

幼児における混みぐあい，数，長さの関係の理解

松田文子・小嶋佳子¹・森田愛子・谷村亮・三宅幹子

Understanding of Interrelations Among Number, Length, and Crowdedness in Preschoolers

Fumiko Matsuda, Yoshiko Kojima, Aiko Morita, Ryo Tanimura, and Motoko Miyake

Sixty-five preschoolers (5:7-6:7) carried out two kinds of task: In one, they were asked to judge the relations among number, length, and crowdedness; in the other, to identify the same number, length, or crowdedness. Three distinct groups of the participants were found. In the first group, the participants were able considerably to identify the same number, length, and crowdedness and to judge correctly the direct relations both between number and length and between number and crowdedness. However, they did not understand at all the inverse relation between length and crowdedness. For the participants in the second group, crowdedness did not seem to be clearly discriminated from both number and length yet. The participants in the third group could not clearly understand even the meaning of "crowded-sparse." Although the participants in the first group seemed to develop better than those in the second who that seemed to develop better than those in the third one, there were no differences in the mean age among the three groups.

関係概念は、数学における定義や物理学の概念において中心的であるだけでなく、我々の生活のあらゆる部分で中心的である。しかも、関係概念は高次の認知的活動の中核となるものである。それにも関わらず、Halford (1999a, 1999b)が指摘するように、認知発達において、関係が非常に重要な意味を持っていることにあまり注意が払われてこなかったし、関係という情報をどのように人が処理しているか、それがどのように発達するのかについての統一的枠組みもない。

さて、ある関係概念の理解を調べる場合、そこに存在する概念間の関係をすべて取り扱わねば、本当に関係の理解を調べたことにならないと、Halford (1999a)は、天秤問題を例として指摘している。Halford によれば、膨大な研究があるにもかかわらず、天秤問題で問われているのは常にどちらの腕が下がるか、あるいは釣り合うかであって、いくら重りを乗せればよいかとか、どこに重りを乗せればよいかを問う問題はない。これまで研究されている関係概念としては、天秤問題や内包量概念(速さ、密度等)など、3つの概念間の関係を含むものがほとんどであるが、その場合 Halford

¹ 旭川大学女子短期大学部

の指摘に対して答えようとする、3 概念の各々について問う問題が、問題の形式の点でも、認知負荷や概念の値の具体的表現方法についても、等価になっていなければならないはずである。しかし文章題(この場合、かなり高い発達段階以上でないと調べられない)は別にして、幼児・児童を対象にし具体物を用いた課題でこの条件を満たすことは、大変に難しい。Anderson (1981)の情報統合理論(information integration theory)を用いて、速さ、時間、距離の関係や、密度、質量、体積の関係を、それぞれの概念が質問対象になるように形式的に等価な課題を作成して調べた研究があるが(たとえば、速さについては、Wilkening, 1981; 物質の密度については、Léoni & Mullet, 1993)、3 概念によって具体的値の表現方法が大変異なり、この効果が関係の理解と交絡している。たとえば距離の値は、走路の長さとして具体的に示されるのに対して、速さの違いは動物の名前(カメ、猫など)で象徴的に示されていたりする。今日までの研究で、3 概念間の等価性をほぼ満たした文章題以外の課題を用いた研究としては、時間、距離、速さの関係を調べた Matsuda (1994, 2001)と長さ、数、混みぐあいの関係を調べた松田・永瀬・小嶋・三宅・谷村・森田(2000)、永瀬(2000)程度であろう。

さて、関係の理解というとき、たとえば内包量であれば、知識構造の中で2つの外延量と1つの内包量がどのように関係しているか、という側面の他に、その3概念のうちの1つの概念の値について、その他の2つの概念の値の影響を受けることなく判断できることも、関係の理解の重要な側面である。この両側面を調べなければ、関係概念の知識構造を明らかにしたことはないだろう。たとえば、2つの外延量間の比例的関係は最も早くから理解され、かつ安定しているが、それが3概念を1つに統合することを妨害する面も持っていることを、Matsuda (1994, 2001)、松田他(2000)、三宅・小嶋・森田・谷村・松田(2000)は示唆している。そのことは、最初の2つの外延量間の比例的関係の理解において、2つの外延量がそれぞれ独立した量概念として理解されているというよりも、むしろ両者が未分化であるが故に、比例的に捉えられている可能性を示すものである。3概念間の関係性と独立性の両面から関係概念の理解を調べることにより、このようなことが初めて直接的に明らかに出来るだろう。

さて、量概念の独立性の側面についての研究は、Piaget(たとえば数の保存について、Piaget & Szeminska, 1941/1962)以来、保存性の概念の研究という一大研究領域をなしてきた。保存性の概念は、加えたり取り去ったりしない限り、対象の形や状態を変形させても対象の数量といった性質は変わらない、という高度な操作的思考の産物とされている(吉田, 1999)。また、そのような論理的思考を必要としない研究、たとえば、2列に並べた物の数の比較や弁別の際に、長さや混みぐあいがどのように影響するかを調べた研究も多くなされている(たとえば、Michie, 1984)。後者の場合、保存性より初期の独立性を調べることができるだろう。しかし、いずれにせよ、関係概念の関係性の理解と独立性の理解の両方を、統合的に扱った研究は皆無といってよい。

本研究では、松田他(2000)に引き続き、混みぐあい、長さ、数の関係の理解の発達の様相を調べるが、その際、3概念間の関係性の理解とともに、独立性の理解も合わせて調べ、さらに両者の理解の関係を調べることにより、それらの関係概念の理解の初期の特徴を明らかにすることを目的と

する。対象は、どちらの理解も発達初期にある6歳前後の幼児とする。また、本研究においては、各概念に関して形式的にも具体的表現においても等価な課題を作成することによりわけ注意を払うことはいうまでもない。

方法

参加者

参加者は、地方都市の私立幼稚園に通う5歳7か月～6歳7か月（平均6歳1か月）の園児65名（男児34名、女児31名）であった。

同一性認知課題

この課題は3概念がそれぞれ独立に理解されているかどうかを調べるものである。

実験用具 この課題における主な実験用具は、皿とアメを模したもので、それぞれ長ささと数を具体的に表している。また、皿の上にアメを等間隔に並べたときのアメの詰まっている程度を、混みぐあいを具体的に表すものとして使用した。

