

子どもの重量概念の形成について(その1)

—位置による重量の変化—

井 藤 芳 喜* 川 原 寄 人**

Yoshiki ITOH and Yorihito KAWAHARA : Forming of the Concept of the Weight in Children (Part 1). Variance of Weight by the Position

Abstract : We had a study on the various thinking of weight in children and found out that some children did not construct the concept of the conservation of weight by the height. We had possible training for construct these concept and had study these effectiveness. After this studies we identified that the concept of the conservation of weight by the height developed between the ages of 5-9 years and at 9 years, about 80% of them had acired an understanding of concept. In 5 years old children we found out that they were able to develop this concept of weight when trained in this direction. It seem effective to deep the interest and concern when they use the platform scales in their training.

I 研究の背景および目的

子どもの科学教育の必要性やその可能性を論ずるにあたっては、まず子どもの自然に関する基礎的概念の確立の状態や、この概念を確立する過程を認識しなければならない。この目的のためにわれわれは数年来、子どもの量についての認識と量の保存の概念について調査し、その概念の形成された子どもの割合の年令の変化や、大多数の子どもが量保存の概念が成立したと考えられる時期などを調査してきた。*1 ここで取り扱った量とは主として空間的量で、長さ、面積、体積であるが、物理的量はこの他に、時間的量としての時間、時間空間を組合せた速度、加速度等、感覚量から派生した重量、温度等、さらに抽象的な量として質量、電気量等が考えられる。今回の研究はその内容を重量に限定した。重量を取扱った理由は、重量が物理的量の基本である質量の概念を導くための基本的量に相当するからである。*2

これまでの研究では、幼児から小学校児童までの重量に関する様々な考え方を調査してきている。すなわち、幼児に関しては重量に対する興味・関心の程度、重量に関する誤った考え方や重量の保存の概念の形成の時期の調査、さらに正しい重量概念を形成するための教育法の研究であり、小学校児童に関しては重量に対する種々の誤った考え方の調査である。これらのうち後半の調査は現在のところデータが不十分なため省略し、今回は前半の幼児を対象とした研

*, **島根大学教育学部理科教育研究室

究について、これまで得られた結果を報告する。

重量の保存に関する子どもの考え方については、一般的な量の保存の概念と同様に、ピアジェやインヘルダーなどによって研究されている。これによると、重量概念の形式の時期は一般的に平均10～12歳であり、それ以前の子どもには重さの正しい判断は困難と考えられてきている。^{*3～5}しかし、ブルーナーは効果的な教育を行うことによって、早期に形成させることが可能なことを示しており、わが国においてもすでに部分的な実践の報告もなされている。^{*6,7}

われわれの研究では、子どもの重量に対する興味・関心を調査するとともに、重量保存の概念の形成の実態とその教育効果を調査した。重量保存の概念については、以前調査した一般的な量保存の概念の成立と同様に、その平均的発達の実態を年令的にグラフに表し、この時期を明確にしたことに特徴がある。またこの調査の結果、効果的と思われる時期に教育を施し、重量に対する正しい概念形式の時期が早められることを研究した。

II 調査の内容および方法

2.1 調査内容および方法

2.1.1 子どもの重量に対する興味・関心

5歳の幼稚園児を対象に「台ばかり」を教材にした保育を実施する。まず数個の台ばかりを子どもの目につき易い場所に置き、これを見つけた子どもの引き起こす行動を観察する。子どもの要求に応じて、台ばかりの数を追加してやる。10個くらいまでとなる。子どものもっとも興味を示す積木を重さをはかる材料にして保育を継続する。第1日目は教師は特別な指示は与えない。第2日目も同様な遊びを繰返すが、教師や協力者が子どもに適当な質問を行って、子どもの重量に対する考え方を確かめる。まず子どもの考え方には、積木を高く積めば同量を低く積んだときよりも重いと考えているものがあることを確かめる。これらの子ども達には、台ばかりを用いて、高く積んでも低く並べても、同じ重量（はかりの針の位置）であることを個人的に指導する。第3日目は興味を示す子どもが少し入れ替ったので、任意に遊ばせながら同様の指導を行う。

