

知識の獲得と体制化に関する発達的研究 I*

——思考の基本的構造について——

一 谷 彊・岡本夏木・野村庄吾

Developmental Study of Acquisition and
Organization of Knowledge (I)

——Basic Structure of Thinking——

Tsuyoshi ICHITANI, Natsuki OKAMOTO and Shogo NOMURA

Received April 30, 1969

人間の知識体制が構築されるメカニズムを学校教育との関連において解明していくことは、精神発達の研究にとって極めて重要な問題である。本研究は、そのような知識体制が、習得と体制化を経て構築されていく過程を、幼稚園から高校期までにわたって、縦断的に研究しようと意図した研究の一部である。

最初にわれわれは、一応、幼稚園児から高校生までを対象に、知能構造ないし思考構造の発達を調べるテスト項目の作成と、社会科学習で子どもが学習すると考えられる中核的な諸概念の体制化を調べるためのテスト項目の作成とに力を注いだ。そして将来、主要5教科について、同様の手続きでテスト項目を作成し、同一個人を幼児期（幼稚園時代）から青年期（高校時代）まで、縦断的に研究を継続していくことによって、主要な概念の獲得と、それがどのようにして知識の体系を再体制化していくのか、こうした過程を詳しく分析したいと考えている。このようなことから、児童・生徒の学習レディネスならびに指導の適時性についてもなんらかの有力な示唆が得られ、教授過程のあり方についても有効な手がかりを提供するものであらうと考える（四方実一ほか、1968）。

さしあたり、この研究では、主要教科における知識の獲得と体制化への研究に進むまえに、児童・生徒の持つ知能または思考の構造を明らかにすることに焦点がしぼられる。特に、今回は、幼児および児童（小学校低学年）までを中心として、思考の構造を検討してみることとする。

目 的

知識が獲得され、体制化されるには、思考の発達との関連を無視することはできない。すなわち、思考の構造を明らかにすることが重要な課題のひとつである。この思考構造について、ここでは、主としてピアジェ達が知能発達に関する研究で使用したテスト（Inhelder and Piaget, 1964）を参考として多少の修正ないし考案を加えて、思考構造をみるためのテスト項目を作成し、主に、幼児と児童（小学校低学年）を中心に、思考構造の発達の傾向をみることを目的とする。

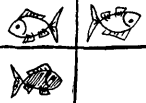
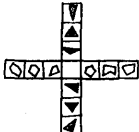
* 本研究は、昭和42年度文部省科学研究費（総合研究：代表者 四方実一）による研究報告の一部である。

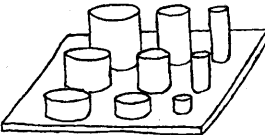
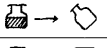
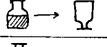
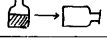
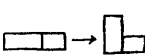
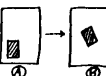
方 法

1. 思考構造テストについて

使用した思考構造テストを、一応、ピアジェ流の範疇に従って列挙し、簡単にそれらの内容を説明すると、表1のようになる。

表1 思考構造テストの内容

カテゴリー	問題番号	問 題	内 容
I 類 の 加 法	8	部分と全体A	(首飾り) 赤8個、白6個の計14個の孔のあいた「はじき」を用いる。部分と全体との関係の理解をみるもので、「赤い「はじき」で首飾りを作ったときと、「はじき」で首飾りを作ったときとでは、どちらが大きな首飾りができるか？」を問う。
	10A	部分と全体B	(男と人間) “人間は男か女かどうかである。男と人間とではどちらが多いか？”を問う。
	10B	部分と全体B	(女と人間) “女と人間とでは、どちらが少ないか”を問う。
	2A	水平分類	(人間・家具・動物) 人間をえがいたカード3枚、家具をえがいたカード4枚、動物をえがいたカード3枚、計10枚のカードを用い、“同じものどうしーしょにして分けよ”という。
	2B	垂直分類	水平分類の可能であった被験者について、“こんどは、2つの組に分けてみよ”と問う。
II 類 の 乗 法	5	マトリックスA	 左図のような図形を印刷した用紙を与え、“ここ(右下)のところへどんな絵(図)を入れたらよいか。ほかのをよくみて考えて書き入れよ”という。
	12	マトリックスB	 左図のような配置で青い魚(白)と赤い魚(斜線)がかかれている。“ここ(右下)のところへ、どんな魚を入れたらよいか。ほかの魚をよくみて、この中(選択肢6個を作成し、青色、赤色で、いろいろな方向に魚がえがかれている。その中に正しいものが1個ある)から選べ”と問う。
	17	交接分類	 左図のような配置で縦の列には、色違いの三角形が配列され、横の列には、同色(緑色)の多角形が配列されている。“ここ(中央の空白部)に、どんなのを入れたらよいか、よく考えて、この中(選択肢6個の図形を用意し、その中に正しいものが1個ある)から選べ”と問う。
	18	交叉分類	(男の大人・男の子ども：女の大人・女の子ども) 男の大人・男の子ども・女の大人・女の子どもをえがいた絵それぞれ2枚、計8枚を用意し、十字に仕切った画用紙(4つの象限からなる)の上に、それら8枚の絵を、よく考えて同じものどうしきみにして分けるようにいう。
III 関 係 の 加 法	4	長さの系列化	(棒ならべ) 4cm から 12cm まで、2cm ずつ異なる5本の棒を用意し、“短いものから順に並べよ”と指示する。
	3A	「中」の概念	直径 8cm, 10cm, 4cm の円板を用意し、この順に配置し大きいものを2つとるようにいう。
	3B		上と同様の円板について、小さいものを2つとるようにいう。
	3C		直径 4cm, 10cm, 5cm の円板を用意し、この順に配置し、小さいものを2つとるようにいう。
	3D		上と同様の円板について、大きいものを2つとるようにいう。
	14A	Rey の図形	中央に、中位の長方形を印刷した長方形の紙を用意し、“この紙にかけの一ばん大きな四角を書け”と指示する。