皿（長さ）：皿の長さには、42 cm、22 cm、12 cmの3種類があり、いずれも幅6 cmの白色の画用紙で作った。皿の周囲1 cmの部分を除いた40 cm × 4 cm、20 cm × 4 cm、10 cm × 4 cm部分にアメの形に切り取ったシールを等間隔に並べて貼り付けた。

アメ（数）：1つのアメは、長軸2 cm、短軸1.2 cmの楕円形部分と、長軸の両端につけられたそれぞれ一辺1 cmの正三角形部分の3部分からなり、全体が4 cm × 2.5 cmの長方形の枠組みに入るようになっていた。アメの数は、多いものから8個、4個、2個の3種の場合があった。

皿の上に並べられたアメ（混みぐあい）：前述の長ささと数を組み合わせると、全部で5種類の混みぐあいが考えられるが、極端に混みぐあいの高い組み合わせと低い組み合わせを除いた、5 cmに2個、10 cmに1個、20 cmに1個の3種類の混みぐあいをを用いた。

以上の用具を使用して、標準刺激カードと比較刺激カードの2組のカードからなる刺激セットを作成した(図1参照)。いずれのカードにも、横48 cm × 縦30 cmの灰色の画用紙(台紙)の上にアメを並べた皿を貼り付けてあった。標準刺激カードでは、アメの貼り付けてある皿の左端が台紙の左端から3 cmの所になるように、1枚貼り付けてあった。台紙の上端と皿の上端の間の長さ、台紙の下端と皿の下端の間の長さは、いずれも12 cmであった。比較刺激カードには、2種類の皿が上下に平行に並べて貼り付けてあった。いずれの皿も、その右端が台紙の右端から3 cmの所に揃えてあった。また、上の皿の上端と台紙の上端の間の長さ、上の皿の下端と下の皿の上端の間の長さ、および下の皿の下端から台紙の下端の間の長さは、それぞれ6 cmずつであった。実験時には、参加者から見て右側に標準刺激カード、左側に比較刺激カードをおいた。

各刺激セットは、1つのセットで2種類の概念の同一性の認知について尋ねることができるよう

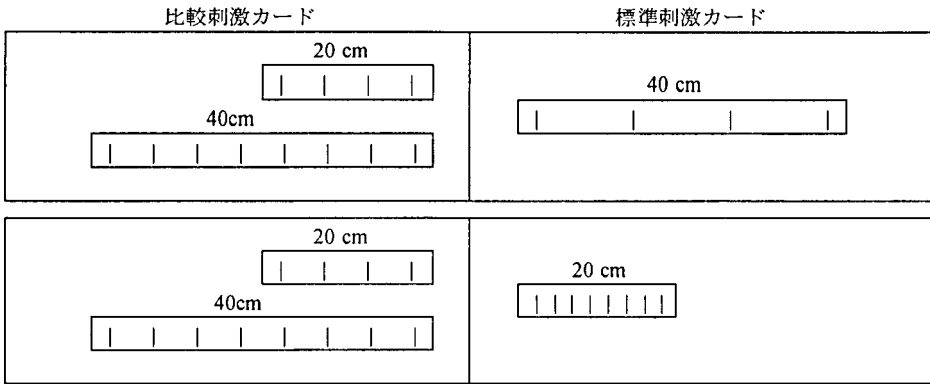


図1 同一性認知課題のLN1セット(上)とLN2セット(下)。縦棒は飴を表す。問題L'N1とL'N2のときは、標準刺激の長さが比較刺激のどちらと同じかを尋ね、問題LN'1とLN'2のときは、標準刺激の数が比較刺激のどちらと同じかを尋ねた。

に作成されていた。すなわち、長さ (L) および数 (N) の同一性の認知についての質問が可能な LN セット、数 (N) および混みぐあい (D) の同一性の認知についての質問が可能な ND セット、混みぐあい (D) および長さ (L) の同一性の認知についての質問が可能な DL セット、の 3 種類のセットであった。そして LN セット、ND セット、DL セットの各セットにつき 2 つずつ、全部で 6 セットの刺激セットがあった。以下、LN1 セット、LN2 セット、ND1 セット、ND2 セット、DL1 セット、DL2 セットとする。LN1 セットと LN2 セットは、比較刺激カードは同一で標準刺激カードのみが異なった。ND1 セットと ND2 セット、および、DL1 セットと DL2 セットについても同様であった。一般的に XY1 セットという場合、標準刺激カードの概念 X の値は比較刺激カードの下の皿の概念 X の値と、標準刺激カードの概念 Y の値は比較刺激カードの上の皿の概念 Y の値と一致し、XY2 セットはこれとは逆に、概念 X の値は上の皿の概念 X の値と、概念 Y の値は下の皿の概念 Y の値と一致した。いずれの刺激セットの場合も、アメの色は水色であった。また、位置の効果を相殺するため、各比較刺激カードの皿の上下を入れ替え、アメの色をピンクにした他はまったく同様の刺激セットも 12 個作成した。そして、参加者を半数に分け、一方には水色のアメの課題セットを使用し、残りの半数ではピンクのアメの課題セットを使用した。

課題 同一性認知課題には、L'N1, L'N2, LN'1, LN'2, N'D1, N'D2, ND'1, ND'2, DL'1, DL'2, D'L1, D'L2 の 12 問があった。問題 L'N1 とは、LN1 セットを用いて、長さの同一性の認知を尋ねる問題であった(図 1 参照)。すなわち、一般的に問題 X'Yn とは、XYn セットを使用する問題で、右肩にダッシュの付いた X が同一性の認知を判断する変数(判断変数)で、ダッシュの付いていない Y は標準刺激カードの上下の皿によって、値は異なるが(1:2 の関係)、同一性の認知の判断とは関連しない変数(無関連変数)であった。表 1 に、各問題での変数の値をまとめた。

