

## 数の理解と産出における初期発達 —数表記・計数を中心とした研究の概観—

Early Development of the Understanding and Production of Numerals :  
Studies of Numerical Notation and Counting

山形 恭子  
YAMAGATA Kyoko

In the present paper, we review the literatures on the development of the understanding of numerical notation, cardinal numbers and counting in younger children and suggest future directions of research. Although previous studies have demonstrated the understanding of numerical notation in children ages 4-6 years, future studies need to elucidate the developmental process of numerical notation and to clarify how numerical notation is related to the development of the concept of numbers. Researchers have analyzed the knowledge levels regarding cardinal numbers in younger children. Further studies need to examine the relationships between the development of knowledge and the concept of numbers.

Key Words: Developmental process, Numerical notation, Counting, Cardinal number, Number concept.

### 数の理解に関する発達

数の理解に関する発達研究は Piaget による保存概念の研究 (ピアジェ・シェミンスカ, 1992) 以降, スービタイジング (subitizing) や数唱, 計数 (counting), 基数と順序数, 計算能力などの主題が追究され, 多数の研究が蓄積されてきた (Fuson, 1988; Gelman & Gallistel, 1978; Nunes & Bryant, 1996; Starkey & Cooper, 1980; Wynn, 1990, 1992 ほか)。これらの先行研究では年長幼児や児童に焦点が当てられ, 数の理解と産出, 数概念や計算能力に関する研究が解明されてきたが, 特に, 最近では乳児を対象とした数認知や計算の研究が探究されて多くの新しい知見がえられてきた (Brannon, Abbott & Lutz, 2004; Feigenson & Carey, 2005; 小林, 2006; Lipton & Spelke, 2004; Starkey & Cooper, 1980; Starkey, Spelke & Gelman, 1990; Wynn, 1996; Xu & Spelke, 2000 ほか)。

このように, これまでの研究は乳児や年長幼児ならびに児童を中心に検討しているが, 乳児期と年長幼児期・児童期の間に位置づけられる 1, 2 歳から 4 歳までの年少幼児を対象とした研究はその数が少ない。年少幼児期は数の理解が萌芽する初期段階に相当し, 乳児期と年長幼児・児童期を繋ぐ重要な時期である。この時期にどのように数の理解が進展するのかはほとんど解

明されていないが、基数や順序数などの数概念がわかり、計算などの操作を本格的におこなう年長幼児期や児童期を解明するためには、その前段階である年少幼児が如何に数を理解し産出するようになるのか、また、その発達に影響する要因は何かを究明することは極めて重要な問題である。

ところで、この1, 2歳から4歳までの初期発達段階では日常生活の多様な状況下で数の理解と産出に関わる行動が頻繁に観察されている (Durkin, Shire, Riem, Crowther & Rutter, 1986; Fuson, 1988; Mix, 2009 ほか)。たとえば、子どもは周囲の人々が話す言葉の中に数字を聞く、書かれた数字を見る、年齢を尋ねられて答える、買い物で値段を知る、運動やリズムで数字を用いるなど様々な状況下で数字に関わるインフォーマルな経験を積み重ねている。

筆者は年少幼児が日常生活においてどのように数字をインフォーマルに体験し、理解して使用しているのかを質問紙調査ならびに縦断研究を通じて検討している (山形・古池, 2012; 山形・古池, 2014)。359名の保護者の回答に基づく質問紙調査の結果では2歳代に数唱や計数、年齢を答えるなどの行動が出現し、3歳から4歳では環境中の数表記の読みや認識が始まり、5歳以上になると加減などの数の計算操作が見られることを明らかにしている。また、6名の1歳代からの事例報告による縦断研究では数字に関連するエピソード分析から数唱や計数に関する行動、環境中に記された数表記の読字と書字、特定の数の獲得などが1歳から2歳の発達初期に観察されている (現在も縦断研究を継続中である)。これらの行動は特定の状況や文脈に規定されたものであり、非組織的な数関連行動といえるが、しかしながら、これらの行動は将来の基数や順序数の獲得や計算能力の発達へ繋がり、体系化された算数・数学に発展する基礎となるものである。これらの非組織的な行動が如何に組織化されて発展していくのか、その発達の様相と発達過程を明らかにすることは数理解の初期段階を解明する上で不可欠な課題であろう。

そこで、筆者は上記の筆者の研究を考慮して、本稿では年少幼児の数の理解と産出を発達早期に出現する数表記の認識ならびに数唱や計数の発達に注目し、これまでの研究を概観してその問題点を探る。年少幼児が如何に環境中の数表記を理解し始め、それらを読んだり書いたりするようになるのか、また、数唱や計数が如何に始まり、それらが基数や順序数などの数概念へ発展するのか、さらに、このような発達を踏まえて、如何に計算能力の獲得へ到達するのかを算数・数学を学習する公教育以前の幼児期におけるインフォーマルな発達から追究し、その発達過程を明らかにすることを目指している。

