

年長児の空間的・幾何学的思考の向上に関する一考察 —かたちパズル・プログラムへの取り組み方を分析して—

松尾七重¹⁾*・花岡直毅²⁾

¹⁾千葉大学・教育学部

²⁾株式会社プレイシップ

A study on the improvement of spatial and geometric thinking of senior children in preschool:

Observation of the children's participation in the *katachi* puzzle program

MATSUO Nanae¹⁾* and HANAOKA Naoki²⁾

¹⁾Faculty of Education, Chiba University, Japan

²⁾PLAYSHIP Inc

本研究の目的は、直角二等辺三角形をベースとしたかたちパズルのプログラムに参加した年長児の空間的・幾何学的思考の向上の要因を、プログラムの活動への子どもの取り組み方を分析することで明らかにし、その結果を基に、子どもの空間的・幾何学的思考の向上のための要件を示すことである。

そのために、約2ヶ月間のプログラムの事前事後で実施した空間的・幾何学的思考の調査結果に見られる変容の要因を分析する。今回は特に事前調査で同様な点数であった2名の幼児が事後調査では、一方は点数が向上し、もう一方は低下したことから、二人の活動を分析し、比較することで、向上要因を解明する方法を採用する。

結果として、子どもの空間的・幾何学的思考の向上のための要件を示すことができた。楽しんで集中して取り組める環境の設定、ピースに注目して、ピースを置き換えることの意識化、図形の対称性を踏まえた形構成、ルールを守った活動の実施である。

This study aims to show the requirements for the improvement of spatial and geometric thinking of children who participated in a program of shape puzzles based on right-angled isosceles triangles by analyzing the children's approach to the program activities.

We analyze the factors for the improvement seen in the results of the spatial and geometric thinking test conducted before and after the program, which lasted approximately two months. In this study, we will employ a method to clarify the improvement factors by analyzing and comparing the activities of two young children who had similar scores in the pre-survey but whose scores improved in the post-survey while the other declined.

As a result, we could indicate the requirements for improving children's spatial and geometric thinking. These are: setting up an environment in which the children can enjoy and concentrate on their work, focusing on the pieces and making them aware of replacing them, constructing shapes based on the symmetry of the figure, and implementing activities by the rules.

キーワード：空間的・幾何学的思考 (spatial and geometric thinking), パズル (puzzles),
幼児期 (early childhood)

1. はじめに

近年、国際的には幼児期の数学教育に関する様々な研究が急増している。これは幼児が複雑な数学的知識をもち、早期に、また、よりよく抽象的な推論を行うことができるということが最近の研究により解明され (English et al, 2013), その結果、幼児数学教育に関する研究が急速に進展しているためである。世界の国々では、幼児の数学的能力の成長度合いやその同定に関する研究、また、幼児期の数学教育を、数学教育の一分野として位置付け、就学後に

つながる数学教育に関する研究等が多数行われている。一方、我が国では、幼児数学教育の分野における研究は他の分野に比べると極めて少なく、幼児数学教育の研究は発展途上であると言わざるを得ない。我が国の幼児教育現場では、生涯にわたる人格形成の基礎を培うという立場から、総合的な取り組みが意図されており、個々の教科についての教育はあまり注目されていない。加えて、幼児期の教育では、情緒の発達を重要視し、その発達を促す取り組みが最優先課題となっている。しかしながら、早期に教科の教育を始めることの意義は様々考えられるものが、発達の最近接領域が示唆しているように、早期からその年齢に適合した教育を始めることにより、発展の可能性が広がり、かつ、

*連絡先著者：松尾七重 matsuo@faculty.chiba-u.jp

個の特性を認めることでその特性を活かした学習へとつなげ、高度化を早めることもできると言えよう。特に、先行研究では、早期数学教育の一環として幼児の空間的思考を発達させることの重要性が示されている (Hawes et al., 2017, etc.)。一方で、幼児期における数学的技能の不十分さは、就学後の数学の成績の低さを予測する可能性が高いことも分かっている (Hannula-Sormunen et al., 2015, etc.)。

最近の幼児期の数学教育の研究動向についてまとめられたBjörklund (2020) らの研究では、幼い子どもの数学的発達をどのように捉えるか、そのための十分な教授方法をどのように決定するかが研究の共通した興味と挑戦であると述べられている。それに加え、幼児にとって数学とは何か、空間的・幾何学的思考と測定、及び構造とパターン、データ処理、問題解決、数学的推論といった領域の基礎をどのように築くことができるかについてより深い洞察の必要性が指摘されている。このように、幼児期に学ぶ必要のある数学を明らかにし、その発達を促す取り組みについて考えることは必要である。とりわけ、幼児の場合、育つ文脈や状況によってその発達の程度が容易に変わることから、同一文脈のプログラム参加の中で、数学的能力の発達に焦点化し、個々の子どもへの最適な対応は重要であると考えられる。

