

幼児の数量の多少等判断力の発達について

丸 山 良 平*

(平成4年4月30日受理)

要 旨

本研究において幼児期の2数の多少等判断能力の発達を追究することが目的とされ、いろいろな形状の要素を持つ集合と数字で課題が提示された。対象児は日本の1幼稚園に就園する3歳～5歳児期(月齢44～79カ月)の幼児272人であった。得られた資料の分析結果は次の点を明らかにした。(1)4歳児期になると集合数の多少等判断が可能となり、5歳児期になると数字による多少判断が可能となる。(2)並んでいる数字の個数が多くなるとその示す数が大きくなるという知識は4歳児期から漠然とわかるようになる。(3)5歳児期には集合数の多少等判断の際に集合要素の性質に応じて数の知識ばかりではなく社会的知識が使用されるようになる。

資料の分析を通して多少等判断の質問と課題提示の方法の問題点が指摘され、幼児を対象にした場合の適切な方法が検討された。

KEY WORDS

comparison of 2 numbers (higher or lower in value) 2数の多少等判断

mathematical education 数教育

child education in kindergarten 幼児教育

問 題

丸山(1991a)は幼児期の子どもの数能力の発達を検討した際に、数の課題を数操作の共通性で3つのカテゴリーに分類し、各々の課題での数の関係を1数関係、2数関係及び3数関係とした。1数関係とは、計数、集合数の命名、数字の命名等のように集合や数記号で扱う数が1つである対応関係とした。2数関係は集合や数記号による2数比較での多少等の関係とし、3数関係は加減算等のような2つの数から第3の数を生み出す演算関係とした。そして幼児期の数理解では1数、2数関係が中心となり、就学直前になって具体物による3数関係が理解されることを示した(丸山, 1991b)。ピアジェ理論による算数教育の原理には、具体的な数学的活動のための基礎として、子どもの一般的な論理的能力を発達させることが強調され、数量については、～と同じ、～より多い、～より少ない等の論理的な用語で、子どもが集合を比較することが必要とされている(DeVries & Kohlberg, 1992)。幼児の数教育でも2数関係は数の基礎知識として重要であると考えられているといえる。これを受けて本研究では幼児期を通して理解が進む2数関係について検討する。2数関係には数の保存課題も含まれるが、本研究では

* 幼児教育講座

保存成立の前提条件となる多少等判断の能力の発達について考察する。

幼児は生活の中でいろいろな事物を扱うことで数操作の基礎を体験し、基礎的な数の能力を発達させる。就学前の子どもの集合数の把握は集合要素の同質性や異質性には関係なく、要素の大きさにも関係しないことが示されている (Gelman & Tucker, 1975)。数の基数としての理解は乳児期初期から始まり、1歳以前から集合数の1つと2つを区別できるし、2つと3つも区別できること (Antell & Keating, 1983; Starkey & Cooper, 1980; Strauss & Curtis, 1981)、4つと5つを区別できないこと (Starkey et al., 1980; Strauss et al., 1981) が示されている。そして「この発見は、乳児が基数をスピタイズ(subitizing: 一目で判断すること)一少数の対象にのみ適用可能な知覚過程一によって判断していることを示唆している。」(Siegler, 1992) とされた。そして5歳児では集合の要素数が3個まではスピタイズによって個数を判断し、それより大きな数は計数で判断できることが示されている (Chi & Klahr, 1975)。中沢 (1982) は子どもがスピタイズすることを直観的の把握と呼び、スピタイズできる数の範囲を直観数と呼んでいる。中沢の示した幼児の年齢と直観数の範囲は Chi 他の結果とほぼ一致している。集合数3程度の小さな2集合の多少等判断では、子どもはスピタイズによって集合数を把握することが示唆される。

乳児 (月歳16~18カ月) が3と4の集合数で多いという関係を知っていることが示されており (Strauss & Curtis, 1984)、この頃に2数関係の理解がはじまるといえる。したがって、幼児期の子どもが2数の多少等を判断することは可能であるといえる。多少等を表現する言葉の獲得について、日本語の多い・少ない・同じという数量形容詞は、4歳児期後半ではほぼ60%の子どもが自発的に使用できるようになり、多いと少ないの使用はほぼ等しく、同じはそれらに先行すること、また誤用として大きい・小さいの使用が多いと報告されている (武田・宮井・武田, 1978)。大きい・小さいの使用を正しいと認めれば、4歳児は数量形容詞の自発使用が可能といえる。大内・天野 (1976) の3歳児の多少等判断に関する研究では、集合の要素の配置が水平でも垂直でもその結果に差はなく、2集合を列状にして要素が対応して配置された課題の正答率は月齢によって差はないが、非対応の課題の正答率には差があることが示された。列状集合の要素の非対応配置では異数比較の方が同数比較より容易であり先行するとされた。また、多少判断の理解が、即、等判断への応用とはならないこと、3歳児の多少等判断に視知覚的要因が大きく影響すること、多少等の用語理解の確認が不可欠であることが指摘されている。乳幼児の2数関係の理解に関する諸研究の結果に基づき、本研究では課題として提示する集合数は10未満の数とし、集合要素の配列は基本的には非対応で「ひとかたまり」にするか、水平配列にした。対象児への質問は全て「2つの集合のどちらが多いか、それとも同じか」(選択法) という形式で問われた。

