

## 推移的推理能力の発達に関する研究（Ⅱ）

— 長さの推移律課題に対する情報处理的アプローチ —

松田君彦

(1986年10月15日 受理)

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

— Information Processing Approach  
to the Length Transitivity Tasks —

Kimihiko MATUDA

#### 目 次

1	Piaget派の発達研究に対する批判 .....	(276)
2	長さの系列化過程とプロセス・モデル	
	[1] 手続き的知識について .....	(277)
	[2] Trabassoらのプロセス・モデル	
	a 前提情報はどのような形で表象されるのか .....	(278)
	b “線形序列の表象”を利用した課題解決のプロセス・モデル .....	(280)
	c 結果と、モデルの修正 .....	(283)
	[3] Breslowのプロセス・モデル .....	(286)
	[4] 両者のモデルの予測的妥当性に関する研究 .....	(289)

## 1 Piaget 派の発達研究に対する批判

認知発達研究において Piaget 理論が果してきた役割はいろいろな意味で非常に大きかった事は誰しも認めるところであり、いわゆる Piaget 型の課題が利用された場合はもちろんのこと、そうでない場合も、発達的变化や学習における年齢差などはしばしば Piaget 理論に依拠して解釈されてきた。さらに、Piaget 理論は主体が能動的活動を通じて認識を構成するという認識観・発達観を強調することによって、心理学における認知的アプローチ一般を推進してきたと考えられる。しかし、最近の10年間、少くとも北米においては“Piaget 離れ”がはっきりとした形をとってあらわれてきた。

Piaget 派の研究発表に対してなされる主な批判としては、

- (1) 課題解決は Piaget が主張するような論理的推理のみではなく、教示の問題、問題の意図、記憶の問題など、他の要因も含めて考える必要があること（方法論的な視点からの批判）。
- (2) Piaget の理論では認知内容（構造的側面）に比して、知的発達における手続き的知識の役割が軽視されている。
- (3) 発達のメカニズムは均衡化のみでなく、他の要因、たとえば、反応の修正、ルールの教示、関連次元への注意の中心化、観察学習などでも説明できること（発達のメカニズムおよび均衡化への批判）。
- (4) 具体的操作期の水平的デカラージュや形式的操作の普遍性への疑問、前操作期の過少評価など（段階論、全体構造化への批判）。

などがあげられる。

Piaget 理論に対する批判を通覧してみると、まずはその方法論に関した部分から始まっていることに気付くが、これは、彼の研究パラダイムが北米のそれとは異質な臨床法的色彩の濃いものであったことと強く関係していると思われる。

Piaget の典型的な研究パラダイムは、少数の被験者を対象として、実験事態を前に子どもにくっつかの質問を行い、判断や理由を問うという対話形式の方法を用いる。たとえば、推移課題を例にとってみると、被験者はまず最初に——言語的にか、知覚的にか、あるいはその両方において——対象Aは対象Bに対してRという関係をもっていること、それから対象Bは対象Cに対してRという関係をもっていることの情報を与えられる。そして、最後に彼らは「AとCではどちらがよりRですか？」とか「三つの中ではどれが最もRですか？」と尋ねられる。被験者はそれに対して判断を下し、その自分の判断に対して説明が求められるのであるが、Piaget はもともと、被験者の説明に現れる推理に関心をもっていたのである。

このような手続きは、この他にも保存性の研究とか道徳性の研究などでも共通にみられるパターンであるが、いずれにせよ、これらの方法論に対する批判は、Piaget が用いた教示や課題が論理的思考能力とともに知覚的・言語的・記憶的能力という他の能力を含んでおり、このため種々の解釈

が生じる可能性があり、また反応も当該能力以上の能力を求めることになり、能力はあっても正答しえない可能性のあることを指摘したものと見える。たとえば、保存概念が形成されたと判断されるための基準として、正しい答えとその論理的理由づけが要求されるということは、保存性の能力とともに、理由を説明する言語能力という他の能力をあわせもつことが要求されていることになる。

また、推移律の課題に対しても Brown, G. & Desforges, C. (1979) は、Piaget の推理は①推移律の課題は推移的推理 ( $A > B, B > C, \rightarrow A > C$ ) を要求している、②大人はそのように推理する。③子どもができないのはそのような推理能力に欠けるからである、というもので、たとえば、大人も異なった推理をするかも知れないこと、子どもができないのは教示の理解、記憶力の問題という、他の要因による可能性があるという問題点を指摘している。そして、松田 (1986) で述べた Bryant & Trabasso (1971) の Piaget に対する批判的研究は、まさにこのような視点からなされたものであった。

しかし、この方法論的視点に立脚した批判的研究からは、Piaget 理論に対立するような体系的理論は提出されていない。むしろ、子どもにおける手続き的知識の発達を重視すべきだといった視点からの批判や、Piaget の全体構造つまり発達段階の斉一性の仮定への批判が、ここ数年いっそう強くなってきたばかりではなく、それらがはっきりとした理論的な体系性をもつにいたってきた。そこでここでは、課題解決における手続き的側面を重視する情報処理的アプローチからの Piaget の発達研究批判とその具体的な研究事例について述べることにする。

## 2 長さの系列化過程とプロセス・モデル

### [1] 手続き的知識について

Piaget 理論の特徴の一つとして、構造を基礎として認識の発達を体系化している点が指摘できる事は既に述べたことであるが、晩年の Piaget は構造のみではなく、知的発達における手続きの役割も考慮に入れるようになっていたといわれる。

手続きとは、課題解決における具体的手段の発見ということに関係しており、特定の認知目標に達するために階層的に用いられるメカニズムのことである。そして、構造が理由の知識 (know-why) に関係しているのに対して、手続きは方法の知識 (know-how) に関するものといえる。実際にわれわれがある課題場面に出会った場合、具体的にどのような手順をふめばよいのか、その際何を記憶に入れ、どのように情報を組合せ、利用していくかが問題となる。このように、構造と手続きとの相違は、構造が理由の理解や推理と関係し、規則をもち、非時間的で、内的目的性、因果性という性質をもち、遡及的にはたらくのに対して、手続きは時間的性質をもち、目的に達する方法に関係し、手順が重視され、順向的にはたらくという特徴をもつ。

このようなことから、構造主義的視点からの研究では論理的「構造」の発達「段階」が中心的な

関心となり、問題解決のプロセスや発達のプロセスに関する研究がどうしても軽視されることになってしまいがちである。Piaget 理論のもつこのような弱点ないしは限界を克服するためには、問題解決の「プロセス」を考慮したアプローチが必要となってくる。

