

論文

幼稚園児のビスケットプログラムにおける動きの方向の理解についての分析

渡辺 勇士^{1,2,a)} 中山 佑梨子³ 原田 康徳² 久野 靖¹

受付日 2019年2月9日, 再受付日 2019年7月1日/2019年10月9日,
採録日 2019年11月13日

概要:本研究は、ビスケットのプログラムにおいて幼稚園児が絵を動かすときに、描かれた動物やモノの進行方向どおりに、動作するプログラムを作成できるかどうかを明らかにすることを目的としている。2020年から小学校においてプログラミング教育が必須化される。それにもない、未就学児においてもプログラミングを教える教室・ワークショップが増えている。そして、未就学児からのプログラミング教育についても複数の提案がなされている。一方で、幼稚園・保育園の現場における実践の報告は少なく、また、未就学児が作るプログラム自体に基づいた客観的で量的な結果の検証も少ない。本研究では園児のプログラムにおける方向の理解を分析するために、あらかじめ動く方向を示唆する絵を用意し、その絵を用いて園児にプログラムを作成させた。そして、絵を適切に動かしているかどうかを集計し、その結果を量的に分析した。その結果、園児のプログラムから、与えられた絵を動かす課題において、多くの割合の園児が用意された絵の進行方向に対して、その絵を適切な方向に動かすプログラムを作っていることが明らかになった。

キーワード: ビジュアルプログラミング言語, プログラミング教育, 幼児教育, ビスケット

Analysing Understanding of the Direction in Viscuit Programs Crafted by Kindergarten Children

TAKESHI WATANABE^{1,2,a)} YURIKO NAKAYAMA³ YASUNORI HARADA² YASUSHI KUNO¹

Received: February 9, 2019, Revised: July 1, 2019/October 9, 2019,
Accepted: November 13, 2019

Abstract: The aim of this research is to clarify whether kindergarten children can understand direction of pictures and construct programs accordingly. Starting from school year 2020, programming education is going to be mandatory in Japanese elementary schools. Accordingly, the number of private schools and workshops which teach programming to pre-school children are increasing. There are also lots of opinions, advices and proposals on what programming education for pre-school children should be. However, there are few reports, objective data and analysis on the results of programming classes performed on the real kindergartens. In this research, we prepared the pictures that have the directions and let the kindergarten children make programs that moves the pictures. Then we analyzed their programs for how many children could understand the direction of movement in their programs. As the result, approximately 80% of children were moving pictures with the direction suggested by the pictures.

Keywords: visual programming language, programming education, preschool education, viscuit

¹ 電気通信大学
University of Electro-Communications, Chofu, Tokyo 182-8585, Japan
² 合同会社デジタルポケット
Digitalpocket LLC., Atsugi, Kanagawa 243-0014, Japan
³ 香川富士見丘幼稚園
Kagawa-fujimigaoka Kindergarten, Chigasaki, Kanagawa 253-0082, Japan
a) watanabe@viscuit.com

1. はじめに

2020年からの小学校でのプログラミング教育の必須化にもない、民間の教室による未就学児を対象にした教室やワークショップが増えてきている。第1著者、第3著者が所属する合同会社デジタルポケットでは、プログラミング言語ビスケット [1], [2] を使ったプログラミングの普及活

動を行っている。この一環として、神奈川県茅ヶ崎市にある香川富士見丘幼稚園において、定期的なプログラミングのレッスンの実施に協力している。

この園では、2016年度より、通年のカリキュラムを組んだ上で、年長の園児にビスケットを使ったプログラミングのレッスンを実施している。実践のなかでは、園児が楽しんで取り組む姿が多く見られている。また、園児が作るプログラムも、非常にユニークなものが確認されている。一方で、各園児がどのくらいプログラミングを理解しているのか、また、実際に思いどおりにプログラムを作れているのかについては、これまで調査していなかった。本研究では「ビスケットのプログラムにおいて幼稚園児が絵を動かすときに、描かれた動物やモノの進行方向どおりに、動作するプログラムを作成できるかどうか」をリサーチクエストとする。

本来は、園児が方向を理解しているかどうかについても調査をする必要があったが、データ収集の際にデータを取る機会を逸した。そのため、本研究では園児が作成しているプログラムの分析で分かる範囲で結論を得るアプローチをとった。

既存のプログラミング教育を対象にした研究では、参加者のプログラミングに対する印象の変化や、感想に対しての、統計的な調査が多い。しかし我々は、園児から文字や発話を通して回答を得ることは難しいと考え、園児に対するアンケート調査はせず、園児が作ったプログラムの分析を行った。

本研究では各レッスンで提示された動きの課題に対し、園児がその課題どおりにプログラムが作れているかに着目し、園児が作ったプログラムの分析を行った。また、各レッスンのビデオ撮影により、園児の様子と授業者の発問の仕方についても記録し、分析の参考とした。

以下2章では先行研究を紹介する。3章では本研究で使用しているビジュアルプログラミング言語ビスケットの特徴を説明する。4章では研究方法と実施したレッスンについて述べる。5章では園児の作ったプログラムを分析した結果を述べ、6章において考察を行い、7章においてまとめを行う。

2. 先行研究

未就学児とプログラミングに関連がある研究として、野口ら [3] は、幼稚園教育要領 [4] において幼児期の終わりまでに育って欲しい姿には、プログラミング的思考の基礎をつくる要素が見られると指摘している。また、山崎ら [5] は、幼稚園から高等学校まで一貫した「情報に関する技術」の鍵概念と「技術的課題解決プロセス」の教育段階別到達水準を作成した。そのなかで、幼稚園においては、遊具型の Programmable Toy を使い、遊びのために自分が意図して実現したい動きを実現することでプログラミング的思考



図 1 キュベットでプログラムする園児。進行方向を示すブロックを並べ、キュベットを動かす

Fig. 1 Children playing coding with Cubbeto. Programming Cubbeto to make it move by Putting the Blocks.

を育むことを提案している。2014年に教科 Computing [6] を新設した英国では、日本における未就学児も含まれる5歳から7歳までを Key Stage1 とし、この時期に学ぶ内容の中に簡単なプログラムの作成とデバッグをいれている。

このように、未就学児からプログラミングに触れることの必要性は共有され、どのようなことを学ぶべきかが提案されている。しかし、実際に通常の保育のなかでプログラミングを取り入れた実践の報告は少ない。

未就学児にプログラミングを教える際に、それをどのように教えるか、また、コンピュータの基本概念のどの部分にフォーカスをおいて教えるかに関しては、バリエーションがある。また、様々な子供向けプログラミングツールが用意されており、目的によってどのツールが研究に使われているかも違う。

Kazakoff [7] は、コンピュータのなかにおいても日常生活においても順次処理が重要なことに着目した。そして、幼稚園の中でロボットを用いたプログラミングの実践をすることによって、幼児の順次処理の能力が向上するかどうかについて研究した。研究では、実際の幼稚園で、幼稚園の教諭の指導のもとで順次処理・並べ替えの能力が向上するかどうかを実験した。

