プログラミング言語ビスケットを用いた幼稚園児のプログラミングの操作の分析

渡辺 勇士[1,a)]　関水 佑梨子[2]　原田 康徳[3]

概要：2020 年から始まった小学校におけるプログラミング教育の必須化を受け，民間の未就学児向け教育サービス，幼稚園・保育園ではプログラミング教育を独自にスタートさせる動きがある．また，世界的にも，プログラミング教育のスタートは早期化している．その中で，未就学児に対してどのようなプログラミング教育をすべきなのか，また，そのような教育が可能なのかについての議論が必要である．本研究では，理想の未就学児のプログラミング教育として，未就学児がプログラムで表現する姿を考える．その上で，未就学児がどのようにしてプログラムでの表現を獲得するかを調べるために，幼稚園のプログラミングレッスンで行われた，園児のプログラミングの操作を分析する．操作の分析の結果，プログラミングレッスンにおいて，研究対象の園児はそれぞれ違った箇所でつまずいていたが，回を重ねるにあたってつまずきが解消する様子が確認された．

キーワード：未就学児，プログラミング教育，Viscuit，文化的実践

Analysis of Kindergarten Children's Viscuit Programing Log

Takehsi WATANABE[1,a)]　Yuriko SEKIMIZU[2]　Yasunori HARADA[3]

1. はじめに

2020 年度より，小学校におけるプログラミング教育の必須化がはじまった．また小学校の準備段階として，民間の教室で未就学児を対象にしたレッスンやワークショップを開催するところが増えている．

日本学術会議が出した報告 [1] には，小学校入学前の児童についてもプログラミングの体験の必要性が示されている．また，幼稚園教育要領 [2] によれば，幼稚園における教育は「環境を通して行う教育」と位置付けられている．「環境を通して行う教育」とは，遊びを通しての総合的な指導の中でおこなわれるものだとされている [3].

佐伯 [4] は，このような環境との関わりの中での学びを「なじむ」フェーズと「文化的実践」のフェーズで説明している．乳幼児は何か任意の対象を使って遊ぶとき，その対象を使って様々な働き方を試みる．更に「どうすれば，どうなるか」を探求する．この実践を経て，乳幼児が十分にその対象を味わい，その対象が自分の身体の一部のように「なじむ」と，乳幼児はその対象を活用した行為を誰かに「見て欲しくなる」という．ここで，対象が道具であれば，乳幼児は直ちにそれを使っておもしろいものを作ってみたくなる．このとき，乳幼児は誰かを，自分の行為によって笑わせたり，喜ばせたりすることを希望し，期待する．この他者に対しての自分の価値観を持った行為が「文化的実践」であり，この実践を通して，乳幼児は社会に段々と参加していくという．この文化的実践は，一般的には表現という言葉に置き換えると考えられる．表現は意図をもった表出を意味する [5].

また，国際的に見ると，OECD 加盟国に代表されるような先進諸国おいては，幼児教育の質の向上に関心が寄せられている [6]．そのときに，質の高い幼児教育・保育の

1 日本大学文理学部, 156-8550 東京都世田谷区桜上水 3-25-40
Nihon University, Collage of Humanities and Science, 3-25-40, Sakurajousui, Setagaya, Tokyo 156-8550 Japan
2 香川富士見丘幼稚園
3 合同会社デジタルポケット
a) watanabe.takeshi@nihon-u.ac.jp

©2024 Information Processing Society of Japan

カリキュラムの例として挙げられているがイタリアのレッジョ・エミリアの実践 [7] やニュージーランドのテ・ファリキ [8] である．これらの実践は，子どもの表現や，子どもの総合的かつ遊びを中心とした活動を通しながら，効果的な学びを進める仕組みになっている．世界的にみても，未就学児の遊びを通した学びが重要視されていることがわかる．

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 [9] 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．プログラミングのレッスンの作成にあたり，合同会社デジタルポケットは佐伯の指摘するように，園児自身が遊ぶように学ぶスタイルとしてワークショップに注目した [10][11]．そして，実際に 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用いた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，著者らは園児のプログラムを収集し，授業を録画し，園児のプログラムの理解を分析した．我々は先行研究 [12][13] において，園児たちがビスケットを使って絵を，その絵の性質に合わせて動かしていること，また，絵を変化させるプログラムを多くの園児が作成できていたことを明らかにした．

本研究において我々は，2023 年度の香川富士見丘幼稚園のプログラミングレッスンにおいて，園児がプログラミングに取り組む時の操作記録の分析を行なった．先行研究では園児たちが目的を達成するために，意識してビスケットのプログラムを作っていることが示唆されている．一方で，どのような操作をしながら，先の佐伯がいう「なじむ」フェーズを辿り，園児らがプログラミングでの表現を獲得するかはわかっていない．また，どのような操作を経ていたら園児たちがプログラミングに「なじむ」プロセスを経ていたと言えるのかも定義するのは難しい．