表1 同一性認知課題の各問題の標準刺激カード上の刺激条件と比較刺激カード上の刺激条件対

問題	標準刺激			比較刺激		
	長さ (cm)	数 (個)	混みぐあい (個/cm)	長さ (cm)	数 (個)	混みぐあい (個/cm)
L' N1とLN' 1	40	4	1/10	〔 20 4 1/ 5 40 8 1/ 5		
L' N2とLN' 2	20	8	2/ 5			
N' D1とND' 1	10	4	2/ 5	〔 20 8 2/ 5 20 4 1/ 5		
N' D2とND' 2	40	8	1/ 5			
D' L1とDL' 1	20	8	2/ 5	〔 20 4 1/ 5 10 4 2/ 5		
D' L2とDL' 2	10	2	1/ 5			

注. 標準刺激は、長さ、数、混みぐあいの組み合わせ1つからなり、左の2間に共通;比較刺激は長さ、数、混みぐあいの組み合わせ2つからなり、左の4間に共通。

関係概念課題

この課題は、3概念間の関係性の理解を調べるためのものである。

用具 本課題で用いた主な実験用具は、花壇、プランター、花束を模したもので、いずれも3種類ずつあり、各々、混みぐあい、長さ、数を具体的に表していた。これは松田他(2000)と基本的には同じであるが、松田他のものが大きすぎて扱いにくかったため、長さと数を1/2に縮小した。

花壇(混みぐあい)：花壇は9 cm × 40 ~ 60 cmの厚紙でできており、チューリップが等間隔に植えてあった(図2参照)。幅9 cmのうち下部の3 cmは、植えてある花と同色にして、地面の代わりとした。また、花壇の両端には緑の画用紙で適度な茂みをつけ、花が連続して植えてあるように見えるようにした。

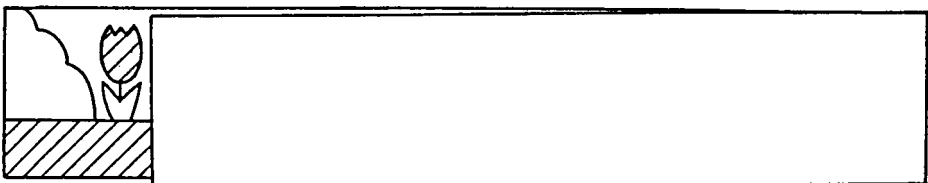
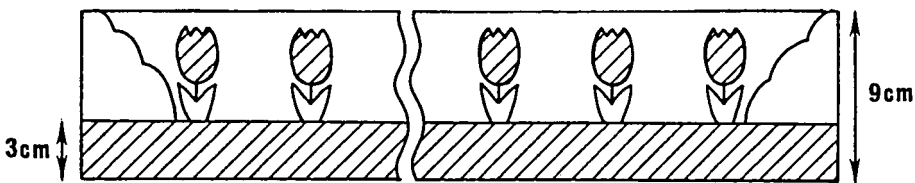


図2 関係概念課題で用いた花壇とその花壇を折り曲げたところ(下)。斜線の部分が、オレンジ、青、ピンクと、花壇の混みぐあいによって異なる。

花壇は、左端の花1本を残しその他の花が隠れるように折ることが出来た。また、花壇の裏にはマグネットをつけ、簡単に鉄板に取り付けられるようにした。

植えてある花の1つ1つは、後述の花束の花と同じ形、同じ大きさであった。花の混みぐあいを色で区別できるように、オレンジ、青、ピンクの順に混みぐあいの度をぎゅうぎゅう、中くらい、すかすかに対応させた。ぎゅうぎゅうは8 cmに3本、中くらいは4 cmに1本、すかすかは6 cmに1本の間隔で花を植えてある。花壇の花の本数と花壇の長さが系統的に変化しないように、混みぐあいの順が花壇の長さの順や花壇上の花の本数の順と対応しないようにしてあった。

プランター（長さ）：プランターの長さ（色）は36 cm（白）、24 cm（灰色）、16 cm（黒）の3種類で、いずれも、高さは10 cmであった。各プランターの上部1.5 cmでは2枚の厚紙が離れており、その間にチューリップの花を差し込むことができた。花壇と同様に、プランターの裏にマグネットを貼り付け、簡単に鉄板に取り付けられるようにした。プランターを示すとき全長を示さないうで左端約5 cmのみを示すことがあり、右側を隠すための白の画用紙も用意した。

花束（数）：花は、それぞれ白地の長方形のマグネット（5 cm × 2.5 cm）の上に色画用紙の花を張り付けて作った。花束には、花の量の多い9本の花束（花の色は水色）、中くらいの量の6本の花束（赤）、少ない4本の花束（黄色）の3種類があった。花を入れる袋は、花の量に対応させ、大、中、小の3種類とし、袋の表面にはそれぞれに入れる花束と同じ色の花を張り付けた。

このように、混みぐあい、長さ、数のいずれにおいても、3種の値は1.5²:1.5:1となっていた。

実験は、ホワイトボードを壁に立てかけ、実験者がホワイトボードの横に、参加者はホワイトボードの正面に、実験者と参加者の2人ともカーペットに座った状態で行われた。

課題 関係概念課題は、NL, LN, ND, DN, LD, DLの6つのセッションからなっていた。セッションNLは混みぐあい(D)が一定の時、長さ(L)が大きくなったり、小さくなったりすると数(N)がどう変わるか、その判断を求めるセッションであった。すなわち、一般的にセッションYXというとき、Xが変化する変数(変化変数)で、Yが判断される変数(判断変数)、そこに示されていないのが変化しない変数(一定変数)であった。各セッションでは、後述の手続の“前提条件の導入”で24 cm、6本、1/4本/cmをどのセッションでも用いた後、表2に示したような長さ、数、混みぐあいの組み合わせをそれぞれ第1問と第2問で用いた。

表2 関係概念課題の各セッションの条件

セッション	長さ (cm)	数 (本)	混みぐあい (本/cm)
NL	36	(9)	1/4
	16	(4)	1/4
LN	(36)	9	1/4
	(16)	4	1/4
ND	24	(9)	3/8
	24	(4)	1/6
DN	24	9	(3/8)
	24	4	(1/6)
LD	(16)	6	3/8
	(36)	6	1/6
DL	36	6	(1/6)
	16	6	(3/8)