以上の保育の間に教師を含む6名の観察者により、子どもの行動や発言を記録し、後刻これを分析して、子どもの重量に対する考え方の実態を知る。

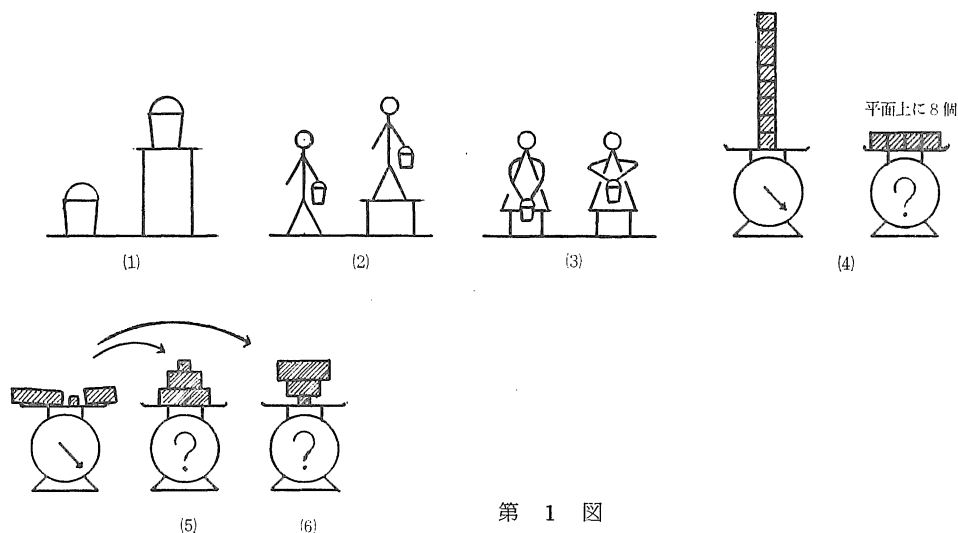
2.1.2 子どもの位置による重量の変化の考え方

前節の調査の結果から、同一の物体でも高低により重量が異なると考えている実態がある程度判明したので、これをもとに子どもの実態を調査した。調査内容は、高所の物体と低所の同一物体の重量の差と、垂直に重ねた積木とこれを水平に並べた積木の重量の差を求めさせたものである。この他に、台ばかりの針の位置と感覚的重さの関係、分割による重量保存の考え方なども加えた。

調査方法は、5歳児については1対1の面接法を用い、1～3年生については教卓で演示を行ない、その回答はレスポンスアナライザーにより、処理はコンピュータで行なった。なお、5歳児の調査は次節で述べる教育効果の研究と兼ねて実施した。

調査内容は次のとおりである。

1. 図1-(1)のように、同じ重さのバケツを床上に置いたときと、机の上に置いたときとで、どちらを重いと表現するか。
2. 図1-(2)のように、同じ重さのバケツを床上で持ったときと、台の上で持ったときとで、どちらを重いと表現するか。
3. 図1-(3)のように、同じ重さのバケツを手を伸ばして持ったときと、手を屈げて持ったときとで、どちらを重い(重たい)と表現するか。このとき、ほんとうにバケツが重くなったと考えているか。
4. 図1-(4)のように、高く積み上げた積木を平面的にのせかえたとき、針の位置(あらかじめ重さと針の位置の機械的關係は確かめさせてある。)は、どうなると考えているか。
5. 平面的に並べた積木を、図1-(5),(6)のように、積み重ねたとき、針の位置はどうなると考えているか。



