

子どもの量概念の形成と比較能力の発達

井 藤 芳 喜

Yoshiki ITOH :

Forming of the Concept of Quantity and
the Development of Comparison Ability in Children

I 研究の目的

子どもの科学教育の必要性やその教育の可能な内容を論ずるにあたっては、まず子どもたちが科学教育に必要な基礎概念を確立する時期など、いわゆるかれらの科学教育に対する *readiness* を考慮しなければならない。最近、早期科学教育の必要性や、5才児入学に伴う幼年期の科学教育が再検討されつつあるが、高度の科学の内容が無制限に低年令児に消化されるものではなく、その限界も見極める必要がある。また、教育内容の決定や学習指導に際しては、当然のことながら子どもの発達の状態を考慮しなければならない。

わが国の最近の子どもについては、これらの発達の状態を調査した文献が極めて少ない。従って、われわれは今後、これらの子どもの発達の状態を調査し、教育の基礎条件を確立しようとしている。今回はその手始めとして、子どもの量概念の確立の時期や、量の比較の可能な時期について調査に着手した。

理科における量概念は、距離、面積、体積等の具体的な量概念から、温度、圧力等の感覚量、さらに熱、電気等の抽象的量概念まで考えられる。^{*1} これらの種々の量概念の把握の程度は、年令によって著しい差があり、しかも個人差も大きい。また、低年令児においては量の比較さえできない者がある。これらの量の概念を確実に把握させることが、理科教育の目標の一つともいえる。昨年から今年にかけては、これらの量概念の基本である「量の保存」の概念の成立の時期と、長さや面積の量の比較の能力について、子どもの実態を調査した。^{*2, 3}

量の保存の概念については、これまでにピアジェが、形の異なる容器の同量の液体が、異った量として把握されていることを調査し、わが国においても2, 3の追試的な調査はなされているようであるが、最近の児童の発育状況や地域差により、多少の変動があるものと推定し、これまでの調査方法を参考にしながら独自の調査を試みた。なお本調査では、量の保存の概念が成立した者の割合を年令別に表にして、一般的発達の傾向を示したことが大きな特徴である。量の比較については、長さや面積の大小の比較が正しくできるか否かを、これもその割合を年

令別に表にして発達の傾向を示した。*4~6

II 調査の内容および方法

2・1 調査の内容

調査の内容は第1部と第2部に分けた。第1部は子どもの量の保存の概念の発達に関するもので、第2部は量の比較の可能性に関するものである。

量の保存の概念の発達に関しては、液体が容器の変化に関係なく、量が一定に保存される液体の量の保存の概念と、粘土が形の変化に関係なく量が一定に保存される塑性物体の量の保存の概念の発達とを調査した。量の比較の可能性については、棒の長さの比較と色紙の面積の比較の可能性とを調査した。

調査項目は次のとおりである。

第1部 量の保存

- (1) コップの中のジュースに物体を入れ、水位が増したとき、ジュースが増したと認めるか否か。(1. スプーン 一数本束ねたもの— を入れたとき, 2. 豆を入れたとき)
- (2) 直径の異なるコップに等量のジュースを入れたとき、等量と認めるか否か。
- (3) 1つのコップのジュースを3つのコップに分割したとき、量の変化を認めるか否か。
- (4) 粘土に固体を包んで、見かけの大きさを大きくしたとき、粘土が増したと認めるか否か。
- (5) 粘土の形を変えたとき、粘土の量の変化を認めるか否か。
- (6) 粘土を5個の小さい玉に分割したとき、量の変化を認めるか否か。

第2部 量の比較

- (1) 2本の棒の長さの長短が正しく判定できるか否か
- (2) 2枚の紙の面積の大小が正しく判定できるか否か

2・1 調査の方法

幼稚園児（保育所園児も含む）を対象とした調査では、コップに入れたジュースや粘土、比較する棒や色紙を用意し、1人1人面接し、操作と質問を併用し、その回答と、動作の観察により結果を判断した。検査者は被験者の目前で問いかけながら操作し、補助者がこれを記録する方式で、念のため録音機による記録をとり、後刻不審な点があればこれを参考にした。なお調査方法に馴れるに従い、検査者が同時に記録をとった。小学生を対象とした調査では、同様な内容を検査者が教卓上で実地に行ない、被験者は一斉にこれを観察して、記録用紙に記録させた。

2・3 調査の対象および時期

調査の対象は下記のとおりである。

	第1部調査		第2部調査
	小学校1校	幼稚園1校	幼稚園1校
島根県下 都市部（松江市内）			
郡 部（農 村）	2	2	2
〃 （漁 村）	1	1	2
大学 附 属 校	1	1	1

年齢別調査人員は下記のとおりである。

	第1部 量の保存			第2部 量の比較		
	男一名	女一名		男7名	女9名	
2:6才(2:6~3:0)児	一名	一名		16名		
3:0 (3:0~3:6)	—	—	—	28	12	16
3:6 (3:6~4:0)	—	—	—	41	21	20
4:0 (4:0~4:6)	14	5	9	90	43	47
4:6 (4:6~5:0)	40	23	17	91	45	46
5:0 (5:0~5:6)	32	16	16	72	39	33
5:6 (5:6~6:0)	38	21	17	92	47	45
6:0 (6:0~6:6)	81	41	40	42	21	21
6:6 (6:6~7:0)	66	28	38	—	—	—
7:0 (7:0~7:6)	73	43	30	—	—	—
7:6 (7:6~8:0)	68	35	33	—	—	—
8:0 (8:0~8:6)	60	29	31	—	—	—
8:6 (8:6~9:0)	74	38	36	—	—	—
9:0 (9:0~9:6)	47	29	18	—	—	—
合 計	593	308	285	472	235	237

調査の時期は下記のとおりである。

第1部の調査 昭和45年7月~10月

第2部の調査 昭和46年6月~8月

III 調査の結果および解説

3・1 量 の 保 存

3・1・1 コップの中に物体を入れ、水位が増した。

質 問 要 領

問ア 2つのコップのジュースの量は同じですね（同じと認めない場合には、認めるまで量を加減する。以下同様である）

こちらのコップにスプーン（4～5本束にしてある）を入れます。ジュースはどうなったでしょうか。（色が変わったとか、スプーンが大きくなったとか答えた場合には、ジュースの“量”に注意を向ける。小学生では6つの選択肢の中から選ばせる。幼稚園児（保育所園児も含む。以下同様）では以後の問題が“量”に関したものであることに注目させる発問である。）

高くなると思う人は 1.高いに、ふえると思う人は 2.ふえるに、多いと思う人は3.おおいに、大きいと思う人は 4.おおきいに、同じと思う人は 5.おなじに、解らないと思う人は 6.わからないに○をつけなさい。（この項は対小学生の発問。対幼稚園児に関しては回答をそのまま記録する。）

問イ スプーンを入れるとジュースがふえたようにみえますが、ほんとうにジュースがふえたのでしょうか、どちらがジュースを多く飲めるでしょう。どちらも同じでしょうか。ふえたと思う人は1のおおいに……以下同様

