

展開図作成のための3つの方略

城 仁 士*

THREE STRATEGIES FOR MAKING DEVELOPMENT PATTERNS

Hitoshi JOH

This study examined the response levels of making development patterns and the effect of three strategies of teaching for kindergarden children. In Experiment I, 48 children in kindergarden (mean age 4 : 06) were tested on their abilities to construct the development pattern of a cube and to draw the development patterns of a pyramid. In Experiment II, 32 children who participated in Experiment I were divided into the following three training conditions : (a) motor imitation of the process of unfolding the presented solid object ; (b) putting ego-image into the solid object and anticipating the process of unfolding used by children's own body motor image ; and (c) construction of the development pattern used by panels through the picture matching game. The main results were as follows : (1) The effects of training were observed under all conditions ; (2) The analysis of the strategies for making development patterns clearly indicated the differences in effects of teaching among the three conditions. (3) Viewing the efficiencies of the strategies and the stability of responses, it should be concluded the best teaching method is found in condition (b).

Key words : development pattern, response levels, strategy, teaching methods.

空間的視覚化は、数学、理科、問題解決、計算及び推論などの成績と関連していることが先行研究によって明らかにされている (Yate, 1986)。

Smith (1964) によれば、数学科、工業科 (製図、金属加工など) 及び美術科の志願者を選抜するためには、空間に関するテストを行うのが妥当であるとの結論を示している。また、Siemankowski & Macknight (1971) は、理科、数学及び技術を専攻している学生は、専攻していない学生に比べて空間的視覚化はより完成しており、特に、物理専攻者は、三次元概念に関して、より高い視覚化能力をもっていることを明らかにしている。

これらの研究は、いずれも課題として展開図の予想が用いられているが、Fleishman & Dusek (1971) によれば、この課題は、視覚化能力のテスト、あるいは空

間パターンのイメージを他の視覚的配列へ操作したり、変換したりする能力を調べるのに有用であるという。

それでは、このような視覚化能力はどのように獲得されていくのであろうか。

この問題に対する Piaget & Inhelder (1956, 1966) の研究はよく知られている。

Piaget らは、4才児～12才児を対象に、立体を見て展開図を予想する課題を用い、イメージの発達の移行を検討している。その結果、立体を構成する面の回転と展開図の予想は、実際に立体を展開する行為や運動技能に依存すると結論づけ、変形予想イメージの発達と実際に対象を変形する行為との密接な関係を示唆した。

都筑 (1980) は、この点に関して、4才児～5才児を対象に実験的検討を加え、模倣動作群 (立体の展開過程を模倣する) が、他の3群より著しい訓練効果をもたらすことを明らかにした。

* 神戸大学 (Kobe University)

このように Piaget や都筑らの立場は、対象の實在に対し、主体の運動的側面を関与させること、つまり、身体的、運動的インコーディング (encoding) に予想的心像の起源を求めている。

この立場に対し、対象に入りこんで、ものになって、そこから対象を認識するという考え方がある。

これは、佐伯 (1978) の擬人的認識論の立場であり、實在の認識は「視点を動かす」ことであると述べている。対象を認識する場合、まず、“意志”の投入、つまり、視点の設定を行う。具体的には、自己の分身たる“小びと”を無限に生み出し、その“小びと”を対象に派遣し、スミズミにまでかけめぐらせることができたとき、それが、「認識」することであるという。

“小びと”の活動のし方は多様であるが、佐伯は、大きく2つに分ける。第1は、1つの認識対象のまわりをくまなく、すき間なく、連続的に包囲する動かし方である。これを、「包囲型視点活動」と呼ぶ。先の、Piaget らの立場は、この視点活動を模倣動作から検討したものといえる。第2は、認識対象の中に入り込んで、そのものになりきって活動を始める場合で、「湧き出し型視点活動」と呼ぶ。

このように、擬人的認識論では、同一の対象を多様な視点＝シエマでとらえる。

また、Shepard & Metzler (1971) のイメージの回転実験に対しても、「物体に頭や手がついていて、この物体は人間の身体なのだ」と、対象物体に身体感覚を投入すること (Emphathy) によって、判断に要する時間が、傾きの差と無関係にほぼ一定になることを示した (佐伯, 1980)。

さらに第3の見解として、実際に学校教育で行われている展開図指導の原理、すなわち、辺、面の対応関係の意識化を意図した構成活動の立場がある。これは、展開過程とは逆の構成過程を通じて、展開面相互の接合関係に着目させるものである。

立体図形を構成する指導 (6年) における実践例 (川口他, 1969) では、①立体図形の模型を切り開いて展開図を作るという操作をさせるだけでは、図形の構成力は伸びない。念頭で構成できる能力を育てなければならない。②展開図の各要素の形や大きさ、要素間の接続関係などを固定的にとらえるだけでなく、その1つを一定にしたとき、他の要素間の関係を関数的に考察させ、さらに組み立ててできる立体の変化にまで推論させることは、立体の構成力を一層伸ばすことになる。すなわち、展開図の学習では、単に立体の各面の形を知っているだけでなく、その接合関係まで理解していな