本稿ではこれらの問題のなかで先ず数表記研究を取り上げて検討する。数表記は幼児期に獲得される絵や文字などの表記システムの一つに位置づけられる。表記システムでは文字表記が代表的なものであるが、文字表記に関してはすでに筆者の研究の概観ならびに実証研究と理論が公表されている (山形, 2013)。他方、数に関しては、現在、筆者は数表記の理解と産出に関するデータを収集中であり、順次、その成果を報告している (山形・古池, 2013 ほか)。本稿では先ず数表記に焦点を当ててこれまでの研究を総覧し、その問題点や今後の検討課題を明ら

かにする。数表記に関してはこれまでの研究においてほとんど究明されていないが、幼児が周囲の環境に提示された数字をどのように知覚し、その意味を捉えているのかを検査することは年少幼児の数の理解において欠かせない問題であろう。次いで、最近の研究から年少幼児を対象とした数唱や計数、基数の獲得を取り上げた研究を見る。これらの研究の概観を通じて年少幼児を対象とする研究の現在を把握し、今後の研究の方向について示唆を与えることを目指している。

## 数表記に関する発達研究

誕生以来、子どもは日常生活においてインフォーマルに周囲の環境に示される数字を見たり、聞いたりする多くの機会をもつが、彼らはこうした環境中に示される多様な数表記をどのように理解しているのだろうか。ここではこうした問題を扱った先行研究を取り上げて検討する (Bialystok & Codd, 1996; Sinclair & Sinclair, 1984; Teubal & Dockrell, 2005; Tolchinsky-Landsmann, 2001, 2003)。数表記に関する研究は数理解の発達研究ではこれまでほとんど注目されてこなかったが、年少幼児の数の理解を把握するためには彼らがどのようにこれらの周囲の環境に提示される数表記を捉えてその意味を理解し、その影響を受けているのかを見ていく必要がある。

そこで、数表記に関する先行研究を検討するが、最初に数表記に関する最も初期の研究として知られる Sinclair & Sinclair (1984) を取り上げる。彼女らは文字の読み書き能力の研究はこれまで多数報告され、子どもは文字と数字を早くから識別していることが実証されているが、数表記に関する研究は皆無であると指摘して、スイスの4歳から6歳の幼稚園児を対象に日常生活でよく見かける数表記を取り上げて、その理解を検討している。

Sinclair らが調査刺激項目として用いた数表記は誕生日のケーキ (5本のローソクと5が書かれている) や22番のバス、バス停 (ARRET と22番)、3軒の家の住所表示 (BOULANGERIE15と17)、店の物の価格 (12.50)、食糧雑貨店のレシート (文字と日付などと合計金額12.50)、制限速度60、走る少年・少女のTシャツの数字12と28、駐車している自動車のナンバープレートGE15968、エレベータのボタンR、1、2、3、4、5の計10種類である。Sinclair らはこれらをカラーの絵で子ども達に提示し、臨床的面接法を用いて質問を与えている。なお、これらの数表記は4歳児に対する予備調査に基づいて選ばれ、周囲の環境で最も一般的に見られる基数、順序数、ラベルを表すものが用いられた。具体的な手続きとしては、面接調査者が絵の中の数字を指して「これは何ですか。何が書かれていますか」と尋ね、さらに、「読めますか」「何が書かれていますか」「何と言っていますか」「何を意味していますか」「何と読まれますか」などを対象児の回答を踏まえて質問していく方法が採られた。

その結果、対象児の回答を意味機能に基づいて次の5つのタイプに分けて分析している。すなわち、1. 無反応 (沈黙・「分かりません」という・その他)、2. 数字の叙述 (数字の叙述で

数の機能や意味に言及せず), 3. グローバルな (global) 機能 (文脈と結びつける・機能やある種の意味を帰す), 4. 特殊な (specific) 機能 (数が特殊な性質の情報, 量・順序・分類・一対一対応を扱っている), 5. 標識 (tag) (数が現れる事物の名前として解釈) である。具体的には2の数字の叙述では「5です」「数字です」「書かれたものです」と回答した場合を, 3のグローバルな機能では「誕生パーティのためです」「上がったり下りたりするため」, 4の特殊な機能では「5つの蝋燭をもったケーキを示しています。彼は5歳」「いくら払うのかを示しています」などと回答した場合を指すと捉えている。

その結果, 各タイプの出現率は2が18%, 3が23.5%, 4が43%, 5が0.5%であった。そして, 3のグローバルな機能は4歳で多く見られたが, 年齢にともなって減少した。一方, 4の特殊な機能は年齢にともなって増加し, 6歳で多く見られた。ただし, 数表記の種類によって4の反応に大きな違いが見られ, たとえば, ケーキは多かったが, 自動車のナンバープレートに対する反応は最少であった。彼女らはこのような刺激項目に対する反応の違いをその表記に対する熟知性や興味, 経験頻度などの影響によると解釈している。

