保存および推移律の学習による変容*

お茶の水女子大学
宮　崎　積　子**

保存と推移律は，量の測定の基礎となる概念のうちで最も基本的なものと考えられる。

２つの量を比較する際の最も原初的な方法としては，両者を直接比較するというやり方がある。棒の長さならば両方を並べてみればよいし，水のようなものならば，同じ形で大きさの容器に入れて比べてみれば，相対的な大小関係を知ることができる。この場合に，棒を動かしたり，水を他の容器に入れかえたりしても量は変らないことが理解されていなければならない。このような，位置や形態の変化によつてその量が変らないことを量の保存というが，この保存が認識されていることはすでに直接比較の前提なのである。

次に，このような直接比較のできない場合には，媒介になる移動可能なものを使つて比較するという方法が考えられる。棒Aは媒介Bより長く，棒CはBより短いということがわかれば，AとCの相対的な長さを知りうる。このように，A＞B，B＞CならばA＞Cであるという関係を推移律（媒介項と比較項の等・不等により，６つのバリエーションがある）というが，推移律の理解は，このような媒介を使つた間接比較は必須の条件である。さらにこの間接比較は，媒介項との直接比較を含むので当然保存の理解を前提としているわけである。

さらに高度な比較の方法は，媒介項として単位を使用し，それによつて２つの量を数量化したうえでの比較であるが，保存および推移律は，それ以前のいわば質的な測定においてすでに前提となる重要な要素であることになる。

保存や推移律を発達的に研究した最初はPiaget(1941, 1962) であるが，かれは７，８才に至るまでの，いわゆる直観的思考の段階では，保存や推移律が理解されていないことを示した。たとえば，物質量（ものの多少）の保存についてみると，この段階では，２つの粘土の塊が同じだけあることを確認させたのちに，子どもの目の前でその一方をいろいろな形に変えると，子どもは２つの粘土は同量ではなくなつたと考えてしまう。目の前のありさまだけに支配されて，長いから多くなつた，平たいから少ない，などのように判断するのである。このような状態から，次には，知覚的に違いの少ないときにだけ保存を認める移行段階を経て，７，８才の具体的推理の時期に至つて保存が成立するといわれる。

推移律については，粘土の重さについて実験が行なわれているが，８，９才以前では，示されたものの形態的性格に支配されているので，媒介項と２つの比較項との多少等判断はそれぞれ正しくできても，それを正しく論理的に合成することができないため，結局は比較項同士を知覚的に判断してしまうという事実が示されている。

それでは，このような保存や推移律は，どのような学習過程にもとづいて獲得されるのだろうか。適切な経験を体系的に与えることにより，その獲得を促進することはできないであろうか。この問題についての形式の整つた研究は1959年にはじめて発表されたといつてよい (Smedslund 1959, wohlwill, 1959)。そのうちのひとつであるノルウェーの心理学者 Smedslund の研究では，保存の獲得を外的経験による強化によつてはやめることができるかどうかを確かめるために，次のような実験が行なわれた。５～７才の子どもに粘土を使つた重さの保存の訓練として，同じ大きさで同じ重さの２つのボール型の粘土の一方を，少しずつ変形して，そのたびごとに両方の重さはもとのまま同じであることをてんびんによつて確かめさせた。つまり，いろいろな変形のもとでの粘土の重さの不変性を経験的にひとつひとつ確かめることによつて保存の原理を理解させようとするものである。訓練の前後に行なつた診断テストの結果，このような外見上の変形が重さを変えないという経験によつて，子どもに重さの保存を獲得させることができたといつている。さらにかれは保存についての訓練により，推移律の理解へと導くことができるという仮説（なぜなら，推移律の課題では，媒介項の移動の際の保存が前提となる

---

* The acquisiton of conservation and transitivity of length, weight and liquid measure.
** Sekiko Miyazaki (Ochanomizu Women's University)

から）のもとに，訓練の前後に推移律のテストも行なつて，保存の獲得の，推移律への効果も認められたことを報告している。

なお，推移律自体の訓練を行なうことによつてはそれは成立しなかつたとし，推移律の理解には保存がなければならないことを見出している。

このように，2回のテストの間に，保存の成立を促すと考えられる経験を体系的に与えるための訓練過程を挿入する，という型の研究は，その後いくつか行なわれており（1962年くらいまでのものについては，Flavell (1963) にまとめられている）， そこで得られた結論のひとつは，短期間（ほとんどは2～3日）の訓練によつて，保存や推移律を獲得させることは，被験者が訓練前にすでに中間段階にあつたと考えられる場合を除けば，きわめて困難だ，ということである。つまり，訓練前のテストでは，ひとつも正答しなかつた者が，訓練後にはすべて正答しうるようになるという事例は少数であり，被験者の半数以上が操作的水準の反応を示すに至つた，という報告はいままでのところひとつもない。したがつて，保存の獲得が訓練により促進できることは明らかだとしても，訓練過程の内容について，なお一層の吟味が要求されていることになる。

本報告では，いままでの研究ではとりあげられていなかつた「保存原理の言語的説明」の方法の効果をみようとするものである。計数を手がかりにしたり，てんびんを使用することによつて，不変性を経験的に確かめさせたり加減によつて量が増減することから，「たしもとりもしないときは同じ」であることを子どもに推理させようとする従来の方法とは異なつて，実験者が直接に，保存の原理やその成立する理由について説明する，という手続きをとることによつて，どのくらいの子どもが量の保存を獲得するかをみようとした。

こうした訓練の方法は，保存原理の転移という観点からも，従来の研究との重要な違いを含むと考えられる。訓練過程を挿入する型の研究では，目標値として，その訓練に用いられた量だけがとりあげられ，その量について獲得した保存が，他の量にどのくらい転移するか，という点は吟味されないのが普通である。一方，テストを用いる型の研究では，種々の量についての保存の成立の時期の間に，かなり大きなずれがみられること，すなわち，具体的推理の時期の子どもにあつては，保存の有無は，特定の量，さらに特定の課題材料に依存することが示されている。たとえば，物質量，重さ，体積の保存について，その獲得にそれぞれ約2年以上の開きがあることは，Piaget と Inhelder (1941) 以後，くりかえし確かめられている (Lovell & Ogilvie 1960, 1961, Elkind, 1961)。 だが，保存の成立する理由，たとえば「動かしただけだから」や「たしもとりもしないから」は，ほとんどの量について共通に妥当する。だから，子どもの不変性についての経験が，このように言語化された，一般化しやすい形で与えられたときには，事情がかなり違つてくるのではなかろうか。長さについて子どもが保存を獲得すれば，それは，かなりの程度重さや液量へも転移すると考えられないであろうか。もしもそうだとすれば，これは教育的観点からも大変重要だと考えられる。それは，ある量について保存を獲得している子どもに，別の量の保存を教えることには，まつたく新しくはじめからやるよりも，前の経験の転移を生じやすくするようにしてやればよい，と考えられるからである。

