

空間表象の変換能力に関する発達研究

—下位能力との関連から—

渡部 雅之*

DEVELOPMENTAL STUDIES ON THE ABILITY OF
TRANSFORMATIONAL REPRESENTATION
—With Relation to the Subordinate Abilities—

Masayuki WATANABE

Concerning the development of the ability of transformational representation, two experiments were done with Piaget's "Three Mountains Problem". The first experiment aimed at clarifying the developmental relationship between the "Three Mountains Problem" and its subordinate abilities. 99 children 4—9 years of age were tested for their abilities in a longitudinal method. With the "Three Mountains Problem" as a dependent variable and three subordinate abilities as independent variables, the other experiment aimed at making clearer the relationship found in the first one. 16 children 4—7 years of age were trained on some subordinate abilities and were tested for their change in the ability on the "Three Mountains Problem". The result of these two experiments proved that the development of the ability of transformational representation was due to the acquisition of some subordinate abilities.

Key words: child development, transformational representation, "Three Mountains Problem", subordinate ability.

問 題

空間概念の発達に関して、Piaget and Inhelder(1948)は、トポロジー的空間概念から射影的空間概念をへてユークリッド的空間概念へと至る一連の発達段階を示した。そして特に、射影的空間概念の段階への移行の指標として、空間表象の変換能力の獲得をあげ、「3つ山問題」(Three Mountains Problem)と呼ばれる課題を用いて、その課題解決に至るまでの過程を分析し、II A～III Bの4つの下位段階の存在を明らかにした。

その後、Piaget 理論の妥当性の検討を目指して、「3つ山問題」及びその類似課題に関する諸研究が行われてきた。田中(1968)は、「3つ山問題」の通過率を課題の種類、解答法、年齢等の点から調べ、条件によって困難度が異なることを明らかにした。また、空間表象の変換能力が、従来考えられていたよりも早期から存在するという可能性を示した Borke(1975)の研究もある。Gelman

(1976)はこの種の研究について論評を行った後に、幼い子どもが自己中心的にみえるのは知識や記憶が伴わないからであり、また課題の困難さもそれに関連しているとしている。さらに、ここで指摘されている課題の困難さの要因に関する研究については、Shantz(1977)が論評を行い、次の様に分類されるとした。それは、子どものおかしたエラータイプの分析によるもの、子ども自身のみえが他視点の理解に及ぼす影響に関するもの、空間における「移動すること」の役割についてのもの、の3種である。

しかしこれらの諸研究は、「3つ山問題」解決能力に影響を及ぼす諸要因の分析を扱ったものがほとんどであり、これらは、いまだ現象記述的な内容のものが多かったように思われる。今後一層詳しく空間表象の変換能力の発達について調べ、さらに、より有効な発達理論への示唆を得るためには、「ある発達段階と次の発達段階とを区別するものは何かを操作の形で明らかにしてゆく」(木下, 1971) ことが必要である。そのためにはまず、それぞれの発達段階において何がどのように変化するのか

* 大阪大学人間科学部 (Faculty of Human Sciences; Osaka University)

を明らかにしておかなければならない。

こうした観点に立って渡部(1984)は、「3つ山問題」とその解決に必要なと思われる下位能力に注目し、それらの発達の関連を調べた。その結果、「ある能力の獲得と、「3つ山問題」に対する子どもの反応とは、密接な関係を伴いながら発達してゆくことが示された」が、この研究からだけでは「到底決定し切れない、複雑な対応関係が両者の間に存在している」と考えられた。

そこで本研究においては、先の渡部の研究を受け、「3つ山問題」の解決能力を獲得してゆく過程について、より詳細な分析・検討を加えることを目指す。

実験 1

目的

本実験においては、渡部によって調べられた「3つ山問題」と下位能力との関連を、さらに詳細に調べることが目的とする。

具体的には、先の渡部の研究に対して次の諸点の修正が加えられた。

- ①被験者の年齢幅を、「3つ山問題」解決能力が完成に近づくと考えられる10歳くらいまで広げる。
- ②下位能力の種類を増し、その測定のための課題を改善する。
- ③「3つ山問題」に対する反応を、何らかのより客観的な尺度を用いて表わす。
- ④2期にわたって同種の課題を与え、その間の縦断的な変化をみてゆく。

これらの修正をほどこすことにより、「3つ山問題」と下位能力との関連が一層明確に示され得るであろう。

方法

被験者：保育所の幼児41名(4～6歳、男子23名、女子18名)と小学校の児童58名(6～9歳、男子28名、女子30名)の計99名について実施。

実施日：1984年9～10月に第I期、1985年2～3月に第II期の実験を行った。

課題：「3つ山問題」を3種と、下位能力の有無をみる課題を7種用いる。

「3つ山問題」の3種とは、Piagetによって用いられた方法を参考に、ほぼ同種の課題を設定する。それらを、「カード選択課題」・「地点選択課題」・「構成課題」と名付ける。「3つ山問題」の構成及びその3種の課題の内容は次の通りである。