これまでの幼児の多少等判断力の研究で提示される集合要素は正方形や円形等単純な図形が多い。それは子どもが集合要素を個物として認知しやすくするためと考える。しかし子どもは日常生活では多様な形の物を扱い、その中でも数の知識を構成する。そこで本研究では、幼児の数の多少等判断力の発達と共に、様々な異なる形状の要素を持つ2集合では、それがどの様に多少等判断に影響するか追究する。また就学前に子どもは数字によって数を操作できるようになるが、多少判断ではその使用できる数字の範囲がどの様に広がっていくのかも検討する。

方 法

幼稚園に就園している子どもを対象として、紙面に描かれた絵によって集合数の把握力をみる課題と様々な形の要素を持つ2集合の多少等判断力をみる課題、そして数字によって2数の多少判断力をみる課題で構成された数能力調査が実施された。絵は子どもが日常生活の中で目にして、実際に扱うことのある具体物及び単純図形の集合を表現している。

1. 調査

対象児

新潟市の一私立幼稚園に就園する3歳児49名、4歳児104名、5歳児119名である。この園では一般にいわれる特別な数教育は行われていない。

用 具

絵による課題はB5用紙を縦長に使用して綴られた絵本が4冊、学習研究社製の数字カードの数字体を使用して作成した5種類の2数カード (Fig. 1) が4組である。

課題内容と提示方法

1. 絵による集合の集合数把握課題

- ①犬小問：大中小各1頭の大きさの異なる3頭の犬の絵が示され、「ここに犬は何匹いますか」と問われる。
- ②あひる小問：大1羽、小4羽の大きさの異なる5羽のあひるの絵が示され、「ここにあひるは何匹いますか」と問われる。

2. 絵による2集合の多少等判断課題

次の絵が示され、2集合の多少等が問われる。

- ①コップ小問：等しい大きさのコップ3個と4個。
- ②風船小問：大きな風船3個と小さな風船3個。
- ③ポット小問：小さな形状の異種のカップ類3個と大きな形状のポット及び土瓶の各1個。
- ③ケーキ小問：円形のケーキ1個とそれを分割した3切れのケーキ (Fig. 2)。
- ④影小問：2人1組で縄跳びをしている子ども6名と犬4匹のシルエット (Fig. 3)。
- ⑤四角形小問：長方形3個の列と正方形5個の列。長方形列の方が正方形の列より

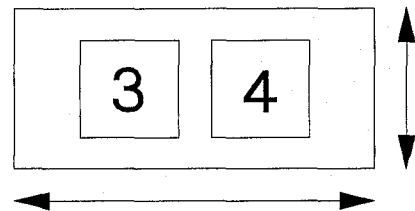


Fig. 1 2数カードの数字の配列と大きさ

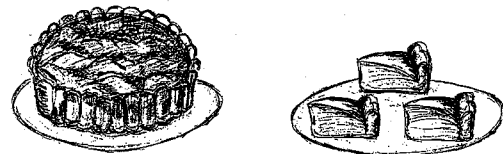


Fig. 2 ケーキ小問の集合要素の形状と配列
注. 絵は着色してある



Fig. 3 影小問の集合要素の形状と配列

も長い。

⑥三角形小問：二等辺三角形を2分割したものと3分割したもの。

3. 数字による2数の多少判断課題

次の2数カードが提示され、2数の多少が順次問われる。①3と4、②9と5、③14と16、④25と18、⑤1000と500。

実 施

実施年月は'86年11月中旬で、幼稚園内に調査室を設置して個別に行った。課題は先の順序で筆者及び事前に訓練を経験した上越教育大学学校教育学部幼児教育専修学生4年生2名と2年生2名が対象児に与え、所要時間は一人当たり5～7分であった。集合数把握課題は小問提示後2秒以内に正答した場合を即答、5秒以内に正答した場合を単純正答とし、両者を合わせて正答と呼ぶ。多少等判断課題及び多少判断課題では各小問の提示時間を5秒とし、提示時間内に正答した場合を正答、反応がない場合を無答とした。課題提示で誤答もしくは無答の場合再度その小問を与えたが、そこで正答しても本報告では正答としていない。

結 果 と 考 察

1. 集合数把握課題

3年齢層の集合数把握課題の小問の即答・正答率をTable 1の上段に示した。犬とあひる小問は扱う数が3と5である。この即答・正答率を同じ数スパンで幼児の集合数把握の能力をボタンテスト(BTと略称する)で調査した中沢(1982)が報告している即答・正答率(Table 1の下段)と比較した。数範囲3において3歳児では即答・正答率共に有意差はなく等しいといえる。4歳児では両方共にBTの方が有意に高かった(共に $p<.01$)¹⁾。5歳児ではBTは即答が100%で犬小問と有意差($p<.01$)があるが、正答率では有意差はなく等しいといえる。数範囲5において3歳児では即答率はあひる小問の方が高く有意傾向($p<.10$)があるが、正答率は有意差がなく等しいといえる。4、5歳児では共に、即答率はあひる小問の方が高く有意差(共に $p<.01$)があるが、正答率は有意差がなく等しいといえる。数範囲5の即答率は本研究の方が高い。即答には中沢は2秒以内でも眼で集合を計数したものは含めていないが、本報告

Table 1 犬小問とアヒル小問の正答率(上段)とボタンテストの正答率(下段) : %

		3 歳児 n=49		4 歳児 n=104		5 歳児 n=119	
		犬小問	あひる小問	犬小問	あひる小問	犬小問	あひる小問
即 答		51.0	20.4	71.2	46.2	90.8	58.0
正 答		79.6	67.3	84.6	80.8	97.5	94.1
		3 歳児 n=82		4 歳児 n=98		5 歳児 n=92	
		集合数 3	集合数 5	集合数 3	集合数 5	集合数 3	集合数 5
即 答		62.2	7.3	92.2	5.1	100	8.7
正 答		86.6	67.1	98.0	88.8	100	98.9