第 1 図

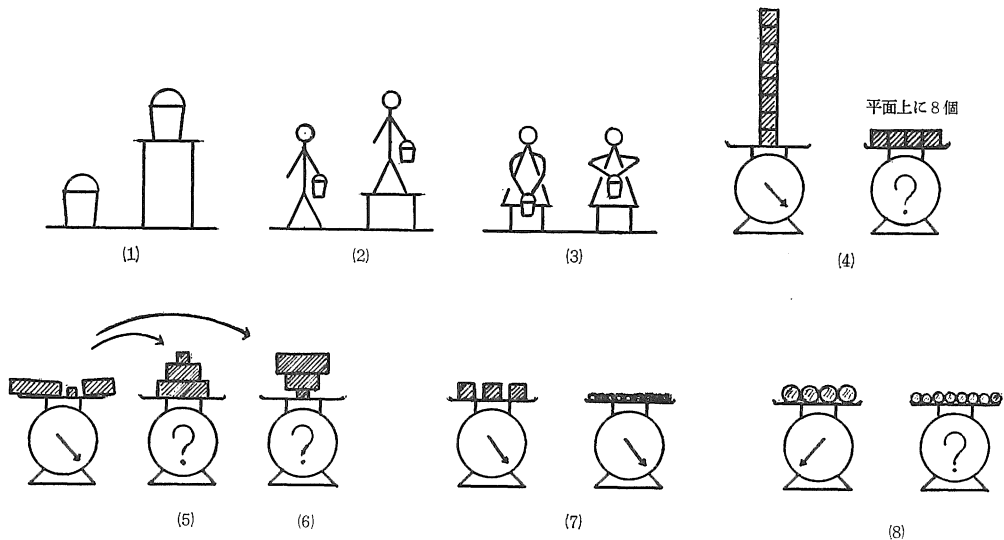
2.1.3 台ばかりの使用による教育効果

台ばかりを使用して自由に遊ばせ、その間に高低の位置による重量の保存について指導する。3日間の保育で台ばかりについての興味がうすれてきたので指導を打ち切り、春休みを含んだ約1カ月後に、これらの保育を実施しない統制学級とともに、後述の内容の事後調査を行い、教育効果を検討する。調査方法は実技を伴う個人面接法で、最後の調査が終了するまでは正しい

答は示さない。

調査内容をまとめたものは次のとおりである。

1. 図2-①のように、机上のバケツと床上のバケツはどちらが重いか（初めに床上に二つの水または積木の入ったバケツを置き、同じ重さであることを確認しておく）
2. 図2-②のように、同じバケツを床上で持ったときと、台上で持ったときとではどちらが重いか。
3. 図2-③のように、手を伸ばして持ったバケツよりも、手を屈げて持ったときの方が重く感じるが、バケツがほんとうに重くなっているか。
4. 図2-④のように、高く積み重ねた積木を低く平面に並べたら、針の示す位置はどうなるか。
5. 図2-⑤のように、平面に並べた積木を下から大中小と重ねたら、針の示す位置はどうなるか。
6. 図2-⑥のように、平面に並べた積木を下から小中大と重ねたら、針の示す位置はどうなるか。
7. 図2-⑦のように、大きい積木3個と小さい積木9個で針は同じ位置を示している。これを手に持ったとき、どちらが重いか。
8. 図2-⑧のように、大きい粘土のだんご4個を小さい粘土8個にしたら、針の位置はどうなるか。



第 2 図

2.1.4 高低による重量保存の概念の育成

事前調査を実施した後、台ばかりに積木をのせ、高く重ねても横に並べても重量（針の示す

位置)は変わらないことを、後述のようないろいろな方法で指導し経験させる。各内容ごとに、初めは正しい答を示さず、子どもに回答させ、その後正しい値をはかりの針の位置で確認させる。子どもの反応を記録し、後刻これを分析する。指導の後は事後調査を行い、指導の効果を検討する。