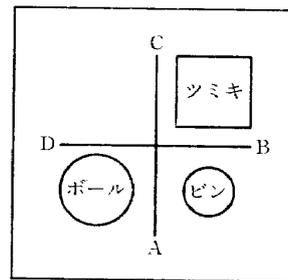
「3つ山問題」は、「山」の代わりとして、「ビン(茶色)・ボール(赤)・積み木」を用いる。それらを FIG. 1 のように配置する。Aの位置に子どもを座らせ、3種の課

題を与える。

「カード選択課題」；A～Dの各地点からの刺激布置のみえを描いたカード(例えば、Bからのみえを描いたカードを「Bカード」と呼ぶことにする)を各1枚と、それぞれのみえにおける左右関係を逆に描いた、実際には存在しないみえのカード各1枚の、計8枚のカードを用いる。Aの位置に子どもを座らせたまま、B～Dの位置に人形を置き、その地点から人形が見ている刺激布置のみえを、先の8枚のカードより1枚選択させる。B～Dの各地点に対する質問の順序はランダムである。

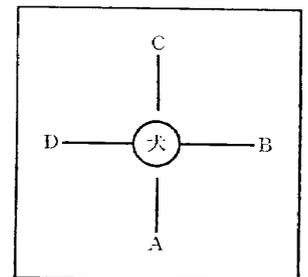
「地点選択課題」；子どもをAの位置に座らせたまま、CとDのカードをランダムな順序に提示し、そこに描かれているみえがどこからのものかを、実際に子どもに人形を置かせることによって答えさせる。

「構成課題」；「カード選択課題」と同様にAの位置に子どもを座らせたまま、B～Dの位置に人形を置き、その地点から人形が見ている刺激布置のみえをたずねる。子どもは、「ビン・ボール・積み木」の切り抜き型を与えられ、それを台紙上に並べることによって答える。



子供

FIG. 1 「3つ山問題」
刺激布置



子供

FIG. 2 「他視点の理解」
刺激布置

次に、下位能力については、以下の7課題を用いる。「他視点の理解」；「3つ山問題」の「カード選択課題」を単純化したものであり、FIG. 2 に示されたように、犬のぬいぐるみのB～Dからのみえを4枚の写真の中から1枚選択させることによって答えさせる。Flavell(1978)のレベルII—他者が自分とは異なる方向から物を見ているとき、その人は自分とは異なる視覚的経験を持ち得るのだということが理解できるようになる発達水準—に達しているか否かを、なるべく単純な課題によってみようとするものであり、空間表象の変換能力が早期より存在する可能性があるとした、先述の Borke や Gelman の示唆に従っている。

「左右の相対性」；対面する相手にとっては、左右関係が自分とは逆になってみえるということが、理解できているか否かをみる。FIG. 3 のように赤と青のブロック

を配置し、子どもをAの位置に座らせて、Cからの刺激配置のみえを問う。このとき、子どもに刺激と同じ赤と青のブロックを渡し、Cから見たらどのように見えるかを、実際に構成させる。

「前後の相対性」；「左右の相対性」と同様のことを前後関係についてみる。FIG. 3 の B の位置に子どもを座らせDからの刺激配置のみえを問う。

「左右の抽出」；種々の情報の中から適切な情報として左右関係を抽出し、それを一定時間保持できるかをみる。具体的には、赤い服を着たクマの人形と黄色の家、もしくはクマと緑色の木を、左右関係に並べた写真2枚と、それぞれの左右を入れ替えた写真2枚の計4枚を用いる。クマが左にいる写真を正解として、正解カードを選び出せるかをみる。正解カードには裏に赤い星印がついている。子どもの前に縦と横2枚ずつ、計4枚のカードを並べ「星印のついた“当たり”のカードを憶えなさい、後で当ててもらいます」と教示し、約15秒後にカードを回収する。そして今度は、縦と横2枚ずつではあるが、前回のカードの並びとは違う順序に4枚のカードを提示し直した後に選択させる。2試行続けて正解すれば合格とする。

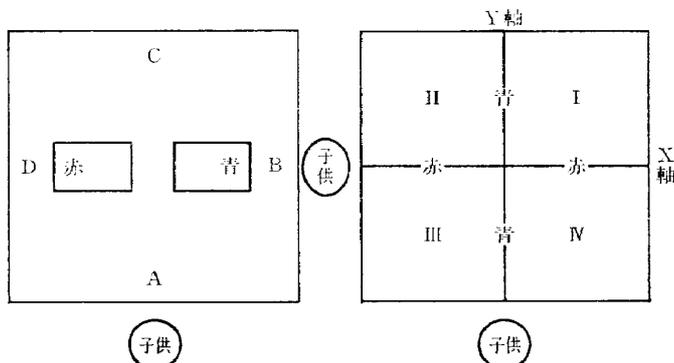


FIG. 3 「左右の相対性」刺激布置

FIG. 4 「左右・前後の合成」刺激布置

「前後の抽出」；「左右の抽出」と同様のことを、前後関係についてみる。ただし今回は、家とクマ、もしくは家と木の組合わせで、家が前にある写真を正解とする。

「左右・前後の合成」；左右関係と前後関係の情報を別々に提示した時、それらを合成して左右・前後関係の配置を作り出すことができるか否かをみる。FIG. 4 の様に、X軸上に赤い積み木、Y軸上に青い積み木を置き、赤い積み木に対してその右もしくは左に人形の写っている写真と、青い積み木に対してその前もしくは後ろに人形の写っている写真とを、2枚同時に提示して、第I～IV象限のどこに人形がいるのかを、人形を実際に置くことによって指摘させる。

