.33
2	25	27	1.08	21	25	1.19	6	7	1.17
3	22	163	7.41	21	53	2.52	6	21	3.50
4	23	28	1.22	22	28	1.27	6	6	1.00
5	22	50	2.27	21	30	1.43	6	7	1.17
6	22	83	3.77	22	68	3.09	6	14	2.33
7	23	198	8.61	22	72	3.27	6	16	2.67
11	21	46	2.19	21	29	1.38	6	6	1.00
12	12	62	5.17	19	54	2.84	6	17	2.83
13	13	67	5.15	19	121	6.37	6	22	3.67
14	15	47	3.13	20	46	2.30	6	13	2.17
15	13	40	3.08	18	25	1.39	6	8	1.33
16	12	88	7.33	7	60	8.57	6	17	2.83
平均	19	72.77	4.03	19.54	49.08	2.84	6.00	12.46	2.08

表 5.8: クリア人数と平均実行回数 雙峰祭

ステージ	低学年			中学年			高学年		
	人数	実行回数	平均実行回数	人数	実行回数	平均実行回数	人数	実行回数	平均実行回数
1	12	15	1.25	20	24	1.20	5	6	1.20
2	12	13	1.08	20	25	1.25	5	5	1.00
3	11	29	2.64	18	58	3.22	5	10	2.00
4	12	14	1.17	19	23	1.21	5	5	1.00
5	10	20	2.00	19	30	1.58	5	6	1.20
6	12	41	3.42	19	52	2.74	5	11	2.20
7	12	58	4.83	20	72	3.60	5	11	2.20
11	12	22	1.83	19	31	1.63	5	5	1.00
12	10	32	3.20	18	31	1.72	4	4	1.00
13	7	21	3.00	18	47	2.61	4	4	1.00
14	7	12	1.71	16	37	2.31	5	6	1.20
15	8	15	1.88	18	24	1.33	5	5	1.00
16	5	42	8.40	10	203	20.30	4	16	4.00
平均	10	25.69	2.80	18.00	50.54	3.44	4.77	7.23	1.54

使用したツールの楽しさ、使いやすさ、難しさが、プログラミング的思考力の向上の要素となりうるのではないかと考え、参加者本人に対し行ったアンケート結果別に、クリア人数と平均実行回数を以下にまとめた。

#### 1. ツールの楽しさ

参加者本人に「プログラミングツールは楽しかったですか」というアンケートを行い、「とても楽しかった」、「楽しかった」、「普通」、「つまらなかった」、「とてもつまらなかった」の5段階評価から回答してもらった結果を表 5.9 に示す。

表 5.9: プログラミングツールは楽しかったですか

	学年	とても楽しかった	楽しかった	普通	つまらなかった	とてもつまらなかった	未回答
A 小学校	低学年	18	3	3	0	0	2
	中学年	11	8	4	0	0	0
	高学年	9	5	1	0	0	0
	小計	38	16	8	0	0	2
B 小学校	低学年	13	4	7	0	0	1
	中学年	12	7	2	1	0	0
	高学年	5	1	0	0	0	0
	小計	30	12	9	1	0	1
雙峰祭	低学年	10	0	2	0	0	0
	中学年	8	9	3	0	0	0
	高学年	0	2	2	1	0	0
	小計	18	11	7	1	0	0
	合計	86	39	24	2	0	3
	割合 (%)	55.84	25.32	15.58	1.30	0.00	1.95

約 80%の参加者が「とても楽しかった」「楽しかった」と回答した。

次に、「とても楽しかった」「楽しかった」「普通」「つまらなかった」「とてもつまらなかった」の5段階評価から、「とても楽しかった」と「楽しかった」は「楽しい」「普通」は「普通」「つまらなかった」と「とてもつまらなかった」は「つまらない」に集約して、クリア人数と平均実行回数を B 小学校は図 5.2 に、雙峰祭は図 5.3 に示す。

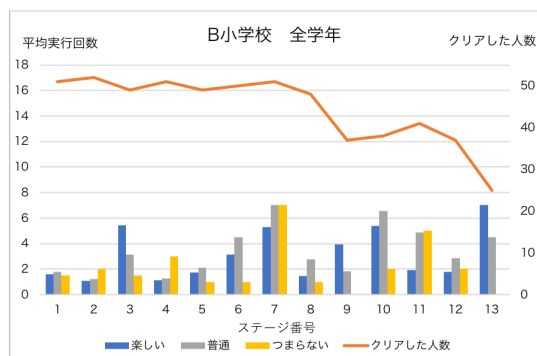


図 5.2: 楽しさ 全学年 B 小学校

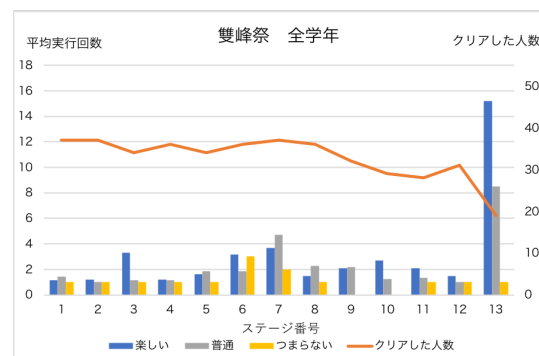


図 5.3: 楽しさ 全学年 雙峰祭



## 2. ツールの使いやすさ

参加者本人に、「プログラミングツールは使いやすかったですか」というアンケートを行い、「とても使いやすかった」、「使いやすかった」、「普通」、「使いづらかった」、「とても使いづらかった」の5段階評価から回答してもらった結果を表5.10に示す。

表 5.10: プログラミングツールは使いやすかったですか

	学年	とても使いやすかった	使いやすかった	普通	使いづらかった	とても使いづらかった	未回答
A 小学校	低学年	8	12	3	0	1	2
	中学年	10	7	6	0	0	0
	高学年	8	6	0	0	1	0
	小計	26	25	9	0	2	2
B 小学校	低学年	13	5	2	2	1	2
	中学年	9	8	4	0	1	0
	高学年	3	3	0	0	0	0
	小計	25	16	6	2	2	2
雙峰祭	低学年	6	3	3	0	0	0
	中学年	9	8	3	0	0	0
	高学年	1	3	1	0	0	0
	小計	16	14	7	0	0	0
	合計	67	55	22	2	4	4
	割合 (%)	43.50	35.71	14.29	1.30	2.60	2.60