指導および調査の内容は次のとおりである。

a. 事前調査

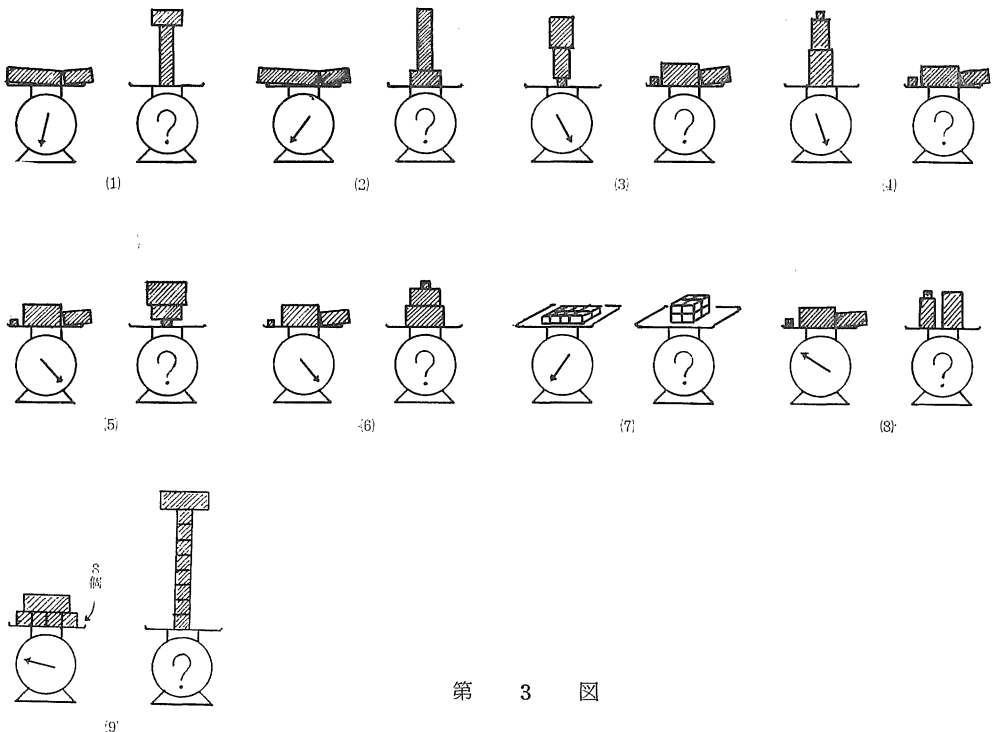
1. 机上のバケツと床上のバケツはどちらが重いか (図2—(1)と同じ)
2. 平面に並べた積木を高く積み重ねると針のさす位置はどうなるか。(図2—(4)と類似)

b. 指導の反応の記録

図3—(1)~(8)のように、台ばかりの上に平面的に並べた積木を高く積み上げても、その逆にしても、重さ(針の示す位置)は変わらないということを順次経験させ、その反応を記録する。

c. 事後調査

1. 同じバケツを床でもったときと、台上でもったときとはどちらが重いか。(図2—(2)と同じ)
2. 図3—(9)のように、平面上に並べた小さい積木と大きい積木を、大きい積木を上にして高く積み重ねたとき、針のさす位置はどうなるか。



第 3 図

2.2 調査の対象および時期

調査対象および時期は下記のとおりである。

	5 歳 児	1 年	2 年	3 年	計
松 江 市 内	一名	45名	42名	52名	139名
安 来 市 内	33	—	—	—	33
大 学 附 属 校	67	39	39	—	145
計	100	84	81	52	317

調査1	保育による実態調査	指導期間	昭和48年3月8～10日	附属幼稚園
	〃	事後調査	昭和48年4月11～12日	〃
調査2	実態調査		昭和48年7月上旬～中旬	小学校
調査3	指導およびその効果		昭和48年7月24日	保育所

III 調査の結果と考察

3.1 子どもの重量に対する興味・関心

台ばかりを与えると非常に興味を覚え、直ちにいろいろな物体をのせてみる。針の位置が物体の大きさに関係することは直ぐに気付く。次に積木を高く高く積み上げようとする。問答の結果、大多数の子どもは高く積み重ねることにより、針を多く振らせようとしていることがわかる。すなわち、垂直に重ねる方が水平に並べるよりも重くなると考えている。針の目盛が読める子どもは少数しかいないが、目盛をもとにして、大小の比較をすることができる。

台ばかりを使用した保育は3日間継続するが、3日までで一応満足し、他の遊びに移行するようである。

3.2 位置による重量の変化の考え方

前章で説明した調査結果は第1表に示すとおりで、これを年令を横軸にとってグラフに示せば第4図のとおりである。

考 察

1. 図4—(1)(2)からわかるように、高所の物体が低所の物体よりも重いと考えている子どもは、5歳で約50%であるが、8歳までにしだいに減り、代わって、「同じ重さである」と考えているものが増え、8歳では調査1で約60%、調査2で約40%を示している。

図4—(3)では「同じである」とするものが、15%から40%に増えているが、「上が重くなる」と考えているものも、20%から50%へと増えているのは、注目に値する。