「2次元射影」；3次元である空間の中に置かれた刺激

布置を、2次元である平面上に表現できるか否かをみる。「3つ山問題」の「構成課題」と同様の手続において、B～Dという他視点からのみえを問うのではなく、FIG. 1 のAに座った子ども自身のみえを台紙上に構成させる。

手続：実験は、全て個別実験である。先述の合計10種の課題について、まず「3つ山問題」の3種を、次いで下位能力の7種をランダムな順で実施する。

なお、第I期、第II期を通して、課題の内容及び手続は、以上の通りで一貫している。

結果

子どもの反応は、下位能力7種については、“正答”か“誤答”かの2カテゴリーに分けて処理を行った。「3つ山問題」に関しては、「カード選択課題」と「構成課題」は6カテゴリーに、「地点選択課題」は4カテゴリーに分類した。この際「構成課題」については、反応を模式図で記録していたので、あらかじめ2人の判定者が独立に分類を行い、4つのカテゴリーに分けておいた。2人の判定者の一致率は、95%であった。その基準を示したのが、TABLE 1 である。また最終的な「3つ山問題」の分類基準は、TABLE 2 に示されている。

TABLE 1 「3つ山問題」構成課題における誤反応の分類基準

分類基準内容	
ランダム反応	切り抜き型を、重ね合わせたり、1列に並べて置いたりするようなランダムな反応。
自己中心的反応	自己のみえと同じ反応。
過渡的反応I	自己のみえと同じ反応に、少し手を加えたとみなされる反応。例えば、“ピン”を横に寝かせて置くなど。ただし、左右や前後の関係については失敗している。
過渡的反応II	上記以外の誤反応。左右や前後の関係については、正答・誤答とも含む。

その上で、第I・II期の「3つ山問題」のデータを、林の数量化Ⅲ類にかけて数量化を行った。その結果得られた第1軸(固有値0.72)は、各カテゴリーに与えられた数値の並びが、あらかじめ論理的に仮定されたカテゴリーの並びと一致していたことから判断して、「3つ山問題」解決能力を示すものであるとみなせたので(TABLE 2参照)、この軸に従って各個人に与えられた得点を*、「3つ山問題」得点として以後の分析に用いることにした。ただ、処理を簡単にするために、本来の数値を0.1の幅で区切って自然数の得点に置き換えた。

以上の結果、1～29点が「3つ山問題」得点として各

* 各個人の得点は、各課題の反応カテゴリーに対する数量化値の平均で示される。故にその得点分布の幅は、-1.7～1.0であった。

TABLE 2 「3つ山問題」分類基準及び数量化値

	分類基準内容	数量化値	人数
構成課題	1 ランダム反応を含む	-1.717	8
	2 自己中心的反応のみ	-1.193	24
	3 自己中心的反応と過渡的反応 I	0.163	19
	4 自己中心的反応と過渡的反応 I, II	0.108	22
	5 過渡的反応 IIのみ	0.749	7
	6 正答を1箇所以上含む反応	1.217	26
地点選択	1 C, D両地点とも誤答	-1.675	22
	2 Cが正答, Dが誤答	-0.630	10
	3 Cが誤答, Dが正答	-0.660	8
	4 C, D両地点とも正答	0.734	66
カード選択	1 自己のみえ, もしくは, ランダム反応	-1.669	12
	2 上記の反応以外の左右・前後の次元間の誤反応	-1.385	9
	3 左右・前後の次元間及び次元内の誤反応が混在	-1.143	12
	4 左右・前後の次元内の誤反応	-0.418	10
	5 正答と誤答が混在	0.527	29
	6 完全正答	1.032	34

被験者に与えられ, 第I期は平均18.1, 分散83.4, 第II期は平均21.1, 分散64.7であった。第I期と第II期の平均は, t検定により5%で有意差がみられた (t=2.49, df=196)。

次に, 第I期から第II期にかけて「3つ山問題」がいかに変化したかによって, (下降)(変化なし)(上昇小=1~5)(上昇大=6以上)の4カテゴリーと, 第I期の得点が(下位=1~14)(上位=15~28)(完全正答=29)の3カテゴリーに分け, 合計10グループのそれぞれにおいて下位能力との関連をみていった。その際の各グループの人数は, TABLE 3に, 平均点はTABLE 4に示されている。