たとえば Trabasso, T. (1977) は、Piaget 派の研究では課題についての形式的な記述と心的操作との間に対応関係を想定し、その課題の構造自体に内在すると仮定した論理的操作に研究の主要な関心が置かれており、その課題解決に含まれる心理学的なプロセスについては何らのモデルももっていないと評して、自分たちの研究の主要な関心は課題解決過程における被験者の情報の符号化の仕方——たとえば、前提情報をどのようにして意味的に解釈したのか、またその解釈をどのようにして内的に表象したのか——にあると述べているが、このような視点からのアプローチを情報処理的アプローチという。

## [2] Trabasso らのプロセス・モデル

### a. 前提情報はどのような形で表象されるのか

Bryant and Trabasso (1971) のパラダイムを用いて実施された殆んどの研究では、前提の学習訓練中に系列位置効果が得られている。たとえば、Fig. 1 は Matsuda et al. (1984) の実験で得られた前提の学習における系列位置効果である。つまり、両端ペアは最も少い試行数で最初に学習基準に到達し、続いて中間ペアが到達するのである。

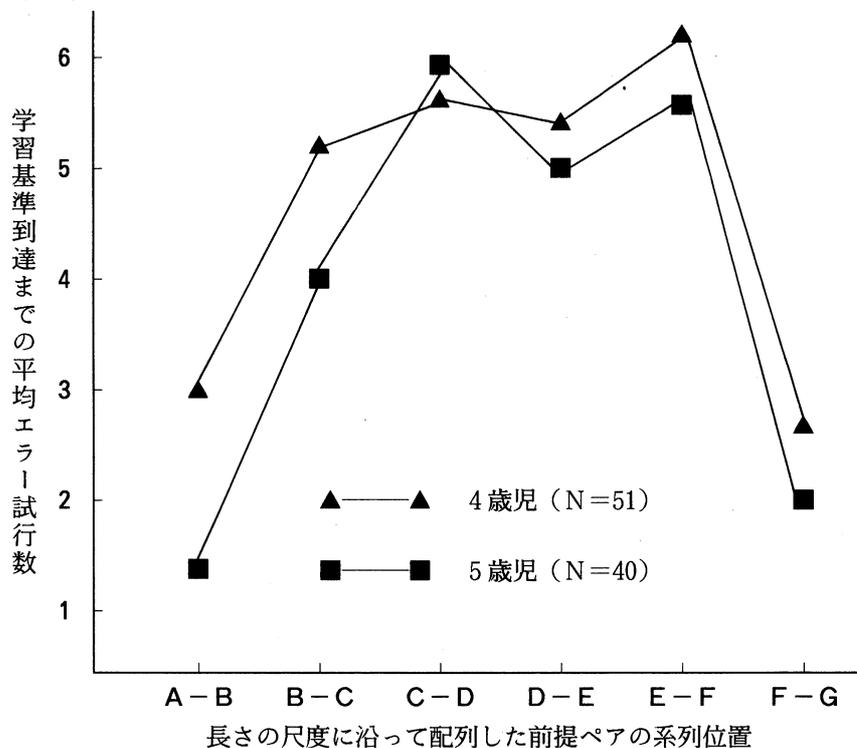


Fig. 1 前提ペアの学習における系列位置効果

Riley and Trabasso (1974) でも、各前提の学習訓練中における最後のエラー試行、あるいは基準に到達するまでに要した総試行数に含まれるエラー数を (1, 2), (2, 3), (3, 4), (4, 5), という刺激ペアの系列位置の関数としてプロットしてみたところ、系列の中央部分に位置するペアで最高のピークが得られるような系列位置効果が発見されたのであるが、彼女らはこれを、子どもたちが個々の前提情報をバラバラに記憶に貯蔵しているのではなく、その情報から、ある種の内的で心理学的な尺度（たとえば、長さとか重さの次元に対応した尺度）に相当する表象を形成しようとしているためであると考えた。

彼女らの仮説は次のようなものである。Bryant and Trabasso の実験パラダイムでは、それまでのパラダイムにおける訓練手続きとは異って両方向での比較訓練（「どちらのほうが長いですか？」、「どちらのほうが短いですか？」）が与えられたが、このことによってペア間の相対的で可逆的な関係の把握が促進され、たとえば、AとBの関係を(A, B)という序列化されたペアとして記憶に符号化することができる。そして、AがBより長く、BがAより短いのであれば、長さの尺度上には、そのペアはまずA、それからBという順序で位置づけられる。そして、子どもたちはこのような序列化された数組のペアを配列する際に「両端から内側へ」という方略を用いることで、刺激項目についてのそのような線形序列を構成するというのである。

つまりこの方略では、まずその尺度で両端に位置するメンバーを他のメンバーから分離させる。もしあたえられるフィードバックが視覚的なものであれば、そのセットの絶対的な最長メンバーあるいは最短メンバーに着目することによって、配列の中の最長あるいは最短のメンバーをみつけだすことができる。しかし、フィードバックが言語の場合には、被験者は「長い」、あるいは「短い」というどちらか一方の比較語としか組み合わせられないメンバーをみつけださねばならないので、系列の中で両端に位置するメンバーを他から分離するには視覚的フィードバックの場合よりも多くの試行数を必要とする（もっとも、視覚的フィードバック条件では言語的フィードバックも同時に与えられるので、被験者の受取るフィードバック情報は両群間では質的にも量的にも異っている）。

両端の刺激項目を他のメンバーから分離させることに成功すると、次にはペア間の序列化が開始される。ここでは、まず最初に(1, 2)と(4, 5)といった両端に位置するペアが尺度上に位置づけられ、それから(1, 2)ペアの内側に(2, 3)ペアを、また(4, 5)ペアの内側に(3, 4)ペアを、といったぐあいに序列化が進められる。そして、この時にもうまくいけば、彼は(1, 2)(2, 3)(3, 4)(4, 5)といった序列化したペアのリストを表象できることもありうる。

次の段階では、ペアを「長い」エレメントと「短い」エレメントといった下位カテゴリーに統合することである。この作業はまず最初に(1, 2)を短い、(4, 5)を長いと考え、(2, 3)(3, 4)を中間と考えることによって着手される。結合の最初のレベルは(1, 2)と(2, 3)を(1, 2, 3)という「短い」セットに統合するか、あるいは(3, 4)と(4, 5)を(3, 4, 5)という「長い」セットに統合することである。そして最終的な統合は、残ったサブセットを(1, 2, 3, 4, 5)という線形序列に統合することである。