約80%の参加者が「とても使いやすかった」「使いやすかった」と回答した。

次に、「とても使いやすかった」、「使いやすかった」、「普通」、「使いづらかった」、「とても使いづらかった」の5段階評価から、「とても使いやすかった」と「使いやすかった」は「使いやすい」、「普通」は「普通」、「使いづらかった」と「とても使いづらかった」は「使いづらい」に集約して、クリア人数と平均実行回数をB小学校は図5.4に、雙峰祭は図5.5に示す。

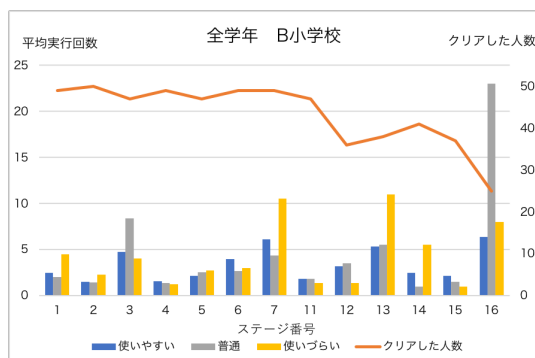


図 5.4: 使いやすさ 全学年 B 小学校

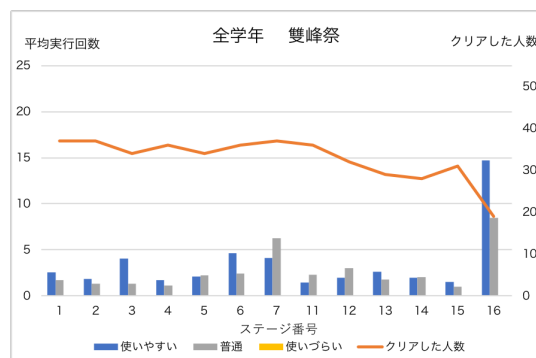


図 5.5: 使いやすさ 全学年 雙峰祭

### 3. ツールの難しさ

参加者本人に、「プログラミングツールは難しかったですか」というアンケートを行い、「とても難しい」、「難しい」、「普通」、「簡単」、「とても簡単」の5段階評価から回答してもらった結果を表 5.11 に示す。

表 5.11: プログラミングツールは難しかったですか

	学年	とても 難しかった	難しかった	普通	簡単だった	とても 簡単だった	未回答
A 小学校	低学年	3	4	5	5	7	2
	中学年	1	2	10	2	8	0
	高学年	1	2	3	2	7	0
	小計	5	8	18	9	22	2
B 小学校	低学年	4	9	4	1	6	1
	中学年	1	6	9	0	6	0
	高学年	0	1	2	0	3	0
	小計	5	16	15	1	15	1
雙峰祭	低学年	0	2	4	2	4	0
	中学年	1	2	8	4	5	0
	高学年	0	0	1	1	3	0
	合計	1	4	13	7	12	0
	小合計	11	28	46	17	49	3
	割合 (%)	7.14	18.18	29.87	11.04	31.82	1.95

約 25%の参加者が「とても難しかった」、「難しかった」と回答していた

次に、「とても難しい」、「難しい」、「普通」、「簡単」、「とても簡単」の5段階評価から、「とても難しい」と「難しい」は「難しい」、「普通」は「普通」、「簡単」と「とても簡単」は「簡単」に集約して、クリア人数と平均実行回数を B 小学校は図 5.6 に、雙峰祭は図 5.7 に示す。

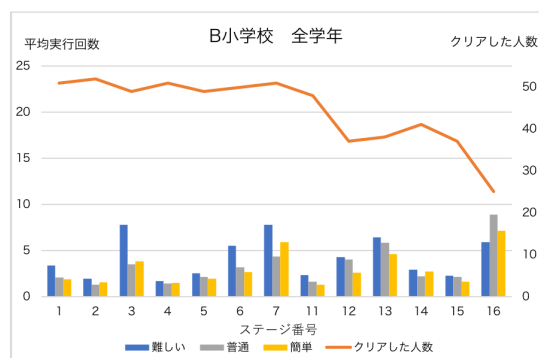


図 5.6: 難しさ 全学年 B 小学校

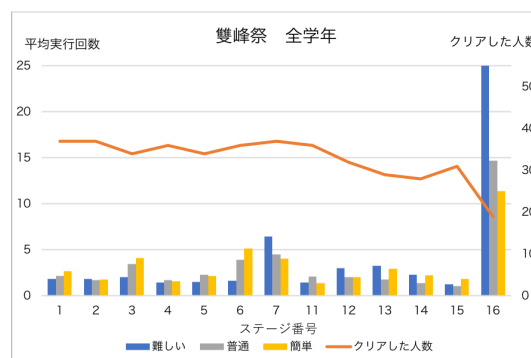


図 5.7: 難しさ 全学年 雙峰祭

#### 4. ツールの楽しさ + 難しさ

プログラミングツールは「とても楽しかった」と「楽しかった」と回答した参加者が、「難しかったですか」というアンケートに「難しい」、「普通」、「簡単」と回答した組み合わせごとに、クリア人数と平均実行回数を全学年、学年ごとに算出した。B 小学校の全学年は図 5.8 に、雙峰祭は全学年は図 5.9 に示す。

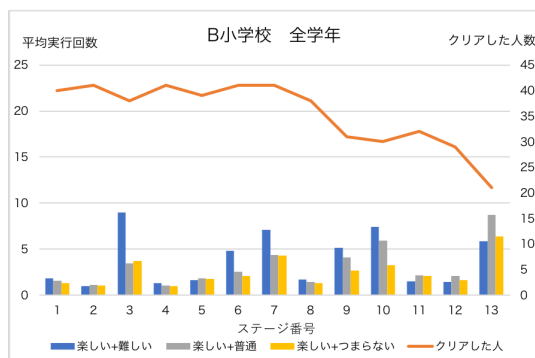


図 5.8: 楽しさ + 難しさ 全学年 B 小学校

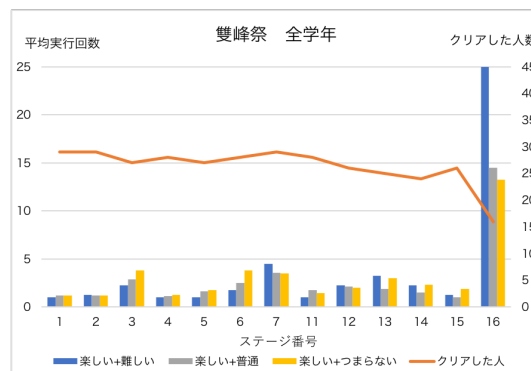


図 5.9: 楽しさ + 難しさ 全学年 雙峰祭

### 5.3 本人向けアンケート結果

#### 1. 好きな科目は何ですか

「好きな科目は何ですか」というアンケートを行い、「国語」、「算数」、「理科」、「社会」、「体育」、「図工」、「音楽」から選んでもらった結果を、表 5.12 に示す。1 つだけ選択するように指示したため、複数選択した場合は除外した。なお、小学 1, 2 年生は、理科と社会については生活科の授業で学習する為、単一の授業での学習は行っていない。