問ウ スプーンをとったらジュースの量はこれ（初めのスプーンを入れない方のコップを指して）とどちらが多いでしょう。

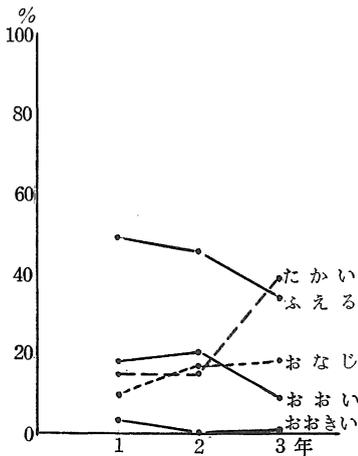
問アの回答をまとめたものを第1表に示す。この表の6つの項目は附属幼稚園児を対象に予備調査の結果を分析して決定したものである。この結果をグラフに示せば第1図、第2図になる。第1図は水位が高くなって、見かけ上増加したように見えることの表現の違いを、学年別に調べたものである。「ふえる」と表現した者が学年が進むにつれて減少しているが、「たかい」と表現した者が増加していることは注目に値する。第2図は「たかい」と表現した者の地域別の変化を示す。都市部や附属の子どもに増加の傾向が著しい。子どもは変化の現象面に注意が集中しているためと考えられる。

第1表 液体の量の保存 (1) スプーンを入れる

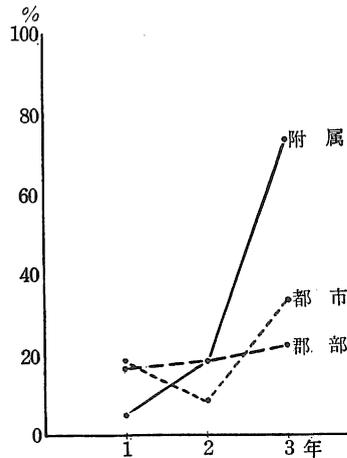
	1 年			2 年			3 年			計		
	都市	郡部	附属	都市	郡部	附属	都市	郡部	附属	1年	2年	3年
1. たかい	人 % 7(18)	人 % 12(17)	人 % 2(5)	人 % 3(8)	人 % 12(18)	人 % 7(18)	人 % 12(32)	人 % 14(22)	人 % 29(74)	人 % 21(15)	人 % 22(15)	人 % 55(39)
2. ふえる	18(47)	29(42)	23(62)	9(23)	37(55)	20(53)	16(42)	26(38)	6(15)	70(49)	66(46)	48(34)
3. おおい	9(23)	12(17)	5(14)	21(54)	6(9)	3(8)	4(11)	9(14)	—	26(18)	30(21)	13(9)
4. おおきい	—	—	3(4)	1(3)	—	—	1(3)	—	—	4(3)	—	1(1)
5. おなじ	4(11)	7(10)	4(11)	6(15)	12(18)	6(16)	5(13)	16(25)	4(10)	15(10)	24(17)	25(18)
6. わからない	—	—	4(6)	2(5)	—	—	—	—	—	6(4)	2(1)	—
7. その他	—	—	2(3)	—	—	—	—	—	—	2(1)	—	—
計	38	69	37	39	69	38	38	65	37	144	144	142

() 内は%を示す。

問イ、問ウの回答を年齢別にまとめたものを第2表に示す。問アで多くなると答えたものも、もとの容器に戻せば同じだと考えているものが多い。以下の調査でも同様の傾向がみられる。これをグラフに示せば第3図、第4図になる。第3図に於て、4:0~5:6才児では「わからない」や無答が多く、「同じ」と「多い」と答えたものの和が著しく少い。これは多少の比較ができないためと考えられる。5:6~7:6才までは60~70%が「多い」と答えている。7:6~9:0才で急に「同じ」が増加している。しかし9才でもまだ正しい理解に達していない。



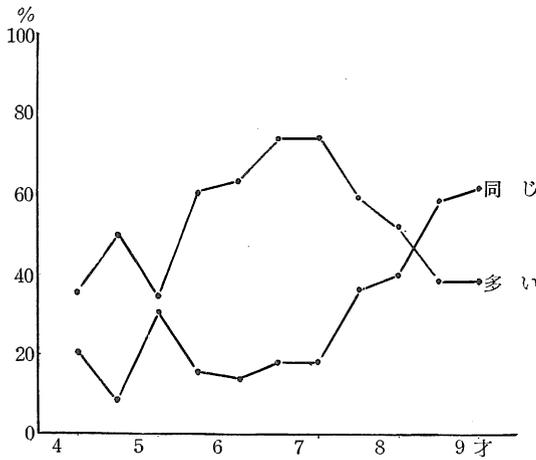
第1図 液体の量の保存 (1) スプーンを入れる (全体)



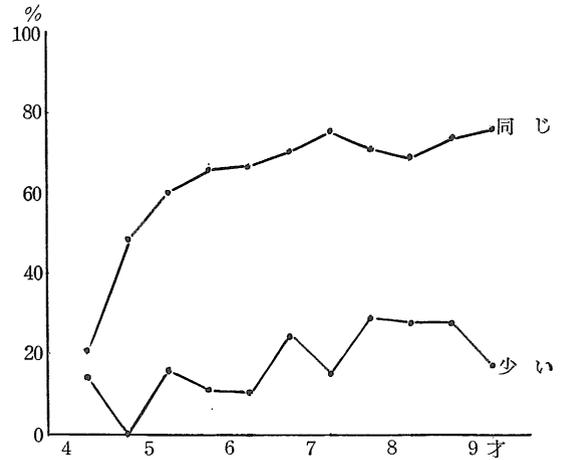
第2図 液体の量の保存 (1) スプーンを入れる (地域別)

第2表 液体の量の保存 (1) スプーンを入れる

年 令	イ. ほんとうに多いか					ウ. もとに戻すと				
	多い	少い	同じ	わからない	その他	多い	少い	同じ	わからない	その他
4:0	人 5(36)	人 1(7)	人 3(21)	—	人 5(36)	人 2(14)	人 2(14)	人 3(21)	人 2(14)	人 5(36)
4:6	20(50)	2(5)	3(8)	6(15)	9(23)	5(13)	—	19(48)	6(15)	10(25)
5:0	11(34)	1(3)	10(31)	4(13)	6(19)	2(6)	5(16)	19(60)	1(3)	5(16)
5:6	23(61)	2(5)	6(16)	4(11)	3(8)	2(5)	4(11)	25(66)	4(11)	3(8)
6:0	51(63)	2(2)	11(14)	10(12)	7(9)	5(6)	8(10)	54(67)	5(6)	9(11)
6:6	49(74)	1(2)	12(18)	4(6)	—	2(3)	16(24)	46(70)	2(3)	—
7:0	54(74)	1(1)	13(18)	4(5)	1(1)	5(7)	11(15)	55(75)	—	2(3)
7:6	40(59)	1(1)	25(37)	2(3)	—	1(1)	18(28)	48(71)	1(1)	—
8:0	31(52)	3(5)	24(40)	2(3)	—	—	16(27)	41(68)	2(3)	1(2)
8:6	28(38)	3(4)	43(58)	—	—	—	20(27)	54(73)	—	—
9:0	18(38)	—	29(62)	—	—	1(2)	8(17)	38(81)	—	—