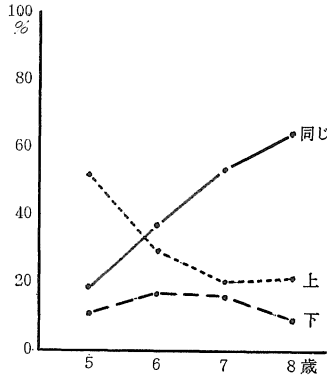
一般に、低年令では、高所にある物体ほど重いと考えているが、年令の進むにつれて、しだいに「変わらない」という正しい概念に確立されてくる。しかし一方では、物体を高所にあげ

第1表 子どもの重量保存の考え方

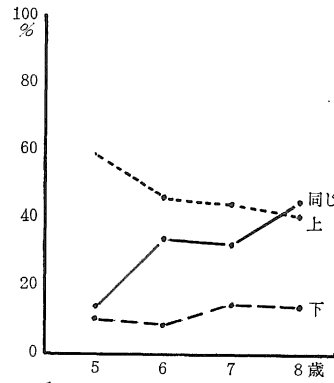
調査	年齢	上	下	同じ	わからない	その他	計
		人 (%)	人 (%)	人 (%)	人 (%)	人 (%)	人
1	5	52 (52)	11 (11)	18 (18)	16 (16)	3 (3)	100
	6	24 (29)	14 (17)	31 (37)	15 (18)	—	84
	7	16 (20)	13 (16)	43 (53)	9 (11)	—	81
	8	11 (21)	4 (8)	33 (63)	3 (6)	1 (2)	52
2	5	39 (58)	7 (10)	9 (13)	12 (18)	—	67
	6	39 (46)	7 (8)	28 (33)	9 (11)	1 (1)	84
	7	35 (43)	11 (14)	26 (32)	9 (11)	—	81
	8	21 (40)	7 (13)	23 (44)	1 (2)	—	52
3	5	15 (22)	2 (3)	9 (13)	32 (48)	9 (13)	67
	6	33 (39)	9 (11)	18 (21)	24 (29)	—	84
	7	36 (44)	9 (11)	18 (22)	18 (22)	—	81
	8	27 (52)	1 (2)	22 (42)	2 (4)	—	52
		重い	軽い	同じ	わからない	その他	計
4	5	8 (11)	37 (51)	19 (26)	6 (8)	2 (3)	72
	6	27 (32)	12 (14)	33 (39)	12 (14)	—	84
	7	9 (11)	16 (20)	45 (56)	11 (14)	—	81
	8	13 (25)	5 (10)	31 (60)	3 (6)	—	52
5	5	11 (28)	9 (23)	18 (46)	—	1 (3)	39
	6	29 (35)	14 (17)	31 (37)	10 (12)	—	84
	7	23 (28)	7 (9)	46 (57)	5 (6)	—	81
	8	14 (27)	7 (13)	28 (54)	3 (6)	—	52
6	5	33 (46)	10 (14)	21 (29)	2 (3)	6 (8)	72
	6	28 (33)	16 (19)	29 (35)	11 (13)	—	84
	7	19 (23)	11 (14)	46 (57)	5 (6)	—	81
	8	11 (21)	7 (13)	33 (63)	1 (2)	—	52

ると力が必要なので、上の物体が重くなるという感覚的な考え方が、相変わらずぬけきらないようである。さらに年齢が進むにつれて、この割合がどう変わっていくかが、今後の研究の課題である。

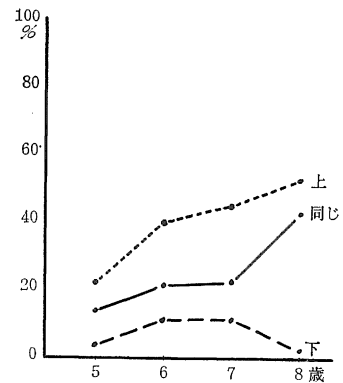
- 調査4では、調査1とほぼ同様に、「高く積むと重くなる」と考えている子どもが、5歳児で約50%「同じ重さ」と考えている子どもは、約30%であるが、6歳児になると、それが逆になっている。調査5—6も、割合は異なるが、調査4とほぼ同様な傾向がみられる。
- 量保存の概念が確実に成立している場合には、6項目全部に正しく反応する筈であるが、その人数は僅かである。