本研究では，園児が連続するビスケットを使ったプログラミングレッスンの中で，どのような操作の変化を見せるのか分析する．リサーチクエスチョン（RQ）は操作にどのような変化が見られるのか，である．最初からビスケットでプログラムが作ることができるのか，または，プログラミングすることへの困難やつまずきを見せた上で，それを乗り越えて獲得していくのか，という問いである．RQ に対しての仮説としては，最初につまずきが見られるが，そのつまずきが解消されていくことが考えられる．

以下 2 章では先行研究を紹介する．3 章では研究方法と実施したレッスンについて述べる．4 章では園児のプログラミングの操作を分析した結果を述べ，5 章において考察を行い，6 章においてまとめを行う．

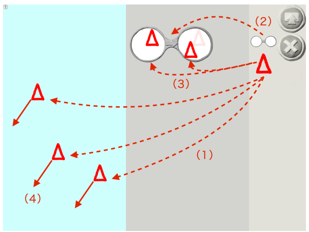

図 1　ビスケットの制作画面

Fig. 1　The Interface of the Viscuit

2.　先行研究

2.1　未就学児のプログラミングの理解に関する研究

未就学児のプログラミング教育における先行研究では，ロボットを用いた研究がある [15][16][17][18]．それらの中では，未就学児自らが遊び，表現して学ぶというよりも，操作や，コンピュータサイエンス（CS）教育の一環としてコンピュータ独特の概念の習得にフォーカスが置かれる場合が多い．ロボットのプログラミング体験を通して，未就学児の順次処理・並び替えの能力が向上したことが報告されている [15]．また，未就学児の理解は，それぞれの未就学児の発達段階に左右されることも報告されている [17]．そして，4-6 歳の児童においては条件分岐の概念の理解が難しいことも報告されている [18]．条件分岐に関しては小学生を範疇においても，難しいと読み取れる研究もある [19][20]．

また，ロボットを使わず，ソフトウェアのみを用いた未就学児のプログラミング教育についての研究もある [12][13][14][21][22]．

2.2　プログラミング言語ビスケットに関する研究

プログラミング言語ビスケット [9] 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．ビスケットの命令形式は図形書換型と呼ばれ 1990 年代から様々な研究がなされている [23][24][25][26][27]．ビスケットは文字入力を一切要とせず，タブレット端末でも利用できる．そのため，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 8 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（左半分のエリア）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入れる（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）．このように，ビスケットでは，プログラムの制作画面において，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・数字を使わないため，文字・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．

©2024 Information Processing Society of Japan

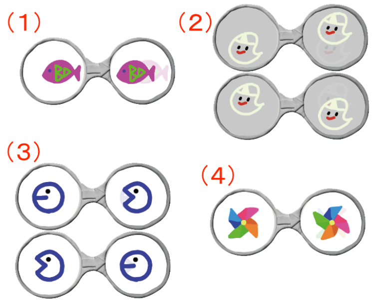

図 2 Viscuit におけるプログラムの例
Fig. 2 The Examples of Viscuit Programs

図 2 はビスケットのプログラミングの基本的な例である．図 2 の (1) に示すように，メガネの左右に 1 つずつ絵を入れることで，絵の座標の差分に基づき，ステージ上の絵を動かすことができる．次に図 2 の (2) に示すように，まっすぐ動くメガネを複数使い，ランダムに絵を動かすことができる．．例えば，「上に動く」メガネと「下に動く」メガネがある場合，ステージ上の絵は「上にいったり，下にいったり」する．ビスケットではメガネの命令は，メガネが置かれた順序に関係なく実行される．そして，図 2 の (3) に示すような絵の変化が繰り返し続くプログラムが作成できる．図 2 の (1)，(2) ではメガネの両方に同じ絵を入れていたが，違う絵を入れると，左の任意の絵 A から右の任意の絵 B に変化する，という命令になる．つまり，図 2 の (3) は「閉じた口の絵は開いた口の絵になる」，「開いた口の絵は閉じた口の絵になる」命令を表す．これで口が「パクパク」する動きを作成できる．最後に図 2 の (4) ように，絵を傾けて回転させる，というプログラムが作成できる．「角度の違う傾いた絵に変化する」という命令は回転の動きになる．

加えて，ビスケットは表現できることの幅が非常に広い．例えば，絵の動きの方向を決めるとき，その配置によって 360 度，どの方向にも動かせる．絵の動きの速さも，絵のズレの大きさによって微妙な速さまで表現できる．また，お絵かきのパレットでは，コンピュータが扱うすべての色を表現することができる．これらすべてが数字・文字なしで操作できる．そして，メガネを増やすことで，複雑なパズルゲームや，様々な高度なプログラムが作成できることも明らかになっている [28]．このように園児は自らがもつ考えやイメージを直感的にプログラムで表現することができる．また複雑なプログラムもメガネの組み合わせで作成できるこのように，ビスケットのプログラミングには簡単さと可能性の奥深さがある．そのため，子ども自身がコンピュータに命令することの意味を探究する学びとして，ビスケットは最適なツールであるといえる．