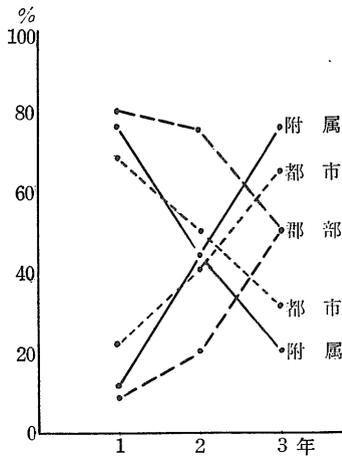
第3図 液体の量の保存 (1)
イ. ジュースはほんとうにふえるか



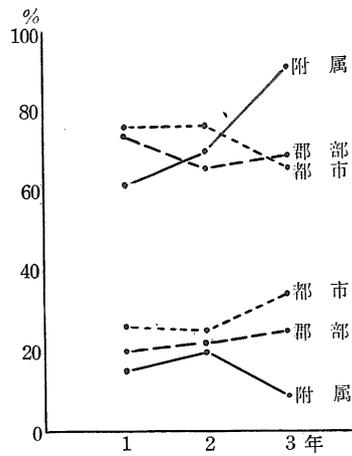
第4図 液体の量の保存 (1)
ウ. スプーンをとると

第5図は小学生について、これを地域別にグラフにしたものである。グラフの上では地域差がみられる。

第4図において、4:0~4:5才では「わからない」や不答が多く、著しく率が少ないが、5:0~7:6才では60~70%が「同じ」と正しく答え、20%程度が「少くなる」と答えている。8:6~9:0才から急増加の傾向がみられる。第6図は小学生について、これを地域別にグラフにしたものである。グラフの上では附属に著しい差がみられる。



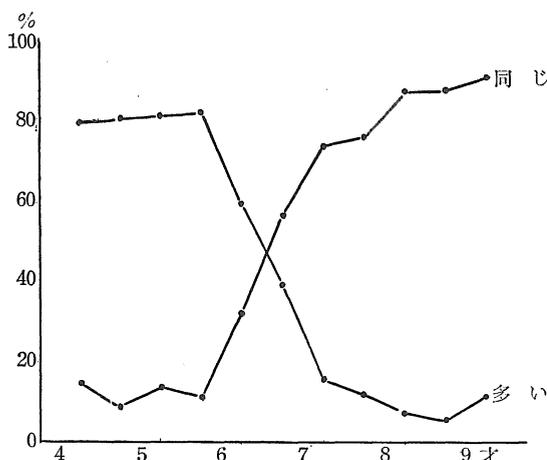
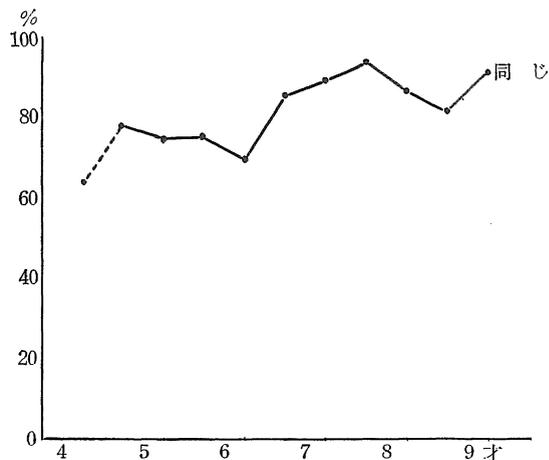
第5図 液体の量の保存 (1)
イ. ジュースはほんとうにふえるか (地域別)



第6図 液体の量の保存 (1)
ウ. スプーンをとると (地域別)

第3表 液体の量の保存 (2) コップの形を変える

年令	ア. ほんとうに多いか					イ. もとに戻すと				
	多い	少い	同じ	わからない	その他	多い	少い	同じ	わからない	その他
4:0	人 % 11(79)	人 % 1(7)	人 % 2(14)	人 % —	人 % —	人 % 1(7)	人 % —	人 % 9(64)	人 % 2(14)	人 % 2(14)
4:6	32(80)	1(3)	3(8)	2(5)	2(5)	1(3)	3(8)	31(78)	2(5)	3(8)
5:0	26(81)	—	4(13)	1(3)	1(3)	—	1(3)	24(75)	3(9)	4(13)
5:6	33(82)	1(3)	4(11)	—	—	3(8)	1(3)	29(76)	3(8)	2(5)
6:0	47(58)	1(1)	26(32)	5(6)	2(2)	6(7)	4(5)	57(70)	8(10)	6(7)
6:6	25(38)	2(3)	37(56)	1(2)	1(2)	4(6)	2(3)	57(86)	3(5)	—
7:0	11(15)	5(7)	53(73)	3(4)	1(1)	5(7)	1(1)	65(89)	1(1)	1(1)
7:6	8(12)	7(10)	51(75)	2(3)	—	3(4)	—	64(94)	1(1)	—
8:0	4(7)	4(7)	52(87)	—	—	2(3)	4(7)	52(87)	1(2)	1(2)
8:6	4(5)	6(8)	64(87)	—	—	—	12(16)	61(82)	1(1)	—
9:0	5(11)	2(4)	40(85)	—	—	2(4)	2(4)	43(92)	—	—

第7図 液体の量の保存 (2)
ア. 背の高いコップのジュースは第8図 液体の量の保存 (2)
イ. もとにもどすと

3・1・2 形の異なるコップに入れ替え、水位が増した。

質 問 要 領

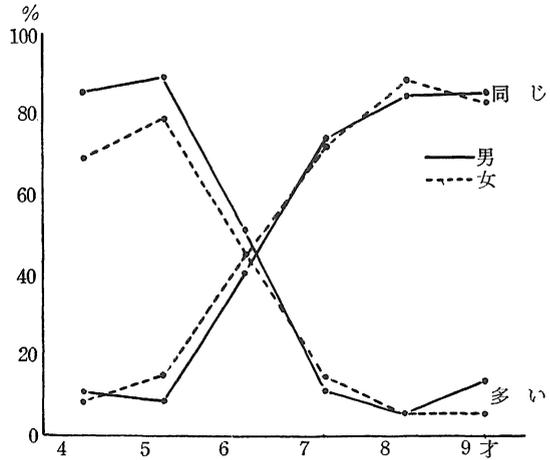
問ア 2つのコップのジュースの量は同じですね。(同じ形のコップを用いる)いま、こちらのジュースを背の高いコップに移します。(直径が小さく背のやや高いコップ)コップのジュースの量はどうになりましたか。(もう一方のジュース入りのコップを示して)こちらと比べて、多くなったと思う人は 1.おおいに、少いと思う人は 2.すくないに、同じと思う人は 3.同じに、わからない人は 4.わからないに○をつけなさい。(以下の問いはすべて同じ形式の選択肢である。)

問イ こんどはこれを元のコップに戻します。2つのコップのジュースの量を比べて、こちらが(戻した方)多いと思う人は 1.おおいに……○をつけなさい。

第3表、第7、8図は結果を整理したものである。問アについては6:0才を境として、-1:0才+1:6才の間に大きな変化があり、8:0才で保存の概念は大体確立されたとみることが

第4表 液体の量の保存(2)
コップの形を変える 男女差

	問ア(1)		問ア(2)		人数	
	男	女	男	女	男	女
4才	25 (89) %	18 (69) %	3 (11) %	2 (8) %	28	26
5	33 (86) %	26 (79) %	3 (8) %	5 (15) %	37	33
6	36 (52) %	36 (46) %	28 (41) %	35 (45) %	69	78
7	9 (12) %	10 (15) %	58 (74) %	46 (73) %	78	63
8	4 (6) %	4 (6) %	57 (85) %	59 (88) %	67	67
9	4 (14) %	1 (6) %	25 (86) %	15 (83) %	29	18