これまでに、空間的・幾何学的思考の領域については、その発達を目指して、ブロック遊びやパズル遊び等、各種の知育玩具が提供されている。しかしながら、これらの玩具に取り組むことで子どもたちの何がどのようによりよく発達するか等は未だ詳細には解明されていない。本研究では、図形のパズルを用いた活動のプログラムを提供することによって、子どもたちの成長を促すことを目指し、プログラムの開発及びその効果検証を行う。その一環として、今回はかたちパズルを使ったプログラムの活動に参加した子どもの中から他と比べて空間的・幾何学的思考の著しい向上が見られた子どもを選び、その子どもの活動への取り組み方を詳細に分析することで、空間的・幾何学的思考の向上に効果的な参加の仕方を明らかにし、今後のプログラム実施への示唆を得ようとする。

そこで、本研究の目的は、かたちパズルのプログラムに参加した子どもの空間的・幾何学的思考の向上を、プログラムの活動への子どもの取り組み方を分析することで明らかにし、その結果を基に、子どもの空間的・幾何学的思考の向上のための要件を示すことである。

2. 空間的・幾何学的思考

2.1 空間的推論

Richら (2018) によれば、空間的推論には、(a) 図形や図形の構成と分解、(b) 視覚化、つまり、絵や物を心的に操作し、回転させ、ねじり、反転させる能力、(c) 空間的な方位、つまり、物体の向きが変わってもその物体を認識する能力、(d) 空間関係、すなわち空間的なパターンを認識し、空間的な階層を理解し、言葉の説明から地図を想像する能力が含まれているという。また、空間的推論は、比例的推論や代数的推論等を用いて、より高度な数学で成功することを予測し、空間的推論には数学の成績との強い相関があり、空間的な課題について成績がよい生徒は、数学

的能力のテストでもよい成績を修めることが明らかにされている。また、空間的推論が数学学習と関連していること (Resnick, 2020) や、空間認識のトレーニングを行った子どもの計算問題の成績が大きく向上していること (Ehrlich et al., 2006) も明らかにされている。このように、空間的推論と数学的能力との様々な関係性が解明されつつある。

一方で、心的回転トレーニングが子どもの空間的能力を向上させたことを明らかにしている Chengら (2014) の研究をはじめ、空間的能力を向上させるための研究も様々見られる。その中でも、Kotsopoulosら (2019) は家庭での数学的活動が子どもの言語的視覚空間能力を予測することを明らかにし、幼児期に行う経験の重要性を主張している。加えて、Woolcottら (2020) は、初等教育における数学のカリキュラムの中で、核となる知識や技能を開発するためのカリキュラムに組み込める学校で実施できる持続可能な空間的推論プログラムを提供するさらなる研究の必要性を指摘している。このように、空間的推論を幼児期に育むための取り組み及びその必要性が複数の研究者により指摘されている。本研究も同様の立場に立っている。

空間的推論の向上のための取り組みとしてはブロックや積み木、パズル遊びの研究が挙げられる (Casey, B. M. et al., 2008, etc.)。Thomsonら (2020) は、1年生の始めのブロック積み上げ課題における子どもの正確さがその後の数学の到達度を予測することができるとして、ブロック遊びの効果を詳細に調べている。また、タングラムに関する研究では、扱った経験が幾何学へ向かう肯定的な態度を育み、図形の同定、分類の技能、ひいては、基礎的な幾何学的概念や関係の理解を促すことを示している (Bohning et al., 1997)。しかしながら、一般的な色板等のパズルによる形構成等に関する効果は必ずしも明らかにはされていない。本研究では直角三角形をベースとした色板からなるかたちパズルを用いたプログラムの効果検証を目指している。

2.2 図形のdisembedding

幾何学的思考には、図形の形状把握に始まり、図形の総合的な捉え方、図形の分析的な捉え方、図形の構成・分解等に関する思考が挙げられる。その構成・分解の一種として考えられているのが図形のdisembeddingである。図形のdisembeddingとは、いくつかの図形を組み合わせた複雑な図形の中から、ある部分に視点をあてて、その図形を「取り外す」ことを意味する (Clements, et al., 2009)。この逆の操作である図形のembeddingとは、ある図形の枠に対して、いくつかの図形をはめ込んで全体の図形を完成させる場合の「はめ込む」ことを意味する。我が国の教育では、「取り外し」も「はめ込み」も数学教育の専門用語としては取り上げられておらず、学習指導の内容にもなっていない。図形のembeddingはパズル等でよく見られるはめ込みの活動に相当するものであるが、一方、取り外しであるdisembeddingは一般的にはあまり取り上げられていない。しかしながら、図形学習においては、図形の敷き詰め図を観察し、そこから、図形の性質や図形間の関係を見出すときに、あるいは、図形の証明問題を解決する際に、合同な三角形のペアを

見つけるとき等に用いられる思考である。そのため、図形のdisembeddingは図形学習に欠かせない能力の一つであると言えよう。

Clementsら(2009)は図形のdisembeddingに関して次のような学習軌道を提案している。3歳児(前disembedder)は重なりのない、一つまたはいくつかの図形の集まりを思い出したり、再生したりすることができる。4歳児(単純disembedder)は複雑な図形の枠を同定したり、図形が重なっている配置の中にいくつかの図形を見つけたりすることはできるが、図形が他の図形の中にはめ込まれている配置においては、はめ込み図形を見つけることはできない。5,6歳児(図形中の図形disembedder)は同一中心の円や、正方形の中の円、複雑な図形の中の基礎的な構造のように、他の図形の中にはめ込まれた図形を見つけることができる。7歳児(第二構造disembedder)は複雑な図形の基礎的な構造以外の場合であっても、はめ込み図形を見つけることができる。8歳児(完成disembedder)はうまくすべての様々な複雑な配置を認める能力を持っている。このように年齢が上がるに従って、よりよいdisembeddingができるようになってくる。しかしながら、これは学習により効果があがるということも示していることから、disembeddingは適切な活動を取り入れることにより、十分に発達させることが予想される。