なければならない。そのため、辺、面の対応関係を「構成」という操作の中に反映させることが必要になってくるという。

本研究では、展開図の予想課題を用いて、2つの実験を組織し、上述の展開図イメージ形成に対する3つの見解を比較検討する。

そこで、まず実験Iでは、展開図の変形予想イメージの反応水準についての調査を行う。実験IIでは、幼児が親しみを持って取り組めるような展開図課題を用いて、上述の3つの見解を訓練条件として設定し、展開図作成行為の形成度とイメージ化方略の違いについて比較検討する。さらに、形成されたイメージの保持の効果についても検討する。

実験 I (展開図作成行為の反応水準)

目的

都筑 (1980) の先行研究では、イメージが静止的な水準にある幼児であっても、被験児が展開過程を直接観察することが、変形を想像する手がかりになると考察している。そこで、本実験では4、5才児を対象にして、展開過程の一部だけを見せ展開図を作成させる課題を用いて、この期の展開図の予想イメージにどのような反応水準が認められるかを検討することを主な目的とする。

方法

被験児

神戸市内の私立幼稚園より、年少児 (平均年齢4才2か月) 11名 (男子6名、女子5名)、年中児 (平均年齢4才9か月) 37名 (男子18名、女子19名) の計48名が被験児として参加した。

課題と手続

実験は全て個別に行われた。

1) パネル構成課題

まず、被験児とラポールをとったのち、白色アクリル製の上蓋のない箱を提示する。箱にはリボンが掛けられており、リボンをほどくと箱が十字型に広がるように作られている (Fig. 1a)。「このリボンをほどいたら、この箱はどうなるかな (この時、リボンを少しほどいて箱が外側に開く様子を被験児にみせる)。よく考えて、ここにあるパネル (白色アクリルパネル; 正方形6枚、正三角形5枚) を使って、リボンをほどいたときの箱の形を机の上に並べてください。」と教示し、11枚のパネルの中から必要なパネルを選択させて展開図を構成させる。構成し終えたら、立体と構成パネル間の面の対応を行わせる。

2) 描画課題

FIG. 1bに示す四角錐を提示し、「これも、さっきのように広がったらどんな形になるかな、今度は紙に描いてください。」と教示し、描画用紙をわたす。描画し終えたら、立体と描画間で面の対応を行わせる。

いずれも時間は制限せず、描画ができなかった被験児には、パネルを与え構成させる。

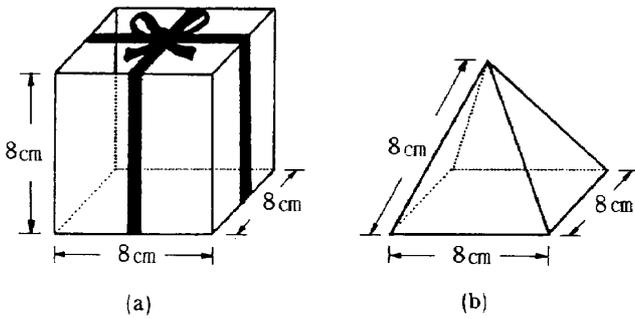


FIG. 1 パネル構成課題(a)と描画課題(b)

結果と考察

1. 反応水準の設定

実験で得たさまざまなパターンのパネル構成、あるいは描画をいくつかの反応水準に分類するために、先行研究(城, 1983)を参考にして、TABLE 1のような評価基準を設定した。表中に示す「基準面」とは、展開の基準となる面(主に底面)のことをいう。

