

幼児の順序数の概念とその形成に関する実験的研究*

東京都立大学

飯 島 婦 佐 子

問題と目的

筆者は、さきの幼児の数概念に関する研究(1965, 1966)において、幼児が順序数を理解するのは発達の序列から考えてかなり後であることを見出した。

ところで Piaget, J. (1945) は、人形とステッキとボールの対応づけ、カードの系列化の問題、マットとハードルの問題などを幼児に質問して、順序数的な側面の理解について、それぞれの問題ごとに継時的な3つの発達段階を示している。

また、Elkind, D. (1964) は、Piaget の行なつたいくつかの刺激対象の弁別、系列化、そして基数と序数の調整に関する実験をさらに検討している。この研究は、Piaget の従来の研究を統計的な手続きを使用して分析したという点と、刺激の次元を、棒(1次元)と、スレート(2次元)、積み木(3次元)の3つの次元から検討したという点で意義があると考えられるが、その結果は Piaget の結果を支持するものであつた。

わが国においては、池上喜八郎(1963, 1964)が、精薄児・盲児・正常児を対象として、重量の系列学習に関する実験や色球並べ、さらに数詞についての理解の程度などを検討している。

このように、数の順序数的側面を中心に取上げた研究がいくつかみられるが、その数は多いとはいえない。もつとも数の体系を考えると、“数とは系列化された類である”と考えられるので、順序数的な側面のみを純粹に取り出して研究するのは困難と思われる。Piaget も指摘するように、“基数を理解するには序数の理解が前提となり、その逆も考えられる”。前研究(1965, 1966)では、数に関する問題を掘り下げる基礎として、基数的側面に中心をおいて分析を試みた。そこで本研究では順

序数的側面に焦点を合わせて考察したいと思う。この場合に問題になる点は次のとおりである。

第1に、順序数についての定義づけであるが、本研究においては、Piaget, J. (1945) の研究を参考として、数の順序数的側面を以下のように考える。すなわち、大きさや長さなどの大小関係や数の多少関係によつて一定の集合の要素を順序づけることを系列化とよび、これを、順序数的側面の基本的なものと考える。また、それぞれ異質の要素から成立する2つの集合を系列化によつて1対1に対応づけることが考えられる。

さらに、基数と順序数との調整関係についての問題、たとえば3番目の順序数は1という等質の単位が3個集まつて成立し、それよりも少ない2個の集合を持つという関係についての理解の問題や、切片と系列化した数の体系に関する問題、すなわち、1から n までの順序数を考える場合に、途中の n' は、1から n' までのそれぞれの類よりも大きく、 n' から n までのそれぞれの類よりも小さいこと、そして数の体系は、1, 2, …… $n-1$, n , $n+1$ ……、のようになつていることについての理解に関する問題も考えられる。

第2に順序数の概念が獲得される場合にどのような序列をたどるかという発達の段階づけについての考え方が問題となる。順序数の概念の発達の序列のモデルは以下のように考えられる。はじめに、簡単な数の関係の認識ができる。つまり系列化ができることである。次に2つの集合の単純な対応関係に関する理解ができる。そして、対応づけの一方の集合の要素の配列を逆にした場合の対応づけも考えられる。さらに、一方の集合をランダムに並べた場合の対応づけは、もう少しあとの段階と考えられる。

次に、基数と順序数の調整についての理解と切片や数の体系についての理解に関しては、大きさの順に並べた場合の刺激条件が、順序を乱した場合の刺激条件(ランダム)よりも先に理解できると考える。乱れた刺激条件は、数の体系の順に頭の中で系列化しなければならない

* The child's ordinal number concept and its formation.

** by Fusako Iijima (Tokyo Metropolitan University)

ので、再構成するのが困難であると思われる。

第3にどのような教示によつて順序数の概念が獲得されるかについてである。本研究においては、(1)言語ラベル(数詞)を強調した手続きによる方法——幼稚園児に積み木を用いて分類学習をさせた研究(飯島, 1963)で5才児に積み木とことばを結合させる学習を行なつたところ、はじめ対象を形で分類していたが、大きさによつて言語化できるようになつた。本研究ではことばを数詞と考へて、命名により、数の体系についての理解がどの程度可能になるか検討したいと思う。(2)1, 2, …… $n-3$, $n-2$, $n-1$, n , $n+1$, $n+2$, $n+3$ ……という数の体系を強調する手続きによる方法。(3)言語的ラベルと数の体系の両者を強調する手続き、の3条件を検討する。

方 法

1. 実験日 1965, 6月~7月, 10月~11月
2. 被験者 5才児60名(都内の幼稚園児)
3. 手続き

各実験的操作を加えた前後にテストを行なつた。テストの手続き、実験的操作は次のとおりである。

(1) テストの手続き:

系列化—1から10までの10枚のカードを使用する。カードの巾は1.5cmで変えず、長さはカード1を1.5cm, 以下順次1.5cmずつ大きくする。提示のしかたは、3, 1, 2, 6, 4, 5, 8, 10, 9, 7の順に並べ、"これは石屋さんが1個ずつ石を高く積んで、そのあとでコンクリートで固めて作った階段を1段ずつ切り離したものです。よく見て一番小さいのからだんだん大きくなるように順番に並べて階段を作ってください"という教示を与える。

