幼児の数表象の構造

——数唱分析からの検討——

宮崎女子短期大学 栗 山 和 広¹

宮崎大学 吉 田 甫

Representational structure of numbers in children

Kazuhiro Kuriyama (Miyazaki Women's Junior College, Kiyotake, Miyazaki 889-16)

and Hajime Yoshida (Department of Psychology, Faculty of Education, Miyazaki University, Funatsuka, Miyazaki 880)

Representation of preschool children's number concepts was investigated in the present study by giving children forward and backward counting problems. In backward counting, children performed significantly better with a type of Below 5 problem compared to a type of Over 5 problem. Analyses of counting errors revealed an absence of random errors in Below 5 problems but such errors were observed with Over 5 problems. Children were able to stop correctly at point "5" in forward counting but failed to stop at points other than "5" in forward counting. These results suggested that preschool children may represent numbers up to and including 5 as a firm structure or privileged anchor for numbers below 10. Results were discussed in terms of a mental number line in a representational system of numbers.

Key words: preschool children's concepts of number, forward counting, backward counting, 5 as a privileged anchor, representational system of numbers.

子どもが数をどのように理解しているかというテーマは、古くから人々の関心をひいてきている。その中でも、Piaget (1952) は主に数の保存概念を中心として研究し、子どもの数概念はそれほど発達していないと主張した。しかし、最近の研究は、Piaget が考えた以上に、幼児は数概念について多くのことを知っていることを指摘している。たとえば、幼児は数概念に関する基本的原理や知識を理解していることが明らかにされている (Gelman & Gallistel, 1978; Gelman & Meck 1983)。

こうした最近の研究のなかで興味あるものは、数概念の表象構造に関するものであろう (Ginsburg, 1977; Greeno, Riley & Gelman, 1984; Riley, Greeno, & Heller, 1983)。これらの研究によると、大人の数概念の構造は、明らかに 10 進法構造から成立していることが指摘されている。

それでは、幼児はどのような数概念の構造をもっているのだろうか。本研究はこの疑問を検討するものである。Siegler & Robinson (1982) によれば、就学前の子どもも 10 進法の数表象をもっていることが指摘されている。彼らは、幼児に数を数えさせ、幼児がどこで数えられなくなるかを検討した。その結果、幼児がそれ以上数えられなくなる数の頻度が高かったところは、29, 39,

49であった。また、Fuson, Richards & Briars (1982) も、Siegler & Robinson (1982) と同様の結果を見出している。さらに Fuson et al. (1982) は、数唱の誤りの興味ある例として 19 から 30 へまたは 40 へ数え続けるというような次の 10 個の数をとばして数える事例を報告している。これらの結果は、幼児がもつ 10 進法構造の知識の反映であると考えられる。

しかし、これらの結果は、幼児がすべての数において 10 進法構造をもつことを意味するものではなからう。Siegler & Robinson (1982) と Fuson et al. (1982) は、20 以上の数において 10 進法構造の表象の可能性を主張している。しかし 20 以下の数において、何らかの構造が存在するかどうかについては全く言及していない。このような小さい数について、Ginsburg (1977) は、幼児にとって 1 から 12 までの数は完全に任意 (arbitrary) であると述べている。同様に Resnick (1983) も、1 から 10 までの数については、ある 1 つの数と次の数との間が 1 つずつ大きくなる次の (next) 関係でつながっている心的数直線 (mental number line) として表象されているとみなしている。このように表象の内容には若干の差はあるものの、10 以下の数には特別な構造は何ら存在しないというのが、これまでの研究の基本的な仮定になっていることは明らかである。

しかし、こうした仮定にたてば説明できない研究がい

¹ 本研究実施にあたり御協力いただきましたあけぼの幼稚園の皆様 に記して謝意を表します。

くつかみられる。たとえば, Gelman & Gallistel(1978) は, 幼児にカード上の点がいくつあるかを数えさせたところ, 3歳児と4歳児の半分以上の児童が, 5以内の数の点を正確に数えられることを見出ししている。もし, 先述した研究者にみられる共通な仮定が正しいとすれば, 点の数の計数の正確さに差はないと予想されるが, 実際には, 5までの数と6以上の数では結果がかなり異なっている。こうした結果は, 小さな数にも何らかの表象構造が存在することを示唆している。