表 5.12: 好きな科目は何ですか

	学年	国語	算数	理科	社会	体育	図工	音楽	未回答
A 小学校	低学年	1	4	1	0	7	5	2	6
	中学年	0	5	3	1	3	3	0	8
	高学年	0	1	2	2	4	1	0	5
B 小学校	低学年	4	2	0	1	4	7	2	5
	中学年	1	5	4	1	6	3	1	1
	高学年	0	1	0	2	1	0	0	2
雙峰祭	低学年	2	3	0	0	3	4	0	0
	中学年	1	8	4	2	2	2	1	0
	高学年	0	3	0	0	2	0	0	0
	合計	9	32	14	9	32	25	6	27
	割合 (%)	5.84	20.78	9.09	5.84	20.78	16.23	3.90	17.53

#### 2. ゲームは好きですか

「ゲームは好きですか」というアンケートを行い、「はい」、「いいえ」から回答してもらった回答してもらった結果を表 5.13 に示す。

表 5.13: ゲームは好きですか

	学年	はい	いいえ	未回答	合計
A 小学校	低学年	18	6	2	26
	中学年	19	4	0	23
	高学年	15	0	0	15
	小計	52	10	2	64
B 小学校	低学年	23	2	0	25
	中学年	19	3	0	22
	高学年	6	0	0	6
	小計	48	5	0	53
雙峰祭	低学年	10	1	1	12
	中学年	18	2	0	20
	高学年	5	0	0	5
	小計	33	3	1	37
	合計	133	18	3	154
	割合 (%)	86.4	11.7	1.9	

### 3. どんなゲームが好きですか

上記の「ゲームは好きですか」という問いに「はい」と回答した人に「どんなゲームが好きですか」というアンケートを行い、回答してもらった結果を表 5.14 に示す。好きなゲームの個数は複数も可能とした。

表 5.14: どんなゲームが好きですか

	ゲームの種類	低学年	中学年	高学年	合計
A 小学校	スプラトゥーン	2	3	5	10
	マイクラフト	0	1	1	2
	マリオカート	2	2	1	5
	マリオオデッセイ	0	1	1	2
	マリオカート	2	2	1	5
	ポケットモンスター	0	1	1	2
	すみっこぐらし	1	0	1	2
	カードゲーム	0	0	2	2
	格闘ゲーム	0	1	2	3
	太鼓の達人	0	0	0	0
	B 小学校	スプラトゥーン	1	1	1
マイクラフト		3	1	1	5
マリオカート		5	0	1	6
マリオオデッセイ		1	0	1	2
マリオカート		5	0	1	6
ポケットモンスター		1	2	1	4
すみっこぐらし		0	1	1	2
カードゲーム		0	0	0	0
格闘ゲーム		0	0	0	0
太鼓の達人		1	0	1	2
雙峰祭		スプラトゥーン	4	8	1
	マイクラフト	2	8	2	12
	マリオカート	4	9	1	14
	マリオオデッセイ	3	5	0	8
	マリオカート	2	6	0	8
	ポケットモンスター	2	10	0	12
	すみっこぐらし	3	2	0	5
	カードゲーム	3	9	2	14
	格闘ゲーム	1	5	0	6
	太鼓の達人	4	4	0	8

4. プログラミングは初めてですか  
「プログラミングは初めてですか」というアンケートを行い、「はい」、「いいえ」から回答してもらった結果を表 5.15 に示す。

表 5.15: プログラミングは初めてですか

	学年	はい	いいえ	未回答	合計
A 小学校	低学年	18	6	2	26
	中学年	12	11	0	23
	高学年	11	4	0	15
	小計	41	21	2	64
B 小学校	低学年	22	2	1	25
	中学年	15	7	0	22
	高学年	4	2	0	6
	小計	41	11	1	53
雙峰祭	低学年	8	2	2	12
	中学年	5	13	2	20
	高学年	0	5	0	5
	小計	13	20	4	37
	合計	95	52	7	154
	割合 (%)	61.7	33.8	4.5	

低学年は、初めてプログラミングをする参加者が多かったが、中学年、高学年の半数はプログラミングの経験者だった。

5. またやってみたいですか

「またやってみたいですか」というアンケートを行い、「はい」、「いいえ」から回答してもらった回答してもらった結果を表 5.16 に示す。

表 5.16: またやってみたいですか

	学年	はい	いいえ	未回答	合計
A 小学校	低学年	22	2	2	26
	中学年	22	1	0	23
	高学年	15	0	0	15
	小計	59	3	2	64
B 小学校	低学年	20	4	1	25
	中学年	20	2	0	22
	高学年	6	0	0	6
	小計	46	6	1	53
雙峰祭	低学年	12	0	0	12
	中学年	18	1	1	20
	高学年	5	0	0	5
	小計	35	1	1	37
	合計	140	10	4	154
	割合 (%)	90.9	6.5	2.6	

## 5.4 保護者向けアンケート結果

日常の活動を題材を用いて学習したプログラミング的思考が参加者達の生活中でどのように活用できているかどうかを、保護者に対し数日から一週間後、学習後の家庭での様子について、以下のようなアンケートを行った。回答した保護者の内訳は、表 5.17 に示す。

表 5.17: 回答した保護者の一覧

場所	1 年生	2 年生	3 年生	4 年生	5 年生	6 年生	合計
A 小学校	11 名	7 名	8 名	7 名	6 名	4 名	43 名
B 小学校	11 名	9 名	6 名	7 名	4 名	2 名	39 名
雙峰祭	3 名	7 名	7 名	7 名	4 名	0 名	28 名
合計	25 名	23 名	21 名	21 名	14 名	6 名	110 名

