

幼児期のパターン認識と構造の理解に関する研究 －日本の幼児教育における展望と課題－

A study on pattern recognition and understanding of structure in early childhood
－Prospects and issues in early childhood education in Japan－

(2022年3月31日受理)

福澤 惇也

Atsuya Fukuzawa

Key words : 幼児期のパターン認識, パターンと構造, 幼児期の算数・数学教育, 保育者の意識

概 要

近年, 国際的な研究の数々から, 幼児教育の中でパターンに関する内容を取り入れることが, 子どもの数学的な成長や発達を助けると分かっている。こうした結果から, いくつかの国ではすでに幼児教育カリキュラムへパターンに関する事項を反映させている。一方で, 日本では幼児期の算数・数学教育に注目が集まっているとは言えず, 幼児教育においても就学後の教育においても学習指導内容の中でパターン認識が取り上げられてはいない。しかしながら, 幼児期のパターン認識は数学に親しみをもった子どもを育み, 数学的知識や技能を生涯にわたって活用することのできる人材の育成に貢献するものである。したがって, 今後は「各種要領と指針をふまえた算数・数学教育に関する保幼小の円滑な接続」「パターンに関する教育を取り入れることに対する保育者の意識」「幼児がパターンに関する遊びを行う際の保育者の関わり方」について, 一層の研究と実践が求められる。

1. 幼児期の算数・数学教育における近況

乳幼児の数や量に関する数学的な能力の発達については, 以前から研究がなされている。例えば, Antell & Keating (1983) は, 新生児でも, 2つのモノと3つのモノといった小さな数のモノを区別できるという。また, Gelman & Gallistel (1988) では, 幼児が計数を行うために求められる5つの原則を明らかにしている。このように, 乳幼児の数学的な一つひとつの能力に焦点化した研究は盛んに行われてきた。一方で, 代数的思考や数学的推論といった抽象性を含む技能については, 幼児の発達能力をはるかに超えたところにあるという意見もあり, その指導は青年期まで先送りにされることがほとんどであった (Csrraher et al., 2006 ; Papic & Mulligan, 2007)。

しかし, 近年ではそうした一つひとつの数学的能力

の基盤となるような複雑な数学的知識を幼児でも有していることが明らかとなり, 代数や推論に関しても幼児が日々の生活や遊びの中で行っている可能性が示唆された (Waters, 2004 ; Mulligan et al., 2006)。また, 就学前の時期に数学的な知識および技能が発達しやすいこと (Clemrnts, 2001) や, 幼児期の数学教育が就学後教育における算数と数学の学習に影響することも明らかになった (Ginsburg et al., 2008 ; Mulligan & Mitchelmore, 2012)。

こうした研究の数々から, 近年では国際的に幼児期の算数・数学教育が注目を浴びており, 関連した研究数も増加している。

2. 幼児期のパターン認識と構造の理解

幼児期の算数・数学教育に関する近年の研究の中でも、特に熱い視線を注がれている分野が幼児期のパターン認識と構造の理解についてである。

まずはパターン認識と構造の理解について説明しておく。そもそも、数学教育全体の枠組みでは、物事をパターン化すること（＝パターンニング）自体は「社会的・物理的現象や数学的対象そのもののパターンや関係を観察し、表現し、調査することである」という一般的な合意がなされている（Papic & Mulligan, 2005）。加えて、パターン認識とは「聴覚・視覚・運動の規則性を発見する過程」であり（Charlesworth, 2000）、数値的または空間的な規則性を捉えて認識することであると定義される（Mulligan et al., 2006）。そのため、諸事象のパターンニングには、パターンを認識し、拡張し、創造し、模倣できる必要がある。

構造の理解とは、パターンの様々な構成要素の関係を理解することであり、Mulliganら（2006）では、幼児の構造的発達段階を①前構造（pre-structure）、②創発構造（emergent）、③部分構造（partial）、④全体構造（structural）という4つに分類している。さらに、数学的構造の性質が「新しい概念や課題における文字や構成が、以前に構築された構造的特徴との関連で初めて意味を与えられる」ことから、幼児においては創発的（発明的/記号論的）段階から発達が始まるとしている。一方で、前構造的なレベルで活動する子どもたちは、新しい考えを構築するための構造的な特徴を認識していないため、必ずしも創発的な段階には進まないことを説明している。