そこで, Yoshida & Kuriyama (1986) は 10 以下の数表象の構造の可能性について検討した。その結果, 1から5までの数が, 1つのまとまった構造として表象されていることがいくつかの実験から示唆された。たとえば加算問題と減算問題を提示して, そこでの加数と減数の数唱方略について分析している。幼児がこれらの数を表現する際の方略に興味ある方略が見られた。その中の1種に, 数を1つずつ数えていく方略(Oタイプ)があった。Oタイプには2つのタイプがあった。第1は数を全てOタイプで表象しているものである。これは普通にみられる方略だが, 第2の方略は“5”と直接に関連したパターンである。6以上の数を数える際, 5までは数唱なしに一気に指を広げて, それから残りの数を1つずつ数えていくタイプが見い出された。後者のパターンは, 幼児が5を1つの privileged anchor または1つのまとまった構造として表象していることを示すものと考えられた。

このような傾向は, 先述した Siegler & Robinson (1982) では全く仮定されていない。その理由としては, 彼らが採用した方法論及びその基礎にある考え方の違いによることが考えられる。Siegler & Robinson (1982) では, 1から数を唱えさせて, 唱えることができなかった数(停止数)から表象構造を推定しようとする課題が用いられていた。しかし, こうした分析によれば主に20以上の数にのみ停止数が見られており, 10以下の数の構造を検討するという目的には不向きである。さらに, 単純に1から数唱させるという単純な課題は, 幼児にとっては容易すぎて, 機械的な数唱の分析にとどまってしまうことが考えられる。それゆえ, 数唱という課題で新しい視点を導入した課題が必要であろう。最近の数多くの数唱研究の中でも, Fuson, Richards, & Briars (1982) は, 幼児の数唱は単一方向だけでなく, さまざまな方向への数唱が可能であることを明らかにしている。Fusonらの数唱の発達モデルによると, 第1段階は, 1から知っている範囲内で数唱を行うもので, 全体としての数系列を唱えるのみであり数の言葉が思考の対象となっていない。第2段階は, 数が思考の対象となるが数系列は全体構造となっており部分に分割できない。第3段階は, 数系列が部分に分割できるような連合的つながりと

して系列化される。第3段階の最初の段階は, ある数 a から上昇方向への数唱が可能になる。次に, ある数 a からある数 b まで ($a < b$) の上昇の数唱が可能になる。こうした上昇系列が習得された後に, ある数 b からの下降系列の数唱が可能になり, 最後にある数 b からある数 a までの下降系列の数唱が可能になる。第4段階は, ある数 a からある数 b までの数唱において, いくつの数があったかを確認できるようになるという発達の傾向があることが指摘されている。Siegler & Robinson (1982) は, 10以下の数に構造が存在するかいなかを明らかにしていないが, それは Fuson et al. (1982) が述べているように幼児の数唱能力がかなり多様であるという事実をあまり考慮せずに, 1からの単純な数唱という方法を用いたためによると考えられる。10以下の数表象の構造を, 数唱の分析によって明確にするためには, 幼児の数の処理能力をもっと的確にひきだせるような数唱を課題とする必要があろう。

また, Yoshida and Kuriyama (1986) では幼児に指を使わせる課題を用いていた。指が5本である構造と, 1から5までが1つの構造になっていることが一致していることを考えると, こうした課題を用いた場合, 我々の見出した数表象の構造が内的表象であるとは言いつねない可能性もある。そこで, 指の構造に依存しない数唱課題を用いることにより, 1から5までが1つの構造または privileged anchor として表象されていることをさらに検討する必要がある。

そこで, 本研究では Fuson et al. (1982) の数唱の発達モデルにおける第3段階での数唱技能段階, つまりある数 a からある数 b ($a < b$) まで数え昇らせる上昇系列の数唱, ある数 b からある数 a ($a < b$) まで数え下らせる下降系列の数唱を用いて, 10以下の数表象の構造について検討する。このような課題では, 次のようなことが考えられる。幼児が1から5までを1つの構造としてもつならば, 5以下の数の数唱は, 6以上の数の数唱より正確であることが予想される。また, 1から5までが1つの privileged anchor として表象されているならば, 数唱の止めるべき数において数唱反応パターンになんらかの違いのあらわれることが予想される。