Sinclair らの研究は数表記として用いられた数が12.5のような少数を含む場合も含まれており, 難易度に差が認められた。したがって, Sinclair らの研究ではこの点に関して使用した数表記刺激項目の日常生活における出現頻度や種類を統制することが必要である。また, 彼女らは数表記の意味理解が数能力の発達と如何に関連しているのかを検討しておらず, 両者の関係を明らかにすることが要請される。

次に, Ewers-Rogers & Cowan (1996) は Sinclair らの研究の問題点を改善するために研究をおこなっている。Sinclair らの研究では絵を用いているために文脈の手がかりが混入しており, また, 対象児の数表記に対する経験の差が考慮されていないこと, さらに, 数能力が検討されていないという問題点があるが, これらを修正するために Ewers-Rogers らは研究をおこなっている。

Ewers-Rogers らでは3歳と4歳の保育園児を対象に課題として1. 環境的数字課題, 2. 書字・読字数課題を課した。1の課題では数字無しの絵のセット (4つの熟知した事物の写真と線描) が示され, 調査者がその適切な部分を指して, 絵に抜けているものがあるかどうか質問し, 対象児が絵を完成させることや対象児に説明を求めている。さらに, 数字が書かれた絵が示されて, 数字が何を意味するのか, どのような目的に使われるのかが尋ねられた。

また, 2の書字・読字数課題ではマクドナルド・牛乳配達人・パーティ招待・缶ゲームの課題が用いられた。マクドナルド課題では誕生パーティの一部として家でマクドナルドパーティが催され, 対象児がアシスタントに電話をかけてマクドナルドの食べ物を注文することが求められた。調査者が食べ物と飲み物の項目写真を示し, 対象児が何をいくつ必要かについてアシスタントに伝えた。牛乳配達人課題では牛乳が配達されることを知っていることを対象児に確認した後に, 2つの空の牛乳瓶が示され, いくら牛乳を欲しいかを配達人に知らせるために紙に書くように求めた。パーティ招待課題では白紙の招待状が示され, 見出し項目が読まれた。対

象児はそれらの項目を完成し、さらに、何を書いたのかを説明した。缶ゲーム課題では玩具の積木（0, 1, 2, 3個）が入った4つの缶を示し、蓋をして振って、2個の積木の缶を取り出すように何度か求めた。その後に缶に名前を与えるようにペンとラベルを渡され、缶の内側を見て、彼らがしたラベルに満足した時に、また缶を振って、各缶内の積木の数を同定するように求めた。このゲームは2セッションが与えられ、異なる日にテストされた。

結果は1の環境の数課題では抜けている数の同定に関する正答率が3歳と4歳を合わせて、バス50%、電話52.1%、コイン18.8%、カード39.6%であり、また、数の表示はそれぞれ33.3, 41.7, 14.6, 37.5%であり（筆者が元のデータを%で表すように改変した）、多くなかった。なお、事物によって正答数に差が見られ、コインは他よりも同定も表示も少なかった。したがって、コインは対象児にとって必ずしも熟知した対象物でなかった可能性が考えられる。

また、マクドナルド課題では項目を挙げたが、量を言うことは少なかった。牛乳配達課題とパーティ招待課題ならびに缶ゲーム課題の結果を元のデータを改変し、人数の%で示したものをTable1に挙げる。Tableから明らかのように、これらの課題では正しく数字を書いた場合がそれほど多くなかった。表示では数とは明らかに関連がない表示である特異的表示 (idiosyncratic presentation) が多く見られた。なお、Tableに示された絵画的 (pictographic) 表示とは事物の外見のある側面を示したものを指し、映像的 (iconic) 表示とはシンボル数が事物の量と一致した場合を指す。また、缶ゲーム課題では0を表すために空白を選び、また、量を表すのに対象児の56.3%が同じ表示形式を用いている。課題間の関連性に関しては対象児が数字をすべての課題で書いていないものの、課題間に一貫性が見られた。

Table1 Ewer-Rogers らの課題に関する結果 (人数%)

	無答	表示形式			
		特異的 Idiosyncratic	絵画的 Pictographic	映像的 Iconic	数字 Numeral
牛乳配達課題		50.0	4.2	29.2	16.7
招待課題					
日付	12.5	77.1			10.4
時間	2.1	70.8			27.1
アドレス	12.5	66.7			20.8
電話	27.1	58.3			14.6
缶ゲーム課題					
積木 0	29.2	45.8	8.3	2.1	14.6
1		43.8	16.7	14.6	25.0
2		45.8	18.8	16.7	18.8
3		50.0	12.5	16.7	20.8

注. 元のデータを人数%で表すように改変した。

以上の結果から, Ewers-Rogers らは3歳から4歳の幼児が数字や数を含む日常の実践についてかなりの知識をもっていると述べている。しかし, 彼らは2の課題で数字の書字読字の使用を検討しているものの, 対象児の実際の数能力を示す計数や基数, 順序数などに関しては調べておらず, 今後はこの点を検討する必要があるだろう。