注. 犬小問の集合数=3, あひる小問の集合数=5

では2秒以内であれば即答とした。従ってこの即答率の差は集合数5では3～5歳の子どもは2秒以内でも計数により集合数を把握できることを示している。この分析結果は、即答率は集合数3の4歳児を除き、絵で示した集合とボタンで示した集合では等しいかむしろ絵の集合の方が高く、正答率も集合数3の4歳児を除き、絵の集合とボタンの集合とは等しいことを示した。

以上の検討は、幼児期の子どもは5秒程度の時間内で絵で表現した集合でも実在の個物の集合と同じように数量化できることを示したといえる。これを前提に多少等比較判断能力の検討に入る。

2. 多少等判断課題

3年齢層の多少等判断課題各小問の正答率をTable 2に示した。本研究の多少等判断課題では、質問は全て選択法によった。二者択一の回答条件でランダムに回答してそれが偶然に正答となる正答率をチャンスレベル(CLと略記)と呼ぶ。このCL(本研究では $p < .05$ で計算した。)は、3歳児が34.7%～65.3%、4歳児が39.4%～60.6%、5歳児が41.4%～59.6%である。

3歳児では、正答率がCLを超えているのは三角形小問で、CL未満は影小問と数字の9と5の比較である。その他はすべてCLである。4歳児では正答率がCLのものは数字の9と5、14と16、25と18の3小問である。影小問の正答率だけがCL未満で、他の正答率はすべて超えている。5歳児では正答率がCLのものはない。影小問の正答率だけが4歳児と同じくCL未満で、他の正答率はすべて超えている。3年齢層共に正答率がCL未満のものは影小問である。これはシルエットで示した6人の子どもが3組で縄跳びをしている集合と犬4匹の集合の比較である。子どもの多くは集合数3をスピタイズで把握できるために、3組の子どもの集合要素の内容が確認されることなく直ちに3と数量化され、4より少ないと判断されたと推測する。そして4、5歳児の正答率は有意差がある程ではないが3歳児を下回っていることは、加齢と共により多くの子どもが集合数3の数量化をスピタイズによって行なっていることを示すものと考えられる。

3歳児では、2と3の異数比較であるポット及び三角形小問の正答率は殆ど同じである。集合要素の形状・大きさが異なっても、集合数2と3の比較はほぼ同様に可能であるといえる。しかし、ケーキ小問は1と3の異数比較であり、ポット及び三角形小問より容易と予想されたが、ケーキ小問の正答率はこの2小問より有意差がある程ではないが低い。また、風船小問は3の同数比較で集合要素の大きさが異なる集合である。しかしその正答率は3と4の異数比較であるコップ小問との比較では、扱う数スパンがより小さく容易であると予想されたが、有意差がある程ではないが低い。この3歳児のケーキと風船小問にみられた、より容易と予想された小問より正答率が低い傾向は、4、5歳児でも同様にみられた。そこでこの2つの小問については後でまとめて検討す

Table 2 多少等判断各小問の正答率：%

	3歳児	4歳児	5歳児
コップ	57.1	87.5↑	95.0↑
風船	40.8	70.2↑	89.1↑
ポット	63.3	89.4↑	96.6↑
ケーキ	53.1	76.9↑	73.1↑
影	26.5↓	18.3↓	22.7↓
四角形	55.1	79.8↑	87.4↑
三角形	67.3↑	85.6↑	93.3↑
3と4	34.7	66.3↑	90.8↑
9と5	20.4↓	47.1	84.0↑
14と16	34.7	51.9	73.1↑
25と18	42.9	47.1	72.3↑
1000と500	49.0	62.5↑	59.7↑

注. ↑：チャンスレベル超過，
↓：チャンスレベル未満，
無印：チャンスレベル

る。数字 9 と 5 の多少判断の正答率はそれより大きい数の比較より低く、25 と 18 及び 1000 と 500 で有意差 (前者 $p < .05$, 後者 $p < .01$) があった。そして正答率は CL 未満であることは 9 と 5 の比較では子どもがランダムに回答しているのではなく、意識的に 5 を選択していること示すものである。

4 歳児では数字による多少判断は 3 と 4 の比較では CL を超えており、4 以下の数では子どもの多くは数字で数を比較することが可能になっているといえる。9 と 5 及び 2 位数同士の多少判断は確実ではなく、数字の 5 以上の数では子どもの多くは 2 数関係がわからないといえる。500 及び 1000 という数はこの年齢層の子どもの数操作が可能な範囲を超えている。1000 と 500 の比較では並んでいる数字の個数で数の多少を判断していると推測する。

5 歳児では数字による多少判断は確実になっている。5 歳児期になって子どもの多くは数字による 2 数関係がわかるといえる。しかし、1000 と 500 の正答率は 4 歳児と同じ程度で、加齢により多少判断が確実になっているとはいえない。従って 3 位数と 4 位数の比較はそれが示す数の大きさではなく、4 歳児と同様並んでいる数字の個数によって判断していると推測される。

