

幼稚園児のビスケットプログラムをつかった 作品の表現の分析

渡辺 勇士^{1,2,a)} 中山 佑梨子³ 原田 康德² 久野 靖¹

概要：本研究は、幼稚園児がビスケットを使って、与えられたテーマを表現するときに、プログラミングをどのように活用するかを明らかにすることを目的とする。日本では2020年から小学校においてプログラミング教育が必須化する。未就学児においても、小学校入学の前段階として、プログラミング教育の重要性が言われている。一方で、幼稚園・保育園の現場におけるプログラミング教育実践についての研究は少ない。我々は、12回のビスケットを使ったプログラミングのレッスンを通して、幼稚園児に絵を使って「直線の動き」、「ランダムな動き」、「絵の変化」、「回転」などを実現するプログラムの作り方を教えた。そして、これらのレッスンを経た園児が、与えられた課題に基づいて表現するときに、どのようにそれらのプログラミングを活用するかを分析した。分析は、園児がどういった絵で、また、その絵でどんなプログラムを作っているのかを集計し、分類する形で行った。その結果、85%の園児は絵の持っている性質に合わせてプログラムの動作を使い分けしていることが明らかになった。

Analysing Expression in Viscuit Programs Crafted by Kindergarten Children

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

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伴い、民間の教室で未就学児を対象にした教室やワークショップを開催するところが増えてきている。第一著者、第三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]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、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のプログラミングのレッスンを実施している。2017年度の実践において、著者ら

は園児が授業者が与える課題に沿ってプログラムが作れるかについて研究することを目的とし、園児のプログラムを収集し、授業を録画した。1年間のカリキュラムは表1に示す。表1において、「No.」カラムのL1等はレッスンの実施番号を意味する。また、「Date」カラムはそれぞれのレッスンの実施日を表している。

このカリキュラムを通じて、園児はビスケットにおける「直線の動き」、「ランダムな動き」、「絵の変化」、「絵の回転」(図3, 4)などのプログラムの仕方を学ぶ。著者らは表1におけるL1-L4とL7-L9における園児のプログラムを分析し、「直線の動き」、「絵の変化」について、どれくらいの割合の園児が課題通りにプログラムを作ることができたかを明らかにしている[2][3]。

本研究では、この12回のレッスンを経て、最後のレッスン(L13)で園児が与えられたテーマを表現するために、プログラミングをどのように活用するかを明らかにすることを目的とする。ここでいう表現とは他者に自分の考えを伝える、伝達を含んだ創作を意味する[4]。

¹ 電気通信大学, 182-8585 東京都調布市調布ヶ丘 1-5-1
University of Electro-Communications, 1-5-1, Chofu-Gaoka,
Chofu, Tokyo 182-8585 Japan

² 合同会社デジタルポケット

³ 香川富士見丘幼稚園

a) watanabe@viscuit.com

表 1 2017 年度のレッスン

Table 1 Implemented Lessons in the School Year 2017

No.	Content	Date
L1-L4	直線の動き	5 月 11 日, 25 日, 6 月 8 日, 22 日
L5-L6	ランダムな動き	7 月 13 日, 10 月 26 日
L7-L9	絵の変化	11 月 9 日, 30 日, 12 月 14 日
L10-L12	絵の回転	2018 年 1 月 11 日, 18 日, 25 日
L13	自由制作	2 月 8 日

最終レッスンでは、園児は彼らが卒園式で演じるオペレッタ「にゃんきちっかのだいぼうけん」[5] の紹介作品を作ることを課題に、絵を描き、その絵を用いてプログラムを作成した。作成されたプログラムを、通年のレッスンに即した学習内容（「直線の動き」、「ランダムな動き」、「絵の変化」、「絵の回転」）で分類し集計した。また、どのような「絵」に、学んだ内容を適用し、オペレッタを表現しているかを分析した。

その結果、「ランダムな動き」の利用は全体として少なかった。他の動きについてはそれぞれ利用された数に偏りはなかった。

また、園児の表現において、絵の持っている性質と学習内容が適応しているプログラムが確認できた（方向性を持っている絵が、その方向に動いている。真顔と笑顔が繰り返されて笑っている動作を表している、など）。

一方で、園児一人一人を個別にみると、学んだ内容のうち、2つの学習内容のみを使っている園児が多いことがわかった。また、多くの園児が絵の持っている性質とプログラムが適応した作品を1つ以上作っていることがわかった。

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おこなう。

2. 先行研究

野口ら[6]は、幼稚園教育要領[7]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含まれていると指摘している。また、山崎ら[8]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ている。その中で、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を育むことを提案している。

実際に、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様々で



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.