量の保存の訓練に関して著者が意図したこの第3は，保存の成立をみた子どもたちが，同時に，その量の推移律をも獲得したかを明らかにすることである。保存と推移律は，ともに具体的推理の一形式であり（これについては Smedslund (1964) を参照されたい） 理論的に密接な相関を予想しうるだけでなく， さきの Smedslund の資料にもみられるように，実証的にも，発達のうえで相互依存関係を示すことが認められつつある。したがつて，ある量の保存を獲得することにより，その量についての推移律も成立するかの検討は，訓練過程が子どもの具体的推理の発達に及ぼす効果をより深く理解するうえで十分な情報を提供するものと考えられよう。

I　目　　的

長さ，重さ，液量の保存を獲得していない4～6才児を対象として，それぞれの量について，同一性，単純な可逆性，相補性を強調することによつて保存を言語的に説明するという訓練を行ない，次のような仮説を検討しようとした。

なお，ここでこの3つの量をとりあげたのは，i）従来の研究との連続性，ことに保存のテスト方法に標準的な手続きが定まつている。ii）小学校3年までにとりあげられている量である，などの点を考慮して選んだものである。

仮説1　長さ，重さ，液量のそれぞれについて，言語による説明を主とした保存の訓練を行なうことにより，その量の保存の理解を成立させることができる。

仮説2　ひとつの量について訓練を行ない，その量の保存を獲得した子どもは，ほかの2つの量についても保存の理解へ近づく。

仮説3　ひとつの量の保存を獲得した子どもは，その量

についての推移律をも理解するようになる。

なお，訓練前テストの結果から，あわせて次の3点をも検討することにした。

1. 長さ，重さ，液量の保存，推移律について，4～6才児における理解の程度はどうか。
2. 3つの量の保存，推移律の成立の間に時期的な差（すなわち困難度の差）があるか。
3. 保存と推移律の理解の間には，どのくらい強い相関が認められるか。

II 方　　法

被験児―私立初音ケ丘幼稚園（横浜市保土ケ谷区）の園児62名（同幼稚園は横浜郊外の住宅地にあり，園児250名でその家庭は中流と思われる。生活年令で3か月ごとにクラス分けがしてあるので，被験児の抽出にあたつては各クラスから10名ずつ，普通児という条件で担任の保母に選出を依頼した)。―Table 1

Table 1　被験児の構成

	人　数	IQ 平均 (S.D.)
年長児（5才7か月～6才6か月）	32(うち 女 16)	103.6(16.5)
年少児（4才7か月～5才6か月）	30(うち 女 15)	105.1(14.8)

実験計画

1. 訓練前テスト
   - A．保存テスト　長さ，重さ，液量
   - B．推移律テスト　長さ，重さ，液量

   } 4～6才62名について実施
2. 訓練
   - A．長さの保存
   - B．重さの保存
   - C．液量の保存

   } 1の結果3つの量の保存も推移律も獲得していなかつた者，各10名について実施（Aについて10名，Bについて10名，Cについて10名　計30名）
3. 訓練後テスト
   - A．保存テスト　長さ，重さ，液量
   - B．推移律テスト　長さ，重さ，液量

   } 2の訓練をうけた30名と統制群10名の計40名について実施

訓練前テスト

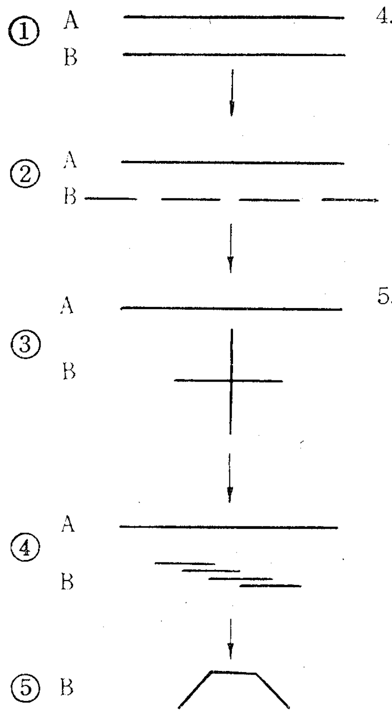
62名の被験児に，長さ，重さ，液量の3つの量の保存と推移律のテストを行なつた。これは，あとで訓練を受ける対象者の選出のためと同時に，この年令での，保存や推移律の理解の程度をみるためのものである。保存の理解が推移律の理解をもたらされるという Smedslund (1959) の実験結果にもとづき，テストによる学習効果をさけるために推移律のテストを先に行なつた。1人の被験児が，3つの量の保存と推移律で計6つのテストを受けたが，1回の所要時間を10分前後とし，2～3回に分けて行なつた。実施時期は昭和38年9月5日～20日である。

A．長さの保存

Piaget (1948) の次のような実験を参照した。$\frac{1}{5}$インチ離れて2列に平行に並べた同じ長さのマッチ棒の列を，はじめに同じ長さであることを理解させたうえで，一方の列を直角やジグザグに変形して2列の長さがどうなつたかを問うのである。ここでは，断面 0.5cm×0.5cm，長さ10cmの角棒4本を一直線につなげたものを2列を平行に並べ，同じ長さであることを示したうえで次のように変形する。

1. Fig. 1 の①のようにして，「この棒（B）みんなとこの棒（A）とはどつちが長い（短い）でしょうか，同じでしょうか」と問い，反応後に「どうしてそう思う」と，その理由を聞く（以下同じように問う）。
2. Fig. 1 の②
3. Fig. 1 の③
4. はじめのように平行に並べてから，「少しとりますよ」と言つてA列を1本減らす（Fig. 1 の④）。
5. B列はどけてしまう（Fig. 1 の⑤）。「まつすぐになつていたときより長い（短い）でしょうか」および「どうして？」と問う。これは，上の1～4と違い，比較項がない場合の，変形の前後での量の変化の有無を問うものである*。

Fig. 1　長さの保存テストでの棒の形態



*　これまでの保存のテストでは，2つの等しい量を示してその一方を変形するというやり方が多かつた。しかし子どもが続けて「同じ」といつてすべてに正答してしまうのを防ぐためには，加減の項目，ないしははじめから不等関係にある場合の不等関係の保存の項目などを含めることが好ましいと思われる。また比較項のない場合の保存（変形前後の量の不変性）は一般に

なお，このテストでは棒の分割は行なわれない。このため Piaget のマッチ棒の場合よりも多少やさしい課題かと思われる。

B．重さの保存

Smedslund (1959) の手続きをそのまま使用し，さらに，長さの場合と同様に比較項のない場合を1問つけ加えた。

同形同大の2つの粘土ボール（赤と青）を示し，同じ重さであることを手で持たせたり，てんびんで示したりした後，一方を次のように変形し，他方は比較のためそのままにしておく。