3. ケーキ小問と風船小問

1 と 3 の異数比較であるケーキ小問の正答率は、2 と 3 の異数比較であるポット及び三角形小問より 3 ～ 5 歳児ですべて低い。3 歳児では有意差がある程ではないが、4 歳児ではポットとは有意差 ($p < .05$) があり、5 歳児ではポット・三角形小問共に有意差 (共に $p < .01$) がある。比較する集合数の範囲とその差からはケーキ小問の正答率の低さは説明できない。また、ケーキ小問の正答率は 5 歳児の方が 4 歳児よりやや低い有意差はない。また 3 歳児の正答率と 4、5 歳児の正答率にも有意差はない。すなわち直観数の範囲である 1 と 3 の集合数の多少等判断の能力に年齢による発達が見られないのである。これはこれまでの幼児期の子どもの数能力の諸研究の結果にはみられないことである。

ケーキ小問とポット及び三角形小問との連関は、3、4 歳児でケーキとポット小問で有意 (共に $p < .01$) であるが、ケーキと三角形小問では有意ではない。5 歳児ではどちらも有意ではない。5 歳児はケーキ小問ではその集合数に反応していないと推測される。ケーキの示す量によって惑わされていると予想できる。この結果は 4 歳児期に可能となった量の捨象が 5 歳児期にできなくなることを示唆する。

3 と 3 の同数比較の風船小問の正答率は、3 と 4 の異数比較のコップ小問より 3 年齢層共に低く 4 歳児だけに有意差 ($p < .01$) があった。誤答した子ども達の多くは大きい要素の集合の方を多と判断している。また風船小問の正答率は 5 歳児の方が 4 歳児より高く有意差 ($p < .01$) がある。この結果は 5 歳児期になると集合要素の表現する量に惑わされずに、その集合数で反応できること示している。しかし、この結果はケーキ小問の結果と矛盾するものである。

ケーキ小問と風船小問の連関は 3、5 歳児では有意ではなく、4 歳児では有意 ($p < .05$) である。3 歳児では連関がない理由は後の考察で検討する。4 歳児で連関があることは、この年齢期になると量を捨象し、数の水準で反応していることを示している。そして 5 歳児でまた連関がなくなることは、ケーキのように分割できる集合要素では子どもは多少等判断の際に別の知識を使用することを示唆している。これは後の考察で改めて検討する。

4. 月齢と多少等判断力の関係

本研究の目的を達成するために、月齢による多少等判断力の発達を検討する。各年齢層の子どもを月齢により4カ月毎に3分割し、それを月齢の高い順にH, M, L群とする。そして以降例えば3歳児H群は3Hというように略記する。各群の各小問の正答率、月齢の連続する群の正答率の差の検定結果及び各群の月齢範囲と人数をTable 3に示した。3歳児では、三角形小問の3Hの正答率がCLを超えたが、この小問の正答率は月齢群間で有意差はなかった。3歳児では月齢による正答率の差は殆どないといえる。4歳児では、集合数の多少等判断の正答率は影小問がCL未満だが、他は全てCLを超えた。数字の多少判断では4Mの1000と500の比較及び4Hの3と4の比較小問でCLを超えた。その他はすべてCLであった。3群の正答率は、4Lと4M間の三角形小問で有意差($P < .05$)があり、4Mと4H間の影小問で有意差($P < .05$)、1000と500小問で有意傾向($P < .10$)があった。4歳児では月齢による正答率の差は大きくないといえる。5歳児では集合数の多少等判断の正答率は5Lで影小問がCLだが、5M・5HではCL未満だった。その他はすべて3群共にCLを超えた。数字の多少判断は5L・5Mでは共に1位数の比較はCLを超えたが、それ以上の数ではCLである。5HではCLの小問は1つもない。3群の正答率は5Lと5M間の影小問で有意差($P < .05$)があり、5Mと5H群間の数字より14と12の比較で有意傾向($P < .10$)が、25と18の比較で有意差($P < .05$)があった。5Hで数として処理できる数スパンが2位数に及ぶことが示された。5歳児では集合数の多少等判断では月齢による差はないが、数字の多少判断には差があるといえる。

異年齢層間の月齢の連続している群間の正答率の比較では、3Hと4L間においてコップ、ポット、ケーキの3小問で有意傾向($P < .10$)があった。これは集合数の多少等判断課題のほぼ半数にあたり、従って集団教育の学年によって多少等判断能力に発達差があることが示され

Table 3 月齢群別の多少等判断各小問の正答率(%)とその比率の検定結果

	3 L ×	3 M ×	3 H ×	4 L ×	4 M ×	4 H ×	5 L ×	5 M ×	5 H
コップ	77.8	— 55.6	— 45.8	+ 78.6↑	— 90.0↑	— 91.7↑	— 96.4↑	— 94.1↑	— 94.7↑
風船	33.3	— 33.3	— 45.8	— 75.0↑	— 67.5↑	— 69.4↑	— 89.3↑	— 85.3↑	— 91.2↑
ポット	55.6	— 66.7	— 58.3	+ 89.3↑	— 90.0↑	— 88.9↑	— 96.4↑	— 97.1↑	— 96.5↑
ケーキ	55.6	— 50.0	— 50.0	+ 82.1↑	— 70.0↑	— 80.6↑	— 71.4↑	— 73.5↑	— 73.7↑
影	0.0↓	* 44.4	— 20.8↓	— 14.3↓	— 10.0↓	* 30.6↓	— 42.9	* 11.8↓	— 19.3↓
四角形	66.7	— 44.4	— 54.2	— 78.6↑	— 80.0↑	— 80.6↑	— 82.1↑	— 88.2↑	— 89.5↑
三角形	44.4	— 66.7	— 70.8↑	— 71.4↑	* 92.5↑	— 88.9↑	— 89.3↑	— 88.2↑	— 98.2↑
3と4	55.6	— 27.8	— 29.2	— 50.0	— 65.0	— 80.6↑	— 85.7↑	— 97.1↑	— 89.5↑
9と5	11.1↓	— 5.6↓	* 33.3	— 35.7	— 45.0	— 58.3	+ 82.1↑	— 82.4↑	— 86.0↑
14と16	22.2	— 33.3	— 37.5	— 53.6	— 52.5	— 50.0	— 64.3	— 64.7	+ 82.5↑
25と18	44.4	— 33.3	— 45.8	— 46.4	— 50.0	— 44.4	— 60.7	— 58.8	* 86.0↑
1000と500	55.6	— 27.8	+ 58.3	— 64.3	— 72.5↑	+ 50.0	— 57.1	— 52.9	— 64.9↑
月齢範囲	44~47	48~51	52~55	56~59	60~63	64~67	68~71	72~75	76~79
人数	9	18	22	28	40	36	28	34	57