	14B	Rey の図形	上と同様の用紙に，“今度は、この紙にかけの一ばん小さな四角を書け”と指示する。	
IV 関 係 の 乗 法	6	系列の対応	(円と棒の対応) 直径 2cm から 10cm まで、2cm ずつ異なる 5 個の円板と、4 で用いた(長さの系列化)棒とを使用して、円板を大きい順(小さい順)に被験者の前に並べ，“棒をこの円にあうようにうまく置け”と指示する。	
	11	系列の逆対応	(円と棒の逆対応) 上と同様の材料で、小さい方から 2 番目の円板上に、長い方から 2 番目の棒を置き，“これをよくみて、他の棒をうまく並べよ”と指示する。	
	15	長方形の配列		左図のように、四角が配列されているとき、(4)(5)のところへ，“どんな四角をかけばよいか?”をたずねて書かせる。
	19	重複的系列化		縦の系列には、高さの順に、横の系列には太さの順に配列された 9 個の同筒(左図)を 10 秒間提示したのちに、もとのように再生するように教示する。
V 空 間 概 念	1A	トポロジー空間		左図に示されているような図形を順次にひとつずつ提示して、みたままに描写させる。
	1B			
	1C			
	1D			
	9A	ユークリッド空間		びんに入った水を、右のように傾けたり、さかさにしたり、横にしたりすると、水がどのようになるかを描かせる。
	9B			
	9C			
VI 保 存 性	7A	長さの保存	(棒の長さ) 長さの同じ棒の片方を右側へ目の前で動かしたとき、2 本のうち“どちらが長いか”と問う。	
	7B		上と同様で片方の棒を左側へ目の前で動かしたとき、2 本のうち“どちらが短いか”と問う。	
	13	面積の保存 A		左図の左側のような状態から、右側のように位置をかえたとき、“どちらがひろさ(面積)がひろいかせまいか?”を問う。
	16	面積の保存 B		(牧場) “白い紙(実際は緑色)は牧場で、草が一面に生えている。㊦のように家(牛小屋)(斜線の部分)があるときと、㊧のようなときとは、牛はどちらの方が沢山草を食べることができるか?”を問う。

2. 被 験 者

対象児は表 2 の如くである。いずれも、京都教育大学付属桃山幼稚園児および同付属桃山小学校児童であって、これらの被験者に、昭和 43 年 2 月～3 月の期間に、上述の思考構造のテストを個別に実施した。

結 果 と 考 察

1. テストの通過率について

上述の思考構造テストを実施した結果を、通過率によっ

表 2 被 験 者

学 年		人 数
幼 稚 園	年 少 組	34 名
	年 長 組	63
小 学 校	1 年	77
	2 年	87
	3 年	80
合 計		341

て各学年毎にまとめてみると、表3のようになる。これをまとめて図示したものが図1である。

(1) 「類の加法」の範疇にはいるテストについて

a. 「部分と全体A」(首飾り)の問題は、幼稚園年少組からほとんどのものが通過しており、

表3 思考構造テストの正答率(%)

カテゴリー	問題番号	問 題	幼 稚 園		小 学 校			χ^2 -検 定 (頻数による)
			年 少 (N=34)	年 長 (N=63)	1 年 (N=77)	2 年 (N=87)	3 年 (N=80)	
I 類 の 加 法	8	部分と全体 A	91.1	92.2	97.4	97.7		
	10A	部分と全体 B	67.6	87.5	89.6	96.6	96.2	22.7574 ※※
	10B	部分と全体 B	79.4	95.4	93.5	96.6	100	21.2102 ※※
	10	(10A・10B)	61.8	87.3	88.3	93.1	96.2	241.3939 ※※
	2A	水 平 分 類	11.8	41.3	66.2	89.7	71.2	80.5442 ※※
	2B	垂 直 分 類	2.9	15.9	48.1	58.6	78.8	87.9780 ※※
	2	(2A・2B)	2.9	7.9	35.1	57.5	61.2	73.9629 ※※
II 類 乗 の 法	5	マトリックスA	35.3	60.4	75.3	87.7		36.1845 ※※
	12	マトリックスB			37.7	56.3	70.0	16.6896 ※※
	17	交 接 分 類			61.0	56.3	63.8	
	18	交 叉 分 類				39.1	38.8	
III 関 係 の 加 法	4	長さの系列化	82.3	97.0	94.8	97.7		
	3A	「中」の概念	91.1	100	97.4	98.9		
	3B		73.5	100	97.4	98.9		43.1694 ※※
	3C		91.1	100	97.4	98.9		
	3D		79.4	100	96.1	98.9		
	3	(3A・3B・3C・3D)	73.5	100	96.1	98.9		43.1694 ※※
	14A	Rey の図形	0	3.2	5.2	24.1	66.2	120.7822 ※※
	14B		0	14.3	5.2	23.1	67.5	24.0064 ※※
	14	(14A・14B)	0	3.2	2.6	16.1	57.5	110.2112 ※※
IV 関 乗 係 の 法	6	系列の対応	73.5	93.8	100	96.6	96.2	106.2556 ※※
	11	系列の逆対応	5.9	41.3	75.3	70.1	56.2	58.9589 ※※
	15	長方形の配列			9.1	12.6	26.2	9.7356 ※※
	19	重複的系列化			53.2	72.4	72.5	8.7352 ※
V 空 間 概 念	1A	トポロジー	91.1	100				
	1B		82.3	95.4				
	1C		58.8	44.5				
	1D		82.3	93.8				
	1	(1A・1B・1C・1D)	50.0	41.3				
	9A	ユークリッド空間	8.8	9.5	35.1	48.3	52.5	285.7921 ※※
	9B		23.5	87.5	92.2	97.7	98.8	145.2319 ※※
	9C		23.5	57.2	84.4	82.8	95.0	76.2135 ※※
	9	(9A・9B・9C)	8.8	7.9	29.9	47.1	52.5	29.9398 ※※
V 保 存 性	7A	長さの保存	5.9	57.2	49.4	78.2	60.0	53.9803 ※※
	7B		5.9	49.3	50.7	79.3	55.0	55.1397 ※※
	7		5.9	47.6	46.8	77.0	53.8	52.2412 ※※
	13	面積の保存 A			20.8	69.0	56.2	40.0648 ※※
	16	面積の保存 B				33.3	57.5	9.8381 ※※

(注)・表中空中の部分は、実際に、当該学年の幼児(または児童)にテストを施していないことを示す。
 ・たとえば10(10A・10B)などであるのは、下位問題としてのAおよびBとともに通過したものの通過率を示す。以下同様。
 ・※は5%水準、※※は1%水準以下で χ^2 -検定の結果有意差のあることを示す。

