

水平性概念の獲得に関する発達的研究

東京大学

秋山道彦

問題

Piaget, J. ら (1948) は「空間概念の発達は知覚的水準と思考または操作の水準でおこなわれる過程である」という理論に基づき、トポロジカルな空間からユークリッド空間にいたる子どもの空間概念の発達を論じた。そのなかで水平とか垂直という座標軸が子どもに形成されていく過程が実験的に研究された。その具体的な方法を子どももっている水平軸を測定する方法についてのみ次に述べておく。2つの細口ビンが子どもに示される。ひとつは側面が平行になっているビンで、もうひとつはフラスコ状のビンである。このなかに水を $\frac{1}{2}$ ほど入れ、ビンをかたむけたとき水がどこにくるかをいわせ、水面を指で示すように教示される。5才以上の子どもに対しては、ビンの様々にかたむいた絵が与えられ、水の間所を描くように教示される。描画のあとで理由を聞き、水のはいったビンを実際にかたむけて観察する実験の結果と描画を比較させ修正させる。以上が Piaget, J. らの基本的な実験方法である。結果は水平軸を獲得する段階が I から III に大きく分類された。段階 I では水平性概念が全く獲得されていない段階で、ビンのなかにまるいボールのようなものを描く程度である。段階 II では外的な枠組のシステムによるよりもむしろ表象された特殊なかたちによって水面が描かれる。そして段階 III に移行するにしたがって次第に安定した準拠枠に水面を関係づけられるようになり、さらに形式的操作の段階にいたってはじめて真の安定した準拠枠が発達すると述べている。Piaget, J. らは、この種の概念発達がこれほどひきのばされるのは操作の発達を前提としているためであり、したがって座標軸の形成されていない子どもにとって水面の観察は効果的でないと考えた。

Piaget, J. らの実験の追試的研究と、上記の課題についての観察の効果に関する実験が、Smedslund, J. (1963); 清水美智子(1966); Beilin, H. et al (1967) らによってなされた。Smedslund, J. は Piaget, J. らの実験を

より組織的・客観的に追試し、観察に先立つ前テストで正しい描画のないほとんどの被験者は観察の効果がなく、少しでも水平性概念をもっている被験者では効果があると報告している。清水は Smedslund, J. の追試をおこない、観察の効果のある時期として精神年齢 5:10~6:11 を指摘した。Beilin, H. et al の研究は、水面表象の形成に言語的訓練と知覚的訓練が独立に効果をおよぼすという立場にたっているという点で、Piaget, J. とは異なった理論的立場から出発している。

本研究は以上の諸研究の成果に基づき、さらに子どもに座標軸が獲得・形成されていく過程を水平性概念に関して明らかにすることを目的として進められた。方法は基本的には Piaget, J. らの方法によるが、若干の改良が試みられている。本論文でいう水平性の概念の獲得とは、水を入れた容器のなかの水面は容器の傾斜角・容器の形状・容器をのせている台の傾斜角がどうであっても、たいらな台に平行な水面を保つという考え方を獲得し図で示された容器のなかに正しい水面を描くことができたことをさす。

本論文は水面の水平性概念の獲得過程をしらべる横断的研究と実験教育的研究の2つの部分からなる。横断的研究は子どもの概念発達の法則性をとらえることのできる問題の作成の段階と、作成された問題による調査の段階にわかれ、前者は第1実験、後者は第2実験を構成する。実験教育的研究は第2実験で得られた発達の法則性に関する資料をもとに作成されたカリキュラムによって子どもに実験教育をおこない、発達の過程を個々の子どもにおいて研究することを目的とする。これは第3実験を構成する。

第1実験

目的：水平性概念の発達段階を測定できる問題を作成し、同時に概念獲得のおよその年齢的対応を調査し第2実験の被験者の年齢を定めるための資料を得ること。

方法：被験者は小学校4年と6年の2クラス全員85名

Table 1 小学校4年生と6年生の問題別正反応数の総計 N=85

項目 傾斜角 形状	1	2	3	4	5	6	7	8	合計
	22.5°	45.0°	67.5°	90.0°	112.5°	135.0°	157.5°	180.0°	
イ	54	51	51	65	51	51	50	78	451
ロ	54	49	48	70	47	43	43	75	426
ハ	56	49	36	71	37	36	37	76	398
ニ	35	30	28	30	28	25	27	39	242
ホ	43	28	23	23	20	22	20	49	228

の生徒である。使用した問題用紙には、台の上に容器が正立から 22.5° ずつの傾斜角で変化して逆立まで描かれている。1枚目の用紙にはたいらな台に角状・フラスコ状・球状の容器が、2枚目の用紙には 22.5° 傾斜した台に角状・球状の容器がこの順に描かれている。すなわち 5種類の問題系列があり、容器の傾斜角によって 9種類に変化するの合計 45題の問題となる。教示は次のようにする。「この絵は机の上にビンののっている絵です。このビンに水を半分ぐらい入れました。どのビンにも栓をしました。左のまっすぐなビンをだんだんおしていったらなかの水はどうなりますか、絵でかいて下さい」ただし台が傾斜している問題については、「こんどはビンののっている台がかたむいていますね」と確認する。以下同様。実験は 1967年 9月におこなわれた。

結果：正反応率の高い順に各問題の正反応数を Table 1 に示す。正反応数とは、水面を水平に描いた被験者数である。ただし容器が正立の場合は正反応を予想して集計はおこなわなかった。

各系列の問題を Table 1 に示したように仮にイ系列・ロ系列・ハ系列などとし、まず最も易しい問題イ系列を水平性概念の獲得を測定できる問題として選択し、次に反応数においてイ系列と差のある系列を選択する。ニ・ホ系列は正反応数が低くひとつのグループをなす。したがってロ・ハ系列でイ系列と 4つの項目 3, 4, 6, 7 で正反応数に差のある (χ^2 検定 $P=0.05$) ハ系列を選択する。次にハ系列と正反応数においてすべての項目で差のある (χ^2 検定 $P=0.05$) ホ系列を選択する。したがって水平性概念の発達を測定できる問題としてイ・ハ・ホ系列が選択された。これをあらたに a・b・c 系列と名づける。