注. — : no significant, + : $p < 0.1$, * : $p < 0.05$; ↑ : チャンスレベル超過, ↓ : チャンスレベル未満, 無印 : チャンスレベル

たといえる。集合数の多少等判断は3歳児では不確実であるが、4歳児期になって可能になるといえる。4Hと5L間において数字の9と5小問だけに有意傾向があった。4、5歳児間には大きな発達差はないといえる。

月齢群を通してみると、多くの小問の正答率は月齢が増すにつれて高くなる傾向がある。ここではその傾向を示さない小問を検討する。影小問は3Lでは不能であるが、3Mでは正答するが偶然の可能性も高い。その後の正答率の変化は殆どないが、4Hと5Lで正答率が一時的に上昇し、5M以上でまた下がる。4Hと5L(月齢64~71カ月)の一時期、計数などの方略がスピタイズを抑えて優勢になると推測する。数字の多少判断では、3と4の比較の正答率は4HでCLをはじめて超える。4Hの頃に子どもの多くは3と4の多少判断が可能になるといえる。9と5の比較では3M以下の子どもは5を意識的に選択しているといえる。それ以上になると正答率は上昇するが4H迄はCLである。5Lになると急に正答率は高くなりをはじめてCLを超える。5Lの頃に子どもの多くは9と5の多少判断が可能になるといえる。数字で2位数の比較は5M以下ではCLであるが、5Hになると急に正答率が高くなりCLを超える。5Hの頃に20を超える数でも数字による数の比較が可能になるといえる。数字の多少判断は集合数の多少判断より遅れて可能になることが示された。そして数字の示す数が大きくなるほど多少判断が可能になる時期は遅れるが、この傾向は集合数の多少等判断の場合と一致する。数字1000と500の比較の正答率は月齢群によって変化し不安定で、月齢が増すと共に高くない。500及び1000という数はこの年齢層の子どもの数操作が可能な範囲を超えている。そこで何らかの理由で並んでいる数字の個数が、その数の示す大きさと関係することを知ると、その知識を適用して数の多少判断をすることができると推測する。

以上の検討は次のことを明らかにした。3歳児期では集合及び数字による数の多少等判断は共に不確実である。4歳児期になると集合数の多少等判断は集合要素の表現する量に惑わされずに確実な判断が可能となる。しかし数字では比較可能な範囲は4以下と狭く、数字による多少等判断は可能になり始めたばかりといえる。5歳児期では集合数、数字共に多少等判断はかなり確実になってきている。並んでいる数字の個数が多くなるとその示す数が大きいという知識が4歳児期から漠然とわかりはじめてくる。

また、四角形小問は単純図形が集合要素として使用されたが、各群のこの正答率を集合数の他の小問と比較した結果、先に検討したケーキと影小問以外のコップ、風船、ポット、三角形小問では全群で有意差がなかった。従って集合要素が単純図形でも具体物を表現する複雑な図形でも、それは子どもの多少等判断に影響しないといえる。

総 合 的 考 察

1. 同数比較での集合の要素配列と誤答

同数比較である風船小問の正答率が同程度の数スパンの異数比較より3年齢層共に低く4歳児ではその差が有意であることが示された。大内他(1976)は3歳児を対象にして集合数3と4の異数比較、集合数3及び4で同数比較の調査を行い、その結果異数比較の正答率が同数比較より高く有意差があり、異数比較の後に同数比較が可能になるとした。本研究の3歳児の結果は大内他の結果程ははっきりとはしないが、その傾向は認められ一致しているといえる。

大内他の課題は正方形をキャラメルとして見立ててそれを一列に並べ、その長さと密度を変えて2集合の多少等判断を求めるものである。同数の多少等判断で扱う数は3及び4で、その誤答は長さの長い方を多とするものが多いと報告されている。本研究では同面積の台紙に異面積の絵で表現した風船の2集合の多少等判断で扱う数は3のみであり、その誤答は集合要素の面積の大きい方を多とするものである。

大内他の集合数3と4の異数比較、集合数3の同数比較及び4の同数比較の正答率(対象児78人)はそれぞれ31.1%, 22.1と8.8%でいずれもCLに達しない。それぞれの正答率の比較ではフィッシャーの直接確率計算で再計算すると3と4の異数比較と3の同数比較間には有意差²⁾はなく、3の同数比較と4の同数比較間には有意差($P < .01$)があり、3と4の異数比較と4の同数比較間に有意差($P < .01$)があった。4の同数比較が他の比較に比べて困難であるといえる。従って大内他の課題に使用している集合配列は、回答が二者択一の選択法であるにもかかわらず偶然に正答することが困難で、きわめて知覚的に誤答を誘発しやすい配列であるといえる。集合数4のスピタイズは4歳児期になって60%程度が可能になることが示されている(中沢, 1982)。従って、大内他の集合数4の同数比較の正答率が3のそれに比べて低いのは、集合数4の把握が3に比べてまだ困難な子どもが多いことを示すものであるといえる。