以上が Riley and Trabasso (1974) の仮説であるが、記憶の負荷を軽減するという観点からすると、被験者が系列メンバーから線形序列を作り出すのにはいくつかのもっともな理由が考えられる。第一に、(1, 2, 3, 4, 5) というリスト構造は (1, 2) (2, 3) (3, 4) (4, 5) というペアのリストよりも効率的な表象だからである。第二に、(1, 2, 3, 4, 5) というリスト構造はペアの位置関係に関するオリジナルな訓練についてのすべての情報を含んでおり、また、その情報を共通の基本的な尺度上に配列することができるからである。(1, 2, 3, 4, 5) という線形序列では系列のどのメンバー間の比較も容易に可能であるが、各前提ペアをバラバラの形で貯蔵している場合には、テストの際に2つあるいはそれ以上のペアを調整せねば比較できないことになる。すなわち、線形序列の表象をつくりあげれば、課題についてのあらゆる要求を処理できることになるのである。また、このリスト構造は作業記憶や短期記憶でのイメージの使用を促進するために空間的な配列へと容易に変換可能だし、あるいは距離や空間的な序列を含んだ外的な表象への変換も容易に行える。

b. “線形序列の表象”を利用した課題解決のプロセス・モデル

もし子どもが訓練試行の期間中に課題に含まれる情報について線形序列の属性を持った表象を作り上げるとしたばあい、彼は推理問題に解答するためにこれをどのように利用するのであろうか。子どもはこの個々の前提をバラバラに記憶に貯蔵するのではなく、前提から得られる情報を統合しているという仮定について分析可能な結果が存在するのであろうか？。

Trabasso, Riley and Wilson (1975) は Bryant and Trabasso (1971) の実験パラダイムを若干変更することによってこの問題に答えようとした。彼らは系列に6番目のメンバーを追加し、訓練時には5ペア、テスト時には15ペアの比較課題を与えることが可能なような工夫をした。5本のステッキとか5項目系列の問題では、「序列化されたペア学習」なのか「線形序列の学習」なのかを区別することができない。この間の区別をつけるためにはもっと多くのペア、つまり5ペア必要である。6本のステッキで構成される (1, 2), (2, 3), (3, 4), (4, 5), (5, 6) といった5組のペアがあれば、子どもがペアの関係だけを学習している場合には、(2, 3), (3, 4), (4, 5) の各ペアの困難度はみな等しいと予想される。しかし、「両端から内側へ」という方略を用いていると仮定すると、(3, 4) ペアが最後に獲得されるはずである。Trabasso, Riley and Wilson (1975) の研究で6本のステッキを用いたのはこのような理由からである。以下、簡単に彼らの実験方法について説明してみよう。

装置と材料： 各々色と長さの異なる6本のステッキを6セット（各セット間では色と長さの組合せはすべて変えてあるので、計36本のステッキが必要）を刺激材料として使用。各ステッキは訓練においてもテストにおいても3×4インチの透明のプレキシガラスでできた二つの窓の中に提示された。この窓は不透明な黒い箱の中央に取り付けられており、その前面はギロチンドアでカバーされている。そしてこのギロチンドアが上げられ、ステッキのペアが各窓の中に提示される（2本

のステッキとも同じ4インチの長さだけ見えるようになっている）と同時に時計のカウンターがスタートし、被験者が正しいと思った方の窓を押した時にストップするようになっている。

手続き： 基本的にはBryant and Trabasso (1971)と同じであるが、いくつかの点で異なっている。実験はすべて個別でおこなわれるが、子どもが被験者の場合には、本実験に入る前にステッキの色名についての予備テストや窓の操作の練習などがおこなわれ、ステッキの数は全部で6本しかないことが知らされ、布の下からそれらのステッキに触れることがゆるされた。これは本実験で子どもたちが無用な混乱を引き起こさないで済むためのものである。大人の被験者に対してはこのような手続きは一切省略された。本実験は訓練期とテスト期に分れているが、子どもの場合にはこの訓練期が更に2つに分れており、訓練期の前半では、訓練は各ペアごとに学習基準値（10試行中8回正反応）に到達するまで連続して与えられる。訓練されるペアの順序は視覚および言語の各条件群の半数の子どもには上昇系列で、残りの半数の子どもは下降系列で行われる。訓練期の後半は子どもも大人も同じ手続きでおこなわれるが（大人はここから訓練が開始される）、ここでは五組のすべての隣接ペアが5試行からなる1ブロックの中で提示され（各ブロック内での提示順序はランダム）、各ペアで4回連続して正反応が得られるまで（4回連続して試行ブロック内がすべて正反応になるまで）訓練が続けられた。各訓練試行におけるステッキの左右の提示位置はランダムにされた。

試行を開始する際に、被験者には「どちらが長いですか？」あるいは「どちらが短いですか？」という2つの型の質問の内の一方がなされる。質問が終ると同時に、実験者はギロチンドアを上げ時計をスタートさせる。被験者が自分の選んだ色の前にある窓を押すと時計が止り、反応時間（RT）が計測される。2種類の質問はその回数が等しくなるように試行全体でランダムに均等化された。訓練期には被験者の各反応に対してフィードバックが与えられるが、その種類によって被験者が視覚条件群と言語条件群に分けられるのはBryant and Trabasso (1971)と同じである。

訓練期での学習が基準に到達するとすぐにテスト試行が開始されるが、ここでの手続きも大筋ではBryant and Trabasso (1971)と同じである。各被験者は6本のステッキから組合せ可能な15組のペアのそれぞれについて4回のテストを受けた。この15組のペアには推理ステップ0の隣接ペア、つまり訓練を受けた(1, 2) (2, 3) (3, 4) (4, 5) (5, 6)の5ペアと、ステップサイズ1の(2, 4) (3, 5)とステップサイズ2の(2, 5)という2種類の推理ペア、それからそのいずれもが刺激系列の両端に位置するステッキ1か6を含んだ7組の端末係留ペア、つまりステップサイズが1の(1, 3)と(4, 6)、ステップサイズが2の(1, 4)と(3, 6)、ステップサイズが3の(1, 5)と(2, 6)、それにステップサイズが4の(1, 6)の7組が含まれている。この各ペアに関する4回のテストは、長い方の色ステッキを問う質問が2回、短い方の色ステッキを問う質問が2回から成っている。各々のタイプの質問に対して、ステッキの左右の位置は均等になるようにバランスがとられている。テスト期では1ブロックに15組のペアが含まれているので、4ブロックの総計では60のテスト問題が与えられることになるが、各ブロック内での15ペアの提示順序はランダムにしてある。