Table 1 よりホ系列の正反応数の合計は 228 で 33.5% の正反応率であるから、第 2 実験の被験者の範囲は中学

Table 2

変化次元	値の数	値
容器の形状	2	球状, 角状
容器の傾斜角	9	0°~180° まで 22.5° 毎に変化する
栓の位置		
台の傾斜の有無	2	たいらな台, 傾き 225° の台

生にまで拡げるべきであると考えた。

分析の視点：ここでは a・b・c 系列の問題がなぜ相対的に難易度が異なっているのかを考察し、結果の解釈のためのより客観的な規準を設定する。

各問題の難易度は問題そのものに含まれる手がかりの性質によってある程度きまってくる。a・b・c 系列の各問題は 4つの変化次元上の値により記述される。変化次元、値の数および値は Table 2 に示す通りである。

変化次元上の値はそれぞれが他の次元の値と従属的または独立的に、正反応を導く手がかり(適応の手がかり)、誤反応を導く手がかり(非適応の手がかり)、どのような反応も導かない手がかりとなる。そこで各問題に含まれる変化次元の値を検討してみると、各系列で容器の正立の場合が、容器の傾斜角・栓の位置ともに適応の手がかりとなり、最も正反応を導きやすい問題となる。b 系列では容器が角状であるために、傾斜角 0°, 180°, 90° の場合、たいらな台と平行な容器の栓が適応の手がかりとなり、その他の変化次元との関係でこの順に正反応を導きやすい問題となる。その他の傾斜角の場合は容器の傾斜角が一樣に非適応の手がかりとなる。c 系列は b 系列にくらべ、たいらな台が傾いた台におきかわっている点だけが変化し、したがって一樣に非適応の手がかりが増加している。

これらの規準は、4種類の手がかりを処理する被験者の心理活動（どの手がかりが優位であるか）との関連で考察されねばならない。たとえば被験者が水面を容器の枠に関係づけようとするれば、c系列で容器の傾斜角 0° 、 180° 、 90° の場合は、非適応の手がかりがb系列よりも多いにもかかわらず、正反応をより多く導くことになる。Table 1に示された結果を検討すると、イ・ハ系列（a・b系列）の傾斜角 90° 、 180° の場合に正反応数の増加がみられ、その他の傾斜角の場合は一様に正反応数が少なくなっている。ホ系列（c系列）では傾斜角 90° の場合に正反応数の増加がみられず、傾斜した台のもつ非適応の手がかりの影響の強さが観察される。また傾斜角 180° の場合はある程度の正反応数の増加がみられ、これらの被験者が傾斜した台に水面を関係づける傾向と容器の内部に関係づける傾向をふくんでいいると考えられる。

発達段階の設定：ここでは選択されたa・b・c各系列の問題によってどのように発達段階を定めるかを検討する。まずa・b・c各系列の難易度が異なるのだから操作的に、全系列誤反応の段階、a系列のみ正反応の段階、b系列まで正反応の段階等が設定される。さらに全系列誤反応の段階のうち、水面を容器の枠に平行に描く段階を区別した。

第 2 実 験

目的：水面の水平性概念の発達の現象を横断的に調査・研究し、発達の法則をひき出すことを目的とする。発達の法則性とは、被験者が概念を獲得していくときにたどる年齢との関連における一定の方向、一般的な獲得の様式、概念獲得の各水準にいる被験者の共通の特性相互の関連性を意味する。したがって発達の法則性は年齢発達の視点と概念発達の視点から導き出される。

方法：被験者は小学校1年生より隔学年で6年生まで、および中学校1年生・3年生の合計413名である。使用した検査用紙には1枚目にa・b系列の問題が、2枚目にc系列の問題が印刷されている(Fig. 1参照)。教示のしかたは第1実験のそれと基本的に同じであるが、容器と台を提示する点、問題用紙と同じ絵が描かれている模造紙大の見本を提示する点などが改善されている。

結果：最初に結果を記述する際用の用語の定義、正反応の基準について説明する。容器の傾斜角が 0° より 22.5° ずつ変化し 180° までの9種類であるが、これを順に1, 2, …, 9項目と名づけ個々の問題を(a-1), (b-5)などとあらわす。ここで(b-5)とはたいらな台の上眼角状の容器が傾斜角 90° でのもっている問題を示している。たいらな台に対して $\pm 7^\circ$ の傾斜角の範囲で描かれた水面を正反応とし1点を与え、他を0点とした。Table

Table 3 学 年 別 正 反 応 数

学年と 被験者数	項目 傾斜角 系列	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1~9項目 での平均 正反応率
		0°	22.5°	45.0°	67.5°	90.0°	112.5°	135.0°	157.5°	180.0°	
小 1 N=72	a	69	28	30	29	35	31	30	31	54	52.0
	b	69	26	22	22	54	24	22	27	61	50.5
	c	59	22	12	6	9	5	6	6	46	26.4
小 3 N=91	a	90	61	59	68	81	67	62	63	90	78.3
	b	89	47	48	42	80	46	38	42	87	63.4
	c	85	41	37	17	26	20	17	18	66	39.8
小 5 N=82	a	82	72	71	71	78	74	72	73	80	91.2
	b	82	72	69	67	79	67	67	69	81	88.5
	c	79	49	49	30	35	30	27	32	69	54.2
中 1 N=88	a	88	84	84	84	88	85	85	84	88	97.2
	b	88	77	79	80	87	76	79	78	88	92.4
	c	82	60	58	43	47	42	40	39	66	60.2
中 3 N=80	a	80	80	80	80	80	80	80	80	80	100.0
	b	80	78	77	76	80	76	77	77	80	97.4
	c	77	67	67	56	65	62	60	60	70	81.1