注.()内は正答の場合の値。

手続き

全体の流れ 実験は個別に、2日に分けて行った。1日目に同一性認知課題を行い、2日目に関係概念課題を行った。実験時間は、同一性認知課題が約10分、関係概念課題は約20分であった。

同一性認知課題 12個の問題を参加者ごとにランダムな順序で行ったが、標準刺激カードと比較刺激カードの両方が同一であるセットを使用した問題が続いたり、判断変数が同一である問題が続いたりすることのないようにした。各問題の手続きを、問題LN1を例に述べる。

(1) 比較刺激カードにおける判断変数の大小の弁別: 比較刺激カードのみを呈示し、上と下のどちらの皿の方が皿の長さが長いか、どちらの皿の方が短いかを尋ねた。参加者の答えが正しい場合は「そうだね」と言い、間違っていたり、わからなかったりした場合には正答を教示し、再度判断変数の大小について尋ねた。

(2) 同一性の認知についての質問: 標準刺激カードを呈示し、標準刺激カードで呈示された皿の長さの長い、短い、比較刺激カードで呈示された2枚の皿のどちらと同じであるかを尋ねた。

(3) フィードバック: 正答の場合には「そうだね」とフィードバックを与えたが、誤答の場合には軽く相づちを打つ程度で、正しいフィードバックは与えなかった。

関係概念課題 6セッションのすべてを各参加者に実施した。実施順序は参加者ごとにランダムにした。ただし、セッションNLとLN、セッションNDとDN、セッションLDとDLという刺激条件の組み合わせが同一であるセッションが続かないようにした。各セッションの手続きについて、セッションDLを例に述べる。

(1) 変化変数と判断変数それぞれの3種の値の弁別: 3つのプランターを長さの順に、参加者の前に並べ、長い順に色を言わせた。正しく言えたら3つのプランターの左端約5cmのみ見えるように、右端部分を画用紙で隠し、再び長い順に色を言わせた。

次に、ホワイトボードに、3つの花壇を上から混みぐあいの高い順に張り付け、花の混んでいる順に色を言わせた。正しく言えたら、花が1つだけ見えるように花壇を折り(図2下図参照)、もう一度混んでいる順に色を言わせた。「混んでいる」という言葉がわかりにくいときには、花と花の間隔を示しながら、「ぎゅうぎゅう」「すかさか」と言い換えて説明した。

この変化変数あるいは判断変数の弁別で、参加者が正しい順序を言えない場合は、(2)以降の理解が困難であると判断し、このセッションは終わりにした。

(2) 関係の判断のための前提条件の導入: 中くらいの数の赤の花束の入った袋を示し、袋から花束(6本)を出し、これからはいつもこの花束をプランターに植えることを参加者に告げることにより、一定変数を提示した。

次に、ホワイトボードのすぐ前に置いてある鉄板の上に中くらいの長さの灰色のプランター(24cm)をのせ、そこに花束の花を1つずつ等間隔に植えた。そして鉄板とともに灰色のプランターを持ち上げて、開いた青い花壇(中くらいの混みぐあいで1/4本/cm)上に花壇の花が見えるように重ね、花の混みぐあいが花壇とプランターとで同じになることを示した。その後、青い花壇は図2

の下図のように閉じた。

(3)一番大きな変化変数の値を用いた第 1 問の提示と解答に対するフィードバック：白いプランターを鉄板の上ののせ、一番長いプランター(36 cm)に今と同じ花束(すなわち 6 本の赤の花束)の花を植えたら、どの花壇と同じ混みぐあいになると思うかを尋ねた。

白のプランターに花束を植え、参加者の選んだ花壇を開いて、鉄板とともに白のプランターを、花壇の花が見えるようにして重ねてみせた。このような視覚的フィードバックに加えて、正答(ピンクの 1/6 本/cm の花壇)のときは「ぴったりだね」、誤答の時は「ちょっと違ったね」などの言語的フィードバックも与えた。フィードバックを与えることにより、後のセッションの成績に学習効果が交絡するおそれがあるが、参加者の課題に対する動機づけを高めるために、あえてフィードバックを与えた。その後、選ばれた花壇は図 2 の下図のように閉じた。

(4)一番小さい変化変数の値を用いた第 2 問の提示と解答に対するフィードバック：手続き(3)と同様にして関係の判断を求め、フィードバックを与えた(6 本の赤の花束を 16 cm の一番短い黒のプランターに植える。正答はオレンジの 3/8 本/cm の花壇)。

他の 5 つのセッションも、プランターの長さ(L)、花の数(N)、混みぐあい(D)を入れ替えて、まったく同様の手続きで行った。

これらの手続きにおいては、判断変数を、花壇であれば 1 本の花のみを示した状態で、プランターであれば左端のみ見える状態で、花束であれば袋に入った状態で示して、参加者に選択させている。これは、数を数えることによって数あわせをしたり、プランターに花束の花を植えた状況をイメージすることによる視覚的な見積もりによって正答に至るのを避けるためである。ただし、そのために記憶の負荷が大きくなることのないよう、花壇は混んでいる順に並べ、プランターは大きさの順に並べ、花束は数に対応させて袋の大きさを変えた。

結果

同一性の認知や関係概念の理解、および両者の関係について発達的に検討するため、参加者を年少群($n=33$, 平均 5 歳 10 か月, 5 歳 7 か月～6 歳 1 か月)と年長群($n=32$, 平均 6 歳 4 か月, 6 歳 2 か月～6 歳 7 か月)の 2 群に分けた。なお、以下の検定では、いずれも有意水準を 5% に設定した。

同一性認知課題

年齢群別に各問題の正答率を求めた(表 3)。正答率が偶然の確率(50%)より有意に大きいか否かの二項検定の結果も表 3 に示した。この表からいくつかの問題では(特に D' のつく混みぐあいを判断させる問題)、正答率がまだ偶然の確率を超えていないことが分かる。年齢群間にはほとんど差はなく、年齢差が有意な問題はない。