実験の結果、プログラミングを体験したグループと体験していないグループを比べたところ、プログラミングを体験したグループは順次処理・並べ替えの能力が向上したことを報告している。しかし、この報告のなかでは園児が実際にどのようなプログラムを作ったのかについては述べられておらず、園児のプログラミングの理解についても言及されていない。

ロボットを使って園児にプログラミングを教える他の実践として、PRIMO社のキュベット [8] (図 1) を使ったものがある。キュベットは子供が手で持って、スクリーンを見ずにコーディングが学べるという特色がある。また、ロボット自体が木製のため、園児が親しみを感じやすい。

キュベットにはキュベットが移動をするマップが付属しており、マップ上のスタート地点からゴール地点へ向かう道順をブロックを並べて命令することによってプログラムを作り、プログラミングを学ぶ。

Anzoategui ら [9] は、4歳から5歳の児童 21 名をグループに分けて、キュベットを用いて任意の道順をプログラムさせる課題を実施した。ここでは、児童のそれぞれのグループがゴールにたどり着くためにどのような戦略をとったか、プログラムを作るのにどれだけ時間がかかったかが報告されている。この実践では、児童はあらかじめ複数のプログラム例を見せられ、グループで議論し、提示された例からプログラムを選んで実行している。このため、それぞれの児童がどの程度プログラムを理解していたのかは不明である。

コンピュータのみを用いる幼児向けのプログラミング教材として、マサチューセッツ工科大学の開発したScratchJr [10] がある。Papadakis ら [11] は、未就学児の教育における基礎的なプログラミングを通した問題解決能力と認知能力の発達の重要性を指摘する。彼らはScratchJrを用いて1年間13回にわたって幼稚園でプログラミングの実践を実施した。実践では、園児たちのプログラミングに熱心に取り組んでいる様子が観察されている。

この研究では、園児が作ったプログラムの分析が行われている。命令のブロックの中では、「動き」のブロックのうち、特に「右に動く」というブロックが一番使用されていると報告されている。また、「ジャンプ」というブロックと「上に動く」、「下に動く」のブロックを混同している様子や、「右に曲がる」、「左に曲がる」のブロックを混同している様子が見られたと報告されている。しかし、課題に対してどれくらい園児が正しく動かしていたのか、具体的にどれくらいの割合の園児が思いどおりに動かしていたのかについては言及はない。

プログラム自体を量的に分析しているものとして、Marinus ら [12] はどのような認知スキルがコーディングを学ぶために必要かを明らかにするために、キュベット [8] を用い、3~6歳の児童がどれくらいコーディングができるかを測定するテストを開発した。実際にそれを30人の5~6歳児に実験し、その結果と認知スキルのテストの結果を合わせ、検証し、それぞれのテストに相関があることを報告している。

この研究では3~6歳児の作ったプログラムをもとに、その結果を量的に分析し、テストを作成している。しかし、その目的はコーディングのスキルと認知能力の関係性を見ることである。また、実験は研究室で行われており、実際の幼稚園で行われたものではない。

これらの先行研究に対して、本研究は文献 [12] と同じように、園児1人1人のプログラムを対象とする。また、授業者の教授法に合わせて、園児がどれくらいの割合でプロ

グラムを課題に沿って作れているのかを分析している。文献 [7], [11] と同様に、実験室ではなく実際の幼稚園での、幼稚園の教諭による実践の分析である。

3. ビスケットについて

ビスケット [1] は2003年に第3著者が開発したビジュアルプログラミング言語である。文字入力が必要とせず、タブレット端末でも利用できるため、マウスの操作が難しい未就学児もプログラミングを体験できる。ビスケットの基本的な設計にはKIDSIM [13] が参考にされている。

ビスケットでは、図2のように、部品置き場(右端)にある絵をドラッグして(ドラッグすると自動的にコピーされる)、ステージ(左端のエリア)に置き(1)、メガネといわれているツールをメガネ置き場(グレーのエリア)に置き(2)、メガネの左右の丸それぞれにも絵をいれる(3)。左右のメガネ内での絵の配置の差分に基づいてステージに配置された絵が動く(4)。

図2におけるメガネを拡大すると図3のようになっている。メガネの右の丸のなかに薄く見えているのが左のメガネのなかの絵の配置である。右の丸のなかの絵は、左のメガネの絵に対して左下にずれている。よってこのプログラムは「左下に動け」というプログラムになる。

プログラムの制作画面において、ユーザは絵をメガネに配置して規則を作ることによってプログラムを作成する。文字も数字も使わないため、文字や数字の概念に精通して

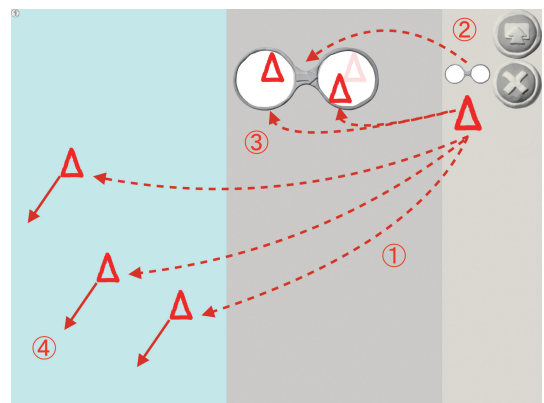


図2 ビスケットの製作画面

Fig. 2 The interface of the viscuit.

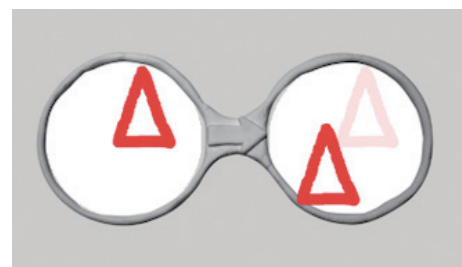


図3 メガネの拡大図

Fig. 3 The magnified eyeglasses.



図 4 グループ共有した画面の発表会

Fig. 4 The review time.

いない園児でも直感的にプログラムを作ることが可能である。

また、ビスケットにはビスケットランド [14], [15] というプログラムの共有機能がある。園児達は絵を描き、プログラムを作り、投稿し、1つの画面で共有することができる。香川富士見幼稚園ではこの機能を使って、園児は友達との共同制作を通してプログラムを学んでいる (図 4)。

4. 研究内容と実施レッスン

4.1 研究内容

4.1.1 本研究の対象とした期間

2017年度に第1著者を中心に、ふだん行われているレッスンにおいて、園児のプログラムの理解を調査するために研究プロジェクトを行った。そして、各レッスンのプログラムの収集や園児がレッスンに臨んでいる姿の撮影、また、授業者の教授法の撮影を行った。

本研究の目的は園児がビスケットのプログラムにおいて絵を動かすときに、描かれた動物やモノの進行方向どおりに動作するプログラムを作成できるかどうかを明らかにすることであるため、動きと方向をテーマの中心においた第1回~4回 (表 2) の各レッスンで作成されたすべてのプログラムを分析した。

4.1.2 絵の方向と作られたプログラムの整合性の分析

絵の進行方向と、園児の作成した動きのプログラムが揃っているかどうかを明らかにするために、それぞれのレッスン内の練習課題として、方向性がない絵、上下左右の方向性がある絵を用意した。そして、その絵の進行方向どおりに動きが作られているプログラムの数を集計することで、園児の理解を研究した。絵と動きのプログラムの方向が一致していれば、園児は方向を意識してプログラムを作成していると考えられる。また、速さについても練習課題内に遅い生き物と速い生き物の絵を用意し、その差をプログラムのなかでつけることができているかを調べた。

このデータ収集は複数回行った。複数回行ったのには2つの理由がある。1つは1回のレッスンでは偶然に絵を動か

表 1 json ファイルから取り出したパラメータ

Table 1 The parameter in the json files.