第9図 液体の量の保存 (2)
ア. 背の高いコップのジュースは

できる。男女差については人数が少ないので1才間隔でまとめたものが第4表で、これをグラフに示せば第10図のようになる。8才以下では女兒が優位に思われる。

問イについては第8図に示すように、6:6才以後は「同じ」と考えるものが多い。6:0才以下の%が少ないのは「わからない」と「少ない」の回答者が多いためである。

3・1・3 コップに豆を入れると水位が増す。

質 問 要 領

問 2つのコップのジュースの量は同じですね。こちらのコップに豆を入れます。ジュースは多くなったように見えます。ジュースはほんとうに多くなったでしょうか。ほんとうに多くなったと思う人、こちらのジュースが多く飲めると思う人は 1.おいしいに……○をつけなさい。

第5表、第10図は結果を整理したものである。4, 5才から9才までの広い範囲で変化を示し、8才以上で50%が正しく認識している。4:0才では調査人員が少なく、しかも調査対象児が必ずしも一般的ではないので信頼性に乏しい。

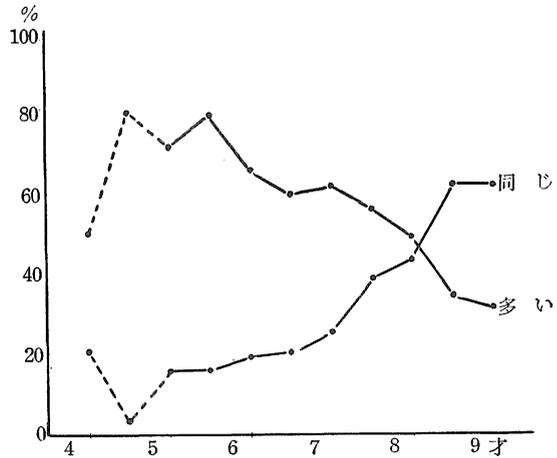
3・1・4 液 体 の 分 割

質 問 要 領

問ア 2つのコップのジュースの量は同じですね。いま、こちらのコップのジュースを3つの空のコップに入れます。この3つのコップ全部のジュースと、これ(初めの一方のジュースを指して)と、どちらが多いですか。3つのコップ全部の方が多いと思う人は 1.おいしいに……○をつけなさい。

第5表 液体の量の保存 (3)
豆を入れる

年 令	多い		少い		同じ		わから ない		その他	
	人	%	人	%	人	%	人	%	人	%
4:0才	7	(50)	—	—	3	(21)	1	(7)	3	(21)
4:6	32	(80)	1	(3)	1	(3)	3	(8)	3	(8)
5:0	23	(72)	—	—	5	(16)	2	(6)	2	(6)
5:6	30	(79)	1	(3)	6	(16)	1	(3)	—	—
6:0	53	(65)	5	(6)	15	(19)	3	(4)	5	(6)
6:6	39	(59)	12	(18)	13	(20)	2	(3)	—	—
7:0	45	(62)	7	(10)	18	(25)	3	(4)	—	—
7:6	38	(56)	3	(4)	26	(38)	1	(1)	—	—
8:0	29	(48)	5	(8)	26	(43)	—	—	—	—
8:6	25	(34)	3	(4)	46	(62)	—	—	—	—
9:0	15	(32)	2	(4)	29	(62)	1	(2)	—	—



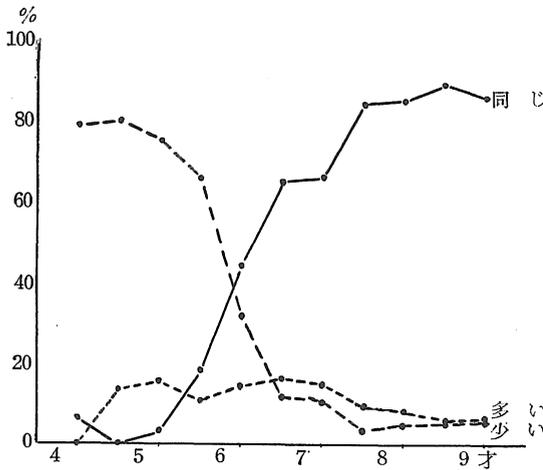
第10図 液体の量の保存 (3)
豆を入れるとジュースは

問イ 3つのコップのジュース全部をもとのコップに戻したらどうなりますか。戻したコップの方がこれ(初めの方のコップ)より多いと思うものは1.おおいに……○をつけなさい。

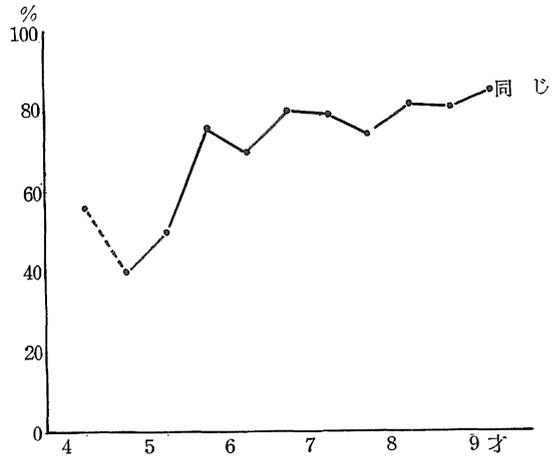
第6表第11, 12図は結果を整理したものである。3・1・2の形の異なるコップに移したときと同様な傾向を示す。(第7図, 第8図と比較) 分割すれば量が「多くなる」と答えているものが7才以下で10~15%ある。これは「量」を「数」でとらえているためであろう。

第6表 液体の量の保存 (4) 分割する

年 令	ア. 分割した方が						イ. もとに戻すと				
	多い	少い	同じ	わから ない	その他		多い	少い	同じ	わから ない	その他
4:0才	—	—	11	(79)	1	(7)	2	(14)	—	—	—
4:6	5	(13)	32	(80)	—	—	1	(3)	2	(5)	—
5:0	5	(16)	24	(75)	1	(3)	—	—	2	(6)	—
5:6	4	(11)	25	(66)	7	(18)	1	(3)	1	(3)	—
6:0	11	(14)	26	(32)	36	(44)	5	(6)	3	(4)	—
6:6	11	(17)	8	(12)	43	(65)	4	(6)	—	—	—
7:0	11	(15)	8	(11)	49	(67)	4	(5)	1	(1)	—
7:6	6	(9)	2	(3)	57	(84)	3	(4)	—	—	—
8:0	5	(8)	3	(5)	51	(85)	1	(2)	—	—	—
8:6	4	(5)	4	(5)	66	(89)	—	—	—	—	—
9:0	3	(6)	3	(6)	41	(87)	—	—	—	—	—