3 に学年別の各問題の正反応数を示した。

(I) 正反応数を規準にする年齢発達の整理

Table 3 に示された正反応数の容器の形状による差・台の傾斜の有無による差・容器の傾斜角による差を χ^2 検定し、また同系列の問題の学年による比率の差の検定をおこない、結果をTable 4にまとめた($P=0.05$)。たとえば小5 a系列の枠内で * 1-2, 8-9 となっているのは、小学校5年生では a 系列の問題で傾斜角による正反応数の有意差が (a-1) と (a-2) のあいだ、および (a-8) と (a-9) のあいだにあることを示す。同学年の系列間に示された < 8 の符号は右にある系列の問題の正反応数が 8 種類の傾斜角について、左にある系列の問題よりも有意に少ないことを示す。同様に同系列の学年間に示された $\sqrt{6}$ などの符号は、学年による正反応率の差が 6 種類の傾斜角の場合に認められ、低学年の方が正反応率が低いことを示している。= || などの符号は系列間・学年間で 1 種類以下の傾斜角について有意差のあることを示す。

Table 4

	a 系列		b 系列		c 系列
小1	* 1-2, 8-9 8 ↓	=	* 1-2, 8-9 4-5-6 5 ↓	< 8	* 1-2, 8-9 2-8 5 ↓
小3	* 1-2, 8-9 4-5-6 6 ↓	< 5	* 1-2, 8-9 4-5-6 7 ↓	< 6	* 1-2, 8-9 3-4 5 ↓
小5	* 1-2, 8-9 4 ↓	=	* 1-2, 8-9 4-5-6 	< 8	* 1-2, 8-9 3-4
中1		=	* 1-2, 8-9 4-5-6 	< 9	* 1-2, 8-9 3-4 8 ↓
中3		=		< 8	* 1-2, 8-9

1) a 系列の正反応率について

小1と小3, 小3と小5の間に正反応率の差がみられ、とくに前者において著しい。また小5までの各学年で (a-9) の正反応率が (a-8) のそれと有意差を示している。これは問題そのもののもつ非適応的手がかりによれば、水は水平面よりも上に描かれるのであるが、被験者はこれを不合理と考え、正反応をしたことによると考えられる。

2) b 系列の正反応率について

小1, 小3と小5, 中1, 中3の正反応率がそれぞれまとまりを示し、小3と小5の間の正反応率の差が著しい。これは小4になって水平・垂直などの概念を算数の

なかで学習することによると考えられる。反応のタイプとしては中1までのどの学年においても容器の傾斜角 0°, 180°, 90° のときに、この順に正反応率が高くなっている。(b-5) において実際の正反応率が予測されるよりも高くなっているのは、問題そのもののもつ手がかりからいけば、栓の手がかりにより水面は垂直になり、これは日常的に考えている水の性質と著しく不一致をきたし正反応が導かれたことによると考えられる。

3) c 系列の正反応率について

学年による正反応率のまとまりはあまりないが、しいていえば中1と3中の中にやや大きな差がある。一般的に正反応率の低いことが目だが、台が傾斜するとなぜこのように低くなるのかはこれだけの資料では説明できない。反応のタイプとしては、すべての学年を通じ (c-9) の正反応数が (c-8) のそれと有意差がある一方、(c-5) の正反応数の増加は著しくない。このことは単に容器の枠が水平になったからといって、そのまま正反応数の増加を導かず、傾斜した台の影響が (c-5) ではかなり強いことを示している。また (c-2), (c-3) の正反応数が (c-1), (c-5), (c-9) 以外の問題のそれと有意差のある点は、問題のもつ手がかりの性質との関連で注目される。

(II) 概念の発達段階を規準にする年齢発達の整理

概念の発達段階を原資料と反応数によって Table 5 のように定める。原資料は第 I 段階と第 II 段階を区別するとき用いられた。第 I 段階では水面が常に容器の枠に平行に描かれ水の状態に可動性がない。

Table 5 発達段階の定義

発達段階	I	II	III	IV	V				
原資料の性質 可動性の有無	無	有	/	/	/				
正反応数	a 系列 1~7	b 系列 1~3	c 系列 0~2	1~7	2~7	2~7	8~9	8~9	8~9

水概念をまったく獲得していない者、たとえばかたまりのようなものを容器の中に描き、水面が直線でない者は 0 段階とした。また a, b, c 系列の問題のうち b 系列が正反応で a 系列が誤反応の者があり、これを第 IV' 段階とした。これらの段階に属する被験者は全被験者 413 名中それぞれ 3 名であった。Table 6 に各学年にいる各発達段階の被験者の比率を示す。

小1では第 II 段階が最も多く、小3では第 II・III・IV 段階に広く分布している。小5では第 IV 段階が最も多い。中1では第 IV・V 段階の被験者が多く、中3になっ

Table 6 各学年にいる各発達段階の被験者の比率

学年	人数	発 達 段 階						
		0	I	II	III	IV	IV'	V
小1	72	4.2	13.9	44.4	22.2	13.9	1.4	
小3	91		1.1	36.3	26.4	27.5	1.1	7.7
小5	82		1.2	11.0	13.4	45.2		29.3
中1	88			3.4	11.4	42.0	1.1	42.0
中3	80				5.0	27.5		67.5