対象	内容	分析手法
ファイル	ステージの絵の数	それぞれの相関
	描かれた絵の数	
	作られた絵の数	
メガネ	左右の絵の違い	ルールの種類
	回転の有無	
	同じ絵の命令の数	
	絵の配置された座標	速度・方向

せている場合が考えられるためである。また、もう1つは複数回データをとることによって、園児の理解が進み、絵の進行方向とプログラムを合わせることでできる園児の割合の変化が起こることが考えられるからである。

4.1.3 プログラムの収集と分析

ビスケットで作られたプログラムはすべて json [17] ファイルとして保存される。保存は以下のタイミングで行われる。

- 「保存」ボタンを押したとき
- 画面を変更するとき

各レッスンの練習1と練習2は使う見本の絵が違うため (図 6, 図 7, 図 10, 図 11, 図 14), 画面を変更する操作をしたときに保存がなされる。自由制作であれば、園児が共有画面に作品を送る操作をしたときに、保存がなされる。自由制作では保存をすると画面が新しくなるので、また新しい作品にとりかかる。1つの作品の中に数個の絵を描く園児もいれば、1つの作品に1つの絵しか描かない園児もいる。

自由制作で複数の作品を作った園児については複数の json ファイルが作成される。json ファイルにはどの端末で作成されたかを示すタブレットの ID が付与されている。どのタブレットをどの園児が使っているかをあらかじめ記録し、その ID を元にどの園児の作品なのかを判断した。園児には最初のレッスンから最後のレッスンまで同じタブレットを使用させた。

表 1 は json ファイルから取り出せる情報の種類である。最初の4回のレッスンは動きの方向と速さがその内容になっているため、本研究ではメガネの左右の絵の座標の変化から分かる速度・方向に注目した。

左右の絵の座標の位置の違いから、そのプログラムが絵をどちらの方向に動かしているかを上下左右の4方向で仕分けし、各レッスンにおいて集計した。そのうえで、園児が上下左右のどの方向に絵をプログラムするかは、同じ確率だという帰無仮説のもと、それぞれの方向で絵を動かした園児の数に対して統計検定を行った。

速さに関しては、座標の位置の違いからベクトルを抽出し、集計をした。そのうえで、プログラムを作成させるにあたり、2つの絵を用意し、どちらかの絵を速く動かすか

表 2 2017 年度に実施したレッスンの内容

Table 2 The contents of the lessons held in 2017.

番号	プログラムの使い方	テーマ	実施日
L1	直線の動き	絵を動かす	5/11
L2	直線の動き	絵を動かす	5/25
L3	直線の動き	速さを意識して動かす	6/8
L4	直線の動き	方向を意識して動かす	6/22
L5	ランダムの動き	ゆらゆら動かす	7/13
L6	ランダムの動き	ゆらゆら動かす	10/26
L7	絵を変化させる	2つの絵の変化	11/9
L8	絵を変化させる	2つ以上の絵の変化	11/30
L9	絵を変化させる	アニメーションにする	12/14
L10	絵を回転させる	絵を回転させる	1/11
L11	絵を回転させる	その場で絵を回転	1/18
L12	絵を回転させる	大きく絵を回転	1/25
L13	総合	自由につくる	2/8

表 3 レッソンの時間配分

Table 3 Time shcedule of each lesson.

1 レッスン	時間	内容	場所
	5-10 分	練習 1	Z1 / Z2
	5-10 分	練習 2	Z1 / Z2
	20 分	自由制作	Z2
	5 分	発表会	Z1

表 4 練習と自由制作のテーマ

Table 4 The themes of each lesson.

番号	練習 1	練習 2	自由制作
L1	三角	海の生き物	海
L2	円	空のもの	空
L3	かたつむり・うさぎ	さかな	草原
L4	横に動くもの	縦に動くもの	横・縦の世界

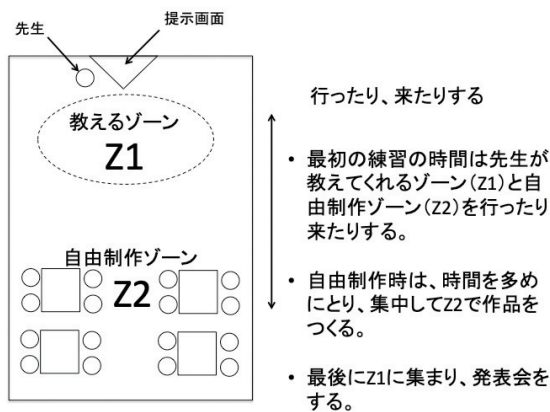


図 5 会場のレイアウト図

Fig. 5 The layout of the classroom.

は同じ確率だという帰無仮説のもと、同様に統計検定を行った。

4.2 実施レッスン

4.2.1 対象園児・レッスンの内容

年長 (5, 6 歳) の園児, 58 名 (29 名 2 クラス) を分析の対象とした。すべての保護者の方々には幼稚園を通して研究の承諾をいただいている。

本研究が対象にしたレッスンは全 13 回のレッスン (表 2) の中の最初の 4 回のレッスン (L1~L4) である。これらのレッスンで習得するプログラムは「直線の動き」である。「直線の動き」では、絵を動かすことと、絵の進行方向と一致させるように動かすこと、また、速い生き物・モノを速く、遅い生き物・モノを遅く動かすことを、目的にしている。

4.2.2 会場レイアウトとレッスンの進め方

会場のレイアウトを図 5 に示す。「教えるゾーン」(Z1) と「自由制作ゾーン」(Z2) を分けている。Z2 にタブレッ

トを固定して置き、Z1 に持ってこさせないことによって、Z1 では授業者の話聞くことしかできない状態にする。これによって、タブレットが目前にあると集中できない園児も、授業者の話に集中できるようになる。

園児には、1 つの操作法を教えるたびに Z1 と Z2 を行ったり来たりさせる。この行ったり来たりの教授法はその日の課題の「練習」の時間にのみ行い、「自由制作」のときは Z2 から移動させることはしない (表 3)。

1 レッソンは約 40 分である (表 3)。前半に練習課題を 2 つ実施し、その内容に基づく自由課題が続く。最後にグループで作成した作品の発表会を行う (図 4)。

場所の移動の回数は、教えることの難易度によって変わる。たとえば、初回のレッスン (L1) では、最初に園児を Z1 に集め、「絵を 3 つステージに置く」、「メガネを出す」、「メガネの両方に絵をいれる」のそれぞれのステップで園児は Z2 と授業者がいる Z1 を行き来する。こうすることによって、授業者が伝えたいことの 1 つ 1 つを園児が聞けるように工夫している。