第11図 液体の量の保存 (4)
ア. 分割すると



第12図 液体の量の保存 (4)
イ. もとにもどすと

3・1・5 粘土で石を包む

質問要領

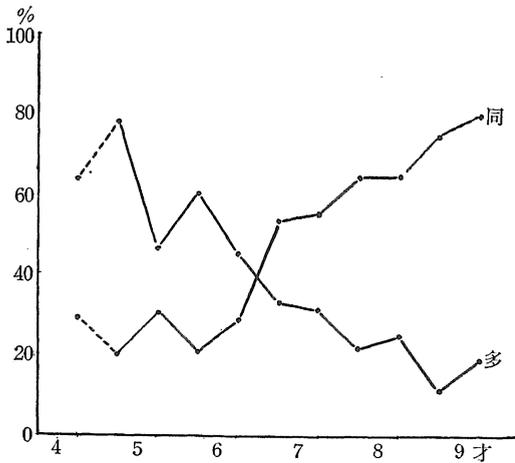
問ア ここに粘土が2つあります。2つともだいたい同じですね。こちらの粘土に石を入れて包んでみます。大きくなりましたね。この大きい方の粘土と小さい方(初めと同じ)の粘土と、どちらが粘土が多いでしょう。どちらの粘土をもらった方がとくをしますか。こちらが多いと思う人は 1.おおいに……○をつけなさい。

問イ こんどは石をとり出して元のようにまるめますが、もう1つの粘土とくらべて、こちらが多いと思う人は(予想さす) 1.おおいに……○をつけなさい。

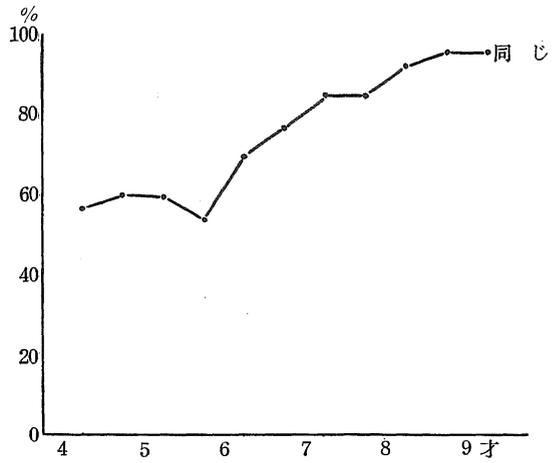
第7表 粘土の量の保存 (1) 石を入れる

年齢	問ア					問イ				
	多い	少い	同じ	わからない	その他	多い	少い	同じ	わからない	その他
4:0	9(64)	—	4(29)	1(7)	—	—	—	8(57)	2(14)	4(29)
4:6	27(68)	2(5)	8(20)	—	3(8)	7(18)	2(5)	24(60)	4(10)	3(8)
5:0	15(47)	3(9)	10(31)	4(13)	—	4(13)	4(13)	19(59)	2(6)	3(10)
5:6	23(61)	3(8)	8(21)	1(3)	3(8)	4(11)	7(18)	20(53)	3(8)	4(11)
6:0	37(46)	10(12)	23(28)	8(10)	3(4)	6(7)	7(9)	56(69)	5(6)	7(9)
6:6	22(33)	3(5)	35(53)	6(9)	—	4(6)	7(11)	51(77)	4(6)	—
7:0	23(32)	9(12)	41(56)	—	—	3(4)	6(8)	61(84)	2(3)	1(1)
7:6	15(22)	7(10)	44(65)	1(1)	1(1)	—	9(13)	57(84)	1(1)	1(1)
8:0	15(25)	4(7)	39(65)	2(3)	—	1(2)	3(5)	55(92)	1(2)	—
8:6	9(12)	8(11)	56(76)	1(1)	—	—	3(4)	70(95)	1(1)	—
9:0	9(19)	—	38(81)	—	—	2(4)	1(2)	44(95)	—	—

第7表, 第13, 14図は結果を整理したものである。3・1・2の形の異なるコップに移したときと同様な傾向を示すが, 進歩の状態がゆるやかである。また, 「多い」「少ない」の区別をするきめ手となる観点が, 液体の水位ほど明確でないために, 「同じ」「多い」以外の回答を与えたものと考えられる。



第13図 粘土の量の保存 (1)
ア. 石を入れると



第14図 粘土の量の保存 (1)
イ. 石をとりだすと

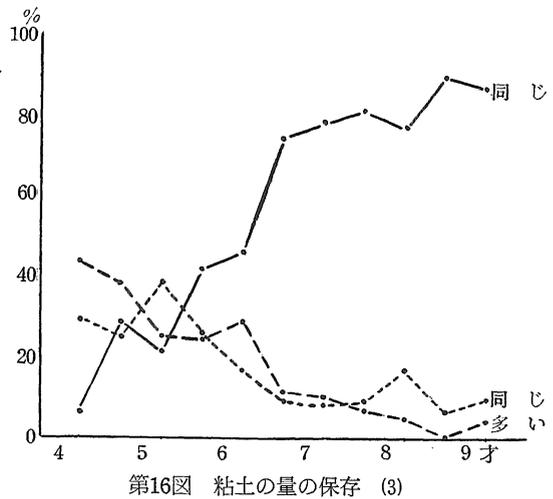
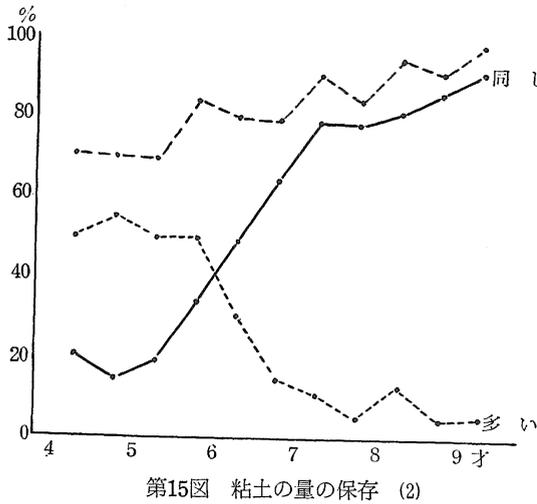
3・1・6 粘土の形の変形

質問要領

問 2つの粘土の量は同じですね。(どちらも丸い餅状) いま, こちらで茶わんを作ってみます。これと, これ(初めの形のまま)とはどちらが粘土が多いでしょう。茶わんの形の方が多いと思う人は1.おおいに……○をつけなさい。

第8表 粘土の量の保存 左(3)形の変形 右(4)分割

年 令	左(3)形の変形					右(4)分割				
	多い	少い	同じ	わからない	その他	多い	少い	同じ	わからない	その他
4:0	人 % 7(50)	人 % —	人 % 3(21)	人 % —	人 % 4(29)	人 % 6(43)	人 % 4(29)	人 % 1(7)	人 % —	人 % 3(21)
4:6	22(55)	3(8)	6(15)	1(3)	8(20)	15(38)	10(25)	11(28)	1(3)	3(8)
5:0	16(50)	6(19)	6(19)	1(3)	3(9)	8(25)	12(38)	7(22)	5(16)	—
5:6	19(50)	2(5)	13(34)	1(3)	3(8)	9(24)	10(26)	16(42)	3(8)	—
6:0	25(31)	9(11)	40(49)	1(1)	6(7)	23(28)	14(17)	37(46)	5(6)	2(2)
6:6	10(15)	6(9)	42(64)	8(12)	—	8(12)	6(9)	49(74)	3(5)	—
7:0	8(12)	4(6)	59(79)	2(3)	—	7(10)	6(8)	57(78)	3(4)	—
7:6	4(6)	7(13)	53(78)	1(1)	1(1)	5(7)	6(9)	56(82)	—	2(2)
8:0	8(13)	3(5)	49(82)	—	—	3(5)	10(17)	46(77)	1(2)	—
8:6	4(5)	4(5)	64(87)	2(3)	—	—	5(7)	66(89)	3(4)	—
9:0	3(6)	1(2)	43(92)	—	—	2(4)	4(9)	41(87)	—	—