パターンと構造について幼児期に目を向けると、Papic & Mulligan（2005）ではパターンニングが幼児の数学的推論に不可欠であることを明らかにしており、Mulliganら（2006）では幼児の数学的概念の発達にパターンや構造的関係を認識することが必要であることを示唆している。また、English（2004）では、幼児のパターンに関する数学的知識が類推的な推論や帰納的推論の実行に求められる「パターンの特定、拡張、一般化」の能力に影響を与えることが分かっている。他にも、Warren（2005）は「数学の力は、パターンと一般化を引き起こ

す関係と変換にある。パターンを抽象化することは構造的知識の基礎であり、数学学習の目標である」と述べ、事実上すべての数学は、パターンと構造に基づいている（Mulligan & Mitchelmore, 2012）とまで言われている。こうしたことから、幼児期にパターンと構造に関する教育を取り入れることは、幼児が世界のあらゆる事象を捉えて思考する手がかりになるだけでなく、就学後の教育や生涯教育にもつながる重要な教育的要素のひとつであるといえる。

3. パターンに関する各国の幼児教育

ここまで確認してきたように、幼児期の算数・数学教育に関する近年の動向ではパターンと構造の分野に注目が集まっており、先行研究の結果から幼児期にパターンと構造に関する教育を取り入れることが有意義であると言われている。

このような背景から、すでにいくつかの国では幼児教育の一環としてパターンに関するカリキュラムが整えられている。例えば、ニュージーランドでは幼児教育カリキュラムであるTe Whariki（Ministry of Education, 1996）の中でパターンニングが提唱されている。Te Wharikiでは、子どもたちがパターンなどの概念を身に付け、世界を探索し理解するためにパターン戦略を使用する必要性を支持する声明が盛り込まれている。アメリカでは、Principles and Standard for School Mathematics（2000）の中に、パターン・関数・代数に特化した学習項目が含まれている。ここでは、幼児期から小学校2年生までの子どもに「パターンを認識し、記述し、拡張すること」そして「反復パターンと生成パターンの両方がどのようにつくられるかを分析すること」が期待されると示されている。オーストラリアでは、「パターンと構造についての評価プロジェクト（PASA）」を用いて子どもの数学的な思考や課題への向き合い方を捉え、実際の教育に反映させている。また、Mulligan & Mitchelmore（2013）で示されたAMPS（Awareness of Mathematical Pattern and Structure）が、幼児期で扱われる数学的概念の中で一般化されることを示している。

幼児期に提供されたパターンと構造に関する教育プロ

グラムが、その後も持続的に数学への理解を助けることは明らかとなっている(Papic & Mulligan, 2005)。また、パターンに焦点を当てた就学前の介入が、翌年末の数学的成果を大幅に向上させることも確認されている(Papic & Mulligan, 2007)。以上のことも相まって、先に紹介した国々ではパターンと構造に関する教育的な取り組みを幼児教育に限ったものとせず、就学後の学習とも円滑につながるよう一貫した教育のあり方に努めている。

4. 日本における幼児期の算数・数学教育

幼児期に提供する算数・数学教育の重要性はすでに述べた通りである。また、各国で幼児教育の中にパターンと構造に関する事項が取り入れられていることも確認してきた。では、日本の幼児教育では算数・数学教育がどのように扱われているのだろうか。

まず、結論から示すが、日本では幼児期の算数・数学教育に対する注目度は高くないと言える。後藤(2015)では2015年5月に開催された日本保育学会(会員数約4000人)第68回大会の研究発表題目を概観し、1133件あった発表のうち算数・数学に関する発表が5件であったことを報告している。5件の内訳は、パターンに関するものが2件、算数的活動が1件、幼児の数概念の形成が1件であった。また、日本数学教育学会誌(2015)の座談会「編集部活動と課題」では、同学会の学会誌である『算数教育』の中で扱われる幼児教育を対象とした内容が非常に少ないことを課題にしている。