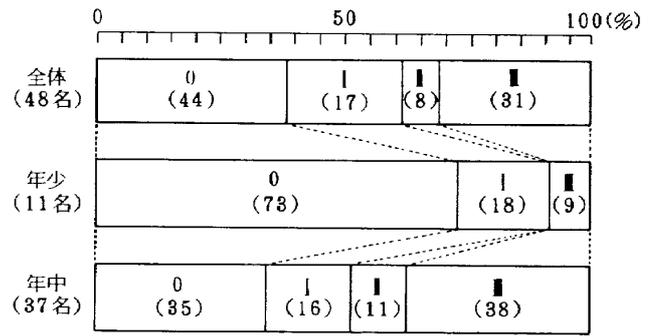
2. 反応水準の人数分布

TABLE 1の基準にしたがって、各被験児の反応水準を分類した結果、FIG. 2が得られた。

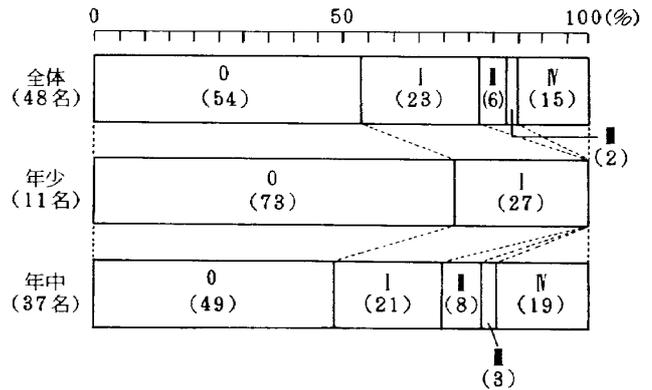
TABLE 1 展開図作成における反応水準

課題	レベル	評価基準
パネル構成課題	0	面の数, 接合のいずれも正しくなく, 基準面を意識していない。
	I	面の数, 接合のいずれかは正しいが, 基準面を意識していない。
	II	面の数, 接合, 基準面のうちいずれか2つが正しい。
	III	正しい展開図を作成する。
描画課題	0	面の数, 形, 接合, 基準面のいずれも正しくない。
	I	面の数, 形, 接合, 基準面のうちいずれか1つが正しい。
	II	面の数, 形, 接合, 基準面のうちいずれか2つが正しい。
	III	面の数, 形, 接合, 基準面のうちいずれか3つが正しい。
	IV	正しい展開図を作成する。

【パネル構成課題】各水準の割合



【描画課題】



※()内の単位は%

FIG. 2 パネル構成課題と描画課題における各水準の割合

まず、パネル構成課題では、レベル0が最も多く44%で、次いでレベルIIIの31%、レベルIの17%、レベルIIの8%となる。しかし、年少児、年中児ごとに分類すると、年少児ではレベル0が73%で最も多く、次いでレベルIの18%、レベルIIIの9%となっている。レベル0が多く出現する原因としては、これらの子どもの多くがパネルで模型と同一な立体を作ろうとすることから、まだ立体を「ひろげる(展開する)」という意味を理解していないのではないかと、ということが推察される。一方、年中児では、レベル0が35%、レベルIIIが38%と水準にばらつきがみられる。年中児のレベル0では、展開の意味は理解しているようであるが、「田」型の展開図が多く認められる。

また、描画課題においては、全体でレベル0が54%で最も多く、次いでレベルIの23%、レベルIVの15%、レベルIIの6%、レベルIIIの2%となっている。年少児のみではレベル0が73%で最も多く、次いでレベルIの27%、レベルII~レベルIVは全くみられない。年少児では全く取り組めない被験児がほとんどである。年中児では、レベル0が49%で最も多く、次いでレベルIの21%、レベルIVの19%、レベルIIの8%、レベ

ルIIIの3%となっている。この時点ですでにレベルIVに達している被験児には、基準面である正方形(底)から描きはじめる場合が多い。

描画課題(四角錐)がパネル構成課題(箱)に比べ成績が低かった原因として、抽出されるべき面が正三角形と正方形の2種類あること、描画能力が関係してくること(特に三角形)があげられる。

以上のことから、年少児では展開図作成能力が未発達であること。さらに、年中児においてはすべてのレベルが認められることから、この時期からある程度のレディネスが獲得され始めていることが明らかになった。

実験II(展開図作成行為の形成)

目的

本実験では、実験Iで確認された反応水準にもとづいて、展開図予想イメージが下位水準にある子どもたちを対象に、3つの条件で予想イメージの形成を試み、それぞれの条件下でのイメージの形成度とイメージ化方略の特徴を検討することを目的とする。

与える訓練条件は以下の通りである。

1) 展開過程の模倣を行うことによって、変形予想イメージを外的な運動動作として表現することがイメージ形成を促進するという見解を確かめるために、被験児みずから展開過程を模倣する条件を設定する。

2) 佐伯の見解から、被験児が展開過程を身体感覚によって自分と同一化することで、イメージ形成を促進するという仮説を確かめるために、被験児に人間が描かれた大きな箱(各面が、頭-胴-右手-左手-足となっている)を与え、その箱に「なる」という条件を設定する。

3) 被験児が面と面の関連性(特に底面との関係)および構成段階を意識することにより、予想イメージが形成されやすくなるという仮説を確かめるために、被験児に5枚の絵のついたパネルを与え、このパネルの絵あわせ(構成)をさせる。

方法

1. 被験児及び実験計画

実験Iに参加した幼稚園児の中から、年少児11名(平均年齢4才2か月、男子6名、女子5名)、年中児21名(平均年齢4才10か月、男子10名、女子11名)の計32名が被験児として参加した。これらの子どもはすべて、正しい展開図が描けない水準であり、各群が反応水準、年齢、性においてなるべく等質になるように3群に分けられた。