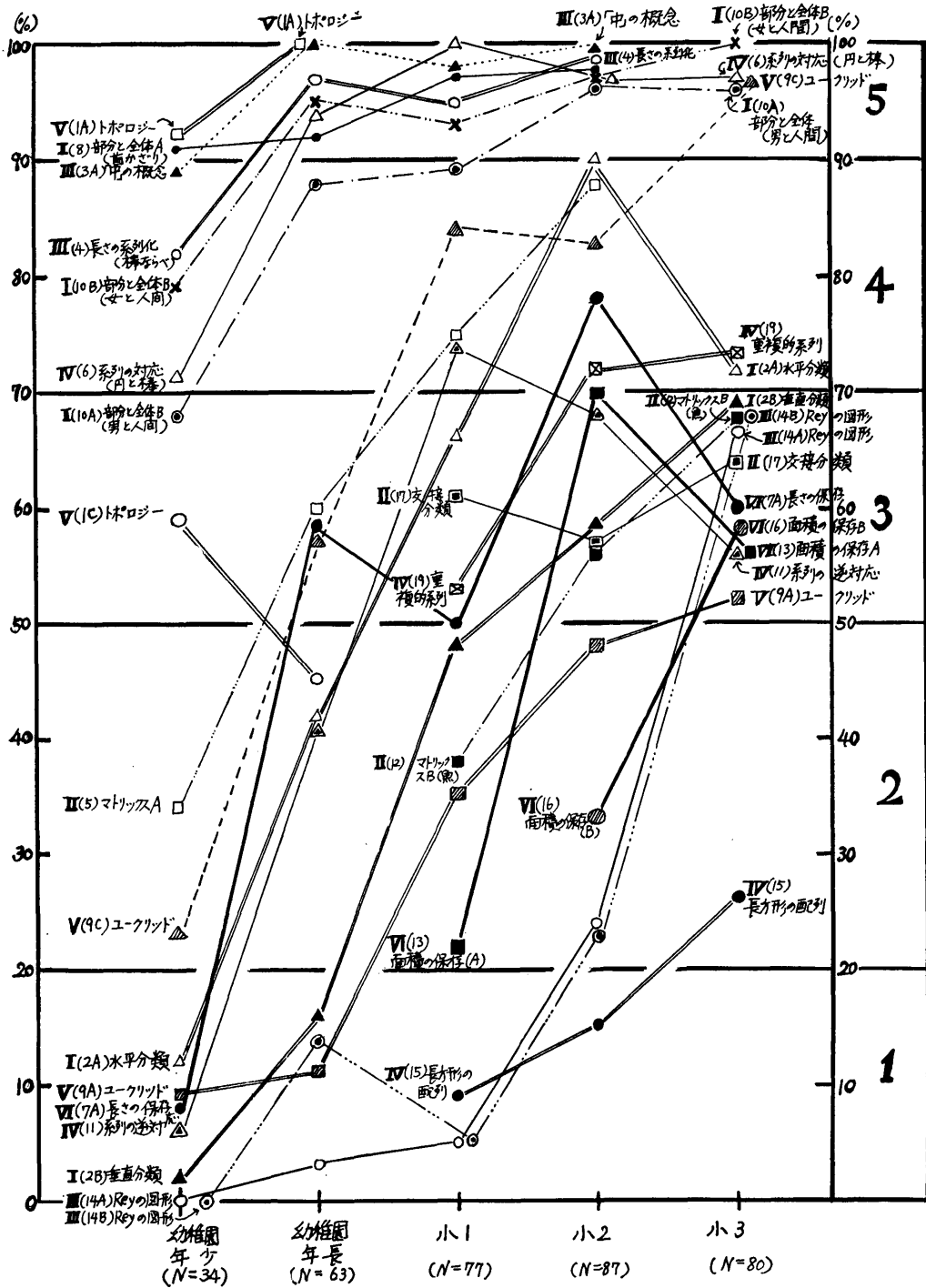


図 1 思考構造テストの正答率の図示 (表 3 のまとめ)

(注) 右の欄の 5 段階評定は正答率について、一応の目安として仮に設定したものである。

有意な差は認められない。知覚的水準で、ある程度、全体と部分との関係をとらえて、加法操作を行なうことができるからではなからうかと考えられる。

b. 「部分と全体B」(男と人間)のような問題になってくると、年少組ではかなり困難になることがほのめかされている。同様のことは、「部分と全体B」(女と人間)の問題についてもいえる。「部分と全体A」(首飾り)に比してこの問題が年少組でやや成績が悪くなるのは、具体的に“モノ”がそこにはないことに依存するものと思われる。知覚的な水準の関与が、多少とも少なくなることが影響を及ぼしているのではなからうか。

c. 類の加法のうちでも分類の問題になると、全般的に成績は著しく低下することが見られる。

「水平分類」(人間・家具・動物)は、幼稚園では、年長児でも半数のものが不可能である。年少組の子どもでは、「家にあるもの」として、“これはお父さん”，“これはお母さん”，“これはテレビ”，“これは犬”，“どれもぼくの家にいるから……”というような分類に属するものが顕著であったが、年長組や1年生になると、テレビをどこに入れていいのが困惑するものが多かった。いずれも、自己中心的で、加法操作における群性体の確立を十分にうかがうことができないものと考えられる。小学校2年生になると89.7%，小学校3年生で、71.2%と上昇するが、3年生では、2年生に比して著しく通過率が落ちるのは、なぜであるかが明確でない。

しかしながら、「垂直分類」(生物と無生物)については、2年生よりも、3年生において通過率は20%ほどよく、78.8%に達しており、この中には、いきなり「水平分類」とびこえて、「垂直分類」にいくものもかなりあったことから、上の「水平分類」が、2年に比し3年が低いことは、それほど問題にならないと考える。この「垂直分類」は、幼稚園児では、ほとんど全く不可能といってよく、1年生になってやっと半数近くが可能となり、2年生でも、半数を多少こえる程度に可能であるにすぎず、3年生になって、3/4以上のものができるようになってくる。

このようなことから、クラス階層体系の枠組み内での認知操作は、群性体ができはじめる小学校2年生ころまでは、かなり知覚的水準に支配されることが示唆されている。

(2) 「類の乗法」の範疇にはいるテストについて

この範疇にはいる問題は、いずれも、「類の加法」に関する問題よりも、相対的にはやや困難であるといえる。どの問題についても、「クラスの体系だけにかかわるのでなく、一つ以上の体系と同時に関係してくる操作」(Piaget, 1947)が要求されるからである。

この範疇にはいるテストのうち、「マトリックスA」は、表1にも明らかなように、知覚的水準における関係がそのまま関与しやすいので、2つの体系、つまり、“大・小”(大きさ)と“四角・円”(形)をひき出すことが可能である。すなわち、ピアジェ (Piaget, 1947) によれば、「スピアマン (Spearman, C.) が“相関性のひき出し”という心理学的術語でよんだものにあたる」ものを発見しやすいのではないと思われる。「交接分類」も、そのような点からみると、やや通過率は低いけれども、「マトリックスA」とほぼ同様のことがいえるのではないかと思う。