では、なぜこれほどまでに注目が集まらないのか。日本の幼児教育の性格を鑑みたとき2つの理由が予想される。

1つ目は、就学後の算数・数学教育に対する保育者の意識である。福澤(2018)では、年齢も勤務年数も様々な8名の保育者に、数や量に関する教育への意識を調査している。その結果、幼児の年齢を問わず、保育者は保育の中で数や量に関する活動を取り入れたいと考えていることが明らかになった。一方で、幼児教育はあくまで遊びや生活を重んじるという意見が多く、就学後の教科学習とは一線を画すことから、算数や数学に関する知識を積極的に保育へ導入する必要は感じないという姿勢も見られた。

2つ目は、幼稚園教育要領に示される「遊びを通した総合的な指導」という保育のあり方である。平成元年の幼稚園教育要領改訂を期に、改めて「遊び」「生活」の重要性が前面に出されるかたちとなった日本の幼児教育は、今日において遊びや生活を通して幼児に学びを提供することが指導理念の本筋となっている。そのため、保育者の感覚としては「算数」や「数学」といった表現が妙に就学後の学習形態を想起させるということに共感はできる。

このように、幼児教育と就学後の教育では学習の方法が異なるため、幼児に対して教科教育のような(机に向かって教科書で学ぶような)形態での指導が要請されていないことは理解できる。しかし、算数や数学に対して保育者自身が知識を深め、積極的に触れようとする姿勢は非常に大切である。Hillら(2005)では、教育者(≒保育者)の数学的内容知識が、子どもの学習や数学的思考へ影響することを明らかにしている。また、Anderson(2007)では数学に対する教師の態度や意識が生徒の態度と意識に影響を及ぼすことも示唆している。加えて、Chreesenら(2015)では、遊びを中心とした数学活動の頻度と期間が子どもの学習意欲を高めることを明らかにしている。すなわち、幼児に対して円滑に算数・数学教育を提供しようとするならば、保育者自身の算数・数学に対する理解と姿勢が大切なのである。

5. インフォーマルな算数・数学教育

日本の幼児教育においてパターンと構造に関する内容を取り入れようとするならば、やはり保育者の果たす役割に言及する必要がある。そして、保育者が取るべき姿勢についても具体的な方向を示した方が、現職の保育者にとってひとつの道標になるのではないかと考えている。

国際的に行われてきた幼児期の算数・数学教育に関する先行研究の中には、早期数学教育の導入を目指したものが散見される(Blanton & Kaput, 2005; Carraher et al., 2006; Mulligan & Mitchelmore, 2012)。つまり、「幼児であっても複雑な数学的知識を有しているのだから、幼児期から算数や数学に関する学習を提供すべき」という主張である。その際、実施される学習の形態

については、おおよそ就学後の教科的な学習を彷彿とさせる内容も確認される。しかし、先述の通り日本の保育では「遊びを通した総合的な指導」が重んじられており、幼児の段階からドリルを解くような「お勉強」を行うことには消極的な姿勢が見られる。

こうした、幼児に対する算数・数学教育の教授方法について、ひとつの方向性を示すものがインフォーマルな算数・数学教育である。インフォーマルな算数や数学について、丸山・無藤(1997)は「乳幼児が生活行動や遊びの日常経験を通して獲得する算数・数学に関する知識」と説明している(丸山らは「インフォーマル算数」という言葉で表している)。つまり、あくまで従来の日本の保育形態を崩さず、保育計画や内容の中で積極的に算数や数学に触れていこうとする立場である。また、算数や数学に関するインフォーマルな知識は「ナンバーセンス(number sense)」とも呼ばれ、比較・パターン認識・問題解決に対して数学的知識を柔軟に用いることと定義される(Gersten & Chard, 1999)。