1対1対応づけ—前述の「階段」と長さは同じで巾0.5cm, 上部に細長い三角形の緑色の紙を貼り付けたボール紙の「樹木」10個を使用する。階段を系列化して、それぞれの「樹木」を階段に対応づける。その後で階段はそのままにし、「樹木」だけを横にずらし「樹木」の下部が一直線になるようにする。そして3, 1, 2, 6, 4, 5, 8, 10, 9, 7の順に「樹木」を示し、それぞれの階段の上にあるかを聞く。

逆対応—2つの集合のうち一方の集合を、もう一方の集合とは反対の順に系列化する。「階段」と「樹木」を用いる。「樹木」は1対1対応づけとは逆の順(大から小へ)に階段から離して並べる。そして、3, 1, 2, 6, 4, 5, 8, 10, 9, 7の順に「樹木」を示しそれがどの階段の上にあるかを聞く。

ランダム対応—2つの集合のうち一方の集合の要素をランダムに並べる。材料は1対1対応づけの場合と同じである。「階段」は1から10まで順に並べ、それとランダムな順序で並べた「樹木」を示す。そして、それぞれの「樹木」を3, 1, 2, 6, 4, 5, 8, 10, 9, 7の順に指さして、それがどの階段の上にあるかを聞く。いずれの条件においても、「樹木」の下部は一直線上に並ぶようにする。

基数と順序数(知覚的)—系列化の場合と同様に「階段」を並べる。それぞれの「階段」の上に大きさの順に「樹木」を対応づける。そのあとで「階段」を美しくするためにつるばらをはわせたら花が沢山咲いたので階段がすっかり隠れてしまった話をし、つるばらの花と葉を貼つたボール紙で「階段」の上をおおう。そのうえで、それぞれの「樹木」を3, 1, 2, 6, 4, 5, 8, 10, 9, 7の順に示し、それぞれの「階段」は石がいくつできてきているか問う。この方法は、カードをそのまま示すと、カードを目で区切つて、石の数を数えてしまい、基数と順序数の関係を理解していることにはならないという不備な点を補うために考慮した手続きである。

基数と順序数(ランダム)—石屋さんが石を一段ずつ離してしまつたという話をし、「階段」を3, 1, 2, 6, 4, 5, 8, 10, 9, 7の順にランダムに並べて、それぞれの「樹木」を対応させる。「階段」を取り除いて、「樹木」の下部が一直線上に並ぶようにする。そして、「この木があつた階段は石がいくつできていましたか」と質問する。この方法も、カードを目で数えることを防ぐために行なつた。

切片および系列化した数の体系(知覚的)—基数と順序数(知覚的)と同様に、木を対応づけて階段を1から10まで順番に並べ、つるばらを貼つた紙で「階段」をおおつて、次の質問をする。すなわち、3, 1, 2, 6, 4, 5, 8, 10, 9, 7の順に、「この木のある階段まで何段登つたか(1~ n')。一番上まで登るのにあと何段登らなければならないか($n'~n$)」を質問する。

切片および系列化した数の体系(ランダム)—「階段」を、1段ずつ離して、3, 1, 2, 6, 4, 5, 8, 10, 9, 7, の順にランダムに並べ、それぞれの「樹木」を対応づける。そのあとで「階段」を取り除き、木の下部が一直線上に並ぶようにする。そして3, 1, 2, 6, 4, 5, 8, 10, 9, 7, の順に「樹木」を示して「この木があつた階段まで何段登つたか(1~ n')。一番上まで登るのにあと何段登らなければならないか($n'~n$)」を、それぞれの「樹木」ごとに質問する。

以上の基数と順序数と切片および系列化した数の体系

において、知覚的（大きさの順に配置）とランダムとの2つに分けて考えた。なおテストの提示順序は以上の配列の順に従う。

(2) 実験の手続き：

第1, 第2, 第3, および統制群の4群（各15名）に被験者を分ける。前テストで各群に差がないように個々の被験者を調整する。前テストの結果は Table 1 に示したが、その詳細は結果と考察の章で説明する。実験材料は、各群とも、フレーベルの第3恩物の積み木を使用する（武政太郎, 1955）。これは3 cm立方の小型積み木である。そのため、“数は等質の要素から成立する類であり、またそれぞれの類を系列化したものである”という基本的な数の体系から考えて望ましい用具だと思う。しかも3次元の立方体であり、テストで用いた材料が2次元であるから、異なつた次元への一種の転移学習をみることになるであろう。テストでは1段から10段までの材料を使用したのに対して、実験では、1段から7段までの材料を使用する。そのため計28個の積み木を用意した。また、1段から7段までであるので、実験の前後においての反応を比較して、数の範囲が拡大した場合の学習の転移も検討できる。また、積み木を階段状に配置したあとで、1対1対応がつくように各段の上に1びきずつ動物をのせた。それらの動物は、低い方から、うさぎ、象、牛、たぬき、豚、犬、猫の順に並べる。それぞれの動物は、同じ高さの指人形である。