「交叉分類」になると、このいわゆる“一つ以上の体系”を、手がかりなしにひき出さねばならないという状況になっている。そこにこの問題が、大きく困難性を高める原因があらうとみることができる。

「マトリックスB」(魚)の問題は、クラスの体系が三つ関与した問題となっている。すなわち、方向について“上・下”と“左・右”，色について“赤と青”というように、あわせて三つの体系がはいっているために、3年生になっても、2/3 足らずのものしか通過しないという結果がみられるのである。

いずれにしても、「類の乗法」に関する操作は、多少ともポジティブな知覚的支援が入っている

ときには容易であるが（ピアジェにいわせれば、これは彼のいう本来的な意味での「類の乗法」としての操作ではないかもしれないが）、それが何らかの形でかくされたり、排除されたりすると年少の子ども（幼稚園児）では非常に困難になるということ、クラスの体系が少ないと比較的、操作が簡単に働かせられるが、それが多くなってくると困難を示すということがいえる。

(3) 「関係の加法」の範疇にはいるテストについて

この範疇にはいるテスト項目は、全般的にいつてどの学年においても比較的容易であることがうかがえる。ここでは、主として、「個々のものの差違をあらわすところの、不等式関係をむすびつけることを中心とするものであって、これらの差違のむすびあいは、従って、系列の世界を想定し、かくして、群性体は質の系列化をかたちづくる」(Piaget, 1947) ものである。

「長さの系列化」(棒ならべ) は、知覚的水準が大きな手がかりとなるので、幼児期から比較的可能である。このことは、『中』の概念』に関するテストについても同様である。ただ、「Rey の図形」については、与えられている長方形に知覚的に支配されると、かえって、問題の解決が困難になることをほのめかしている。「Rey の図形」について、14A（一ばん大きい四角をかく）と14B（一ばん小さい四角をかく）の両方ともが可能であるものは、3年生になって、やっと過半数に達するのであって、それ以前においては、14A も14B も、ともに、可能なものは1/4以下である。従って、知覚的水準の手がかりが明白でないときには、「関係の加法」の操作は難しく、このような意味で、これに関する群性体は、本質的には、小学校3年生程度になって確立するとみなした方が妥当である。

(4) 「関係の乗法」の範疇にはいるテストについて

a. 「系列の対応」(円と棒の対応) は、「二つのことになった系列関係として、系列化されている対象のすべてのあいだに、どんな関係があるかを見出すことができれば」(Piaget, 1952) 可能なテストであって、この種の型の一ばん簡単なものとしての、いわゆる、二系列間の“一対一の対応”にはかならない。これは系列化と単純対応に関係しているので年少期から比較的簡単である。

b. 「系列の逆対応」(円と棒の逆対応) では、単純対応だけでは可能ではない。ある意味では、相補性ないしは、複雑対応に関していることになるので、通過率は幼稚園児では悪く、小学児童になってようやく70%以上をこえるようになってくる。ただ、小学校3年生で56.2%と成績のよくない理由は明らかではない。実験条件の不備によるものかとも思われるが、決定的な理由としては適切でないことをことわっておく。

c. 「長方形の配列」と「重複的系列化」はともに、明らかに、複雑対応に関係するものであるが、前者は通過率が低く、後者はかなりの成績となっていることがみられる。このうち、「重複的系列化」(円筒ならべ) は、表1のような実験条件で、完成された配列を一応眼前に提示し、記憶させたのちに再生させるものであるから、記憶的な要因が関与したのではないかと考えられる。

しかしながら、「長方形の配列」では、“縦が次第に短くなる”ことと、“横が次第に長くなる”こととの一種の相補性が関与していることもあって、同じ“関係系列”であっても、複雑な系列化の群性体の操作が要求されるものである。従って、通過率がかんばしくなく、小学校3年においても、この種の操作の群性体は、まだ確立していないといえる。

(5) 「空間概念」の範疇にはいるテストについて

a. 「トポロジー空間」に関するテストは、その下位項目(1A~1D)をみれば、幼児においてもかなりよくできているように見えるが、1Cが悪く、下位項目全体(4問とも)を完全にでき

ているものは、年少組で 50%，年長組で 41.3% と有意差はないが、半数に達するか達しないかの程度であることがわかる。

b. 「ユークリッド空間」(びん) では、いずれの下位項目についても有意な差は認められるが、“びんを斜めにした場合”(9A) が特に悪いことが目立っている。下位項目全体 (9A～9C) を通じて完全にできたものは、幼稚園では 10% 以下、小学校 1 年生で 1/3 程度、小学 2, 3 年になってやっと半数程度に達するといった状態である。

ピアジェによれば、これらのテストにみられるような空間概念の確立は、論理操作における群性体と平行して進展する、いわゆる、下部論理 (infra-logique) の操作と深い関係を持つ (Piaget, 1947) とされており、それはまた、本来の意味の論理操作と同じくらい大きな重要性を持つと考えられている。それは、この操作によって始めて、時間および空間の観念が構成されるからである。そして、「この時間・空間の観念の成立発展には、全児童期がついやされる」(Piaget, 1947; Flavell, 1963) とされているが、この研究の示すところに従えば、

	幼(年少)	幼(年長)	小 1	小 2	小 3
トポロジー空間(全体)	50.0%	41.3%			
ユークリッド空間(全体)	8.8%	7.9%	29.9%	47.1%	52.5%

という結果になっているのであるから、ピアジェのいうところは妥当なように思われ、論的操作の群性体の確立とかなり深い関連を持つことが示唆される。しかし、この点については、のちにこれら思考構造のテストを因子分析的に精査するので、その際に改めて言及することにした。

(6) 「保存性」の範疇にはいるテストについて

a. 「長さの保存」は、幼稚園年長児でも半数のものが可能である。年少組のものでは全く不可能といってもよい。このテストも、先の「水平分類」と同様、小学校 3 年生になって、小学校 2 年生の時よりも著しく低下していることがみられる。これについては充分なことはわからない。おそらく「長さの保存」は確立されているのであろうが、種々の要因を考慮するがために、結果的にはかえって成績がわるくなるということかもしれない。しかし、これは推論であって、傍証的資料が不足しているため断言はできない。

b. 「面積の保存 A」は、1 年生ではわずか 20.8% であるが、2 年生で 69%，3 年生で 56.2% と急激に上昇を示している。3 年生で、2 年生より低下するのは、「長さの保存」の場合と同様に考えたい。「面積の保存 B」(牧場) は、2 年生で 33.3%，3 年生で 57.5% と、「面積の保存 A」より、さらに成績がよくない。これは A の方では“和”が一定であるのに、B の方では“差”が一定であるということによるものであろう。