先行研究から、図形のdisembeddingについて、多くの年長児は複数の三角から成る複雑な配置において、一つのピースから成る三角だけしか選べないが、一方、多くの小学校1年生は複数のピースを組み合わせた三角を選ぶことができ、また、三角をその向きにかかわらず、それを認めることができること、また、小学校1年生の約40%は一つのピースから成る三角だけを選び、十分にdisembeddingができないことが明らかにされている(松尾, 2012)。さらに、プログラムの中でdisembeddingの活動を多く取り入れることにより、その活動がよりよくなるようになり、敷き詰め図の観察を始め、その後の図形学習をスムーズに行うことができることが示されている(Matsuo, 2011)。加えて、この活動を効果的に行うための取り組みとして、幾何学的な図形を位置に関係なく認識することを目指し、色板やブロック等で図形を組み立てたり分解したりする活動、与えられた図形をいくつかの図形で作る活動、教師の指示に従って図形の一部を他の図形に置き換える活動、構成要素の一つを意味する図形の一部を他のいくつかの図形に置き換える活動、構成要素のいくつかの部分をも他のいくつかの図形に置き換える活動が提案されている。

3. かたちパズル・プログラム

過去から現在までに、形を用いたパズルは、タングラムをはじめ、多くのものが提案されている(Bohning et. Al., 1997, etc.)。本研究で用いられているパズルは大きさの異なる直角二等辺三角形、最も小さい直角二等辺三角形から作成できる正方形、平行四辺形、台形の33枚の色板からなるセットである。尚、色板1セットの内容は直角二等辺三角形(4種:等辺が8cm(赤1枚),等

辺が4cm(オレンジ4枚),斜辺が8cm(黄2枚),斜辺が4cm(ピンク14枚)),正方形(2種:一辺が4cm(青2枚),対角線が4cm(白4枚)),平行四辺形(2種:底辺が4cm,高さが2cmの向きが異なる2種,金4枚),等脚台形(1種:上底4cm,下底8cm,高さ2cm,銀2枚)である(図1)。

このパズルを用いた活動のねらいは様々な色板を、枠の中に隙間なく敷き詰めて、何らかの形を構成する方法を考え(図2)、そこから形を、別の色板を使って作り換えることである。松尾(2012)によれば、幼稚園年長児を対象とした色板による形構成・形置き換えの活動により、disembeddingの効果が明らかにされている。今回は、パズル遊びが幼児の空間変換技能の予測因子となり得るという研究成果(Levine et al, 2012)を踏まえて、適切なパズル遊びによって、子どもの空間的思考力を高めることを目指したものである。

先行研究では、かたちパズルを用いて、魚の形を構成したり置き換えたりする活動のみを行っていたが、本研究では、様々な形を作成できるように、遊びシートを作成し、そのシートの難易度を設定し、プログラム内では、難易度の低いものから高いものへ進んでいけるようにした。遊びシートの難易度は、ピースの使用数と使用種類の組み合わせにより、AA~CCまでの9種類5段階で設定した(表1)。使用数については、使用可能なピース数の最大値に応じて、使用数の難易度を決定した。具体的には、10ピース以上がA、5ピース以上10ピース未満がB、5ピース未満がCである。また、使用種類については、遊びシートを完成させるために使用されるピース



図1 かたちパズルのピース

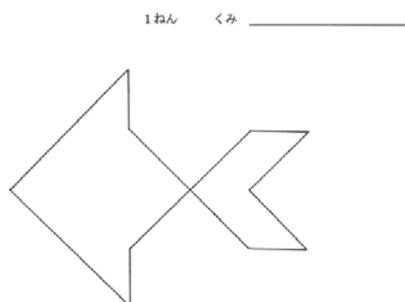


図2 かたち構成シート

表1 遊びシートの難易度

| | | | |
|------------|----|----|----|
| 使用数 \ 使用種類 | A | B | C |
| A | AA | AB | AC |
| B | BA | BB | BC |
| C | CA | CB | CC |

が最少となる場合について、そこで使われたピースの種類について1種類1ポイントとして算出した。なお、金色のピースについては、方向性の使い分けが必要なため、2種類ある金色のピースのどちらか一方を使用しなければいけない場合は、合計ポイントから20%、二つとも使用しなければいけない場合は、合計ポイントから40%の加算を行い、結果として、6ポイント以上をA、3ポイント以上6ポイント未満をB、3ポイント未満をCとした。