すでに学習した内容であれば、練習のときは Z1 で授業者が 1 つの絵の動きを見せたあとは「それぞれの絵にあった動きをつけてきてください」という指示しかしていない。答えを園児が真似をするのではなく、園児が実際に自分でやってみて発見するように促す。

自由制作では毎回テーマが用意されている (表 4)。そのテーマに沿った絵を描き、絵を動かす。園児は一個動かしたらすぐに保存し、ビスケットランドに自分の作品ができたのを確認すると次の作品にとりかかる。つまり、自由制作では園児はいくつもの作品を制作する。

レッスンの実施方法は、一斉授業よりもワークショップに近い [16]。一方的に授業者が教え、園児が決まった 1 つの答えにたどりつくのではなく、1 つのお題から園児自身の中にある発想や創造性が引き出されることを目指して、

それぞれのレッスンを設計している。具体的には園児同士が相互に教えあい、創発することを促す仕掛けや、教わるのではなく園児が発見できるような仕掛けを取り入れている。授業者の実際の声がけの仕方については、撮影したビデオをもとに5章に記す。

レッスンは第1著者、第2著者、そして、各クラスの担任の教諭の3人で行った。講座中は授業者として園児にプログラミングを教える役割を第2著者が行った。第1著者は園児のプログラミングをしている様子の撮影と録画、また、レッスン中に起きる機材のトラブル、ビスケットのアプリケーションのトラブルに対処した(たとえば、充電がなくなっている端末が出てきたり、園児が誤った操作をしたことにより画面が変わってしまったり、など)。担任の教諭は園児全体に目を配ったり、前の取り組みでトラブルがあった場合は該当する園児をケアしたりする役割をした。

以上が主な役割分担だが、レッスン中は様々な園児から自分のプログラムについて「みてみて」と声がかかり、声をかけられた際は適宜それぞれが園児に対応した。また、各レッスンではその回によって幼稚園の実習生や、見学者が入ることがあった。

第2著者、担任の教諭ともにビスケットのファシリテータ講習[18]を受講している。また、第1著者はその講習の講師をしている。この講習では「園児の発見を奪わない」ことの重要性を教えていて、園児がプログラムに取り組んでいる最中に授業者が答えをいわないことを指導している。園のレッスンでもそれを大事にしている。

5. 各レッスンの結果

5.1 分析対象となる園児

以下では、各レッスン内の練習1をP1、練習2をP2と記す。表5にそれぞれのレッスンの参加人数と分析の対象になった園児の数を示す。練習では園児が授業者の伝える課題を逸脱したプログラムを作るケースが見られた。その場合は、その園児の理解が判断できないため、授業者の提示した課題を逸脱していない園児のみを分析の対象とした。

逸脱した例として2回以上保存している場合がある。これは画面の切り替えのボタンを押したなどの理由で同じ課題に2回以上取り組んだ園児の数である。1つの園児に2つのファイルがあった場合、一方が課題にマッチしていて、一方が間違っているという状況が見られたため、分析の対象外とした。また、メガネが2個以上使われた場合も分析の対象外とした。これは、授業者にいわれたことを超えてプログラムの実験をしていた園児である。

L1-P1, L2-P1を除き、練習では複数の絵が用意されている(図6, 図7, 図8, 図9, 図10, 図11, 図14)。すべての絵を動かす園児もいれば、そのなかからいくつかを選んで動かす園児もいる。

表5 分析の対象となった園児の数

Table 5 The number of children analysed.

L 番号	参加人数	P 番号	対象	分析数
L1	55 人	P1	三角	40 人
			さかな 1	35 人
		P2	かに	38 人
			いか	40 人
			さかな 2	30 人
L2	52 人	P1	丸	23 人
			P2	ロケット
		しずく		38 人
		ヘリコプタ		32 人
		L3	57 人	P1
L4	56 人			
		くも	32 人	
		さかな	32 人	
		P2	ロケット	46 人
ふうせん	40 人			
しずく	40 人			

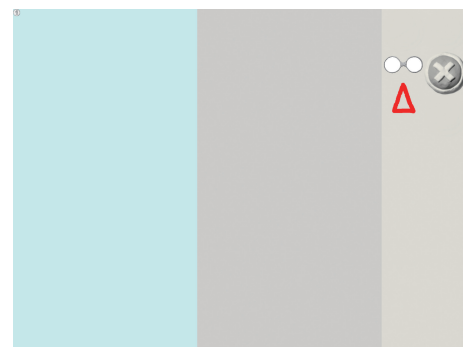


図6 L1-P1の画面

Fig. 6 The screen of L1-P1.

5.2 方向に関する分析

5.2.1 レッスン1 (L1)

前述(表4)のように、レッスンは3パートで構成されている。L1ではP1(図6)で、方向性のない、無機質な「三角」の絵でビスケットで絵が動かせることを学ぶ。P2(図7)では用意された方向性がはっきりしている海の生き物を動かす。自由課題では園児1人1人が「うみ」にいる生き物を考え、絵を描き、プログラムをつくる。

P1(図6)は「動きをつけること」が課題である。表6を見ると、三角自体に方向性がないため、プログラムで動かす方向もほぼ均等に分かれていることが分かる。

P2(図7)では、4つの海の生き物が用意されている。上からピンクの「さかな1」は顔が左を向いているので左、「カニ」は横に動くので左右のどちらか、黄色い「さかな2」は右に向いているので右である。これらの絵には講師側の意図が組み込まれている。一方で、我々は「いか」については絵が持っている方向が明確ではないため分析の対

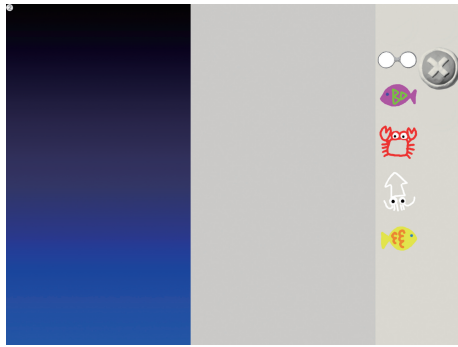


図 7 L1-P2 の画面

Fig. 7 The screen of L1-P2.

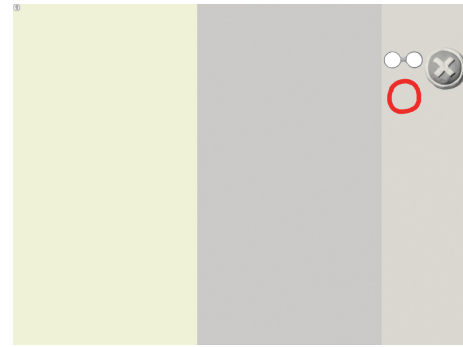


図 8 L2-P1 の画面

Fig. 8 The screen of L2-P1.

表 6 L1-P1 の分析結果

Table 6 The analysis of L1-P1.