各被験者にはテスト期ではフィードバックが与えられないこと、それから「間違わないように、しかも、できるだけ速く回答するように」という教示が与えられたが、後者の方の教示は今回の実験では特に重要な意味をもっている。

被験者： 6歳児（平均年齢，6歳1ヶ月）43名。9歳児（平均年齢9歳0ヶ月）37名。大学生（Princeton 大学）36名。

もし被験者が5個の前提をバラバラの状態に記憶に貯蔵しており、テストのたびにそれらを順序よく調整しているのであれば、推理に要する時間はペアをなすメンバー間の距離が増すにつれて長くなるはずである。(2, 5) ペアのテストでは (2, 3) (3, 4) (4, 5) という3つのペアを順序よく整理して調整する必要がある、(2, 4) とか (3, 5) のペアでは2つのペアの調整が必要である。(2, 3) とか (3, 4), (4, 5) は訓練ペアなので直接的に検索されるだろうから、これらのペアに関するテストではペア間の調整をする必要はまったくない。

これに対して、被験者が前提の情報から線形序列の属性をもった表象を作り上げているという仮説にたつとするとまったく正反対の結果、つまり、ペアをなすメンバー間の距離が離れているほど結論を出すのに要する時間は短いということが予想される。被験者がステッキを (1, 2, 3, 4, 5, 6) といった序列化したリストとして表象すると仮定してみよう。ペアをなすステッキ間の関係を問う質問がなされた時、彼はそのリストを質問で述べられた方の端から走査を開始する。もし質問に「長い」という言葉が含まれていれば長い方の端である6からスタートするだろうし、もし「短い」という言葉が含まれていれば1からスタートするだろう。もし (2, 4) ペアに対して「どちらの方が短いですか？」という質問がなされたとすると、彼は短い方の端から1, 2という2つのメンバーを走査して2を見つけ出すことになるのであるが、この時点で作業は終る。つまりここでは、短い方の端から走査を開始してペアをなすメンバーの一方を見つけだせば、他方のメンバーは無視して結論を出すといった絶対的判断がなされていると仮定しているのである。また、もし「どちらの方が長いですか？」という質問がなされた場合には、彼は長い方の端から開始して4を見つけ出すために6, 5, 4, と3つのメンバーを走査することになる。2つのタイプの質問を平均すれば2½のメンバーが走査されたことになる。しかしながら、ステッキ2とステッキ3の関係に関する質問の場合には走査せねばならないメンバーの数は2と4で、平均では3つのメンバーである。従って、ペアをなすステッキ間の距離が1メンバー離れているような推理ペア（ステッキ2と4）に関する質問に答える場合よりも、前提ペア（ステッキ2と3）に関する質問に答える場合の方が多くのメンバーを走査せねばならない。同様にして、ステッキ2と5に関する問題ではどちらの方向からでも2つのメンバーを走査せねばならないので、平均も2ということになる。したがって、ステッキ2と5の間の関係は2と4や2と3の場合よりも少い走査で済むので反応時間も短くて済むはずである。2と5の間の距離は2と4のあいだの距離よりも大きく、また2と4の間の距離は2と3の間の距離よりも大きいので、このモデルはペアを構成するメンバー間の距離が大きいほど反応時間は短いということを予言するわけだが、これを彼らは距離効果と呼んでいる。

## c. 結果および、それに基づいたモデルの修正

決定までの所要時間 (RT) を分析してみると、被験者は年齢に関係なく、ステッキに関する情報を線形序列に統合し、推理問題を解くためにそれを利用しているという仮説が決定的に支持された。端末係留項目を除いたすべてのケースで、推理テストでのペアを構成するメンバー間の距離が増大するにつれて反応時間は減少したのである。さらに、推理問題での反応時間は前提ペア（訓練期にその関係を学習したペア）に関する反応時間よりも1つの例外を除けばすべて速かった。しかし、このモデルをテスト試行に含まれている15ペアのすべてに適用して得られる反応時間の予測オーダーと実際に観察されたオーダーとの相関を調べてみると  $r = .59$  であった。この数値はモデルの予測的妥当性を示すものとしてはあまり高いものとはいえない。つまり、このモデルはこのままの形ではそれほどうまく当てはまっているとはいえない。

モデルがデータの予言に成功するか否かはそのモデルの構造とそのプロセスに関する仮定との両方にかかっているが、Trabasso and Riley (1975) は言語的マーク効果 (lexial marking effect) と端末係留効果 (anchor effect) を仮定することによって実際のオーダーとの相関が  $r = .97$  と非常に高く、また完全に同じ結果を予測する2つのプロセス・モデル、つまり、距離モデル (Distance Model) と汎化モデル (Generalization Model) を報告しているが、これらは次のような仮定の上に立っている。これまでに述べてきたモデルでは、被験者は前提情報から刺激項目間の関係について線形序列の表象を形成しているのではないかということであったが、その際に彼らは刺激項目間の関係を順番に配列するだけではないに、序列の中の位置とカテゴリー名とを結び付けていることが考えられるというのである。こういったカテゴリー名を示すコードは、たとえば、「大変長い」から「大変短い」まで広がっており、序列の中の各位置がそれらのコードとそれぞれ結び付いていることも考えられるし、あるいはコードは「長い」と「短い」の2つしかなく、各位置がその2つに対してそれぞれ強さの異なった連合を形成しているとも考えられる。

まず、距離モデルであるが、これは被験者の作り上げる表象が横方向や縦方向への広がりといった空間的な属性を持ったものであるという仮説の上になりたっている（そういった意味で彼らはこのモデルを空間的モデルとも呼んでいる）。これまでにいろんな研究者たちが、このような刺激序列の表象は空間的なイメージを伴うと論じている（たとえば、DeSoto, London, & Handel 1965; Huttenlocher, 1968）が、Trabasso and Riley (1975) はこれを次のように解釈している。人はまず各メンバーを弁別過程を経て配列の中に位置づけるのであるが、それは次のような過程である。まずメンバーの相対的な位置に注目し、それに適切なラベルを貼りつける。そして、その関係の主語であるメンバーを選択する。たとえば「どちらが長いですか、赤それとも青？」という質問が与えられた場合、人はまず赤と青の元々の位置を確認し、続いてたとえば赤 = 2, 青 = 4, といったようにアウトプットする。ナンバー1は短い方の端の項目であり、 $4 > 2$  なので青は赤よりも長い、従って「青」という答えを出す、というものである。この距離モデルが空間的なイメージを伴う方略と類似している点は、この過程が序列化した空間的な配列の中にメンバーを位置づけるという方