かたちパズルのプログラムの1回の活動の流れは以下の通りである。パズルの箱の中には、図3のように、名前カード、ピース、準備シート、遊びシートがセットされている。箱を開け、蓋と箱とに分け、箱の方に準備シートを載せ、一方、蓋の方に使用する遊びシートを置き、名前カードを右上に置き、さらに、準備シートの上にピースを種類別に置いて準備をする。その後、遊びシートの上にピースを置いて、形を作る活動を行う。ここでは、遊びシートの中に構成の補助となる線が示されてい

る面とその裏には、線が示されていない面がある。パズルが完成したら、その形の一部を他のピースを使って置き換えて「変身」させる。変身が終わったら、保育者にパズルを持っていき、使ったピースの数を、丸を使って示す。保育者は、パズルのでき具合について声がけし、パズルの写真を撮影する。時には、今回の参加者に自分の作品を発表する場面もあった。その後は、各自箱にピースを片づける。保育者は子どもチェックシートに記入する。

上述の活動は1回30分程度で、全14回実施された。多くの幼児を対象にして就学前保育施設で利用できるように、プログラムの各回の内容の指示等については動画を作成し、それを視聴して子どもが取り組めるようにした。各回の動画には以下の内容が含まれていた。①パズルの使い方の説明、②線ありシート/線なしシートの説明、③変身（置き換え）の説明、④数シートの説明、⑤片付け方の説明である。第2回からは、出来上がった形の発表が加えられた。第4回からは、使い方の説明を省略し、遊ぶ準備（ピースの分類配置）を1人で実施し、また、線ありシートを経て、線なしシートを1人で実施した。第5回からは、お約束（正しい置き方のルール）の理解を促す動画が加えられたが、全体として説明等は省略型となり、子どもの活動に多くの時間が当てられ、子どもたちは変身やピースを数える活動を行っていった。第14回はお約束（正しい置き方のルール）を守って行う自由

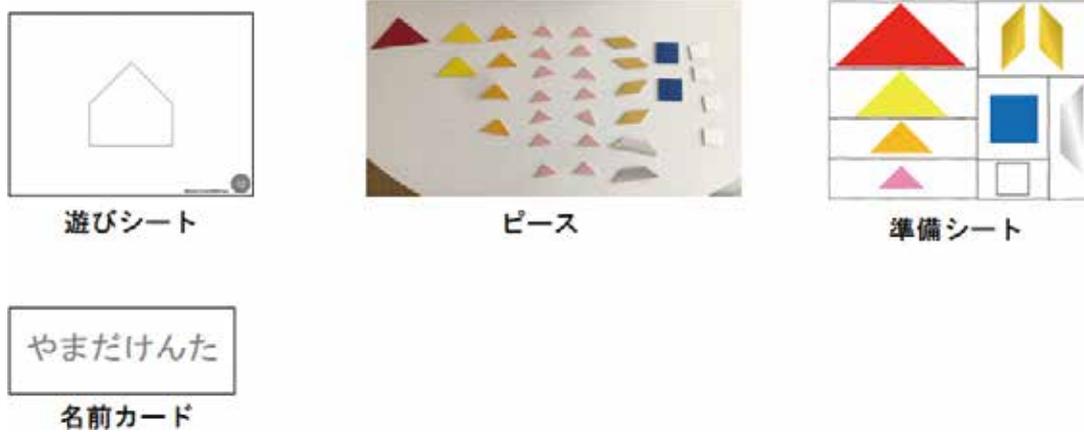


図3 かたちパズルセット

表2 かたちパズル・プログラムの各回の内容

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| シート | 12 | 8 | 9 | 23 | 19 | 29 | 26 | 32 | 27 | 15 | 22 | 16 | 25 | 自由遊び |
| 難易度 | CC | CC | CB | BC | BB | BB | AC | BA | BA | AB | AB | AA | AA | 自由遊び |
| 線有無 | 有・無 | 自由遊び |