1. 茶碗型「どちらが重い（軽い）でしょうか。同じでしょうか」「それはどうしてわかつた？」（以下同じ質問）
2. ドーナツ型
3. 十字型
4. 両方ともはじめのボール型にした後，子どもの目の前で一方から少しとり除き，他方をソーセージ型にする。
5. 一方は目の前からどけてしまい，他のひとつをソーセージ型に変形して「さつきこれがボールのようだつたときとどつちが重い（軽い）でしょうか，同じでしょうか」と問いその理由もいわせる。

C．液量の保存

Piaget (1941) Lovell (1962) などが色のついた水を使つて行なつた実験を参考にし，前の2つの量と同じ内容の5問について行なつた。

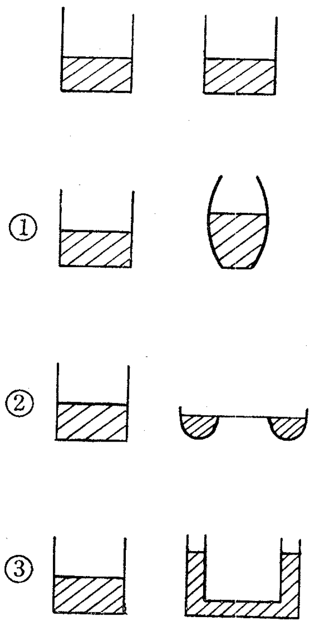
2つの，同形同大無色透明のビーカー型容器に，同じ高さまで色のついた水（青と白）を入れ，両方が同じ量だけ入つていることを認めさせた後，

1. Fig. 2 の①のような容器に入れて，「白い水（A）と青い水（B）はどちらがたくさん入つているでしょうか，同じでしょうか」および「どうして？」と問う（以下同じ）
2. Fig. 2 の②
3. Fig. 2 の③
4. 最初の容器にもどして同量であることを再認させてから，「青い水（B）を少し捨てますよ」といつて一部削減し，さらに白い水(A)を巾の広い容器に移す。（したがつて量の少ない方（B）が水面が高い）
5. 白い水（A）は容器ごとどけてしまい，青い水(B)だけについて，ビーカー型の容器から細長いコップに移しかえ，その前後での量の変化の有無とその理由を問う。

D．長さの推移律

推移律は3つの量とも，A＝B，B＝C→A＝C；A＞B，B＞C→A＞C；A＝B，B＞C→A＞C．の3つの形について行なつた。

Fig. 2　液量の保存テストでの水の形態



まず長さについてはBrain (1959) の実験を参考にした。かれはミュラー・リエールの錯視図を模した柱を使い，視覚的には錯視が起つて実際の長さと違つて見える2本の柱を，媒介の棒でひとつずつ比べ，その結果から2本の柱の長短を推理させる実験をして，推移律の発達を調べた。その際かれは非言語的方法を用いたが，Smedslund (1963)が批判しているように，インストラクションが十分に理解されるなら，あえてこの方法をとる必要はないように思えるので，ここでは，ミュラー・リエールの錯視を，比較項同士の長さを比べる知覚的手がかりをとり除くためにのみ使つた。そこで，ミュラー・リエールの矢羽根を平面上で1組は垂直に，他は水平におき，両者の長さを比べる媒介として色のついたヒゴを使つた。

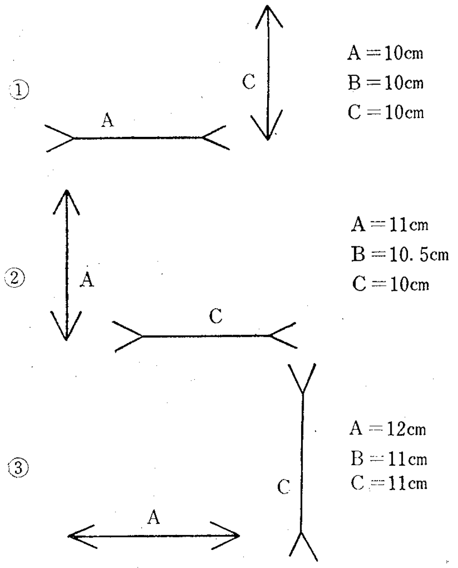
1. Fig. 3 の①のようにして「これ（A）とこれ(C)はどつちが長いかこの棒（B）で比べつこしてみましようね」といつて，AとB，BとCを比べて見せて「これ（A）はこれ（B）と同じだつたでしよう。そしてこれ（C）はこれ（B）と同じだつたのね。そうしたら，これ（A）とこれ（C）ではどつちが長(短)いかしら，同じかしら」のように問い，どうしてそう思つたか理由を問う。
2. Fig. 3 の②について1と同様に行なう。(A＞B，B＞Cの場合)
3. Fig. 3 の③について1と同様に行なう。(A＝B，B＞Cの場合)

E．重さの推移律

Smedslund (1959) の手続きに従つた。色のついた粘

比較項のある場合よりも困難であると考えられるが，どちらもできてはじめて保存が成立したといえるのではないだろうか＜これについては Ito & Hatano (1963) を参照されたい＞。

Fig. 3　長さの推移律テストの提示



土を同形同大のボール型にし，重さを変えるために，中に鉄の玉やきびがらを入れた。

1.　A＝B，B＝CからAとCの関係を推理させる。この場合には視覚的手がかりをなくすため，Aをボール型，Bをソーセージ型，Cをせんべい型とした。重さの比較には，手で持たせたり，てんびんを使つたりした。「AとBを比べてみましよう。どちらが重いかしら，同じですね，ではBとCは？，同じですね。AとBは同じでBとCも同じでしたね。ではAとCはどちらが重（軽）いかしら。同じかしら」というように問い，あわせてその理由もいわせる。

2.　同形同大の粘土ボールについて（青，赤，黄）上と同様に，赤ボール＞青ボール，青ボール＞黄ボールを示し，その結果から赤ボールと黄ボールの関係を推理させる。

3.　同じく，緑ボール＞青ボール，青ボール＝茶ボールから緑ボールと茶ボールとの関係を推理させる。

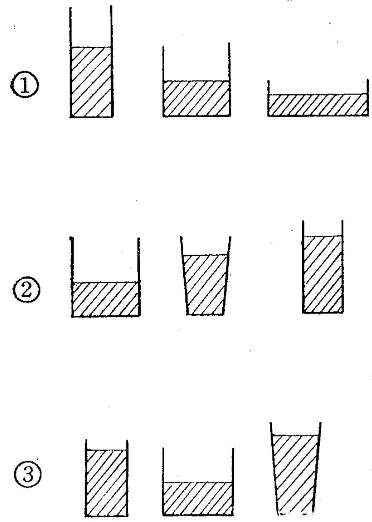
F．液量の推移律

1.　A．B．Cには同量の水が入つている（Fig. 4の①)。Bと同形同大の容器B′にAの水を入れてA（B′)＝Bを，次にB′にCを入れてC（B′)＝Bを示した後AとCの量の多少等を推理させる。「これ(A)とこれ(B)を比べつたしてみましよう。同じ容器に入れて…（といつてAをB′に)，同じだけ入つていますね。ではこれ（C）とこれ（B）ではどうでしよう。同じ入れものにいれてみると（といつてCをB′に）同じだけ入つていますね（水は，はじめのAとCにもどつている)。これ（C）とこれ（B）が同じで，これ(A)とこれ（B）も同じでしたね。それではこれ（A）とこれ（C）ではどちらがたくさん（少し）入つていることになるでしようか，同じかしら」と問い，反応の理由を聞く。