日本の幼児教育や保育の中で「パターンと構造」を扱っていく上では、インフォーマルな算数や数学が要点になると考える。保育者の姿勢や意識としては、やはり遊びや生活の充実に注力しながら、いかにして日常の一コマをパターンと構造延いては数学と結びつけていくのが今後の課題となるだろう。先述の通り、保育者の数学に対する態度が子どもの数学に対する態度に影響を及ぼすことが分かっている。これは、パターンに関する教育においても同様と推察される。そのため、保育者が“何となく”感覚で日常の算数や数学に纏わる事柄に触れては間に合わないのである。そこで、次節では、保育者に求められる役割について一層詳しく確認を行う。

6. 幼児期の算数・数学教育における保育者の役割

幼児が数学的な能力を育むために、Read(2016)は「幼児が数学的能力について何を理解しているか」「幼児においてどのような成長が起こり得るのか」「教育者(≒保育者)がどのように幼児の理解を促進できるか」という3点について教育者が自らの知見を深めなければならないと述べている。また、Lee(2017)は、「幼児教育者

が幼児の数学的思考の深さに気づき、対応することを援助するためには、体系的で根拠のある実践および(数学に関する)専門的な学習を行うためのリソースを開発する必要がある」とした上で、幼児教育者の数学的教育内容知識(PCK)の再概念化を求めている。その際、PCKの再概念化における本質的な基礎構成を3つ特定し、幼児教育者が「日常の数学的機会に“気づく”こと」「気づいた状況に内在する数学的内容を“解釈する”こと」そして「以上の2点を“強化”して子どもの数学的思考を深めること」が重要であるとしている。

これらを踏まえて、保育者には「教育者としての視座」と「学習者としての視座」という2つの側面を併せ持つことが求められると考える。すなわち、子どもの姿を正確に捉えて状況を把握し、成長を支えるための次の一手を見越した計画を立てるといった教育者としての役割を果たすこと。一方で、保育者自身がひとりの学習者として算数や数学に触れ、専門的知識の獲得や内容の理解に留まらず、その面白さや知的好奇心を伝播させていく役割を果たすこと。この両方を実現させていくことが、幼児期の算数・数学教育の実践には必要なのである。とりわけ、「インフォーマルな算数・数学」は教科書の存在しない自由自在なものであるから、尚のこと保育者には「算数や数学への親しみ」が求められると考えられる。人によっては算数や数学に対して不得手な感覚があるかもしれない。そうした人々を含めて保育者を一束にまとめ、ある日突然算数や数学への親しみを主張したところで、それは乱暴であるし、実際に保育者が役割を全うすることには至らないだろう。したがって、保育者各人の算数や数学に対する得手不得手にかかわらず、まずは保育に算数と数学(特に、パターンと構造)を取り入れるための実践的な研修プログラムの開発が必要である。また、保育者に算数や数学の面白さを感じてもらえるような情報提供のあり方と環境を整えていくことも大切だと考えている。

7. 今後の展望と課題

ここまで、幼児期のパターンと構造に関する教育が子どもの成長や発達に有意義であることを述べ、幼児期の算数・数学教育における日本の現状も確認してきた。ま

た、幼児教育に算数や数学を取り入れる際に求められる保育者の役割についても説明を行った。以上のことから、今後はパターンに関する日本の幼児教育のさらなる発展に向けて、多様な知見が蓄積されるとともに豊かな実践が展開されることを期待してやまない。そのためにも、改めて今後の展望と課題について整理をしておきたい。

7-1 保幼小の円滑な接続について

日本の幼児教育および保育に「パターンと構造」を取り入れるため、今後は保育者を対象とした研修プログラムの開発を進めることが必要だと感じている。その際、地域性や保育者各人の経験に依存しすぎないような、誰もが利用しやすいプログラムの内容を精査するためにも、やはり幼稚園教育要領や保育所保育指針そして小学校学習指導要領といった各種要領・指針に基づいていることが好ましいと考える。つまり、就学前の段階ではインフォーマルに留意した教育の実践を目指し、なおかつ就学後の算数や数学にも結び付くような内容に努めるといふことである。