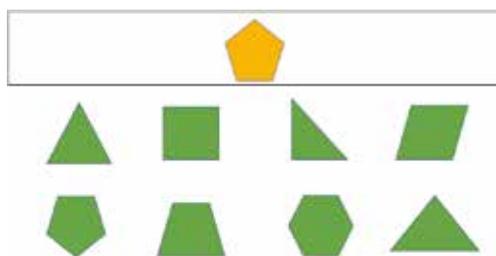


図4 問4の図

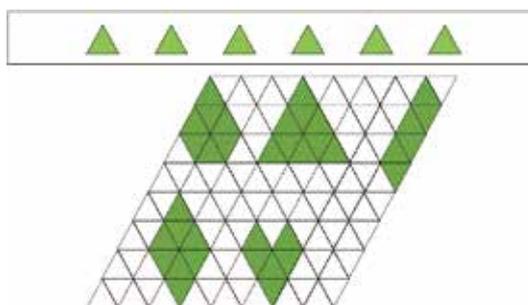


図5 問7の図

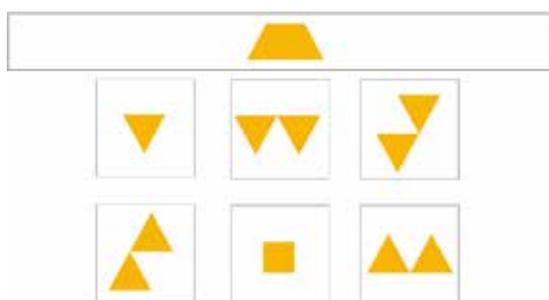


図6 問10の図

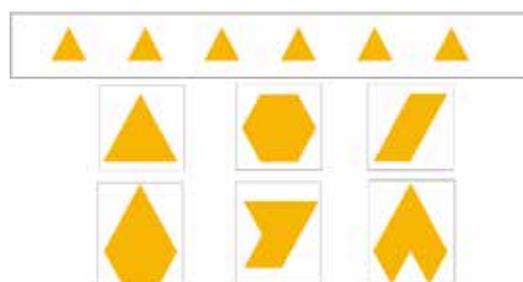


図7 問11の図

遊びの実施となり、子どもたちはピースを使って自由に形を作る活動を行った。子どもによって異なるが、2～9個の形が作成されていた。

各回のプログラムの活動は表2の通りであった。

4. 調査の概要

4.1 調査の目的と方法

本調査の目的はかたちパズルのプログラムに参加することで、子どもの空間的・幾何学的思考がどのように変容するか調べることである。調査はかたちパズルのプログラムの実施前後で行われた。この問題は事前事後で若干異なる内容となっていた。問題は以下の通りである。具体的には、事前調査では、示された形と同じ形を選択し8つの形から選ぶ問題3題（例えば、図4）、複数（2、6、8個）の正三角形を組み合わせてできる図形（ピースの線が示されている場合）をすべて選ぶ問題3題（例えば、図5）、与えられた形を作るのに、どの2つのピースを組み合わせるとできるかを答える問題1題（図6）、6つの正三角形を組み合わせてできる図形（ピースの線が示されていない場合）をすべて選ぶ問題1題（図7）であった。これらは、動画で指示し、子どもたちはその指示に従って、記入して答えた。

プログラムに参加した幼児は都内の私立保育園に通う5、6歳の年長児13名である。1名は事後調査のデータが収集できず、結果として、12名のデータを採用した。事前事後調査については、幼児は動画の指示に従って受けたが、一部後日保育者の直接的な指示により受けた。事前事後調査の問題内容は同様であるが、事前調査では問題の理解を促すために例題を解き、その後、本題を解くという形式を採り、事後調査では例題を除き、本題のみを出題した。

4.2 調査結果とその考察

分析対象とする幼児を選ぶために、幼児12名についての結果を算出した。各問題では、正答を2点、部分正答を1点として算出し、事前テストは22点満点、事後テストは16点満点であった。全体の点数で見ると、事前テストの結果が高得点であった。また、プログラム参加後に点数が上がったのは4名のみであった。要因は色々あると予想されるが、途中からプログラムへの参加態度が必ずしも意欲的でなかったことから、その効果が半減したことが保育者に対するインタビューの結果からも推測される。また、全体の正答数で見ると、4名の正解数が増え、2名が変わらず、6名の正解数が減った。さらに、同一問題の誤答数で見ると、誤答数が減った幼児が1名、誤答数が増えた幼児が2名、変わらない幼児が9名であった。以上の結果から、全体としてプログラムによる顕著な変容は見られなかった。

今回は、変容が著しい幼児を対象とし、詳細にプログラムの参加状況を見ていく。事前調査の結果から事後調査の結果で、正解数が増え、点数が上がった男児No.100003と事前調査で同程度の点数であったが事後調査で正答数が減り、点数が下がった女児No.100012について、活動中の様子を比較することで、結果の要因を考えていくことにする。

ここでは、No.100003について見ていく。この幼児は当初、ピースを適切に当てはめることができず、間違っていたが（図8）、第4回頃から自分でその間違いを正し、最後まで間違えずに進めることができるようになった（図9）。この幼児の活動の特徴を見てみよう。第一に、ピースを置き換えて変身させる回数が他と比べて多いことが分かる。しかも、ピースに注目して、その変身ができていく。これは、ピースを基に変身させる部分を特定して、置き換えを行うという目的が明確になった活動の現れであると判断できる。また、ピースを多様に置き換



図8 No.100003による第3回の作成結果

えることができている。その結果、変身回数、すなわち置き換え数が多くなっている。加えて、ピースを多様に置き換えることによって、楽しんでいただことも推測できる。実際、事後の保育者への聞き取り調査の結果から、No.100003が活動に集中して取り組んでいたことが分かっている。

また、自由作成の場合の取り組みでは、多様な形を作ることができている。以下がその結果である。ほとんどの幼児は平均4つ程度を作成しているが、No.100003のみ9つの形を作っている(図10)。特に、作られた形を見ると、対称性が強く意識されていることがわかる。Götzら(2022)が指摘しているように、子どもが線対称課題を解決する過程で用いたアプローチと、その解決結果には関係があり、用いたアプローチは、線対称についての数学的理解の度合いを明らかにしているという。このことから、この幼児は線対称、すなわち、左右で合同な形や同様な配置となるようにピースを置いていくことで、結果として線対称の形を構成したことから、線対称の形や配置となる方法を理解した上での取り組みであったと言える。