2.　水の量がA＞B＞Cで，水面の高さは逆にA＜B＜Cのような場合について，前と同様な手続きでAとCの関係を問う（Fig. 4 の②)。

3.　水の量がA＞B＝Cである場合について同じようにしてAとCの関係を推理させる（Fig. 4 の③)。

Fig. 4　液量の推移律テストの提示



なお，本実験では，保存，推移律のどちらの課題でも，多少等の判断が正しくできているときに，その小問に対して正答したとみなすことにした。これはｉ）特に保存の課題では，知覚的な手がかりにたよれば誤反応すると予想されるから，正しい判断は，それ自身，論理的な推理が働いている証拠と考えられる，ii）ふつう用いられる等関係の保存のほかに，加減および比較項のない場合の保存を含み，ただ「同じ」と答える傾向をチェックできる。また推移律の場合にも，比較項同士，比較項と媒介項の多少等を組み合わせて３つの変形を用意している，iii）理由を聞いてはいるが，子どもの言語化の能力に差があつて，判定も客観性を欠きやすい，などの点を考慮したためである。

訓練

訓練前テストで，長さ，重さ，液量のどれについても保存も推移律も理解しなかつた40名を訓練の対象にした。つまりここでは，どれかひとつの量の，保存または推移律について小問の全問を正答した者はその対象からはずした。40名を４群に分け，ひとつの群がひとつの量についての保存の訓練を受けるようにし，残る１群を統制群とした。グルーピングは，生活年令を考慮して等質になるようにした（Table 2)。実施期日は９月25日から10月５日で，１人について２回，２日の間隔をおいた。

具体的手続きは，重さの場合は Smedslund が行なつたように直接確かめるという方法があるが，長さや液量の場合にはそれが不可能なので，次のようにした。つまり，Piaget (1962) によると，子どもが保存を示す際にそれを理由づける説明として，

(1)　同一性—「これは同じ粘土です」「なにもとらない

Table 2　訓練を受けた者の群別構成

	人数	C. A. 平均	I. Q. 平均（標準偏差）
長さの保存の訓練をうけた群	10	5：5	103.4(12.08)
重さの保存の訓練をうけた群	10	5：5	100.7(14.22)
液量の保存の訓練をうけた群	10	5：4	106.5(13.65)
統　制　群	10	5：5	102.2(15.05)

し，なにもつけ加えない」「ただひきのばしただけ」

(2)　単純な可逆性──「前と同じようにすることができるから」

(3)　相補性──「これは長いけど細い」

の3つがあげられるので，ここではそれを逆に，実験者が強調して，知覚的に確かめにくい長さや液量の訓練を行なつた。一部をとり除いたら少なくなり，つけ加えたら多くなるが，なにもしないで形が変つただけでは量はかわらない（同一性）ことを強調し，1回ごとに両方が同じ量になることを，視覚的にわかる形にもどして相等性を説く（単純な可逆性─操作の可逆性とは違い経験的もどりみち<routour empique>）。さらに巾で失つたものは長さに移つているので同じであることを教えるというようにした。したがつて，ここでの訓練は，子どもの認知構造に即した言語教示を主とするものであり，これまでの訓練での外的強化や，均衡化を促すために知的葛藤をつくりだすといつた方法とは異なる。

訓練で用いる材料は，その前後に行なう診断のためのテストと同じものは含まないようにした。いちどに，二物が相等関係にある場合と，不等関係にある場合の，2つを行なつた。

A．長さの保存の訓練

相等関係の保存

(1)　Fig. 5 の①

(2)　Fig. 5 の②

(3)　Fig. 5 の②のBから1本減らす

(4)　1本つけ加えてもとどおりにする

(5)　Fig. 5 の③

(6)　Fig. 5 の④

(7)　Fig. 5 の④のBから1本へらす

(8)　1本つけ加えてもとどおりにする

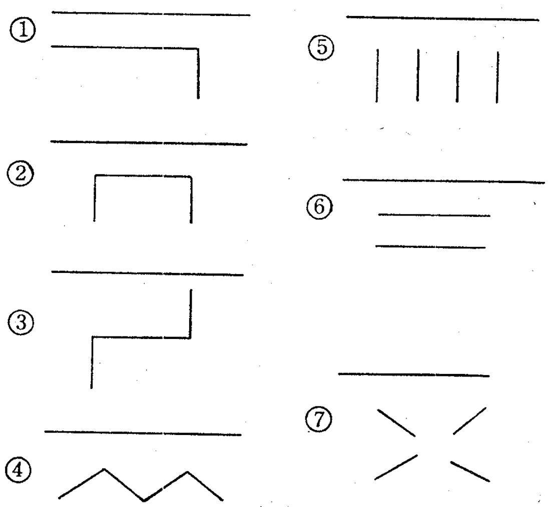
(9)　Fig. 5 の⑤

(10)　Fig. 5 の⑥

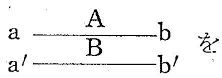
不等関係の保存.

同じ材料で，2列（A＞B）を平行に並べ，A列の方が長いことを示してから，相等関係の場合の(1)，(2)，(5)，(9)，をその順に提示し，最後は Fig. 5 の⑦のようにする。

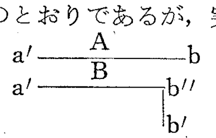
Fig. 5　長さの保存の訓練での棒の形態

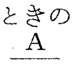
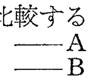


提示順序は以上のとおりであるが，実際には



を



のようにしただけでも，子どもはAの方が長いという。この場合は ab と ab″ を比べている場合が多いと予想される。そこで，長さの不変性の概念に導く前提として，まつすぐになつたときの状態をイメージ化させるようにした。長さの場合  と  を比べるには，やはり頭の中でBをまつすぐにしてみて比較するであろう（単位を導入しない段階では)。はじめ  として，同じ長さであることが示されているのであるから，Bのような形に変形されたのをみても，それはまつすぐにすれば同じだということがわかる必要がある，と考えて，このような経験的もどりみちを中心にして訓練した。

B．重さの保存の訓練

相等関係の保存.