いずれにしても、「長さの保存」に比べて、「面積の保存」は、相対的に、発達が遅いことが注目されねばならない。これは、ピアジェのいわゆる“水平的ずれ (horizontal décalage)” (Flavell, 1963) といわれるものを示唆していると考えられる。そして、これと同様に、「面積の保存 A」と「B」との間にも、幾らかはこの“水平的ずれ”があらわれているものと解するのが妥当のようである。

以上のように、ピアジェの提唱している範疇にしたがって、思考構造テストを通して発達の傾向をみてみると、

- ① 論理的操作の群性体が確立され始めていく時期は、おおよそ、ピアジェのいうように、7～8 歳の時期にあり、小学校 2 年ごろから 3 年ごろの間にかけてのようと思われる。
- ② 下位論理の操作は、それよりやや早いかに見えるが、厳密には、論理的操作の群性体のできはじめるのと比較的对応している (平行している) ということが考えられる。

③ 思考構造の発達には、保存性のみならず、どの範疇についても、かなりの“水平的ずれ”がみられるとともに、やはり、ピアジェのいっている“垂直的ずれ (vertical décalage)”も見られる。

これらのことは、表3のみならず、図1をみると、さらに明らかになる。

ちなみに、全幼児・児童のそれぞれに、ここで言及した31問からなるすべての思考構造テストを実施したものとみなして、被験者の正答得点分布をみると、表4のとおりであって、一応の発達の傾向は明瞭にうかがうことができる。

2. 因子分析について

思考構造に関するテストの一般的な傾向を、主として正答率を通してみてきたのであるが、ここでは、特に、幼児（年少34名、年長63名、計

表4 得点分布 (出現率%)

得点	幼稚園		小学校		
	年少 (N=34)	年長 (N=63)	1年 (N=77)	2年 (N=87)	3年 (N=80)
29~31				3.4%	5.0%
26~28			3.9%	28.2	36.2
23~25			24.7	32.2	33.8
20~22		6.3%	31.2	27.6	20.0
17~19		42.9	29.9	6.9	5.0
14~16	35.2%	38.1	10.4		
11~13	38.2	12.7			
8~10	14.7				
5~7	8.8				
2~4	2.9				
M	11.8	16.3	20.5	23.8	24.5
S. D.	1.18	2.37	3.12	2.96	2.90

(注)・全学年(幼~小3)を通じての分散分析(F-検定)

F=189.3038 $df=4/336$ $P<0.01$

・学年間の平均の差のt-検定

年少~年長 $t=10.4944$, $df=95$, $P<0.01$

年長~1年 $t=8.6616$, $df=138$, $P<0.01$

1年~2年 $t=6.8607$, $df=162$, $P<0.01$

2年~3年 $t=1.5231$, $df=165$, $0.1<P<0.2$

表5 幼稚園児群 (N=97) における相互相関係数

番号	番号 テ ス ト	2 A	2 B	5	6	7 A	7 B	9 B	9 C	10A	10B	11
		水 平 分 類	垂 直 分 類	マ ス ト リ ッ ク A	系 列 の 対 応	長 保 さ 存 の A	長 保 さ 存 の B	ユ ー ク リ ッ ド 空 間 リ ッ B	ユ ー ク リ ッ ド 空 間 リ ッ C	部 全 分 体 と B	部 全 分 体 と B	系 逆 列 対 の 応
2A	水 平 分 類		.42	-.19	.18	.46	.35	.47	.18	.24	.25	.37
2B	垂 直 分 類	.42		.06	.22	.70	.36	.16	.00	.04	.06	.15
5	マ ト リ ッ ク ス A	-.19	.06		.38	.49	.49	.45	.22	.30	.20	.28
6	系 列 の 対 応	.18	.22	.38		.51	.43	.21	.13	-.13	.21	.34
7A	長 さ の 保 存 A	.46	.70	.49	.51		.99	.55	.50	.40	.18	.17
7B	長 さ の 保 存 B	.35	.36	.49	.43	.99		.63	.42	.30	.30	.29
9B	ユークリッド空間 B	.47	.16	.45	.21	.55	.63		.89	.53	.43	.54
9C	ユークリッド空間 C	.18	.00	.22	.13	.50	.42	.89		.39	.28	.18
10A	部 分 と 全 体 B	.24	.04	.39	-.13	.40	.30	.53	.39		.88	.20
10B	部 分 と 全 体 B	.25	.06	.20	.21	.18	.30	.43	.28	.88		.50
11	系 列 の 逆 対 応	.37	.15	.28	.34	.17	.29	.54	.18	.20	.50	

表6 小学校2, 3年群 (N=167) における相互相関関係

番号	番号 テスト テスト	2A	2B	7A	7B	9A	11	12	13	14A	14B	16	17	18
		水平分類	垂直分類	長さの保存A	長さの保存B	ユークリッド空間A	系列の逆対応	マトリックスB(魚)	面積の保存A	Reyの図形A	Reyの図形B	面積の保存B	交接分類	交叉分類
2A	水平分類		.42	.09	.11	.07	.32	-.06	.20	-.10	-.12	.25	.21	.16
2B	垂直分類	.42		.24	.23	.20	.25	.24	.20	.52	.45	.33	.22	.22
7A	長さの保存A	.09	.24		.99	.08	.02	.01	.52	-.14	-.12	.35	.26	.28
7B	長さの保存B	.11	.23	.99		.05	.06	.09	.54	-.14	-.16	.33	.25	.19
9A	ユークリッド空間B	.07	.20	.08	.05		.23	.09	.01	.18	.31	.17	.11	.17
11	系列の逆対応	.32	.25	.02	.06	.23		.10	.27	.06	.15	.27	.20	.12
12	マトリックスB(魚)	-.06	.24	.01	.09	.09	.10		.17	.28	.16	.10	.23	-.17
13	面積の保存A	.20	.20	.52	.54	.01	.27	.17		.20	.09	.68	.23	.01
14A	Reyの図形A	-.10	.52	-.14	-.14	.18	.06	.28	.20		.83	.39	.30	.30
14B	Reyの図形B	-.12	.45	-.12	-.16	.31	.15	.16	.09	.83		.31	.20	-.12
16	面積の保存B	.25	.33	.35	.33	.17	.27	.10	.68	.39	.31		.11	.18
17	交接分類	.21	.22	.26	.25	.11	.20	.23	.23	.30	.20	.11		-.01
18	交叉分類	.16	.22	.21	.19	.17	.12	-.17	.01	.30	-.12	.18	-.01	