法に依存している点と、ここではメンバー間の距離が主要な働きを演じているという点である。

被験者が用いていると考えられるもう1つの方略は、彼らが線形序列の中の位置と「長い」、「短い」という2つのコード(比較ラベル)との間に強さの異なった連合を形成し、その強さの差を利用して結論を導くというやりかたであるが、このような仮説にたつプロセス・モデルが汎化モデルである。こういった連合の強さは訓練時につくられ、ステッキ1に塗られた色は「短い」という比較コードと最も強い連合を形成し(逆に、「長い」という比較コードとは最も弱い連合しか形成しない)、ステッキ6に塗られた色は「長い」という比較コードと最も強い連合を形成すると考えられる(今度は逆に、「短い」という比較コードとは最も弱い連合しか形成しない)。

被験者はこの比較コードとの連合の強さに従って長さの比較を行い、「論理的な必然」を背景に自分の結論を正当化することができるのである。つまり、もし赤が青よりも「長い」と強く連合しておれば、彼は「どちらが長いですか?」という質問に対して「赤」と答え、“もし $V(R) > V(B)$ ならばRを選べ”という決定のルールによってその答えを正当化できる。ここで、 $V(\ )$ は赤(R)と青(B)の「長い」というコードへの相対的な連合の強さを表している。しかしながら、論理的な正当化を行っているということは「真の推移律が備わっている」ということを意味しているのではない。何故ならば、この論理には媒介となる中間項の使用が含まれていないからである。「真の推移律」は子どもが「赤は青より大きく、青は緑より大きいので、赤は緑よりも大きい」という完全なルールを使用したときにのみ認めべきものである。Trabassoらのモデルで「真の推移律」が働いたと考えられているのは訓練期の最後の段階、つまり、(1, 2) (2, 3) というように序列化されたペアを短い方のサブセット(1, 2, 3)にばらす段階、あるいは(4, 5), (5, 6)を長い方のサブセット(4, 5, 6)にばらす段階においてのみであるとされているが、この段階ではステッキ2, あるいはステッキ5が論理的な媒介項の役割を果していると考えられているからである。

このような“連合の強さ”モデルは「汎化」モデルとして解釈できる。つまり、線形序列における色の位置は訓練中に獲得されるので、色-比較コードの連合はその本来の位置との間で最も強い連合を形成するが(つまり、ステッキ1の色は「短い」という比較コードと最も強い連合を、また、ステッキ6の色は「長い」という比較コードと最も強い連合を形成する)、その他の位置に対しては汎化現象がみられると考えているので、他の色に対する汎化勾配を仮定すると質問で使われた比較語に対して相対的な強さをもった色を選ぶ事ができる。したがって、比較語に対する相対的な連合の強さがそのまま単純に反応速度に関係するという仮定に立てば、その強さについての知識から15のテスト・ペアの反応時間についてのオーダーのランクは予言できる。この際、序列で両端に位置する色はそれに対応する比較コードと最も強い連合を形成していることから、ペアの一方ないしはその両方のメンバーにこれらの色が含まれている場合(端末ペア)にはより短い反応時間で結論に到達できると考えられる。彼らはこれを端末係留効果と呼んでいる。そうすると、距離効果しか仮定していなかった従来のプロセス・モデルでは、たとえば(2, 3)ペアの場合に両端から走査せねばならないメンバー数の平均は3であり、また、(5, 6)ペアの場合も同じく3なのでこの両

ペアの反応時間は等しいと予測されることになるが、この効果を仮定することによって（5, 6）の端末ペアの方が（2, 3）ペアよりも短い反応時間で済むことが予測できることになる。

次に、言語的マーク効果について説明しよう。これはもともと Chomsky, N. (1965) らによって提唱された変形文法から出てきたものであるが、Clark, H. (1969 a, 1969 b) らによって直接指摘された事柄である。推理問題を課す場合に、それを言語的にどのように表現するかによって人々が誤って推理してしまう事がしばしば生じ得るが、いわゆる三項目の系列化問題ではこの言語的な表現が特に重要な意味をもってくる。たとえば、「次郎は太郎よりも優れており、次郎は三郎よりも悪いとしたら、最も優れているのは誰ですか？」と表現された場合と、「次郎は太郎より優れており、三郎は次郎より優れているとしたら、最も優れているのは誰ですか？」と表現された場合では、両方とも表面的には同じ情報を提示しているにもかかわらず、前者の方が後者よりもずっと多くのエラーを引き起こす。

Clark, H. (1969 a) は、推理課題での情報がどのような方法で記憶に貯蔵されたり記憶から検索されるかということによって課題解決に要する時間に差が生じるという理論を展開しているが、その理論は機能的関係最優先の原理、言語的マークの原理、一致の原理に支えられている。そして Trabasso and Riley (1975) が引用している言語的マーク効果というのは Clark, H. の理論における二番目の原理である。この原理は、たとえば、良いとか悪いとかいった形容詞対の意味的な複合体に関するもので、「良い-悪い」のペアは対称な関係をなしていないという現象を指摘したものである。このペアでいえば“良い”がいわゆるマークされていないメンバーになるが、この“良い”は、たとえば「その映画はどのくらい良かった？」といったような文脈では中性化し得るのにたいして、マークされた方のメンバーである“悪い”は中性化し得ない。従って、“良い”は比較構文においても中性化され得るが、“悪い”はそういう訳にはいかない。つまり、「次郎は太郎よりも良い」という文は次郎と太郎をただ評価のために量的に比較しているだけであるが、「太郎は次郎よりも悪い」という文は太郎と次郎がともに悪いということ相像させるというのである。そしてこの原理は、“良い”のようなマークの無い形容詞の中性的な意味は、“悪い”のようなマークのある形容詞の意味よりも単純な形で記憶に符号化されるということを仮定している。このような原理を仮定する事によって生じる必要な結果は、マークの無い形容詞を含んだ比較語は記憶への貯蔵や記憶からの検索がより迅速に行われる、ということである。

(1, 2) といったステッキのペアを「長い-短い」の次元で比較させる場合、Trabasso and Riley (1975) は“長い”がマークの無い方のメンバーであると考える事によって、さらには、一般に“長い”という言葉は“短い”という言葉よりも我々にはなじみが深いという経験的な事実によって、“長い”という言葉と連合したメンバーを含んだ端末ペアの方が“短い”という言葉と連合したメンバーを含んだ端末ペアよりも結論に達するまでの反応時間は短くて済むと仮定したのである。

また彼らは一致の効果というのも仮定しているが、これは記憶からの情報の検索過程に関するものである（ただし、この効果はモデルの予測的妥当性をしめす相関係数には直接には反映されない）。