方 法

被験児 宮崎市内の私立幼稚園に在園する25名の園児(男児13名, 女児12名)であった。かれらはほとんど中流階級の出身である。平均年齢は4歳7か月であった。年齢のレンジは4歳3か月から5歳2か月であった。

材料 数唱には1から9までの数が用いられた。問題には, ある数 a からある数 b ($a < b$) まで数える上昇系列の数唱, ある数 b からある数 a ($a < b$) まで数える下

降系列の数唱の2種類を用いた。幼児に、数唱の問題として作成できるすべての問題を実施することは時間的に困難であるため、いくつかの問題が省かれた。

上昇系列の数唱では、aとして1、bとして9まで数える問題を練習問題とした。テスト問題としては、2-4（2から4まで数える、以後“-”の記号で示す）、2-5、2-8、2-9、3-5、3-7、3-9、4-7、4-9、5-7、5-9、6-8、6-9、7-9、の14題が用いられた。

下降系列の数唱では、9から1まで数える問題を練習問題とした。テスト問題として、3-1、4-1、4-2、5-1、5-2、5-3、6-3、6-4、7-3、7-5、8-3、8-5、8-6、9-3、9-5、9-7、の16題が用いられた。

手続き 実験は個別に行われた。実験者は女子短大生であった。幼児は最初に上昇系列の数唱の練習問題を行い、その後テスト問題を行った。テスト問題において問題の提示順序はランダムにした。また、被験児によって問題の提示順序はそれぞれ異なっていた。実験者は被験児に氏名、年齢等を尋ねたりしてラポールをとった後、次のように教示した。“○○ちゃん、今からお姉ちゃんと数の遊びをしよう。いいかな。1から9まで数えてみてちょうだい(幼児に数えさせる)。よくできたね。”練習問題で正しく数えられなかった被験者に対しては、実験者が実験者の指を使って、正しく数えられるように説明した。“じゃあ、今からいろいろな数を言うから、今みたいに数えてちょうだいね。まず最初に、3から5まで数えてみてちょうだい。”という教示でテスト段階にはいった。テスト問題を行うにあたっては、指を使わないで数えるように指示した。被験児が誤った場合にも実験者は、フィードバックを一切与えなかった。上昇系列の数唱問題がすべて終了した後に、下降系列の課題に移った。ただし、上昇系列の課題を途中で遂行できなくなった幼児の場合には、これを中止して下降系列の練習段階に移った。下降系列の練習問題に入るまえに次のように教示した。“○○ちゃん、今度はさっきまでやったのとはちょっとちがうよ。9から1まで数えてちょうだい。よくできたね。今からいろいろな数をいうから、今みたいに数えてちょうだい。”幼児に対するフィードバックは上昇系列の数唱問題と同じであった。実験に要した全ての時間は約20分であった。

結 果

1から5までの数表象の構造の存在を明らかにするため、以下のような分析を行った。まず、上昇系列と下降系列の数唱の問題は2つのカテゴリに分類された。1つのカテゴリは、数唱を開始する数および停止する数の両方が5以内の数を含む問題であった(Below 5の問題と略する)。このカテゴリに属するものは、上昇系列の数唱問題では3題、下降系列の問題では6題あった。

Table 1

Ratios of frequency for each counting in the problems of Below 5 and Over 5 in forward counting and backward counting

Problem	Correct counting	Wrong counting	Can't count
Forward Below 5 counting	0.86	0.14	0
Over 5	0.79	0.18	0.03
Backward Below 5 counting	0.75	0.13	0.12
Over 5	0.35	0.19	0.46

もう1つのカテゴリは、数唱の開始する数と停止する数のいずれかあるいは両方に6以上の数が入る問題であった(Over 5の問題と略する)。このカテゴリには、上昇系列の数唱問題が11題、下降系列の数唱問題が10題あった。2つのカテゴリの問題数が異なっていた。そこで、個人ごとにそれぞれのカテゴリの全問題数に占める、正しく数えることができた割合、誤って数えた割合、まったく数えることができなかった割合を求めた。そして、それぞれについて頻度率を求めた。その結果が、Table 1に示してある。