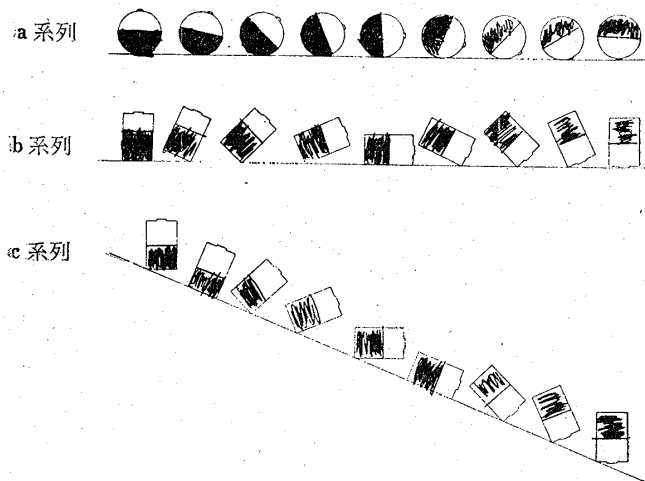
てはじめて第V段階の被験者が最も多くなる。したがって水平性概念の発達は学年(年齢)と高い相関がある。

(Ⅲ) 原資料と反応数を基準とする発達段階の整理

1) 第I段階 (12名)

典型的な反応例を Fig. 1 に示す。反応例では、容器が正立のときの水の状態が容器の傾斜角にかかわらず正確に保たれ、180°回転したときには水平面よりも上に水が描かれている。水面を容器の底に平行に描く被験者でも、(a-9)、(b-9)では水を下半分に描きかえる者がいる。これは水が上半分にあることの不合理的に気がつき正反応をしたと考えられる。

Fig 1 第I段階の反応例



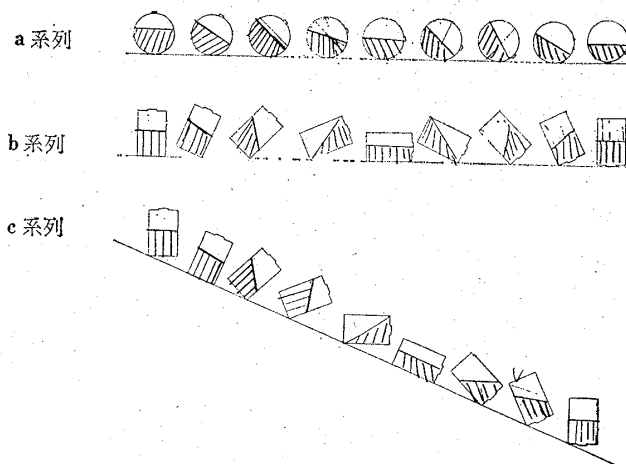
2) 第II段階 (77名)

典型的な反応例を Fig. 2 に示す。a 系列と b 系列の問題の難易度に差がなく全体的にみても a 系列での正反応率 36.5%, b 系列のがそれが 41.4% で、この段階でのみ a, b 系列の難易が逆になっている。c 系列も正反応率 25.7% で低く、b 系列と 4 種類の問題で正反応数の差が出ている。容器の傾斜角によって正反応率が強く影響される段階である。反応例に示されたように(a-5), (a-9), (b-5), (b-9) の正反応率がとくに高くなってい

る。

反応例では水面が容器の枠から離れ水の状態に可動性がある。各系列の間には反応のタイプの類似性があり、水面が台を手がかりとして描かれているというよりもむしろ容器の傾斜そのものを手がかりとしている。同じ第II段階でもやや発達したタイプは、傾斜した水面の角度が水平面に近くなっていて、台を手がかりに水面が描かれる傾向が強くなる。

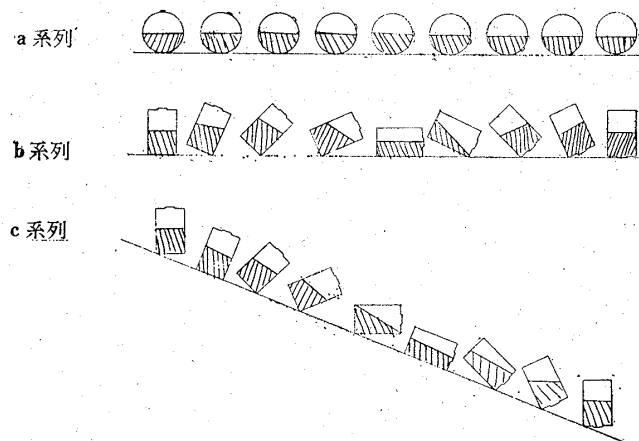
Fig. 2 第II段階の反応例



3) 第III段階 (65名)

この段階は a 系列の正反応によって定義されたので、a 系列は99%の正反応率である。a 系列と b 系列の反応数の差は顕著で傾斜角 0°, 180°, 90°を除くすべての問題で有意である。またこのことは b 系列では容器の傾斜角が正反応数に強く作用していることを示している。c 系列は全般的に b 系列よりも難しくなっている。Fig. 3 に典型的な反応例を示す。

Fig. 3 第III段階の反応例

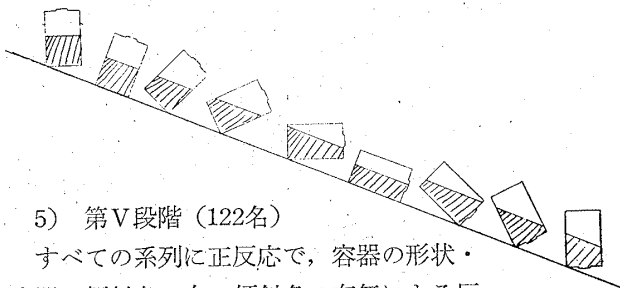


反応例では a 系列全正反応で、b 系列の水面は第 II 段階の被験者によって描かれたよりも台の方向に近くなっている。第 III 段階の被験者にとっても台のもつ手がかりはそれほど強く作用せず、c 系列でも水面を台に平行に描く誤反応は少ない。

4) 第 IV 段階 (131名)

a, b 系列の正反応率はそれぞれ 99.6, 98.6% である。しかし c 系列の正反応率は依然として低く、b 系列との正反応数の差はすべての問題にわたっている。この段階では台に水面の手がかりを強く求めるので、a, b 系列で正反応をするが、c 系列では台に平行に描いてしまい、とくに (c-9) の正反応率は第 III 段階の (c-9) のそれに比べて有意に (比率の差の検定, $P=0.05$) 低くなっている。Fig. 4 に典型的な反応例を示す。

