

## 推移的推理能力の発達に関する研究 (I)

松田君彦

(1985年10月15日 受理)

### A Developmental Study of Transitive Inferences (I)

Kimihiko MATSUDA

#### 1. Piaget 理論における推移律の位置づけ

Piaget 理論は認知構造の発達過程の解明に大きく貢献したが、それによると、子どもが感覚運動的段階から出発して、しっかりした認識の枠組に基づく思考が可能な段階に達するまでには、質的に構造の異った一連の段階を経なければならないことが明らかにされている。そして、幼児期から児童期にかけては、人間の情報処理において重要な役割を果たす基本的な概念のいくつか、たとえば、関係やクラス、時間、空間、因果律などの諸概念が形成されることになり、幼児期のいまだ知覚的束縛を十分に脱し切れていない思考水準を離れて、論理的操作にたよる思考活動が可能になってくる時期にあたっている。そういう意味で、この時期は論理的認識構造の形成という認知発達上のきわめて重要な時期であるといえる。

Piaget (1952) は、上に述べたような論理的構造をもった思考活動を操作と呼び、これが備っていない幼児期の思考を前操作的思考、これが備っている児童期以降の思考を操作的思考（彼は更にこれを、7, 8歳から11, 12歳頃までの児童期の思考を具体的操作的思考、11, 12歳以降の思考を形式的操作的思考とに分けている）として区別し、また、児童期の子ども思考活動に現われる操作の体系を「群性体」という一種の論理数学的モデルを用いて説明している。

主要な群性体としては8種類のものが考えられているが、その内の4つは「類(クラス)」に関するものであり、残りの4つは「関係」に関するものである。そしてそのおのおのは、論理的な加法操作に関するものと、乗法操作に関するものに分かれる。つまり、類の加法操作、類の乗法操作、関係の加法操作、関係の乗法操作といった具合であるが、ここで問題とする推移律は関係についての群性体であり、その中でも群性体Vは非相称的関係の加法に関するもので、推移律に関して行われた研究の大部分がこれに属する。非相称的な関係というのは、項の内に連続した一方向をむいた差が存在しているということ、つまり、 $A > B > C > D \dots$  という関係があるということであり、群性体Vはこのような非相称的関係の系列における差の論理的加法を扱うものである。従って、推移律の理解についての研究は、特にこの群性体Vの合成性や可逆性に関連した形で行われており、

線型序列課題を用いた研究が多い。

このように、推移律は、Piaget が具体的な操作段階にある子どもの思考の論理的構造を定式化する際の中心的な要素であるが、これに関連した研究で好んで用いられる線型序列課題とは次のような基本的構造をもつ。たとえば、長さの次元における系列化を問題にする場合には、 $A > B$ ,  $B > C$  という二つの前提情報から  $A$  と  $C$  の間の長さの関係を推論させるのである。この問題を解くためには、まず長さが推移的次元であることを認識する中で、この次元に関して適当な項の相対的位置を定めるといった系列化ができなければならないが、この系列化のためには次のようないくつかの下位操作が必要であるとされる。つまり、

- (1)  $A > B$ ,  $B > C$  という対間で  $B$  項が同じであるということを再認識すること (すなわち、 $B$  項を媒介項として位置づけすること)
- (2)  $B$  項を可逆的に符号化 ( $B$  は  $A$  より短いと同時に、 $C$  より長いと符号化) すること
- (3) 対間の関係性を  $ABC$  にくずす中で前提情報を統合する。

Piaget によると、7歳ごろまでの前操作的段階にある子どもには上述のような推移的推理に含まれている諸操作能力は備っていないので、推移律を用いた系列化は不可能であるという。しかし、Piaget のこの見解に対してはこれまでに数多くの反論や疑問が示されており、現在でも結論が得られるには到っていない。これに関する議論は系列化のパフォーマンスに推移律が含まれているのかどうかを中心に展開されているので、以下、線型序列課題に見られる系列化の発達と推移律との関係についての研究を概観してみる。