ここでは、情報はそれが求められているものと一致する場合にだけ検索され得ると考えるのであるが、この際の一致とは字や句の表面的なレベルでの一致ではなくて基本的関係での一致を意味している。たとえば、「次郎は太郎ほど悪くない」という文は、次郎は悪い、太郎は悪い、という意味を含んでいるが、「誰が最も良いですか？」という質問では「Xは良い」という表現でXにあたるものが求められている。したがって、このような事態では文と質問の中での基本的な機能的関係の一致はみられないので、質問は暗に「誰が最も少く悪いですか？」というように再定式化されねばならないことになる。そして、この再定式化がなされた時点ではじめて一致した情報の発見と答えの検索が可能になると考えるのである。

Trabasso and Riley (1975) がここで仮定している一致の効果というのは、具体的には、質問で使われる比較語とテスト・ペアに含まれる係留項目 (anchor) との間には一貫した交互作用が見られること、つまり、最長のメンバーを含む端末ペアの場合は「どちらの方が短いですか？」という質問よりも「どちらの方が長いですか？」という質問の方が短い反応時間で結論に到達できるということである (あるいは、この逆のことについても言える)。これは推移律課題を解く方略が両端から内側へという方向での走査に基づいているという彼らの仮定と密接に関連している。“長い”という言葉が質問で使われた場合には線形序列の長い方の端から走査を開始するのであるから、テスト・ペアに最長の係留項目が含まれている場合により迅速で正確な処理が行われるのは当然の結果である。

Trabasso and Riley (1975) はこのような効果、特に言語的マーク効果と端末係留効果を考えることによって、モデルの予測的妥当性を大いに高めることができたのである。つまり、最初のモデルでは予測値と実測値との間の相関は  $r = .59$  であったのが、修正後のモデルでの相関は  $r = .97$  となった。そして Trabasso, Riley and Wilson (1975) や Riley (1975 ; Trabasso, 1977より引用) の実験では被験者の年齢の違いにもかかわらず、(1). 系列位置効果, (2). 端末係留効果, (3). 決定時間と距離効果, (4). 一致効果, (5). 言語的マーク効果という、彼らが仮定したすべての効果が確認されたのである。

### [3] Breslow のプロセス・モデル

Trabasso and Riley (1975) は距離モデル、汎化モデルという二つの異なったプロセス・モデルを提唱しているが、この両モデルはそれぞれ異なった処理過程を想定はしているものの、次のような仮説は共有している。つまり、(1)刺激に関する線形序列は訓練期の中に推移的推理に基づいて形成される、(2)この線形序列は長さについての量的次元に対応するものとして概念化される、(3)比較されるべき二つのステッキに対するコードは比較問題を解く過程で形成される、(4)序列的な特質 (ある尺度上での相対的な強さ、ないしは配列の中での順序) についての量的な値は各ステッキに対して形成され、比較問題を解くために比較される。

ここに要約したような Trabasso and Riley (1975) のモデルのもつ前提や特徴に対して, Breslow, L. (1981) は, このような前提を必要としない二つのモデルについて論じているが, そこで推移的推理の存在が必要とされないのが, 幼児に推移律の理解を仮定しなくても課題解決が可能であることを説明できることになり, Piaget の発達理論を検討する上で非常に重要な意味をもっている。

まずその第一は, 松田 (1986) で紹介した De Boysson-Bardies and O'Regan (1973) のラベリング・モデルである。彼らは Bryant and Trabasso (1971) のオリジナルな研究に関する 4 歳児のパフォーマンスを説明するためにこのモデルを提唱したのであったが, このモデルによると, 訓練中に被験者は刺激の線形序列を形成するのではなく, 各前提をバラバラに学習するとされる。つまり, ここでは幼児は(1)推移的推理をしていないこと, (2)線形序列を形成していないこと, (3)量的な情報によってではなく, 質的なカテゴリーによって比較を行っていること, が明記されている。しかし, このラベリング・モデルは確かに Bryant and Trabasso (1971) のような 5 項目の系列を用いた実験結果に関してはうまく当てはまるが, 6 項目あるいは 7 項目を用いた実験には適用できないことが, 既に広瀬・松田ら (1983) や Matsuda et al. (1984) によって明らかにされていることから, そのプロセス・モデルとしての価値は極めて低い。

推移的推理能力を仮定しないで済むモデルとして Breslow (1981) があげた二番目のモデルは彼自身が考えた連続的隣接モデル (Sequential - Contiguity Model) である。ラベリング・モデルとは違ってこのモデルでは Trabasso らのモデルでの仮説, つまり, 被験者は訓練期間中にある種の線形序列を形成するという仮説を共有するが, しかし, 彼らがこの序列化を推移的推理によって形成するとか, あるいは, この序列を長さの量的次元に対応するものとして概念化しているとは考えていない。

Trabasso and Riley のモデルでは, 子どもが  $(A > B)$  という前提を順序づけられたペアとして理解した時にのみ, その前提から線形序列を形成することができる。つまり,  $(A, B)$ ,  $(B, C)$  の各ペアが共通の方向性をもって順序づけられているからこそ, この 2 つのペアを B を媒介として  $(A, B, C)$  というサブセットに統合し, さらに  $(A, B, C, D, E, F)$  といった線形序列に統合できるのであると考えているのに対して, Breslow の連続的隣接モデルでは逆に, 子どもたちは各前提を隣接関係に基づいて  $(A, B)$  あるいは  $(B, A)$  といったように, 順序づけられていないバラバラの形で表現できるペアとして捉えることによって線形序列が形成されると考えている。

Bryant and Trabasso (1971) の実験手続きでは前提ペアの関係を両方向から比較させることによってメンバー間の相対的な関係の理解が促進させられたと解釈されているが (たとえば, Trabasso and Riley, 1975; Trabasso 1977), Breslow の解釈はこれと異っている。彼の考えでは, ペアをなすステッキ間の関係が両方向から比較させられることによって両端部以外の各ステッキには絶対的な大きさのラベルを貼ることができなくなるので, 子どもは一つの方向からの比較条件の場合よりも一層隣接関係 (隣同士メンバーとのつながりの関係) に頼らざるをえなくなる。もしこの仮説が正しければ, 線形序列を作る際には両端のステッキが重要な位置をしめることになる。何故な