この他、ルールとして、隙間を作らないこと、点ではなく、辺同士を接触させて作成することがあったが、それを守って多くの形が作成されている。他の子どもの中には、形を作成することに集中し、このルールが守れない場合も多々見られたが、No.100003の場合は、辺同士をつなげる組み合わせ方が多くできていることも分かる。

一方で、事前調査の結果はNo.100003と同様であったが、事後調査の結果が芳しくなかったNo.100012については、プログラム内の活動に以下の特徴が見られた。形の作成

や置き換えは順調にできているが、変身が必ずしもピースの置き換えになっていない。それは図11の通りである。

尻尾の部分を置き換えていることや頭と胴体を一体として捉えていることがわかる。このことから魚の部分を置き換えている様子が窺える。これは赤いピースを黄色ピースで置き換える等とする考え方には当てはまらず、ピースへの着目度合いが少ないことが分かる。しかしながら、途中から、部分に注目した変身ができるようになってくる(図12)。全体的には大局的な置き換えが多く、あまり細かな部分については注目されておらず、詳細には置き換えられていないことも各種の置き換え活動の結果から推察される。加えて、No.100003に比べると、変身、つまり置き換える回数が少ない。意欲的な取り組みにはなっていないのかもしれない。

また、自由作成では、ある程度の対称性は見られるものの、No.100003に比べると対称性を意識した作品は少ない(図13)。さらに、点でのつながりが多く、辺がずれてつながっていることもある。自由作成では、平均以上の個数の形を作っており、意欲的に取り組んでいないわけではないが、作品には、それまでの活動の影響が見られる部分は少なく、自分なりに何かを表現しようとしていることは理解できるものの、作品からは、今回のプログラムの趣旨に沿った行動を行っていたことは明確には分からない。

以上の結果から、子どもの空間的・幾何学的思考の向上のための要件を抽出することができる。第一に、楽しんで集中して取り組める環境づくりが必要である。第二に、変身の活動では、ピースに注目して、ピースを置き換えていくことを意識することが必要である。これにより、図形を細部まで正しく捉えていくことができる。第三に、図形の性質としての対称性に気づいていくことが図形の特徴を考える上で重要である。これは図形の構成要素の関係を捉えることになるため、図形の性質を考えることができることにつながる。第四に、ルールを守って活動を行えるようにすることである。これはピース同士のつながりとそれによる構成の仕方について理解し、本プログラムの趣旨に沿った活動を実施できることになるためである。以上の要件をもとに、かたちパズル・プログラムを実施することでその効果が最大限発揮できるようになると予想される。