2.3 ビスケットにおける幼稚園児の学習の位置付け

プログラミングを用いた学習の可能性を提唱した Papert[29] は，構築主義の学びの必要性を主張している．構築主義では子どもを知識を組み立てる存在として捉える．子どもはすでに知っている知識と知っている知識を合わせて，新しい知識を組み立てるべきだという．つまり，子どもは知らないことを教えられる，容器のような存在ではない．この考えは幼稚園指導要領や，佐伯の考えとも通じるところがある．また，Papert はそのような学びの中で，コンピュータやプログラミングが果たす役割は，コンピュータなしでは学ぶことが難しかった概念が，具体的になり，自分の知っている知識と組み合わせて知ることができるようになることだ，と言っている．

現在のプログラミング教育で順次・分岐・繰り返しという概念にフォーカスがあたることが多い．しかし，抽象的な思考ができるようになることよりも，抽象的だったことがコンピュータで具体的になり，それを用いて子どもが新しい知識を組み立てられることのほうが，コンピュータの出現の意義であったことがわかる．この点を考慮すると，本実践では，未就学児は座標，言語といった抽象的な概念が，メガネと絵の配置で具体的になったために，プログラム可能になったと考えられる．

ビスケットのプログラミングでは園児は順次・分岐・繰り返しと言われる概念を学んでいるわけではない．しかし，何度も何度もプログラムを作成するプロセスで，自分の作りたいものを考え，自分の知っていることとビスケットで実現できることの間を行ったり来たりしながら試行錯誤し，プログラムすることを繰り返しているはずである．その中で「コンピュータは命令で動く」「コンピュータは間違わない．間違った動作は人間がそういう命令をしているからである」「一つの命令で複数の絵が同時に動く」などの，コンピュータならでは物理的には実現しない現象に親しんでいると考えられる。結果として，プログラミングを理解し，自分の思い通りにコンピュータ上に現象を作り出すこと楽しんでいるはずである．

Repenning ら [30] は人がコンピュータを用いてアイデアを表現するプロセスをコンピュテーショナルシンキングプロセス（以下，CTP）として紹介している（図 3）．CTP はコンピュータを使った（1）問題の形式化（抽象化），（2）解決の表現（自動化），（3）解決方法の実行と評価（分析），そして（1）に戻るプロセスとされている．

著者らは，未就学児はビスケットを使って CTP を体験していると考えた．まず，ビスケットのプログラムは Papert の指摘するコンピュータの意義的に，抽象的だった概念を具体化したものである．よって，園児は，数字や座標の概念を知らずとも，絵を動かしたり，変化させることができる．つまり，抽象的だった概念が具体化している．一方で，完璧に具体化されたわけではない．「命令通り動く」「一つ

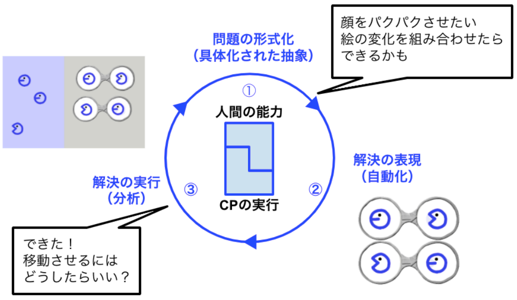

図 3 具体化された抽象的な概念の CTP
Fig. 3 The Concept of CTP on This Research

の命令で複数の対象が動く」「間違えた命令をしてもその通りに動く」など，コンピュータならではの部分が残っている．園児たちはそのコンピュータの特色を使いながら，自分の作りたいものを考え，実行させ，また，新しいものを作る，というプロセスを辿っていると考えられる．つまり，園児は図 3 のように (1) 自分の作りたい動きを想像し，(2) 絵を描きメガネをつくり，(3) 実行した動きを画面上で確認し，再び新しい作品を作っている．このプロセスを通して，コンピュータに自分のさせたい処理を命令することに慣れ親しんでいると考えた．

先行研究を見る中で，これまで行われてきた未就学児のプログラミング教育の研究の中で，ビスケットを使ったプログラミングの教育的価値を見直した．また，プログラミングのプロセスの中で，コンピュータに利用者が親しんでいくモデルを確認した．本研究では，未就学児のビスケットを使ったプログラミングがどのような操作で行われているかを分析する．

3. 研究内容

3.1 研究対象とレッスン内容

本研究では，2023 年度に香川富士見丘幼稚園で行われたプログラミングレッスンにおける，園児の操作を分析する．香川富士見丘幼稚園では，2023 年度には約 20 回のビスケットを使ったプログラミングのレッスンの実施が予定されている．レッスンは，基本的に徐々に難しい内容になるように設計されている一方で，理解の早い遅いに関わらず，全員が一緒に楽しめるように，同じテクニック（例えば図 2 の 4 つ）を繰り返し楽しむように設計している．同じテクニックであっても，練習の絵を変えたり，自由制作で描く絵のテーマを変えたりすると，園児は同じテクニックだとしても，見立てを変えて楽しむことができる．