1. お子さんは、順序立てて物事を考えるようになりましたか

「お子さんが順序立てて物事を考えるようになったか」というアンケートを行い、「はい」、「いいえ」から回答してもらった結果を表 5.18 に示す。

17.27%の保護者が「そう思わない」と回答し、74.55%の保護者が「よく分からない」と回答した。

2. お子さんのどの行動、言動からそう思いましたか

上記の「お子さんは、順序立てて物事を考えるようになりましたか」という問いに「そ

表 5.18: お子さんは、順序立てて物事を考えるようになりましたか

	学年	そう思う	そう思わない	よく分からない	合計
A 小学校	低学年	0	3	15	18
	中学年	1	1	13	15
	高学年	1	1	8	10
B 小学校	低学年	2	3	15	20
	中学年	2	0	11	13
	高学年	0	1	5	6
雙峰祭	低学年	1	4	5	10
	中学年	2	6	6	14
	高学年	0	0	4	4
	合計	9	19	82	110
	割合 (%)	8.18	17.27	74.55	

「思う」と回答した人に「お子さんのどの行動、言動から順序立てて物事を考えるようになったと思ったか」というアンケートを行い、回答してもらった結果を表 5.19 に示す。

表 5.19: お子さんのどの行動、言動からそう思いましたか

	学年	行動、言動
A 小学校	中学年	夏休みの自由研究の課題を、自分の中である程度考えを組み立ててから、相談してくるようになった。以前は、全て回答求めてくるような聞き方をしていたように思う
	高学年	後のことを考えて行動することがみられるようになった
B 小学校	低学年	じゃんけん遊びをしている時に場合分け的な発言が見られた
	低学年	プログラミングをするにあたり、どのような工程をどの順番で行うのかを考えるようになった
	中学年	今までにくらべて宿題や、課題をやる前にどれからやるか決めてから始めるようになったと思います
	中学年	結果を考えながら行動する
雙峰祭	低学年	1日の活動報告がわかりやすくなった
	中学年	何か様子を伝える時に順序を大事にしている
	中学年	親の意見に対する反駁



3. お子さんは、「もし～なら」や「繰り返し」を使うようになりましたか  
「お子さんは、「もし～なら」や「繰り返し」を使うようになりましたか」というアンケートを行い、「はい」、「いいえ」から回答してもらった回答してもらった結果を表 5.20 に示す。

表 5.20: お子さんは、「もし～なら」や「繰り返し」を使うようになりましたか

	学年	そう思う	そう思わない	よく分からない	合計
A 小学校	低学年	0	10	8	18
	中学年	0	5	10	15
	高学年	1	5	4	10
B 小学校	低学年	3	8	9	20
	中学年	3	2	8	13
	高学年	0	6	0	6
雙峰祭	低学年	0	5	5	10
	中学年	0	6	8	14
	高学年	1	0	3	4
	総計	8	47	55	110
	割合 (%)	7.27	42.73	50.00	

42.73%の保護者が「そう思わない」と回答し、50.00%の保護者が「よく分からない」と回答した。

4. お子さんのどの行動，言動からそう思いましたか  
上記の「お子さんは、「もし～なら」や「繰り返し」を使うようになりましたか」という問いに「そう思う」と回答した人に「お子さんのどの行動，言動から順序立てて物事を考えるようになったと思ったか」というアンケートを行い，回答してもらった結果から白紙回答を除く 6 件を表 5.21 に示す。

表 5.21: お子さんのどの行動，言動からそう思いましたか

	学年	行動，言動
A 小学校	高学年	出かけた時に，雨が降った場合の行動を考えていたから
B 小学校	低学年	「もし～なら，どうする?」という質問がとて多くなりました
	低学年	以前から自分の行動については詳しくタイムスケジュールや順番を決めて書くことが好きでした．プログラミングを体験する事で，さらに．繰り返しや，もし～なら，と言うことがあったので
	中学年	宿題などやることを早く終わらせて，自分の好きなことをしようと先のことを少し考えられるようになった気がします
	中学年	普段の会話で，ものの例えとして，使うようになってます
雙峰祭	高学年	もし，～～だったら， 買っていい?? ということは言います．でも以前からなので，最近見られた変化ではありません

## 第6章 考察

評価実験にて得られた結果より，以下の4点を考察する．

1. プログラミング的思考力が向上したかどうか
2. 日常の活動を題材とした効果
3. 楽しくプログラミングを学習できたか
4. 今後の課題

### 6.1 プログラミング的思考力が向上したかどうか

5.1で示したように，プログラミング的思考力が向上したかどうかについて「文章を書く評価」と「ツールによる評価」を行った．ツールを使用する前と使用した後に同様の課題を行い，その点数を比較した結果「文章を書く評価」では，事後テストの点数は低い結果となり，プログラミング的思考の向上に効果が見られなかった．一方「ツールによる評価」では，事後テストの点数は高い結果となり，効果が見られた．「ツールによる評価」は，プログラミング的思考の向上に一定の効果があったことが示唆される．

次に「文章を書く評価」と「ツールによる評価」について分析する．

#### 文章を書く評価

ツールを使用する前と使用した後に同様の課題を行い，その点数を比較しプログラミング的思考力が向上したかどうかを評価した．参加者の身近な活動である「ドッジボール」のルールを自由記述とした課題の文章から，プログラミング的思考の評価項目である「順次」，「繰り返し」，「条件分岐」を使用した回数を算出した．事前テストと事後テストを比較した結果，B小学校の低学年の事後テストは高い結果となったが，他の学年とA小学校の事後テストの点数は高くならなかった．「条件分岐」の項目を見てみると，B小学校の低学年のテストの点数が0.92から1.48，中学年の点数も0.64から1.09，高学年の点数も1.83から2.50，A小学校の高学年の点数も2.33から3.13と高くなった．しかし，それ以外の項目の事後テストの点数は高い結果とはならなかった．

本実験では，川本ら[9]の実験のように，プログラミング的思考向上の結果を示すことはできなかった．その理由の一つに参加者層の違いがあると推測される．川本らの研究の実験参加者は，理数に関する試験を受け，選抜された小学3～6年を対象であった．一方，本実

験の参加者は小学校での必修化を考慮し、一般の小学生を対象とした。本実験の参加者の好きな科目を表 5.12 で示したように、「算数」と「体育」が 20.78%、「図工」が 16.23%、「理科」が 9.09%、「国語」、「社会」が 5.84%、「音楽」が 3.90%となり、好きな科目に「理科」と「算数」を選んだ割合が多いわけではなかった。なお、小学 1, 2 年生は、「理科」と「社会」は「生活科」という単一の授業で学習するため、選択が少なかった。参加者の得意な科目が川本らの研究と異なったことが結果に影響を与えている可能性が考えられる。