同形同大の2つの粘土ボールを同じ重さであることを理解させてから，変形を行ない，その結果重さがどうなつたかを予言させる。その後，はかりを使つて子どもの反応の正否を確かめる。変形する前と後では同じ粘土であること，取り去つたりつけ加えたりしなければ重さは変らないことをことばで教示し，粘土をもとの形にもどしたり，再び変形してみせたりして，「同じ粘土がまるくなつたり細長くなつたりしているので，まるいときにあつた粘土がみな細長い形の中に入つていることを教える。

(1)　粘土ボール→太いソーセージ型

(2)　太いソーセージ型→細長いソーセージ型

(3)　一部をとり去る

(4)　とつた分をつけ加える

(5) 細長いソーセージ型→厚いせんべい
(6) 厚いせんべい→薄いせんべい
(7) 一部をとり去る
(8) 取つた部分をつけ加える
(9) 薄いせんべい→2つのボールに分割
(10) 2つのボール→3つのボールに分割

不等関係の保存.

同形同大であるが重さの違う粘土ボール（したがつて重い方の中には鉄の玉が入つている）の重い方を相等関係の場合の(1), (2), (5), (6), をその順に提示し，さらに軽い方の粘土ボールを2分して2つのボールにして重い方と比べさせる。

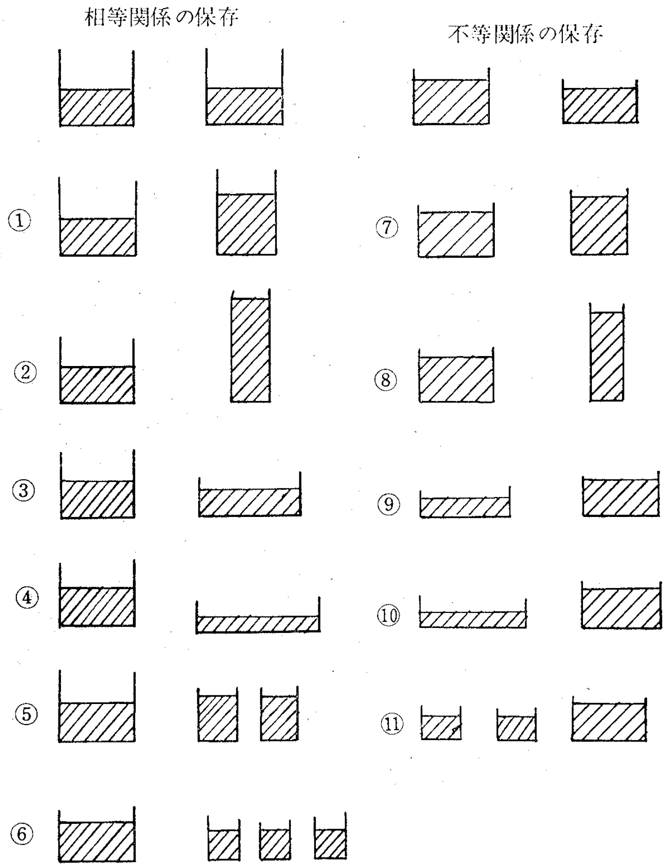
C. 液量の保存の訓練

相等関係の保存.

同形同大の2つのコップに同じ高さまで水を入れて，同量であることを示した後，一方を次のように入れかえる。

(1) Fig. 6 の①
(2) Fig. 6 の②
(3) Fig. 6の②のBを少し減らす（別のコップに入れてそばにおく）
(4) 減らした分をもどす。

Fig. 6 液量の保存の訓練での水の形態



(5) Fig. 6 ③
(6) Fig. 6 の④
(7) Fig, 6 の4のAを少し減らす
(8) 減らした分を加える。
(9) Fig. 6 の⑤
(10) Fig. 6 の⑥

不等関係の保存

同形同大のコップ2つに量を違えて水を入れる。

(1) Fig. 6 の⑦
(2) Fig. 6 の⑧
(3) Fig. 6 の⑨
(4) Fig. 6 の⑩
(5) Fig. 6 の⑪

以上のような順序で提示し，子どもにその量の多少を反応させてみてから，減らしもふやしもせずに移しかえるだけならば水はみな一方の容器から他方の容器へ移り量の増減はないことを2つの容器の間でなんども水を入れかえて見せながら説明する。そして比較のものと同形同大のコップに1回ごとにもどして知覚的にその相等性を確認させる。

訓練後テスト.

訓練の効果を調べるために，訓練終了後3週間の10月23日から28日まで，訓練を受けた3群と，統制群の計40名に診断テストを行なつた。被験児ひとりひとりは，ひとつの量の保存の訓練だけしか受けていないが，他の量への転移のようすをみるために訓練を受けない量の保存のテストおよび各量の推移律のテストを行なつた。このテストの実施過程は訓練前テストとまつたく同じであるが，材料の色は変えて行ない，また訓練の際に用いた刺激は含んでいない。保存，推移律の順で行なつた。

Ⅲ 結 果

1. 訓練前テストの分析

主要な仮説とは離れるが，まず訓練前テストの結果について注目される点を二，三指摘しておこう。

保存

ひとつの量について5問全部を正答できた者は，長さで6人，重さで1人，液量で3人であつた (Table 3)。この年令では，変形の行なわれるたびに，その形だけに注目して，「多くなつた」「少なくなつた」と誤反応をくりかえすのが普通のようである。この資料では，保存が成立していると考えられる5問全問正答の人数は，いずれの量でもきわめて少ないため，3つの量の保存成立の時期を問題にすることは適当ではないと思われるが，長さについては，中間段階と考えられる2～4問正答の者

Table 3　保存テストの正答数比較

	正答数					
	5問	4問	3問	2問	1問	0問
長さ	6人	10人	9人	6人	19人	12人
重さ	1	3	2	5	35	16
液量	3	2	1	3	17	36

Table 4　保存テストにおける問題別正答者数

	比較のある場合				比較のない場合
	変形1	2	3	加減と変形	
長さ	25人	26人	25人	41人	11人
重さ	7	7	5	29	11
液量	4	6	6	19	12

