

幼児の数量的能力とその発達に関する考察

上原 隆司

1 はじめに

数量的な能力は子どもの頃からの実生活の中での経験や学校での段階的な教育を経て発達していく。その最初の段階においては、「数詞を覚えて使うこと」と「量の比較」の両方の能力を獲得して両者が統合されることが、数量的な概念構造の形成に重要となる(岡本, 2000)。「数の理解」ということで多くの人がまず思い浮かべるのは、子どもが浴槽に浸かって「1, 2, ...」と数詞を唱えている場面であろうが、このときには子どもは唱えているものが指している数を正確にイメージできているとは限らない。また「どちらの方が多い」という判断をする場合には、必ずしも数詞を正確に使える必要はない。それぞれに独立なこれらの能力を獲得し統合することが、子どものその後の数量的な能力の発達の最初の段階となる。

子どもの数量的な能力について保育所保育指針と幼稚園教育要領の中では、教育に関わるねらいとして「身近な事物を見たり、考えたり、扱ったりする中で、物の性質や数量、文字などに対する感覚を豊かにする。」とあり、その内容としては「日常生活の中で数量や図形などに関心を持つ。」と書かれている(厚生労働省, 2008; 文部科学省, 2008)。しかし現場で働く保育者にとっては、自分自身が小さい頃いつのまにか持っていた数に対する感覚が、子どもの中でどのように芽生え、発達していくかについて気づきづらい。数量的な感覚がどのようにして芽生え、発達していくのかについては、関連する論文は少ないということもある(王, 2009)。そこで本稿では、これまで行われてきた子どもの数量的な感覚についての研究を紐解きながら、数量的な感覚は子どもが生得的に持っているものであることをまず述べていく。その後、幼児の数量的能力のもう一つの基礎である「数詞を覚えて使う能力」についても先行研究から考えていく。それらを踏まえて、遊びを通した幼児の数量的能力の発達について考えていく。

2 生得的な数感覚

数感覚という言葉については研究者によって定義の仕方が異なり、多様な定義がなされている(王, 2009)。たとえば、Reston (1989)によると、①数の意味の発展、②数の関係や構成の探求、③数の相対的な大きさの理解、④計算の性質の発展、⑤数量の具体的指示対象の発達、という5つの項目に関連する要素を含む、数についての直感が数感覚であると定義される。また銀島(2000)は数感覚を「問題になっている状況に応じて、数の大きさや意味を適切に把握したり、数の演算の意味や性質、演算間関係を適切に把握したりする際に働くもの」として定義してい

る。一方で、最初にこの言葉を定義した Dantzig (2007, 初版1930) によると「ある小さな集合に何かを加えられたり取り除かれたりしたときに、知識はなくとも、何かが変わったと認識する能力である」とされている。このように研究者によって「数感覚」という言葉の定義の仕方が異なる背景には、その研究者が想定している対象である「子ども」の年齢に違いがあるためだと考えられる。乳幼児の「数感覚」を考える際には「演算」を扱うことはないが、就学後の児童や大人の「数感覚」を扱う際には「演算間の関係を適切に把握したりする」感覚は重要になってくる。ここでは幼児の数量的能力について述べていくため、先に紹介した Dantzig による「数感覚」の定義を用いる。すなわち、お菓子を食べたらなくなる、遊びの輪に1人加われば賑やかになるなどの、日常の中で身の回りのものの数の変化に気づくことができる能力を数感覚として扱う。また数の変化に気づくことができるという場合には、2つのものを見比べたときにその違いに気がつくということも同時に可能となるため、数の変化に気がつくだけでなく数量の違いを見分ける能力も数感覚と言えるだろう。

数感覚が量の変化や違いを感じ取る能力であるならば、そのような能力は人間に限ったものではない。Dantzig も述べているが、親鳥は巣に4つあった卵が2つになってしまっていたら、その数が減ったのに気づいて巣を見捨てるかもしれない。他種の鳥の巣に托卵することで有名なカッコウは、托卵する先の巣の卵の総数が変わらないように、元々あった卵を1つ排除してから自分の卵を産み落とす (Jensen & Jensen, 1969)。カッコウもその子どもを育てさせられる仮親となる鳥も、卵の数の変化を判断することができるので、このようなことが起こる。トゲウオを使った実験では、6匹のトゲウオが入った水槽の左端と右端に1対2の割合で餌を入れると、トゲウオは左端に2匹、右端に4匹集まるという実験結果がある (Milinski, 1979)。この2匹と4匹というのは、それぞれの魚が自分がよりたくさん餌を食べられるように移動した結果として生じるゲーム的狀況の帰結であり、理想自由分布と呼ばれる。この実験結果は魚が量の大小の比較をすることができることを示しているが、魚だけでなく様々な分類群でこのような現象が起こることが知られている。