また、参加者に対してのファシリテーターの教え方に差があったことも一つの要因と考えられる。実験を行った後、3 名のファシリテーターに参加者に質問された際の回答について聞いてみたところ、「正解を教えた」、「正解を促すようなヒントを与えた」など、参加者への回答がファシリテーターごとに違うことがわかった。正解を教えられた参加者と、正解を促すようなヒントを与えられた参加者とは、課題をクリアするまでに実行した回数に影響を与えた可能性が高い。参加者に対してのファシリテーターの教え方に差があったため統制された評価になっていないことも一因と考えられる。

もう一つの要因として、「同じ題材を書く」という課題の設定が不適切であった可能性がある。テストを実施している間の参加者たちの様子から、1 度書いた課題をもう一度書く事への飽きを感じていたように思われる。高学年では、すでに事前テストの段階で、十分書かれていた解答にさらに追加する手順を思いつく事ができなかったように思われる。「同じ題材を書く課題」がプログラミング的思考の評価として妥当なのか今後検討したい。

## ツールによる評価

5.1.2 で示したように、ツールによる課題による評価を行った結果、事後テストの方が点数が高い結果となり、一定の効果があったことが示唆される。これは、本ツールを使用したことで、順序立てや条件の処理を学習できたためではないかと思われる。また、低学年、中学年ともに「条件分岐」を学習ステージをクリアした割合が、「繰り返し」を学習するステージより高い結果となった。「文章を書く評価」でも「条件分岐」の事後テストが高い結果となった。これは、参加者にとっては「(もし)~なら」といった何かを選択する活動が、理解しやすかったのではないかと考えられる。保護者向けのアンケートにおいても、実験後の参加者の様子から「もし、~~だったら、買っていい?? という発言があった」や、「出かけた時に雨が降った場合分けの行動を考えるようになった」という回答があった。一方、「繰り返し」に関しては、保護者向けのアンケートにおいて、実験後の参加者の様子から具体的な発言や行動の回答はなく、「繰り返し」が日常の生活に活かせるようになっていないのではないかと思われる。

次に、ステージ、学年ごとのクリアした割合を表 5.5 に示す。B 小学校と雙峰祭とも、学年が上がるにつれて、クリアする割合が高い結果となったが、ステージ番号 15 は 76.19%、ステージ番号 16 は 53.03%とクリアする割合が低いステージがあった。そこで、処理の違いがクリアする割合に違いが出るのではないかと考え、順次、繰り返し、条件分岐ごとのクリアの割合を表 5.6 に示した。全学年、単体の処理をクリアした割合は高いが、処理を組み合わせたステージになるとクリアした割合が低くなった。特に、低学年は「順序+繰り返し+条件分岐」を学習するステージ番号 13、ステージ番号 16 をクリアした割合は 54.05%、45.95%と低い結果となった。ステージ番号 13 の処理の個数は「順次」が 2 個、「繰り返し」が 1 個、「条件分岐」が 2 個の合計 5 個から構成されている。ステージ番号 16 の処理の個数は「順次」が 2 個、「繰り返し」が 2 個、「条件分岐」が 1 個の合計 5 個から構成されている。ステージ番号 13 は個数としては特別多いステージではないが、クリアする割合が低い要因として、各ステージの事象の個数の多さに影響されるものではなく、処理の複雑さや組み

合わせのパターンが影響している可能性が高いことが示唆される。このことは、新地ら [18] の教員養成課程の大学生が「機器の動作」についての説明を記述した文章を評価する関連研究においても、測定と制御の要素を組み合わせながら、順序立てて考えることが難しいことが示唆されている。参加者が理解を深めるために、処理の組み合わせのパターンをどのような順番に設定するかや課題に取り入れる処理の数を検討する必要がある。

## 6.2 日常の活動を題材とした効果

参加者本人によるアンケートの感想では、「ふだんの生活でやっていることを振り返ることができた。犬のポチが楽しかった」、「いろんなことが分かって国語がうまくなった気がしました」という回答があった。実験は1時間という短い時間だったが、普段の生活や国語の文章作成力に活かすことができたと感じた参加者もいた。

保護者によるアンケートでは、「お子さんのどの行動、言動から順序立てて物事を考えるようになったと思ったか」という問いに、「じゃんけん」や「宿題のやり方」などの中で、順序立てて考えるようになったことが見られる回答があった。また、「お子さんのどの行動、言動から「もし～なら」や「繰り返し」を使うようになったと思ったか」という問いに、「時間の使い方」や「親との会話」などの中で、条件分岐について考えるようになったことが見られる回答もあった。これらのことにより、日常の活動を題材としたことで、小学生がプログラミング的思考を習得することに適している事が示唆された。

## 6.3 楽しくプログラミングを学習できたか

### 各ステージのクリアした人数とクリアした平均実行回数

小坂ら [19] は、創造的な思考が深まる図画工作科の授業を小学校の中・高学年に行った結果、作品を完成するための手順を考え、構想、彩色においてタブレットのアプリを活用し、「スモールステップ」による体験の積み重ねることで、プログラミング的思考が育成された事例がある。活動の方向性に沿った試行錯誤の伴う学習効果が見られた児童は、自分の思いを具現化する活動の手順を考え、筋道を立てた表現活動を自ら進めることができた。これにより、アプリを活用し、児童は何度も試行錯誤し、創造的な思考を活性化させることにより、プログラミング的思考が働かせることができたことが示された。プログラミング的思考を育成する要素 [15] として、「目的に対して、必要十分な評価の観点を考え、実行したことが、意図した活動に近づいているかどうか評価すること」と定義されており、試行錯誤することが重要だとされる。そこで、各ステージのクリアした人数とクリアした平均実行回数を表 5.7、表 5.8 に示す。ステージ番号 7 と 13 は、「順次」、「繰り返し」、「条件分岐」、「繰り返し」の 3 つを含むステージとなったため、クリアまでの回数が多く、実行回数も多くなった。またステージ番号 3 は「順次」と「条件分岐」のみのステージだが、初めて複数の処理の組み合わせを体験するステージであったことが、回数が多い原因であると考えられる。ステージ番号 16 は、実行回数は多いが、クリアした人数が少なかった。これは、実行は何度も行っているものの、正解にたどり着けなかった参加者がいたためである。ステージ番号 13、ステージ番号 16 の題材である「ドッジボール」は、自分や相手のチームの全ての事象を表現しようとする動きが複雑で難しくなってしまうため、ツールではボールを投げる自分と相手だけの動きとした。その結果、参加者たちが日頃行っているドッジボールと異なる動きになってしまい、正解に達する事ができなかつた可能性が高い。参加者本人に