第1実験群：この群は、先に述べた、言語的ラベルを強調する群である。1) 積み木を、1段から7段まで、順に積むように教示を与える。2) それぞれの階段ごとに動物を置かせる。3) 3, 1, 2, 6, 4, 5, 7の順に、「うさぎは何段目にいますか」と質問する。わからなければ数えさせる。4) 3, 1, 2, 6, 4, 5, 7の順に、 n 段目の階段は何個の積み木でできているか質問する。また逆に、 n 個の積み木でできているのは何段目の階段か質問する。いずれも、わからない場合は、数えさせる。

第2実験群：これは、数の体系を強調する群である。1) 28個の積み木を与えて、1個ずつ高く積んで階段のように作ることを教示する。2) 基石を30個用意して、積み木と同じように、1個ずつ多く置いて、二次元で、階段状の基石のパターンを構成するように、教示する。3) それぞれの動物を階段の上ののせて、〇〇にあと1個積み木をあげればだれと同じになるかを1段から6段まで質問する。また逆に7段から2段まで〇〇から1個とつたらだれと同じになるか質問する。さらに各段に、2個、3個、4個、5個、6個の積み木を加減した場合

にどの動物の段と同じになるかについて質問する。4) 積み木を、1段ずつばらばらにして、ランダムに並べ、階段状に並べた基石と対応づける。

第3実験群：この群は、言語的ラベルと、数の体系との関係を強調する群であり、前の第1実験群と第2実験群の特徴をさらに強めた手続きをとっている。そのためこの群が最も効果があるのではないと思われる。1) 28個の積み木を与えて、1段、2段と言いながら、7段まで1個ずつ高く階段を構成するようにという教示を与える。2) 基石を30個用意して、積み木と同じ数だけ数えながら、1個ずつ多く、積み木の下に階段状に並べさせる。3) 積み木の上に、それぞれの動物を置いて、積み木の数の体系と、基石の数の体系が $\dots n-3, n-2, n-1, n, n+1, n+2, n+3\dots$ となつていることを数詞を用いて確認させる。具体的には、第2実験群の3)を、それぞれの質問ごとに、いくつになるか質問する。4) 積み木を1段ずつばらばらにし、4個以上は倒れた状態、3個までは立つたままにして、それぞれの階段ごとにランダムに配置する。基石はすべてばらばらにしてしまい以下のような手続きで質問する。たとえば、3個の基石を実験者が手に持つて、被験者に示しながら「これは何段の積み木と伸よしてでしたか。あなたがこの基石のあつた積み木の階段の上にいるとすればあなたは下から何段目にいましたか。いちばん上まで行くのには何段登らなければなりませんか」という質問をする。積み木は各段ごとにばらばらになつているので、被験者は、目の前にランダムに配置された積み木を見ながら、頭の中で、階段を再構成しなければならない。

以上で実験手続きの説明は終わるが、第2実験群と、第3実験群の3)の基石の数が30個であるのは、被験者の対応づけの正確さを吟味するためである。というのは、積み木の数と同じ28個を用意すると、7段目の階段を考えずに残りの基石を置いてしまう危険があるためである。第1実験群、第2実験群、第3実験群ともに、以上の手続きで2日間、約15分間の訓練を受けた。統制群はこの場合に、なんらの実験的操作も加えられない。

実験が終了したあとで、テストをもう一度受ける。

結果と考察

1. 反応の評定基準

本研究の結果を考察する前に、テストの反応の評定基準について述べる。Piagetの研究においては、それぞれ3段階の発達段階を考えているが、本研究ではテストの各項目ごとの反応を、a, b, c, d, eの5段階に評定した。すべての項目について刺激材料は1から10まで

用いているが、

- a—すべての項目に正反応ができなかつた場合
- b—1から10までのうち、2個か3個に正答であとは誤答である場合
- c—1から10までのうち、5個か6個に正答で、あとは誤答である場合
- d—ほとんど正答であるが、1個か2個の誤答を含む場合
- e—完全な正答の場合

本研究では、以上の5段階に基礎データを分類してその結果から、考察を試みる。

2. 順序数の概念の発達段階の序列についての考察

本節では、順序数の概念が獲得される場合にどのような序列をたどるかという発達の段階づけについての考え方を問題とする。

はじめの問題と目的のところ、順序数の概念の発達の序列のモデルを、①簡単な順序数の関係の認識ができるようになる。つまり、系列化ができるようになり、②2つの集合の単純な対応関係の理解ができるようになり、③対応づけの一方の集合の要素の配列が、もう一方の集合の要素の配列と逆の場合を理解できるようになり、④一方の集合を、大小関係の順に配列して、もう一方の集合をランダムに配列した場合の対応づけ、基数と順序数の調整、切片と数の体系についての理解ができるようになる、と考えた。また基数と順序数の調整と切片と数の体系についての理解に関しては、刺激の配列のしかたによつて反応が異なると予想した。実験結果を分析することによつて、以上のモデルを検討したいと思う。基礎資料の評定基準は前節で述べた分類に従う。

本節では、前研究(1965, 1966)の数の発達段階の序列について考えた場合と同様に、Green, B. F. (1956)の誤数算出の基準を参考にして、ガットマン尺度(1954)によつて各項目を困難度の順に並べ、その序列を検討する。ここでは、本研究の前テストだけを分析の対象とし、a, b, c, d, eの5段階に分類した反応のdとeのみをいちおう正答とみなして、これをプラス(+)反応とし、a, b, cをマイナス(-)反応として各項目を困難度の順に序列した。また、切片と数の体系に関しては1~n'とn'~nの2つに分けずに反応をまとめることにした*。