本研究で対象としているのは，初回の 3 回のレッスン（表 1）である．練習の絵は合同会社デジタルポケットが提供しているものや，幼稚園の教諭がオリジナルで作成したものを利用する．初回の 3 回では，メガネを 1 つ使い，絵を直線に任意の方向に動かすことを学ぶ．また 3 回では，それぞれ違う角度で直線の動きにチェレンジする．1 回目は，「動かす」ということにフォーカスしている．2 回目，3 回目は，「速さ」と「向き」を意識して動かすことにフォーカスしている．園児はビスケットにおける「直線の動き」（図 2）のプログラムの仕方をこの 3 回でマスターする．

表 1 レッスンの基本情報
Table 1 Information of The Lessons

実施日	レッスン内容	練習の絵	自由制作のテーマ
5/11	動かす・向き	三角＆海の生き物	海
5/25	速さ・向き	カタツムリとうさぎ	原っぱ
6/11	速さ・向き	縦に動くもの	そら

図 4 レッスン 2 で用意される練習の絵
Fig. 4 Prepared Drawings on Lesson 2

操作をはじめて分析するということもあり，メガネの数や，一度に使う絵の量が一番少なく，また，プログラムも単純な最初の 3 回を分析の対象とした．このレッスンの後には，テクニックとして，ゆらゆら，パクパク，そして，回転と続き，その後，画面をタッチするインタラクションを含んだプログラミングに発展する予定である．後続のレッスンについては今後の機会に分析を進める予定である．

各レッスンは約 40 分である．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る．練習ではそのレッスンで習得する内容に合わせた絵が用意されており，園児はその絵を使って，習得するべきテクニックを練習する．自由制作では，園児は与えられたテーマ（世界観）に合わせた絵を自分で描き，その絵を使ってプログラムを作成する．練習で用意されている絵，自由制作の世界観は表 1 に示した通りである．発表会は座席を離れて前に集まり，園児が作ったプログラムを全員でスクリーンを見るかたちで行った．

年長（5，6 歳）4 名を分析の対象とした．この 4 名は無作為に座席順から抽出した．この 4 人を含めた全ての年長児の保護者の方々には，日本大学の倫理審査委員会の規定に則った説明をしている．また，研究に際しては日本大学の倫理審査委員会の審査を受けている．

レッスンは幼稚園教諭である第二著者が実施した．レッスンには他に，各クラスの担任の教諭が 1 名と，ビスケットの活動のアシスタント 3 名，研究のデータを記録する大学生スタッフ 1 名の合計 5 名の大人が同席した．この 6 名の大人は園児のプログラミングに関する質問に答えることは基本的にはせず，機材のトラブルや，レッスン中は園児から「みてみてー」という呼びかけに対する応答のみ対

©2024 Information Processing Society of Japan

応した．また，前提として，レッスンで利用しているタブレット端末はビスケットのプログラミングレッスン以外では使用はしていない．

3.2　操作の分析

園児は iPad mini を使ってプログラミング活動に取り組む．本研究では，園児の操作を記録するために，iPad mini の機能であるスクリーンの録画機能を使った．

録画された動画を後日視聴し，操作を書き起こした．操作の記録は操作が終わったタイミング，つまり指をスクリーンから離した瞬間を基準として記録をした．

4.　操作の分析結果

4.1　A 児

A 児は 1 回目の練習において，ステージに絵を置き，メガネによって絵を動かすが，そのメガネの中から絵を何度かメガネの中の絵をステージに持っていいってしまっていた．また，絵を速くすることにこだわっていた．その後の自由制作ではプログラムの作成の過程で，メガネの中の絵をステージに持っていく間違いはなかった．最終的に絵を 5 個の絵を描き，3 つの絵を動かしていた．3 つの絵の中で，方向が推察できる魚の絵に関しては，顔の方向に動かしており，方向の理解が見られた．

2 回の練習において，1 回目と同じように完成したメガネから絵をステージに入れてしまうことで，プログラムを壊してしまう様子が見られた．また，一旦メガネを作ってから，たくさん並べることを楽しむ様子が確認できた．これは「1 つの命令が使われる」がわかっている姿が見られた．その後の自由制作ではメガネからステージに入れてしまう間違いが一度見られた．また，テーマが「原っぱ」であり，そこにある木を描き，一度動かしたが，木を動かすことをやめる操作が見られた．絵が命令で動き，「間違った命令をするとその通りに動くこと」についての理解が見られた．1 回目の自由制作に比べるとメガネの中での絵の移動の回数が減っている．1 回目は 17 回の調整の操作をしていたが，2 回目は 6 回だった．これは，絵の動きにこだわりがないのではなく，すぐに自分の動きが作れる様になっていると推察される．なぜなら，絵を正しい向き，また，合理的な速さで動かしているからと判断できるからである．