Table 5　推移律テストの正答数比較

	正答数			
	3　問	2　問	1　問	0問
長さ	10人	31人	19人	2人
重さ	13	26	17	6
液量	1	11	15	30

Table 6　推移律テストの課題内容別正答者数

	A＝B＝Cの場合	A＞B＞Cの場合	A＞B＝Cの場合
長さ	17人	47人	49人
重さ	24	42	43
液量	14	21	20

Table 7　保存と推移律の関係
＋は保存の場合，比較項のある，変形の前後での保存3問正答；推移律の場合3問正答を意味し数字はそれぞれの人数を示す

長さ		推移律 +	推移律 −	計
保存	+	7	11	18
保存	−	3	41	44
	計	10	52	62

重さ		推移律 +	推移律 −	計
保存	+	2	2	4
保存	−	11	47	58
	計	13	49	62

液量		推移律 +	推移律 −	計
保存	+	2	2	4
保存	−	4	54	58
	計	6	56	62

が他に比べて多いことが注目される。重さでは，1問正答の者が多いが，これは等しい2つの粘土の一方から減じる問題だけに正答するものが多かつたためである。他の2つの量についても，一方から「減ずる」操作を含む問題での正答者数は「同じ」という正反応を要求する他の4問より多くなつている（Table 4)。これは Smedslund (1959) の場合にもみられた結果であり，かれの場合には，加減を含まない保存問題の場合に操作的説明のできる者が57名中22名であつたのに対し，加減と変形を含む問題では32名であつた。加減が実際に行なわれることは量の判断において加減の手がかりを優位にし，相対的に変形の方を無視する結果，保存的反応が生ずると解釈することができよう。

推移律

与えられた3問に正答できた者は，長さで10人，重さで13人，液量で1人であつた（Table 5)。

同じ量でも，要求される推理の型によつて正答率が違つており，どの場合でもA＞B＞CよりA＝B＝Cの方が正答が少ない。そして3問とも正答をもつて推移律が理解されているとみなせば，その比率は長さと重さにおいてほぼ等しく，液量はずつと低い（Table 6)。

なお，操作的説明の存否について分析すると，言語による正当な理由づけのできる者は少ない。

保存と推移律の関係

本実験での両者の関係は，Table 7のようになり，いちおうの関係は認められると思うが，両方とも誤反応の者の割合が大きいという特殊性もあり，この資料だけではなんともいえない。

2.　訓練の効果

i）訓練の経過

訓練中においては，変形のたびに，まず子どもに反応させ，その後にその反応の正否を確かめて言語的説明を加えるというかたちを取つたので，反応のようすから，保存の理解について多少知ることができる。それによると，第1日目の相等関係の第2問目から正反応できるようになつた者が，長さの保存の訓練を受けた群で4名，重さの保存の訓練を受けた群で4名，液量の保存の訓練を受けた群で3名（各10名中）いた。そして，不等関係にも正反応を続けることのできた者は，これらのうち，長さで1名，重さで3名，液量で3名であつた。かれらは，相等関係の，それも1回変形による量の不変性を教えられただけで，それを不等関係の場合にも汎化でき，最初の1問を誤反応した以外はすべて正反応だつた。な

Table 8 訓練中の個人別正反応数

長さの訓練群	K.S.	A.U.	T.Y.	T.J.	I.V.	K.T.	S.S.	M.H.	O.K.	O.N.
1回目(12問)	10	4	9	4	8	7	11	2	4	7
2回目(15問)	15	13	15	4	15	11	15	4	14	12
重さの訓練群	**A.M.**	**N.K.**	**S.K.**	**N.T.**	**M.K.**	**A.E.**	**F.A.**	**K.S.**	**O.K.**	**T.K.**
1回目(10問)	2	0	5	4	0	9	9	6	9	7
2回目(15問)	8	10	14	15	12	14	14	13	13	10
液量の訓練群	**T.U.**	**K.M.**	**S.K.**	**T.K.**	**S.K.**	**M.O.**	**O.K.**	**H.T.**	**Y.I.**	**K.R.**
1回目(11問)	6	9	1	10	10	7	0	8	10	0
2回目(15問)	2	12	12	8	13	14	6	14	13	11

おかれらは，訓練後テストでも全問正反応であつた。しかし，それ以外の者は，保存の確立が不安定で，相等関係では正反応を続けていても，不等関係になるとその第1問が再び誤反応となつた。

さらに，相等関係の第3問以後にならないと正反応のあらわれない者が長さで6名，重さで6名，液量で7名いるが，これらのうち，不等関係においても，正反応がその全問の半分以下しかない者が長さで2名，重さで1名，液量で3名いた。かれらには，このような方法で保存を確立させることはまだ困難なようである。

以上をまとめると，訓練の効果について，4つの類型に分けることができよう。

① 訓練の最初の1問のみ誤反応，そこで教示を受けて以後はすべて正反応をする。(12名)

② 第1日目の相等関係は，最初の1問以外正反応できたが，不等関係になると正・誤入り乱れる。第2日目には，相等，不等ともに正反応を続ける。(4名)

③ 第1日目には，相等，不等とも最後まで不安定だつたが，2日目になつて，両方とも正反応が続いた。(5名)

④ 最後まで不安定。(9名，以上すべて30名中)

第①や第②の類型のように，ちよつとしたきつかけで保存を理解するようになる者は，Piagetのいう「移行段階」にいると考えられる。それ以前の者には訓練は困難であろうと予想されるが，きつかけとして与える外部からの刺激の違いによつてその効果も異なると思われるので，その点については，より深い研究が必要である。

訓練中の各人の正反応数は Table 8 のとおりである。

ii) 訓練後テストの結果

◦訓練した量での保存——仮説1の検討

各群とも正反応は非常に増え，全問正答者が長さで9人，重さで9人，液量で8人に増加(各10人中)している。これに対し，統制群では全問正答者はなく，訓練後テストの一人当り平均正答数は長さで2.1問，重さで1.0問，液量で0.3問(各5問中)の少なさであつた。

問題の内容別による正答の増加の仕方は Table 9 のとおりであるが，一方の量を減ずる型の問題については，訓練前テストから正答が比較的多かつたので著しい増加はみられないが，変形のみの保存の問題における増加は注目に値する。特に比較量のない保存の認識は，訓練前テストでは非常に少なかつたし，訓練には常に比較量を使つたので，この種の訓練は直接受けていないにもかかわらず，その進歩は大きい。ここで用いた材料に関するかぎり保存の効果を認めることはできよう。仮説は支持されたといつてよい。

Table 9 問題内容別正答者数の増加

	比較項あり				比較項なし	
	変形のみ(3問正答者)		変形と加減			
	訓練群	統制群	訓練群	統制群	訓練群	統制群
①長さの保存						
訓練前テスト	3人	1人	7人	6人	0人	1人
訓練後テスト	7	2	9	7	10	3
②重さの保存						
訓練前テスト	0	0	8	7	0	0
訓練後テスト	9	0	10	7	10	2
③液量の保存						
訓練前テスト	0	0	1	1	2	0
訓練後テスト	8	0	9	3	8	0

なお，各人の反応の，訓練前後の比較をしてみると Table 10 のようになり，訓練前テストですでにいくつか正答した者については，訓練の効果が著しいのではないかと思われたが，正答0からいつきよに5問正答になる者もあり，特定の傾向は認められなかつた。

◦保存の汎化——仮説2の検討

訓練による保存の効果をもつと明確に示すために，訓練を受けなかつた量の，訓練後テストの結果を調べてみる。つまり長さの訓練を受けた群が，重さや液量の保存を理解できるようになつたかどうか，ということであるが Table 11 のとおり正反応数は増加している。したがつて，子どもが，答え方の要領を学んだにすぎないと