きわめて知覚的に誤答を誘発しCLに達しない集合の配列は本研究では影小間が該当する。こうした集合配列は多少等判断能力の発達を捉えるのではなく、むしろ子どもが誤答を誘発する条件を検討するものに適していると考ええる。従って大内他の結果は3歳児期の子どもは列状集合でその長さの差が知覚できる配列では子どもは長い方を多と選択しやすいことを示すものであり、この分析が多少等判断の可能となる月齢と数スパン、及びその判断能力の発達を適切に示し得るのかどうかは疑問であると考ええる。

藤永・斎賀・細谷(1963)の3～5歳児を対象に行った同数及び異数の多少等判断の調査課題は、集合を示す台紙の大きさと集合要素の性質と大きさの条件を比較するものである。同数比較で扱う数は6及び15で、正答率は3歳児では共に0%, 4歳児では9%と1%, 5歳児では19%と1%であり、全てCLに達しない。3歳児は集合数30と20の異数比較と7と4の異数比較(複数)の正答率ではCLのものとそれを超えるものがあるが、4, 5歳児では全てCLを超えている。この結果は同数比較の正答率がきわめて低く、3～5歳児期を通してその等判断は困難であることを示している。誤答者は台紙の大と小をほぼ半数ずつ選択したとのことであり、子どもは集合配列の密度の粗密に反応したといえる。また藤永他の4歳児を対象に台紙は大で集合要素を大と小の条件にした5及び7での同数比較の正答率³⁾は50%と39%で、これはCLである。その誤答した集合の選択傾向は言及されてなく、この結果からは誤答を促す集合要素の条件を推測することはできなかった。

Siegel(1974)が基礎的数能力の獲得において順序づけ操作が対応づけの概念より先行することを示し、そして順序づけ操作による数の異数比較は、長さと密度等によって正しく判断できるが、数の同数比較は集合要素の1対1対応によるしか正しく判断できないとした。これは同数比較が異数比較より後で可能になることを示唆している。大内他及び藤永他の同数比較は異数比較よりもその多少等判断が困難であるとした結果はこれと一致する。同数比較の困難さは集合の要素配列が大きく影響する。本研究の2集合は長さや密度が異なるのではなく集合要素の面積が異なるものであるが、それでも4歳児のみではあるが異数比較より困難であり、子どもは広い面積の要素を持つ集合を多と選択している。これは同数比較では量の捨象が異数比較

より遅れることを推測させるが、それは次項で考察する。

2. 課題提示に伴う質問の方法の問題

前項では同数比較は異数比較より困難であり、同数比較では、集合要素が列状配置では長さ、平面配置では密度差と要素の面積差が判断に影響することが示された。子どもは乳児期から数の多少を理解していることが示されている (Strauss et al., 1984)。しかし、武田他 (1978) は数の多少等の言語表現を理解したり適切に表現できるようになるのに長い期間を要することを示した。そして集合数の多少等を表現する数量形容詞の自発的応答では3歳児から6歳児まで「同じ」の正答率は「少ない・多い」を上回っていることが示された。同じという言葉が少ない・多いという言葉より獲得が遅いとはいえない。

子どもに多少等判断を求める質問には本研究で用いた、どちらが多いかそれとも同じか問う選択法と、一方が他方に比べて多いか、同じか、少ないかを問う三件法がある。4歳児を対象にして集合要素の配列条件を同一にし4, 8, 16での同数の多少等判断を2つの方法で問うた藤永他 (1963) の結果は、三件法の正答率が選択法より高く約2倍⁴⁾になった。数4では有意差 ($p < .01$) があるが、8と16では2つの方法とも正答率の絶対値が小さく有意差はない。集合数が確実に子どもの把握できる範囲の数ならば、三件法の方が正答しやすいといえる。三件法は教示と並行して1つの集合に注目させた後に、2つめの集合に注目させる。集合数が把握できる範囲の数ならば、子どもは1つめの集合数を把握して記憶し、2つめの集合数を把握した後にそれと比較すると推測する。すなわち数を把握すれば知覚ではなく数の水準で反応するといえる。選択法は2集合を別々に注目させないために2つの集合数を短時間に把握しなければならず、それが困難な子どもにはこの方法は容易な知覚的な反応を促すと推測する。さらに「どちらが多い」という質問は子どもに2つの集合数は等しくないという先入観をもたせ、はじめから異数の多少判断であるように誘導する傾向があると推測される。本研究をはじめ大内他及び藤永他で同数の等判断が異数の多少判断より困難であるのは、質問の方法が不適切であったことを示唆している。

多くの研究で選択法が採用されたのは質問がシンプルで低年齢の子どもに分かり易いとの理由によるものと考ええる。知覚的な反応を誘導せずにかつ質問がシンプルになるような方法を検討する必要がある。筆者が子どもに多少等判断課題を与えた際、多くの子どもは2集合が提示され質問が終わると直ちに回答反応をした。これは子どもが集合数を把握する時間を積極的に保障する必要があることを示唆する。そのためには2集合を同時に提示するのではなく時間差をとって提示すべきであろう。また子どもは2数の多少等判断の初歩的な段階では差異には注目するが類似には不注意であるといわれている (Pufall & Shaw, 1972)。そこで、はじめに類似と差異を質問すべきだと考える。例えば、最初に2つの集合の要素数が「同じかどうか」を問い、そこで「同じ」という反応があれば判断は終了する。「異なる」という反応があれば、その時「どちらが多いか」を問うのである。この課題提示及び質問順序ならば知覚的な反応を避け集合数への反応を促し、同数比較の場合でも言葉で先入観を持たせ同数比較を異数の多少判断へと誘導することは少なくなると考える。