3 回の練習において，絵の速さの調整する様子がほとんど見られなかった．2 回目のメガネの中での絵の位置の調整つが 14 回であったのに対して，3 回目は 5 回だった．戸惑いなしに，絵の向き，速さを調整してる様子が見られた．3 回目の自由制作においても，速度と向きの調整をしている様子がほとんど見られなかった．一方で，制作の中で気球の絵を動かしているが，その時にメガネを 2 つ使って動かしている．これはビスケットにおけるランダムな動きを

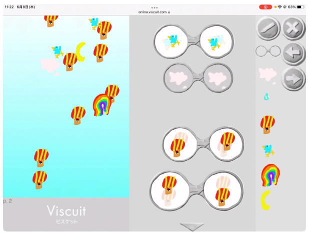

図 5　A 児の 3 回目のレッスンの自由制作の最後の状態

Fig. 5　Program made by A in 3rd Lesson

作るテクニックだが，この時点では教わってはいない．A 児自身も意図してこのプログラムを作ったのではないと見受けられた．ステージの上部に置いた気球は下に，ステージの下部に置いた気球は上に動かしたかったのではないかと見受けられる．これによって，「1 つの絵が 1 つの命令で動く」という理解を今までしていたと思われていたが，実は理解していない可能性が発見された．最終的に 6 つ絵を描いて 3 つ動かしている．気球以外の絵以外については，動きも方向も妥当な動きをしている．

4.2　B 児

B 児は 1 回目の練習に置いて，メガネで絵の動きを調整する際に，メガネの右の絵を動かした後，メガネの左の絵を動かす操作が特徴的だった．何度も絵の速度，向きの調整をしているが，メガネの左右に同じ調整をしているため，結局打ち消し合っていた．この時点で B 児はメガネが左の絵と右の絵の位置の差分が命令として実行される，ということが理解できていないように見られた．1 回目の自由制作においては，ステージに絵を置き，絵を動かすことはできていた．また，メガネを作成するときにメガネの両方の絵を調整する，ということはしなかった．一方で，速く動かすということもできているが，描かれた絵の特性から，向きや，右から左への変化だということがわかっているかはわからなかった．

2 回目のレッスンにおいては，練習において絵の方向は絵の特性に合わせて動かすことができていた．また，速さについてもきちんと「うさぎ」と「カタツムリ」で速さに差をつけていた．メガネの操作を終了させると，ステージの絵を更に増やしていた．A じと同じように「1 つの命令が使われる」とわかった上で，その命令が適用されるように，絵を増やしていると思われる．2 回目の自由制作では，4 個絵を描きすべて動かしていた．「かたつむり」，「あり」，「トンボ」の絵を描いているが，顔の向きが判別でき，その顔の方向に動いているのが確認できた．また，「ありの家」を描いており，これも動かしている．「ありの家」を動かすときは下に動かしたり，横に動かしたり，何度も方向を調整し，最終的に右に動かすところで操作を止めていた．「トンボ」に関しては，最初は下に動かし，次は顔と逆の方向の上斜めに動かし，最終的に顔の方向の斜め上に動かし

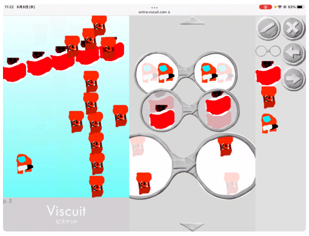

図 6　B 児の 3 回目のレッスンの自由制作の最後の状態
Fig. 6　Program made by B in 3rd Lesson

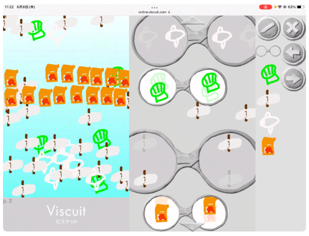

図 7　C 児の 3 回目のレッスンの自由制作の最後の状態
Fig. 7　Program made by C in 3rd Lesson

ていた．家を動かして入るが 2 回目で，命令で動く，一つの命令で該当する全ての絵が動く，間違った場合間違った方向に動くので正しく動かす，ということが理解できてると思われる．