## 2. 系列化の発達と推移律

Piaget および彼と基本的な考え方を同一にする研究者たち (以後、Piaget 派と呼ぶ) の用いる典型的な線型序列課題は、複数の対象 (普通、10個程度) をその長さや重さの順に従って並べさせるのであるが、彼ら (Piaget & Inhelder, 1942; Piaget & Szeminska, 1941) によれば、こういった課題を組織的に解いていくには推移的な操作 (論理数学的、あるいは概念的な知識) が必要なので、この課題の通過は7歳以降にならなければ無理であるという。たとえば、10本のステッキを用いた長さの系列化の実験 (Piaget & Szeminska, 1941) では、最長のものから最短のものへと並ぶ系列を作る場合、被験者は各時点で、残っているステッキの中で最長のものを選ぶというやり方で作業を進めていくのであるが、その際、彼は  $A$  群 (既に系列化されているステッキ群) のステッキはすべて  $C$  群 (残っているステッキ群) のステッキよりも長いことを確かめた上で、次に選ぶべきステッキ  $B$  は  $A$  群のどれよりも短く、 $C$  群のどれよりも長くなければならないという原理を一般化させる必要がある。

しかし、その後の研究で、順序関係についての理解の成立は Piaget 派の研究で述べられているよりも早い時期に可能であるという報告が数多くなされてきた。たとえば、Greenfield ら (Greenfield,

Nelson & Saltzman, 1972) は3歳以前の子どもが4～5個の対象の系列化が可能であることを示しているし、また、序列的な系列を構成するためには移調可能な関係についての理解が必要であるということから考えると、Siegel (1971, 1972) は2歳ないし3歳の幼児に移調可能な知覚的關係を学習させることができたことを報告している。更には、ゲンタルト心理学者たち（たとえば、Köhler, W., 1947) はサルやニワトリといった動物が移調可能な関係を学習できることを証明している。Piaget 自身 (Inhelder & Piaget., 1959) も幼児の中には狭い範囲での系列化が可能ながいるという証拠を示している。

Piaget はこういった初期の序列関係を認知についての二要因説の立場から説明しているが、それによると、初期（7歳以前）に現われる系列化は知覚の手がかりに基づいた形象的認知によるものであり、後期（7歳以降）に現われる概念に基づいた操作的認知による系列化とは明確に区別されるべきものであるとしている。Piaget 派の理論によれば、推移律のような具体的な操作的概念についての理解が備っていると判定されるためには、被験者はその概念の論理的必然性とその背後にある可逆性を理解できなければならない。論理的必然性が理解されていることの一つの必要条件は一般性が見られるということ、つまり、その概念を関連性のあるすべての内容に対して適用できなければならないということである。3歳前後の幼児にみられるいわゆる初期の系列化は、それが対象間に存在する知覚可能な差異に依存していたり、また、対象の数が5個ないしは6個以上になったりすると系列化の作業が持続できなくなることから考えて、その一般性に明らかな限界が見られる。

また、初期の序列関係には、その可逆性にも限界がある。サルのような動物や幼児は限られた範囲内での、しかも、同じ方向を向いた関係の系列化は可能であるが、逆の関係を同時にしかも正確な方法で調整することには大きな困難を示す。たとえば、3つの対象の中の最小のものとか、4つの対象の中で最大のものを移調可能な形で認識することを学習できる3～5歳児が、3つの中で中間の大きさのものとか、4つの対象の中で2番目に小さいもの、といったような中間的な位置の学習には大きな困難を示すのである (Siegler, 1972; Miller, 1976)。したがって、このような初期に見られる系列化は、逆の関係を推移的に調整するというよりも、せいぜい、系列を単純な関係の反復として捉えているにすぎないと考えられる (Inhelder & Piaget, 1959)。

Piaget の理論では、具体的操作的思考の本質的な特徴はその可逆性にあるとされている。関係的な思考領域での可逆性は逆の関係を調整する能力であるが、この調整には2つの型がある。その一つは  $(A > B)$  という関係を  $(B < A)$  という逆の形に変えて処理するものである。たとえば、「太郎は次郎より背が高い」の逆は「次郎は太郎より背が低い」となる。そして、 $(A > B) + (B > C) = (A > C)$  という加法は「等方型」の推移律 (isotropic form of transitivity) と呼ばれるのに対して、 $(A > B) + (C < B) = (A > C)$  といった直接の関係と逆の関係の間の推移的な加法は「異方型」の推移律 (heterotropic form of transitivity) と呼ばれる。調整のもう1つの型は、BはAよりも小さくてCよりも大きいということを理解する場合のように、同一の項目を挟んだ両隣がお互いに逆で