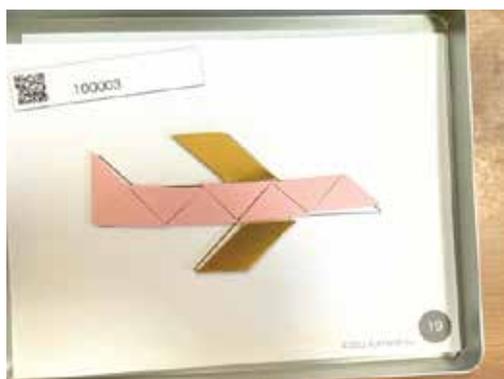


図9 No.100003による第5回の作成結果

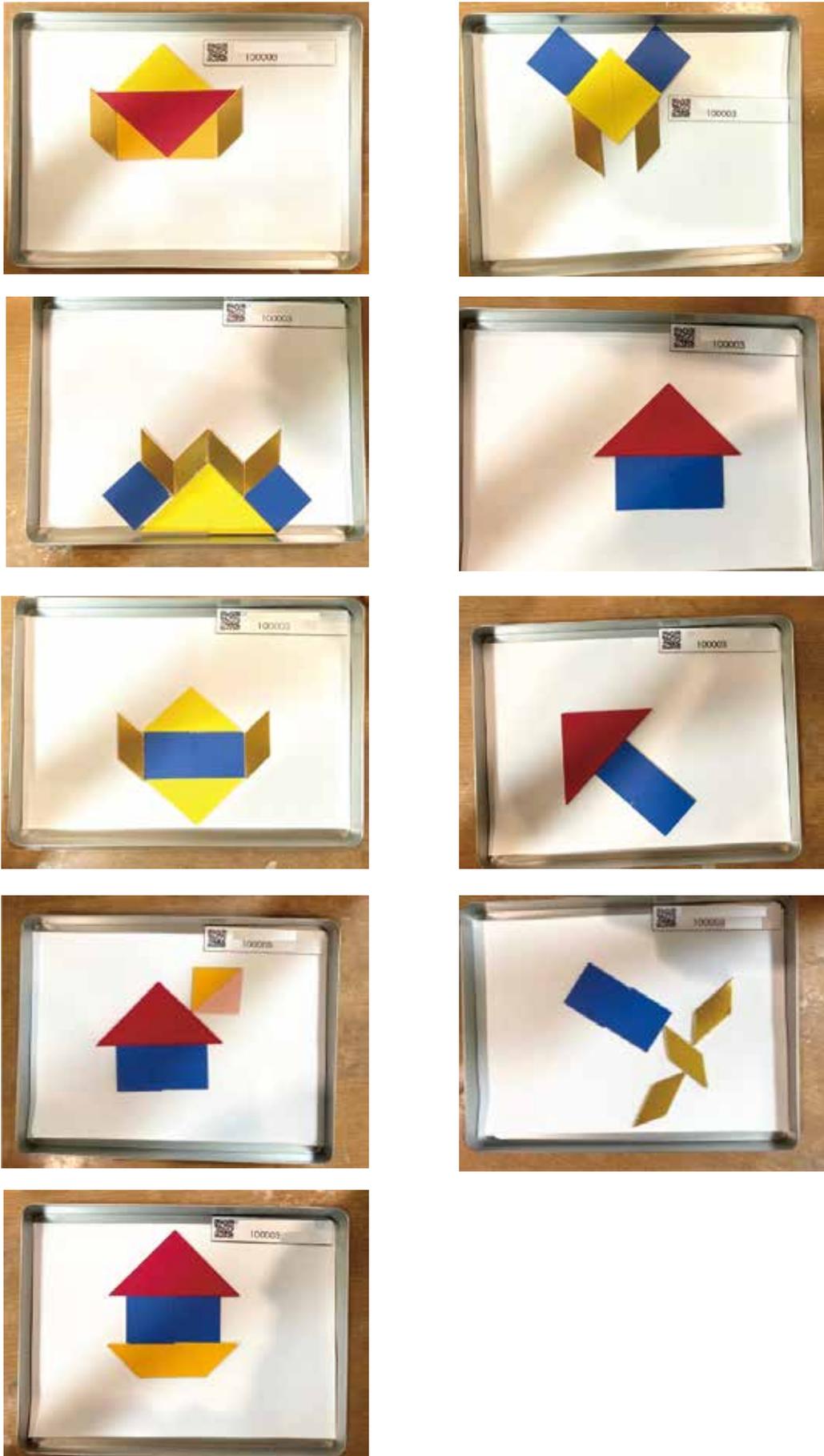


図10 No.100003による第14回の自由作成の結果



図11 No.100012による第3回の作成結果



図12 No.100012による第5回の作成結果

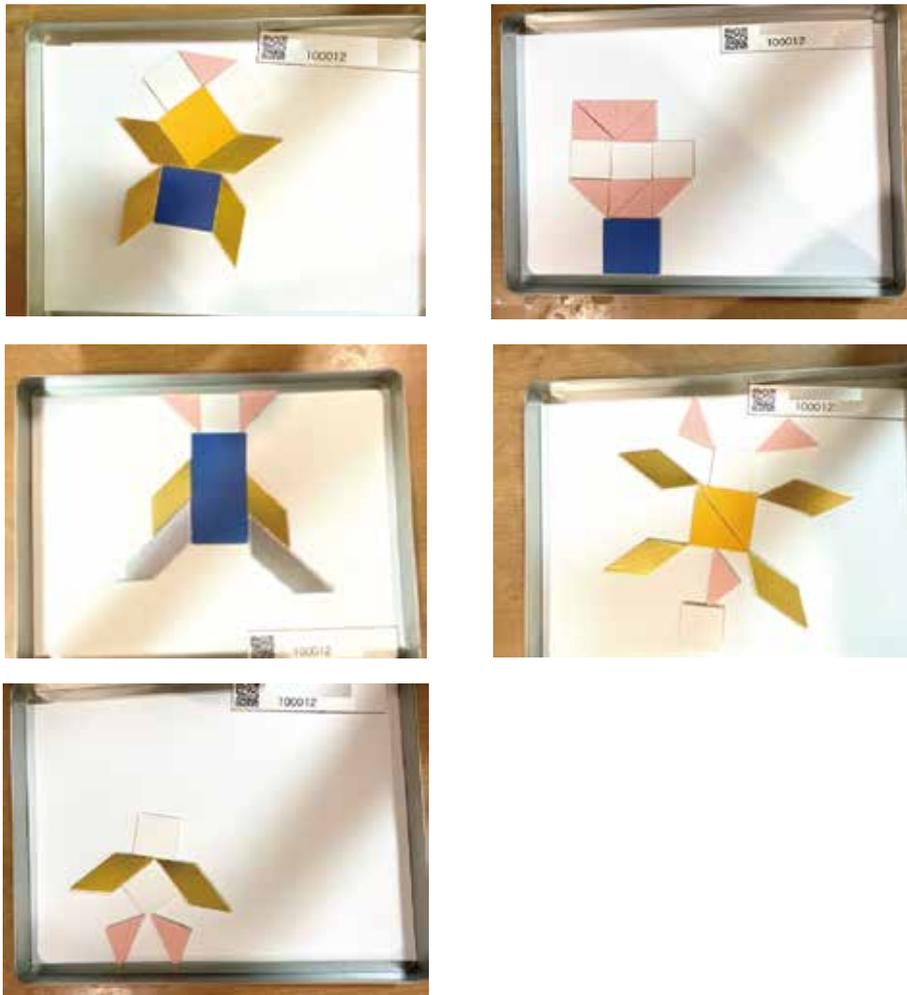


図13 No.100012による第14回の自由作成の結果

5. おわりに

かたちパズルのプログラムへ参加した幼児の空間的・幾何学的思考の向上を、プログラム上での活動への取り組み方を分析することで明らかにし、その結果を基に、子どもの空間的・幾何学的思考の向上のための要件を示すことができた。プログラムの活動にこれらの要件を取り入れて行うことで、空間的・幾何学的思考の効果が上がるということが推測される。今後はこれらの要件を取り入れて、複数名の幼児に対してプログラムを実施し、検証することが課題である。