夏休み前に幼稚園児の実態を知るために前テスト①を実施した。その中から、いずれも正しい展開図が描

けない水準の園児を抽出し、被験児とした。約1か月半の夏休み期間をはさんで、被験児の反応水準に大きな変化がないことを確かめ(前テスト②)、訓練に入った。また、訓練直後に後テストを実施した。更に1か月後、訓練効果の定着を調べるため、遅延テストを実施した。

2. 実験期間、場所、実験者

実験は、1989年7月中旬から11月上旬まで、約3か月半にわたって実施した(前テスト①:7月中旬、前テスト②:9月中旬、訓練:9月下旬、後テスト:9月下旬、遅延テスト:11月上旬)。テスト及び訓練は、2名の訓練者によって幼稚園の1室を利用して、すべて個別に行われた。訓練時間は各群とも一人あたり30分前後であった。

3. 効果テスト

1) 前後テスト

訓練効果を評価するために訓練前に2回、訓練直後に1回、次の2種の課題を与えた。

A) パネル構成課題(立方体の箱、蓋なし)

B) 描画課題(四角錐)

である。これらは実験Iと同一課題である。

2) 遅延テスト

訓練効果とその後も継続して定着しているかを評価するために、前後テストと同じ2課題を訓練1か月後に実施した。

4. 訓練手続

① 模倣動作群

<教材>

厚紙(16cm L×8cm W)、白色アクリル製の箱(実験Iに使用したものと同一)。

<課題と手続>

実験者が、半分に折った厚紙を手に持ち、「この四角をこんなふうの開くよ。」と言いながら、折った厚紙の上部を手で開く真似をしてみせる。被験児にも真似をさせ、うまくできることを確かめた後で、白色アクリル製の箱を提示して、「今やってみたいに、どんなふうの開くか真似をしてみよう。」と言って、箱の底面を基準面にして4面全ての展開過程を模倣させる。この時、被験児には一面ずつ真似をさせ、その度の実験者がその面を開いていく。この手続は、都筑(1980)と同一である。

② “なる視点”群

<教材>

箱の両面に人間を描いたダンボール箱(45cm立方; Photo 1)。各面が、それぞれ頭、胴、右手、左手、足となるように描いてある。

描画用紙 (A4版)。

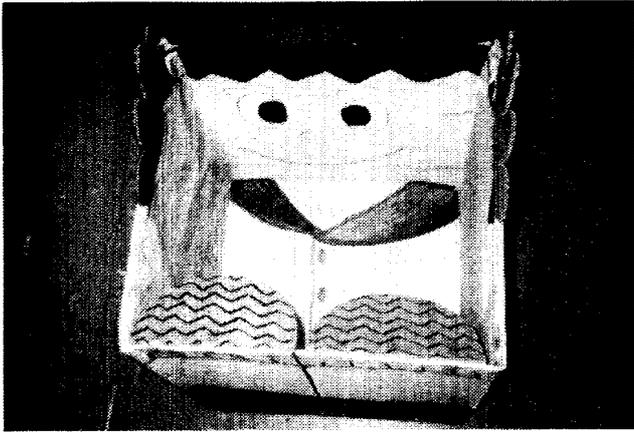


Photo 1 “なる視点”群のための教材

〈課題と手続〉

被験児の前方に Photo 1 に示す箱を提示する。この時、箱の開口部が上になるように置く。物語風の教示により状況設定をする。そして被験児をその箱の人間と一体化させる。

教示は次の通りである。

「実はね。〇〇ちゃんがお母さんの言うことをあんまり聞かないので、お母さんは怒って、〇〇ちゃんに魔法をかけてこんなふうに箱に閉じ込めてしまったのよ。だから、この箱の人は〇〇ちゃんなの。いい？この箱の人になったつもりで考えてね。

見てごらん。ここが〇〇ちゃんの頭だよ。(以下、右手、左手、お腹、足を順に示す)。箱になった気持ちは？窮屈だね。じゃあ、手足を広げて畳の上に乗って楽になろうね。」

ここまで教示し、被験児に対し、自分の身体を動かさずに箱になった自分をイメージさせる。

(A)イメージ条件

「頭の中だけで考えてね。まず右手を広げてみましょう。広がりましたね。次は左手を……。全部広がって畳の上に寝ころんだかな。では、この時、箱はどんな形になっているか描いて下さい。顔もつけていいよ。」と教示し、A4サイズの描画用紙に描画させる。

次に、箱の開口部が被験児の方に向くように箱を寝かせ、同様にイメージのみで箱を開かせ、その展開図を描画用紙に描画させる。

(B)動作条件

しかし、イメージ化できない被験児には、次の手順に従って身体動作を加えながら訓練を進めることとした。

「この箱の人と同じ格好をしてごらん。」と言って被験児を寝かせ、その姿勢から頭、左右の手および両足を Photo 1 のように持ち上げさせる。その状態が「箱

になった」ことであることを確認し、頭、左右の手および両足の順にその部分を広げていく。

③絵あわせ構成群

〈教材〉

厚紙で作成された絵あわせパネル5枚 (Photo 2)。パネルの各面には、動物などのシールが半分ずつ貼り付けられており、それらの絵をすべて合わせるとパネルが箱型になるように作られている。また、パネルの各辺には構成しやすいように仮止め剤が塗られた。