まず、上昇系列の数唱問題の結果について見ると、Below 5の問題とOver 5のそれぞれの頻度率において顕著な違いは見られなかった。下降系列の数唱問題の結果を見ると、Below 5の問題がOver 5の問題より、正しく数えることができた割合が高い($t_{(24)}=6.59, p<.001$)。まったく数えることができなかった割合は、Over 5がBelow 5より高い($t_{(24)}=4.01, p<.001$)。そこで、さらにBelow 5がOver 5より正しく数えることができることを明確にするために次のような分析を行った。数唱の開始する数に基づいて、16題の問題を3-(3から数える問題、“-”の記号で略する)、4-、5-、6-、7-、8-、9-、の7つのカテゴリについて分類した。各々のカテゴリの問題数が異なっていたので、個人ごとにそれぞれのカテゴリの全問題数に占める、正しく数えることができた割合を求め、それぞれについて頻度率をもとめた。3-、4-、5-、6-、7-、8-、9-のカテゴリの頻度率はそれぞれ、.84、.78、.75、.46、.40、.37、.31であった。分散分析を行ったところ有意であった($F=14.422, df=6/144, p<.001$)。そこで、それぞれのカテゴリの頻度率について多重比較を行った。3-と6-、7-、8-、9-、の比較では有意差が認められた。4-と5-のそれぞれも6-、7-、8-、9-、の比較で有意差が認められた。しかし、3-、4-、5-のそれぞれの比較においては有意差は認められなかった。また、6-、7-、8-、9-のそれぞれの比較においても有意差は認められなかった。これらの結果より、下降系列の問題では、Below 5の方がOver 5より

Table 2
Mean ratios for six error patterns in six types that are categorized by the first number to count in forward counting

Problem types	Only first and last number	Omissions	Repetitions	From 1	Can't stop	Random
2—(4)	0.5 (2)	0.75(3)	0.25(1)	0.5 (2)	0.5 (2)	0.5 (2)
3—(3)	0.33(1)	1.0 (3)	0 (0)	0.33(1)	1.33(2)	0.33(1)
4—(2)	0.5 (1)	1.5 (3)	0.5 (1)	0.5 (1)	1.5 (3)	1.0 (2)
5—(2)	2.0 (4)	0.5 (1)	0 (0)	0 (0)	2.5 (5)	0.5 (1)
6—(2)	1.0 (2)	1.0 (2)	0 (0)	0 (0)	0.5 (1)	0 (0)
7—(1)	6.0 (6)	1.0 (1)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)

Note. Number problems are shown in parentheses of problem types. Number of the subjects are shown in parentheses of six error patterns.

Table 3
Mean ratios for six error patterns in six types that are categorized by the last number to count in forward counting

Problem types	Only first and last number	Omissions	Repetitions	From 1	Can't stop	Random
—4(1)	1.0(1)	1.0(1)	0 (0)	2.0(2)	1.0(1)	0 (0)
—5(2)	0.5(1)	1.0(2)	0 (0)	0.5(1)	0 (0)	0 (0)
—7(3)	1.6(5)	0.3(1)	0.3(1)	0 (0)	2.6(8)	1.0(3)
—8(2)	0.5(1)	0.5(1)	0.5(1)	0 (0)	1.0(2)	0.5(1)
—9(6)	1.5(9)	1.5(9)	0 (0)	0.2(1)	0.6(4)	0.2(1)

Note. Number problems are shown in parentheses of problem types. Number of the subjects are shown in parentheses of six error patterns.

正しく数えることができることが実証できた。

次に、誤って数えた問題について、誤りの内容分析を行った。誤りは7つのタイプに分けられた。第1は、数唱を開始する数と停止する数の2つの数のみ数える誤り(only first and last number-type)。たとえば、3から7までの数唱問題では3と7のみ言うタイプ。第2は、数唱の途中で1つまたは複数の数が省略される誤り(omissions-type)。たとえば、3から7までの数唱において、3, 4, 6, 7というように数える。第3は、ある同じ数を繰り返す誤り(repetition-type)。たとえば、3から7までの数唱問題で、3, 4, 5, 5, 6, 7と数える。第4は、数唱を開始するときに必ず1から数唱を始める誤り(from 1-type)。たとえば、3から7までの数唱問題で1, 2, 3, 4, 5, 6, 7と数える。第5は、数唱を停止すべき数で停止しないで他の数まで続けて数える誤り(can't stop the last number-type)。たとえば、3から7までの数唱問題で、3, 4, 5, 6, 7, 8, 9と数える。第6は、下降系列の数唱にのみ見られた誤りであるが、下降系列の数唱であるにもかかわらず、上昇系列で数える誤り(forward counting-type)。たとえば、7から3