絵	方向	人数	割合	p 値
三角	上	8 人	20.00%	0.58
	下	12 人	30.00%	0.47
	右	12 人	30.00%	0.47
	左	8 人	20.00%	0.58

表 7 L1-P2 の分析結果

Table 7 The result of L1-P2.

絵	方向	人数	割合	p 値
さかな 1	上	10 人	28.57%	0.696
	下	4 人	11.43%	0.077
	左 (正解)	18 人	51.43%	0.001 **
	右	3 人	8.57%	0.029 *
かに	上	8 人	21.05%	0.709
	下	2 人	5.26%	0.002 **
	左 (正解の一部)	15 人	39.47%	0.058
	右 (正解の一部)	13 人	34.21%	0.192
	左右合計 (正解)	28 人	73.68%	0.005 **
さかな 2	上	10 人	33.33%	0.295
	下	2 人	6.67%	0.019 *
	左	5 人	16.67%	0.399
	右 (正解)	13 人	43.33%	0.032 *

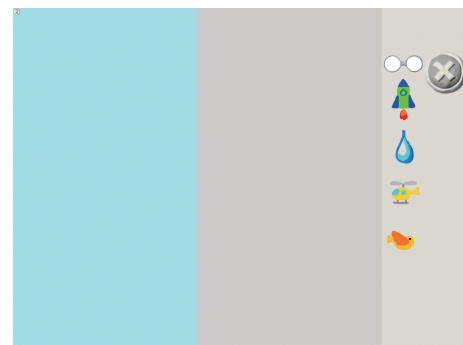


図 9 L2-P2 の画面

Fig. 9 The screen of L2-P2.

象外とした。

表 7 がそれぞれの課題に対して動きがマッチしていた園児の数である。それぞれの方向から上下、または、左右に 45 度の角度までをマッチしていると考えた。

ビデオで確認したところ、P1 の教えるところでは、「三角を 3 つおく」、「メガネをおく」、「三角をメガネの両方に入れる」の手順をゾーンを行き来して作業をした。その際に、園児は次のことを授業者に習うために走って前に行っていた。三角が動き出してからはいき来せず、授業者の指示でどのような規則で動きが決まるのかを園児たちは探索していた。園児達からは動いた喜びや、「分かった」という声のでていた。

P2 の教える場面では、最初に授業者が「さかな 1」をタブレットで動かして見せた。そのとき「さかな 1」を下の

向きに間違えて動かして園児に見せたところ、笑いとともに「ちがう」という指摘が園児からでた。その後、「さかな 1」を頭の方向に動かすのを見せた後は、そのほかの生き物については授業者は動きのつけ方は見せず、「それぞれの生き物にあった動きをつけてください」という指示のみであった。

L1-P2 において 1 つ目の絵で見本を見せているが、他の絵はそれぞれの別の方向性を持っているため、園児の理解を測るうえで影響になっているとは思われない。

三角の動きの課題で見られたとおり (表 6)、絵自体が方向性を持たない場合、園児が上下左右どの方向に動かすかには偏りが見られなかった。よって園児が絵をどの向きに動かすかの確率は均等だと仮定し、それぞれの絵の動きに二項検定を行った。p 値が 0.05 より小さいものを「*」、その中でも p 値が 0.01 より小さいものを「**」で表した。不正解で有意なものは、比率が有意に低いことを示している。

「さかな」、「かに」、「さかな 2」の絵について、正解の方向 («かに» については左右の合計) が有意に多く選ばれている。

5.2.2 レッスン 2 (L2)

L2 では P1 (図 8) で、方向性のない、「丸」の絵でビスケットで絵が動かせることを学ぶ。P2 (図 9) では空の世界観に存在する絵を動かす。それぞれの用意された絵の方向性ははっきりしている。自由課題では園児 1 人 1 人が

表 8 L2-P1 の分析結果

Table 8 The result of L2-P1.

絵	方向	人数	割合	p 値
丸	上	8 人	34.78%	0.33
	下	8 人	34.78%	0.33
	左	3 人	13.04%	0.23
	右	4 人	17.39%	0.47

「そら」にいる生き物を考え、絵を描き、プログラムを作る。

L1 と同じく P1 (図 8) は「動きをつけること」が課題である。表 8 を見ると、丸自体に方向性がないため、プログラムで動かす方向に有意な偏りはないことが分かる。

P2 (図 9) では、4 つの空の世界観にある絵が用意されている。上から「ロケット」は上を向いているので上、「しずく」は下に落ちるので下、「ヘリコプター」は上に飛び、また、左方向を向いているので上か左、最後に「とり」は右に向いているので右である。

ビデオで確認したところ、P1 の教えるところでは、授業者は「丸を 3 つおく」ところで 1 度園児を自分の座席に戻らせて作業をさせた。その後、園児を教えるゾーンに集めた。そして、「丸を動かすにはどうすればいいんだっけ?」と授業者が聞くと園児達は「メガネ」と答えている。その後、「メガネをおく」、「丸をメガネの左の丸に入れる」までを座席に戻って園児に作業をさせ、教えるゾーンに再び園児を集めた。授業者はメガネで絵を動かすところを見せる際、丸の絵をメガネの右側に入れるときに「上に（前の絵よりずらして）入れるとどうなるんだっけ?」、「下にいれると?」、「横にいれると?」と園児に質問をした。園児はそのつど「上」、「下」、「横」と答えていた。その確認が終わったあと、園児たちは自分の座席に戻り、自分のタブレットで丸の絵に方向をつけていた。

P1 と P2 の間に、授業者はメガネを使った速さの変わり方について、少し話していた。

P2 の教える場面では、最初に授業者が世界観が空であることを確認したあとに「ロケット」をタブレットで動かして見せた。そのとき「ロケット」を下の向きに間違えて動かして園児に見せたところ、笑いとともに「ちがう」という指摘が園児からでた。その後、「ロケット」を上の方に動かすのを見せた後は、その他の絵については授業者は動きのつけ方は見せず、「それぞれの絵にあった動きをつけてください」という指示のみであった。

L2-P2 において、L1-P2 と同様に 1 つ目の絵で見本を見せているが、他の絵はそれぞれの別の方向性を持っているため、園児の理解を測るうえで影響になっているとは思われない。

L2 においても、不正解で有意なものは、比率が有意に低いことを示している。すべての絵について、正解の方向（「ヘリコプター」については上左の合計）が有意に多く選ば

表 9 L2-P2 の分析結果

Table 9 The result of L2-P2.