このような数感覚は多くの生き物が持っているものであるが、人間の子どもについてもよく調べられている。2つを比べてどちらが多いかを判断するなどの直感的数感覚は、後天的に獲得するものではなく、生得的に持っていると言われている (Gallistel & Gelman, 1992)。これについてはいくつかの研究で、生後すぐの新生児から生後数ヶ月の乳児でも、2つの物と3つの物などの小さな数のものを区別できることが知られている (Antell & Keating, 1983; Starkey & Cooper, 1980; Starkey, Spelke & Gelman, 1983; Strauss & Curtis, 1981; Treiber & Wilcox, 1984)。これらの実験は、異なる数の点が表示されたディスプレイを見せてどちらを長く子どもが見つめているかを計るというものであるが、子どもが数の違いを認識しているのか、あるいはディスプレイ上の塗り潰された面積や密度で区別しているのかについて、その実験の設定を含めてまだ議論の余地がある (Xu *et al.*, 2005)。しかし、数の違いが理解できていないにしても、先に挙げた実験の結果では面積や密度などのいずれかの大小関係を理解して子どもが見つめている時間に違いが出るということになる。動物がそうであるように、「多い」「少ない」などの感覚は教えずとも身につくものであると考えられるので、生後すぐの乳児が「多い」「少ない」の違いに気づくことができる、す

なわち数的な感覚を持っているということには疑いはないであろう。

3 後天的な数の理解

前の章では数の大小を感じ取るなどの数感覚を人間は生まれながらに持っていることを見てきた。人間以外の動物も人間同様に数感覚を持っていると考えられるが、人間が他の動物と大きく違うのは数詞を用いて計算をすることができるということである。ただし、最近の研究では、アジアゾウは量の大小を判断できるだけでなく、それぞれ2度に分けて入れられた2つのバケツの中のリンゴの総量の大小を判断できる、すなわち足し算ができるということが報告されている (Irie-Sugimoto *et al.*, 2009; Irie & Hasegawa, 2012)。よく知られているように、ゾウは鼻を使って器用に見たものの絵を描くことができるので、もしかしたら筆を使って紙に足される数だけのリンゴを描いて「計算」をすることができるかもしれない。それでも目の前にあるリンゴの数を「1, 2, ...」のような数詞という概念を用いて計算するような動物は、今のところ人間以外では知られていない。物の数を「1, 2, ...」と概念化することで、大きな数でも計算を可能にするというのは人間に特有の能力であり、幼児期に数詞を覚え、その数詞が指している数を理解して使えるようになることがその後の数量的能力の発達に大きく関わってくる。

子どもの数の理解については王 (2009) に詳しく述べられており、数を数える (カウンティング) が数の理解の最初の段階として考えられる。カウンティング能力には、数詞をイチ、ニ... と唱える「数唱」と、物の個数を数える「計数」とがある。「数唱」は先にも書いたように、浴槽に浸かって「イチ、ニ...」と順に数を唱えていく行動である。およそ3歳ごろまでには20以下の数を唱えられるようになる (吉田, 1995) が、10が特異な数となっており、19, 29, 39, ... といったところで、幼児は数を数えるときに引っかかることが多い (栗山・吉田, 1995; Siegler & Robinson, 1982)。子どもによっては就学前に10よりも大きい数まで唱えられるようになるだろうが、その唱えている数が指すものを、唱えている本人がきちんと理解できているとは限らない (Piaget, 1952)。数が指しているものを理解するには、ただ唱えるだけではなく、置かれているものを「1つ、2つ、...」と数えていく「計数」の能力が必要となる。山内ら (1997) は「いくつまで数が言えるか」という「数唱」と、「碁石をいくつまで数えられるか」という「計数」とを4-5歳児にさせる実験を行った。4歳児では51以上の数まで「数唱」できたのが30.7%であったのに対し、碁石を50個「計数」できたのは23.8%であった。この結果は「数唱」はできても「計数」できない数の範囲が幼児には存在するという Piaget の主張を支持する。