TABLE 3 「3つ山問題」のグループ分け

単位:人	下降	変化なし	上昇・小	上昇・大	合計
下位	3	5	11	16	35
上位	13	7	23	6	49
完全正答	4	11	—	—	15
合計	20	23	34	22	99

TABLE 4 「3つ山問題」のグループ・時期別平均点

単位:点	下降	変化なし	上昇・小	上昇・大	平均	
下位	I	10.3	10.6	7.1	6.9	7.8
	II	3.7	—	10.4	19.3	13.9
上位	I	21.7	25.0	23.9	18.3	22.8
	II	16.7	—	26.8	27.7	24.0
完全正答	I	29.0	29.0	—	—	29.0
	II	27.0	29.0	—	—	28.5
平均	I	21.5	23.8	18.5	10.0	16.4
	II	16.8	—	21.5	21.5	19.0

上述の各グループごとに, 各下位能力の正答率が上昇したかどうかを, 2項分布による片側検定でみると, TABLE 5の3か所において有意な上昇がみられた。

さらに, 「3つ山問題」と下位能力との関連を一層明

TABLE 5 有意な正答率の変化を示した下位能力

グループ	下位能力	有意水準
下位×上昇小	2次元射影	5%
上位×上昇小	左右・前後の合成	1%
上位×上昇小	2次元射影	5%

瞭にするために, (下位)(上位)(完全正答)の3カテゴリー内において, 各(変化なし)グループと他のグループとの比較を行った。(変化なし)の3グループにおける, 下位能力の変化は, 自然な誤差の範囲を示すものと考えられたからである。それ故, (変化なし)グループをコントロール群, その他のグループを実験群とみなし, 両者の比較を行った。この比較においても有意な違いのみられた下位能力は, 「3つ山問題」との関連が一層明瞭に示されたものといえよう。検定はカイ2乗検定により, TABLE 6に示された3か所において有意差がみられた。

TABLE 6 (変化なし)グループとの比較において有意な変化を示した下位能力

グループ	下位能力	有意水準
下位×上昇小	2次元射影	5%
下位×上昇大	他視点の理解	5%
上位×上昇小	左右・前後の合成	1%

なおこの時, 各グループにおける第I期の下位能力の正答率が異なっている可能性も考えられたため, 第I期の(下位)~(完全正答)の3カテゴリー内において, グループ間の下位能力の正答率の違いをみてみた。検定はカイ2乗検定により, TABLE 7に示された5か所において有意差がみられた。

TABLE 7 「3つ山問題」グループ間における第I期の下位能力正答率の比較

グループ間	下位能力	有意水準
(下位×上昇小)	2次元射影	5%
<(下位×変化なし)		
(下位×上昇小)	2次元射影	5%
<(下位×上昇大)		
(上位×下降)	他視点の理解	1%
<(上位×上昇小)		
(上位×下降)	他視点の理解	5%
<(上位×上昇大)		
(上位×下降)	左右の相対性	5%
<(上位×上昇大)		

考察

TABLE 5とTABLE 6より, 「左右・前後の合成」と「2次元射影」の2つの下位能力が, 特に「3つ山問題」の解決能力と関連が深いのではないかと考えられた。また, 「他視点の理解」の能力についても, 先の2つ程ではないが, ある程度の関連がみられたと考えてよいであろう。

「2次元射影」は, 主として(下位)×(上昇小)のグルー

ブにおいて有意な変化がみられた。このグループは、第Ⅰ期における「3つ山問題」得点が(変化なし)や(上昇大)のグループよりも有意に劣っている。さらに「3つ山問題」の得点が、上昇後によりやく(下位)×(下降)や(下位)×(変化なし)グループの第Ⅰ期の成績に至ったとみることができる。以上の点より、この(下位)×(上昇小)のグループにおいては、「2次元射影」という能力が、第Ⅰ期においては不十分であったのが、第Ⅱ期に至ってある程度獲得され、それによって他のグループよりも劣っていた「3つ山問題」解決能力がようやく同程度の域にまで達したのだ、とみることができよう。

また、「他視点の理解」については、(下位)×(上昇大)のグループにおいて変化がみられた。このグループは、第Ⅰ期における正答率が、先述の(下位)×(上昇小)グループと同程度であったのに、変化後には上位群と同程度にまで達している。以上の点より、このグループにおいては、「他視点の理解」の獲得に伴う変化が、「2次元射影」によるものよりも大であった、と考えることができよう。さらに、第Ⅱ期に至って「3つ山問題」得点が下降した上位のグループについては、この「他視点の理解」の能力が、十分身についてなかったことが示されている(TABLE 7 参照)。

最後に「左右・前後の合成」についてみると、(上位)×(上昇小)のグループにおいて有意な変化がみられる。また、このグループの「3つ山問題」得点は、第Ⅰ期ではほぼ上位群の平均と同じであった。これらの点から、他の下位能力を獲得した後にこの能力は獲得されるのであり、それによって、「3つ山問題」解決能力はほぼ完成に至るのではないかと考えられた。