よるアンケートでも「ドッジボールが難しかった」という回答があり，参加者たちが理解できる動きや事象と問題のレベルについては，今後の課題として検討する必要がある．

## アンケート別の結果

使用したツールの楽しさ，使いやすさ，難しさが，プログラミング的思考力の向上の要素となりうるのではないかと考え，参加者本人に対し行ったアンケート結果別に，クリア人数と平均実行回数を以下にまとめた．

### ツールの楽しさ

「楽しい」、「普通」、「つまらない」と回答した参加者ごとのクリア人数と平均実行回数を B 小学校は図 5.2 に，雙峰祭は図 5.3 に示す．クリアした割合が少ないステージ番号 12，13，16 では「楽しい」と回答した参加者が「つまらない」と回答した参加者より実行回数が多くなった．特に，ステージ番号 16 は「楽しい」の実行回数が多い結果となった．B 小学校の「つまらない」と回答した参加者の実行回数は，各ステージでばらつきがあるものの「楽しい」、「普通」と回答した参加者と同様に一定数実行していた．B 小学校の「つまらない」と回答した人数は一人と少なく，学年は中学年であったため，最後まで試行錯誤を繰り返しクリアしていたと思われる．しかし，雙峰祭の「つまらない」と回答した参加者は，ステージ番号 1，2 の実行回数は多いが，ステージ番号 11，14，15，16 は実行回数が少ない．雙峰祭にて「つまらない」と回答した人数は一人で，学年が高学年であったため，少ない実行回数でクリアできてしまい，簡単すぎて「つまらない」と回答したのではないかと思われる．

### ツールの操作性

「使いやすい」、「普通」、「使いづらい」と回答した参加者ごとのクリア人数と平均実行回数を B 小学校は図 5.4 に，雙峰祭は図 5.5 に示す．雙峰祭の「使いづらい」と回答した参加者は，0 名だった．B 小学校の「使いづらい」と回答した参加者の実行回数は，各ステージでばらつきがあるものの「楽しい」、「普通」と回答した参加者と同様に一定数実行していた．「使いづらい」と回答した参加者は，「チャレンジ問題が動かさずらかった」と回答していた．チャレンジ問題は並び替えをする事象が多い課題もあり，参加者にとって操作しにくいステージもあった．操作性については，参加者の負担にならないよう改良することを今後の課題としたい．

### ツールの難しさ

「難しい」、「普通」、「簡単」ごとのクリア人数と平均実行回数を B 小学校は図 5.6 に，雙峰祭は図 5.7 に示す．B 小学校，雙峰祭の「難しい」と回答した参加者の実行回数は，各ステージでばらつきがあるものの「楽しい」、「普通」と回答した参加者と同様に一定数実行していた．「難しい」と回答した参加者は，アンケートにて「最初はむずかしいけど，だんだん慣れた」、「むずかしかった．でもクリアすると楽しい．またやりたい」、「難しかったけど面白かった」、「最後のチャレンジ問題が一番難しかったけど，一番プログラミングがすぐわかった」と回答していた．「難しい」と回答しても参加者は，途中で諦めることなく，最後のステージまで実行し続けていた．ツールを難しいと感じていることと，試行錯誤の

実行回数に相関はない可能性が示唆された。問題のレベルについては、課題の難易度と参加者の満足度を加味しながら、設定していく必要があることがわかった。

#### ツールの楽しさ、難しさ

約 80%の参加者がプログラミングツールは「とても楽しかった」「楽しかった」と回答したが、約 25%の参加者が「とても難しかった」「難しかった」と回答した。そこで、プログラミングツールは「とても楽しかった」と「楽しかった」と回答した参加者が、「難しかったですか」というアンケートに「難しい」「普通」「簡単」と回答した組み合わせごとに、クリア人数と平均実行回数を全学年、各学年ごとに算出した。クリア人数と平均実行回数を B 小学校は図 5.8、雙峰祭は図 5.9 に示す。B 小学校、雙峰祭ともに、ステージ番号 1, 3, 7, 12, 13, 16 のステージが「楽しい+難しい」と回答した参加者の実行回数が「楽しい+簡単」と回答した参加者の実行回数より多い結果となった。「難しい」と回答しても参加者は、途中で諦めることなく、楽しく最後のステージまで実行し続けていた。このことにより、本ツールは小学生が楽しくプログラミングを学習するのに適しているということが示唆された。

## 6.4 今後の課題

今後の課題を以下に 4 つ述べる。

### ファシリテータの統制

ツールのログによる評価では、事後テストは事前テストより高い結果となり、プログラミング的思考の向上に一定の効果があったことが示唆される。しかし、ワークショップを行った 3 人のファシリテーターが参加者との接し方が異なったため、ツールを使用した効果以上に、ファシリテーターの教え方が影響した可能性を否定できない。今後は、ファシリテーターの参加者に対する接し方を、ファシリテーター内で統一し、ツールを使用した効果を正確に測定することが重要な課題となる。

### 「分解」「抽象化」「一般化」機能の実装

本研究では「順次」「繰り返し」「条件分岐」を学習するプログラミングツールを開発した。しかし、プログラミング的思考には、他にも「分解」「抽象化」「一般化」といった重要なプロセスがある。これらのプロセスに対して、各学年の思考の違いを把握するための実験を行い、学習レベルに合わせた育成支援を検討することも課題である。

### 処理の組み合わせによる理解度への影響

「プログラミング的思考」において、小学生の低学年では「順次」、中学年では「順次+繰り返し」、高学年では「順次+繰り返し+条件分岐」を学習することが目標とされる。本研究で開発したプログラミングツールでは、各学年の単体での「順次」「繰り返し」「条件分岐」の理解度は高かったが、処理を組み合わせた理解度は低かった。今後は、複数の概念である「順次」「繰り返し」「条件分岐」の育成について、学習する順番や組み合わせのパターンを変えて実験を行い、理解度に与える影響を明らかにする必要がある。