3つ以下の数であれば「1つ、2つ、...」と順に数えていく「計数」を行わなくてもぱっと見ただけで判断できる。Chi & Klahr (1975) はランダムに置かれたいくつかのドットを見せ、その個数がいくつであるかを5歳児に答えさせてその反応時間を測定した。その結果から、3個までの反応時間と4個以上の反応時間を比べた結果、3個までは1つ1つ数える「計数」を行わずに数を答えていると判断した。このように、ぱっと見て数を判断する能力はサビタイジングと呼ばれるが、数を答えるためには「数唱」と「計数」の能力が必要であるため、サビタイジングは「計数」ができるようになってから、つまり数を理解した後の段階で発達するものであると考え

られる (Gelman & Gallistel, 1978)。

4 計数能力を育てる

子どもは数量の違いを感じ取る能力を先天的に持っているが、数詞を使ってそのような数量の違いを表すことは教育によって後天的に獲得される。しかし、ゾウに足し算ができるように、足し算を行うためには必ずしも数詞を唱えられたり、計数が行えたりする必要はない。「1, 2, ...」という数詞を知らなくても、またその数詞を使って「計数」することができなくても、「2つを合わせたらどれくらいになる」という足し算は、おおよその量ではあろうが感覚的にできるものなのかもしれない。ただし、小学校入学後の教育を受けるためにも、その後の社会生活を送るためにも、幼児が数詞の概念を理解し、数を数えられるようになることはどうしても必要になってくる。

では幼児が元々持っている数感覚を伸ばし、また「計数」を含む数量的な能力を身につけるためにはどのようなことを行っていけばよいのであろうか？ 保育所保育指針と幼稚園教育要領で教育の内容として「日常生活の中で数量や図形などに関心を持つ。」と書かれているように、日常生活の中で触れる友達や椅子やお菓子などの数やその変化について子どもたちが考えられるような環境づくりが必要である。最近では、西川 (2015) が1歳から5歳までの各発達段階において、広さ・量・数のそれぞれをどのような遊びで学んでいくか、また絵カードや囲碁を使って各年齢の子どもたちがどのように遊ぶことができるかを調べたものが参考になる。碁石を使った遊びの例を紹介すると、1歳児には色の違いを、2歳児からは量や数の違いを認識させるような遊びを展開する。5歳児になると大人が囲碁をするのを見て、取った碁石の数や囲んだ陣地の広さで勝敗を決めるなどのルールを自分たちで相談して楽しめるようになる。数を数えることができるという意味では囲碁遊びは適しているが、必ずしも碁石を用いる必要はない。おはじきやブロック、オセロ、カードゲームなど、数を数えながら遊べる教材は他にもいろいろある。そのような教材は子どもたちに数量についての関心を持たせ、考える機会を与えてくれる。

5 おわりに

数量的能力の発達をどう評価するかが難しい、という話を聞くことがある。「数唱」ができるようになることは数量の理解のための大切なステップではあるが、数を唱えることができるようになったというだけでは数を理解したということにはならず、それだけでは数量的能力が発達したということにはならない。オウムに「イチ、二、...」と覚えさせても、そのオウムが足し算ができるようになるわけではない。「イチ タス イチ ハ ニ」とは言えても、数詞とそれが指すものの意味を理解し、活用できるようにならなければ、その後の数量的な思考を発展させることはできない。「碁石の数をいくつまで数えられるか」という「計数」の能力は一つの目安となるが、それはあくまで数量的な能力の1つである。「数量に対する感覚を豊かにする」という幼児教育のねらいを達成するためには、様々な遊びの中で数に触れていくことが大切である。その

段階では必ずしも計数ができる必要はない。出されたお菓人1個人1個ずつ取ったらいくつ残るのか、今いる人数で分けるとひとりどれくらい取れるのか、といった計算を感覚的にできる能力が身につくことがのぞましい。

数感覚とは量の変化や大小関係を直感的に理解する能力であり、ある程度は生まれながらに持っている。しかし、より微妙な変化や複雑な変化に気づくことができるようになるなど、成長とともにこの能力も発達していくものであろう。Case & Okamoto (1986)によると、日本とアメリカの児童の算数の学力には大きな差が見られたが、数感覚の発達には統計的に差はなかった。そのため、数感覚は文化や教育によらず、ある程度自然に発達してくる能力であるといえる。しかし、短大生に「1000円のを3割引きで買ったらいくらか？」という質問をしたときに、元の値段よりも高い値段で答えてくる学生がいて驚かされることがある。そのような問いに直面したときに量関係を直感的に理解する能力が数感覚であり、人によってこの感覚をどれくらい持っているかには違いがある。児童のときの数感覚の発達にはそれほど差がないことを考えると、数感覚は幼児期だけでなくその後大人になっても発達する能力だと考えられ、成長していく中で磨き続けていかなければならないものであると言える。いくら幼児期に自然に発達する能力であっても、大人になっても鋭い数感覚を持つためには、幼児期に数量に関心を持てるような環境を作って遊びの中で数量について学び、数量についての関心をその後も持ち続けられるような環境を周りの大人が作っていくことが大切である。