表3 同一性認知課題の各問題の正答率(%)

年齢群	<i>n</i>	L'N1	L'N2	DL'1	DL'2	LN'1	LN'2	N'D1	N'D2	D'L1	D'L2	ND'1	ND'2
年少群	33	82*	70*	85*	91*	85*	64	73*	73*	67	61	61	76*
年長群	32	81*	66	94*	91*	81*	75*	72*	84*	84*	59	75*	50

* 正答率が偶然の確率(50%)より有意に大(二項検定, $p < .05$)。

次に、ある概念の同一性の認知が、他の概念によって影響されているかどうかをみるため、12個の問題を判断変数と無関連変数に従って、問題群 L'N, DL', LN', N'D, D'L, ND'の6つにまとめ、この平均正答率に基づき、年齢(2)×問題群(6)の2要因分散分析を行ったところ、問題群の主効果のみ有意であった ($F(5, 315) = 4.67$)。ライアン法による多重比較の結果、問題群 DL'の正答率(90%)は、問題群 ND'および問題群 D'L の正答率(65%と 68%, いずれも 95%の信頼下限は 50%を超えている)より有意に高かった。

関係概念課題

各セッションの第1問、第2問における正答者の割合をセッション別、問題別に求めた。誤答については、さらに中間と反対に分け、それぞれの解答の割合を求めた。なお、中間とは、3つの判断変数のうち誤って中間の値を答えたことを示し、反対とは最大値(最小値)が正答である場合に最小値(最大値)を、誤って答えたことを示す。表4は、各セッションの第1問と第2問での、正答、中間、反対の割合を年齢群別に示したものである。各選択率が偶然の確率(33.3%)を有意に超えているかどうか χ^2 検定した結果も表4に示してある(最初 $df = 2$ で検定し、有意な場合はさら

表4 関係概念課題の第1問、第2問別の正答、誤答(中間、反対)の割合(%)

セッション	年齢群	<i>n</i>	第1問			第2問		
			正答	中間	反対	正答	中間	反対
NL	年少群	33	85*	9	6	76*	15	9
	年長群	32	94*	6	0	88*	6	6
LN	年少群	32	84*	9	6	88*	6	6
	年長群	31	84*	16	0	87*	0	13
ND	年少群	33	79*	9	12	58*	30	12
	年長群	31	81*	3	16	68*	26	6
DN	年少群	33	61*	18	21	64*	21	15
	年長群	31	52*	42	6	81*	0	19
LD	年少群	32	19	22	59*	31	34	34
	年長群	31	16	16	68*	26	29	45
DL	年少群	32	38	22	41	34	22	44
	年長群	31	45	26	29	26	26	48

注. 年少群33名、年長群32名より人数(*n*)の少ないところは、手続の最初の変化・判断変数の弁別において、弁別に失敗した者がいることを示す。

* 割合が偶然の確率(33.3%)より有意に大(χ^2 検定, $p < .05$)。

に $df = 1$ で検定)。これをみると長さど混みぐあいの反比例的関係を調べる問題の正答率は偶然の確率をいまだ超えておらず、セッション LD の第 1 問にいたっては、比例的に答えた“反対”が偶然の確率を超えている。年齢群間の差はほとんどなく、有意な差はない。

セッションごとに第 1 問と第 2 問の正答率をマクニマーの検定によって比較したところ、年長群のセッション DN において有意に第 2 問の正答率が第 1 問のそれより高いだけであった ($z = 2.67$)。そこでフィードバックの効果は無視しうる程度とみなして、参加者ごとに両問をあわせた正答率を求めた。その際、変化刺激または判断刺激の弁別に失敗して、そのセッションの問題を行っていない参加者については、そのセッションの 2 問は誤答とし、65 名全員のデータを用いた(弁別に失敗した参加者数は表 4 の n をみると分かるように、各セッション 0 ~ 2 名であった)。年齢(2) × セッション(6) の 2 要因分散分析を行ったところ、同一性認知課題における分析と同様に、セッションの主効果のみが有意であった ($F(5, 315) = 39.54$)。セッションの主効果における下位検定の結果、セッション LD と DL (すなわち変化変数と判断変数の関係が反比例的であるセッション) は他のすべてのセッション(変化変数と判断変数の関係が比例的)よりも正答率が有意に低かった。

同一性認知課題と関係概念課題との関係

課題間の関係を検討するため、同一性認知課題全体の正答率、または、問題群 L'(L'のついている長さの同一性認知を調べる 4 問)、問題群 N'(N'のついている数の同一性認知を調べる 4 問)、問題群 D'(D'のついている混みぐあいの同一性認知を調べる 4 問)の正答率と関係概念課題全体の正答率、または、比例的セッション群(比例的関係を調べる 4 セッション)や反比例的セッション群(反比例的関係を調べる 2 セッション)の正答率のそれぞれを組み合わせた場合のピアソンの積率相関係数を算出した。また、参考までに、比例的セッション群の正答率と反比例的セッション群の正答率の間の相関係数も求めた。表 5 は、以上の相関係数の値を表したものである。これらの相関係数が有意に 0 より大きいかどうかの

表5 年齢群別にみた、課題間のピアソンの積率相関係数

課題 × 課題	年少群	年長群	全体
	($n = 33$)	($n = 32$)	($n = 65$)
同一性認知課題全体			
× 関係概念課題全体	.16	-.16	.01
× 比例的セッション群	.30	-.20	.06
× 反比例的セッション群	-.11	-.01	-.06
L' 問題群			
× 関係概念課題全体	.06	-.21	-.06
× 比例的セッション群	.12	-.15	-.01
× 反比例的セッション群	-.04	-.16	-.10
N' 問題群			
× 関係概念課題全体	.01	-.09	-.03
× 比例的セッション群	.11	-.16	.00
× 反比例的セッション群	-.13	.04	-.05
D' 問題群			
× 関係概念課題全体	.18	-.06	.08
× 比例的セッション群	.27	-.13	.10
× 反比例的セッション群	-.03	.06	.01
比例的セッション群			
× 反比例的セッション群	.21	.11	.16