3 回目のレッスンにおいては，練習において C 児はロケットもしずくも，最初に正反対の方向に一度動かしていた．2 回目に理解が見られていたので，わざと間違った命令で，間違っているから面白みが出ることがやりたかったのかもしれないが，判断ができなった．一度，絵を並べ，その後でメガネで動かし，その後操作していない時間があった後で，速さをさらに調整していた．しかし，メガネの中での絵の方向・速さの調整の数は 2 回目の練習よりも減っていた．27 回から 9 回に減っており，A 児と同じように，自分が実現したい動きが早く実現できているように観察できた．自由制作では，3 個絵を描き，全て動かしていた．「ちょうちょ」と「気球」の絵に関しては，一度スピードを速くさせてから減速させるという過程で，制作の操作を終了していた．先の練習のように絵に合わない動きを故意につけてから，正しい動きをつける，という操作スタイルなのかもしれない．また，最後にゲームのキャラクターを描いたが，そのキャラクターは，一度の操作で，プログラム作成を終了していた．最後で時間がなかったということもあるかもしれないが，正しい方向で，動いていた．A 児と同じように，自分のつけたい動きをすぐつけられるようになっている可能性が見られた．

4.3　C 児

C 児は 1 回目の練習にて，メガネの左側には一つの絵をいれ，メガネの右側に複数の絵を入れる，という操作を繰り返していた．自由制作では何度か速度の調整，また，向きの調整をする操作はしていたが，描いた 4 つの絵を全て同じ方向に動かしていた．また，自由制作でもメガネの右に絵をいれる間違いをしていた．メガネで動くことはわかっているし，1 つの命令で命令対象の絵が複数動くことは理解していると思われた．一方で，正しい動き，間違った動き，という認識があるかどうかはわからなかった．

2 回目のレッスンにおいては，練習においてメガネの右側に絵を複数入れるという操作は見せなかった．速度調整を行なって，いいスピードと向きができると，ずっとステージに絵を配置する操作をしていた．A 児，B 児と同じように，メガネの命令に従って複数のステージ上の絵が動いており，命令が出来上がったら，その命令に従う絵をステージに増やすという行為を行なっていた．自由制作では作成したそれぞれの絵に合わせて，速度・方向の調整をしていた．「あり」「アリの巣」「ダンゴムシ」「ナメクジ」「女王あり」を描いていた．作成中「アリの巣」を一度動かしたが，その後，メガネを片づけ，動きを止めていた．「ナメクジ」と「女王あり」については，動きの方向と絵が合っているのかは判断できなかったが，「アリ」と「ダンゴムシ」については，動き，速さは妥当な動きがついていた．

3 回目のレッスンにおいてもメガネの右側に絵を複数入れるという操作は見せなかった．また，ロケットは速く動くというメガネを作成した後は，ステージにロケットを大量に並べ，全てのロケットが速く動いている状態を作っていた．「しずく」の絵も下方向に動かしていた．自由制作では，4 つ絵を描いていた．「気球 1」「トンボ」「飛行機」「気球 2」を描き，全てを絵が持っている方向性と合致している方向に動かしていた．C 児に関しては，A 児，B 児とは違い，一度メガネの中に絵を入れてから，速度の調整をこの 3 回目の自由制作では多く行なっていた．2 回目の自由制作では 23 回の速度と方向の調整だったが，3 回目は 46 回行なっていた．

4.4　D 児

D 児は操作の仕方，つまり指先の使い方に特徴があるのか，または機材が不具合が多い機材なのか，画面が違う画面にいってしまったり，画面が固まっている様子が 3 回通して何度か見られた．

1 回目のレッスンの練習では，メガネを 2 つだし，その 2 つのメガネの両方に三角の絵を入れ，三角をゆらゆら動かすプログラムを作っていた．何度か三角をメガネの中で動かし，動きと速さの実験をするがランダムに絵が動いているので，自分の操作がどのようにステージの絵に影響しているのかが分かりずらい状況だった．操作の間違いとしては，B 児と同じように絵をメガネに入れた後に，右のメガネの絵も左のメガネの絵も動かしていた．また，右のメガネの絵のメガネ内での移動と，左のメガネ内での移動の操作を一続きで行うため，どちらの操作がどのようにステー

©2024 Information Processing Society of Japan

ジに影響しているのかを確認していなかった．冒頭に触れたように，指先の使い方に特徴があるのか，何度か絵を部品置き場から移動させる時に，メガネの中やメガネ置き場に落とすことをしていた．また，教諭の指示では左右に同じ絵を入れるように言われていたが，左右に違う絵をいれる操作をしていた．自由制作では絵を描くことで制作時間が終わっていた．絵は，一度途中まで描いては，全部消し，また，描き始めては全部消すを3回繰り返していた．最終的には終わる間際に，ステージに2つ絵を置き，メガネをだし，ステージから1つメガネの中に絵をいれ，部品置き場から1つ絵をメガネにいれ，絵が1つステージ上で動いている状態で終わった．