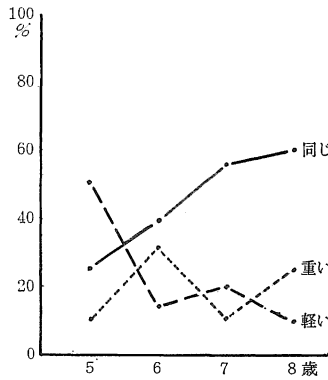
第4図-1



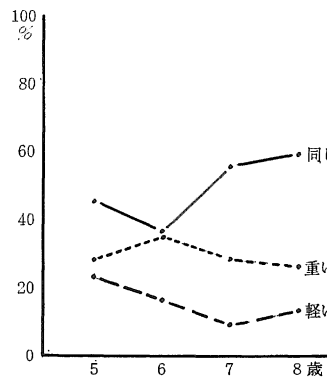
第4図-2



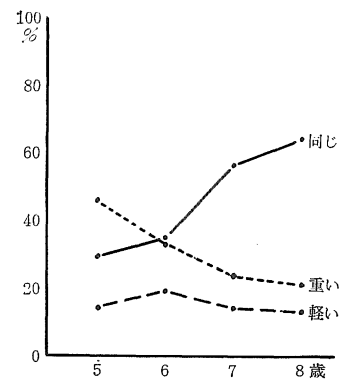
第4図-3



第4図-4



第4図-5



第4図-6

3.3 台ばかりの使用による教育効果

前章で説明した調査結果は第2表に示すとおりである。

第2表 台ばかりの使用による重量概念の育成 (終末調査)

調査内容		1	2	3	4	5	6	7	8
反応	同じ	同	同	変	同	同	同	A	多
	わから	下	下	わ	少	少	少	同	同
学級(人数)	人数	18 1 4 4	17 4 2 5	5 6 16	13 8 7 0	15 4 9 0	8 6 14 0	2 9 17 0	23 3 1 0
	%	64 4 14 14	61 14 7 18	18 21 57	46 29 25 0	54 14 32 0	29 21 50 0	7 32 61 0	82 11 4 0
統制学級	人数	18 5 9 7	22 3 7 7	12 4 23	12 18 7 2	18 7 11 0	12 4 18 1	3 5 28 3	20 14 4 1
	%	46 13 23 18	56 8 18 18	31 10 59	31 46 18 5	46 23 28 0	31 10 46 3	8 13 72 8	51 36 10 3
計	人数	36 6 13 11	39 7 9 12	17 10 39	25 26 14 2	33 13 20 0	20 10 32 1	5 14 45 3	43 17 5 1
	%	54 9 19 16	58 10 15 18	35 15 58	37 39 21 3	49 19 30 0	30 15 48 1	7 21 67 4	64 25 7 1

考 察

正しい重量概念が形成されていると思われるものの人数の割合が統制学級に比べて特に多い項目は(3)と(7)を除いては見当たらない。逆に統制学級の方が多い項目がある。(3)と(7)とは保育によって直接訓練した事柄との関連は少ない。(4)と(5)において僅かに実験学級の方が多いが有意差はない。これは、教育実験の状態が対等でなかったことによるものと思われる。(対等であることを検定するための事前調査は教育効果をもたらすので実施していない。)しかし、主な原因は幼児にとって、この程度の経験では有意差が現われる程度の教育効果が期待できなかったものと考えられる。また一方では、子どもの重量に対する誤った観念が異常に強いということも考えられる。すなわち、指導の時点においては、高低に関係した重量の保存の概念が確立したかに思われた幾人かの子どもも、一カ月後の終末調査では再び旧に復して、正しい反応が示されなかったものと思われる。

3.4 高低による重量保存の概念の育成

前章で説明した結果をまとめたものは次のように分類できる。

- A. 事前調査の段階ですでに理解している者。(以下の調査でも正しい反応を示す) 3名(9%)
- B. 指導の過程で理解できた者、すなわち、指導可能の者。 13名(39%)
- C. 指導の過程では理解できなかったが、時間をかければいずれ理解できるとと思われる者。 6名(18%)
- D. 現在の年齢では理解が困難と思われる者。(重さの意味のわからぬ者を含む) 8名(24%)
- E. 調査不能の者。(質問の意味がわからない) 3名(9%)