## 長期的な学習

本研究では、1回の学習についての効果を検証したが、保護者のアンケートから長期的な学習が必要であることがわかっている。そこで、複数回の学習を行い、理解するプロセス、アプローチの違いや評価方法についても検証したい。

## 第7章 結論

本研究では、小学生にとって日常の活動を題材とすることで、より効果のある学習支援ができるという知見のもと、プログラミング的思考力の向上を目的としたツールの開発を行い、その有用性を検証した。

具体的には、小学生の身近な生活の活動をプログラミングすることで、コンピュータが活用されていることに気づくことが示唆される。これらの理由より、小学生が日常的に行っている片付け、お手伝いや学校の準備などを題材に選定した。プログラミング的思考は、「プログラミングで育成する資質・能力の評価規準」[15]を参考に、低学年は「順序がある場面があることを知ること」、中学年は「条件を満たすまで動作を続ける場面があることを知ること」、高学年は「条件により動作が変化する場面があることを知ること」となっている。そこで、プログラミング的思考の評価項目を「順次」、「繰り返し」、「条件分岐」とし、学習するツールの開発を行った。評価実験では、つくばみらい市内の小学校2校にて「夏休みのプログラミング教室」、筑波大学学園祭「雙峰祭」にて「小学生向けプログラミングワークショップ」を行った。ツールを使用する前と使用した後に同様の課題を行い、その点数を比較しプログラミング的思考力が向上したかどうかを評価した。課題は、2種類の課題「文章を書く課題」と「ツールによる課題」を用意した。また、ツールの楽しさ、使いやすさ、難しさについて参加者本人にアンケートを行った。さらに、保護者に対して数日から一週間後、学習後の家庭での様子についてアンケートを行った。

評価実験の結果、「文章を書く評価」では事後テストの点数は統計的に有意でない結果となり、プログラミング的思考の向上に効果が見られなかった。一方、「ツールによる評価」では、事後テストの点数は高い結果となり、プログラミング的思考の向上に一定の効果があつたことが示唆されたが、評価方法によって異なった結果になった要因は、プログラミング的思考の評価方法の違いが大きく影響している可能性がある。

プログラミング的思考の評価項目である「条件分岐」の学習ステージをクリアした低学年、中学年ともに割合が高い結果となった。「文章を書く評価」でも「条件分岐」の事後テストが高い結果となった。保護者向けのアンケートにおいても、実験後の参加者との会話に条件分岐を使った発言や行動に関する回答があつた。一方、「繰り返し処理」に関しては、保護者向けのアンケートにおいて、実験後の参加者の様子から具体的な発言や行動の回答はなかつた。このことから、小学生にとって本ツールを使用し「条件分岐」を学習することは有用であつたことが分かつた。

アンケートの感想から、普段の生活や国語の文章作成力に活かすことができたと感じた参加者もいた。保護者によるアンケートでは、「じゃんけん」や「宿題のやり方」などの中で、順序立てて考えるようになったことが見られる回答や、「時間の使い方」や「親との会話」などの中で、条件分岐について考えるようになったことが見られる回答もあつた。これらのことにより、日常の活動を題材としたことで、小学生がプログラミング的思考を習得することに適している事が示唆された。

参加者本人によるアンケートでは、約80%の参加者から楽しく学習でき、ツールは使いやすかつたと回答があり、本ツールは小学生が利用するのに適している事がわかつた。また、「プログラミングツールは難しかつたか」という問いに「難しい」と回答した参加者は、



途中で諦めることなく、最後のステージまで実行し続けていた。「難しい」と回答しても参加者は、途中で諦めることなく、楽しく最後のステージまで実行し続けていた。このことにより、本ツールは小学生が楽しくプログラミングを学習するのに適しているということが示唆された。

今後の課題として、ファシリテータの統制、追加機能の実装、処理の組み合わせによる理解度への影響、長期的な学習が挙げられる。まず、参加者に対する接し方を、ファシリテーター内で統一し、ツールを使用した効果を正確に測定することが重要な課題となる。また、プログラミング的思考である「一連の活動を実現するための動きに、どのような動きの組合せが必要であり、一つ一つの動きに対応した記号を、どのように組み合わせたらいいのか」といった「分解」「抽象化」「一般化」に着目し、学習レベルに合わせた育成支援を検討する。本研究で開発したプログラミングツールでは、各学年の単体での「順次」「繰り返し」、「条件分岐」の理解度は高かったが、処理を組み合わせた理解度は低かったため、複数の概念を学習する順番や組み合わせのパターンを変えて学習が必要であると考えられる。また、複数回の学習を行い、理解するプロセス、アプローチの違いや評価方法についても検証したい。

## 謝辞

本研究をすすめるにあたって、博士前期課程の受験の相談時点から、いつも親身になってご指導して下さいました松村敦先生には、心から感謝しております。私の「子供向けのプログラミング教育の研究がしたい」とかなり漠然としたテーマを、松村先生がご指導して下さいたからこそ、この修士論文を完成することができたと思っております。本当にありがとうございました。松村先生には「研究のいろは」を教わりました。宇陀先生には、どんなときも優しい声を掛けて頂きました。また、私が研究が思うように進まず落ち込んでいるときに、面白い話をして頂き、ありがとうございました。宇陀先生には「研究との関わり方」を教わりました。さらに、同期の三島悠希さんにはプリンターの設定から LaTeX の使い方まで教えて頂き、ありがとうございました。三島さんには「研究するための環境」を教わりました。先生方のお陰で、とても充実した研究室生活を過ごすことが出来ました。