Fig. 4 第 IV 段階の c 系列の反応例



5) 第 V 段階 (122名)

すべての系列に正反応で、容器の形状・容器の傾斜角・台の傾斜角の有無による反応数の差はない。しかし原資料からは、傾斜した台にのっている容器のなかの水面を水平に描くためには、かなり努力がいることが観察された。

これらをまとめると、第 I 段階と第 II 段階では容器の傾斜角の手がかりが、反応に大きな影響を与え、形状の手がかりはあまり影響を与えない。台の傾斜の手がかりは、第 I 段階から第 IV 段階までのすべての被験者の反応に一貫して大きな影響を与える。第 III 段階では形状の手がかりが大きく作用し、a 系列では容器の傾斜角・栓の手がかりの影響はない。それに比べて b, c 系列では容器の傾斜角の影響が顕著である。

以上みてきたように、第 2 実験の被験者によって示された予測的心像(anticipatory image)は、各発達段階において特徴的な性質をおびている。各発達段階における予測的心像とそれをささえていると考えられる被験者の思考の水準を Table 7 にまとめてみた。これらの結果は第 3 実験の訓練のプログラムに利用された。

第 3 実験

目的: Piaget, J. らは水面の観察が子どもの水平性概念の発達に効果を及ぼさないと主張しているが、本実験は認知的葛藤(conceptual conflict)の導入により発達を

Table 7 予測的心像とそれをささえる思考の水準

発達段階	予測的心像	思考の水準
I	静的心像 (可動性がない)	容器のなかの水は正立のときの状態を保ち容器の傾斜とともに底に平行のまま移動する。水面は容器の枠に平行であるが(b-9)で水は水面より下にくる。
II	動的心像 (可動性がある)	水は動くという考えが強くなり、次第に水は動くが下方に移動するという考えが出てくる。
III	やや安定した心像	容器が球状のときは、水面は水平な台に平行になるが、角状のときは容器の傾斜にしたがって傾斜する。
IV	安定した心像 (傾斜した台の影響をうける)	水面は容器をのせた台に平行、または容器をのせた台よりも水平になる。
V	安定した心像	水面はいつも水平な台に平行になる。

ひきあげることができるという仮説に基づいておこなわれた。ここでは第 2 実験で得られた水平性概念の発達の法則性に基づき、概念を獲得させるためのカリキュラムを作成し、実験教育法により訓練実験をおこなうことを目的とする。このとき被験者に与えられるカリキュラムは、概念の発達に最も多くの影響を及ぼすように構成されなければならない。そのためには課題を解決する際の被験者に認知的葛藤をひきおこし、解消させることのできる観察および教示が与えられることが望ましい。認知的葛藤とは習慣化した心像と観察により生ずる心像との対立、習慣化した思考と実験者による教示との対立、習慣化した思考と実際に観察することにより生ずる心像との対立などである。

方法: 第 2 実験によって分類された各発達段階における被験者のうち最も典型的な反応をした被験者 5 名ずつを選び、個別に実験教育をおこなう。典型的な反応とは、発達段階内で正反応数の比較的少ない反応の型をいう。すなわち暗示やコーチングなどをおこなっても容易には次の段階にいたらないと考えられる被験者について実験教育をおこなう。実験教育では被験者に認知的葛藤をひきおこし解消させるために

1. 被験者との対話
2. 水面の水平現象の観察と水面の強調
3. 水面はたいらな台と平行な直線であることの理解
4. 水平現象と描画の比較

がおこなわれ、同時に被験者の動機づけを高めるために水の半分はいった容器の回転や台の組み立てなどの操作が伴われた。

具体的には次のように実験教育がなされた。第Ⅰ段階から第Ⅱ段階への発達を促す実験教育は被験者との対話および被験者が粘土の半分はいった容器を少しずつ傾斜させて観察し、被験者の描いた水面と比較させ、水だったらどうなるかを考えさせることによってなされた。被験者との対話では容器の上部に水が描かれたときに「上の方の水は落っこちてきませんか」という暗示を与え、主として子どもの思考にはたらきかける。

第Ⅱ段階から第Ⅲ段階への発達は被験者との対話および被験者が水の半分はいった丸い容器を少しずつ傾斜させつつ観察し、水面が容器を背景にひかれた水平な色の線とどのような関係にあるかを考えさせ、言語化させることによってなされた。このとき容器はたいらな台の上ののっており、水面の線をのばしていてもたいらな各にぶつからないことが理解できるように援助を与えた。

第Ⅲ段階から第Ⅳ段階への発達および第Ⅴ段階への発達は、第Ⅲ段階への発達を促す実験教育と同じ方法によるが、前者ではたいらな台の上に角状の容器をのせた点、後者では22.5°傾斜した台の上に角状の容器をのせた点が異なっている。

すべての実験教育を終えたあとで台と容器をかくして検査用紙を与え、再び水の状態を描かせる。所要時間30分～45分、実験は1967年10月におこなわれた。

結果：実験は第Ⅳ段階の被験者から順におこなわれたので結果の記述もその順序にしたがった。結果を Table 8 に示す。

第Ⅳ段階の被験者のうち、K. T は理解の一手手前までできていて、実験教育をする以前に水はいつでも水平になると反応した。このような被験者は他の段階ではみられなかった。S. S と N. M は観察と対話により比較的すみやかに言語的正反応に達したが、描画で S. S は誤反応となった。O. H, Y. K は S. S よりも言語的正反応におそく達したが描画では誤反応が多かった。このことは傾斜した台の手がかりが描画の際に非常に強くはたらいていることを示している。

第Ⅲ段階の被験者のうち、U. R は実験教育の際にも「水面はビンのふちに平行だ」と言い自分の考えを変えなかった。T. K は5年生で平行・水平のコトバを使用でき、b, c 系列で水面は全部水平になると答えたが、描画では誤反応が多かった。他の3人の被験者はほぼ同じ反応をし、b 系列では水の線は背景の線と同じでまっすぐな線、あるいは平均の線と反応し、正反応数の増加はみ