注. いずれの相関係数も有意に0より大きいとは言えない。

検定を行ったが、有意な相関はまったくなかった。

課題間の全体的な関連性がほとんどみられなかったため、各課題での正答率の特に高い参加者と特に低い参加者に何らかの違いがあるかどうかを、念のため検討した。まず、同一性認知課題の正答率の高い参加者と低い参加者の関係概念課題における成績を比較するため、同一性認知課題の全セッションに正答した参加者 11 名を正答率高群、それとほぼ人数が対応する正答率が 50 % 以下の参加者 12 名を正答率低群とした。前者の関係概念課題の平均正答率 (SD) は 61 % (13)、後者では 60 % (21) であり、2 群の間にはまったく差はなかった。

同様に、関係概念課題の正答率の特に高い参加者 (正答率高群, $n = 14$, 正答率 75 % 以上) と特に低い参加者 (正答率低群, $n = 16$, 正答率 42 % 以下) を取り出した。前者での同一性認知課題の平均正答率 (SD) は 72 % (18)、後者では 73 % (19) であり、この間にもまったく差はなかった。

また同一性認知課題では 12 名の完全正答者、関係概念課題では 4 名の完全正答者がいたが、両者は完全に不一致で、1 人として重なる者はいなかった。

以上の結果はすべて、同一性認知課題と関係概念課題の成績の関連が大変弱いことを示している。

同一性認知課題および関係概念課題の成績に基づく参加者の分類と特徴

同一性認知課題と関係概念課題の解答パターンから参加者を分類することを試みた。すなわち、同一性認知課題の 12 問と、関係概念課題の各セッションの第 1 問と第 2 問を合わせた 12 問に対する反応 (正答か誤答か) に基づき、Ward 法を用いてクラスター分析を行った。その結果、表 6 のように特徴的な 3 つのクラスターが抽出された。いずれのクラスターも平均年齢が 6 歳 1 か月で、年齢差はまったくなかった。

同一性認知課題と関係概念課題の正答率 クラスター別に、同一性認知課題の問題群 L'N, DL', LN', N'D, D'L, ND' の平均正答率を求めた。結果は表 6 の左半分に示した。これらの平均値に基づいて、クラスター (3) × 問題群 (6) の 2 要因分散分析を行ったところ、クラスターの主効果、問題

表6 3クラスター別の、同一性認知課題と関係概念課題の平均正答率 (%) (() 内はSD)

クラスター	同一性認知課題						関係概念課題					
	L'N	DL'	LN'	N'L	D'L	ND'	NL	LN	ND	DN	LD	DL
1 ($n = 33$)	82 (32)	91 (23)	80 (35)	70 (39)	88 (21)	86 (25)	86 (22)	88 (25)	88 (21)	82 (34)	30 (37)	36 (43)
2 ($n = 11$)	68 (32)	86 (22)	86 (22)	86 (22)	27 (25)	14 (22)	95 (14)	86 (22)	91 (19)	77 (25)	27 (45)	23 (33)
3 ($n = 22$)	67 (36)	90 (25)	64 (35)	79 (29)	57 (39)	60 (40)	79 (29)	74 (33)	31 (33)	26 (37)	7 (18)	38 (41)

群の主効果、そして両者の交互作用のいずれも有意であった ($F(2, 62) = 8.07$; $F(5, 310) = 11.36$; $F(10, 310) = 7.55$)。交互作用における下位検定の結果、(1)混みぐあいの同一性認知を調べる問題群 D'L と ND'の両方において、クラスター 1, 3, 2 の順に有意に正答率が高かった。(2)クラスター 1 では問題群間に有意差はなく、クラスター 2 では、問題群 D'L と ND'の正答率が他の 4 つの問題群の正答率よりも有意に低かった。クラスター 3 では、問題群 DL'の正答率が、問題群 LN', D'L, ND'の正答率より有意に高かった。

関係概念課題についても、クラスターごとに、各セッションの第 1 問と第 2 問をあわせた平均正答率を算出し、表 6 の右半分に示した。クラスター(3)×セッション(6)の 2 要因分散分析の結果、クラスターの主効果、セッションの主効果、および両者の交互作用のすべてが有意であった ($F(2, 62) = 17.46$; $F(5, 310) = 39.09$; $F(10, 310) = 4.35$)。交互作用における下位検定の結果、(1)セッション ND と DN の両方において、クラスター 3 の正答率が他の 2 つのクラスターより有意に低かった。(2)クラスター 1 とクラスター 2 では、変化変数と判断変数の関係が反比例的であるセッション LD と DL の正答率が、この関係が比例的である他の 4 セッションよりも有意に低かった。クラスター 3 では、混みぐあいを変化変数か判断変数に含むセッション ND, DN, LD, DL の正答率が、混みぐあいを含まないセッション NL, LN より有意に低かった。また、セッション LD はセッション DL より正答率が有意に低かった。

同一性認知課題と関係概念課題の関係 クラスターによって課題間の関連が異なるかどうかを検討するため、前述と同様の課題間、セッション間のピアソンの積率相関係数を算出した。相関係数の値および無相関検定の結果を表 7 に示す。年齢で分けた場合や、全員の場合と異なり、クラスター別にみた場合はいくつか特徴的になかなり高い相関関係がみられる。すなわち、(1)クラスター 1 では、同一性認知課題全体と関係概念課題全体は負の相関があり、とりわけ L'問題群と関係概念課題全体や反比例的セッション群と負の相関がみられた。またクラスター 1 では、比例的セッション群と反比例的セッション群の成績の

表7 クラスター別にみた、課題間のピアソンの積率相関係数

	1 (n = 33)	2 (n = 11)	3 (n = 21)
同一性認知課題全体			
× 関係概念課題全体	-.34*	-.22	.06
× 比例的セッション群	.23	.16	-.17
× 反比例的セッション群	-.31	-.27	.34
L' 問題群			
× 関係概念課題全体	-.39*	.17	-.01
× 比例的セッション群	-.16	-.12	-.14
× 反比例的セッション群	-.44*	.21	.19
N' 問題群			
× 関係概念課題全体	-.13	-.19	-.11
× 比例的セッション群	-.18	-.14	-.11
× 反比例的セッション群	-.06	-.08	-.02
D' 問題群			
× 関係概念課題全体	-.29	-.42	.18
× 比例的セッション群	-.17	.60*	-.08
× 反比例的セッション群	-.29	-.69*	.41
比例的セッション群			
× 反比例的セッション群	.36*	-.58	-.03