ある。近年では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。

山崎ら[8]が提案するとおり、未就学児向けの実践ではロボットが多く使われている。Kazakoff[9]は、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・並び替えの能力が向上したことを報告している。

Lucia ら[11]は、PRIMO 社のキュベット[10] (図2) を使い、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。児童のそれぞれのグループがゴールに辿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。その結果、児童がキュベットを使いプログラムが作成できていたこと、また、そのときに児童のモチベーションが非常に高かったと書かれている。

Stamatios ら[13]は、マサチューセッツ工科大学の開発した ScratchJr[12] を使い、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。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。ここでも園児が非常に高い興味をもってプログラミングに取り組んでいたことが書かれている。

また、著者ら[2]は幼稚園におけるプログラミング言語

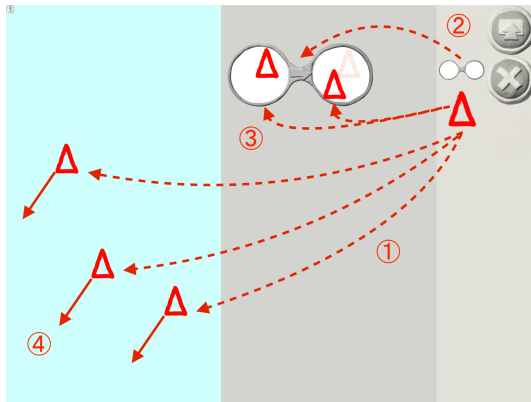


図 2 ビスケットの製作画面
Fig. 2 The Interface of the Viscuit

ビスケットのレッスンにおいて、5歳から6歳の年長の園児の大半が、用意された絵について、その絵のもっている向きに合わせて動きをプログラムをしていたことを明らかにした。

上記のように、様々な角度から未就学児のプログラミング実践については研究がされている。その中で、未就学児が楽しそうに取り組み、プログラムが作成できていたことは報告されている [9][11][13][2]。一方で、園児がつくったプログラム自体を分析する研究は少ない [2][13]。

本研究では、自由度が高い状況で、園児はどのようにプログラミングを使うのかに焦点を当てている。

3. プログラミング言語ビスケット

ビスケット [1] は 2003 年に第三著者が開発したビジュアルプログラミング言語である。文字入力を必要とせず、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）、メガネと言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）。また、左右に違う絵を入れた場合は左の丸の絵が右の絵に変化する（「絵の変化」）（図 3 右）。図 4 は「ランダム動き」と「絵の回転」の作り方の例である。「ランダム動き」は同一の絵から始まるメガネを 2 つ作ることで作成する。「絵の回転」は一方の絵を傾けることで作成する。

ビスケットでは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。

ビスケットには園児がプログラムを作りたくなる仕掛けとして、ビスケットランド [19][20] 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

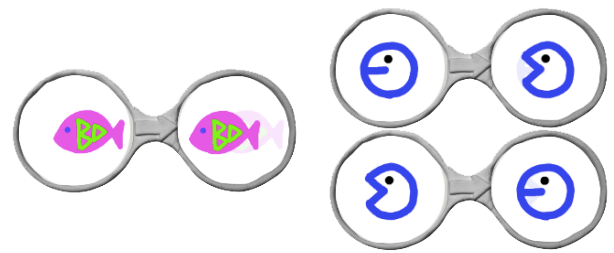


図 3 動きと変化のメガネ
Fig. 3 How to Make Drawing Move and Change

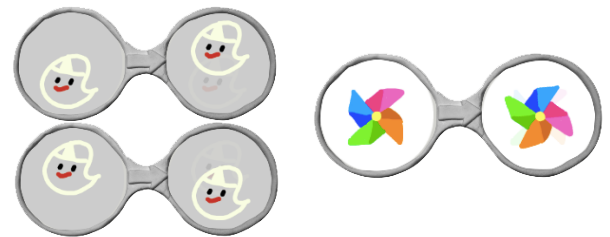


図 4 ランダム動きと回転のメガネ
Fig. 4 How to Make Drawing Random Move and Rotate

図 5 グループ共有した画面の発表会

Fig. 5 The Review Time



稿し、一つの画面で共有することができる。香川富士見丘幼稚園ではこの機能を使い、園児は共同制作を通してプログラムを学んでいる（図 5）。今回のオペレッタの紹介作品もこの共同制作で作成した。