Table 10 正　答　数　の　増　加　(数字は人数を示す)

長さ

訓練前テストの正答数	訓練後テストの正答数 0	1	2	3	4	5	計
0				1		1	2
1					1	3	4
2						1	1
3					1		1
4						2	2
5							0
計	0	0	0	1	2	7	10

重さ

訓練前テストの正答数	訓練後テストの正答数 0	1	2	3	4	5	計
0					1		1
1						9	9
2							0
3							0
4							0
5							0
計	0	0	0	0	1	9	10

液量

訓練前テストの正答数	訓練後テストの正答数 0	1	2	3	4	5	計
0	1				1	4	6
1					1	3	4
2							0
3							0
4							0
5							0
計	0	0	0	0	2	7	10

Table 11 保存の汎化正答数による比較

	長さの保存		
	重さの訓練群	液量の訓練群	統制群
訓練前テスト	12(24%)	19(38%)	14(28%)
訓練後テスト	28(56%)	35(70%)	20(40%)

	重さの保存		
	長さの訓練群	液量の訓練群	統制群
訓練前テスト	4(8%)	9(18%)	7(14%)
訓練後テスト	33(66%)	38(76%)	10(20%)

	液量の保存		
	長さの訓練群	重さの訓練群	統制群
訓練前テスト	2(4%)	6(12%)	1(2%)
訓練後テスト	28(56%)	21(42%)	5(10%)

か，特定の材料と結びついた保存の理解であるという批判はまぬかれよう。

なお，統制群でも若干向上の傾向がうかがわれるが，訓練群ではいずれも顕著な上昇を示すが，量によつてその保存の訓練の汎化に差がみられることが注目される。これを統計的に確かめるため5問をこみにした正答数で比べると，長さの保存の訓練を受けた群は，重さと液量の両方の保存について，訓練の前と後で有意な増加を示し，(重さ－$t=5.5>3.69$ (.005) $df=9$，重さ－$t=5.7>3.69$(.005) $df=9$　液量の保存の訓練を受けた群は長さと重さの保存に有意（長さ－$t=3.5>3.25$(.01) $df=9$，重さ－$t=7.1>3.69$(.005) $df=9$) な増加をした。訓練前テストで最も正答率が低かつた液量が，訓練の結果，それ自身の保存のみならず，長さや重さの保存も認めるようになつたのに比べると，重さの保存は他の領域にそれほど著しい転移はしなかつた（長さ－$t=2.0>1.83$(.1) $df=9$，液量－$t=2.1>1.83$(.1) $df=9$)。ここでは，重さの保存の訓練は，はかりによつてはつきりと知覚的にその不変性を示すが，長さや液量ではそれができなかつたので，訓練の違いによるということも考えられ，領域による転移のしかたの違いについてはこれ以上明確な判断はできない。

∘保存の訓練による推移律の獲得――仮説3の検討

保存の訓練が推移律の理解を促したかどうかを，訓練前後の推移律テストの正答数および正答率の比較(Table 12) によつてみると，正答率は訓練後に明らかに増加していることがわかる。

このように，推移律への効果によつて，訓練による保存獲得が認められる。Smedslund (1959) によれば推移律は少なくとも保存の成立以前には，それ自身の訓練の効果はないということであるが，そうならば，保存の訓

Table 13 訓練前後の推移律テストの正答数および正答率

	長さの推移律		重さの推移律		液量の推移律	
	長さの保存の訓練群	統制群	重さの保存の訓練群	統制群	液量の保存の訓練群	統制群
訓練前テスト	14(46.7%)	16(53.5%)	14(46.7%)	16(53.3%)	4(13.3%)	3(10.3%)
訓練後テスト	23(76.7%)	17(56.7%)	25(83.3%)	14(46.7%)	22(73.3%)	8(23.3%)
正答数増加者	0	4	3	4	0	0
正答増減なし	3	2	3	2	0	6
正答減少者	7	4	4	4	10	4

Table 13　訓練前後の推移律テストの問題内容別正答者数

長さの推移律	A＝B＝C		A＞B＞C		A＞B＝C	
	訓練群	統制群	訓練群	統制群	訓練群	統制群
訓練前テスト	0	3	5	8	9	6
訓練後テスト	7	3	9	7	9	8

重さの推移律	A＝B＝C		A＞B＞C		A＞B＝C	
	訓練群	統制群	訓練群	統制群	訓練群	統制群
訓練前テスト	2	1	5	7	7	1
訓練後テスト	7	4	9	6	9	4

液量の推移律	A＝B＝C		A＞B＞C		A＞B＝C	
	訓練群	統制群	訓練群	統制群	訓練群	統制群
訓練前テスト	0	0	2	2	2	1
訓練後テスト	6	2	8	4	8	2

練によつて推移律まで効果をおよぼしたこの場合は，保存の訓練の有効性を間接的に示すといえよう。しかし，重さの場合には，ここでも推移律への効果がやや少ない。

推移律への効果について内容別にみると Table 13 のようになる。

以上，訓練によつて保存を獲得できることが少なくとも，長さと液量については確かめられたように思う。なお，保存の訓練を受けなかつた量の推移律について，訓練前後の正答数等を比較したが，積極的効果は認められなかつた。

Ⅳ 討　　論

以上，本実験に関するかぎり，言語教示を主とする訓練によつて，保存の獲得を促進することはひとまず可能であつたといえよう。訓練前テストにおいてほとんど保存の兆候を示さなかつた者が，同じ材料についてではあるが，訓練後にはほぼ全問についての保存原理の理解を示し，また訓練を受けなかつた量の保存課題にも正答しているという事実から，本実験の直接の目的であつた仮説1，2は確かめられ，さらにその効果が推移律にも及んだこと（仮説3）によつて，ここでの訓練の意義を裏づけた。

保存の成立を適切な訓練によつて促進しうること自体に関しては，すでにいくつかの証拠が，本実験におけるほど，被験者の多くが訓練後に操作的な水準の反応を示すに至つたという報告はまだないように思われる。ことに，取りあげた量が，自然発生的に保存が獲得されるのはまだ数年後であると予想されるものであること，訓練後3週間たつてからテストを行なつたことなどもあわせて考えると，この訓練効果はめざましいといえよう。

この理由については，大きく2つのものを考えることができる。そのひとつは，訓練の対象となつた被験児の訓練前の状態である。液量を除き，長さ，重さでは，ほとんどの被験児が，加減と変形を共に行なう型の課題で，変形を無視して正しく保存的な反応をしていた。つまり，変形に対して加減を手がかりとする反応の方がもともと優位にあつたわけである。その意味では，かれらはすでに保存成立の中間段階にあつたともいえるかもしれない。しかし，長さを除いては，通常の変形のみを含む保存課題に訓練前から正答していたものは，重さ0名，液量0名にすぎないこと，ことに液量では，一方から減じる操作を含む事態でさえ大半の被験児（9名）が誤答していたことから，訓練の効果を被験児の準備状態にのみ求めるわけにはいかないことも同時に明らかである。