しかし、幼稚園教育要領や保育所保育指針では数や量といった文言こそ含まれているが、パターンに関しては取り上げられていない。また、小学校などの学校教育においても学習指導内容としてパターン自体は取り上げられていない(松尾, 2021)。したがって、保育者を対象としたパターンに関する研修プログラムを考える以前に、まずは要領・指針やカリキュラムのすり合わせを行い、どのようにすれば幼児教育・保育と就学後の教育が円滑に接続されるのかについて議論を深めることが必要である。

7-2 パターンに関する教育を取り入れることに対する保育者の意識

数学に対する教育者(≒保育者)の態度が、子どもの数学に対する態度に影響を及ぼすことをふまえたとき、数学の関連要素であるパターンに関しても同様のことが起こり得ることは想像がつく。そのため、保育の現場で実践にあたる保育者が、パターンを保育に取り入れることに対して抱く感情や意識を抽出して捉えておくことは重要である。その結果によって、保育者を対象とした研修プログラムの導入部分に変更になるとも考えている。

例えば、パターンを取り入れることに対して肯定的な結果であった場合は、取り入れるための実践方法や情報の伝達から研修を始めてもよいかもしれない。一方で、退避的な結果であった場合は保育者の意識改革を行う方法から考える必要がある。つまり、実践方法を研修内で扱う前に、パターンと構造や数学全体について「面白い」と興味関心をもってもらえるようなプログラムに努める必要があるだろう。そのため、実践方法を扱うプログラムを後ろ倒しにすることや、保育者の意識によって選択されるプログラムを任意に変更するような工夫が求められるかもしれない。

7-3 幼児がパターンに関する遊びを行う際の保育者の関わり方

幼児期のパターンと構造に関する研究が比較的新しい分野のものであるため、知見の蓄積が十分とは言い難い。さらに、幼児教育の実践に焦点化した研究はことさらに少ないため、子どもと保育者の関わりを捉えた事例はごく僅かである。そのため、実際の保育でどのようにパターンに関する事象が起こり得るのか、それに対する子どもや保育者の関わり方はどのようなものであるかを捉えきれていない。

こうした課題を解消するためにも、今後は保育の実践現場を対象とした自然観察を行い、子どもや保育者を取り巻くパターンに関する事象を確認する必要がある。加えて、パターンに触れる機会に直面した保育者が、どのようにして解釈し、保育に還元しているのかについても確認していきたい。

8. ま と め

近年の国際的な研究から、パターンの認識や構造の理解を教育の中に取り入れることが子どもの成長や学習に利益となる可能性が示唆されている。おそらく、今後も関連した研究は増加し、その結果として明らかになる事実もあるだろう。しかし、幼児の能力や早期数学教育の実行にばかり目を奪われてはいけけない。幼児期にパターンの認識や構造の理解といった数学に関係する内容を取り入れるのならば、同時に取り入れる方法を話し合わなければならない。インフォーマルな算数・数学教育

の実現に気を配り、子どもが面白さを感じることができ
るような保育のあり方を模索していくことが大切であ
る。そうした保育者や研究者の努力の延長線上に、「自
ら算数や数学を学びたい」という数学的内容や知識に親
しみをもった子どもの姿があるのだらうと考えている。

本論で述べてきたパターンと構造に関する教育は、算
数や数学に親しみをもった子どもを育み、数学的知識や
技能を生涯にわたって活用することのできる人材の育成
に貢献するものである。今後ますます発展する学問分野
の中で、子どものより良い成長や発達だけでなく、数学
を武器とする保育者が増えることを期待している。