2回目のレッスンの練習では練習内容通り，最初はカタツムリは顔の方向に動かしており，また，うさぎを速く動かしていた．しかし，途中でカタツムリのメガネのカタツムリを片付けてしまう．その後，カタツムリのメガネをもう一度修正し，カタツムリを一回速く動かし，その後，ゆっくりの速さ調整する．最終的には，レッスンの内容としては，カタツムリもうさぎも顔の方向に動かしてもらう意図なのだが，カタツムリを上に動かし，うさぎは下に動かして，練習を終わりにしている．自由制作では最初に絵を3つ連続で描く．その後，指導員にメガネがないことを指摘される．メガネを作成し，絵を動かし始めるが，この時，メガネの右の絵も左の絵も動かしてしまっている．メガネの意味が，左のメガネの絵の座標位置から，右のメガネの絵の座標位置への変化だということが理解できていない様子であった．最終的に3つの絵を動かしている一方で，A児，B児，C児のように，速さや向きを調整する試行錯誤はない様子だった．しかし，2回目は描いた絵を全部消す、ということはなかった．

3回目のレッスンの練習では，メガネの左に絵を入れて、右が入っていない状態で、左の絵を調整してプログラムを修正しようとする操作が見られた．指導員から右のメガネに絵が入っていないと指摘され，右のメガネに絵をいれるが、その後、右も左も絵の位置を調整して打ち消し合い，うまく調整がされない．ここでも，右を調整した後に，結果を確認しないで、左もずらしていた．指導員から「ロケットはどっちに動く？」と聞かれると，D児は「上ー、雫はしたー」と答えている様子が聞こえるので，ので答えは認識していると思われる．3回目に関しても絵を部品置き場から指先で移動させる操作の途中で，絵を落とす状態が確認できた．練習の時間の中で，途中に正しく絵を動かしている状態の時もあったが，最終的には絵を部品置き場に片づけ，絵が全く動いてない状態で自由制作に移行した．自由制作では，再び描いた絵を全部消す操作をしていた．自由制作はお絵描きに多くの時間を使っていた．最初の絵が完成した後，絵を入れステージにいれ，メガネを出し，左右に絵を入れて動かす，ということはできていた．メガネで

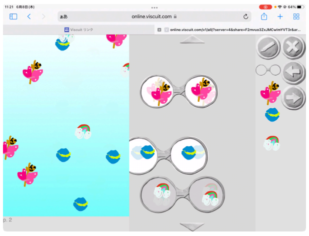

図8　D児の3回目のレッスンの自由制作の最後の状態
Fig. 8　Program made by D in 3rd Lesson

絵を動かすということは理解できているように思われた．最終的に絵を3つ描き，全ての絵をメガネで動かしているが，方向と速さの理解が曖昧な印象があった．

5.　考察

園児4人のプログラミングの操作を動画として記録し，その動画を確認した．結果として，4人とも違うつまずきを見せていることがわかった．メガネの右と左の絵を両方操作してしまい，意図したようにプログラムが動かすことができないつまずきは2人に見られた．2人のうち1人は3回のレッスンの中でそのつまずきは見せなくなったが，1名は3回目に至ってもまだつまずきを見せていた．

メガネの中での絵の操作以外のつまずきについても，4人のうち3人は2回目でほぼ解消していた．一方で，1人は1回目，2回目で見せたつまずきを3回目でもしていた．

4人の操作を確認すると，メガネで絵を動かしているというのは全員理解できているようだった．また，絵に対して，1つの命令で複数の対象になっている絵がその命令に従って動くことも4人とも理解できているようだった．一方で，絵の持つ性質に合わせた正しい・間違った命令に関しては3人は理解できているように見えるが1人はまだ理解できていないようだった．メガネで命令ができているが，メガネ自体が，左から右への変化を表している，ということの理解ができていない様子だった．

6.　結論と今後の課題

本研究では，4人の園児の3回のレッスンの操作の変化を分析した．その結果，操作のにおけるつまづきや，獲得のプロセスの質が4人とも違っていたことがわかった．4人中3人は3回を経てプログラミングが流暢になっていっていた様子が見えたが，1人は命令していることはわかるが，どのように自分の思う命令ができるかの理解はできていない様子だった．

本研究の今後の課題として，分析する園児の人数を増やすことが挙げられる．例えば，A児とB児は3回目に至って試行錯誤が少なくなっていったが，A児・B児のように絵を描いている時から速度や方向がわかっているタイプと，C児のように作りながら考えるタイプがいる可能性が考えられる．また，D児に関してのつまずきを見てみる

©2024 Information Processing Society of Japan

と，一般的にコンピュータが苦手な人に見られる特徴のようなものが感じられた．例えば，操作の結果を見ないで次の操作をしてしまったり，指導者の指示と違うことをやってしまっていたりする部分だ．こういった児童のタイプわけができるかどうか，一般化できるかどうかは研究の課題である．

また 4 人とも操作の塊と操作の塊の間に操作がない時間があった．おそらくここで自分のプログラムを鑑賞したり，プログラムを人に見せているのではないかと考えられる．スクリーンの動画だけでなく，操作している様子も確認し，どのようなプロセスでプログラミングでの表現を確認しているか，さらに研究を進めたい．

謝辞　本研究は JSPS 科研費 23K12833 の助成を受けたものです．

参考文献

[1] 日本学術会議情報学委員会情報学教育分科会: “報告 情報教育課程の設計指針 ー 初等教育から高等教育まで,” http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-24-h200925.pdf（参照 2023-2-19）.