Table 8 第3実験の結果

第2実験のとき の発達段階	被験者	学年	第2実験のとき の正反応数			実験教育後の 正反応数			実験教育 後の発達 段階
			a	b	c	a	b	c	
Ⅳ	O. H	5	9	9	1			4	Ⅳ
	Y. K	5	9	9	1			5	Ⅳ
	K. T	5	9	9	2			9	Ⅴ
	S. S	5	9	9	1			5	Ⅳ
	N. M	5	9	9	1			9	Ⅴ
Ⅲ	T. K	5	9	3	2	9	9	6	Ⅳ
	U. R	5	9	3	2	9	4	3	Ⅲ
	Y. M	3	9	5	1	9	9	4	Ⅳ
	K. M	3	9	3	2	9	8	4	Ⅳ
	K. S	3	9	3	2	9	9	5	Ⅳ
Ⅱ	H. N	3	2	5	4	9	9	9	Ⅴ
	I. S	3	4	3	2	9	9	2	Ⅳ
	K. K	3	3	3	4	9	5	6	Ⅲ
	H. A	3	5	4	2	8	9	7	Ⅳ
	S. K	3	5	3	4	7	5	6	Ⅱ
Ⅰ	K. E	1	1	3	2	8	4	3	Ⅲ
	A. M	1	1	1	1	9	8	(8)*	Ⅳ
	Y. H	1	2	1	1	6	6	3	Ⅱ
	S. R	1	1	1	1	6	3	2	Ⅱ
	M. S	1	2	2	2	9	8	5	Ⅳ

* A. M に対しては描画の際に水平線の描かれた下敷きが使われた。

られるが、かなり知覚的まどわしを受けている。言語による反応と描画の一致しないことが注目される。

第Ⅱ段階の被験者のうち、S. K のみが第Ⅱ段階にとどまった。この場合も言語では a 系列で正反応がみられた。K. K は a 系列で「上方の水は落っこちてきませんか」の暗示で正反応にいたった。H. N, I. S, H. A は a 系列で同様に正反応にいたった。とくに H. A は a 系列での正反応によってただちに b 系列の正反応がおこった。3人のいずれも c 系列では台が傾斜していることを理由に水面が傾くと主張したが、観察と対話によって言語的には正反応にいたった。

第Ⅰ段階から第Ⅱ段階への発達は比較的すみやかにおこなわれ、「上の方の水は落っこちてきませんか」という暗示が最も効果的であった。Y. H, S. R は第Ⅱ段階にとどまった。b, c 系列で言語的正反応はいたらず、とくに c 系列で写生を試みたがこれも困難であった。K. E は観察と教示により第Ⅲ段階に発達した。b 系列で水の線とたいらな台の線とがぶつかるかと質問すると

ぶつかると反応したので外挿法を用いたが成功しなかった。第IV段階へ発達したのはA、MとM、Sで、b系列で観察と教示をくりかえすことによって水の線がたいらな台の線とぶつからないという反応に達した。c系列についても言語的正反応に達したが、正反応数の増加がみられるだけで、傾斜した台による知覚的まどわしを受けて第V段階へはいたらなかった。

考察：実験教育による被験者の概念発達に及ぼす影響は、それぞれの被験者によって様々に異なっているが、ある段階から次の段階へと発達するときには同じような内容の実験教育がなされている。まず第I段階から第II段階への発達についてみると、第2実験の資料では、第I段階のなかで水面が容器の底に平行であっても、水は下の方に描かれる段階があったが、実験教育では第I段階のすべての被験者はこの段階を飛びこえ第II段階に発達している。これは「上の方の水は落っこちてきませんか」という暗示および粘土が容器の底にくっついて移動する現象を観察することによって促進されたと考えられる。

第II段階から第III段階への発達は、丸い容器に半分水を入れゆっくりと回転させ、容器の中心を通る水面と背景にひかれた水平線が常に一致することを観察させることにより、しかもこの場合水面と水平線の関係が単純なために、比較的容易におこなわれたと考えられる。

第III段階から第IV段階への発達は第III段階への発達ほど容易ではなかった。被験者に与えられる教示がやや複雑なためであろうか。とくにこの段階から言語的反応と描画反応の不一致が著しくなり、言語的に正反応する多くの者が描画で誤反応をしている。第3実験の場合、はじめから「水面はたいらな台の線とぶつからない」ということを教示したのではなく、被験者がこのことを発見できるように援助したのであるが、そのときの言語正反応は水平性概念の理解に根ざしていないか、それとは密接に結びついていない反応であるか、ないしは描画行動を規制しうる力をもたないものと考えられる。

第IV段階から第V段階への発達は最も困難であった。いくら観察し暗示を与えられてもそれだけでは正反応にならなかったし、言語的反応と描画の不一致も著しかった。

以上のように水平性概念の発達の様相は複雑であるが、認知的葛藤の導入による心像や思考への様々な働きかけによって発達段階をひきあげることができた、と考えられる。次にこれらの結果は、Piaget, J. らや Smedslund, J. の結果と比較検討される。