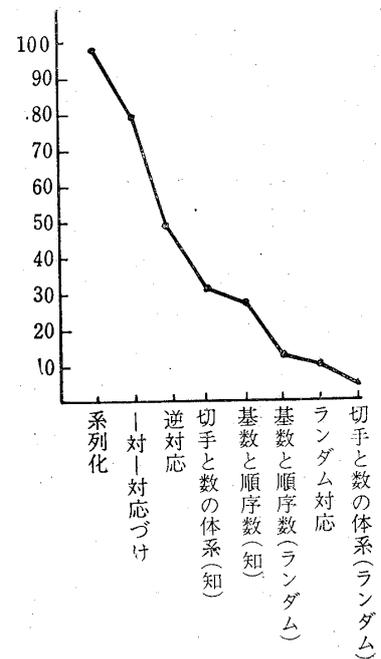
* 1~n'とn'~nの反応を比較した場合に、n'~nの方が集合の全体の要素と切片の集合の両者を考えなければならぬため、より困難であると考えられた。しかし、本研究の結果ではそのようなことがみられなかつたので、まとめて考察する。

その結果を通過率の順に配列すると、系列化(98%), 1対1対応づけ(80%), 逆対応(48%), 切片と数の体系(知覚的)(32%), 基数と順序数(知覚的)(28%), 基数と順序数(ランダム)(12%), ランダム対応(10%), 切片と数の体系(ランダム)(5%)となつた。再現性指数 $(1 - \frac{\sum e}{NK})$ を算出したところ、.93ではほぼ再現性があると考えられる。そこで、それぞれの項目を通過率の順に従つて配列すると、Fig. 1のようになる。この曲線の勾配をみると、だいたい、再現性のモデルに従つた分布をしていると考えられる。この結果をさらに検討すると、まず、系列化(長さの大小関係の順に刺激を配列する)は、5才児にとつては容易であるらしい。もつとも、Piagetの段階づけでは、「階段」の下がずれた場合、

「階段」の下が直線上に配列された場合よりも、誤反応が多く、より低い発達段階と考えているが、本研究においては、刺激が大きさの順に従つて配列されてい

れば、いちおう正反応と考えた。そのために、反応の評定基準が低く、通過率が高いと考えられよう。系列化の次は、1対1対応づけ、逆対応となつている。これらの配列の序列は、はじめに、予想したとおりである。次は、切片と数の体系(知覚的)と、基数と順序数(知覚的)である。これらの項目は、刺激が大きさに従つて系列化されている場合である。切片と数の体系(知覚的)は、数えればよいので、計数を判断の手掛りとして使用することを理解できれば、比較的容易であると考えられる。なぜならば、切片と数の体系は、1から10までの系列化された「樹木」をみて、1からn'までは何段か、n'からnまでは何段かを数えれば正答が得られるためである。これに対して、基数と順序数は、「階段」が隠されているために、「樹木」の配列から答えを予測しなければならないので、より困難であることを予想していたが、テストの結果では、この2項目の困難度の差はあまり大きくない。次に刺激の配列をランダムにした場合の基数と順序

Fig. 1



数の調整, ランダムな配列をした場合の対応づけ, および, 刺激の配列をランダムにした場合の, 切片と数の体系に関する問題の順に配列できる。前にも述べたとおり知覚的の場合のように, 刺激配列が大小関係の順に整然と並んでいる場合には, 基数と順序数の調整と, 切片と数の体系とでは, 切片と数の体系の方がやや通過率が高かった。一方, ランダムな刺激配列の場合には, 基数と順序数の調整についての問題が, 切片と数の体系についての問題よりやや通過率が高かった。刺激がランダムな配列であると, 対応づけの問題でも, 基数と順序数の調整の問題でも, また, 切片と数の体系についての問題でも, 全体的に通過率が低下する。これらの場合には, 刺激の配列を表象作用によつて再構成しなければならないため, 困難になると思われる。全般的に, 知覚的に把握しやすい項目から, 抽象的な数の体系が理解できていないと正答が得られない項目へと, 困難度に従つて序列できるようである。

3. 3つの実験効果に関する考察

本研究では, 前にも述べたとおり, ①言語的ラベルを

段階	グループ	切片と数の体系 (1~n')			
		E ₁	E ₂	E ₃	C
a		8	2	4	5
b		1	3	4	3
c		1	1	2	4
d		1	4	1	1
e		4	5	4	2

段階	グループ	切片と数の体系 (1~n') (ランダム)			
		E ₁	E ₂	E ₃	C
a		14	9	10	13
b		1	5	4	1
c		0	0	0	0
d		0	1	1	0
e		0	0	0	1

段階	グループ	切片と数の体系 (n'~n) (知)			
		E ₁	E ₂	E ₃	C
a		8	4	8	7
b		1	1	1	2
c		1	2	2	4
d		1	4	0	1
e		4	4	4	1