しかし、本実験においてはまだいくつかの問題点が残されている。

まず第1に、下位能力の獲得によって「3つ山問題」解決能力が変化するとしたが、はたして本当に、それが因果関係のあるものなのか、それともただ単に同期的な発達現象を示したものにすぎなかったのかが、本実験においては明確にし得なかった、ということである。

第2に、下位能力相互の関連が示されていない、ということである。特に、下位能力が相互に影響を及ぼしあったり、「3つ山問題」解決能力に対して、2つの下位能力が交互作用的な影響を及ぼしたりすることがあるのか、という点が明確にされねばならない。

そこで、以上の2点を明らかにし、今後の研究方向を示す指針を得るために子どもに対して下位能力を訓練し、それが「3つ山問題」に及ぼす効果を調べることにした。

実験 2

目的

本実験においては、先の実験1において問題とされた、下位能力と「3つ山問題」との因果関係の有無、及び、下位能力間の関連について調べることを目的とする。

下位能力としては、実験1において「3つ山問題」と特に深い関連のみられた、「2次元射影」・「他視点の理解」・「左右・前後の合成」の3種のみを取り上げる。そしてこれら3種の下位能力を訓練することによって、「3つ山問題」解決能力に何らかの変化がみられるか否か、また、そうした影響を及ぼすにあたって、交互作用がみられるか否かを調べる。

方法

被験者：保育所の幼児27名(4～6歳、男子15名、女子12名)と小学校の児童20名(6～7歳、男子10名、女子10名)の計47名について実施。この中には、実験1において用いられた被験者は、含まれていない。

実施日：保育所の幼児は、1985年6～7月に、小学校の児童については、同年10～11月に行った。

課題：実験1と同じ「3つ山問題」3種と、「2次元射影」・「他視点の理解」・「左右・前後の合成」の3つの下位能力を用いる。また訓練用課題として、各下位能力課題の類似課題を用いる。この課題においては、2種の教示を与えることによって、子ども自身で正答に至ることを意図している。まずステップ1の教示は、子どもの注意を喚起することによって正答に至らせようとするものであり、「……を見てごらん」というような教示を与える。対してステップ2は、より具体的な教示を与えて、子どもに課題内容を学習させようとするもので、例えば、「このようになってなければならぬでしょう」というような教示を与える。それでも自ら正答に至ることができない者に対しては、実験者が正答を示してやり、1回分の訓練を終了する。それぞれの訓練課題の内容は、次の通りである。

「2次元射影」訓練課題；「2次元射影」における“ビン・ボール・積み木”の代わりに、“カン(赤)・クマの絵のついた積み木・ボール(青)”を用いる(FIG. 5 参照)。まず、子どもに答えさせて失敗するのを確認した後、次のような教示を与える。ステップ1の教示は、「ここからクマさんは全部見えているのかな」といった種のものであり、これで正答に至ることができればこれ以上の教示は与えない。正答できなければ、「クマさんは、ボールでみえなくなっているね。それと同じになるようにしてごらん」といった種の、ステップ2の教示を

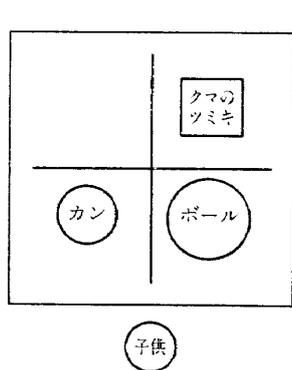


FIG. 5 「2次元射影」訓練課題刺激布置

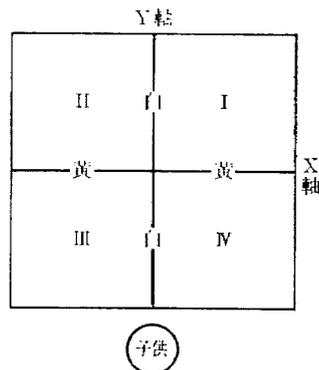


FIG. 6 「左右・前後の合成」訓練課題刺激布置

与える。

「他視点の理解」訓練課題；「他視点の理解」における“犬のぬいぐるみ”の代わりに，“汽車のおもちゃ”を用いる。このおもちゃには，子どもから向かって右側に運転手が乗っている。まず，子どもが失敗するのを確認した後に，ステップ1では，“ここからみると運転手はどんなに見えるのかな”といった種の教示を与え，それでも正答に至らなければ，ステップ2の教示を与える。ステップ2ではまず，子どもを問題となっている位置へ移動させた後に，“ここから見ると，汽車はどんなに見えなくちゃいけなかったのかな”という教示を与え，その地点からの汽車のみえを選択カードの中から選ばせ，正答を確認させる。その後再び子どもをAの位置に戻し，同様の手続で，他の地点に対する問いを行ってゆく。