討 論

第2実験の結果から水面の水平性概念を獲得する時期は中学3年(14-15才)までひきのばされることがわかった。Piaget, J. (1948)らによれば、安定した準拠枠によって水平の直接的判断ができるようになるのはStage III B (9-11才)で、さらに11-12才以降になってはじめて、つまり形式的操作の段階で真の安定した準拠枠が発達するといっている。Piaget, J. らはたいらな台に容器をのせる場合の水面を描く課題を実験に採用したが、この方法は本研究でのb系列までの実験に対応する。b系列の正反応率は小学校5年生(10-11才)で88.5%で、b系列までの問題に限れば Piaget, J. らの結果と全く一致する。ところがたいらな台の条件を変化させると同じ課題が著しく困難になり、中学3年生(14-15才)でも正反応率が81.1%である。Piaget J. らは机の面などの安定した枠組に水面を関係づけるときに水平がすぐに判断できるようになるといったが、c系列の問題では傾斜した台という枠組に水面を関係づけると水面が傾斜してしまい、この段階を脱するためには子供が自分で枠組を考え、それに関係づけて水面を判断しなければならない。c系列の問題が近接した外的な準拠枠への依存からの脱却を要求する、という意味で、Piaget, J. らのいう形式的操作の段階での水平性概念を測定するためには、c系列の問題が適当と考えられる。

つぎに第3実験と関連して、Smedslund, J. (1963)、清水美智子(1966)、Beilin, H. et al (1967)の観察の効果をあつかった実験を検討してみよう。Piaget, J. らは、空間概念の発達は操作の発達を前提としているので操作の未発達の段階でいくら観察をしても座標軸が形成されていないのだから効果はない、と主張するが、Smedslund, J. はこの点を確認しようとした。Smedslund, J. は前テストで27名の5-7才の被験者に水の半分描かれた角状の容器の図を示し、水面の位置を注意させた後に、傾斜角30°から30°毎に180°まで変化した6種類の容器の図に水面を描くように教示した。そして観察する以前に水平性概念をもっていない被験者、すなわち前テストで正反応のない被験者には観察の効果がないう結果を出している。Smedslund, J. の実験は、子どもの水面表象に及ぼす単なる観察の効果をみようとしているのであるから、結果が Piaget, J. らの結論を支持したことは当然であろう。その意味で Smedslund, J. の実験は訓練実験とはいいがたい。水平性概念の発達に観察が効果的でないという Piaget, J. らの仮説を検討するためには、単なる水面の観察によってではなく、発

達を促すと思われる認知的葛藤を導入することによって反応を変化させる試みが最も必要であると考え、第3実験がおこなわれたが、そこでは6—7才児の被験者ですべて前テストで誤反応のもの（傾斜角 0° のときの正反応は除く）3名も、全員第II段階以上に達し、反応数の増加がみられた。

Smedslund, J. と同様の方法による追試が清水美智子(1966)によって報告されている。清水は子どもが直観的・部分的であれ外界の水平・垂直の枠組に気づくようになる段階にいたらないと観察の経験が効果をもたず、この段階にいたる時期が4—5才児(MA 5:10~6:11)の間にあると報告している。この研究が観察だけをとりあつかったのは不充分であると考え、観察の経験が効果をもたない時期が5才児にあるという報告については、小1以上の被験者を扱っている第3実験の結果から直接に論ずることができない。Beilin, H. et al は水面の表象に言語的経験と知覚的経験のどちらが重要な役割を果たすことができるかをきめようという目的で、等質のグループ(平均年齢7才半)に対して言語的訓練と知覚的訓練をおこなったところ、全般的に知覚的訓練の方が効果的であったと報告している。そして知覚的訓練によって多くの効果があったことは、水面の表象作用が言語的媒介過程よりも知覚的媒介過程により依存しているためであると結論している。しかし知覚的訓練をおこなっている間に、被験者の心理活動のなかで、実験の結果を解釈する言語的媒介過程が進行している可能性があり（とくに被験者が内言をもつと考えられる7才半の子どもであるから）、この可能性を無視して、知覚的訓練の結果大きな効果があったことを理由に水面の表象作用が知覚的媒介過程により依存していると結論することはできない。もともと両過程が相互に独立的にはたらいっていることを前提としている点が疑問である。

さいごに水平性概念の発達と訓練に関する検討を試みよう。第2実験によってこの概念の発達が中学3年(14—15才)にいたるまでひきのばされることが明らかになったが、このような事実は、Pight, J. が指摘するように、水平性概念の発達の過程が純粋に知覚的な過程としては説明できないことを示している。Piaget, J. らは発達がひきのばされる事実と実験中に水面を観察させても反応に変化がおこらない事実から、水面の水平性概念の発達は操作の発達を前提とし、操作の未発達な段階では座標軸が形成されていないのだから水面の観察は効果的ではないという結論を導いた。これに対し第3実験は認知的葛藤の導入により水平性概念の発達段階をひきあげることを目的としておこなわれ、20名中6名の被験者

を2段階以上ひきあげることができた。とくに前テストのb系列で全部誤反応の被験者にも正反応数の増加がみられた。これらの結果は、認知的葛藤の導入により水平性概念の発達をひきあげることができる、という仮説をある程度検証している。つまり、Piaget, J. や Smedslund, J. らのいうように単なる観察が発達に効果を及ぼさないとしても、観察すべき適切な手がかりに注目させ、認知的葛藤をひきおこした上でそれを解消させることができれば、単なる観察の場合よりも効果的に発達段階をひきあげることができるといえよう。なお実験教育のなかでみられた被験者の言語的反応（しばしば正反応）と描画反応（しばしば誤反応）のずれという現象は今後検討されるべき課題のひとつとなろう。

要 約

本研究は水面の水平性概念の獲得過程を調べようという目的でおこなわれた。はじめに発達段階を調査するために、a, b, cの各問題系列が選択され、小学1年から隔学年で中学3年にいたる被験者の水平性概念の発達段階が調査された。次に各発達段階にいる被験者5名ずつに対し、認知的葛藤をひきおこし、発達を促すと考えられる実験教育がおこなわれた。これらの調査、実験の結果次のことが明らかになった。

- 1) 第I段階：水面を容器の枠に平行に描く段階
- 第II段階：水面は容器の枠に平行ではないが傾斜して描き誤反応の段階
- 第III段階：容器が球状の場合（a系列）は正反応で角状の場合（b系列）は誤反応の段階
- 第IV段階：容器が角状の場合には正反応で角状の容器が傾斜した台にのっている場合（c系列）は誤反応の段階
- 第V段階：全系列正反応の段階