絵	方向	人数	割合	p 値
ロケット	上 (正解)	30 人	78.95%	< 0.001**
	下	2 人	5.26%	0.002**
	左	6 人	0.00%	0.2598
	右	0 人	15.79%	< 0.001**
しずく	上	6 人	15.79%	0.2598
	下 (正解)	28 人	73.68%	< 0.001**
	左	2 人	5.26%	0.002**
	右	2 人	5.26%	0.002**
ヘリコプター	上 (正解の一部)	11 人	34.38%	0.2234
	下	1 人	3.13%	0.002**
	左 (正解の一部)	17 人	53.13%	< 0.001**
	右	3 人	9.38%	0.04*
とり	上左合計 (正解)	28 人	87.68%	< 0.001**
	上	10 人	32.26%	0.41
	下	3 人	9.68%	0.06
	左	1 人	3.23%	0.003**
	右 (正解)	17 人	54.84%	< 0.001**

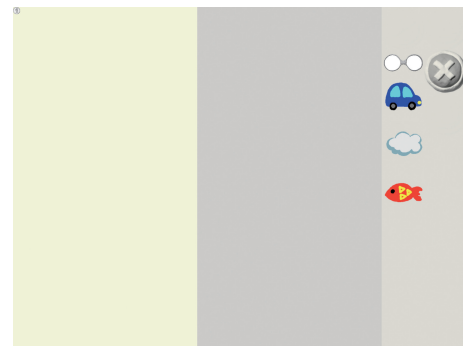


図 10 L4-P1 の画面

Fig. 10 The screen of L4-P1.

れている。

5.2.3 レッスン (L4)

L4 の内容は、方向にフォーカスをした練習と自由課題になっている。L1~L3 では「うみ」などの世界観で統一されていた絵の種類が、L4 では方向で統一されている。P1 (図 10) では「くるま」・「くも」・「さかな」で、横に動くもの世界が用意されている。P2 (図 11) では「ロケット」・「ふうせん」・「しずく」で、縦に動くもの世界が用意されている。

自由課題は 2 つ用意されている。1 つめが「横の世界」、もう 1 つは「縦の世界」である。いままでの自由課題は世界観に合わせた絵を描き、動かすことが課題だったが、このレッスンでは動きの方向が課題になる。課題となる方向が明確なため、この L4 では自由課題も分析した。

また、ビデオで確認したところ、L4 においては、P1 の最初に 1 つだけ正しい動きを見せ、そのあとは「それぞれにあった動きをつけてください」という指示しかしていなかった。P2 においては 1 つのクラスでは 1 つだけ正しい

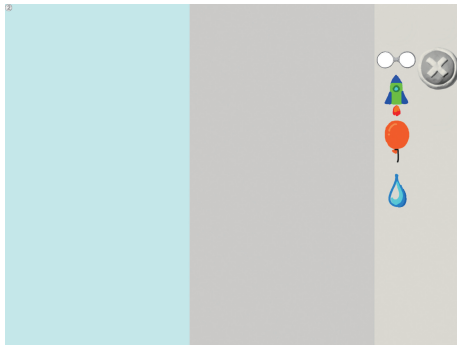


図 11 L4-P2 の画面
Fig. 11 The screen of L4-P2.

表 10 L4-P1 の分析結果
Table 10 The result of L4-P1.

絵	方向	人数	割合	p 値
くるま	上	1 人	2.44%	< 0.001 **
	下	2 人	4.88%	0.002 **
	左	2 人	4.88%	0.002 **
	右 (正解)	36 人	87.80%	< 0.001 **
くも	上	5 人	15.63%	0.307
	下	3 人	9.38%	0.041 *
	左 (正解の一部)	7 人	21.88%	0.839
	右 (正解の一部)	17 人	53.13%	< 0.001 **
	左右合計 (正解)	24 人	75.00%	0.007 **
	さかな	上	0 人	0.00%
	下	2 人	6.25%	0.013 **
	左 (正解)	22 人	68.75%	< 0.001 **
	右	8 人	25.00%	1

動きを見せ、もう1つのクラスでは正しい動きも見せずに「それぞれにあった動きをつけてください」と指示をしていた。

L4-P1, P2 においては「よこ」、「たて」と明言している。園児が絵の方向を考えるうえでは影響がないとはいきれないが、園児たちの「よこ」と「たて」のプログラムの作り方の違いの理解は測れていると考える。これは L4 の自由制作においても同様である。

表 10, 表 11 をみると、すべての絵において、正解の方向が有意に多く選ばれている。「横の世界」の「くも」を除いて、その p 値はすべて 0.001 より低い。

自由課題では園児はそれぞれのペースで作品を作り、保存してビスクケットランドに表示し、また次の作品にとりかかる。よって、園児によっていくつ作品を作るかには違いがある。表 12 は園児が作成したプログラム（園児の区別なく）すべてについて課題にマッチしているプログラムの割合である。メガネ全体の数は横の世界が 208 個、縦の世界が 224 個であった。メガネの左右に絵が入っていないものは対象外とした。横に動かす課題では作られたプログラム全体の 7 割以上が横に動いていた。また、縦に動かす課題も同じように 7 割以上の作品が、縦の動きになっていた。

表 11 L4-P2 の分析結果
Table 11 The result of L4-P2.

絵	方向	人数	割合	p 値
ロケット	上 (正解)	38 人	82.61%	< 0.001 **
	下	5 人	10.87%	0.026 *
	左	0 人	0.00%	< 0.001 **
	右	3 人	6.52%	0.002 **
ふうせん	上 (正解)	31 人	77.50%	< 0.001 **
	下	1 人	2.50%	< 0.001 **
	左	1 人	2.50%	< 0.001 **
	右	7 人	17.50%	0.361
しずく	上	4 人	10.00%	0.028 *
	下 (正解)	32 人	80.00%	< 0.001 **
	左	1 人	2.50%	< 0.001 **
	右	3 人	7.50%	0.009 **

表 12 L4-自由課題の分析結果
Table 12 The result of L4-F.

世界	方向	数	割合	p 値
横の世界	上	31	14.03%	< 0.001 **
	下	14	6.33%	< 0.001 **
	右 (正解の一部)	86	38.91%	< 0.001 **
	左 (正解の一部)	77	34.84%	< 0.001 **
	左右合計 (正解)	163	73.75%	< 0.001 **
縦の世界	上 (正解の一部)	129	54.66%	< 0.001 **
	下 (正解の一部)	39	16.53%	0.009 **
	上下合計 (正解)	168	71.19%	< 0.001 **
	右	25	10.59%	< 0.001 **
	左	31	13.14%	< 0.001 **

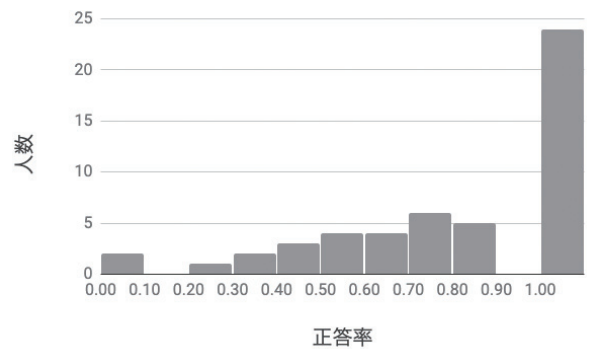


図 12 L4-横の世界の正答率のヒストグラム
Fig. 12 The histogram of the correct answers of L4-F1.