結果のところでは3歳児のケーキ小間と風船小間の連関がないことを述べ、その理由は不明であるとした。ここでの考察は選択法による課題提示が不適切であったために、風船小間では誤る方向に強く誘導されたことを示唆する。すなわち3歳児期に量の捨象はある程度可能になっ

ていると考える。また、4歳児の同数比較で量の捨象が遅れるとみえるのもこの理由によるものと推測する。

3. ケーキ小間の集合要素の持つ性質と正答率への影響

ケーキ小間は2集合の要素の表現する量が異なる条件下での多少等判断である。しかし5歳児ではケーキ小間はこれと同じく集合要素の表現する量が異なるという条件をもつ風船及びポット小間とは連関しないし、その正答率は風船及びポット小間より低く有意差がある。5歳児のケーキ小間の正答率は3、4歳児と有意差がない。その理由として分割できる集合要素では、数の知識ばかりではなく別の知識が使用されると考えた。

日常生活ではバースデーケーキのような一つの大きなケーキをそのまま一人分とすることはなく、それをいくつかに分けて行うことができる。これは一般的な社会的な知識といえる。小間で使用した絵は、一つの円形のケーキとそれを切り分けた形の一部で3つのケーキを表現している。そして3つのケーキの量を合わせても円形のケーキの半分程度である。ポット小間では大きなポットと土瓶の各1つの集合に対して、小さなコップ、湯呑、カップ各1つの集合である。量は圧倒的にポット・土瓶の集合の方が大きい。しかしポット、土瓶そのものを分割して使用することはできない。風船小間でも集合要素そのものを分割することは意味がないのである。風船及びポットのような要素自体が分割できないものとケーキのように分割できるものとは5歳児期の子どもたちの思考のしかたが異なってくると推測できる。さて、このケーキ小間を小学校3年生2人に与えたところ1人が誤答した。その小学生には誤答であることを告げずに理由を聞いたところ、大きな方を切れば小さいものと同じものが4、5個は取れるからと述べた。さらにそう考えた理由を聞くと、この問題はとても簡単すぎるため大きなケーキを小さなケーキと同じ位の大きさに切りとったらその数はどちらが多いのかを当然質問されていると考えたと述べている。幼児は数の1はそれだけで最も小さい群、数2と3は小さな群と分かっていることが示されている(Siegler & Robinson, 1982)。5歳児期の子どもにとって集合数1と3の比較はきわめて容易であることは十分推測できる。ケーキ小間の結果は5歳児期には集合数1と3の多少比較が容易すぎるために社会的知識を適用してしまう子どもが出始めることを示したといえる。5歳児期には集合要素の示す性質によって社会的知識といえるものが使用されるようになるといえる。液体や粘土のような連続量は個物等の分離量よりも構造化が難しく遅れて発達するといわれ、液体の連続量は初等算数には不適切とされている(DeVries et al., 1992)。連続量と分離量の区別については、「どの属性に認識主体が着目するかによって、分離量として把握されるし、また連続量としても把握され得る。」(新井, 1975)といわれる。ケーキは粘土と同様に連続量としても把握されるがその分割は可逆的ではないために、分離量としても把握することは粘土より容易であると推測する。固形食物の多くはケーキと同様に連続量としても分離量としても考えることができるし、さらにその分割は日常生活では必然的に行われる。従って本研究の結果は固形食物の分割、その量の比較、その個数の比較は論理的に物事を考える機会となり、幼児にとって数理解のための優れた内容を持つことを示唆している。

4. 数字による2数の多少判断の発達

3歳児では9と5の多少判断の正答率は20.4%で最も低い。誤答者の多くは数字5を大きい数として選択しているが、それはCL未満であり偶然ではなく意識的に行っているといえる。数

字3と4の多少判断はCLである。本調査に平行して実施した数字命名の調査では数字3, 4, 5, 9の正答率は74%, 71%, 69%, 51%であった。数字3と4の正答率はほぼ等しいが、数字5の命名は9より正答率は高く有意傾向 ($p < .10$) があった。3歳児は数字9と5の多少判断では単に知っている数字を選択したと推測する。この時期では数字の命名が可能でも、数字の示す数の大きさをその多少判断することは可能とは限らないことが示された。3歳児期の11月頃でも数字による2数関係の理解は困難であるといえる。そして4歳児期でも2数関係は数字では4以下の数スパンでしか確実に理解できるようにならない。