までの数唱問題で3, 4, 5, 6, 7, と数える。第7は、規則性のないランダムな誤り(random-type)。

上昇系列の数唱問題について、数唱を停止すべき数(b)を無視して、数唱の開始する数に基づいて問題を分類した。各被験児は、1つの問題に1つの反応をしているので、先述の6つのカテゴリーそれぞれに分類された人数を各カテゴリー内の問題数で除したものを割合とした。その結果が、Table 2に示されている。数唱の開始する数(a)に基づいた分類では、誤りのタイプに顕著な違いは見い出されなかった。

次に、数唱の停止する数(b)に基づいてTable 2で用いた分析と同じような分析を行った。その結果が、Table 3に示されている。Table 3のrandomな誤りを見ると、数唱の開始の数と数唱の停止の数の両方が5以内の数では、ランダムな誤りは皆無である。停止すべき数で止まらない誤りについて見ると、5で止まらない者はいない。5は容易に止まることのできる数であるといえよう。

下降系列の数唱問題について上昇系列と同じように誤りの分析を行った。まず、数唱を停止すべき数は無視し

Table 4
Mean ratios for six error patterns in six types that are categorized by the first number to count in backward counting

Problem types	Only first number and last number	Omissions	Repetitions	Forward counting	Can't stop	Random
3—(1)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1.0(1)	0 (0)	0 (0)
4—(2)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0.5(1)	1.0(2)	0 (0)
5—(3)	0 (0)	0.6(2)	0 (0)	1.0(3)	1.0(3)	0 (0)
6—(2)	0 (0)	0.5(1)	1.0(2)	0.5(1)	1.5(3)	0.5(1)
7—(2)	1.5(3)	0 (0)	0 (0)	1.5(3)	0 (0)	0.5(3)
8—(3)	0.3(1)	0.3(1)	0 (0)	0.3(1)	0.6(2)	1.0(3)
9—(3)	1.0(3)	1.0(3)	0 (0)	0 (0)	2.0(6)	0.6(2)

Note. Number problems are shown in parentheses of problem types. Number of the subjects are shown in parentheses of six error patterns.

Table 5
Mean ratios for six error patterns in six types that are categorized by the last number to count in the backward counting

Problem types	Only first and last number	Omissions	Repetitions	Forward counting	Can't stop	Random
—1(3)	0 (0)	0.3(1)	0 (0)	1 (3)	0 (0)	0 (0)
—2(2)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0.5(1)	2.0(4)	0 (0)
—3(5)	0.4(2)	1.0(5)	0.2(1)	0.2(1)	1.2(6)	0.6(3)
—4(1)	0 (0)	0 (0)	1.0(1)	0 (0)	3.0(3)	1.0(1)
—5(3)	1.0(3)	0.3(1)	0 (0)	0.3(1)	0.3(1)	1.0(3)
—6(1)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1.0(1)	2.0(2)
—7(1)	2.0(2)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	3.0(3)	0 (0)

Note. Number problems are shown in parentheses of problem types. Number of the subjects are shown in parentheses of six error patterns.

て、数唱開始の数(b)に基づいて、上昇系列の数唱の誤り分析と同じ方法で割合が算出された。その結果が、Table 4に示されている。Table 4から明らかなように、数唱開始の数と数唱停止の数の両方とも5以内の数では、ランダムな誤りは皆無である。このことは、5以内の数の数唱は、正確であり、理解しやすい数であるといえる。

次に、数唱開始の数は無視して、数唱停止の数に基づいて、上昇系列の数唱の誤り分析と同じ方法で分析した結果が、Table 5に示されている。数唱停止の数で止まることのできない誤りの割合は、1の数では当然であるが皆無である。5で止まることのできない誤りの割合は0.3で、他の数と比較すると低い。

ここまでの分析で、停止すべき数で数唱を停止できないという結果が得られたが、これについては数の表象構造を反映する資料であるという仮定とは別の可能性が考えられる。それは、こうした結果が数えるべき数の多さに