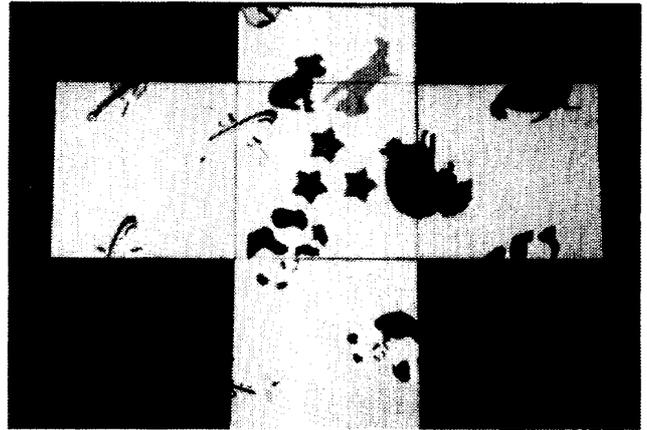


Photo 2 絵あわせ構成群のための教材

〈課題と手続〉

被験児に絵のついたパネルを渡し、「このパネルを並べて何の絵が描かれているか、分かるようにして下さい。」と教示する。被験児が並べた後、その並べられたパネルの形を確認させる。次に「もっとほかの絵もあわせて下さい。」と教示を加え、再びパネルを並べさせ、形を確認させる。これを数回繰り返すことによって、どのような展開図からでもパネルの絵あわせがうまくいけば、箱ができることを確認させる。

結果と考察

1. 訓練の効果

訓練による展開図予想イメージの反応水準の変化を訓練条件別に示したものが TABLE 2 である。表中の数字は反応水準をそのまま得点化したものである。

模倣動作群，“なる視点”群，絵あわせ構成群の3条件間でその平均値を比較すると、いずれの場合も訓練後の平均値は、前テストのそれよりも高い値を示している。さらに詳しく分析するために被験児間要因を訓練条件，被験児内要因を前後テストとする3×3の2要因分散分析を行った。

パネル構成課題については、訓練条件の主効果 [F(2,29)=1.69]，訓練条件×前後テストの交互作用 [F(4,58)=1.11] は有意でなかった。しかし、前後テスト

TABLE 2 訓練前後における反応水準の変化

	パネル構成課題				描画課題				
	前テスト①	前テスト②	後テスト	遅延テスト	前テスト①	前テスト②	後テスト	遅延テスト	
① 模倣動作群	1	0	0	1	2	0	0	0	1
	2	0	2	3	3	0	1	1	1
	3	0	3	3	3	2	3	4	4
	4	1	1	1	3	0	1	1	4
	5	3	3	3	3	2	2	2	2
	6	0	0	1	1	0	0	1	2
	7	1	0	1	1	0	0	0	0
	8	0	1	3	3	0	3	4	4
	9	2	0	2	1	2	1	3	3
	10	1	3	3	3	0	1	3	3
平均	0.80	1.30	2.10	2.30	0.60	1.20	1.90	2.40	
② “なる視点”群	1	0	0	3	3	0	0	2	3
	2	3	3	3	3	0	0	3	4
	3	0	1	3	3	0	0	0	4
	4	1	3	3	3	0	1	4	4
	5	1	1	3	3	4	3	4	4
	6	1	3	3	3	0	0	3	2
	7	0	0	3	3	1	2	2	3
	8	3	3	3	3	0	1	4	4
	9	2	3	3	3	1	0	4	4
	10	0	0	3	3	0	0	3	3
	11	2	2	3	3	0	4	4	3
平均	1.18	1.72	3.00	3.00	0.55	1.09	3.00	3.45	
③ 絵あわせ構成群	1	0	0	1	3	1	1	2	2
	2	0	0	3	2	0	0	0	0
	3	0	0	3	3	0	0	3	3
	4	1	1	3	3	1	1	2	3
	5	0	3	3	3	0	0	3	3
	6	3	1	3	3	0	2	2	4
	7	0	1	3	3	1	2	3	4
	8	0	0	3	3	1	2	4	4
	9	2	2	3	3	1	4	4	4
	10	0	3	3	3	0	2	2	3
	11	0	1	3	3	0	0	2	4
平均	0.55	1.09	2.82	2.91	0.46	1.27	2.45	3.09	

の主効果 [F(2,58)=37.64, p<.01] は有意であった。そこで、前後テスト間のどこに差が認められるのかをt検定によって確かめたところ、前テスト①と前テスト②の間で有意差はなく(t=1.81, df=62)、前テスト②と後テストの間に1%水準で有意差が認められた(t=4.94, df=49)。このことから、高次の反応水準への移行は訓