「左右・前後の合成」訓練課題；「左右・前後の合成」の赤と青の積み木の代わりに，黄色と白色のブロックを用いる (FIG. 6 参照)。まず，子どもが失敗するのを確認した後に，ステップ1は，“両方の写真と同じになる”ところに，お人形さんはいるのかな”といった種の教示を与え，それでも正答に至らなければ，ステップ2の教示を与える。ステップ2では，刺激布置のブロックをいくつか取り去ることによって場面を簡素化し，その上で再試行させる。取り去るブロックの位置及び個数については，例えば次のようである。FIG. 6 において「I」が正答に対して，子どもが「II」を答えた場合，左側の黄色のブロックをまず取り除く。それでも正答に至らなければ，下の白色のブロックも取り除く，という手順によって段々と不必要な部分から減らし，選択の余地を狭めてゆく。

手続：実験は，全て個別実験である。また，4～6歳児（以下“幼児”と呼ぶ）と6～7歳児（以下“児童”と呼ぶ）は独立に実験・分析を行い，年齢差による訓練効果の違いをみる。まず，下位能力3種について課題を通過でき

るか否かを調べ，その結果より，全て通過した者を除き残りの者を以下の実験の被験者として用いる。

Pre-Test 及び Post-Test として「3つ山問題」を実施し，その間に下位能力の訓練課題をランダムな順序で挿入する。訓練すべき下位能力の組み合わせは，3種の下位能力に対してそれぞれ，訓練有り・無しの2通りなので，計8グループが作られる。Pre-Test の「3つ山問題」得点によって，なるべく均質なグループになるように各被験者が振り分けられる。各訓練課題において独力で正答に至るまで訓練が繰り返され，訓練がなされない課題については，訓練時間中は代わりに日本版 WISC-R の絵画完成課題を実施する。訓練終了後，訓練効果のオリジナルな課題への転移を確認するために，訓練を行った下位能力に関して再び課題を与え，失敗して訓練効果が不十分とみなされた者は，実験より除外する。通過した者について，Post-Test としての「3つ山問題」を実施し，Pre-Test における成績との比較を行う。

結果

被験者は最終的には，幼児・児童とも8名が残った。幼児は，各訓練グループに1名ずつが振り分けられている。児童は，“他視点の理解”の課題に失敗した者がほとんどいなかったため，残り2つの下位能力について4種の訓練グループを設け，各グループ2名ずつを振り分けた。

幼児8グループ，児童4グループにおける，訓練による「3つ山問題」得点の変化は，TABLE 8 に示されている。なお，この時の「3つ山問題」得点の算出は，実験1におけるのと同様のカテゴリー化を用い (TABLE 1, 2 参照)，さらに TABLE 2 に示される各カテゴリーの数量化値をそのまま用いて行われた。それ故，実験2における「3つ山問題」の各反応は，実験1と同様のウェイトづけがなされたことになった。

TABLE 8 訓練による「3つ山問題」の変化
幼児 (4～6歳) 児童 (6～7歳)

合成 訓練 有り	2次元射影		合成 有り	2次元射影			
	訓練有り	訓練無し		訓練有り	訓練無し		
他 視点	有	+2.13	+1.86	合 成	有	+2.25	+0.93
	無	+0.13	+2.41		無	+2.07	+0.30
合成 無し	2次元射影		他 視点	2次元射影			
	訓練有り	訓練無し		有	無		
他 視点	有	+4.11	-0.69	有	+2.86	+0.97	
	無	+2.86	+0.97	無			

注：児童のみ数値は被験者2名の平均値である

処理は，分散分析を行い，その結果が TABLE 9 に示

TABLE 9 分散分析による各変動因の効果

	変動因	平均平方	自由度	F値
5	2次元射影 (A)	2.738	1	182.53 *
	他視点の理解 (B)	0.135	1	9.0
6	左右・前後の合成 (C)	0.065	1	4.33
	交互作用 (A)×(B)	3.727	1	248.47 *
7	交互作用 (B)×(C)	0.433	1	28.87
	交互作用 (C)×(A)	9.461	1	630.73 *
	交互作用 (A)×(B)×(C)	0.015	1	1.01
6	2次元射影 (A)	5.645	1	0.63
	左右・前後の合成 (C)	0.583	1	0.07
7	交互作用 (A)×(C)	0.259	1	0.03

*……5%有意

されている。主効果としては、幼児において「2次元射影」が、5%有意で「3つ山問題」に変化を引き起こしている。これは、訓練によって「3つ山問題」得点に有意な上昇がみられたものである。また、交互作用としては、同じく幼児において、「2次元射影」×「他視点の理解」と「2次元射影」×「左右・前後の合成」が、両方とも5%有意で効果がみられた。「2次元射影」×「他視点の理解」の交互作用とは、両方の下位能力を同時に訓練することが、「3つ山問題」得点の上昇に対して効果を持つことを示している。対して「2次元射影」×「左右・前後の合成」の場合には、「2次元射影」のみを訓練するのが最も効果が大きく、次いで「左右・前後の合成」のみ、両方の下位能力を同時に訓練する、両方とも訓練しない、の順であった。なお、児童については、訓練による効果がみられていない。「2次元射影」を訓練した時としない時とでは、「3つ山問題」の変化にかなり違いがみられるが、この場合誤差変動が大きすぎて有意差は示し得なかった。