段階	グループ	切片と数の体系 (n'~n) (ランダム)			
		E ₁	E ₂	E ₃	C
a		15	14	13	13
b		0	0	1	1
c		0	0	0	0
d		0	1	1	0
e		0	0	0	1

* E₁は第1実験群, E₂は第2実験群, E₃は第3実験群, Cは統制群を示す。
各群は, それぞれ15名の被験者から成立する。

Table 1 前テストの結果

段階	グループ	系列化			
		E ₁	E ₂	E ₃	C
a		0	0	0	0
b		0	0	0	1
c		0	0	0	0
d		5	4	3	3
e		10	11	12	11

段階	グループ	ランダム対応			
		E ₁	E ₂	E ₃	C
a		0	4	4	4
b		5	5	9	9
c		8	4	0	2
d		2	2	2	0
e		0	0	0	0

Table 2 後テストの結果

段階	グループ	系列化			
		E ₁	E ₂	E ₃	C
a		0	0	0	0
b		0	0	0	0
c		0	0	0	0
d		0	0	0	2
e		15	15	15	13

段階	グループ	ランダム対応			
		E ₁	E ₂	E ₃	C
a		0	0	0	4
b		4	4	5	5
c		3	6	1	3
d		4	2	2	2
e		4	3	7	1

段階	グループ	1対1対応づけ			
		E ₁	E ₂	E ₃	C
a		0	2	2	1
b		2	1	0	1
c		1	1	0	1
d		4	3	5	6
e		8	8	8	6

段階	グループ	基数と順序数 (知)			
		E ₁	E ₂	E ₃	C
a		1	1	4	3
b		7	4	3	5
c		2	5	3	5
d		1	1	1	0
e		4	4	4	2

段階	グループ	1対1対応づけ			
		E ₁	E ₂	E ₃	C
a		0	0	0	1
b		0	0	1	1
c		0	0	0	1
d		0	3	0	6
e		15	12	14	55

段階	グループ	基数と順序数 (知)			
		E ₁	E ₂	E ₃	C
a		0	0	1	3
b		4	2	0	5
c		1	4	2	4
d		3	0	5	0
e		7	9	9	3

段階	グループ	逆対応			
		E ₁	E ₂	E ₃	C
a		1	3	1	4
b		1	1	4	3
c		4	5	1	3
d		8	1	5	3
e		1	5	4	2

段階	グループ	基数と順序数 (ランダム)			
		E ₁	E ₂	E ₃	C
a		3	1	5	3
b		7	6	4	6
c		4	6	5	3
d		1	1	0	2
e		0	1	1	1

段階	グループ	逆対応			
		E ₁	E ₂	E ₃	C
a		0	0	0	3
b		1	1	2	3
c		0	2	0	3
d		2	2	2	5
e		12	10	11	11

段階	グループ	基数と順序数 (ランダム)			
		E ₁	E ₂	E ₃	C
a		1	0	0	3
b		9	5	5	5
c		4	8	2	4
d		1	0	1	2
e		0	2	7	1

段階	グループ	切片と数の体系 (1~n') (知)			
	変換量	E ₁	E ₂	E ₃	C
a		0	0	0	5
b		3	2	2	3
c		1	1	0	4
d		0	1	1	1
e		11	11	12	2

段階	グループ	切片と数の体系 (1~n') (ランダム)			
	変換量	E ₁	E ₂	E ₃	C
a		1	4	2	12
b		5	7	5	2
c		5	1	2	0
d		0	1	4	0
e		4	2	2	1

変換量	グループ	基数と順序数 (ランダム)			
	変換量	E ₁	E ₂	E ₃	C
4		0	0	1	0
3		0	1	2	0
2		0	0	5	0
1		6	4	2	1
0		7	8	4	14
-1		2	1	1	0
-2		0	1	0	0

変換量	グループ	切片と数の体系 (1~n') (ランダム)			
	変換量	E ₁	E ₂	E ₃	C
4		2	2	1	0
3		1	0	3	0
2		5	0	2	0
1		5	5	5	1
0		2	7	4	14
-1		0	1	0	0

段階	グループ	切片と数の体系 (n'~n) (知)			
	変換量	E ₁	E ₂	E ₃	C
a		0	0	0	5
b		3	2	2	3
c		1	1	0	4
d		0	2	2	1
e		11	10	11	2

段階	グループ	切片と数の体系 (n'~n) (ランダム)			
	変換量	E ₁	E ₂	E ₃	C
a		4	4	4	12
b		4	7	3	2
c		3	1	2	0
d		3	2	4	0
e		1	1	2	1

変換量	グループ	切片と数の体系 (1~n') (知)			
	変換量	E ₁	E ₂	E ₃	C
4		5	1	2	0
3		0	3	3	0
2		2	0	3	0
1		3	3	3	1
0		5	7	4	14
-2		0	1	0	0

変換量	グループ	切片と数の体系 (n'~n) (ランダム)			
	変換量	E ₁	E ₂	E ₃	C
4		0	1	2	0
3		3	1	2	0
2		3	1	3	0
1		4	7	3	1
0		5	5	5	14