練による効果であるといえる。

描画課題についても同様に、訓練条件の主効果 [F(2,29)=0.29]、訓練条件×前後テストの交互作用 [F(4,58)=0.73] は有意ではなかった。しかし、前後テストの主効果 [F(2,58)=40.57, p<.01] は有意であった。そこで、前後テスト間のどこに差が認められるのかをt検定によって確かめたところ、前テスト①と前テスト②の間では5%水準で有意差が認められた(t=2.42, df=57)。また、前テスト②と後テストの間では1%水準で有意差が認められた(t=3.98, df=62)。前テスト①と前テスト②の間に有意差が認められたことから、描画課題の場合、反応水準の自生的な発達の移行がありうることが示唆される。しかし、前テスト②と後テストの間が短期間にもかかわらず、水準が大きく変動しているのは、やはり訓練によるものと推察される。

次に、後テストにおいて展開図作成に必要な要素的操作(面の数の抽出、面の接合、基準面の設定、および描画課題にあっては面の形の抽出)がどのように正確に遂行されたかを、TABLE 3 に示す。表中の数値は、当該の要素的操作が正確にできたとき1、できなかったとき0を与え、その平均値を算出したものである。

TABLE 3 後テストにおける要素的操作の正確度

		①模倣動作群	②“なる視点”群	③絵あわせ構成群
パネル構成	面の数	0.60	1.00	0.91
	面の接合	0.90	1.00	1.00
	基準面設定	0.60	1.00	0.91
描画	面の数	0.40	0.73	0.73
	面の形	0.20	0.55	0.27
	面の接合	0.80	0.82	0.73
	基準面設定	0.40	0.91	0.82

*数値は、当該の操作ができた場合を1、できなかった場合を0として、その平均をとったものである。

パネル構成課題において、被験児間要因を訓練条件、被験児内要因を展開過程における要素的操作(面の数の抽出、面の接合、基準面の設定)とする3×3の2要因分散分析を行ったところ、要素的操作の主効果 [F(2,58)=2.44]、訓練条件×要素的操作の交互作用 [F(4,58)=1.10] は有意ではなかったが、訓練条件の主効果 [F(2,29)=4.83, p<.05] が有意であった。

そこで、後テストにおいて模倣動作群と“なる視点”群、模倣動作群と絵あわせ構成群について有意差が認められるのかをt検定したところ、模倣動作群と“なる視点”群では5%水準で有意差が認められた(t=2.86,

df=8)。また、模倣動作群と絵あわせ構成群では傾向性 ($t=2.02$, $df=19$) が認められた。

描画課題についても、後テストにおいて被験児間要因を訓練条件、被験児内要因を展開過程における要素的操作(面の数の抽出、面の形の抽出、面の接合、基準面の設定)とする 3×4 の2要因分散分析を行ったところ、訓練条件の主効果 [$F(2,29)=2.31$], 訓練条件 \times 要素的操作の交互作用 [$F(6,87)=1.17$] は有意ではなかったが、要素的操作の主効果 [$F(3,87)=8.74$, $p<.01$] が有意であった。

そこで、後テストにおいて要素的操作間のどこに有意差が認められるかを t 検定したところ、面の形と他の3つの要素的操作の間にいずれも1%水準で有意差が認められた。(面の数; $t=2.31$, $df=62$, 面の接合; $t=3.84$, $df=62$, 基準面; $t=3.19$, $df=62$)。なお、他の要素操作間には有意差は見出せなかった。

以上のことから、2課題を通じて訓練効果はすべての条件下で検出され、前テストから後テストへ水準が上昇しているといえるが、3条件間では訓練効果の程度に差は認められなかった。しかし、後テストにおける展開図作成時の要素的操作の正確度という観点から分析してみると、1) パネル構成課題では、“なる視点”群が模倣動作群に比べて、要素的操作の習得水準が高い。2) 描画課題では、どの条件下でも、面の形の抽出が他の3つの要素的操作に比べ困難度が高い、という2点が明らかになった。

2. 展開図作成方略の分析

展開図作成方略を分析するため、特に基準面の設定に着目した。なぜならば、基準面は面の展開の基準となるもので、展開図作成過程全体に大きく影響するからである。TABLE 4 は、展開図作成過程において、子どもたちがどのようにこの基準面を設定したかをタイプ別に分類したものである。TABLE 5 には、訓練条件別に各タイプの人数分布を示した。

TABLE 4 展開図作成方略のタイプ

作成過程		タイプ
基準面より作成する。		A
作成過程に一定の順序性がある。	基準面を展開過程に設定する。	B ₁
	基準面を取り囲むように他の要素面を配置し、最後に基準面を設定する。	B ₂
試行錯誤を繰り返す途中で基準面が偶然設定される。		C
基準面を設定しない。		D