絵自体を書き換える言語は AgentSheets[14], BIT-PICT[15], ChemTrains[16] など様々ある。ビスケットの基本的な設計は KIDSIM[17] を参考としている。KIDSIM に比べ、ビスケットは絵の書き換えを滑らかにした [18] ところに特徴がある。

4. 研究内容と実施レッスン

4.1 研究内容

4.1.1 本研究の対象とこれまでのレッスン内容

表 2 は本研究の基本事項をまとめたものである。年長（5, 6 歳）28 名を分析の対象とした。全ての保護者の方々

場所	香川富士見丘幼稚園
授業者	幼稚園の先生（第二著者）
対象	年長（5，6 歳）28 名
レッスン時間	1 レッスン 40 分
これまでの学習	段階的に 4 つのプログラムを学んだ
本研究での課題	保護者に対するオペレッタの紹介作品を作る
分析手法	園児の作ったプログラムを分析

表 2 本研究の基本情報

Table 2 Information of This Research

には幼稚園を通して研究の承諾をいただいている。

レッスン（L13）は 40 分であった。この時間は L1～L12 と同様である。一方で時間内のレッスンの構成は違った。L1～L12 は前半に練習課題，後半にそれぞれの練習を踏まえた自由制作という時間，そして，発表会という構成になっていた。L13 は自由制作と発表会のみとなっている。発表会は図 5 のように，座席を離れて前に集まり，全員でスクリーンを見るかたちで行った。

L1～L12 の実施方法は，一斉授業よりもワークショップに近かった [2][3][21]。レッスンは第一著者，第二著者，そして，各クラスの担任の教諭の三人で行った。それぞれの役割は，授業者として園児にプログラミングを教える役割を第二著者が行った。第一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（例えば，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。この役割分担は L13 についても同様だった。

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，声をかけられたら適宜それぞれが園児に対応した。

4.1.2 プログラムの分析

ビスケットで作られたプログラムはすべて json[22] ファイルとして保存される。保存は「保存」ボタンを押したタイミングで行われる。園児は「保存ボタン」を共有画面に作品を送るときに押す。自由制作では保存をすると画面が新しくなる。園児は自由制作中は何個も新しい作品を作り保存する。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。それぞれ作品が保存されたときに 1 つの json ファイルが作成される。

自由制作で複数の作品を作った園児に対しては複数の 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予め記録し，その ID を元にどの園児の作品なのかを判断した。園児に

対象	わかること	データ
ファイル	園児のプログラムの作り方	ステージに置かれた絵の数 描かれた絵の数 作られたルールの数
メガネ	ルールのタイプ	左右の絵の違い 回転しているかどうか 同じ絵からはじまるメガネの数
	スピード 方向	メガネの中で絵の置かれた座標

表 3 分析のために注目した json ファイルの情報

Table 3 Information in json Files
and Focus for Analysis

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 3 は json ファイルから取り出せる情報の種類である。

L13 において，園児は卒園式で演じるオペレッタ「にゃんきちいっかのだいぼうけん」を保護者の方々に紹介する作品を作成することをテーマに，ビスケットで絵を描き，その絵を用いてプログラムを作った。時間は 35 分ほどであった。

分析は以下の手順で行った。園児の json ファイルをダウンロードして，各園児ごとにファイルを仕分けした。そして，その中の作られたメガネを表計算ソフト上に写し，園児別に，時系列に並び替えた。園児は「にゃんきちいっかのだいぼうけん」の内容を表現するために，1 つの絵に対して複数のメガネを使っていた。そこで，集計は絵を単位として行った。

例えば，A という絵が 2 つ以上のメガネを使って動きがつけられた場合は，その絵とメガネをセットで 1 つの表現とカウントした。ここで，この絵とメガネのセットを以下ではプログラム表現と呼ぶ。メガネの意味は主語（なんの絵が），修飾語（動きの向き，または，変化する対象），述語（動き，変化），そして，プログラムの種類に対する修飾語（大きく，ゆらゆらなど）の情報を付与し，判別した。