* $p < .05$ 。

間に正の相関があった。(2) クラスター2では同一性認知課題全体と関係概念課題全体との成績の間にほとんど関係がなかった。しかし、D'問題群と関係概念課題全体、D'問題群と反比例的セッション群は負の相関、D'問題群と比例的セッション群は正の相関があった。そして比例的セッション群と反比例的セッション群の間には人数が少ないので有意ではないものの、かなりの負の相関がみられた。(3) クラスター3では、有意な相関はまったくなかった。

長さ、数、混みぐあいの大小弁別能力 方法で述べたように、同一性認知課題においては、数、混みぐあい、長さの大小の弁別について最初に調べ、弁別に失敗した者には正しい答えを教えて、実験を続行した。この手続きで、弁別に一回でも失敗した参加者(失敗はすべて混みぐあいの弁別)の人数の割合をクラスター別に調べたところ、クラスター1では12% (4 / 33名)、クラスター2では9% (1 / 11名)、クラスター3では43% (9 / 21名)であった。これらの割合のクラスター間の差をフィッシャーの直接法により検定したところ、両側確率は2%であり、弁別に失敗した参加者の割合は、クラスターによって有意に異なった。ライアン法による多重比較の結果、クラスター1と3の差のみが有意であった(クラスター2と3の差が有意でないのは、クラスター2の参加者の人数が少ないためである)。

考察

同一性認知課題の結果によれば、混みぐあいは数や長さとは分化した概念となっておらず、同じ混みぐあいの皿の選択においては、でたらめ反応より多少正答率が高い程度であった。長さを判断するとき混みぐあいに影響されることは、最も少なかった。これは後述のように長さとは混みぐあいの間にはまだ反比例的関係が出来ていないからであろう。数を判断するときの長さとは混みぐあいの影響は同程度であった。数とはいずれも比例的関係にあり、後述のように、いずれもかなり理解が進んでいるからであろう。これは、数の保存の課題で、幼児は、混みぐあいよりも長さの違いに影響されやすいとか(たとえば、Piaget & Szeminska, 1941/1962; Pufall, Shaw, & Syrdal-Laskey, 1973)、数の大小比較においても混みぐあいより数の影響を受けやすい(たとえば、Kingma & Roelings, 1982; Michie, 1984)とかいう結果と一致しない。おそらく本研究で用いた課題では、1つの問題では長さか混みぐあいのどちらかについて、その影響があったかなかったかを調べているのに対し、先行研究では、1つの問題でどちらの影響を受けることも可能で、そのときどちらの影響を受けたと推測されるかを調べる問題になっていたからだろう。したがって数の概念は長さの概念とも混みぐあいの概念とも分化途上であるが、どちらについても同程度の情報が提供されるときには、数の大小判断に長さの情報を取り入れやすいということであろう。

関係概念の成績をみると、長さとは混みぐあいの反比例的関係はいまだほとんど理解されておらず、特に混みぐあいの違いから長さを判断する場合は両者を比例的に捉えている者が多かった。内包量が与えられていて反比例的関係にある外延量について推測するのが、その逆より難しい傾向がみられるが、これは速さと時間の反比例的関係の理解の場合も同様である。子どもの日常経験の中での

経験量の違いによるのではないかと、Matsuda (2001)は推測している。すなわち、「時間がなかったから急いだ」「場所が狭かったから詰めた」という経験の方が、「スピードを出したから早くついた」「ぎゅうぎゅうに入れたから小さくなった」というような経験よりかなり多いだろう。また、数と長さの比例的関係は最も正答率が高かった。このような結果は、ほぼ類似の課題で幼稚園児から10歳児の混みぐあい概念を調べた松田他 (2000)が、Matsuda (1994)の速さの結果と合わせて、関係概念としての内包量の最初の発達過程は「数と長さあるいは時間と距離といった外延量間の強固な比例関係とそれに続くその他の比例的関係の把握」(p. 9)であると述べていることと一致する。幼児が物理的世界の理解のために最初に持つ2つの変数間の関係に関するスキーマは「大は大(much-is-much)」であり(Matsuda, 2001)、長さと混みぐあいのようにいまだ理解のあいまいな関係については、とりあえずこのスキーマを当てはめてみるものと思われる。

さてここで用いた2種の課題の成績の間にはいかなる関係も見いだせなかった。理論的にこの2種の課題の関係はかなり複雑である。すなわち、ある程度2つの概念間の関係が理解されなければ、一方の概念の同一性の認知に他方が妨害的に影響を及ぼすことはないから、その意味ではこの2種の課題は負の相関関係にある。しかしいずれも広い意味での関係概念の理解であるから、少し長い発達のスパンでみれば、2種の課題の成績は正の相関を示すはずである。ところで、参加者を年齢で2群に分けたとき、両群の年齢差は約6か月となったが、両群間には、2種の課題についてもその関係についても、まったく差がなかった。すなわち5歳から6歳にかけては、この種の関係概念の発達のごく初期であるが、急速に発達が進む時期ではないのである。したがって、前述のような正の関係を生む要因と負の関係を生む要因が拮抗し、結果的に無相関に近くなったと思われる。

しかしながら、反応パターンによって参加者を3つのクラスターに分けたときには、2種の課題の関係が、それぞれクラスターによって独特な形で現れた。それらを含めて3つのクラスターの特徴を述べると次のようになる。

クラスター1の幼児は、長さ、数、混みぐあいのいずれも、他と独立してかなり理解している。長さと数、数と混みぐあいの比例的関係もかなり理解しているが、長さと混みぐあいの反比例的関係はまだ理解できていない。2種の課題の関係は負で、特に長さを数や混みぐあいと独立して判断できるほど、長さと混みぐあいの反比例的関係の成績が悪くなる傾向がある。比例的関係の理解と反比例的関係の理解が正の相関であることが示しているように、このクラスターの幼児にとっては関係の理解、特に反比例関係の理解が当面の課題となっており、そのため長さを数や混みぐあいと分けて考えることと、長さをそれらの一方と比例的に、他方と反比例的に関係づけることをうまく調和させられない。参加者の約半数がここに属する。