藤永他(1963)が5歳児に2数を口頭で継時的に読みあげそのうちの大きい方の数を答えさせている。その結果は40未満の数スパン(課題: 5と8, 16と14, 23と36の比較)では正答率は70%以上⁴⁾となりCLを超えている。また70と60という1位数が0の数詞の比較, 94と102という2位数と3位数の比較でも正答率は70%以上になっている。しかし2位数の37と42及び3位数の199と214の比較では正答率はそれぞれ42%と40%でCLであり、さらに3位数の153と147及び520と468の比較はそれぞれ24%, 22%でCL未満である。この課題を1位数の大きさに反応するだけで正答する群と誤答する群の2群にわけると、正答する群は5と8, 16と14及び23と36となり、誤答する群は37と42, 153と147, 199と214, 520と468となる。この2つの群の課題の正答率みると前者は全て70%以上でCLを超えているが、後者は42%以下でCLかそれ未満である。これは子どもの多くは同じ桁数を持つ数詞の比較では1位の数の大きさの大小で反応していること示唆している。従って数詞による2数関係の理解が2位数及び3位数においても可能なかは不明であるといえる。しかし5歳児期では1位数が0の2位数では数の多少は十の位の大きさを判断し、2位数と3位数の比較では百の位の有無で多少判断することは示された。本研究では異なる桁数の数字の比較は同じ桁数の比較より早期に可能となったが、これは藤永他の数詞の結果と一致している。

本研究の5歳児の数字による多少判断では、25と18の様に数の大小が1位の数では判断できないものもCLを超えており数字による2数関係の理解は2位数にも及ぶといえる。丸山(1991a)は幼児の数詞使用は数字使用に先行することを示した。しかし、ここでの藤永他との比較はそれとは逆に、2数関係では数字が数詞に先行することを示した。数詞では発音された声の記憶だけがたよりであり、数字の様に課題提示後の再確認が困難であるために、2位数以上の同じ桁数の数では記憶に残っている数詞の最後の音のみによって子どもは課題を解決していると推測する。これは数字の使用は幼児が数の構造を頭の中に作り上げる一つの手がかりとなり得ることを示唆している。

注

- 1) 本研究における 1×2 , 2×2 の度数集計表の検定は、すべてフィッシャーの直接確率法により算出し、両側検定の結果を採用した。
- 2) 大内他は統計量として χ^2 値を使用しており、その結果3の同数比較と3と4の異数比較の正答率には有意差があるとされている。
- 3) 藤永他は2園にこの調査を実施し、その平均値は2園の対象児数に関係なく、各園の平均正答率を単純平均したものが報告されている。ここで使用した平均値は2園の総対象児数に対

する2園の正答者数割合を再計算して使用した。

- 4) 藤永他の3園の結果を3)と同様に平均値を再計算して使用した。

引用文献

- Antell, S.E., & Keating, D. P., 1983, Perception of numerical invariance in neonates. *Child Development*, **54**, 695-701.
- 新井邦二郎, 1975, 幼児の数量概念の発達(1), 児童心理, 2127-2150.
- Chi, M. T. H., & Klahr, D., 1975, Span and rate of apprehension in children and adults. *Journal of Experimental Child Psychology*, **19**, 434-439.
- DeVries, R., & Kohlberg, L., 1992, ピアジェ理論と幼児教育の実践 下巻(加藤泰彦, 監訳) 北大路書房 (DeVries, R. & Kohlberg, L., 1987, *Programs of Early Education*. New York: Longman.)
- 藤永保・斎賀久敬・細谷純, 1963, 実験教育法による幼児数概念の研究II: 実験教育法適用の前提条件, 教育心理学研究, **10**, 75-85.
- Gelman, R., & Tucker, M. F., 1975, Further investigations of the young child's conception of number. *Child Development*, **46**, 167-175.
- 丸山良平, 1991a, 幼児の数字使用力の獲得の過程について, 上越教育大学研究紀要, **10**(2), 105-118.
- 丸山良平, 1991b, 幼児の数能力・数字使用力の発達と月齢の関係について, 上越教育大学研究紀要, **11**(1), 67-80.
- 中沢和子, 1982, 生態観察法による幼児の数概念の発達: その2 構造化の過程, 東洋英和女学院短期大学研究紀要, **21**, 3-16.
- 大内正子・天野るつ子, 1976, 3歳児における数の多少等判断, 教育心理学研究, **24**, 69-77.
- Pufall, P. B., & Shaw, R. E., 1972, Precocious thoughts on number: The long and the short of it. *Developmental Psychology*, **7**, 62-69.
- Siegel, L. S., 1974, Development in number concepts: Ordering and correspondence operations and the role of length cues. *Developmental Psychology*, **10**, 907-912.
- Siegler, R. S., & Robinson, M., 1982, The development of numerical understandings. In H. W. Reese & L. P. Lipsitt (Eds.), *Advances in child development and behavior*. New York: Academic Press.
- 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.
- Strauss, M. S., & Curtis, L. E., 1984, Development of numerical concepts in infancy. In C. Sophian (Ed.), *The origins of cognitive skills*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- 武田俊昭・宮井淳子・武田正信, 1978, 言語表現の追跡的研究: (その3) 3~5歳児の数量形容詞の自発的応答, 日本心理学会42回大会論文集, 842-843.

Development of the Child's Ability to Compare Numbers

Ryohei MARUYAMA*

ABSTRACT

The purpose of this study is to pursue the developmental process of a child's ability to judge the difference between 2 numbers. The thesis was introduced as sets and numbers represented in various forms. The target sample consisted of 272 children between 3 and 5 years of age (44-79 months of age) selected from one Japanese kindergarten. The following results were revealed upon analyzing the data. 1) Children at 4 years of age are capable of comparing 2 sets of numbers and by age 5 they are capable of comparing whether these numbers are higher or lower than each other. 2) By age 4 the child clearly has the ability to recognize that larger numbers have more digits. 3) By age 5 the child has the ability to recognize numbers as well as use common sense to compare the numbers according to the circumstances.

Upon reviewing the data, questions on how the subject's judgement was defined and problem areas on how the thesis was introduced was indicated to consider a method suiting child subjects.

* Division of Early Childhood Education