5. プログラムの分析

5.1 対象にしたプログラム

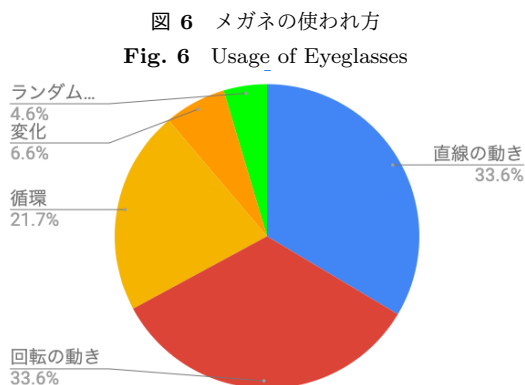
分析の対象になった園児の数は 28 人であった。28 人が自由製作中に保存を押した数は 128 回であり，128 個の json ファイルが生成されていた。その中で作られたメガネの数は 206 個であった。

この 206 個について，収集した json ファイルと実際の作品を付け合わせ，第一筆者が目視で以下の集計を行った。206 個のメガネについて，それぞれを 1 つ 1 つの絵に対応させて集計した。そのときに，何も絵が入っていないメガネ，片側だけしか絵が入っていないメガネを省いた。その結果，画面上で絵を動かすために動作するメガネは 196 個であった。そのメガネを 1 つずつの絵に振り分けた結果，

項目	数
園児数	28
保存されたファイル (json)	128
ファイルの中のメガネの数 (rule)	206
有効なメガネの数	196
表現としてのプログラム	152

表 4 分析したプログラムの数

Table 4 Information in json Files
and Focus for Analysis



絵とメガネの組み合わせでのプログラム表現は 152 個あった (表 4)。

5.2 プログラムで表現されたもの

152 個のプログラム表現を、1 年間のレッスンで園児が習った「直線の動き」、「ランダムな動き」、「変化の循環／変化」、「回転」の 4 つの学習内容で分類した。ここで変化と循環の違いは、変化というのは $A \rightarrow B$ という一方方向の変化の命令のメガネであり、循環というのは $A \rightarrow B$ に加え、 $B \rightarrow A$ というメガネを作ることによって、 $A, B, A, B, A, B, \dots$ という変化が繰り返し起こる命令である。レッスン中では循環を作る手段として変化を教えた。そのため、この一方方向の変化は集計はしたが、以下、分析から除外する。

分類した結果が図 6 である。「ランダムな動き」が少ないことがわかる。一方、「直線の動き」、「変化・循環」、「回転」にはプログラム表現に採用されている数に大きな偏りが見られないのがわかる。

4 つの学習したプログラムがあった場合、園児がどのプログラムを選ぶかに確率的な偏りがないという帰無仮説のもと、それぞれに二項検定を実施した。その結果、「ランダムな動き」以外のプログラムには統計的な有意な差は見られなかった。よって 4 つのうち「直線の動き」、「変化の循環」、「回転」に関してどれかが取り分けて採用されているという事実は確認できなかった。一方で、「ランダムな動き」は極端に使われていないことがわかった。

152 個のプログラム表現について、そのそれぞれにおいて何の絵がモチーフとして使われているかを表したのが表

絵	総数	直線	ランダム	循環	変化	回転
猫	38	12	1	13	5	7
?	32	10	0	6	4	12
波	21	4	1	0	0	16
壺	13	4	1	4	1	4
船	12	6	3	1	0	2
星	4	0	0	0	0	4
キャンディ	3	0	0	1	0	2
魚	3	3	0	1	0	0
その他	26	13	1	8	0	4

表 5 モチーフとして使われた絵とプログラム

Table 5 The Drawing and Program Given Those

5 である。モチーフとして採用された絵では「猫」が一番多く、「?」、「波」、「壺」、「船」が続いた。「?」は第一著者では何の絵かが判別できなかったものである。「その他」には書いた園児が 2 人以下の絵が集められている。「にゃんきちいっかのだいぼうけん」は猫の一家が船で海へ壺を探しに旅にでるお話である。よって、それぞれに登場するものがモチーフとして多く選ばれているのは納得できる結果であった。

一方で、筆者が見ても何を表している絵なのか判別できない絵が 32 個あった。これはプログラム表現全体の数 152 個のうちの 21.05 % に当たる。

表 5 には、総数の他にそれぞれの絵に対してどのような動きのプログラム表現が何個あったかが示されている。描かれた数が多かったものから順に、「猫」は「(変化の) 循環」が、「?」は「回転」が、「波」は「回転」が、「壺」は「直線」、「循環」、「回転」が、そして、「船」は「直線」が多いのがわかる。