付 記

本研究の実施にあたり、東京都内の私立保育園の先生方、関係者の方々及び年長児の皆さんにご協力を頂いた。この場をかりて感謝申し上げます。尚、保育園からの説明により、年長児及びその保護者に調査研究依頼について同意を得ている。

引用・参考文献

- Björklund, C., van den Heuvel-Panhuizen, M., & Kullberg, A. (2020). Research on early childhood mathematics teaching and learning. *ZDM*, 52, 607-619.
- Bohning, G. & Althouse, J.K. (1997). Using tangrams to teach geometry to young children. *Early Childhood Education Journal*, 24, 39-42.
- Casey, B.M., Andrews, N., Kersh, J.E., Samper, A., & Copley, J. (2008). The development of spatial skills through interventions involving block building activities. *Cognition and Instruction*, 26, 269-309.
- Cheng, Y. & Mix, K. (2014). Spatial training improves children's mathematics ability. *Journal of Cognition & Development*, 15, 2-11.
- Clements, D.H. & Sarama, J. (2007). Effects of a preschool mathematics curriculum: Summative research on the building blocks project. *Journal for Research in Mathematics Education*, 38, 136-163.
- Clements, D.H. & Sarama J. (2009). *Learning and teaching early math: The learning trajectories approach*. New York: Routledge.
- Cornu, V., Schiltz, C., Pazouki, T., & Martin, R. (2019). Training early visuo-spatial abilities: A controlled classroom-based intervention study. *Applied Developmental Science*, 23, 1-21.
- English, L.D. & Mulligan, J.T. (2013). Perspectives on reconceptualizing early mathematics learning. In L.D. English & J.T. Mulligan (Eds), *Reconceptualizing early mathematics learning* (pp. 1-4). Dordrecht: Springer.
- Götz, D. & Gasteiger, H. (2022). Reflecting geometrical shapes: approaches of primary students to reflection tasks and relations to typical error patterns. *Educational Studies in Mathematics*, 111, 47-71.
- Hannula-Sormunen, M.M., Lehtinen, E., & Räsänen, P. (2015). Preschool children's spontaneous focusing on numerosity, subitizing, and counting skills as predictors of their mathematical performance seven years later at school. *Mathematical Thinking and Learning*, 17, 155-177.
- Hawes, Z., Moss, J., Caswell, B., Naqvi, S., & MacKinnon, S. (2017). Enhancing children's spatial and numerical skills through a dynamic spatial approach to early geometry instruction. *Cognition and Instruction*, 35 (3), 236-264.
- Kotsopoulos, D., Makosz, S., Zambrzycka, J., & Dickson, B.A. (2019). Individual differences in young children's visual-spatial abilities. *Early Child Development and Care*, DOI:10.1080/03004430.2019.1699918.
- Levine, S.C., Ratliff, K.R., Huttenlocher, J., & Cannon, J. (2012). Early puzzle play: A predictor of preschoolers' spatial transformation skill. *Developmental Psychology*, 48, 530-542.
- Matsuo, N. (2010). Geometrical education for preschool children and early graders in primary school: Focus on disembedding of shapes. In Shimizu, Y., Sekiguchi, Y., & Hino, K. (Eds), *Proceedings of the 5th East Asia Regional Conference on Mathematics Education* (pp. 615-621).
- 松尾七重 (2012). 幼稚園年長児に対する形構成・形置き換え活動の効果：図形のdisembeddingの改善のために. *千葉大学教育学部研究紀要*, 60, 287-293.
- Resnick, I. (2020). Visual-spatial ability has been linked to both mathematical ability and future. *Mathematics Education Research Journal*, 32, 171-174.
- Rich, K., & Brendefur, J.L. (2018). The importance of spatial reasoning in early childhood mathematics. D. Farland-Smith (ed.), *Early Childhood Education*. DOI: 10.5772/intechopen.81564.
- Thomson, D., Casey, B.M., Lombardib, C.M., & Nguyena, H.N. (2020). Quality of fathers' spatial concept support during block building predicts their daughters' early math skills—but not their sons'. *Early Childhood Research Quarterly*, 50, 51-64.
- Wang, A., Firmender, J., Power, J., & Byrnes, J. (2016). Understanding the program effectiveness of early mathematics interventions for prekindergarten and kindergarten environments: A meta-analytic review. *Early Education and Development*, 27, 692-713.
- Woolcott, G., Tran, T.L., Mulligan, J., Davis, B., & Mitchelmore, M. (2020). Towards a framework for spatial reasoning and primary mathematics learning: an analytical synthesis of intervention studies. *Mathematics Education Research Journal*, DOI: 10.1007/s13394-020-00318-x.