[2] 文部科学省: “幼稚園教育要領,” http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/youryou/you/index.htm(参照 2023-2-19).

[3] 文部科学省: “幼稚園教育要領解説,” https://www.mext.go.jp/content/1384661_3_3.pdf(参照 2023-2-19).

[4] 佐伯胖: “「子どもがケアする世界」をケアする：保育における「二人称的アプローチ」入門,” ミネルヴァ書房, pp.15-19，2017.

[5] 林健造: “異文化としての幼児画ーあなたへのメッセージの読みとり方,” フレーベル館, ISBN457781126X, pp.10-12, 1996.

[6] 鈴木正敏: “幼児教育・保育をめぐる国際的動向ー OECD の視点から見た質の向上と保育政策ー,” 教育学研究, Vol.81, No.4, 460-472, 2014.

[7] 佐藤学，ワタリウム美術館: “驚くべき学びの世界〜レッジョ・エミリアの幼児教育〜,” ACCESS，2011.

[8] 橋川喜美代: テ・ファリキとラーニング・ストーリーから実践記録を読み解く, 鳴門教育大学研究紀要, 27, pp.12-24(2012).

[9] 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).

[10] 原田康徳: “体験型ワークショップ用ソフトウェアの開発,” 情報処理学会第 50 回プログラミング・シンポジウム報告書, pp.163-168, 2009.

[11] 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, 891-893, 2017.

[12] 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．情報処理学会論文誌教育とコンピュータ，Vol.6, No.1，pp.28-39(2020).

[13] 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繰り返し続けるプログラムの理解の分析,” 情報処理学会論文誌教育とコンピュータ, Vol.7, No.1，pp.38-49, 2021.

[14] Watanabe, Takeshi, et al. ”Analyzing viscuit programs crafted by kindergarten children.” Proceedings of the 2020 ACM Conference on International Computing Education Research. 2020.

[15] 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).

[16] Anzoàtegui, L.G.C., Pereira M.I.A.R., and Jarrín M.C.S.: Cubetto for preschoolers: Computer programming code to code, Proc.*2017 International Symposium on Computers in Education*, IEEE(2017).

[17] Flannery, L. and Bers, M.: “Let’s Dance the “Robot Hokey-Pokey!” Children’s Programming Approaches and Achievement throughout Early Cognitive Development,” *JRTE*, Vol.46, No.1, pp.81-101, 2013.

[18] Bers, M. U., Flannery, L., Kazakoff, E. R., & Sullivan, A. (2014). Computational thinking and tinkering: Exploration of an early childhood robotics curriculum. Computers & Education, 72, 145-157.

[19] Martinez, C., Gomez, M. J., & Benotti, L.: “A comparison of preschool and elementary school children learning computer science concepts through a multilanguage robot programming platform,” Proc. *The 2015 ACM Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education*, pp.159-164, 2015.

[20] Seiter, L., & Foreman, B.: “Modeling the learning progressions of computational thinking of primary grade students,” Proc. *The ninth annual international ACM conference on International computing education research*, pp.59-66, 2013.

[21] 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).

[22] Morgado, L.,Cruz, M. and Kahn, K.: ToonTalk in Kindergartens: Field Notes, *AJET*, Vol.26, No.3(2010).

[23] Repenning, A.: Agentsheets: A Tool for Building Domain-Oriented Dynamic, Visual Environments, Ph.D. Dissertation, University of Colorado at Boulder(1993).

[24] Anderson, M. and Furnas, G.: Relating Two Image-Based Diagrammatic Reasoning Architectures, Diagrammatic Representation and Inference, Vol.6170, pp.128-143(2010).

[25] Bell, B. and Lewis, C.: ChemTrains: A Language for Creating Behaving Pictures. Proc. *IEEE Symposium on Visual Languages*, pp.188-195(1993).

[26] Smith, D.C., Cypher, A. and Spohrer, J.C.: KidSim: programming agents without a programming language, *Commun. ACM*, Vol.37, No.7, pp.54-67(1994).

[27] Harada, Y. and Potter, R.: Fuzzy Rewriting, End User Development. Human-Computer Interaction Series, Vol.9, pp.251-267(2006).

[28] 渡辺勇士, 中山佑梨子, 原田康徳, 久野靖: “プログラミング言語ビスケットを学び続けた児童のプログラムの分析,” 情報処理学会第 61 回プログラミング・シンポジウム報告書, 2020.

[29] シーモア・パパート: “マインドストームー子供、コンピューター、そして強力なアイデア,” 未来社, ISBN4624400437, 1995.

[30] Repenning, A., Basawapatna, A. and Escherle, N.: Computational thinking tools, *VL/HCC*, pp.218-222(2016).