第8表左, 第15図は結果を整理したものである。6:0±1:0才の間に急速な進歩がみられる。調査項目にはなかったが, 量の多少を高さ(背の高さ)で判断する子どもが非常に多いのが目立った。

3・1・7 粘土の分割

質問要領

問 2つの粘土の量は同じですね。これを小さくちぎって, だんごにします。(5つに分割して並べる) 5つ全部と初めのと, どちらの粘土が多いでしょう。5つの方が多いと思う人は1.おおいに……○をつけなさい。

第8表右, 第16図は結果を整理したものである。3・1・4の液体の分割の場合と同様の結果である。ただ, 液体の場合は6才までに「多い」と答えているものが少ないのに対し, 粘土の場合は多い。

3・2 量の比較

3・2・1 長さの比較

調査要領

約20cmの長さの等しい3色の棒を2本ずつ用意し, 被験者に自分の好きな棒を1本手にとらせる。このとき棒の長さはわからないように, 棒の一端のみをみせて選ばせる。この棒を卓上の任意の位置におかせる。調査者は同色の棒をとり, 先の棒とT字型になるように置く。T字型に置くのは錯視を利用して, 一方の棒を長くみせるためである。

質問1 どちらの棒が長いと思いますか。

質問2 ほんとうに長いかどうか, しらべてごらん。

質問3 手にもって、しらべてごらん。

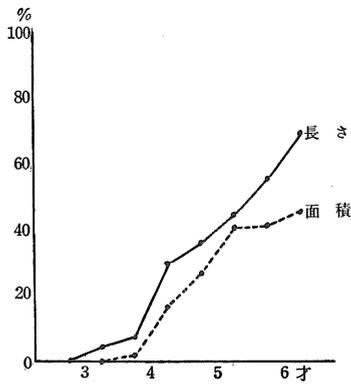
等により幼児の解答と動作から判定する。記録内容は付表2の記録紙に示す。

第9表左, 第17, 18, 19図は結果を整理したものである。3~7才で急速に進歩していることがわかる。男女差, 地域差はグラフの上では多少変動がみられるが, 人数が少ないので検定の結果は有意差は認められない。

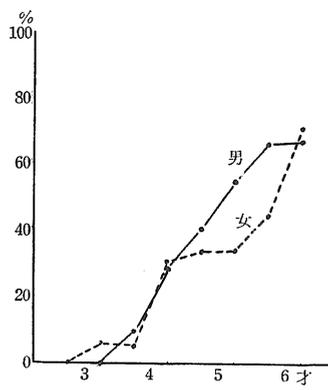
3・2・2 面積の比較

第9表 比較する能力

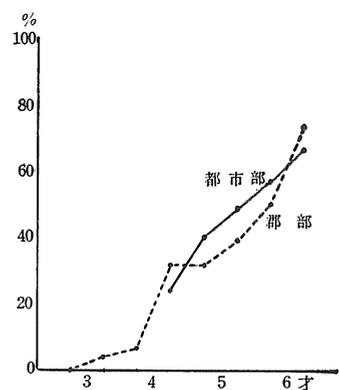
	長 さ					面 積				
	男		女		計	男		女		計
	人	%	人	%	人	人	%	人	%	人
2:6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3:0	—	—	1(6)	—	1(4)	1(4)	—	—	—	—
3:6	2(9)	1(5)	—	—	3(7)	3(7)	—	—	2(5)	2(5)
4:0	12(28)	14(30)	8(24)	18(32)	26(29)	5(12)	10(21)	2(6)	13(23)	15(17)
4:6	18(40)	15(33)	19(40)	14(32)	33(36)	15(33)	10(22)	15(32)	10(23)	25(27)
5:0	21(54)	11(33)	21(48)	11(39)	32(44)	15(39)	14(42)	17(39)	12(43)	29(40)
5:6	31(66)	20(44)	40(57)	11(50)	51(55)	22(47)	16(36)	28(40)	10(45)	38(41)
6:0	14(67)	15(71)	18(67)	11(73)	29(69)	7(33)	12(57)	9(33)	10(66)	19(45)



第17図 長さとの面積の比較



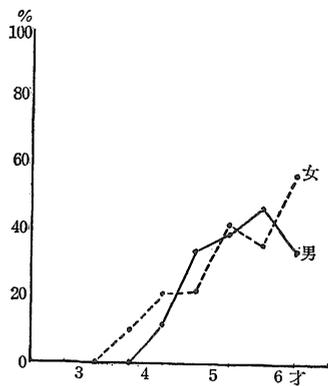
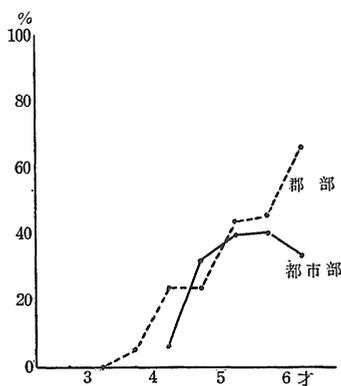
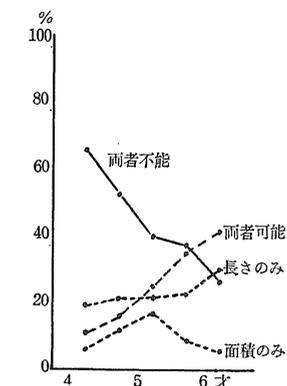
第18図 長さの比較
(男女差)



第19図 長さの比較
(地域差)

調査要領

9.0cm×9.0cm, 9.0cm×9.5cmの大きさの異なる同色の色紙2枚を1組として, 色の違うもの3

第20図 面積の比較
(男女差)第21図 面積の比較
(地域差)

第22図 面積と長さの連関

組を用意する。被験者にこの中から好きな色を選ばせる。調査者は子どもの選んだ色の色紙1組をとり出し、卓上の台紙(洋紙大)の上に少し離して置く、台紙には大きさを見誤るように錯視を起す模様を書いてある。

- 質問1. どちらの色紙が大きいと思いますか。
 質問2. ほんとうに大きいかどうか、しらべてごらん。
 質問3. 手にもって、しらべてごらん。

等の質問により幼児の解答と動作から判定する。記録内容は付表2の記録紙に示す。

第9表右, 第17, 20, 21図は結果を整理したものである。長さの比較と同様に3~7才で急速に進歩しており, 男女差, 地域差は認められない。

3・2・3 長さの比較と面積の比較の連関

第17図でわかるように, 長さの比較の能力と面積の比較の能力はほぼ平行して発達している。長さの比較の能力の方が発達が早いのは, 当然のことながら, 面積は2次元で, 長さは1次元なので比較が簡単であるためと考えられる。この事は面積を比較する場合, 2枚の色紙の一辺同士を比較して大小を決定している者があることや3・1・6で述べたように粘土の量を高さで判断する者があることから明白である。

長さの比較と面積の比較の連関を年齢別にしらべたものは下記のとおりである。各年齢とも連関がある。また, 長さの比較のみ, 面積のみ, 両方のできるもの等をグラフに示したものが第22図である。この年齢の範囲内で連関を保って発達していることがわかる。

		A	
		○	×
B	○	10 (11)	5 (6)
	×	16 (18)	59 (65)