そこで，もうひとつ考えられる理由は，従来の訓練カリキュラムに比べ，実験者が子どもの目の前でさまざまな具体物の操作を行ないながら，同一性，単純な可逆性，相補性などを強調することによつて，量の保存が成立つことを説明するやり方の優位である。とくに，ある量での保存の成立が，他の量にもかなりの程度転移したという事実によつても，その効果をうかがうことができる。言語化は，子どもの経験を一般化する手段，つまり，変形に伴なう量の不変性の経験を，保存原理として一般化するうえに有効だつたと考えられる。本実験では試みていないが，子ども自身に言語化をさせることの効果や，実験者が具体物を扱わず，ただことばだけで説明するやり方との比較などもさらに検討するに値するであろう。

しかし，反面，本研究はもともと予備的な性質のもので，多くの方法的弱点をまぬがれない。このため，ここでの結論はあくまでも仮定的なものといわなければならない。たとえば，本実験では，訓練前テストから訓練を経て訓練後テストに至る全過程を，ひとつの量では同一材料によつて行なつた。したがつてここにあらわれた訓練の効果は，たとえば長さの場合でも，長さ一般としての保存の理解が得られたという保証はない。さまざまな材料を使つての長さの保存についての検証がなされていないわけである。なお，訓練の方法を同質にすることはむずかしいが3つの量についてその成立の促進可能性を比較するため，もう少し配慮が必要であつたと思われるし，他の方法で行なつたら別の結果になる可能性もない

とはいえない。いずれにしてもこの分野で残された課題はまだまだ多いことが痛感される。

<付記>

本論文は，お茶の水女子大学教育学部の昭和38年度卒業論文として提出したものの一部に加筆したものである。卒業論文については，波多野完治教授からご指導いただき，また本論文をまとめるにあたつては，東京学芸大学鈴木治助教授，東京大学波多野誼夫助手，東京都立教育研究所の伊藤恭子氏から貴重な示唆をいただいた。記して感謝の意を表したい。

文 献

Braine, M. D. S. 1959 The ontogny of certain logical operations : Piaget's formulation examined by nonverbal methods. *Psychol. Monogr.*, 73, no. 5.

Elkind, D. 1961 Children's discovery of the conservation mass, weight and volume : Piaget replication study II. *J. genet. Psycol.*, 78, 21-227.

Flavell, J. H. 1963 *The developmental psychology of Jean Piaget.* Van Nostrand.

Lovall, K. & Ogilvie, E. 1960 A study of the conservation of substance in the junior school child. *Brit. J. educ. Psychol.*, 30, 109-118.

Lovell, K. & Ogilvie, E. 1961 A study of the conservation of weight in the junior school child. *Brit. J. educ, Psychol.* 31, 138-144.

Piaget, J. et Inheldre, B. 1941 *Ledévelopment des quantités chez l'enfant.* Delachaux et Niestlé.

Piaget, J., Szeminska, A. et Inelder, B. 1948 *La géométrie spontanée chez l'enfant.* P. U. F.

Smeddslund, J. 1959 Apprentissage des notions de la conservation et de la transitivité du poids. *Etudes d'Epistémolgie Génétique*, 9, 85-124.

Smedslund, J. 1963 Development of concrete transitivity of length in children. *Child Developmt*, 34, 389-405.

Smedslund, J. 1964 Concrete reasoning : A study of intellectual development. *Child Developmt. Monogr.*, 29, no. 2.

(1964年12月18日原稿受付)

30頁よりつづく。（**中嶽：学習機構の解析に関する方法論的研究**）この反応型は，(***A***)を構成する要素の組み合わせを示すものとみることができる(構造模型Ⅰ)。

次に，これらの要素がどのように結び合つているかを，各要素の共働性を指標として検討した。いま，(s_1)と(s_2)，(s_2)と(s_3)とがより強く結びつき，(s_1)と(s_3)とは，あまり強く結びついていないとすると，この関係は近似的に，$s_1—s_2—s_3$のように図式化でき，さらに，(s_i)と(s_j)の相関係数を$R(s_i, s_j)$で表わすと，上の場合は近似的に，

$$R(s_1, s_2) > R(s_1, s_3)$$
$$R(s_2, s_3) > R(s_1 . s_3)$$

となる。このよう考え方を一般化して，各要素の結びつきの状態を検討した(構造模型Ⅱ)。

さらに，模型(Ⅰ)の状態を詳細に検討するために，能力(***A***)の具体的な側面$(A_1, A_2, \cdots, A_m)$と，これを規定する要素$(s_1, s_2, \cdots, s_n)$との間に

$$f(s_1, s_2, \cdots, s_n) = (A_1, A_2, \cdots, A_m)$$

という関係を考え，「***A***の状態$(A_1, A_2, \cdots, A_m)$が異なるのは，それを規定する要素$(s_1, s_2, \cdots, s_n)$に差異があるためである」($f(s_1, s_2, \cdots, s_n) = (A_1, A_2, \cdots, A_m)$は一価関数)と仮定した。そうして，$(A_1, A_2, \cdots, A_m)$のそれぞれの状態に対応する要素$(s_1, s_2, \cdots, s_n)$の状態を，Table 3のような一覧表から抽出しようとした(構造模型(Ⅲ))。

また，$(A_1, A_2, \cdots, A_m)$に特定の状態(構造)を設定できる場合，これに対応して，要素$(s_1, s_2, \cdots, s_n)$の構造を考えることができ，これから，(***A***)の各状態を規定する要素を体系づける方法を検討した(構造模型(Ⅳ))。

以上のような考え方は，反応構造の分析とみることもできるが，学力検査の誤答分析においては，その誤答にひきおこす原因を，ある程度能力構造の側面から明確にすることができるなど，各方面への活用を考えることが可能である。また，ここにあげた模型は，ある側面からみると，Radix理論のSimplex modelやCircumplex modelに類似していることもわかる。

〔追記〕 この研究に関して，元名古屋大学教授，故白石一誠先生のご指導をいただいた。ここで，厚くお礼申しあげる。

文 献

(1) Guttman, L. 1954 A new approach to factor analysis ; The radix ; *Mathematical thinking in the social science.* 258-348.

(2) Kendall M. G. 1957 *A course in multivariate analysis*, Charl Griffin. 5-51.

(3) 中嶽治麿 1962 学習機構の解析に関する方法論的研究(Ⅴ)—学習能力系列の解析(2)—. 教育心理学研究，10. 193-204.

(4) 中野佐三 1953 学習指導と学習能力・教育心理学講座2，学習指導の心理，金子書房・77-108.

(1964年12月7日原稿受付)