TABLE 5 3条件下における各方略タイプの割合

		①模倣動作群	②“なる視点”群	③絵あわせ構成群
パネル構成課題	A	3(30)	4(36)	5(46)
	B ₁	0(0)	6(55)	0(0)
	B ₂	1(10)	1(9)	1(9)
	C	2(20)	0(0)	4(36)
	D	4(40)	0(0)	1(9)
計		10(100)	11(100)	11(100)
描画課題	A	3(30)	6(55)	6(55)
	B ₁	0(0)	3(27)	0(0)
	B ₂	2(20)	0(0)	1(9)
	C	0(0)	1(9)	2(18)
	D	5(50)	1(9)	2(18)
計		10(100)	11(100)	11(100)

※ ()内の数値は%値

模倣動作群では、基準面のない展開図を作成した割合が構成課題では40%、描画課題では50%と、他の2群に比べ非常に多い。これは、抽出された面(側面)は模倣動作がなされるのに対して、基準面は操作されないことで意識化が困難なためと思われる。

“なる視点”群では、B₁タイプが目立っており、すべての展開過程において、まず被験児から一番遠くにある側面を展開している。この面は身体に置換すれば「頭」の部分である。この時期の子どもは、顔と手、足などの“うごくもの”“自分に大切なもの”に興味があるという知見が幼児画の発達研究の中でも指摘されている(小林, 1965)。つまり、胴にはあまり意識がなく、3才では顔から手足がのびている絵が多く、4才になると不安定ながら胴があらわれるという。

また、訓練時にイメージ条件のみで展開図を作成した者は1名のみで、残りの被験児10名は動作条件を必要とした。しかし、2つの条件の間には水準および方略の違いは認められなかった。

絵あわせ構成群では、どちらの課題においてもAタイプが最も多いが、一方でCタイプの割合が他の2群に比べ多い。この群は何種類もの展開図から同一立体が構成できるという訓練を行ったため、特に基準面を意識することなく展開図作成が進められたのではないだろうか。さらにこの群の特徴として、まずパネルで立体を構成してからそれをひろげる「構成→展開図」型が11名中4名(36%)存在したことがあげられる。

また描画課題において、辺、面の接合関係に対する意識の強い展開図も多くみられる。

以上のことを総合すると、3つの訓練条件下で訓練を受けた子どもたちの展開図作成方略の特徴が、次のように浮かびあがってくる。

1) 模倣動作群では、模倣動作が行われない基準面の抽出が困難である。

2) “なる視点”群では、他の2群に比べ訓練効果が高く、幼児の興味深い身体の部分から作成する。

3) 絵あわせ構成群では、基準面の意識が弱く、辺、面の接合関係に対する意識が強い。

3. 訓練の定着

訓練による予想イメージの保持の効果を、先のTABLE 2に示す。

TABLE 2より、3群を通じて、いずれの課題においても下降している被験児は少なく、むしろ平均値では後テストより上昇しているようにみえる。そこで、各群において後テストと遅延テスト間の平均値の差の検定を行ったところ、パネル構成課題ではどこにも有意差は認められなかった。描画課題では、“なる視点”群と絵あわせ構成群において、5%水準で有意差が認められた($t=2.27$, $t=2.62$ いずれも $df=10$)。このことから、パネル構成課題では後テストからそのままイメージ水準が保持されており、描画課題では、“なる視点”群と絵あわせ構成群でむしろ上昇していることが明らかになった。

さらに、遅延テストでのイメージ水準が3群間で差があるか否かをt検定したところ、パネル構成課題において模倣動作群と“なる視点”群では、5%水準で有意差が認められ($t=2.33$, $df=9$)、模倣動作群と絵あわせ構成群では、傾向性($t=1.94$, $df=9$)が検出された。さらに描画課題において、模倣動作群と“なる視点”群では、傾向性($t=2.12$, $df=12$)が検出された。しかし、他の条件間では差異は認められなかった。

以上のことより、3訓練条件下では、反応の安定性、定着性および発達可能性という点からみて“なる視点”群が最も良いといえる。

結論及び総合討論

2つの実験から次のことが明らかになった。

1) 年少児では、展開することの意味さえ理解できていないのに対し、年中児になると部分的にでも展開図を作成できるまでに発達することが明らかになった。

2) 設定した3つの訓練条件は、いずれも訓練効果が著しく、どの条件下でも幼児に十分展開図予想イメージを形成できる。

3) 要素的操作の正確度の観点からは“なる視点”群

が最も良く(パネル構成課題)、要素的操作の中では、どの条件下でも面の形の抽出が最も困難である(描画課題)。

4) 展開図の作成過程において、3つの条件でそれぞれ特徴的な作成方略が存在する。

5) 訓練の定着という点では、“なる視点”群が最も良い。

以上、得られた知見から特に、展開図の作成方略について討論する。

設定した3つの訓練条件(模倣動作群、“なる視点”群、絵あわせ構成群)は、大きく身体的インコーディングと立体の幾何学的ルールにもとづく構成操作に分類される。さらに前者は対象的行為の模倣を通じてのインコーディングと「なる」という身体共感的インコーディングに下位分類できる。