Table 3 各項目ごとの変化量

変換量	グループ	系列化			
	変換量	E ₁	E ₂	E ₃	C
3		0	0	0	1
1		4	4	3	1
0		11	11	12	13

変換量	グループ	ランダム対応			
	変換量	E ₁	E ₂	E ₃	C
4		0	0	1	0
3		1	0	6	1
2		3	5	0	1
1		4	7	5	3
0		6	2	3	10
-1		1	0	0	0
-2		0	1	0	0

変換量	グループ	切片と数の体系 (n'~n) (知)			
	変換量	E ₁	E ₂	E ₃	C
4		5	3	4	1
3		0	0	3	0
2		2	1	2	0
1		3	3	2	1
0		5	8	4	13

変換量	グループ	1対1対応づけ			
	変換量	E ₁	E ₂	E ₃	C
4		0	1	0	0
3		2	1	1	0
2		1	2	0	0
1		4	2	6	1
0		8	9	8	13
-2		0	0	0	1

変換量	グループ	基数と順序数 (知)			
	変換量	E ₁	E ₂	E ₃	C
4		0	0	2	0
3		2	2	1	0
2		2	2	3	1
1		4	4	4	0
0		6	6	5	14
-1		1	1	0	0

変換量	グループ	逆対応			
	変換量	E ₁	E ₂	E ₃	C
4		0	1	0	0
3		1	1	2	0
2		4	3	2	0
1		7	4	5	3
0		3	6	6	11
-2		0	0	0	1

Table 4 各項目ごとの変化量のχ²検定

項目	危険率	
	5%	1%
1対1対応づけ	/	/
逆対応	o	/
ランダム対応	/	o
基数と順序数 (知)	/	o
基数と順序数 (ランダム)	o	/
切片と数の体系 (1~n') (知)	/	o
切片と数の体系 (n'~n) (知)	/	o
切片と数の体系 (1~n') (ランダム)	/	o
切片と数の体系 (n'~n) (ランダム)	/	o

Table 5 各実験群間の変化量の χ^2 検定

a	1対1				
	逆対応	E ₁	E ₂	E ₃	C
	E ₁	/	/	/	/
	E ₂	/	/	/	/
	E ₃	/	/	/	*
C	*	/	/	/	
b	ランダム				
	順序と基数(知)	E ₁	E ₂	E ₃	C
	E ₁	/	/	/	/
	E ₂	/	/	/	**
	E ₃	/	/	/	*
C	**	**	**	/	
c	順序数と基数(ランダム)				
	切片(1~n')(知)	E ₁	E ₂	E ₃	C
	E ₁	/	/	/	**
	E ₂	/	/	/	**
	E ₃	/	/	/	**
C	**	**	**	/	
d	切片(n'~n)(知)				
	切片(1~n')(ランダム)	E ₁	E ₂	E ₃	C
	E ₁	/	/	/	*
	E ₂	/	/	/	*
	E ₃	/	/	/	**
C	**	**	**	/	
e	切片(n'~n)(ランダム)				
	切片(1~n')(ランダム)	E ₁	E ₂	E ₃	C
	E ₁	/	/	/	**
	E ₂	/	/	/	**
	E ₃	/	/	/	**
C	/	/	/	/	

* 5% ** 1% χ^2 検定による

強調した実験群, ②数の体系を強調した実験群, ③言語的ラベルと数の体系の両者を強調した実験群の3つの群に分けて考察をすすめてきた。本節では, 系列化, 1対1対応づけ, 逆対応, ランダム対応, 基数と順序数(知覚的), 基数と順序数(ランダム), 切片と数の体系(知覚的), 切片と数の体系(ランダム)の各テストを, 実験的操作を導入する前後の反応から分析する。Table 1には, 実験的操作を導入する前の各テストを, a, b, c, d, eの5段階に評定して分析した結果を示す。Table 2には, 実験的操作を導入した後の各テストを, a, b, c, d, eの5段階に評定して分析した結果を示す。それぞれの数字は, 人数を示している。Table 3では, 前テストと後テストの差を示す。a, b, c, d, eの各5段階を, 一段ずれるごとに1点ずつ差があると考え, eの方向への変化を+, aの方向への変化を-で示す。次に, Table 3において, 変化量の各得点の分布のしかたが, ばらばらなので, 変化群と不変化群に2分した。そして, 各項目ごとに2×Kの分割表を Siegel, S. (1956)に従って, χ^2 検定した結果を Table 4に示す。この場合, 系列化の項目は, Table 3のaに示すとおり, そのほとんどが変化量0であるため省略した。また, 1対1対応づけの結果は, 有意な差があるとはいえなかつた。そして, その他の項目は, 5%または1%の有意な差があつた。Table 5は, それぞれの項目に関して, 被験者を変化群と不変化群に2分して, 実験群ごとに, χ^2 検定を試みた結果を示している。2×2分割表を使用しているので, 一部で, Fisherの直接確率法を用いた。その結果, 1対1対応づけと逆対応においては, 1個の項目のみが有意な差があつた。それは, 1対1対応づけの場合に, 第3群と統制群, 逆対応の場合に, 第1群と統制群であつた。また, ランダムな対応づけにおいては, 第2群と統制群, 第3群と統制群の間に有意な差があるが, 第1群と統制群, および, 各実験群の間に有意な差がみられなかつた。