よるのではないかという可能性である。Case, Kurland, & Daneman (1979) は、短期記憶の容量には限界があり課題が難しくなると多くの処理容量を必要とするため、他の認知仮定を実行することができなくなると述べている。このことから考えると、停止すべき数で数唱を停止できないのは、数える数が多いためどこで停止すべきかを忘れてしまった結果として、数えるのを停止できなかったとも考えられる。そこで、Table 3, Table 5のそれぞれのカテゴリーの各問題ごとに数えるべき数を求め、数えるべき数が同じである問題を分類した。そして、それぞれのカテゴリーにおける停止すべき数で数唱を停止出来ない人数を、各カテゴリーの問題数で除した割合を求めた。その結果が、上昇系列の数唱はTable 6に、下降系列の数唱はTable 7に示されている。Table 6を見ると、数えるべき数の最も多い8で停止できない被験児の割合は0、数えるべき数の最も少ない3では1.0である。Table 7をみると、数えるべき数が7の時に停

Table 6
Mean ratios of subjects who can't stop in
forward counting

Magnitude of number	Can't stop
3(4)	1.0
4(4)	0
5(2)	2.6
6(1)	1.0
7(2)	1.0
8(1)	0

Note. Numbes of the problems are shown
in parentheses.

止できない被験児の割合は 2.0, 数えるべき数が 3 では 1.6 である。このことより, 数える数が多いと数唱を停止できないとはいえない。こうした結果は, 数えるべき数が多いと課題を処理しているあいだに, 停止すべき数を忘れるという可能性を否定するものといえよう。

次に, 数唱を停止すべき数で停止しないで他の数まで数え続ける誤りについて, どこまで数え続けたか分析した。そうした誤りを行った者が上昇系列では 15 名, 下降系列では 17 名いた。上昇系列では, 10 まで数え続けた者が 7 名, 9 まで数え続けた者が 5 名, 8 まで数え続けた者が 3 名いた。下降系列では, 1 まで数え続けた者が 14 名, 2 まで数え続けた者が 1 名, 6 まで数え続けた者が 2 名いた。上昇系列で, 10 や 9 まで数え続けた者が 12 名もいたことは, 10 までがつづけて数えやすい 1 つの構造であるからかもしれない。また, 下降系列で 1 まで数え続けた者が 14 名もいたことは, 1 までが続けて数えやすいことを示すものであろう。

考 察

本研究では, 幼児の数表象の構造を明らかにするために, 数唱という方法を導入した。しかしながら, こうした数唱という方法自体に疑問がないわけでもない。というのも, 数唱によって示される能力というのはきわめて機械的な行為であって数概念の意味や知識を反映したものではないと Piaget (1952) は述べている。しかし, 数唱に関する最近の多くの研究によれば, 数唱は数概念の意味の反映である認知的技能 (cognitive skill) であることが明らかにされている。たとえば, 保存概念の獲得には正確な数唱が必要であることが示されている Fuson, Secade, & Hall, 1983; Gelman, 1972; Gelman & Gellistel, 1978; Saxe, 1979)。また, 加算や減算の計算能力は数唱技能に依存していることも明らかにされている (Ashcraft, 1982; Fuson, 1982; Groen & Parkman, 1972; Woods, Resnick, & Groen, 1975)。さらに, 幼児の数唱の知識は, 変わりやすい知識である

Table 7
Mean ratios of subjects who can't stop in
backward counting

Magnitude of number	Can't stop
3(7)	1.6
4(4)	1.0
5(3)	0.3
6(1)	1.0
7(1)	2.0

Note. Numbers of the problems are shown
in parentheses.

か, それとも制限された知識であるかについて, 確率モデルで検討した研究 (Wilkinson, 1984) も報告されている。これらの研究からみて, 数唱には数概念の表象や意味が反映されていると考えられる。

本研究でこのような数唱技能の分析をしてみると, それらの技能の中に幼児のもつ数の表象構造が反映されていることがある程度明らかにされた。Table 1 より, 正しい数唱の頻度率は Over 5 タイプの問題より Below 5 タイプでの反応が高いことがわかる。このことは, 幼児が 6 以上の数より 5 以下の数をよく理解していることを示すものと思われる。さらに, 誤った反応パターンの結果 (Table 3 と Table 5) から明らかなように, 5 以内の数の数唱では random な誤りは皆無であるが, 6 以上の数の数唱になると random な誤りが出現している。random な誤りが 5 以内の数でみられないということは, 数唱課題で見られる誤りでもたらめなものでなく, 規則性のある何らかの意味をもった誤りであることを示唆している。こうした結果は, 1 から 5 までの数が 1 つのまとまった構造として表象されているという我々の仮説を支持するものであろう。