次に、それぞれのプログラム表現の詳細を「直線の動き」、「ランダムな動き」、「変化の循環」、「回転」と分けて分析した。

「直線の動き」については全部で 51 個のプログラム表現があった。その中で使われている絵が方向性を持っているかどうか、また、それぞれの絵がどの方向に動かされていたかをカウントしたのが表 6 である。

51 個の中で、33 個のプログラム表現が絵自体が動きの方向を持たない絵を使っていた。そして、18 個が絵が動きの方向を持っている絵を使っていた。絵や絵の方向を持っているというのは、「絵が (顔の向きなど) 進行方向をもっている」、また、「他の絵との関係性で進行方向がわかる」ものを指す。ここで、上下左右のうちの一方方向だけでなく、縦、または、横のどちらかに進む性質を持っている絵 (例えば、船は左右どちらに進んでもよい場合があった) は左右どちらかの方向性を持っている絵だとして、方向性がある絵だとカウントした。絵が方向を持っていない絵というのは「?」の絵や、顔だけの絵である。それらの絵を動きの方向が推測できない絵としてカウントした。

方向性	絵	総数	上	下	左	右
あり	船	7	0	0	7	0
	魚	3	0	0	1	2
	猫	3	0	0	1	2
	乗り物	2	0	0	1	1
なし	?	10	1	1	5	3
	猫	9	1	0	3	5
	壺	3	0	0	0	3
	身体の一部	2	0	0	0	2
	波	2	0	0	1	1
	その他	7	4	0	2	1

表 6 直線の動かされた絵と方向
Table 6 The Drawings and the Directions

図 7 ランダムの動きが使われた例

Fig. 7 The Examples Given Random Move



その結果、方向性を持っている 18 個の絵はすべてその絵がもっている方向通りに動かされていた。

「ランダムの動き」は前述のとおり、適応された絵が少なかった。全部で 7 個であった。詳細に一つ一つの作品を見てみると、7 個中 3 個が船がゆらゆらと回転を伴って、波に揺られるように動いていた。他は猫が 1 個、波が 1 個、幽霊が 1 個、壺が 1 個だった。猫と幽霊は直線の動きを複数使ったランダムであった。そのほかはすべて回転の動きが伴っていた (図 7)。「ランダムの動き」をレッスン中で教えた当時は「直線の動き」をつかったランダムのみを教えていた。よって 12 回のレッスンの中では「ランダムの動き」と「回転」を組み合わせるプログラムは教えていないが、この表現を使っている園児がいることがわかった。これは「にゃんきちいっか」が船で旅する様子を表そうとしているのがわかる。

「絵の変化」は全部で 42 個のプログラム表現があった。その中で 9 個は絵 A が絵 B に変化するという一方向の変化だった。33 個は A から B、そして、B から A に変わるという変化が繰り返される循環するものだった。レッスンでは循環を作ることを目的に教えていたので、ここでは循環があるプログラムを詳しく見る。

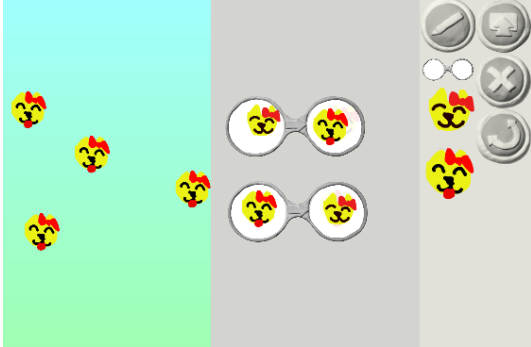
表 7 は「変化の循環」がどのような絵のどの部分に適用されていたかを示している。「変化の循環」で一番使われたモチーフは猫であった。その次は「?」だった。また、猫をどのように変化させ、循環させているかを確認したところ、「猫」の「表情」が 10 個と一番多かった。

絵	総計	変化する部分	絵全体	色	口	その他
		表情				
猫	13	10	2	1	0	0
?	6	0	5	1	0	0
壺	4	0	0	2	0	0
顔	2	0	0	0	2	0
その他	8	0	3	5	0	0