クラスター2の幼児は、長さや数を相互に独立にあるいは混みぐあいと独立に判断することはかなり可能になっているが、混みぐあいは長さや数に強く影響されている。長さと数、数と混みぐあいの比例的関係はかなり理解できているが、長さと混みぐあいの反比例的関係はまだ理解できていない。両課題の関係をみると、混みぐあいを長さや数から独立して認識することは、比例的関係の理解とは正の関係にあるが、反比例的関係を理解することとは負の相関にある。比例的関係の理解

と反比例的関係の理解の間にも負の相関の傾向がみられることから、このクラスターの幼児は、混みぐあいや長さや数から未分化なまま、とりあえずすべての関係を比例的スキーマ「大は小」に当てはめようとしていると思われる。すなわち独立した概念間の関係の理解に進む段階にいたっていない。したがってこのクラスターでは、未分化ともいえる比例的2者関係の強固さが、1つの3者関係の統合を妨げることになり、松田他(2000)、三宅他(2000)の結果から推測すると、この傾向が小学校の高学年まで続く者がいるようである。参加者の17%がここに属する。

クラスター3の幼児には、いまだ混みぐあいの弁別すらおぼつかない者が多い。すなわち“混んでいる-すいている”という言葉の意味がまだ曖昧で、したがって、混みぐあいの同一性認知への長さや数の影響も一貫していない(混みぐあいの同一性認知課題の正答率がほぼ偶然の確率)。したがって当然、混みぐあいを含む関係は、それが比例的であれ反比例的であれ作れない(混みぐあいを変化変数か判断変数を含む関係概念課題の正答率もほぼ偶然の確率)。そして両課題間にはまだ何の関係もないのである。参加者の33%はここに属する。これは同じく内包量である速さ(Matsuda, 1994, 2001)について、“速い-遅い”の意味の分からない子どもは4歳児にもいないのと対照的である。松田他(2000)が述べているように、経験の量が混みぐあいについては速さより圧倒的に少ないせいであろう。

このようにみえてくると、クラスター3より2が、2より1が、関係概念の理解が進んでいるように思えるが、3クラスター間にはまったく年齢差がない。したがってクラスター3→2→1の方向に発達するのか、別々の発達筋道をたどるのか、今の段階では何とも言えない。この点を明らかにするには、きめ細かい横断的研究、縦断的研究、あるいはSiegler(1995)のいうマイクロジェネティックな研究を行う必要があるだろうが、とりあえず本研究から言えることは、5歳半から6歳半にかけての就学前児には、このような特徴をもつ幼児が混在している、ということである。

引用文献

- Anderson, N. H. 1981 *Foundations of information integration theory*. New York: Academic Press.
- Halford, G. S. 1999a The properties of representations used in higher cognitive process: developmental implications. In I. E. Sigel (Ed.), *Development of mental representation. Theories and applications* (pp. 147-168). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Halford, G. S. 1999b The development of intelligence includes capacity to process relations of greater complexity. In M. Anderson (Ed.), *The development of intelligence* (pp. 193-213). East Sussex, UK: Psychology Press.
- Kingma, J., & Roelings, U. 1982 Cardinal equivalence of small number in young children. *Perceptual and Motor Skills*, **54**, 1023-1037.
- Léoni, V., & Mullet, E. 1993 Evolution in the intuitive mastery of the relationship between mass, volume, and density from nursery school to college. *Genetic, Social, and General Psychology Monographs*, **119**,

389-412.

Matsuda, F. 1994 Concepts about interrelations among duration, distance, and speed in young children.

International Journal of Behavioral Development, **17**, 553-576.

Matsuda, F. 2001 Development of concepts of interrelationships among duration, distance, and speed.

International Journal of Behavioral Development, **25**, 466-480.

松田文子・永瀬美帆・小嶋佳子・三宅幹子・谷村 亮・森田愛子 2000 関係概念としての「混みぐあい」概念の発達 教育心理学研究, **48**, 109-119.

Michie, S. 1984 Why preschoolers are reluctant to count spontaneously. *British Journal of Developmental Psychology*, **2**, 347-358.

三宅幹子・小嶋佳子・森田愛子・谷村 亮・松田文子 2000 小学5年生から中学3年生の間の時間, 距離, 速さの関係の質的理解の発達 広島大学教育学部紀要(第一部), **49**, 293-302.

永瀬美帆 2000 混みぐあい概念の発達—関係概念理解と各次元の影響関係— 広島大学教育学部紀要(第一部), **49**, 37-44.

Piaget, J., & Szeminska, A. 1941 *La genèse du nombre chez l'enfant*. Neuchatel, Suisse: Delachaux & Niestlé S. A. (遠山 啓・銀林 浩・滝沢武久(訳) 1962 数の発達心理学 国土社)

Pufall, P. B., Shaw, R. E., & Syrdal-Lasky, A. 1973 Development of number conservation: An examination of some predictions from Piaget's stage analysis and equilibration model. *Child Development*, **44**, 21-27.

Siegler, R. S. 1995 How does change occur: A microgenetic study of number conservation. *Cognitive Psychology*, **28**, 225-275.

Wilkening, F. 1981 Integrating velocity, time, and distance information: A developmental study. *Cognitive Psychology*, **13**, 231-247.

吉田 甫 1999 保存性. 中島義明他(編) 心理学事典 有斐閣.

謝辞

本研究においては、私立板橋さざなみ幼稚園の園児と先生方にご協力いただきました。また、広島大学教育学部心理学科の平成7年度、8年度の4年生の田中雅代氏、萩野ころろ氏、坂田奈緒氏、村上和子氏、八木由美子氏にも実験者としてご協力いただきました。クラスター分析においては、高木廣文氏(統計数理研究所)作成のHALWINを使用しました。以上、記して感謝の意を表します。