はないような形での逆の関係の調整である。可逆性についてこの後者の型は、関係についての相対的な概念の基礎に横たわり、共通の項目を介して隣り合う2つの前提の関係を調整する作業の本質を成すものであるから、推移的な加法を理解する場合に特に重要なものである。

Piaget & Inhelder (1942) は関係に関する子どもの理解の発達という視点から推移的な推理の発達を分析し、子どもはいくつかの下位段階を経て、関係についての絶対的な概念から相対的な概念へと進歩していくことを明らかにしている。それによると、前操作的な段階にある子どもは物事を絶対的 (categorical) で質的な概念に従って処理するので、関係を相対的で量的なものとは捉えられずに対象の絶対的な属性ないしは特質であるとみなす傾向がある。たとえば「大きい」と「小さい」は対象についての相互に排他的な属性であると考えるので、同一の対象があるものと比較される時には大きく、他のものと比較される時には小さいということが同時にあり得ることが理解できないのである。従って、彼らは「BはAよりも小さい」「BはCよりも大きい」という前提に基づいた推理を展開することができない。しかし、彼らが具体的な操作段階に到達し、非相称的な関係についての相対的な概念を獲得すると、Bという中間項は相対的により大きいと同時により小さいことがあり得ることを理解できるので、この項を挟んだ2つの前提を結びつけてAとCの関係を理解することができるようになるというのである。

要するに、これまでの議論をまとめてみると、順序関係の理解や限られた範囲内での系列化は7歳以前の幼児にも可能であるが、そのことをもって直ちに、推移律の理解が成立しているとか、推移的な推理能力が備っているとは結論できないということである。問題は、その系列化が純粋に論理的な推理、推移律を理解した上での推理に基づいてなされたものであるかどうかということであり、そのことを明確に判別できるような実験手続きを確立することが何にも増して必要となる。

Smedslund (1963, 1969) や Thayer & Collyer (1978) は、被験者に推移律の存在を確認する際に陥る2種類の錯誤について述べている。その1つは正の評価錯誤——推移律を獲得していない被験者に対して推移的な推理の存在を認めること——であり、もう1つは負の評価錯誤——実際にそれを所有している被験者に対して推移的な推理の存在を見つけ損うこと——である。

まず、誤った正の評価を下す (第一の錯誤) 要因になるものとしては次のようなものがあげられている。

1) 推理的に比較されるべき対象間の関係を直接的に比較している場合。これは特に、両方の対象が同時に知覚可能な事態で生じやすい。

2) 非推移仮説 (ラベリング仮説)。Smedslund (1963) は推移律の問題に対して、比較対象の一方にカテゴリー的な大きさのラベルを貼ることによって、他方を無視した絶対的判断に基づいた正答が可能であることを示唆した。つまり、「AはBよりも長い」という前提が与えられた場合、被験者はAに対して「長い」というラベルを貼ることによって、二番目の前提を考慮することなしにAに貼られたラベルだけに基づいた絶対的判断で「AはCよりも長い」と結論するのである。この種の非推移仮説は実際に用いられているのが確認されたわけではないが、Youniss & Murray (1970)

の実験では幼児の被験者がこのような手続きを用いていることを示唆するような証拠が得られている。いずれにしても、この指摘によって「 $A > B$ 」「 $B > C$ 」という2つの前提から「 $A > C$ 」を推理させる推移律実験は、方法的に基本的な修正を迫られたことになる。

3) 当て推量。推移律の概念を理解していない被験者は、デタラメに反応しているかも知れない。しかし、この疑問は十分に多くの試行数を確保することによって統計的に解消することができる。

次に、誤った負の評価（第二の錯誤）の原因としては次のようなものがあげられている。

1) 前提の忘却。推移的な推理能力はあるのに、その材料である前提情報を思い出せないために能力が発揮できないことから生じる錯誤。（Bryant & Trabasso, 1971）

2) 前提、あるいは、その課題に含まれているその他の関連情報を理解できないこと。前提の記憶や推理は前提の単なる暗唱ではなくて、理解の過程あるいはより深い処理を必要とする。前提の中に含まれている関係を理解することなしには、有意味な想起や推理は存在しないので、推理能力を発揮させるためには関係の理解を促進させてやる必要がある。（Riley & Trabasso, 1974; Trabasso, 1977）