$\varphi = 0.37$

		A	
		○	×
B	○	14 (15)	11 (12)
	×	19 (21)	47 (52)

$\varphi = 0.25$

		A	
		○	×
B	○	17 (24)	12 (17)
	×	15 (21)	28 (39)

$\varphi = 0.24$

		A	
		○	×
B	○	31 (34)	7 (8)
	×	20 (22)	34 (37)

$\varphi = 0.44$

		A	
		○	×
B	○	17 (41)	2 (5)
	×	12 (29)	11 (26)

$\varphi = 0.40$

		A	
		○	×
B	○	89 (23)	37 (10)
	×	82 (21)	179 (46)

$\varphi = 0.37$

Aは長さ，Bは面積，○は能力のあるもの，×は能力のないものを示す。

IV 結果の分析および考察

4・1 量の保存

4・1・1 量の保存の概念の成立の時期

a) 形の異なるコップの液体や、石を包んだ粘土、形を変えた粘土の場合は、大体6:6才を中心に関後1:0才で急速に発達する。そして、僅かの例外を除いて、8才位で確立されると考えられる。(第7図, 第13図, 第15図) ピアジェは個々の具体的例をあげて、種々の発達段階を示しているが、われわれは多数の調査によって、これをグラフに表わし、保存の概念の発達時期や確立の時期を明確にした。

粘土の形を変えたときの量の保存は、形の異なるコップの液体の量の保存よりも0:6~1:0才ほど早く発達する。(第7図, 第15図) これは液体よりも粘土の方が取扱う機会が多いためと考えられる。

b) 液体にスプーンや豆などの物体を入れたときの量の保存の概念は、a)の場合よりも発達がおそく、8:0才を中心に関後1:0才で発達し、9:0才でも約60%しか確立されていない。(第3図, 第10図)

c) 量を分割するときの保存は液体のときも粘土のときもだいたい同じで、a)の場合よりも年齢幅が広く、5:6~6:0才より上昇し始め、7:0~8:0才で完成する。4~6才児では量を数でとらえるものが多く、5:6才までに50%以上の者が分割すれば多くなると答えている。(第11図, 第16図)

d) 液体による量の保存の概念の成立の時期と粘土による時期とを比較すれば、粘土による

方が液体による方よりも早い。すなわち、量の保存の概念の成立した者が50%になる年齢は次表のとおりである。

	液 体	粘 土
石、豆を入れる	8:0~8:6才	6:6才
形を変える	6:6	6:0
分割する	6:0~6:6	6:0

この原因は先に述べたように、液体よりも粘土を取扱う機会が多いためと思われる。

年齢による上昇勾配は液体も粘土も同じであるが、形を変える時が最も勾配が大きく、分割するときがこれに次ぎ、石、豆を入れるときが最も小さい。

4・1・2 液体と粘土の場合の連関

液体による量の保存の概念と、粘土による量の保存の概念は全体的にみて、少しの年齢的ずれはあるが、ほぼ平行して発達しているようである。従って、液体と粘土とは材料が異なるのみで、同一の調査をしているように思われる。両者の連関を求めるために、代表的な「形の異なるコップの液体」と「石を包んだ粘土」による両者の4分割相関を求めれば $\phi=0.45$ である。従って、両者はかなりの連関があると考えてよいが、全く同一の内容であるとも考えられない。

4・1・3 男女差および地域差

発達の男女差は一般にはっきり現われない。代表的なコップの形の変化による液体の保存について、男女差を示したものが第9図である。女兒の方が男児よりも僅かに発達が早いように表われているが、調査者が僅少なので統計的な有意差は認められない。

発達の地域差については人数が少ないので小学生のみしかグラフ化していないが差が認められる。これらの差は郡部より都市部の方が粘土や液体を取扱う機会が多いことと、教育される機会が多いためと考えられる。

4・1・4 知能との相関

本調査の結果と知能との相関は、知能検査の資料が揃わないので、部分的にしか調べられない。「形の異なるコップの液体」の検査結果と知能との相関を附属幼稚園児で求めようとしたが、計算するまでもなく相関は全くなさそうである。2, 3年生になっても量の保存の概念の成立しない2, 3の者は知能偏差値が平均よりも低い。従って、特に著しい者を除いて、知能とは直接関係はないようである。むしろ、知能の高い子どもは、量の多少の表現を、水位や高さなどのある基準に照らして、積極的に表現する傾向が強い。

4・2 量の比較

4・2・1 量の比較の可能な時期

比較の方法には次のような方法がみられた。

長 　　　　　さ	面 　　　　　積
1. 単に目で見比べて判断するもの	1. 単に目で見比べて判断するもの
2. 手で2つを近づけるが単に並べるだけで判断するもの	2. 紙をできるだけ近づけて、目で見えて判断するもの
3. 両端をみるが一方を揃えないで判断するもの	3. 紙の1辺を合せて、1辺の長さで判断するもの
4. 一方を揃えて、他端で判断するもの	4. 2辺の長さを比較して判断するもの
5. 机の上に立てて、下端を揃え、高さで判断するもの	5. 2枚を重ねて判断するもの

最初の質問に対して、1、2の方法で比較した場合は、できるだけ手にもって比較するように適当に質問を発して、3～5の方法を用いるようにさせた。その結果、依然としてできないものもある。第9表の集計は4、5の方法を用いたものを正しい比較が可能なものと定義した。

長さ、面積とも比較する能力は調査した3～6才で急速に上昇している。長さの方が面積よりも0:6才発達の時期が早い。この上昇が終了する時期は調査範囲を超えているのではっきりしないが、長さは7才、面積は8才で80%が可能になるものと推定される。

4・2・2 保存の概念と比較の能力の関係

量の比較には量の保存の概念が大きく影響する。子どもは卓上に置かれた棒や紙を移動することによって、量が変化すると考えている者が多く、位置によって、大きさの指摘が異なってくる。このようなものは一応正しい比較は不可能ということにしているが、直感的な比較は可能であろう。先の量の保存の調査において、例えばスプーンを入れた液体の量を「同じ」と答えたものは量の保存を考慮しての比較であるが、「多い」と答えたものは、量として多いと答えたもの、量を高さとして考えて多いと答えたものの2種が考えられる。これらはいずれにしても長さとか体積とかの比較をしていることになる。しかし、低年齢児に多い「わからない」や無答は、長さとしても体積としても比較が全くできないものと考えられる。

4・3 結 　　論

1. 量の保存の概念の成立は次の条件で異なる。

- a. 材料が液体か粘土か。粘土の方が僅かに早い。
- b. 液体や粘土に物体を入れたときと形を変えたとき。形を変えたときの方が僅かに早い。

2. 量の保存の概念の成立の期間と成立する者の割合が50%になる時期

	成 立 の 期 間		50%の時期	
	液 体	粘 土	液体	粘土
石・豆を入れる	7:0~8:0~ ^才 10:0 (推定)	6:0~8:0~ ^才 9:0	8:0~8:6	6:6
形を変える	5:6~6:6~7:6	5:0~6:6~7:0	6:6	6:0
分割する	5:6~6:0~7:6	5:0~6:0~7:0	6:0~6:6	6:0

3. 量の保存の概念の成立の時期は男女差はほとんどない。地域差も認められない。知能指数にはほとんど相関はない。このことは教育効果の可能性を示している。

4. 量の直観的な比較は4才児でも約半数が可能で6:6~7:0才で90%の者が可能である。正しい量の比較の可能な者は、長さ、面積、体積等によって時期は異なるが4~8才で急速にその数が増加する。