考察

幼児における主効果より、「2次元射影」の訓練が、「3つ山問題」解決能力の上昇に対して有意な効果を持つことが明らかとなった。「2次元射影」という下位能力課題では、特に2次元平面上において前後関係は重なりで表現されるという知識が、中心となっている。というのも、対象とされた4～6歳児において、刺激布置の左右関係を正しく表現できなかった者は皆無であり、誤答は全て前後関係についてのものであったからである。それ故、この場合訓練を受けた者は、前後関係を正しく重なりで表現することを学習したのだ、とみなすことができよう。

「3つ山問題」において用いられた3種の課題（「カード選択課題」・「地点選択課題」・「構成課題」）のうち、「2次元射影」の訓練と直接係わりがあったと思われるのは、「構成課題」である。「2次元射影」の課題が、FIG. 1のA

地点からのみえを構成させるものであるのに対し、「構成課題」は、B～Dの各地点からのみえを問うている。この際、もしある地点からのみえに相当する表象を心的にイメージできたとしても、それを平面上に正しく表現する能力がなければ、誤答として分類されてしまうことになる**。「2次元射影」の訓練を受けることによって、「構成課題」における前後関係の誤りが正答に変化し、それが「3つ山問題」得点に反映してくることは、十分考えられることである。

しかしながら実際には、この種の変化を示した子どもはみられなかった。この事実は、「2次元射影」の訓練が、前後関係を重なりで表現するという知識の学習にとどまらず、「3つ山問題」解決能力全体に対して、何らかの異なった形での影響を与えたのではないかと、いう可能性を示している。

次いで幼児における「2次元射影」と「他視点の理解」の交互作用の場合、両方の下位能力とも訓練することが、他の条件に比してより大きな効果をもたらしている。また、「他視点の理解」は有意な主効果を示してはいない。つまり、「2次元射影」は、単独でも「3つ山問題」解決能力に影響を与え得るが、「他視点の理解」を訓練することによって、一層その効果が増大する。一方「2次元射影」と「左右・前後の合成」の交互作用の場合、それぞれの課題を単独で訓練した方が、両方同時に訓練したり、ましてや両方訓練しなかったりするよりも、より大きな訓練効果を持つことが示された。「左右・前後の合成」は、主効果では有意な影響力を持たなかったのだが、それにもかかわらず、「左右・前後の合成」のみの訓練よりも2つの下位能力とも訓練した方が、訓練効果が小さかったのである。このことから先の場合とは違って、今度は両課題の訓練が、互いの影響力を妨害し合ったものと考えられた。

ただし、本実験の場合各訓練条件に振り分けられた被験者数が1名ずつと少なく、ここでの結果をただちに一般化して考えるのは危険であろう。例えば、幼児において、3つの下位能力とも訓練した者と「他視点の理解」と「2次元射影」のみ訓練した者についてみてみよう。この2人の場合 Pre-Test としての「3つ山問題」得点は、前者が-2.50で、後者が-3.75であった。こうした訓練前の能力の違いが訓練効果に何らかの影響を及ぼしていることは、十分に考えられることであり、レディ

** 一方、TABLE 2 に示されるように、誤答の分類には前後関係を重なりで表現する能力は関係しないので、「2次元射影」の訓練効果が誤答の内容の変化に結びつくことは考えられない。

ネスを考慮する必要も生じてこよう。特に、上述したような「左右・前後の合成」の訓練効果を生じさせたものが、「左右・前後の合成」本来の性質であったというよりも、むしろこうした被験者内の要因であった恐れもある。このような理由から、第2実験において得られた結果は、今後の研究方向の指針としてみなし、さらに一層厳密な追試を行ってゆく必要があろう。

全体的考察

本研究より、「2次元射影」・「他視点の理解」・「左右・前後の合成」という3種の下位能力の獲得と、「3つ山問題」に対する子どもの反応との間に、密接な発達の関連性が存在することが示された。特に、実験1より、3種の下位能力は「2次元射影」「他視点の理解」→「左右・前後の合成」の順に獲得されてゆくらしいこと、また、「他視点の理解」はその獲得による「3つ山問題」得点の変化が、他の2つの下位能力よりも大きいことなどが考えられた。実験2からは、「2次元射影」の能力の獲得に伴う「3つ山問題」得点の変化が因果的なものであること、さらに他の2つの下位能力の獲得も、「2次元射影」ほどではないにしろ、「3つ山問題」得点の変化に対して大きな影響力を持つらしいことが推測された。