次に停止すべき数について分析した Table 3 と Table 5 を見ても, きわめて興味ある結果が得られている。上昇系列の数唱では, 停止すべき数が 5 の課題では全員が正しく 5 で止まっている。また下降系列の数唱でも停止すべき数が 5 の場合に止まらない割合は他の数に比べると低い。このことは, 単なる偶然ではなく幼児が持つ数の表象を反映したものであると考えられる。どのような数表象が仮定されるかについては問題提起で述べたような Fuson らの数唱の発達モデルが参考になろう。我々が見出した結果は, 彼女らのモデルに従えば, 連続した数系列をある数でその前の系列とその後の系列に分割できるようになる第 3 段階と関連している。このモデルでは, この段階における第 2 下位段階になると a から b ($b > a$) まで数え昇らせることが可能になる。つまり, a から数え昇って b で止めるという数技能ができてくるのは, 数の連続した系列を b で区切った数表象とし

持っているためであろう。Fusonらのモデルでは、この止まるべき数(b)の内容については全く言及していない。しかし我々の結果によれば、上昇系列では全員が5で数唱を止めることができた。このことは数系列を分割するbにおいて privileged anchorとしての5という数表象が存在するために5で正しく止めることができたことを示唆するものであろう。6以上の数で正しく止めることができないという我々の仮定の延長として考察できる。つまり6以上の数は数を表象するための privileged anchor としては機能していないことを示すものであろう。下降系列で示された結果は上昇系列での結果ほど明確ではない。しかし、下降系列方向への数唱が上昇系列への数唱より後に発達してくるという Fusonらのモデルから考えると、Table 5に見られる5で止まった者が皆無ではないということは十分にうなずけることであろう。このことは、5を privileged anchor とする下降系列の数表象がまだ明確には確立されていないことを示している。そのために下降系列では正しく5で止めることが出来なかった者が1人いたと考えられる。

我々は問題提起では privileged anchor としての数は1から5までと考えたが、本研究の結果を見れば5という数のみが privileged anchor となっているように思われる。もし1から5までの数全てが privileged anchor として機能していれば、停止数が3や4の課題でも正しく数唱を止めることが出来ると予想されるが、本研究の結果からはそうしたことは見られなかった。従って、privileged anchor となるのは、1から5までの数なのか5そのものなのかということについては今後の検討が必要であろう。さらに、問題提起ではこのような構造は指という外的な構造の単なる反映かも知れないと仮定した。しかし、指の構造に依存しない数唱という課題を用いても、以前の研究で見いだしたことと同じ傾向が得られていることから、そうした構造は内的な表象の反映であるといえる。

ところで、数唱を止められないという誤りは、停止すべき数を忘れたことによるのではないかという可能性が考えられる。数えるべき数が多くなればなるほど停止すべき数を忘れることになると仮定されるが、Table 6とTable 7から明らかなように、数えるべき数が多いほど停止できないという事実は見られていない。こうした可能性はまず否定されるだろう。

それでは、これまでの研究者が見い出してきた数の10進法的知識の問題は、どうなるであろうか。序論で述べたように、20を越す大きい数ではそうした知識の反映を示す証拠が得られている。10以下の小さい数では10進法的表象となっていないのであろうか。これについては、明確な証拠はないが1つのヒントとなるデータがある。それは、上昇系列の数唱において停止すべき時点で

止まらなかったものでは、9あるいは10まで数え続けたものが80%にも達したというデータである。しかし、このデータのみを持って10進法的表象の問題を論じることは出来ないが、子供の表象構造が意外に複雑なものであるかもしれないことを示唆するものである。

これまでの、幼児の数概念の理解に関するモデルとして、Resnick (1983)は心的数直線を仮定している。ここでは、1から1つずつ大きくなる上昇系列、10から1つずつ小さくなる下降系列の心的数直線が表象されている。これは、10以下の数には、何らの構造も考えていない単純な心的数直線であったといえよう。また、Fuson et al. (1982)は、幼児の数唱のモデルとして、ある数aからある数bまで数え昇る上昇系列の数唱、ある数bからある数aまで数え下る下降系列の数唱の発達を仮定している。しかし我々の研究からは、数唱を分割すべき数がどのような数についても可能となるのではなく、privileged anchor としての5までの数とそれ以上の数とを区別しなければならないことが示唆されている。今後の幼児の数概念のモデルでは、こうした観点をとり入れたモデルが考慮されなければならない。