基数と順序数(知覚的), 基数と順序数(ランダム), 切片と数の体系(1~n', 知覚的), 切片と数の体系(n'~n, 知覚的), 切片と数の体系(1~n', ランダム)切片と数の体系では, (n'~nランダム)各実験群と統制群の間のみ, 有意な差がみられた。第1実験群は, 数詞を強調する手続きを取り, 第2実験群は数の体系を理解させ, 第3実験群は, 推理の過程が作用するような操作を導入して, 数詞と数の体系を強調した。予想としては, 第3実験群がいちばん効果があるように考えられた。しかし結果は, この予想を必ずしも裏づけてはいない。そのため, 統計的には有意であるか, またはそうではないかと

いう結果だけから考えれば、第3実験群のような複雑な手続きを使用するよりも、むしろ第1実験群のような手続きの方が、簡単であるといえよう。しかし、これらの反応がどの程度永続性を持つかについては、後テストのあとで、期間をおいた再テストを行なつてはいないので、なんともいえない。

次に、各項目別に検討しよう。1対1対応づけ、逆対応、ランダム対応のなかには、統制群と比較して、有意な差があるとはいえない場合がいくつかみられた。これは次のように考えられよう。すなわち、それぞれの実験では、動物を各積み木の階段の上へ対応づける操作だけを導入している。そのため、特に対応づけを強調しているわけではないから、統制群との間に差があるとはいえない場合があつたと考えられる。Table 2のb, cからも明らかなように、実験的操作の導入によつて簡単な対応づけについては、ほとんどの者が理解できるようになっている。この実験の被験者は5才児であるため、成熟という点から考えても、教示の効果がみられたと思われる。

本研究では、特に、実験的操作を導入した場合に、フレーベルの第3恩物である立方体の積み木を使用している。そのため、対応づけについての諸テストよりも、基数と順序数、切片と数の体系についての諸テストで、実験的操作の影響がより明らかになると思う。そこで、これらのテストで、実験群間の相異はどのようになっているか検討すると、Table 5で示したとおり、統計的には有意な差がみられなかつた。以下に、Table 3の変化量の検討から、だいたいの傾向を探ることにしよう。基数と順序数の調整の知覚的な問題に関しては、3実験群間にほとんど差がみられない。ところが、ランダムな場合に、統計的に有意とまではいかないが、第3群が、比較的、実験的操作の効果を受けていると考えられる方向に変化している。すなわち、第3群で変化量0は4名のみで、第1実験群や第2実験群とは異なつている。これについては以下のように考えられる。つまり、言語的ラベルと、数の体系との関係づけという操作が、特に、第3実験群の4)におけるように、基石の集合から数の体系を推定して判断するような手続きの導入が効果を及ぼしたと考えられよう。この場合には、刺激の配列がランダムであるために、「階段」状の体系を頭の中で再構成することが必要であろう。第3実験は、子どもにこのような操作をさせるのに比較的よい条件であるのかもしれない。

また、切片と数の体系については、刺激を、ランダムに配列した($n' \sim n$)の項目以外は、第2実験群の変化量0が他の群より多い。第1実験群は言語的ラベルを強調

した群であり、第3実験群は言語的ラベルと数の体系を対応づけて強調する手続きを用いている。これに対して、第2実験群は、積み木を加減したり、基石と対応づけることによつて、数の体系を強調して、特に言語的ラベルを強調してはいない。切片と数の体系についての問題は、計数や加減の演算操作を用いて解答しなければならないので、特に言語的ラベルを強調しなかつた第2実験群の成績が比較的よくなかつたと考えられよう。しかも、 $n' \sim n$ のランダムな刺激配列の場合には、変化量0は第1実験群、第2実験群、第3実験群ともに5名である。これに対して、変化量1が第2実験群に7名あり、変化量2以上が、第1実験群と第3実験群に第2実験群より多くみられる。そのため、この項目についても、第2実験群が、比較的实验的操作によつて影響されていないということが考えられるであろう。しかし、第2実験群の前テストで、特にこの項目の(知覚的)でd, e反応が多かつたため変化量0の数が増加したと考えられる。この点をさらに解明するために、被験者の数も増加して吟味実験をする必要がある。

最後に、問題となる諸点を述べよう。

第1は、被験者に関する問題である。順序数の成立段階について問題としたが、被験者は、系列化や1対1対応づけに関しては、かなりよくできていた。つまり、発達の段階から考えてもかなり進んだ状態にあつた。そのため、実験的操作を導入した場合に、その効果があつたと考えられよう。

第2は、各テストで使用した方法と、実験的操作で問題とした方法との関係についての問題である。統制群は別として、各実験群にかなりの効果がみられた。この効果がみられた原因のひとつに、各テストで使用したテスト内容と実験的操作において使用したいくつかの方法とが類似していたことが考えられよう。テストで使用した内容と実験的操作が類似していれば、その効果がみられるのは当然である。もつとも本研究では、問題と目的の章で説明したとおり、階段の数やその他の手続きをあまりテスト内容と一致しないように配慮している。しかし「階段」状の問題は、数の体系について理解しているかどうかをみるうえに、適切な問題であると思われる。今後の問題としては、テストの内容と実験的操作をさらに吟味して、より望ましい実験条件を設定することが必要である。