97名)と、小学校2, 3年(2年生87名, 3年生80名, 計167名)の資料に基づいて、因子分析を試み、いかなる因子構造を示すかをみることにした。

相互相関関係は、すべて四分割相関の方法によって求められた。表5に示したのが、幼児群における相関関係であり、表6が小学校2, 3年児群における相関関係である。これらの2つの表にみられるように、両群間でバッテリーが異なるのは、あまり通過率の高いものや低いものについて相関をとることは、四分割相関の場合、無理を生ずるからである。従って、各テスト項目の通過率が、大よそ30~75%程度のもの(多少のくいちがいはあるが)をとって相関を求めることにしたからである。これらの両相関関係表にみられるように、

- ① 幼児群の相関は、小学校2, 3年児群のそれに比して、全体的・相対的に高いのが特徴であること。
- ② 逆に、小学校2, 3年児群では、相関が特定のバッテリー間では高く、特定の別のバッテリー間では低いこと。

が特徴である。

表5, 6の両相関行列にサーストン(Thurstone, 1947)の重心因子分析法を施して重心因子を求めたものが、表7, 8である。重心因子は、幼児群の場合、第Ⅱ因子までが有意であって、第Ⅲ因子を加えると共有性が1をこえるものがみられた(事実、第Ⅱ因子まで抽出したのちにおいても、「長さの保存A」は1をこえているが、これは計算誤差の範囲として許容することとした)ので、第Ⅱ因子までの抽出にとどめた。小学校2, 3年児群では、第Ⅲ因子まで抽出が可能であった。重心因子について、第Ⅰ因子は、幼児群では、「ユークリッド空間B」、「長さの保存A」、「長さの保存

表7 幼児群の重心因子行列

番号	因子 テスト	I	II	h_j^2
2A	水平分題	.474	.270	.2976
2B	垂直分類	.426	.522	.4540
5	マトリックスA	.483	-.168	.2615
6	系列の対応	.443	.281	.2752
7A	長さの保存A	.881	.540	1.0678
7B	長さの保存A	.823	.305	.7704
9B	ユークリッド空間B	.853	-.354	.8529
9C	ユークリッド空間C	.605	-.279	.4439
10A	部分と全体B	.611	-.523	.6469
10B	部分と全体B	.618	-.459	.5926
11	系列の逆対応	.528	-.158	.3037

表8 小学校2, 3年児群の重心因子行列

番号	因子 テスト	I	II	III	h_j^2
2A	水平分類	.322	-.109	.225	.1662
2B	垂直分類	.660	.202	.216	.5231
7A	長さの保存 A	.583	-.674	-.327	.9011
7B	長さの保存 B	.577	-.649	-.404	.9173
9A	ユークリッド空間 A	.323	.200	.119	.1585
11	系列の逆対応	.387	.064	.156	.1782
12	マトリックス B(魚)	.248	.291	-.376	.2876
13	面積の保存 A	.621	-.337	-.133	.5169
14A	Rey の図形 A	.573	.592	.131	.6960
14B	Rey の図形 B	.459	.696	.067	.6996
16	面積の保存 B	.678	-.198	.232	.5527
17	交接分類	.426	.130	-.273	.2729
18	交叉分類	.266	-.147	.366	.2263

B」,「ユークリッド空間C」,「全体と部分B」などに負荷が大きく,小2,3年児群では,「長さの保存」よりも,むしろ,「面積の保存A,B」,「垂直分類」などに大きな負荷がみられるのが特徴的である。

このような重心因子行列に軸の転回(直交軸転回)を行なって,最終的な因子行列(心理学的因子行列)としたものが,表9の(A)および(A')である。

なお,これとは別に,Burtの群因子分析法(Burt, 1949)によって,原相関行列から両極性因子分析によって両極性因子行列を求め,これから非重合群因子行列を求めて,さらに重合群因子行列へと改めたものが,表9の(B)と(B')とである。以下では,この2つの方法によって求めた最終的な転回因子行列(または重合群因子行列)についての考察を進めたい。

(1) Thurstone 法の転回因子行列について

a. 幼児群では,因子は2個みられるのに対して,小2,3年児群では3個の因子がみられるのが大きな特色である。これは,小2,3年児群の方が,より一層思考構造が明確に分化し,従って,機能的にもかなり分化してくることをほのめかしているものと考えたい。

同様のことは,両群の各因子に,大きく貢献している思考構造テストが,幼児群ではかなり広範囲にまたがっているのに対して,小2,3年児群では,かなり限られた範囲のテストにしか因子負荷が大きく寄与していないことにもみることができる。

これらのことは,テスト・バッテリーの組み方にも依存すると考えられるが,それよりも,やはり,知的機能の分化が,小2,3年で,より確立されていきつつあると見なした方が妥当のようである。なんとすれば,両群間には,数個の同種テストがバッテリーとして組み入れられていながら,幼稚園児群と小2,3年児群との間で,先にも言及したように,前者では相関が全体に高く,特に顕著なクラスターをみることができないのに対して,小2,3年児群では,相関の高いものと低いものとがかなり顕著にまとまりを形成しており,きれいなクラスターを形成してい

ることからも、そのことは明白だからである。

b. 幼稚園児群の場合、表 9 (A)でも明らかなように、第 I_1 因子 (因子の添え字は軸転回の回数を示す。Thurstone 法による因子については以下同様) で最も大きな負荷をもってこの因子に寄与しているテストは、「ユークリッド空間 B」であって、これについて、「部分と全体」(10A, 10B), 「ユークリッド空間 C」などとなっており、ピアジェのいう、下位論理的な操作による思考がかなり特徴的にみられるような印象をうける。Flavell (1964) は、ピアジェのことばをかりて、「全体と部分」の関係が、下位論理的に操作されることが、児童中期までの子どもの特色であることを述べているが、そうした点からみても、この因子は、下位論理の操作に関係する群性体を示唆するもののようである。「マトリックス A」や、「系列の逆対応」においても、知覚的な意味で、空間的に把握されるために、この因子の中に包含される形に出たのではないかと思われる。先に、正答率を吟味したときに、この下位論理の問題に言及したが、因子分析的には、下位論理操作の群性体は、かなり早くから発生することがわかる。