引用文献

- Antell, S. E., & Keating, D. P. (1983). Perception of numerical invariance in neonates. *Child development*, 695–701.
- Case, R., & Okamoto, Y. (1996). The role of conceptual structures in the development of children's thought. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, 61: Nos. 1–2 (Serial No. 246).
- Chi, M. T., & Klahr, D. (1975). Span and rate of apprehension in children and adults. *Journal of experimental child psychology*, 19(3), 434–439.
- Dantzig, T. (2007). *Number: The language of science*. Penguin.
- Gelman, R., & Gallistel, C. R. (1986). *The child's understanding of number*. Harvard University Press.
- Irie, N., & Hasegawa, T. (2012). Summation by Asian elephants (*Elephas maximus*). *Behavioral Sciences*, 2(2), 50–56.
- Irie-Sugimoto, N., Kobayashi, T., Sato, T., & Hasegawa, T. (2009). Relative quantity judgment by Asian elephants (*Elephas maximus*). *Animal Cognition*, 12(1), 193–199.
- Jensen, R. A. C., & Jensen, M. K. (1969). On the breeding biology of southern African cuckoos. *Ostrich*, 40(4), 163–181.
- Milinski, M. (1979). An evolutionarily stable feeding strategy in sticklebacks 1. *Zeitschrift für Tierpsychologie*, 51(1), 36–40.
- Piaget, J. (1965). *The child's conception of number*. W. W. Norton & Company, New York.
- Siegler, R. S., & Robinson, M. (1982). The development of numerical understandings. *Advances in child development and behavior*, 16: 241–312.
- Starkey, P., & Cooper, R. G. (1980). Perception of numbers by human infants. *Science*, 210 (4473), 1033–1035.
- Starkey, P., Spelke, E. S., & Gelman, R. (1983). Detection of intermodal numerical correspondences by human

- infants. *Science*, 222(4620), 179–181.
- Strauss, M. S., & Curtis, L. E. (1981). Infant perception of numerosity. *Child development*, 1146–1152.
- Treiber, F., & Wilcox, S. (1984). Discrimination of number by infants. *Infant Behavior and Development*, 7(1): 93–100.
- Xu, F., Spelke, E. S., & Goddard, S. (2005). Number sense in human infants. *Developmental science*, 8(1): 88–101.
- 王曉曦 (2009) 幼児・児童における数概念の発達に関する研究展望—係数と加法の発達を中心に—, 早稲田大学大学院教育学研究科紀要 別冊16号 (2): 185–195.
- 岡本ゆかり (2000) 数感覚と算数・数学の学習：国際比較研究 (研究委員会企画シンポジウム 1 子どもの数感覚を育む：教育心理学と算数・数学教育の連携). 教育心理学年報 39: 24–25.
- 銀島文 (2000) 数感覚の育成：算数・数学教育の立場から (研究委員会企画シンポジウム 1 子どもの数感覚を育む：教育心理学と算数・数学教育の連携). 教育心理学年報 39: 26.
- 栗山和宏・吉田甫 (1995) 心的加算における数の表象構造について. 教育心理研究 43: 402–410.
- 厚生労働省 (2008) 保育所保育指針. フレーベル館
- 西川ひろ子 (2015) 幼児の数量感覚の発達に関する研究：囲碁を通じた地域連携を中心に. 安田女子大学紀要 43: 191–202.
- 文部科学省 (2008) 幼稚園教育要領. フレーベル館
- 山内昭道・松本尚子・安齋智子 (1997) 幼児期の数概念形成についての研究 (第1報)：問題の所在と数唱と計数の調査研究. 東京家政大学研究紀要. 1, 人文社会科学 37: 197–204.
- 吉田甫 (1995) 数概念. In 吉田甫・多鹿秀継編著 認知心理学からみた数の理解. 北大路書房 pp. 11–33.

(受理日 2017年1月10日)