らば、まず第一に、この両端のステッキだけが「より長い」「より短い」というラベルを一貫して貼ることのできるものだからである。そして第二に、各前提の中で、他にたった一つのステッキとしか組合せをもたないのも、この両端のステッキだけだからである。推移的な推理能力が欠如している場合には、被験者は互いに第三の同一ステッキと隣接関係をもっている二つのステッキ間の順序関係（たとえば、 $(A > B)$ 、 $(B > C)$ 、 $(C > D)$ 、 $(D > E)$  で  $B$  と  $D$  の順序関係）を決定するのに困難を感じるはずであるが、両端のステッキからスタートすれば、彼は隣接関係に基づいた簡単な連続的方法で線形序列を形成することができる。たとえば最長のステッキ  $A$  から始めるとすれば、被験者はまず初めに前提の中で隣接関係にあるステッキ、即ち  $B$  だけを取り出す。次には  $B$  と隣接関係にある他のステッキ、即ち  $C$  だけを取り出すといった具合である。系列の「短い」方の端からスタートしても、訓練期のデータが示しているように両端から内側へというやり方で線形序列を作り出すことになる。即ちこのモデルは、前操作的段階にいる被験者はそのカテゴリー化能力の欠如や、またその必然的な結果としての、前提に述べられている隣接関係に依存せざるを得ないことから予期できないような線形序列を作り出せることを明確にしているのである。したがって、このモデルの見地に立てば、線形序列は推移的な推理によってではなく、隣接関係の連続的で非可逆的な適用の結果として形成されるのである。さらに彼の考えによれば、被験者が両端から内側へという方略で線形序列を作りだすことを学習するという事実は、彼らはその序列の可逆性を推論するということを意味しているのではない。たとえば彼らは、既に作り上げている  $A$  から  $E$  までの序列から、 $E$  から  $A$  に至る序列を推理することはできないのである。彼らはその序列を、それぞれの方向をバラバラに、そして各方向とも非可逆的な方法で学習しているだけである。

ひとたび序列が形成されると、被験者達はこれを長さの量的な次元に対応するものとは見なさず、明確な境界線のない「長い」部分と「短い」部分からなる質的な尺度と考える。両端のステッキだけが「長い」あるいは「短い」という固定したラベルが貼られるが、その他のステッキに貼られる大きさは比較問題毎に変化する。このモデルに従えば、前提ペアの比較であっても推理ペアの比較であっても、被験者はその線形序列を、それを最初に作り上げる時と同じ方向、即ち、両端から内側という方向で比較作業を進めていく。たとえば、「 $X$  と  $Y$  ではどちらが長いですか？」といった質問が与えられた場合、被験者はその質問の中で使われた比較語に対応する端末ステッキ（この場合では長い方の端末ステッキ）についての表象を検索する。それから彼らは  $X$  か  $Y$  に出会うまでその端末ステッキからその序列をたどっていく。彼らは序列の長い方の端末から進んでいってそれを発見したのだからそのステッキは「長い」ステッキだと考えるのである。この過程はその線形序列が最初に形成されたのと同じ過程、つまり、連続的で一方向だけに進むやり方なので推移的な推理を必要としないのである。

この連続的隣接モデルからは反応時間に現れる距離効果も簡単に説明できる。被験者はどのステッキのペアに関しても両方向から同じ頻度で質問されるのでその序列の長い方の端と短い方の端から出発して問題のステッキに近づく頻度も同じだけ要求される。したがって、比較ペアの、その序列

の両端からの距離が小さければ小さいほど、したがってまた、比較ペアを構成しているメンバー間の距離が大きければ大きいほど、その比較に必要とされる時間の総量は小さくなるはずである。

Trabasso (1977) はこの種の連続的隣接モデルでは、距離効果は確かに説明できるけれども端末係留効果や言語的マーク効果を説明できないとして批判しているが、Breslow は自分のモデルを若干修正することでこれらの効果をも説明している。被験者がその序列に沿って進めるようになるには、それに先立って、適切な端末ステッキについての表象を検索するためにいくらかの時間が必要であると仮定される。もしその端末ステッキが質問の中で比較項目の1つとして言及されるとすれば、この端末係留を作り出す時間が相当に減少するはずである。たとえば、(A, D) ペアでの比較と (B, E) ペアでの比較では、推理的距離は両ペアとも等しいにもかかわらず、前者の方がより迅速に処理可能であると考えられるが、その理由は、前者のペアでは要素の1つである A が質問で述べられる端末係留と時々一致するからである。すなわち、「X と Y ではどちらが長いですか？」という問題が出された場合、長い方の端末係留 A を作り出すのに必要な時間は (A, D) ペアでは A が質問の中で言及されているのに対して、(B, E) ペアではそれがないので、前者の方が短い時間で済むはずである。質問の中で語られた比較項目の1つがその系列で最短のステッキである場合に、もし小さい方の端末ステッキを発生させるのに上で述べたのと類似した時間の短縮が得られるとすれば、長、短両方の係留ペアに対する端末係留効果が説明されることになる。

言語的マーク効果を説明するためには、端末係留の発生時間が短縮されるのは、質問の中に現れる比較項目の1つが長い方の端末項目である場合の方が短い方の端末項目である場合よりも大きいということを付け加えさえすればいいことである。

#### [4] 両者のモデルの予測的妥当性に関する検討

Breslow のモデルでは、両方向からの質問についての端末係留発生時間の平均から所与の比較ペアに対する相対的な処理時間が計算できる。仮説に基づいて構成した数値を使い、15の比較ペアに対する相対的な時間の増分を計算したのが Table. 1 であるが、このモデルによって導かれた予測による順位は、実際に観察された順位と高い相関 ( $r=.97$ ) を示し、また、この相関は Trabasso and Riley (1975) のモデルで得られる相関と完全に等しいという結果が得られた。

Trabasso and Riley (1975) のモデルと違って、この Breslow (1981) の連続的隣接モデルは(1)線形序列は推移的な推理によって作られるのではなく、同じ前提の中にその要素が同時に存在するという事に基づいた隣接関係を連続的に適用することによって作られる、(2)線形序列は量的次元に対応しているというよりは、「長い」部分と「短い」部分から成る質的なものと考えられる、(3)1つの問題に答えるためには、比較ペアを構成している2本のステッキの内の1本だけの表象が引き起こされねばならない、(4)この手続きを用いれば、比較ペアの各要素に対する量的な値の検索や比較の過程を経ることなしに確実に正反応を作り出すことができる、ということをも主張しているので

Table. 1 連続的隣接モデルに基づいた比較ペアの反応時間についての  
 予測的順位の算出と、他のモデルに基づいた予測との比較 (Breslow, L. 1981)