次に、第 II_1 因子では、「長さの保存 A, B」, 「垂直分類」などが大きな負荷量を示して寄与していることがみられ、この時期には、少なくとも、長さについての保存性が徐々にではあるができるようになってくることを物語っているが、「水平分類」, 「垂直分類」, 「系列の対応」などもこの因子に参与していることからみて、まで明確なものにはなっていないことが示唆される。すなわち、おそらく、長さについての保存性の因子であろうが、まだ安定した形をとっておらず、きわめて未分化な状態であると考えられる。

c. これに対して、小 2, 3 年児群では、上に述べた幼児群に比して、思考の構造が、因子的にはかなり明確化し、分化してくることがうかがえる。

まず、第 I_2 因子では、「長さの保存 A, B」が大きく寄与するとともに、「面積の保存 A, B」もこれと同じくらい大きな負荷をもって貢献しており、それに「交叉分類」が寄与する形となっている。「交叉分類」が関与していることから、この因子が何であるか明確には記述しがたいが、主として保存性に関係したものが積極的に寄与している。

これを今少し特殊化ないし分化した形であらわしているのが第 III_1 因子である。これは、第 I_2 因子の下位的因子としての傾向がつよく、「長さの保存 A, B」が大きく参加するとともに、「面積の保存 A」もかなり大きく負荷をもっている。すなわち、この段階では、長さの保存性は、安定した形をとっているといえる。明らかにこの因子は保存性に関するものである。「面積の保存 B」(牧場)がこの因子軸に寄与しなかったのは、先の正答率の結果からみても、それが低いためであって、まだそこまでの保存性は確立されていないとみる方が穏当であろう。

第 II_1 因子は、「Rey の図形 A, B」に「垂直分類」が参与して、この因子を形づくっている。加法操作に関係はあるが、おそらく包摂関係を示唆する因子のように思える。

しかしながら、この小 2, 3 年児群の因子構造で注目されるのは、各因子で、上に述べて来たような顕著な因子負荷を持ったテストのほかにも、まだかなり高い負荷をもったテスト (0.3 台) がかなりみられることから、論理的操作に関する群性体が次第にできつつはあるが、まだ、十分に安定したところにはまだはいっていないことがうかがえると思う。そういう点では、幼児群での傾向をかなり保持しているものとみた方が妥当ではないだろうか考える。

(2) Burt 法の重合群因子について

Thurstone の方法による因子分析では、因子間の上位・下位の関係や、ある因子から他の因子の分化の様相などについて詳細な点についての言及ができないことが今も記述した解釈から明らかになったと思う。

そこで、Burt 法によって求められた重合群因子行列 (表 9 (B), (B')) によって検討し考察してみることとする。

a. 幼児群の場合

S_1 因子から述べてみよう。ここでは、「長さの保存 A, B」に負荷が大きく、次いで「垂直分類」となっており、先の Thurstone 法における場合の Π_1 因子と全くよく対応している。すなわち、(長さの)保存性に関する因子が、やや不安定な未分化な形で抽出されているとみてよからう。

S_2 因子は、「全体と部分 B」(10A), 「ユークリッド空間 B」, 「全体と部分 B」(10B) に特に大きな因子負荷がみられることから、これも先の Thurstone 法におけると同様、下位論理的な操作に関係のある因子とみてよからう。Burt 法の方が Thurstone 法より、比較的明確に出ていることはいえる。

G 因子は、「長さの保存 A, B」, 「ユークリッド空間 B」, 「全体部分 B」(10A, 10B), 「ユークリッド空間 C」などに大きな負荷を示すとともに、その他のテストにも、共通に、正の大きな負荷 (上述のテストほどではないが) を持つ。 S_1 が保存性 (長さの) に関するものであり、 S_2 が、下位論理的な操作に関するものとすれば、この G 因子は、それらを統合する因子として存在するのであるから、広く、論理的操作と下位論理的操作をひっくるめての操作ともみることができ、従って、動作的シエマが次第に内面化されて広義の論理的シエマとなることを意味する因子ともみることができる。

いずれにしても、Burt 法による分析結果は、幼児群の場合、Thurstone 法によるそれとは余り大きくくいちがったりするところはない。ここでは、まだ、Burt 法による特色があまり見受けられない。

b. 小 2, 3 年児群の場合

G 因子についての考察はあとにして、まず、 S_1 因子から始めよう。

この因子では、「Rey の図形 A, B」, 「垂直分類」が大きく貢献しており、あとはわずかながら、0.2 台の負荷をもって、「ユークリッド空間 A」, 「系列の逆対応」, 「マトリックス B」(魚), 「交接分類」が参与している。今、これらのテストをピアジェの操作の範疇にしたがって記述してみると、

Rey の図形 A	………	系列の加法
Rey の図形 B	………	系列の加法
垂 直 分 類	………	類 の 加 法
マトリックス B (魚)	………	類 の 乗 法
交 接 分 類	………	類 の 乗 法
(ユークリッド A	………	空間概念)
系列の逆対応	………	系列の乗法

の如くであって、「ユークリッド A」を除けば、加法操作に負荷が高く、次いで乗法操作という形になっている。ここでは、従って、加法操作と乗法操作が統合された形で抽出されているとみてよい。

そこで S_2 因子をみると、 S_1 から分化したものとしての因子がみられ、「Rey の図形 A, B」, 「垂直分類」に大きな負荷を持っている。それにわずかながら、「水平分類」と「面積の保存 B」とが参加している。この因子は、基本的には、 S_1 因子すなわち加作と乗法操作の未分化な形の因子から分化した加法操作 (類と系列とに関する) の因子と考えられる。これに、「水平分類」と

「面積の保存 B」とが加わっているのは、前者は、類の加法のもとになるものと考えられ、後者は複雑な加法操作とみることもできるので、それほど不自然な形ではないといえる。ただ、「長さの保存 A, B」が大きく負に負荷している点が注目されねばならぬが、強いていえば、「長さの保存」には、加法操作は関係なく、むしろ、「こちら(右)で足りなくなった分だけ、こちら(左)で多くなる」というように操作して関係づけるのなら乗法的色彩がつよいのであろうといえる。しかし、これが S_1 のところに入りらなかったのは、次に述べる S_3 因子が保存性に関するものであるゆえ、それにひきずられた形となっているといえる。