表 7 変化のモチーフと部分
Table 7 The Drawings and Part of Those Changing

図 8 猫の表情が変わるプログラムの例

Fig. 8 The Example of The Cat Changing Its Face



絵	総計	その場	小さく	大きく
波	16	6	4	6
?	12	6	3	3
猫	7	4	3	0
星	4	1	2	1
壺	4	4	0	0
キャンディ	2	1	1	0
船	2	1	0	1
その他	4	3	1	0

表 8 回転のモチーフと動き
Table 8 The Drawings and How Those Rotate

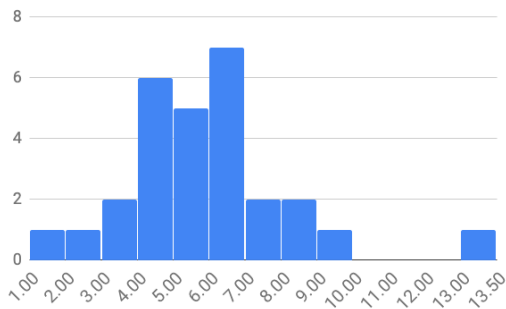
図 8 は「猫」が「表情」を変えているプログラム表現の例である。このように全く同じような絵を二つ描き、その部分を変えることによって「表情」を表現している。

L7-L9 のレッスンでは A, B, C, または、それ以上の絵を使って、A → B, B → A だけでなく、さらに長い循環の作り方も教えていた。しかし、L13 では 3 つの絵を使った循環を作っていた園児は 1 人だけであった。

「回転」のプログラムについては 51 個のプログラム表現があった (表 8)。一番「回転」が採用されていたのは、「波」だった。また、ピスケットでは「大きい/小さい」回転を、絵のずらし方で作ることができるが、16 個の「波」の回転の表現では、その「波」が大きく回転しているものが 6 個で一番多かった。この波は「にゃんきちいっかのだ いぼうけん」中に出てくる。「にゃんきちいっか」が遭難する波を表していると受け取れる。

図 9 作れた表現数のヒストグラム

Fig. 9 The Histogram of The number of Works



5.3 園児のプログラミング表現の数と種類

個々人の園児に注目してみる．図 9 は園児それぞれが作ったモチーフに基づくプログラム表現の数のヒストグラムである．一番多い園児で 13 個のプログラム表現を作っていた．一番少ない園児で 1 個だった．園児の中では 4-6 個を作った園児が多いことがわかる．

それぞれの園児がどのようにプログラミングを使い分けていたのか，また，プログラムするときに使い方に偏りがあるのかを調べるために主成分分析を行なった．図 9 は主成分分析をした結果である．長い赤い矢印は「rotate」，「loop」，「move」，真ん中の短い矢印は「for.back」と赤字で書かれていて，それぞれ「回転」「循環」「動き」「ランダム」のプログラム表現の数を表している．ここでも，一方向の変化に関しては，循環を作る制作の途中とみなし，分析の対象外とした．

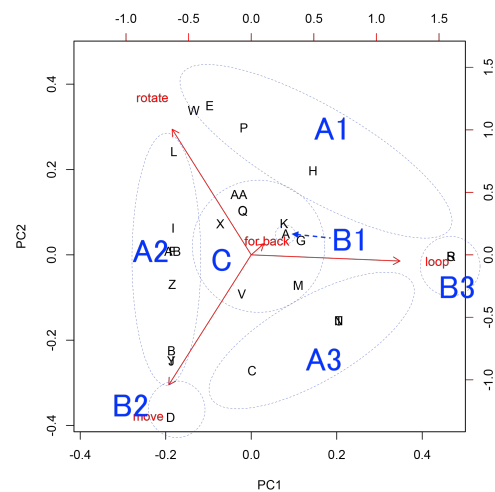
この図をみると園児の分布を大きく「A」「B」「C」3つに分けることができた．「A」のグループは 2 種類のプログラミングを使っている園児のグループである．それぞれ，「A1」は「回転」と「変化の循環」，「A2」は「変化の循環」と「直線の動き」，「A3」は「直線の動き」と「回転」である．「B」のグループは 1 つの学習したプログラムしか使っていないグループである．「B1」は「ランダム」，「B2」は「直線の動き」，「B3」は「変化の循環」だけを使った園児のグループである．そして，「C」のグループは 3 つ以上の，レッスンで習得したプログラムを使った園児である．「A2」，「C」に属する園児が多いことがわかる．