連続的隣接モデル; 予測される順位の算出							
比較ペア		時間増分の要因(a)				モデル間の比較 (予測される順位)	
ペアのタイプ	ペアの項目	実際に観察 された順位 (b)	端末係留 発生時間 (c)	連続的 接近時間 (d)	総反応 時間	連続的隣接 モデル	汎化モデル 距離モデル
両 端 末	(A, F)	1	50-10	0	35	1	1
長・端末	(A, D)	2	50-10	2	42	3	4.5
	(A, B)	3	50-10	4	44	5	2
	(A, E)	4	50-10	1	41	2	3
	(A, C)	5	50-10	3	43	4	4.5
	短・端末	(B, F)	6	50-5	1	46	6
	(C, F)	7	50-5	2	47	7	8.5
	(E, F)	8	50-5	4	49	9	7
	(D, F)	9	50-5	3	48	8	8.5
2 段 階	(B, E)	10	50-0	2	52	10	10
1 段 階	(B, D)	11	50-0	3	53	11.5	11.5
	(C, E)	12	50-0	3	53	11.5	13.5
0 段 階	(B, C)	13	50-0	4	54	14	11.5
	(D, E)	14	50-0	4	54	14	13.5
	(C, D)	15	50-0	4	54	14	15
実際に観察された順位との相関						r=.97	r=.97

(a)仮説的な時間増分の単位

(b)このデータは Breslow (1981) が, "On the Construction and Use of Representations Involving Linear Order", by T. Trabasso and C. Riley, in R. L. Solso (Ed.), Information Processing and Cognition; The Loyola Symposium. Hillsdale, N. J.: Erlbaum, 1975. Copyright 1975 by Erlbaum Associates, Inc. Reprinted by permission. から引用したものである。

(c)端末ステッキを含まない比較ペアに対する標準的な端末係留発生時間は50ユニットである。「どちらが長い?」といった質問での、長い方の端末を含むペアに対する端末係留発生時間の短縮は20, 「どちらが短い?」といった質問での短い方の端末を含むペアに対する短縮は10である。そこで、この両方の質問に対する短縮ユニットの平均を算出し、端末係留発生時間の標準値(50)からこの平均短縮時間を引いて、各比較ペアに対する平均端末係留発生時間とする。たとえば、長い方の端末ステッキを含んだ(A, E)ペアの場合には「長い」という言葉を用いた質問に対する短縮は20ユニットで、「短い」方の質問では0ユニットである。だから、端末係留の平均発生時間は $50 - \frac{1}{2}(20 + 0) = 40$ , 即ち40ユニットである。

(d)端末ステッキから線形序列に沿って中央へ進む一連の各ステップは2ユニットの時間を必要とする。「どちらが長い?」という質問に対する連続的接近に要するユニットと「どちらが短い?」という質問に対するユニットの数を足して2で割り、その比較ペアに対する連続的接近に要する平均時間が算出される。たとえば、(B, D)ペアの場合、長い方のアンカーであるAから進んで行くとすれば1接近ステップ、即ち2ユニットが必要であり、短い方のアンカー、Fから出発するとすれば2ステップ、即ち4ユニットが必要である。従って、連続的接近のための平均所要時間は $\frac{1}{2}(2 + 4) = 3$ , 即ち3ユニットである。

あるが、その一方で、テスト期において被験者が行っているであろう処理過程についての基本的な部分での仮説、つまり、テスト期においては被験者は刺激系列に関する線形序列の表象に基づいて絶対的な判断を行っているという仮説では一致しているのである。従って、これまでの実験結果で確認された距離効果、端末係留効果、言語的マーク効果などは両モデルとも共通に想定している。

要するに、この両モデルは訓練期に形成されると思われる刺激の線形序列の形成過程に関しては基本的に異なったメカニズムを想定しているものの、テスト期における処理過程ではほぼ同じ内容のメカニズムを想定しているので、テスト期における反応時間からの分析で両モデル間に大きな差異が現れるとは思われず、このような結果はある程度予測されることである。

## 文 献

- Breslow, L. 1981 Reevaluation of the Literature on the Development of Transitive Inferences, *Psychological Bulletin*, Vol. 89, No. 2, 325-351.
- Brown, G. & Desforges, C. 1979 *Piaget's theory*. Routledge & Kegan Paul.
- Bryant, P. E. & Trabasso, T. 1971 Transitive Inferences and Memory in Young Children, *Nature*, 232.
- Chomsky, N. 1965 *Aspects of the theory of syntax*, Cambridge : M. I. T. Press.
- Clark, H. 1968a Linguistic processes in deductive reasoning, *Psychological Review*, 76, 387-404.
- Clark, H. 1968b Influence of Language on solving Three-term series Problems, *Journal of Experimental Psychology*, Vol. 82, No. 2, 205-215.
- De Boysson-Bardies, B. & O'Regan, K. What children do in spite of adult's hypotheses, *Nature*, 246.
- DeSoto, C. B., London, M. & Handel, S. 1965 Social reasoning and spatial paralogic, *Journal of Personality and Social Psychology*, 2, 513-521.
- 広瀬春次, 松田君彦, 二村英俊 1981 推理課題に及ぼす記憶要因の発達の研究, 九州心理学会第42回大会発表論文集。
- Huttenlocher, J. 1968 Constructing spatial image : A strategy in reasoning. *Psychological Review*, 75, 550-560.
- Matsuda, K., Hirose, H., Futamura, H. 1984 A developmental study of strategies and memory in the length-transitivity task, *Japanese Psychological Research* Vol. 26, No. 3, 125-133.
- 松田君彦 1986 推移的推理能力の発達に関する研究（Ⅰ）, 鹿児島大学教育学部研究紀要 第37巻 人文・社会科学編 p. 341-361.
- Riley, C. A. & Trabasso, T. 1974 Comparatives, logical structures and encoding in a transitive inference task, *Journal of Experimental Child Psychology*, 17, 187-203.
- Trabasso, T., Riley, C. A. and Wilson, E. G. 1975 The representation of linear order and spatial strategies in reasoning : A developmental study, In R. Falmagne (Ed.) *Reasoning : Representation and process in children and adults*. Hillsdale, N. J. : Lawrence Erlbaum Associates.
- Trabasso, T. & Riley, C. A. 1975 The construction and use of representations involving linear

order. In Solso, R. L. (Ed.) Information processing and cognition : The Loyola symposium, Hillsdale, N. J. Lawrence Erlbaum Associates.

Trabasso, T. 1977 The role of memory as a system in making transitive influences, In Kail, R. V. & Hagan, J. W. (Ed.), Perspectives on the developments of memory and cognition, Hillsdale, N. J. : Lawrence Erlbaum Associates.