次に, ゲームを用いた数表記に関する研究を示す。Bialystok & Codd (1996) は数表記の使用が如何に量を決定するのかを検討するために, 3歳, 4歳ならびに5歳の73名を対象児として箱の中の動物玩具の数を産出させる課題(産出課題)とカードの中からその数を選択させる課題(選択課題)を課している。彼女らは課題を与える前に対象児が10までを数唱し, フラッシュカードに書かれた1~10の数を認定することを求め, この課題ができた対象児のみを調査対象とした。

産出課題では3つの箱の中に小さい動物が入っており, その数を調査者と対象児が数えた後に, 調査者が「このカードに箱の中にいくつあったかを覚えるために, 書くことができますか」と求め, 対象児に書かせた。その後, 箱のふたを閉めて箱の上にカードを置いた。次いで, 20分後にカードを対象児に示し, 箱の中にいくつ動物がいたかを回答させた。

また, 彼女らは数字書字の産出課題における子どもの表記に関する結果を数字(慣用的な数字を使用する)とアナログ(analogue)(円や線などのマークで個数を表す), グローバル(描線などの特異な表示)に分けて分析している。その結果, 数字の書字は年齢にともなって増加したが, アナログとグローバルな反応は減少した。産出課題における年齢を込みにした読字数では正答率が数字93%, アナログ61%, グローバル20%であった。5歳児では88%が数字を産出し, 数字を産出できた対象児はすべて正しく読むことができた。

他方, 選択課題では産出課題と同じ手続きを用いたが, 3枚のカードが提示され, 「箱の中にいくつあるかを覚えるために, カードを選びなさい」と教示され, 1枚を選ぶことが求められた。選択課題ではこの点が産出課題と異なっていた。3枚のカードは項目数に対応した数字を含む場合, 色つきの点による量のアナログ表示が描かれている場合, 箱の中の事物の絵から成る場合の3種類が用意された。対象児が選択後に箱の蓋を閉じて, カードをその上に置く。次いで, 20分後に選択されたカードを提示し, このカードを使って箱にいくつ事物があったかを思い出すように求めた(読字課題)。選択課題の結果では年齢差が見られなかったが, この結果は産出するスキルが関係している可能性を示唆している。読字では正答率が数字90%, アナログ86%, グローバル23%であり, 対象児は正しく項目数を述べることができた。また, 選択課題では産出課題におけるよりもアナログでの読字がより正確であった。

なお, 研究2では研究1において箱の位置と量を結びつけている可能性が考えられたために, 数表記後に箱を除いた手続きを採用している。その結果, 産出課題において数字が年齢にともなって増加し, アナログで減少したが, グローバルでは変化が見られなかった。選択課題では数字でのみ年齢の効果が見られ, 研究1と異なる結果をえた。また, 読字ではアナログとグローバルが研究1よりも減少した。これは研究1の結果が特定の箱の個数を思い出すことに基づい

ていることを示唆している。

以上の研究から、Bialystok らは数の使用は年齢とともに増加し、5歳までに選択課題において約70%が正しく選択できることを示している。なお、アナログを選んだ場合も量を認定するのに有用であった。5歳児は数が量を表すことを理解していることが示されたが、これらの表記の基数的意味を量との関係で明らかにする必要があるのではないだろうか。

また、ゲーム課題を用いた他の研究として Teubal & Dockrell (2005, 2007) が挙げられる。Teubal らは3歳から5.5歳児の80名を対象として対象児を4群に分け、身分証明書 (identity card) 課題とサイコロゲーム課題を用いて数表記の発達に関する研究をおこなっている。

前者の身分証明書課題では人形とゲームをする前に身分証明書を仕上げて調査者を助けることを求めた。2種類の課題が課され、対象児の名前・住所・目の色・髪の色・兄弟姉妹の名前に関する書字課題と、対象児の年齢・兄弟姉妹の年齢・電話番号・生まれた年・体重・身長・兄弟姉妹の数に関する数字課題である。結果は書字課題の方が数字課題よりもやや正答が多かったが (47.7%と33.1%)、項目によって正答に差が見られた。書字課題では対象児の名前が90%で書かれたが、他の項目に関しては50%前後の正答率であった。数字課題では対象児の年齢が73.8%であり、正答が多かった。

サイコロゲーム課題では2種類のサイコロ (数字と点が記されたサイコロ) を用いているが、対象児と人形 (実際は実験者がおこなった) がサイコロを振り、対象児にその数字や点の数を口頭で回答させた後に、それを紙に記入するように求めた。さらに、「どちらが多いですか」「どちらが勝ちましたか」と尋ねて、その両者の合計を記入させた。サイコロに示された数字は大小の数字 (5または6となる場合と5以下になる場合) と零またはサイコロの表面が空白である場合を用いている。また、書字に関連すると考えられる運動能力も調べている。

その結果、産出を次の6つのカテゴリ、すなわち、曖昧 (ambiguous) (知られた記号やマークに似ていないマークを指す)、書字のような表示 (writing-like representations) (文字や文字のような形を指す)、数字のような表示 (number-like representations) (伝統的な数字に似ているが、提示刺激の正確な反映でないマーク)、正しい数字 (correct digit) (サイコロで示された量や数字に対応する数表記)、誤反復 (incorrect iterative) (マーク数が示された量と対応しない反復的表示)、正反復 (correct iterative) (マーク数が示された量と対応している反復表示) に分類している。