これらすべてにおいて、正解の方向が有意に多く選ばれており、その p 値はいずれも 0.001 未満である。

園児 1 人 1 人に注目してみる。それぞれの園児において、作ったプログラムの中で課題にマッチした作品の割合を出した。図 12, 図 13 はその正答率に基づいてヒストグラムにしたものである。どちらの自由課題においてもすべての作品を、縦・横の課題に沿って動かしていた園児は 4 割弱であった。一方で、横の世界・縦の世界、いずれにおいてもすべての作品を縦・横の課題に沿って動かしてい

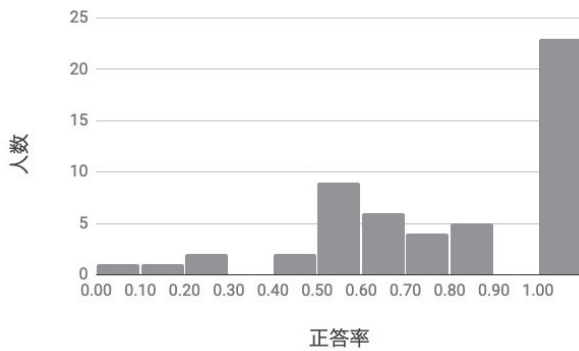


図 13 L4-縦の世界の正答率のヒストグラム

Fig. 13 The histogram of the correct answers of L4-F2.

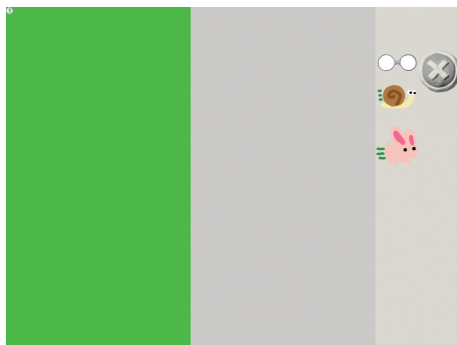


図 14 L3-P1 の画面

Fig. 14 L3-P1.

た園児が一番多い。横の世界においては70%~80%に、縦の世界においては50%~60%に小さい山が現れていた。

5.3 L3における速度に関する分析 (L3)

実施日が前後するが、L3 (図 14) について述べる。L1, L4が動かす方向に焦点をおいた課題だったのに対して、L3では速さを練習する。P1 (図 14) には「かたつむり」と「うさぎ」の絵が用意してあり、この2つを動かす。「かたつむり」は動きが遅い生き物、「うさぎ」は動きが速い生き物であるので、その差をスピードで表す。自由課題は「そうげん」をテーマに動くものを描き、動かす。

ビデオでは、授業者はまず「かたつむり」と「うさぎ」の絵を見せ「うさぎの絵はどう動く？」ときいた。そうすると「びよびよんする」と園児は答えていた。授業者が「かたつむりは？」ときくと園児は「ゆっくり」と反応していた。その後、授業者が「かたつむり」を「うさぎ」より速く動かす様子を見せると、園児から「ちがう」という反応が返ってきた。その後、授業者は「それぞれにあった動きをつけてください」といって園児たちに課題に取り組ませていた。

メガネを授業者の指示したとおりに作っていた園児は31名だった。分析対象となった園児の中で「かたつむり」と「うさぎ」をそれぞれ遅く・速く動かしていたのは7割であった (表 13)。速さの差を2倍以上つけていた園児は5

表 13 L3-P1 の分析結果

Table 13 The result of L3-P1.

速さ	人数	割合	p 値
うさぎが速い	24	75.00%	0.003 **
2倍以上速い	16	50.00%	1

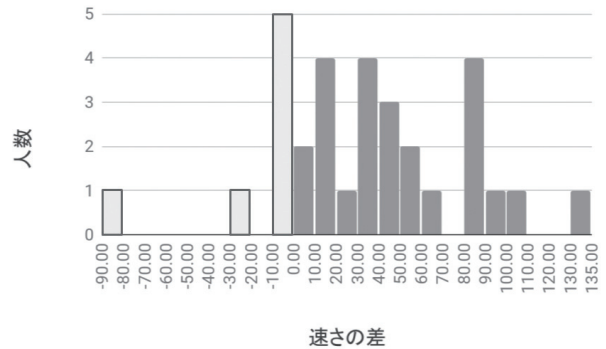


図 15 L3-園児の速さのヒストグラム

Fig. 15 The histogram of L3.

割だった。「かたつむり」と「うさぎ」のどちらを速くするかはどちらかが速くなれば、どちらかが遅くなるため、どちらが速くなるかの確率は均等だと仮定し、2項検定を行った。p 値の表記についてはL1, L2, L4と同じである。「うさぎ」を速く動かしている園児の数は有意に多いことが分かる。

図 15 は各園児がつくったメガネの「かたつむり」と「うさぎ」の速さの差のヒストグラムである。正の差は「うさぎ」の方が速いプログラムであり、負の差 (黒い枠線に囲まれたカラム) は「かたつむり」の方が速いプログラムを表す。「かたつむり」の方を速く動かしている園児が数名いるのが分かる。

また、L3におけるP2の結果では、上記P1にみられるよりも、理解を見ることが難しかった。これは、P2では「細長い魚」と「マンボウ」が用意されていたが、園児はその速さの違いを、「カタツムリ」と「うさぎ」ほど直感的に感じ取れなかったことが原因だと思われる。

6. 考察

L1-P2から園児のつくるプログラムにおいて、正解の動きが有意に多くなっている。よって、園児の多くは最初のレッスンから絵の進行方向を理解して、その方向に合うプログラムを作成しているのが分かった。

L2-P2とL1-P2を比べると、不正解についても有意に低いものが多くなっていることが分かる。よって、L1に比べて、L2のほうがより多くの園児が絵の進行方向に絵を動かしている。つまり、2回行ったほうが園児の理解は進むと考えられる。

L4-P1, P2においては、園児は絵から判断する以外に、授業者から「横の動き」、「縦の動き」と動きが示されてい

る要因もあってか、特に縦の世界では多くの園児が絵の進行方向に絵を動かしているのが分かる。つまり、「横」と「縦」の動きのプログラムの作り方の違いに関しては、4回目のレッスンに至って、大半の園児が理解している。

L4の自由制作においては、絵を用意せず、園児の描いた絵を用いて授業者が上下、または、左右で方向をしぼった作品制作を課題としていた。課題どおりに横方向だけ、縦方向だけ作った園児はどちらも4割程度であった。また、回答者をヒストグラムにすると、すべての作品が課題の方向に一致していた園児が一番多かった。そして、まったく正答できなかった園児の割合は非常に低いことが分かった。よって、与えられた絵ではなく、自分の描いた絵においても、課題に沿った動きをつけている園児が一定数いたことは分かった。

以上のことから本研究の「園児が絵を動かすプログラムをするときに、方向を理解して、その方向に動くようにできるのか」というリサーチクエッションに対して、練習課題において、絵の方向がはっきりしている絵については、大半の園児が、絵の進行方向どおりにプログラムできていることが明らかになった。一方で、自由制作において自分の絵を用いて、一定数の園児が与えられた方向どおりに動かしているという結果は得られたが、大半の園児が課題どおりに動かしている様子は確認できなかった。

速さを課題としたレッスンでは、授業者の指示に従い、逸脱せずにプログラムを作った園児に関しては、速さを使い分けられていることを確認することができた。一方で、逸脱したプログラムを作った園児に関しては本研究ではその理解度は分からなかった。