まず模倣動作群では、身体感覚(手)をインコーディングしているという点で、“なる視点”群と共通点があるものの、その身体感覚が身体の一部のみである。そのため、模倣動作の及ぶ範囲が限定され、基準面抽出の欠如といった誤りが多くみられる現象が出現すると考えられる。つまり、模倣動作群では、展開イメージを外的・対象的な運動操作として表現することによりイメージの形成が促進される点に特徴がある。

次に“なる視点”群では、展開を身体イメージを使って共感的に学習していくので、年少児においても展開図作成の導入である「展開」の意味を容易に理解できる点に特徴がある。また、立体と自分を身体共感的に同一化することによりイメージ化方略を明確なものにするのではないかと考えられる。しかし、1つの問題点は、4、5才児では身体感覚が未分化であり、特に胴部への意識が薄いことから、胴と対象の基準面との一体化に困難が生じてくることである。この点に関しては、状況設定を工夫することにより、身体感覚の分化を促進する必要がある。

最後に、絵あわせ構成群は、面の接合関係や辺の対応などの立体の幾何学的性質に着目しながら、それを構成操作という対象的行為の水準で実現していることが特徴である。すなわち、上述の2つの訓練法とは逆の、二次元空間から三次元空間への変換である。模倣動作群や“なる視点”群では基準面を中心に展開する方法が必然的になっていたが、ここでは一種類の展開図にとどまらず、数種類の展開図と立体が多対1対応になっていることを遊びの中から偶然に学んでいる。そのため、基準面が意識されにくく偶然性にたよる部分が大きくなっていくといえる。

以上のことから、4、5才児に対しても展開図に関

する教育を積極的に行えば、変形予想イメージの形成も可能であることが示唆された。しかし、幼児にとって興味深いペルソナでなければ教育の効果は半減してしまうだろう。佐伯(1978)も、「イメージ化」は単なる視覚化ではなく、「全身的」に実在を確かめる気迫を持ち、真に迫る活動でなければならないと指摘している。

そこで、例えば、遊びの要素をふんだんに取り入れた課題によって、幼児に展開図教育の導入として、“なる視点”などの身体共感的インコーディングを用いて展開することの意味や面白さを教えることから始める。次に、発達の経過に伴って立体の幾何学的要素に注目させる学習に移行し、構成活動などの対象的行為を通じて指導するという多段階的な教育計画が今後考えられてもよいであろう。

引用文献

- 1) Fleishman, J.J., & Dusek, E.R. 1971 Reliability and learning factors associated with cognitive tests. *Psychological Reports*, **29**, 523—530.
- 2) 城 仁士 1983 展開図作成行為の発達と形成 心理学研究 **53**, 6, 351—357.
- 3) 川口延 他編 1969 算数教育現代全書5 図形 金子書房
- 4) 小林重順 1965 幼児画の心理 鳳山社
- 5) Piaget, J. & Inhelder, B. 1956 The child's conception of space. London: Routledge & Kegan Paul.
- 6) Piaget, J. & Inhelder, B. 1966 L'Image mentale chez l'enfant. Presses Universitaires de France 久米博・岸田秀(訳) 1975 心像の発達心理学 国土社
- 7) 佐伯 胖 1978 イメージ化による知識と学習 東

洋館出版社

- 8) 佐伯 胖 1980 Empathyによる回転図形の認知 日本心理学会第44回大会発表論文集 225.
- 9) Shepard, R.N., & Metzler, J. 1971 Mental rotation of three dimensional objects. *Science*, **171**, 701—703.
- 10) Siemankowski, F.T., & Macnight, F.C. 1971 Spatial cognition: Success prognostication in college science courses. *Journal of Science Teaching*, **1**, 56—59.
- 11) Smith, I.M. 1964 Spatial ability: Its educational and social significance. San Diego, CA: Knapp.
- 12) 都筑 学 1980 幼児における変形予想イメージの形成 教育心理学研究, **28**, 91—100.
- 13) Yate, L.G. 1986 Effect of visualization training on spatial ability test scores. *Journal of Mental Imagery*, **10**, 1, 81—92.

付 記

本研究は、平成2年度科研費総合研究(A) [課題番号02305007, 研究代表者: 山内光哉] の補助を受けたものである。

本論文は、筆者の指導のもとに行われた五十嵐絵美「展開図作成の方略に関する研究」のデータを、本人の同意を得た上で再構成したものである。五十嵐氏に感謝致します。

調査を依頼した神戸市内の私立高羽幼稚園の諸先生方ならびに被験児になっていただいた園児の皆さんに、心から感謝申し上げます。

(1990年9月7日受稿)