結果は数表記が年齢ともなって増加し、反復反応が減少することを示した。口頭反応は表記より先に見られ、60%の正答率がえられた。これは運動能力とは無関係であったが、年齢ともない増加した。口頭反応は書字反応よりも有意に正答が多く、年齢ともなって正しい口頭反応と正しい書字の一致が増加した。なお、数字と点で回答する場合、正答に差がなかった。零に関しては発達差が見られなかったが、これは対象児が模写したことによるのではないかと Teubal らは解釈している。

しかし、以上の Teubal らの数表記に関する研究は年長幼児を主対象としており、2歳以降の

年少幼児が年齢にともなって数表記を如何に理解し、獲得するのかが検討されていない。数表記理解の初期発達を明らかにすることは数理解や数表記の発達過程を解明する上で欠かせない重要な課題であるが、今後、このような年少幼児のデータの収集が必要であろう。

また、Tolchinsky-Landsman (2003, 2007) は数表記の発達そのものを取り上げていないが、書字の文字と数字を領域固有の知識の観点から論じ、両者の発達における分化過程やその際に用いられる知覚的形式的な表記知識に関して検討している。

Tolchinsky-Landsman & Karmiloff-Smith (1992) では3歳から6歳児に「書字として不適切なカードを選択する」分類課題を課し、文字と数字に関する領域固有の知識を調べて、彼らがどのような領域固有な表記知識を持っているのかを明らかにしている。その結果、4歳児は文字と数字ならびに絵の領域間を区別することができ、また、5歳児と6歳児は1文字や子音系列を不適切と見なす要素系列制約（文字系列や数系列は個々の要素に分解できること）を有しており、さらに、英字と数字の混在綴りや英字と絵の混在を不適切と見なす相対的閉塞性制約（文字や数字は新しい要素を付加し、発明することができない閉じた体系であること）も理解していることが判明した。

さらに、Tolchinsky-Landsman らは研究2において「存在しない数字や文字あるいは単語を書かせる課題」を与えて、こうした制約の破棄が可能かどうかをも検討している。その結果、5歳児と6歳児ではこれらの制約を破棄することが可能であることを明らかにしている。なお、日本の4歳から5歳の幼児を対象に同様な知覚的形式的な表記知識を検討した齋藤（1997）の研究も報告されている。

以上、数表記に関するこれまでの実証研究を見てきた。これらの研究ではいずれも5, 6歳の年長幼児を主な対象として数字表記の読字と書字を取り上げて研究しており、この年齢段階では数表記の読字や書字が可能であることを明らかにしている。しかしながら、年長幼児以前の年少幼児における数表記の発達過程とそのメカニズムに関しては追究していない。乳児期に続く年少幼児期にどのような発達が数表記で見られるのか、また、数表記と計数、基数や順序数などの数能力との関連性も検討する必要があるが、これらを究明することは今後の重要な課題と考えられる。

次に、数表記以外の乳児期以後の発達初期における数理解に関する最近の研究を、特に数唱や計数、基数を取り上げた研究を中心に紹介し、年少幼児における数理解の発達研究の現状とその今後の検討課題について見てみる。

### 最近の数唱・計数を中心とした研究の動向

数理解の発達に関する最近の研究は、最初に述べたように、乳児や霊長類の研究を通じて人が生得的に数概念を形成する傾向が備わっていることを示唆してきた (Dehaene, 1997; Hauser & Carey, 2003 ほか)。そして、これらの実証研究に基づいて Carey や Spelke らは数情報を捉



える2つのコアシステム、すなわち、小さい数を正確に捉える数システムと大きい数を近似的に捉える数システムの2つのシステムを提案している (Carey, 2004; Condry & Spelke, 2008; Feigenson & Carey, 2005; Lipton & Spelke, 2004; Spelke & Kinzler, 2007 ほか)。これらの数システムの前者は3個または4個の事物や事象の集合を正確に同時 (parallel) に表すことができる数システムを指し、後者は個々の集合を上限なしに比率で弁別的に表すための数システムを指すと想定されている。しかし、発達初期の乳児に見られるこうした数システムは前者では数を3個または4個までしか把握できず、また、後者では比率が Weber 比になることが指摘されているものの、これら2数が近い場合にはこの両者を判別できないなどの限界が明らかにされている。したがって、これらの数のコアシステムのみでは自然数の獲得や発達を説明できないと推定される。そこで、これらの乳児における2つの数システムを超えるために、現在、どのような発達が必要かに関して研究者間で盛んに議論がなされている。