以上の2種類の錯誤を引き起こすとされる各要因に対する実験手続き上の対策を考えた場合、従来の Piaget 型の推移律実験パラダイムに代って、Bryant & Trabasso (1971) の実施した実験がその後の研究に対する1つの新しい基本的なパラダイムを提供することになるので、次にその実験について詳しく述べてみる。

### 3. BRYANT & TRABASSO の実験とそれに対する批判

#### 1) Bryant & Trabasso (1971) の実験

##### a. 方法

Bryant & Trabasso (1971) は4, 5, 6歳児各20名を対象に5本の棒を刺激として使った推移律の実験を行なった。刺激の数を5本にしたのは Smedslund (1963) が指摘したラベリングによる絶対的判断を排除するためである。また、彼らは前提についての被験者の記憶をコントロールするために実験を訓練期とテスト期の2つの相に分けて実施した。

訓練は更に二つの相に分けられ、最初の相では  $A > B$ ,  $B > C$ ,  $C > D$ ,  $D > E$  の4ペアの関係が半数の子どもには上昇系列で、また残りの半数の子どもには下降系列でそれぞれ別個に訓練された。各ペアは10回のうち8回までが正反応となるまで続けられた。この基準に到達するとすぐに次の相に移るわけだが、ここでは4つの全ペアは試行毎にランダムな順序で提示され、各ペアとも6回連続して正反応を示すようになるまで続けられた。

テスト期では可能なすべてのペア（前提として学習した4組の直接ペアと、 $A-C$ ,  $A-D$ ,  $A-E$ ,  $B-D$ ,  $B-E$ ,  $C-E$  という6組の推理ペア）の比較が課せられた。テスト期にも前提ペアの比較を求めることによって、被験者がその時点でも前提を保持しているか否かを確認できるようにな

っている。更に、比較を求める際の質問も、従来の実験と異なって、たとえば、「BとCではどちらが長いですか?」という一方向のみの問い方ではなく、「BとCではどちらが短いですか?」という逆方向からの問いかけも加えることによって、刺激間の関係に対する相対的で可逆的な理解を促進するような工夫が講じられている。

刺激はすべて対にして提示される。棒の対は、それぞれが提示台の上面から一定の同じ長さだけ突き出るような状態で提示された。5個の提示台にはそれぞれ深さが異った穴が掘ってあり、台の上面からはどの刺激棒も同じ長さしか露出しないようになっている。これは刺激対の長さを比較する場合に、被験者が長さに関する知覚的な情報を直接的に利用できなくするためである。各刺激棒にはそれぞれ異った色が塗ってあるので、被験者はその色の異いを手がかりに刺激間の比較をせねばならないことになる。

訓練期には、被験者が反応した直後に各刺激対を提示台から抜き出してその本当の長さを被験者に見せることによって視覚的なフィードバックを与えるとともに、「そうです」「ちがいます」といった言語的フィードバックも与えるが、実験期は一切のフィードバックを与えない。

#### b. 結果

Table 1 はその結果を示したものであるが、3つの年齢群のサブ・テーブルにおける主要な斜めのセル (A-B, B-C, C-D, D-E) に記入してある数字は前提の想起率を示しており、また、対角線上にない一番上の列と右の行 (A-C, A-D, A-E, B-E, C-E) の各セルの数字は、各ペアの一方あるいは両方が刺激連続体の一番端の位置、つまり、いつも「大きい」あるいはいつも

Table 1 Probability of Correct Choices on Tests for Transitivity and Retention (Experiment 1)

Stimulus	B	C	D	E
4yr old children				
A	0.96	0.96	0.93	0.98
B	—	0.92	0.78† (0.83)*	0.92
C	—	—	0.90	0.94
D	—	—	—	0.91
5yr old children				
A	1.00	0.96	1.00	0.98
B	—	0.86	0.88† (0.80)*	1.00
C	—	—	0.92	1.00
D	—	—	—	1.00
6yr old children				
A	0.99	0.99	1.00	1.00
B	—	0.94	0.92† (0.92)*	0.99
C	—	—	0.98	1.00
D	—	—	—	1.00

注) ( ) \* 内の数値は理論的な期待値

† はクリティカル・ペア