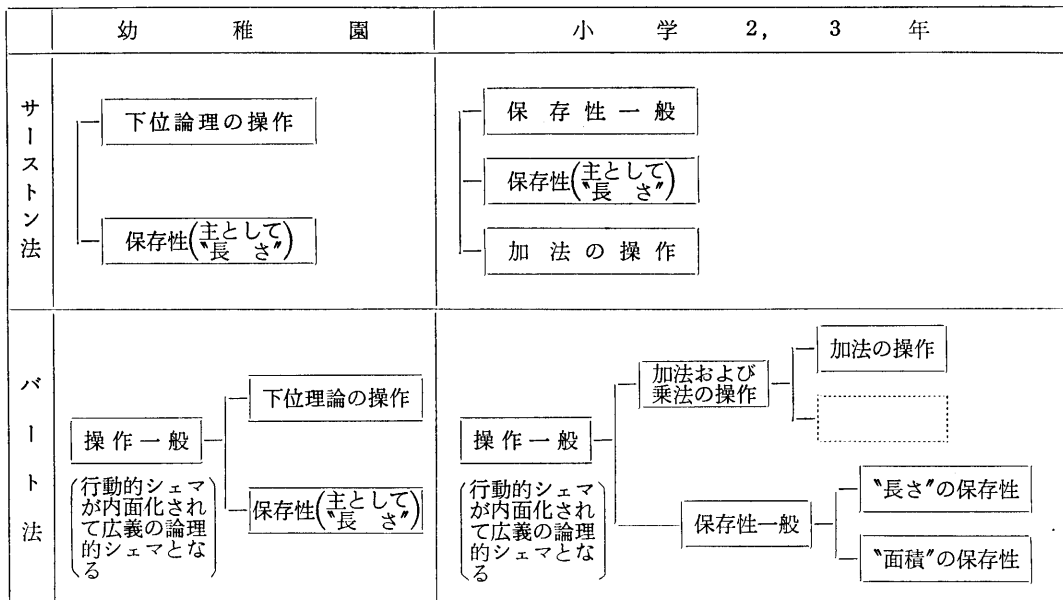
S_3 因子は、今も少し記述したように、「長さの保存 A, B」,「面積の保存 A, B」に大きく負荷量を持っており、わずかながら、「水平分類」が関係する。こういう点からみても、明らかに保存性に関するものであって、Thurstone 法でみられた I_2 因子に対応する。

S_4 と S_5 の因子は、長さに対する保存性と面積に対する保存性との分化を示しているものである。

そして、最後に G 因子は、先の幼児群と同様、操作一般を示唆するものと考えてよいのではない。

以上にみてきたように、Thurstone 法と Burt 法との両方法で、思考構造テストを因子分析した結果では、両者の間に、幼児群ではそれほどの差はないが、小 2, 3 年児群ではかなりの構造上の差がみられる。特に、因子そのものには差はないが、上位因子と下位因子との関連、分化と統合の様式がはっきりしており、一種の、思考構造における階層的体系が暗示されていると思われるのである。こうした点は、ピアジェが、含蓄的にもまた表面的にも多くのことを示唆しているのと同じ通していると思われる。

因子分析的にとらえられた思考構造の発達の様相を図式化すると、大よそ図 2 のようになる。



(注) 点線でかこんでいるのは、まだ出現していないことを示す。

図 2 思考構造の発達の様相 (因子分析法によってとらえられた)

Summary

In this series of study, we have tried to search for the developmental tendencies of acquisition and organization of knowledge. First of all, we have tried to investigate the development of the basic structure of thinking in children, because it is closely related to their acquisition and organization of knowledge.

The materials used are the thinking-structure tests which have been used by Piaget et al. The subjects are 97 children in kindergarten (34 children are in the younger group, and 63 in the older), and 244 in junior school (77 children are in the first grade, 87 in the second, and 80 in the third).

I. The results obtained from the percentages of the right answers to the test items are as follows:

(i) As advocated by Piaget, the period in which "grouping (groupment) of logical operation" comes to be established seems to be between seven and eight years of age.

(ii) The stage of "infra-logical operation" seems to be slightly earlier in comparison with that of "logical operation". But the formation of the former is inseparably bound up with the formation of the latter.

(iii) In the development of the structure of thinking, as presented by Piaget, we have also found out not only the "horizontal décalage" but also the "vertical décalage".

II. The results of the factor analytic study of the thinking-structure tests by Thurstone's and Burt's methods are as follows:

(i) In the group of children in kindergarten, in which the younger age and the older age groups are put together, two factors have been extracted by both methods. The one is related to "infra-logical operation", and the other to "conservation of length". Moreover, "general factor" has been extracted by Burt's method, but not by Thurstone's method.

(ii) In the group of children in junior school, in which the second and the third graders are put together, three factors have been drawn by Thurstone's method. The first factor is related to "general conservation", the second to "conservation of length", and the third to "additive operation". But, by Burt's method, six factors have been drawn. They are "general operation", "additive and multiplicative operation", "additive operation", "general

	Kindergarten	Junior School
Thurstone's Method	—Infra-logical Operation —Conservation of Length	—General Conservation —Conservation of Length —Additive Operation
Burt's Method	- General Operation — —Infra-logical Operation —Conservation of Length	- General Operation — - Additive and Multiplicative Operation — —Additive Operation () - General Conservation — —Conservation of Length —Conservation of Area

conservation of length”, and “conservation of area” respectively.

(iii) Burt's method suggests the hierarchical structure of thinking, but Thurstone's method does not.

The figure above shows the structure of thinking by the factor analysis.

参 考 文 献

- Burt, C. (1949) Subdivided factors. *Brit. J. Psychol., Stat. Sec.*, Vol. II, Pt. 1.
- Flavell, J. H. (1963) *The developmental psychology of Jean Piaget*. New York: Van Nostrand. (フラベル著・岸本弘・岸本紀子訳 ピアジェ心理学入門 上, 東京 明治図書, 1969)
- Inhelder, Bärbel and Piaget, J. (1964) *The early growth of logic in the child: classification and seriation*. London: Routledge & Kegan Paul.
- Piaget, J. (1947) *La Psychologie de l'Intelligence*. Paris: Librairie Armand Colin. (ピアジェ著 波多野完治・滝沢武久訳 知能の心理学, 東京 みすず書房, 1960)
- 四方実一ほか (1968) 知識の獲得と体制化に関する発達的研究, 日本教育心理学会第10回総会発表論文集, 日本女子大学.
- Thurstone, L. L. (1947) *Multiple factor analysis: development and extension of Vectors of Mind*. Chicago: Univ. Chicago Press.