その場合、計数能力の発達に関する Gelman & Gallistel (1978) が提起した5つの原理の中の3つ、すなわち、1. 一対一対応の原理、2. 安定した順序の原理、3. 基数原理を巡って主に議論がなされている。Gelman らはこれらの原理を2歳児さえ直感的に理解していると主張し、principles-first と言われる立場を唱えている (Gelman & Gallistel, 2004)。これに対して、他の研究者では3歳児が一対一の原理や安定した順序の原理、基数原理を理解していないことが指摘され、principles-after の立場が主張されている。たとえば、3歳児が一対一の原理を犯してしばしば対象を飛ばして数える、同じ対象や事物を2度数えることや基数原理が答えられないことが報告されている (Frye, Braisby, Lowe, Maroudas & Nicholls, 1989; Fuson, 1988; Miller, Smith, Zhu & Zhang, 1995; Sarnecka & Carey, 2008 ほか)。後者の立場に立つ見解では乳児期のコアシステムを乗り越えて数を獲得するために必要な条件として就学前の子どもが熟達する再帰的規則のシステムや言語的な計数の手順が挙げられている (Carey, 2001; Mix, Sandhofer & Baroody, 2005 ほか)。特に、Carey は言語的な数唱や計数を重視し、bootstrapping 理論を提案している。子どもは最初1, 2, 3のような小さな数を表す語の意味を発見し、計数リストで練習後に計数リストの数字の語について順序付けるルールを見出して、2は1よりも1多いなどを見つけるが、それが全計数リストに一般化されると想定されている。この見解では語は最初 placeholder として用いられると捉えている。

また、Sarnecka & Carey (2008) では Wynn (1990, 1992) が考案した Give-N task を用いて2歳から4歳の子どもの基数理解に関する知識水準を検討している。基数原理は数を数える場合の最後の数字がその集合に含まれる対象・事物の数を表すということの理解を指すが、Give-N task はこれを人形に教える課題である。年少幼児は基数原理を理解できないために、上記の principles-first の見解が支持されないと見なされている。Sarnecka らは基数原理を Give-N task を用いて検討し、2歳から4歳の年少幼児の数理解に関する知識水準を次のように分類している。すなわち、

1. Pre-N-knower : 異なる数の意味を区別できない場合をいう。

2. One-knower level (2歳半から3歳):人形に1を与えるように求めると、1を与えることができるが、他の数を求められた場合には2つまたはそれ以上を与える場合を指す。また、以下の場合を Subset-knowers と名付けている。

Two-knower level : 1 を求めた時に1つの事物を与え、2を求めた時に2を与えることができるが、数字3や4、5などは区別できない。

Three-knower level : 同様に3までは理解できるが、それ以上は理解できない。

Four-knower-level : 4までは理解できるが、それ以上は理解できない。

3. Cardinal-principle knowers : 5以上を理解できる場合を指す。

ここでは Cardinal-principle knowers は数を数えることが如何に働くかを知っているが、他方、Subset-knowers は知らないと見なされている。単に数を唱えて数えられるだけでなく、このように幼児の数に対する知識を基数原理の理解から詳細に捉える試みがなされている。

また、数概念の発達は言語と関連することが指摘されており、数に関する語 (number-word) の知識や量を示す語が語彙の発達や数概念の発達と関係することが実証的に検討されている (Ansari, Donlan, Thomas, Ewing, Peen & Karmiloff-Smith, 2003; Barner, Chow & Yang, 2009; Barner, Libenson, Cheung & Takasaki, 2009; Gunderson & Levine, 2011; 小林, 2006; Levine, Suriyakham, Rowe, Huttenlocher & Gunderson, 2010; Negen & Sarnecka, 2012 ほか)。しかし、数に関する語と語彙言語との間の関係についてはこの両者が関連するという実証報告だけでなく、関連が見られないとする場合も報告されている。このような結果の違いは研究で用いられる方法論が関係している可能性が指摘されているが (Negen & Sarnecka, 2012), 議論のあるところである。今後、これらの問題に関してさらに詳細な検討が待たれるところである。

なお、本稿では最近の研究から年少幼児における数の理解に関する上記の側面の発達のみを取り上げて紹介したが、連続数や順序数などの研究も報告されており、また、上記の Carey や Spelke らの理論以外の数発達の理論も提案されている (Campbell, 2005; Condry & Spelke, 2008; 小林, 2006 ほか)。

以上、数表記以外の最近の年少幼児における計数や基数に関する研究を見てきた。これらの研究は principles-first と principles-after の理論的立場を巡ってそれぞれの立場を実証するためにおこなわれている。しかし、年少幼児が如何にして数唱や計数を用いて基数原理を理解し、数の順序数・連続数を把握するようになるのか、また、これらの発達に影響する要因は何かに関してはほとんど追究されていない。今後、これらの問題を明らかにする研究が必要であろう。

## 今後の課題

本稿では数の理解における年少幼児に関する研究の重要性を指摘し、特に、これまでほとんど研究されてこなかった数表記研究の現状ならびに最近の年少幼児を対象児とした数唱や計数ならびに基数の理解に関する研究を見てきた。