こうした下位能力の発達順序や、影響力の差については、それぞれの下位能力課題が持つ特性に起因するのではなかろうか。

例えば、Pascual-Leone (1970) や Case (1978) による“M-スペース (M-Space)”の様な情報処理のための容量という概念を用いた説明が可能であろう。つまり、各下位能力の発達順序は、それぞれの課題を解決するのに必要とされる情報処理容量の差に関連し、容量が少なくてすむ課題ほどより早期から獲得されやすいと考えられる。また、「2次元射影」の課題が「3つ山問題」に対して及ぼした因果的効果についても、それが単に知識の学習にとどまらず、「3つ山問題」の解決にあたって必要とされる子どもの情報処理容量の負担を、軽減させる結果となったからであると言える。さらに、「2次元射影」と「他視点の理解」とは、必要とされる容量が少なくてすむために、互いに妨害し合うようなことはないが、「左右・前後の合成」は課題解決により多くの容量を必要とするために、十分な容量を持たない幼い子どもにとっては、「2次元射影」と「左右・前後の合成」とを短期間に同時に訓練することは、過度の負担となったと仮定することができるかもしれない。つまり、訓練を通して「左右・前後の合成」解決のための注意を被験者

の内に喚起することになり、処理に必要とされる容量を無理に確保させたことによって、一定の処理容量しか持たない被験者にとって、「3つ山問題」解決に必要な他の処理のための容量が不足したと考えるのである。

しかしながら、本研究において得られた全ての結果を情報処理容量という量的な観点ばかりから解釈しようとするのは無理がある。質的な違いも考慮してゆかねばならないであろう。例えば、Bickhard (1978) によって示されたような、認知の階層性の問題である。それぞれの下位能力が、どの認知レベルのものであるかによって、「3つ山問題」に対する影響力や下位能力相互の関係が変わってくるということは、十分に考えられることである。つまり、「他視点の理解」の能力の獲得による「3つ山問題」への影響が、他の下位能力に比べて特に大きかったのは、その能力が、より上位レベルのものであったからではないか。Piaget が、「3つ山問題」によって実証しようとした空間表象の変換能力とは、複数の能力の集合体であり、その内の上位レベルの能力に「他視点の理解」が関係していたのであろう。より上位レベルの能力は、それより下位レベルの能力に比べて、発達の変化への影響力が大であると仮定すれば、上記の現象も説明し得る。また、能力の上位・下位レベルの問題は、メタ認知と認知過程 (波多野, 1982)、あるいはメタ記憶と記憶過程 (山内, 1983) という概念に置き換えて考えてゆくことも可能であろう。さらに「2次元射影」に対する「他視点の理解」と「左右・前後の合成」との関係が異なっていたのも、「他視点の理解」がより上位レベルの能力であったことが原因していると考えられるかもしれない。

こうした情報処理容量と認知の階層性の問題については、本研究においては断定し得ず、今後検討してゆかねばならない課題として残された。

付 記

本研究は、1985年度大阪大学大学院人間科学研究科に提出された修士論文の一部を加筆修正したものである。作成にあたり、御指導頂きました、大阪大学人間科学部中西信男教授、梶田叡一助教授に厚くお礼申し上げます。

また、実験をおこなうにあたって御協力頂きました、池田市立呉服、天神の両保育所並びに、大阪教育大学付属池田小学校の先生方と子どもたちに、記して感謝の意を表します。

引用文献

Bickhard, M.H. 1978 The Nature of Developmen-

- tal Stages. *Human Development*, **21**, 217—233.
- Borke, H. 1975 Piaget's Mountains Revisited: Changes in the Egocentric Landscape. *Developmental Psychology*, **11**, 240—243.
- Case, R. 1978 Piaget and Beyond: Toward a Developmentally Based Theory and Technology of Instruction.
- In Glaser, R. (Ed.). *Advances in Instructional Psychology* (Volume 1). Lawrence Erlbaum Associates.
- 吉田甫訳 1984 ピアジェを超えて ——教科教育の基礎と技法—— サイエンス社
- Flavell, J.H. 1978 The Development of Knowledge about Visual Perception. In Howe, H.E. JR. (Ed.). *Nebraska Symposium on Motivation*, **26**, University of Nebraska Press, Lincoln, London.
- Gelman, R. 1976 Cognitive Development. *Annual Review of Psychology*, **29**, 297—332.
- 波多野誼余夫編 1982 認知心理学講座4 学習と発達 東京大学出版会
- Pascual-Leone, J. 1970 A Mathematical Model for the Transition Rule in Piaget's Developmental Stages. *Acta Psychologica*, **32**, 301—345.
- Piaget, J. & Inhelder, B. 1948 *La Representation de L'espace chez L'enfant*. Presses Universitaires de France, Paris. Trans. Langdon, F.J. & Lunzer, J.L. 1956 *The Child's Conception of Space*. Routledge and Kagan Paul, London.
- Shantz, C.U. 1975 The Development of Social Cognition. In Hetherington, E.M. (Ed.). *Review of Child Development Research*, **5**. Chicago University Press, Chicago.
- 田中芳子 1968 児童の位置関係の理解 教育心理学研究, **16**, 87—99.
- 木下芳子 1971 認知的観察におけるメディエーターの役割 ——位置関係の変換の場合—— 教育心理学研究, **19**, 193—201.
- 山内光哉編著 1983 記憶と思考の発達心理学 金子書房
- 渡部雅之 1984 幼児の位置関係の変換に関する発達的研究 教育心理学研究, **32**, 306—309.

(1986年9月8日受稿)