引用文献

- Anderson, R. (2007) Being a mathematics learner : Four
faces of identify. *The Mathematics Educator*, 17.
- Antell, S. E., & Keating, D. P. (1983) Perception
of numerical invariance in neonates. *Child
Development*, 54, 3.
- Blanton, M., & Kaput, J. (2005) Characterizing a
classroom practice that promotes algebraic
reasoning. *Journal for Research in Mathematics
Education*, 36.
- Carraher, D. W., Schliemann, A. D., Bri-zuela, B.
M., & Earnest, D. (2006) Arithmetic and algebra in
early mathematics education. *Journal for Research
in Mathematics Education*, 37.
- Charlesworth, R. (2000) Experiences in math for young
children (4th ed.). *Delmar : Thompson Learning*.
- Clements, D. H. (2001) Mathematics in the preschool.
Teaching children mathematics, 7, 5.
- Cohrssen, C., Tayler, C., & Cloney, D. (2015) Playing
with maths: Impli-cations for early childhood
mathe-matics teaching from an implemen-tation
study in Melbourne, Australia. *Education*, 3-13:
*International Journal of Primary, Elementary and
Early Years Education*, 43.
- English, L. D. (2004) Promoting the development of
young children's mathematical and analogical rea-
soning. In L English (Ed), *Mathe-matical and
analogical reasoning of young learners*.
- Gelman, R., & Gallistel, C. R. (1988) 数の発達心理学
(小林芳郎・中島実, 訳) 田研出版 (Gelman, R., &
Gallistel, C. R. (1978) *The Child's Understanding
of Number*. Harvard University Press, Cambridge,
Massachusetts, and London, England).
- Gersten, R., & Chard, D. (1999) Number sense:
Rethinking arithmetic in-struction for students
with mathe-matical disabilities. *The Journal of
Special Education*, 33, 1.
- Hill, H. C., Rowan, B., & Loewenberg Ball, D. (2005)
Effects of teachers' mathematical knowledge
for teaching on student achievement. *American
Education Research Journal*, 42.
- Lee, J. E. (2017) Preschool teacher's pedagogical
content knowledge in mathematics. *International
Journal of Early Childhood*, 49, 4.
- Ministry of Education (1996) Te Whariki early
childhood curriculum. Wellington: Learning Media
Ltd.
- Mulligan, J. T., Mitchelmore, M. C., & Prescott,
A. (2006) Integrating concepts and processes
in early mathematics: The Australian Pattern
and Structure Mathematics Aware-ness Project
(PASMAPP). In J. No-votná, H. Moraová, M. Krátká
& N. Stehlíková (Eds.), *Proceedings of the 30th
annual conference of the In-ternational Group
for the psychology of mathematics education*, 4,
Prague: PME.
- Mulligan, J. & Mitchelmore, M. (2012) EVALUATION
OF THE 'RECON-CEPTUALISING EARLY MATHE-
MATICS LEARNING' PROJECT. *Joint AARE APERA.
International Conference*.
- Mulligan, J. & Mitchelmore, M. (2013) Early awareness
of mathematical pattern and structure. In L.
D. Eng-lish & J.T. Mulligan (Eds.), *Recon-
ceptualizing Early Mathematics Learning*.
Dordrecht: Springer.
- Papic, M., & Mulligan, J. T. (2005) Preschooler's
Mathematical Pat-terning. *Mathematics Education*

Research Group of Australasia, 8, 1.

Papic, M., & Mulligan, J. T. (2007) The growth of early mathematical patterning: An intervention study.

Mathematics : Essential research, 2.

Read, K. (2016) Counting on it: Early numeracy development and the pre-school child. *In Changing minds: discussions in neuroscience, psychology and education.*

Warren, E. (2005) Young children's ability to generalise the pattern rule for growing patterns.

In H. Chick & J. Vincent (Eds.), Proceedings of the 29th conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education, 4.

Melbourne: Program Committee.

Waters, J. (2004) Mathematical Patterning in Early Childhood Settings. *In Putt, I, McLean, M, &*

Faragher, R (Eds.) MERGA 27.

後藤学 (2015) 幼児期における数学教育の歴史と現在への示唆：1960年・70年代を中心として．数学教育学会誌, 53, 3-4.

日本数学教育学会 (2015) 公益法人発足記念座談会 第2部 日本数学教育学会公益法人としての課題「3. 編集部の活動と課題」．日本数学教育学会誌, 97, 2.

福澤惇也 (2018) 数量教育に対する保育者の意識．幼年児童教育研究, 30.

松尾七重 (2021) 幼児数学教育におけるパターンに関する研究の概観．千葉大学教育学部研究紀要, 69.