先行の数表記に関する研究では年少幼児を対象とした実証研究が皆無であることを指摘し、彼らがどのように環境に示されている数表記を捉えて意味づけているのか、さらに、そのような数表記の理解が如何に基数や順序数などの数概念や計算操作の発達と関連するのか、その役割を解明する必要があることを明らかにした。また、最近の年少幼児を扱った研究では理論を巡って新たな分析が提起され、実証研究が報告されているが、これらの計数や基数などの発達が如何に次の組織化された数の理解へ発展するのか、また、その発達を規定する要因はなにかに関して十分な研究がおこなわれていないことを指摘した。

このように、本稿では数表記ならびに計数や基数の発達について今後の検討課題を見てきたが、数に関するこれらの領域はその発達に関与する能力が異なっている可能性が推測される。環境中に提示された数表記の理解は数を知覚的空間的に捉えることを意味しており、数の理解における知覚的空間的能力との関連性を示唆している。それに対して、数唱や計数、基数の理解と産出は数を言語的に唱え、事物を名付けることに基づいており、言語的能力と関連していることが指摘されている (Fuson, 1988; Gelman & Gallistel, 1978; Wynn, 1992)。数の理解に及ぼす知覚的空間的能力と言語的能力の影響に関してはウイリアムズ症候群の対象児と健常児を比較検討した Ansari ら (2003) の研究において健常児の発達の場合に言語能力 (British Picture Vocabulary Scales で測定) よりも知覚的空間的能力 (Early Years Version of the British Abilities Scales の下位尺度のパターン構成によって測定) が基数理解の発達に大きな役割を果たしていることが明らかにされている。Ansari らは数表記を取り上げていないが、本稿の数表記と計数や基数などの数の理解が如何なる要因に規定されているのかを検討する際に、すでに述べたように、言語発達との関連性は主張されているものの、今後は知覚的空間的能力と言語能力が如何に寄与しているのかも含めて検討すべきであろう。

なお、筆者は、現在、年少幼児を中心に数表記ならびに数字の理解と産出、数唱、計数、基数、順序数などに関する発達データを収集中である。今後は本稿から明らかになったこれらの問題を追究し、解明することが求められている。

## 引用文献

- Ansari, D., Dolen, C., Thomas, M.S.C., Ewing, S.A., Peen, T., & Karmiloff-Smith, A. (2003). What makes counting count? Verbal and visuo-spatial contributions to typical and atypical counting development. *Journal of Experimental Child Psychology*, **85**, 50-62.
- Barner, D., Chow, K., & Yang, S. (2009). Finding one's meaning: A test of the relation between quantifiers and integers in language development. *Cognitive Psychology*, **58**, 195-219.
- Barner, D., Libenson, A., Cheung, P., & Takasaki, M. (2009). Cross-linguistic relations between quantifiers and numerals in language acquisition: Evidence from Japanese. *Journal of Experimental Child Psychology*, **103**, 421-440.
- Bialystok, E., & Codd, J. (1996). Developing representations of quantity. *Canadian Journal of Behavioural*

- Science*, **28**, 281-291.
- Brannon, E. M., Abbott, S., & Lutz, D. (2004). Number bias for the discrimination of large visual sets in infancy. *Cognition*, **93**, 59-68.
- Campbell, J. I. D. (Ed.). (2005). *Handbook of mathematical cognition*. New York: Psychology Press.
- Carey, S. (2004). Bootstrapping & the origin of concepts. *Dcedalus*, 59-68.
- Carey, S. (2009). *The origin of concepts*. New York: Oxford University Press.
- Condry, K. F., & Spelke, E. S. (2008). The development of language and abstract concepts: The case of natural number. *Journal of Experimental Psychology: General*, **137**, 22-38.
- Dehaene, S. (1997). *The number sense: How the mind creates mathematics*. Oxford: Oxford University Press. ドァンス, S. 長谷川真理子・小林哲生 (訳) (2010). 数覚とはなにか? - 心が数を創り, 操る仕組み. 東京: 早川書房
- Durkin, K., Shire, B., Riem, R., Crowther, R. D., & Rutter, D.R. (1986). The social and linguistic context of early number word use. *British Journal of Developmental Psychology*, **4**, 269-288.
- Ewers-Rogers, J., & Cowan, R. (1996). Children as apprentices to number. *Early Child Development and Care*, **25**, 15-25.
- Feigenson, L., & Carey, S. (2005). On the limits of infants' quantification of small object arrays. *Cognition*, **97**, 295-313.
- Frye, D., Braisby, N., Lowe, J., Maroudas, C., & Nicholls, J. (1989). Young children's understanding of counting and cardinality. *Child Development*, **60**, 1158-1171.
- Fuson, K.C. (1988). *Children's counting and concepts of number*. New York: Springer-Verlag.
- Gelman, R., & Gallistel, C. R. (1978). *The child's understanding of number*. Cambridge, MA: Harvard University Press. ゲルマン, R.・ガリステル, C.R. 小林芳郎・中島実 (訳). (1989). 数の発達心理学 - 子どもの数の理解 東京: 田研出版
- Gelman, R., & Gallistel, C. R. (2004). Language and the origin of numerical concepts. *Science*, **306**, 441-443.
- Gunderson, E.A., & Levine, S.C. (2011). Some types of parent number talk count more than others: relations between parents' input and children's cardinal-number knowledge. *Developmental Science*, **14**, 1021-1032.
- Hauser, M., & Carey, S. (2003). Spontaneous representations of small numbers of objects by rhesus macaques: examinations of content and format. *Cognitive Psychology*, **47**, 367-401.
- 小林哲生 (2006). 乳幼児における数量認知能力の発達. 日本児童研究所 (編). 児童心理学の進歩. Vol.45 pp. 229-254. 東京: 金子書房
- Levine, S., Suriyakham, L.W., Rowe, M.L., Huttenlicher, J., & Gunderson, E.A. (2010). What counts in the development of young children's number knowledge? *Developmental Psychology*, **46**, 1309-1319.
- Lipton, J.S., & Spelke, E. S. (2004). Discrimination of large and small numerosities by human infants. *Infancy*, **5**, 271-290.
- Miller, K.F., Smith, C.M., Zhu, J. J., & Zhang, H.C. (1995). Preschool origins of cross-national differences in mathematical competence - The role of number-naming systems. *Psychological Science*, **6**, 56-60.
- Mix, K. S. (2009). How Spencer made number: First uses of the number words. *Journal of Experimental Child Psychology*, **102**, 427-444.
- Mix, K. S., Sandhofer, C.M., & Baroody, A.J. (2005). Number words and number concepts: The interplay of verbal and nonverbal quantification in early childhood. In R. Kail (Ed.), *Advance in child development and behavior*. pp. 305-345. New York: Academic press.