我々は絵に対して，プログラムが採用された作品が多いことを先に確認した．しかし，ヒストグラムで示したように，プログラム表現の数は園児によって違いが大きい．そのため，一人の園児がその表現を引っ張っている可能性があると考えた．そこで，作品を作った数と，その作られた作品の種類の数の相関を調べた．

相関を調べた結果，園児のプログラム表現の数とそのモチーフに使われた絵の種類の相関係数は 0.4722 であり，p 値は 0.01119 であった．よって，園児のプログラム表現の数と作品の種類には相関があるため，一人の園児に任意の絵を用いた表現の数が左右されていることはないといえる．

図 10 園児によるプログラムの使われ方の主成分分析

Fig. 10 The Principal Component Analysis



加えて，ある優秀な群がこの集計に影響を及ぼしている可能性を考えた．そこで，「直線の動き」における，方向性とマッチしたプログラム表現，「変化の循環」における，猫の表情の変化のプログラム表現，「ランダムの動き」における，船がゆらゆらするプログラム表現，最後に「回転」における，波のプログラム表現について，どの園児が作ったものであり，それぞれの園児が何個作ったのかを集計した．

集計した結果が表 9 である．これを見ると一人の園児に偏って作られているのではなく，多くの園児がそれぞれ作品数に貢献しているのがわかる．28 人中 24 人，85 % の園児が，上記のプログラム表現の一部を作っているのがわかった．また，そのときに 1 つの種類の習得したプログラムで作っている園児が 13 人，2 つの習得したプログラムで作っている園児が 10 人，3 つの習得したプログラムを使っている園児が 1 人であった．

6. 考察

1 年間を通して幼稚園児に，プログラミング言語ビスケツトを使ったレッスンに行い，「直線の動き」，「ランダムの動き」，「絵の変化」，「回転」といったトピックに分けてプログラムの作り方を教えた．最終レッスンで園児がどのようにプログラムを活用して表現を行うかを分析した．

園児全体でどのプログラムが選ばれるかを集計した．その結果，「ランダムの動き」が選ばれた割合は 4.6 % であった．一方で，「直線の動き」，「絵の変化」，「回転」は，統計的な差はなく，作品作りに使われていた．これによって，この 3 つのプログラムの作成には園児にとっては難易度の違いがなく，使いこなせていると言える．一方で，「ランダムの動き」に関しては，園児にとって難易度が高いのか，または，レッスン時に納得を引き出すことができなかった可能性が考えられる．

「にゃんきちいっかのだいぼうけん」をベースに，園児

園児	種類	直線	ランダム	循環	回転
A 児	1		1		
B 児	2	2			1
C 児	1	2			
D 児	1	3			
E 児	1				3
F 児	2	1			1
G 児	1	1			
H 児	1			1	
I 児	2	1			3
J 児	2	1			1
K 児	3		1	2	1
L 児	1				1
M 児	1	1			
N 児	2	1		1	
O 児	1			1	
P 児	1			1	
Q 児	1		1	2	
R 児	2	2		1	
S 児	2			1	1
T 児	2		1		1
U 児	2	1			1
V 児	1				1
W 児	1	1			
X 児	2	1			1
合計		18	3	10	15

表 9 園児の分布

Table 9 The Disposition of The Children

にプログラムを使って表現させたところ、絵のモチーフとして選ばれたものは「猫」、「波」、「壺」、「船」といった、物語に関わりが深いものが選ばれていた。このことから園児達は課題を理解し、対象である保護者にこの物語を紹介しようという意識をもっている様子が確認できた。

また、それぞれのプログラムの適応について、「直線の動き」については、絵の方向性がはっきりしているものについては、全てその方向性にあった動きがつけられていた。これは先の著者らの研究の結果 [2] を最終レッスンにおいても示すものである。園児が動きの方向を理解して絵に動きをつけている様子が見られた。

「絵の変化」を使った「変化の循環」については、先の著者らの研究 [3] において、3 つ以上の循環が園児の 50 % は作ることができていたという結果に反して、このレッスンでは 1 人しか 3 つ以上の絵を使った循環を作っていなかった。一方で 2 つの絵の循環については多く作成されていた。それは猫の表情が変わるという命令において多く使われていた。

総じて、「直線の動き」「ランダムの動き」「絵の変化」「回転」が全て絵の動きを表すために効果的に使われているプログラミング表現を確認することができた。メガネを使って動きをつけることが、園児が絵を表現するときの補助と