お わ り に

量の保存の調査においては、低年令児の一部を除き、一応グラフをなめらかに画くのに十分な調査人員が確保でき、所期の成果が得られた。しかし、一部に調査範囲の9才児以上まで上昇が続いている内容があり、不十分な点がある。量の比較の調査においては、低年令児を対象としたため、調査に手間がかかり、十分な調査人員が確保できず、従ってグラフがなめらかでない。もっと広範囲な調査を必要とする。

今後は尺度を利用した測定による比較の方法の発達や、理科教育に必要な他の「量」概念の把握の実態について調査研究をすることにしていく。

最後に本研究の調査に積極的にご協力賜った下記の学校、幼稚園、保育所および担当教官各位に対し深く感謝の意を表したい。

松江市立 雑賀小学校 雑賀幼稚園 白濁幼稚園
 島根県邑智郡 吾郷小学校 乙原保育所 粕淵小学校 粕淵保育所
 ♪ 八束郡 片江小学校 片江保育所 佐香保育所
 ♪ 大原郡 木次保育所 大東保育園

参 考 文 献

- 1 井藤芳喜 “理科における子どもの量概念” 理科の教育 第17巻第9号 1968 (p.13)
- 2 井藤芳喜・佐川紀子・林 陽一郎・山田栄康 “理科における子どもの量概念の発達” 第19回日本理科教育学会中国支部大会 発表要項 1970 (p.23)
- 3 井藤芳喜・下前慶郎 “幼児の量の比較について” 第21回日本理科教育学会全国大会 発表要項 1971 (p.24)

- 4 ピアジェ (遠山啓・銀林浩・滝沢武久訳) 数の発達心理学 1962 (国土社)
- 5 ピアジェ・インヘルンダー (滝沢武久・銀林浩・訳) 量の発達心理学 1965 (国土社)
- 6 ブリアリィ・ヒッチフィールド (山内光哉訳) 幼児児童教育のためのピアジェ入門 1970 (川島書店)

要 約

子どもの量の保存の概念の成立と量の比較の可能性に関して、4才児から9才児までの多数の子どもの対象に調査し、これをグラフに記して平均的発達の状態を明確に示した。

量の保存に関しては、用いる材料や方法により、調査結果が異なるので、次のように材料や方法を変えて、子どもが量の保存を認めるか否かを調査した。

- a. 液体や粘土の中に、物体を入れて、見かけの量を多くする。
- b. 液体では形の異なる容器で、粘土では形を変えて、見かけの量を多くする。
- c. 液体や粘土を分割して数をふやし、量を多く見せかける。

量の比較に関しては次の2つの方法を用いた。

- a. 無造作に置いた長さの等しい棒を、積極的に手にとって比較させる。
- b. 面積の僅かに異なる長方形の紙の大きさを積極的に手にとって比較させる。

以上の調査内容を整理分析して、発達の期間やその状態をまとめた。主な分析結果は次のとおりである。

1. 量の保存に関しては、材料や方法によって多少異なるが、平均して発達の期間は5:6~8:0才である。また、50%の者がこの概念を獲得する年齢は、液体に物体を入れる場合が8:0~8:6才で、その他は6:0~6:6才である。
2. 保存の概念の成立の時期について男女差はない。地域差は認められる。知能との相関はほとんどない。
3. 量の比較の可能な時期は、直観的な比較については4才で50%位可能であり、6:6~7:0才で90%に達する。正しい量の比較が可能な者は4~8才で急速にその数が増加する。

Summary

FORMING OF THE CONCEPT OF QUANTITY AND THE DEVELOPMENT OF COMPARISON ABILITY IN CHILDREN

by yoshiki ITOH

We had a study on the construction of the concept of the conservation of quantity and the possibility of comparison in a large number of children between the ages 4 to 9. We made the status of mean development clear by using graphs concerning the findings.

In regard to the conservation of volume, there were differences in the data depending on the material and methods used. We made a study to find out if the children recognized the conservation of volume or not by changing the material or methods used as follows :

- a. Putting some matter in the liquid or clay and making them look larger in volume.
- b. In using liquid, by changing the shape of the container, and in clay, by changing the shape, thus making them look larger in volume.
- c. By dividing the liquid or clay and increasing them in number and making them look larger in volume.

We used the following two methods in the comparison of quantities :

- a. Laying at random two sticks of the same length on the desk and letting the children compare the sticks with their own hands.
- b. Letting them compare two slightly different sized paper.

We consolidated and analyzed the above data and made our major conclusion concerning the period of development and status as follows :

1. By the different materials and methods used, there were slight difference in the conservation of volume.

On the average, the developing period of the children was 5:6~8:0 years of age. The age of the children that was able to understand the concept when some matter was put into the liquid was 8:0~8:6 years of age, indicating 50% of the children studied, and for the other cases it was 6:0~6:6 years,

2. There was no difference between male and female on the period of development on the concept of conservation but we found there was a difference between urban and rural and little correlation in intelligence.
3. Approximately 50% of the 4 years old children were able to intuitively make comparison on the volume and it reached 90% when the age came to 6:6~7:0. The number of children who were able to make accurate comparison of the volume increased sharply from age 4~8.

付表 1

量 の 保 存	
1	ア. さじを入れたこっぶのじゅーすは 1. たかい 2. ふえる 3. おおい 4. おおきい 5. おなじ 6. わからない イ. さじを入れたじゅーすは 1. おおい 2. すくない 3. おなじ 4. わからない ウ. さじをとったこっぶのじゅーすは, 以下回答らん省略
2	ア. せのたかいこっぶは イ. もとにもどしたこっぶのじゅーすは
3	せのたかいこっぶのじゅーすは
4	まめをいれたこっぶのじゅーすは
5	ア. 3つのこっぶぜんぶのじゅーすは イ. もとにもどしたこっぶのじゅーすは
6	ア. いしをいれたねんどは イ. いしをとればねんどは
7	ちぎったほうのねんどは
8	ちawanのかたちのねんどは
9	5つのねんどぜんぶは

付表 2

(A) 長さ	(B) 面積
I どちらの棒が長いですか (1)すぐに並べて比較 (2)Tの上 (3)Tの下 (4)同じ (5)わからない (6)無答	I どちらの色紙が大きいですか (1)すぐに比較 (2)長方形 (3)正方形 (4)同 じ (5)わからない (6)無答
II どうしたら……しらべてごらん (1)見ただけでわかるという (2)単に並べる だけ (3)一端を合せる (4)両端を合せる 正 (5)同上 誤 (6)机上に立てて 正 (7)同上 誤 (8)わからない (9)無答	II どうしたら……しらべてごらん (1)見ただけでわかるという (2)重ねる, く らべるという (3)一辺の長さ (4)手にもっ て眺める (5)重ねて正しく (6)重ねて誤 (7)わからない (8)無答
III 手にもってしらべてごらん (1)単に並べるだけ (2)一端を合せる (3)両 端を合せる 正 (4)同上 誤 (5)机上に立 てて 正 (6)同上 誤 (7)持って眺める (8)持たない (9)始めの考えを主張	III 手にもってしらべてごらん (1)一辺の長さで (2)持って眺める (3)重ね て正 (4)同上誤 (5)もたない (6)始めの考 えを主張