- Negen, J., & Sarnecka, B.W. (2012). Number-concept acquisition and general vocabulary development. *Child Development*, **83**, 2019-2027.
- Nunes, T., & Bryant, P. (1996). *Children doing mathematics*. Oxford: Blackwell Publishing.
- ピアジェ, J.・シエミンスカ, A. (1992). 遠山啓・銀林浩・滝沢武久 (訳). 数の発達心理学. 東京: 国土社
- Sarnecka, B.W., & Carey, S. (2008). How counting represents number: What children must learn and when they learn it. *Cognition*, **108**, 662-674.
- Sinclair, A., & Sinclair, H. (1984). Preschool children's interpretation of written numbers. *Human Learning*, **3**, 173-184.
- Spelke, E.S., & Kinzler, K. D. (2007). Core Knowledge. *Developmental Science*, **10**, 89-96.
- Starkey, P., & Cooper, R. G. Jr. (1980). Perception of numbers by human infants. *Science*, **210**, 1033-1035.
- Starkey, P., Spelke, E. S., & Gelman, R. (1990). Numerical abstraction by human infants. *Cognition*, **36**, 97-127.
- Teubal, E., & Dockrell, J.E. (2005). Children's developing numerical notations: The impact of input and function. *Learning and Instruction*, **15**, 257-280.
- Teubal, E., & Dockrell, J.E.(Eds.) (2007). *Distinguishing numeracy from literacy: Evidence from children's early notations*. pp. 113-134. Rotterdam/Taipei: Sense Publishers.
- Tolchinsky, L. (Ed.) (2001). *Developmental aspects in learning to write*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Tolchinsky, L. (2003). *The cradle of culture and what children know about writing and numbers before being taught*. Mahwah: LEA.
- Tolchinsky Landsmann, L., & Karmiloff-Smith, A. (1992). Children's understanding of notations as domains of knowledge versus referential-communicative tools. *Cognitive Development*, **7**, 287-300.
- Wynn, K. (1990). Children's understanding of counting. *Cognition*, **36**, 155-193.
- Wynn, K. (1992). Children's acquisition of number words and the counting system. *Cognitive Psychology*, **24**, 220-251.
- Wynn, K. (1996). Infant's individuation and enumeration of actions. *Psychological Science*, **7**, 164-169.
- Xu, F., & Spelke, E. (2000). Large number discrimination in 6-month-old infants. *Cognition*, **74**, 1-11.
- 山形恭子 (2013). 表記活動と表記知識の初期発達 東京: 風間書房.
- 山形恭子・古池若葉 (2012). 数の理解・産出における初期発達—数表記を中心とした質問紙調査の分析—日本発達心理学会第 23 回大会発表論文集, 88.
- 山形恭子・古池若葉 (2013). 数表記の理解と産出の初期発達 (1) —数認識課題と counting・数唱課題の関連— 日本発達心理学会第 24 回大会発表論文集, 595.
- 山形恭子・古池若葉 (2014). 数の理解と産出に関する縦断研究 (1) 日本発達心理学会第 25 回大会発表論文集, 147.

## 付記

本研究は JSPS 科研費課題番号 23530875 基盤研究 (C) (平成 23 年~26 年度)「表記システムの発生・発達過程とその規定要因の分析: 数表記を中心として」の助成を受けた。記して感謝します。