7. 結論とまとめ

本研究で取り上げたプログラムの課題は非常にやさしいものではあるが、多くの割合の園児が用意された絵の進行方向に合わせて、プログラムを作っている様子が分かった。園児はビスケットでプログラムをするときに方向を使い分けことができ、また、絵に合わせた方向にプログラムを作ることができるといえる。

方向についても、速さについても、課題と逸脱したプログラムを作っていた園児に関して、それが理解不足からなのか、もしくは、わざと逸脱した行為を行っているかは分からなかった。そのため、より園児の理解を詳しく分析するような、データの取り方の工夫が必要だといえる。

また、課題に沿っていないプログラムを作っている場合、その可能性は3つ考えられる。たとえば、「魚をしっぽから動かしている場合」、1つ目は「プログラミングを理解できていないために魚が頭から進むプログラムを作成しようとして失敗している」。2つ目は「プログラムを理解できているが、あえて魚がしっぽから進むプログラムを作成したケース」。3つ目は「出題者の意図する動物の動きが分から

ないケース」である。

本研究では2つ目の「理解できているがあえてしっぽから動かしているケース」、また、3つ目は「出題者の意図する動物の動きが分からないケース」については測定していない。この2つのケースについてのデータの収集、分析も課題である。

本稿においては13回のレッスンのうちの最初の4回のプログラムを分析し、考察した。5回以降のレッスンでは本稿に掲載した動き・速さの課題からランダムな動き、絵の変化、回転の動きに内容が移る。そこでも園児たちが理解を示したり、示していなかったりする場面が見られている。本稿と同じように、園児のプログラムをもとに分析したい。

謝辞 本研究にあたり、調査にご協力いただいた香川富士見丘幼稚園の鈴木園長をはじめ教諭の皆様、園児達、保護者の方々、また、練習課題の絵を作成していただいた合同会社デジタルポケットの井上愉可里さんに感謝いたします。

参考文献

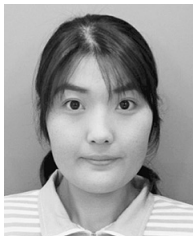
- [1] 原田康徳, 渡辺勇士, 井上愉可里: ビスケットであそぼう, 翔泳社 (2017).
- [2] 原田康徳, 渡辺勇士, 井上愉可里, できるシリーズ編集部: できるキッズ 子どもと学ぶ ビスケットプログラミング入門, インプレス (2017).
- [3] 野口 聡, 堀田博史: プログラミング的思考の基礎をつくる保育方法の分析, 日本教育工学会研究報告集, Vol.18, No.1, pp.1-8 (2018).
- [4] 文部科学省: 幼稚園教育要領, 入手先 (http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/youryou/you/index.htm) (参照 2018-10-01).
- [5] 山崎貞登, 山本利一, 田口浩継ほか: 小・中・高校を一貫した技術・情報教育の教科化に向けた構成内容と学習到達水準表の提案, 上越教育大学研究紀要, Vol.36, No.2, pp.581-593 (2017).
- [6] Department for Education: National Curriculum, available from (<https://www.gov.uk/government/collections/national-curriculum>) (accessed 2018-10-01).
- [7] Kazakoff, E.R. and Bers, M.: Programming in a Robotics Context in the Kindergarten Classroom: The Impact on Sequencing Skills, *JEMH*, Vol.21, No.4, pp.371-391 (2012).
- [8] プログラミング玩具キュベット: プログラミング脳を3歳から, 入手先 (<https://www.primotoys.jp/>) (参照 2018-10-01).
- [9] Anzoategui, L.G.C., Pereira, M.I.A.R. and Jarrin, M.C.S.: Cubetto for preschoolers: Computer programming code to code, *Proc. 2017 International Symposium on Computers in Education, IEEE* (2017).
- [10] ScratchJr.org: Coding for Young Children, available from (<https://www.scratchjr.org/>) (accessed 2018-10-01).
- [11] Papadakis, S.P., Kaloglannakis, M.K. and Zaranis, N.: Developing fundamental Programming concepts and computational thinking with ScratchJr in preschool education: A case study, *IJMLO*, Vol.10, No.3, pp.187-202 (2016).

- [12] Marinus, E., Powell, Z., Thornton, R., et al.: Unravelling the Cognition of Coding in 3-to-6-year Olds, *Proc. 2018 ACM Conference on International Computing Education Research*, pp.133-141 (2018).
- [13] Smith, D.C., Cypher, A. and Spohrer, J.C.: KidSim: Programming agents without a programming language, *Comm. ACM*, Vol.37, No.7, pp.54-67 (1994).
- [14] 原田康徳：体験型ワークショップ用ソフトウェアの開発，第50回プログラミングシンポジウム，pp.163-168 (2009).
- [15] 笠井 優，原田康徳，大島久雄ほか：ヴィジュアル言語 Viscuit を利用した連続ワークショップ，日本デザイン学会第56回研究発表会，pp.62-63 (2009).
- [16] 原田康徳，渡辺勇士：ビスケットプログラミングワークショップ—なぜワークショップなのか，*情報処理*，Vol.58, No.10, pp.891-893 (2017).
- [17] json:json の紹介，入手先 (https://ja.wikipedia.org/wiki/JavaScript_Object_Notation) (参照 2018-10-01).
- [18] ビスケットファシリテータ講習，入手先 (<http://www.digitalpocket.org/training-program>) (参照 2018-10-01).



渡辺 勇士 (学生会員)

2003年明治大学商学部商学科卒業。2012年青山学院大学大学院社会情報学部社会情報学研究科博士前期課程修了(学術)。現在，合同会社デジタルポケットチーフファシリテータ。2017年電気通信大学情報理工学研究科博士後期課程入学，2019年在学中。ワークショップデザイナー。



中山 佑梨子

2012年桜美林大学健康福祉学群保育専修卒業。保育士，幼稚園教諭一種資格取得。学校法人志徳学園香川富士見丘幼稚園教諭。クラス担任の経験を経て2015年保育カリキュラムにビスケットを導入。2016年小学生向けの“ビスケット塾”を開講。現在，年少幼児から小学4年生児童までの指導を担当。



原田 康徳

1992年北海道大学大学院情報工学専攻博士後期課程修了。同年日本電信電話株式会社NTT基礎研究所。2000年NTTコミュニケーション科学基礎研究所。1998～2001年JSTさきがけ研究員，2004～2006年，2010～2013年IPA未踏ソフトウェアプロジェクトマネージャ兼務。2015年合同会社デジタルポケット設立，同代表社員。博士(工学)。ワークショップデザイナー。



久野 靖 (正会員)

1984年東京工業大学理工学研究科情報科学専攻博士後期課程単位取得退学。同年同大学理学部情報科学科助手。筑波大学講師，助教授，教授を経て，現在，電気通信大学大学院情報理工学研究科教授。筑波大学名誉教授。理学博士。プログラミング言語，プログラミング教育，情報教育に関心を持つ。本会情報処理教育委員会委員。ACM, IEEE-CS, 日本ソフトウェア科学会各会員。本会シニア会員。