第3は、各群の等質性に関する問題である。前テストでは各群が等質の被験者から成立するように配慮した。各項目に同一の被験者を用いたため、必ずしも全項目が等質被験者から成立してはいない。等質かどうかを判定

するために、各項目の、a, b, cの反応をマイナス反応とし、d, eの反応をプラス反応とした。そして、各項目を $2 \times K$ の χ^2 検定で検定したところ、いずれの項目とも、統計的には有意な差がみられなかつた。しかし、逆対応の第2実験群と統制群のdとeがその他の実験群より、人数が少なかつた。また、切片と数の体系(知覚的)の $1 \sim n'$, $n' \sim n$ においては、第2実験群に、d, eの反応が多かつた。前述したとおり、切片と数の体系について第2実験群の反応に変化量0が多かつた原因のひとつに、はじめの被験者の構成のしかたに問題があつたことも含めて考察する必要がある。この被験者の統制に関しても考慮して今後吟味実験を行なう必要がある。

ま と め

目的と方法：5才児の順序数の概念とその成立条件について実験的に分析を行なつた。順序数を、系列化、1対1対応づけ、逆対応、ランダム対応、基数と順序数(知覚的)、基数と順序数(ランダム)、切片と数の体系(知覚的)、切片と数の体系(ランダム)から考える。

第1の問題は、順序数の概念の発達の序列がどのようになつていくかである。第2の問題は、言語的ラベルを強調した群、数の体系を強調した群、言語的ラベルと数の体系を強調した群、実験的操作を導入していない統制群の4群について分析した。そして、実験的操作を導入した前後のテストの結果からそれぞれの実験群の効果をみた。被験者は各群15名ずつ計60名。

結果と考察：第1に、順序数の概念が獲得される場合にどのような序列をたどるかという発達の段階づけについては、その結果を通過率の順に並べると以下になる。系列化(98%)、1対1対応づけ(80%)、逆対応(48%)、切片と数の体系(知覚的)(32%)、基数と順序数(知覚的)(28%)、基数と順序数(ランダム)(12%)、ランダム対応(10%)、切片と数の体系(ランダム)(5%)となる。そして、再現性指数は.93で、ほぼ再現性があると考えられる。全体的にみると、知覚的に把握しやすい項目から、抽象的な数の体系が理解できていないと正答が得られない項目へと序列できるようである。

第2に、それぞれの実験群と統制群の4群について、実験的操作を導入した前後のテストを比較し、実験的操作の効果をみた。各項目とも、実験群間には有意な差がなかつたが、第1実験群、第2実験群、第3実験群とも統制群との間に有意な差がみられた項目が多かつた。

また、基数と順序数(ランダム)において、第3実験群は、他の2つの実験群よりも実験的操作の導入に効果

がある方向に動いていた。これは、言語的ラベルと数の体系との関連づけという操作が効果を及ぼしたと考えられる。切片と数の体系については、第2実験群において、前後テストの間に差がみられない者が多かつた。第2実験群は積み木を加減したり、基石と対応づけることによつて数の体系を強調して、特に言語的ラベルを強調していない。切片と数の体系については計数や加減の演算操作を用いて解答しなければならないので、特に第2実験群は言語的ラベルを強調しなかつたため、成績が比較的よくなかつたと考えられよう。今後の問題としては、実験群の条件について吟味すること、より低い段階の被験者の反応について検討することなどが考えられる。

文 献

- Elkind D. 1964 Discrimination, seriation, and numeration of size and dimensional differences in young children. Piaget replication study VI. *J. gen. Psychol.* 104, 275 ~ 286.
- Green, B. F. 1956 A method of scalogram analysis using summary statistics. *Psychometrika.* 21, 79 ~ 88
- Gnilford J. P. 1954. *Psychometric Methods.* McGraw-Hill 秋重訳, 精神測定法 培風館 1959
- 飯島婦佐子 1963 幼児の分類作業に関する実験的一考察, 日心27回大会.
- 飯島婦佐子 1965 幼児の数概念に関する実験的研究—5才児—. 教心研, 13, 220~233.
- 飯島婦佐子 1966 幼児の数概念に関する実験的研究—4才児の分析を中心とした発達段階についての考察. 教心研, 14, 25~36.
- 池上喜八郎 1963 盲児の系列観念についての一考察 新潟大学教育学部高田分校研究紀要, 8, 13~20.
- 池上喜八郎 1963 盲児の系列観念—幼児の順序数概念についての研究(4). 日心27回大会論文集, 285.
- 池上喜八郎 1964 精薄児の系列観念—幼児の順序数概念についての研究(5). 日心28回大会論文集, 260.
- 池上喜八郎 1965 幼児の系列観念—幼児の順序数概念についての研究(6). 日心29回大会論文集, 290.
- Piaget J & Szeminska A. 1941 La genèse du nombre chez l'enfant. Delachaux & Niestlé S. A. 遠山・銀林・滝沢訳 数の発達心理学, 国土社(1961).
- Siegel S. 1956 *Nonparametric statistics for the behavioral sciences.* McGraw-Hill.
- 武政太郎 1955 フレーベルの恩物の理論とその実際 フレーベル館. (1966年1月19日原稿受付)