ご参加いただきましたつくばみらい市とつくば市の小学校の先生方及び児童の皆さん、保護者方、PTAの方に多大なるご協力を頂きました。厚く御礼を申し上げます。

最後に、研究室の同期、先輩・後輩のみなさん、ありがとうございました。皆様には「研究の楽しさ」を教わりました。そして、一番迷惑を掛けた家族に心より感謝致します。

## 参考文献

- [1] 文部科学省. 諸外国におけるプログラミング教育に関する調査研究. 文部科学省平成 26 年度・情報教育指導力向上支援事業) 報告書. 文部科学省, 2015. [http://jouhouka.mext.go.jp/school/programming\\_syogaikoku/programming\\_syogaikoku.html](http://jouhouka.mext.go.jp/school/programming_syogaikoku/programming_syogaikoku.html).
- [2] 文部科学省. 小学校段階におけるプログラミング教育の在り方について(議論の取りまとめ)平成 28 年 6 月 16 日. [http://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/chousa/shotou/122/attach/1372525.htm](http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/shotou/122/attach/1372525.htm).
- [3] lego mindstorms. <https://www.lego.com/en-us/mindstorms/about-ev3>.
- [4] V. Chaudhary, V. Agrawal, P. Sureka, and A. Sureka. An experience report on teaching programming and computational thinking to elementary level children using lego robotics education kit. In *2016 IEEE Eighth International Conference on Technology for Education(T4E)*, Vol. 00, pp. 38–41, 2016.
- [5] 萱津 理佳, 矢澤 星奈. 初等中等教育段階におけるプログラミング教育の考察:プログラミング体験教室の実践から. *長野県短期大学紀要*, No. 71, pp. 13–22, 2016.
- [6] 森 秀樹, 杉澤 学, 張 海, 前迫 孝憲. Scratch を用いた小学校プログラミング授業の実践:小学生を対象としたプログラミング教育の再考(教育実践研究論文). *日本教育工学会論文誌*, Vol. 34, No. 4, pp. 387–394, 2011.
- [7] 太田 剛, 森本 容介, 加藤 浩. プログラミング能力の発達段階と要因に関する定量的分析. Vol. 2017, No. 13, pp. 85–92, 2017.
- [8] 尾花 拓海, 鈴木 龍成, 吉村 明人, 臼田 莉菜, 半澤 魁士, 佐久間 拓也, 川合 康央, 池辺 正典. 小・中学生を対象にしたプログラミング学習を支援するアプリケーション開発プロジェクト. *情報教育シンポジウム論文集*, Vol. 32, pp. 202–205, 2017.
- [9] 川本 佳代, 出口 直輝, 林 雄介, 平嶋 宗, 砂山 渡. 論理的思考力育成を指向したフローチャート活用学習システムと小学校児童による実験的評価. *教育システム情報学会誌*, Vol. 32, No. 3, pp. 214–219, 2015.
- [10] 小林 祐紀, 兼宗 進. コンピューターを使わない小学校プログラミング教育“ルビィのぼうけん”で育む論理的思考. 翔泳社, 2017/03/31.
- [11] Ying Li. Teaching programming based on computational thinking. In *2016 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, pp. 1–7, 2016.
- [12] Stephen Cooper, Wanda Dann, Randy Pausch, Stephen Cooper, Wanda Dann, and Randy Pausch. Alice: A 3-d tool for introductory programming concepts. *J.Comput.Sci.Coll*, Vol. 15, No. 5, pp. 107–116, 2000.

- [13] 坂本一憲, 本田澄, 音森一輝, 山崎頌平, 服部真智子, 松浦由真, 高野孝一, 鷺崎弘宜, 深澤良彰. まねっこダンス: 真似て覚えるプログラミング学習ツール (特集ソフトウェア論文). コンピュータソフトウェア, Vol. 32, No. 4, pp. 74–92, 11 2015.
- [14] 豊田 充崇. 小学校プログラミング授業の推進における実践上の課題. 和歌山大学教職大学院紀要: 学校教育実践研究, Vol. 2, pp. 83–90, 2018.
- [15] NPO 法人 CANVAS. プログラミングで育成する資質・能力の評価規準 (試行版). <https://beneprog.com/wp-content/uploads/2018/08/ver2.0.0.pdf>.
- [16] 合同会社デジタルポケット. <https://www.viscuit.com>.
- [17] 大場 みち子, 伊藤 恵, 下郡 啓夫. プログラミング力と論理的思考力との相関に関する分析. 研究報告デジタルドキュメント (DD), Vol. 2015, No. 2, pp. 1–4, mar 2015.
- [18] 辰朗新地, 亜紀安影. 機器動作に関わる説明記述分析から考察する教員養成課程3年生のプログラミング的思考. 日本科学教育学会研究会研究報告, Vol. 33, No. 2, pp. 39–42, 2018.
- [19] 平成 28 年度 (2016 年度) 情報教育に関する研究 滋賀県総合教育センター . 小学校におけるプログラミング的思考を育む授業づくり. <http://www.shiga-ec.ed.jp/www/contents/1485906529694/files/h28kiyo-kadai-joho.pdf>.

# 付録

## 子供向けアンケート

ワークショップの感想(かんそう)を教(おし)えてください。

1. 何年生(なんねんせい)ですか?  
1年 2年 3年 4年 5年 6年
2. 性別(せいべつ)を教(おし)えてください?  
男 女
3. 好(す)きな科目(かもく)はなんですか? 1つ選(えら)んでください  
国語(こくご) 算数(さんすう) 理科(りか) 社会(しゃかい) 体育(たいいく)  
図工(ずこう) 音楽(おんがく)
4. ゲームは好(す)きですか?  
はい いいえ
5. 「はい」と答(こた)えた人はどんなゲームが好(す)きですか?  
スプラトゥーン マインクラフト マリオカート マリオオデッセイ マリオメーカー  
ポケットモンスター すみっぐらし カードゲーム 格闘(かくとう)ゲーム  
太鼓の達人(たいこのたつじん) それいがい( )
6. プログラミングは初(はじ)めてですか?  
はい いいえ
7. プログラミングツールは楽(たの)しかったですか?  
とても楽(たの)しかった 楽(たの)しかった ふつう つまらなかった とても  
つまらなかった
8. プログラミングツールは使(つか)いやすかったですか?  
とても使(つか)いやすかった 使(つか)いやすかった ふつう 使(つか)いづ  
らかった とても使(つか)いづらかった
9. プログラミングツールはむずかしかったですか  
とてもむずかしい むずかしい ふつう かんたん とてもかんたん
10. またやってみたいですか  
やってみたい やってみたいくない
11. 感想(かんそう)を教(おし)えてください(記述)

## 保護者向けアンケート

この度はプログラミングワークショップにご参加頂き、ありがとうございました。受講後のお子さんの様子、感想を教えてくださいと幸いです。

1. お子さんの学年  
1年 2年 3年 4年 5年 6年
2. お子さんは、順序立てて物事を考えるようになりましたか？  
そう思う そう思わない よくわからない
3. そう思うとお答えになった方、お子さんのどの行動、言動からそう思いましたか？(記述)
4. お子さんは、「もし～なら」や「繰り返し」を使うようになりましたか？
5. そう思うとお答えになった方、お子さんのどの行動、言動からそう思いましたか？(記述)
6. 感想を教えてください(記述)