さらに別の疑問も生じる。本研究では、年中児を対象としたが、これより低い年齢の幼児でもこうした構造が存在するのであろうか。あるいは乳児の数概念に関する研究で見出されているように、乳児も3までの数を区別できるという結果(Starkey & Cooper, 1980; Strauss & Curtis, 1981)と本研究で得られた結果とどのように関連するのであろうか。数の表象構造そのものに対する発達の観点からの研究も今後の課題として残されている問題である。

引用文献

- Ashcraft, M. H. 1982 The development of mental arithmetic: A chronometric approach. *Developmental Review*, 2, 213-236.
- Case, R., Kurland, M., & Daneman, M. 1979 Operational efficiency and the growth of M-space. Paper presented at the Biennial Meeting of the Society for Research in Child Development, San Francisco, March, 1979.
- Fuson, K. C. 1982 An analysis of the counting-on solution procedure in addition. In T. P. Carpenter, J. M. Moser, & T. A. Romberg (Eds.), *Addition and subtraction: A cognitive perspective*. Hillsdale, N. J.: Lawrence Erlbaum Associates. Pp. 67-81.
- Fuson, K. C., Richards, J., & Briars, D. J. 1982 The acquisition and an elaboration of the number word sequence. In C. Brainerd (Ed.), *Children's logical and mathematical cognition: Progress in cognitive developmental research*. Vol. 1. New

- York : Springer-Verlag. Pp.33-92.
- Fuson, K. C., Secade, W. G., & Hall, J. W. 1983 Matching, counting, and conservation of number equivalence. *Child Development*, **54**, 91-97.
- Gelman, R. 1972 Logical capacity of very young children : Number invariance rules. *Child development*, **43**, 75-90.
- Gelman, R., & Gallistel, C. R. 1978 *The child's understanding of number*. Cambridge, MA : Harvard University Press.
- Gelman, R., & Meck, E. 1983 Preschooler's counting : Principles before skill. *Cognition*, **13**, 343-359.
- Ginsburg, H. 1977 *Children's arithmetic : The learning process*. New York : Van Nostrand.
- Greeno, J. G., Riley, M. S., & Gelman, R. 1984 Conceptual competence and children's counting. *Cognitive Psychology*, **16**, 94-143.
- Groen, G., & Parkman, J. 1972 A chronometric analysis of simple addition. *Psychological Review*, **79**, 329-343.
- Piaget, J. 1952 *The child's conception of number*. New York : Norton
- Resnick, L. B. 1983 A developmental theory of number understanding. In H. P. Ginsburg (Ed.), *The development of mathematical thinking*. New York : Academic Press. Pp.109-151.
- Riley, M. S., Greeno, J. G., & Heller, J. I. 1983 Development of children's problem-solving ability in arithmetic. In H. P. Ginsburg (Ed.), *The development of mathematical thinking*. New York : Academic Press. Pp.153-192.
- Siegler, R. S., & Robinson, M. 1982 The development of numerical understanding. In H. W. Reese & L. P. Lipsett (Eds.), *Advances in child development and behavior*. Vol. 16. New York : Academic Press. Pp.242-308.
- Starkey, P., & Cooper, R. S. 1980 Perception of numbers by human infants. *Science*, **210**, 1033-1035.
- Strauss, M. S., & Curtis, L. E. 1981 Infants perception of numerosity. *Child Development*, **52**, 1146-1152.
- Wilkinson, A. C. 1984 Children's partial knowledge of the cognitive skill of counting. *Cognitive Psychology*, **16**, 28-64.
- Woods, S. S., Resnick, L. B., & Groen, G. J. 1975 An experimental test of five process models for subtraction. *Journal of Educational Psychology*, **67**, 17-21.
- Yoshida, H., & Kuriyama, K. 1986 The numbers 1 to 5 in the development of children's number concepts. *Journal of Experimental Child Psychology*, **41**, 251-266.

——1987. 5. 6. 受稿, 1988. 6. 4. 受理——