と設定すると小1では第II段階の者が最も多く、小3では第II・III・IV段階の者が比較的多く、小5では第IV段階の者が最も多い。第V段階へは中3で約%の者がいた。これを Piaget, J. の実験と比較すると、第IV段階にいたる年齢が9—11才で一致するが、第V段階に対応する水準は実験的には扱われていない。問題の困難度を高めると従来考えられていた発達段階の年齢的対応がかなり変動することが第2実験で示された。

2) 各段階の被験者（合計20名）に対する実験教育は次のようになされた。第I段階から第II段階への発達は被験者との対話・被験者が粘土の半分はいった容器を少しずつ傾斜させ観察することによってなされた。第II段

階から第Ⅲ段階への発達には被験者との対話・被験者がたいらな台の上で水の半分はといった球状の容器を少しずつ傾斜させ台の背景にひかれた水平線と比較することによってなされた。第Ⅳ段階・第Ⅴ段階の発達も同様の方法によってなされたが、たいらな台に角状の容器をのせる点、傾斜した台に角状の容器をのせる点がそれぞれ異なっている。実験教育の結果、正反応数では一様に増加したが、実験前と同じ段階にとどまった者5名、1段階発達した者9名、2段階以上発達した者6名であった。これらの結果は認知的葛藤を被験者にひきおこし解消させることができれば、水平性概念の発達を促すことができるといふ仮説をある程度検証している。

3) 実験教育の過程で、むずかしい問題ほど言語的には正反応するが、描画では誤反応するという現象がしばしばあらわれることが明らかになったが、この現象は今後解決すべき課題のひとつとなる。

文 献

- Beilin, H., Kagan, J., & Rabinowitz, R. 1967 Effects of verbal and perceptual training on water level representation *Child Developm.*, 37, 317—329
- Piaget, J. & Inhelder, B. 1956 *The Child's Conception of Space (Orig. French ed., 1948)* Routledge & Kegan Paul.

清水美智子 1966 子どもの空間表象における経験効果 教心8回総会論文集

Smedslund, J. 1963 The effect of observation on children's representation of the spatial orientation of a water surface. *J. genet. Psychol.*, 102, 195—201

<付記>

1. 本研究は東京大学教育学部昭和42年度卒業論文をまとめたものである。
2. 本研究と同様の方法による幼稚園・保育所児（年長児）を被験者にした実験の結果は、教心10回総会論文集P.130に報告されている。あわせて参照されたい。
3. 研究をすすめるにあたっては、東京大学教授肥田野直氏、独協大学助教授波多野諠余夫氏、東京大学大学院三浦香苗氏ほかの指導をうけた。
4. 実験をおこなうにあたっては、藤沢市立六会小学校教諭河内力ノ先生、鎌倉市立六船小学校教諭岩本富貴榮先生、鎌倉市立御成小学校校長林邦雄先生、同教頭小島達吉先生、鎌倉市立御成中学校教諭藤田馨先生ほかの協力と生徒諸君の協力を得た。

記して感謝の意を表したい。

(1968年10月19日原稿受付)

ABSTRACT

A DEVELOPMENTAL STUDY OF CONCEPTION OF THE HORIZONTALITY OF WATER SURFACE

by

Michihiko Akiyama
University of Tokyo

This study aimed at investigating the process of acquisition of water surface representation. Children were shown the test papers (a), (b) and (c) on which were drawn the bottles tilted at the angle of 0, 22.5, 45, 67.5, 90, 112.5, 135, 157.5 and 180, and were asked to draw the water surface in these bottles. In test (a) 9 round bottles were drawn on the horizontal table, in test (b) 9 square bottles on the horizontal table and in test (c) 9 square bottles on the 22.5° tilted stand.

Ss were 413 children in every other grade from 1st in elementary school through 9th in junior high school. Ss were classified into 5 stages according to the quality of their drawings.

Stage I (12 Ss) : Water surface is drawn parallel to the bottom of bottle in test (b).

Stage II (77 Ss) : Water surface in the bottles is drawn obliquely in test (a) and (b).

Stage III (65 Ss) : Water surface is drawn horizontally only in test (a).

Stage IV(131 Ss) : Water surface is drawn horizontally in both test (a) and (b).

Stage V(122 Ss) : Water surface is drawn horizontally in all three tests.

Most of 1st graders belonged to StageII, 3rd graders were distributed almost equally from StageII through StageIV, and most of 5th graders were in StageIV. It was not until 9th grade in junior high school that 2/3 of Ss attained StageV. This result that the chronological age to reach StageIV was 9—11 years old agreed with Piaget's findings, but the level of Stage V was not investigated experimentally in his studies. It was shown with regard to the attainment of StageV that water surface representation in drawing was easily influenced by the cue of the oblique table line on which bottles were placed.

Then, 20 Ss, that is, 5 Ss in each stage except Stage V were trained to attain higher stage. The core of the method of training was the introduction of cognitive conflict to the Ss. Program of training to develop the Ss from StageI to StageII was as

follows. S had a dialogue with E, observed the surface of blue plasticine half-filled in the bottle which S himself tilted every 22.5° , and was asked what happened in the bottle. Program of training to develop Ss to Stage III was as follows. The S observed the surface of water in the round bottle which S himself tilted according to the direction of E roughly to match every 22.5° on the horizontal top of a desk, and was asked to compare the water surface with the horizontal line drawn on the background paper. Training to develop to StageIV and StageV was undertaken in the same way as above mentioned except that the square bottle were used instead of round ones and that it was placed on the horizontal top of the desk in the former or on the oblique stand in the latter. The results were as follows. All the Ss gained in the number of correct responses, but those who remained in the same stage were 5 in number, those who developed 1 stage were 9, and those who developed 2 stages or more were 6. These results to some extent support the hypothesis that it is possible to promote the development of water surface representation by introducing cognitive conflict.