考 察

1人平均10分間の指導調査の結果 13名(39%)の者が一応高低による重量保存の概念が理解できたとみることができ、これをさらに分類すれば次のようである。

第3表 指導効果

指導段階	途中での曲折			計
	0回	1回	2回	
0	1	—	—	1
1	2	—	—	2
2	2	2	1	5
3	—	1	1	2
4	1	—	—	1
5	—	—	—	—
6	—	—	—	—
7	2	—	—	2

第3表は指導の段階と理解者の数を示したものである。例えば図3—(3)に示す第2の指導段階で正しく理解できた者は5名であるが、このうち2名は以後の段階でも正しく回答できているが、別の2名の者は以後の指導で1回、1名のみは2回の誤答をしている。13名中11名までは、第4の段階で理解できているとみなすことができる。

事後調査のバケツの問題は積木の問題とは異質なので、理解されていない。僅かに3名（9%）の者が正しく理解しているが、このうち2名は事前調査でも正しく回答している。このことから、積木とバケツとは子どもにとっては全く別のもので、位置による保存の概念の指導も全く別に考えなければならない。

この調査の間の指導のみで、積木などの高低による量の保存の概念が成立したとはいえないが、教育の可能性は認められる。D、Eのレベルの子どもには、指導効果を期待することはできないが、台ばかりを使用して、重さの経験を得ることができる。

IV 結 論

1. 台ばかりを5歳児の保育に使用することは、子どもに重量に対する興味・関心を高めるために有効である。子どもははかりを用いて、重さの大小を比較することができる。

2. 子どもは高低によって、重量が変化し、高所の物体が低所の物体よりも重いと考えている。重量の保存の概念は子どもによって異なるが、5～9歳で完成され、9歳で約80%の者が正しい保存の概念が成立している。この時期は数年前に調査した容器の形の変化による量（体積）の保存の概念の確立の時期と大体一致している。

3. 教育により、高低による重量保存の時期を早めることができる。しかし、ただ1度や2度の指導ではなく、時期や材料を異にした。繰返しの根気ある指導が必要である。

4. 台ばかりを使用した重量保存の概念の指導は、幼稚園（保育所）5歳児（4月現在）では十分できない者がかなりある。したがって、5歳児、小学校での指導の効果が期待できる。

お わ り に

本研究では主として重量の保存の概念についての研究結果を報告した。今回の一連の研究では、小学校児童の一般的重量の様々な考え方についても調査しており、この結果は資料が不十分なので報告していない。今後はこれらの資料を十分に示して、子どもの重量に関する誤った考え方を明確にすると同時に、正しい重量概念形成への教育効果を研究するつもりである。

本研究は昭和46—48年度文部省科学研究費（特定研究）の補助による研究である。また、次の方々の共同研究によって得られたデータを著者の考察によってまとめたものである。

島根大学教育学部附属幼稚園	教 頭	大 西	勝
〃	教 諭	永 島	千 恵
島 根 大 学 教 育 学 部	学 生	岩 成	信 子
〃	〃	加 本	淳 夫
〃	〃	山 本	広 江

最後に本研究のためにご協力下さった小学校、幼稚園、保育所等の各位に対し深く感謝の意を表する。

昭和48年9月10日提出

要 約

子どもの重量に対するいろいろな考え方を調査したところ、幼児の中には物体の高低の位置による重量保存の概念が成立していない子どもがかなり発見されたので、この実態を調査した。次にこれらの子ども達に、これらの概念の育成が可能と思われる指導を行い、その効果を調べた。その結果、次のことが判明した。高低による重量保存の概念は5～9歳で発達し、9歳で約80%の者に正しい保存の概念が成立している。5歳児には、この概念を得させるための教育効果がある程度認められる。5歳児の保育に台ばかりを使用することは、重量に対する興味・関心を高めるのに有効である。

参 考 文 献

1. 井藤芳喜「子どもの量概念の形成と比較能力の発達、島根大学教育学部紀要（教育科学）5, 109 (1971)
2. 井藤芳喜「理科における子どもの量概念、理科の教育 17 (9) 13 (1969)
3. 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）
4. ピアジェ・インヘルダー（滝沢武久・銀林浩訳）量の発達心理学 1965（国土社）
5. 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）
6. J. S. ブルーナー（鈴木祥蔵・佐藤三郎訳）教育の過程 1963（岩波書店）
7. 平野勝敏「子どもの科学的概念の発達 1969（明治図書）」