して機能している可能性が見られる。

また、園児 1 人 1 人がどういった作品を作っているかを確認したところ、1 人の園児、または、優秀な園児達にプログラムからこの結果が引き出されているのではなく、園児 1 人 1 人がそれぞれ作品で貢献している様子が見られた。

そのとき、園児はすべての学習したプログラムを採用しているのではなく、1 つ、または、2 つの習得したプログラムを解釈して絵に適応している姿が見られた。

7. 結論

本研究は、1 人 1 人の園児が、ビスケットのプログラムを学んだあとに、何かを表現するときそのプログラムをどのように使うかを分析した。このクラス全体として、園児が与えられた「にゃんきちいっかのだいぼうけん」の紹介作品を作るという課題に対して、自分の絵にプログラムをつけることで効果的にその課題を表現している姿が垣間見えた。園児はプログラムを理解した上で、それを自分の中で消化し、自分の描いた絵に合わせた学習したプログラムを選び、表現している可能性が高いといえる。

一方で、通年のレッスンを通して 4 つのメガネを使った動きを習得したにも関わらず、全体としては 2 つ、または、3 つ、よく表現されたものでは、1 つ、または、2 つのプログラムを使うにとどまっていた。園児それぞれによって、その理解がどれかのプログラムに偏るのか、または、課題の出し方によってかわるのか、時間が短かったか、など、要因を今後調査する余地があると思われる。

通年のレッスンは終わったが、園児の中では、このレッスンが終了したあともビスケットのプログラムを続けているものもある。ビスケットのプログラミングを続けることで、どのように園児の表現が変わっていくのか、引き続き分析したい。

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] 渡辺勇士, 中山佑梨子, 原田康徳, 久野靖: 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, 投稿中 (2019).
- [3] 渡辺勇士, 中山佑梨子, 原田康徳, 久野靖: 幼稚園児のビスケットプログラムにおける変化の命令を用いた循環の作成の分析, 投稿中 (2019).
- [4] 林健造: 異文化としての幼児画—あなたへのメッセージの読み取り方—, pp.10-12, プレーベル館 (1996).
- [5] 株式会社メイト: オペレッタ にゃんきちいっかの だいぼうけん, 入手先 (http://www.meito.jp/products/operetta/26334_detail.html), (参照 2019-10-20).
- [6] 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 18(1), pp.1-8, (2018).
- [7] 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 2018-10-1) .
- [8] 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, 36(2), pp.581-593(2017).
- [9] Kazakoff, E.R., & Bers, M.U.: Programming in a Robotics Context in the Kindergarten Classroom: The Impact on Sequencing Skills. *JEMH*, 21(4), 371-391. (2012).
- [10] 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 2018-10-1).
- [11] 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).
- [12] ScratchJr.org: Coding for Young Children. available from(<https://www.scratchjr.org/>)(accessed 2018-10-1).
- [13] 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).
- [14] Repenning, A.: Agentsheets: A Tool for Building Domain-Oriented Dynamic, Visual Environments, Department of Computer Science, University of Colorado at Boulder, (1993).
- [15] Anderson, M. and Furnas, G.:Relating Two Image-Based Diagrammatic Reasoning Architectures, *Proc.Diagrammatic Representation and Inference*, pp.128-143(2010).
- [16] Bell, B. and Lewis, C.: ChemTrains: A Language for Creating Behaving Pictures, *Proc.Proceedings 1993 IEEE Symposium on Visual Languages*, pp. 188-195(1993).
- [17] Smith, D. C., Cypher, A.,& Spohrer, J.:KidSim: programming agents without a programming language, *Communications of the ACM*, 37(7), pp.54-67(1994).
- [18] Harada Y., Potter R. Fuzzy Rewriting: : soft program semantics for children, *Proc.IEEE Symposium on Human Centric Computing Languages and Environments*,pp.39-46(2003).
- [19] 原田康德: 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).
- [20] 笠井優, 原田康德, 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).
- [21] 原田康德, 渡辺勇士: ビスケットプログラミングワークショップーなぜワークショップなのかー. 情報処理, Vol.58, No.10, pp.891-893.(2017)
- [22] json:json の紹介, 入手先 (https://ja.wikipedia.org/wiki/JavaScript_Object_Notation), (参照 2018-10-1).