

## 類推成立における教授活動の効果

光田 基郎

Effects of instructional aids on analogy use in text comprehension.

Motoo Mitsuda (Department of Psychology)

In the previous studies on analogy use, the author had stressed that an abstract principle provided as a source information was not sufficient for enhancing analogical transfer. Following those remarks, the present study reviewed recent investigations of the circumstances under which an abstract principle promoted analogical problem solving activities of elementary school children.

キーワード：教授活動，数学学習，類推，記憶容量，発達遅滞  
序

本報告は、散文理解に関するこれまでの文献展望（光田，1982：1983：1984：1985：1987：1988：1989：1990：1991：1992：1993：1994：1995）に引き続き、散文理解における巧緻化された情報処理に関する文献展望を試みることをその課題としたものである。

上記の各報告で考察を試みた具体的なトピックは、散文の理解と記銘における情報処理の方向性（光田，1982）、散文の構造理解に関する発達的变化（光田，1983）、情報処理スキーマまたは記憶内の知識構造が情報の統合と理解とを促進する過程（光田，1984）、散文のマクロ構造を利用した効率的な処理によって記銘努力または処理資源の節減を生じる可能性と、さらにそこで捻出された処理資源がメタ認知的処理に振り向けられる過程（光田，1985）、散文の読者が自らの情報処理過程をモニターして記銘学習の成立過程を自己評価し得る程度と、そこで実際に示された読文の再認成績との関連（光田，1987）、上記のモニター活動の効率化に関する諸変数の効果（光田，1988）、算数文章題の達成過程で示された空間表象による促進効果（光田，1989：1990：1991）、散文と幾何概念の理解における類推と知識利用の促進を意図した教授学習活動の効果（光田，1992：1993）、対称概念の理解における類推と空間操作能力の効果に関する年齢差（光田，1994）及び、一般的な類推能力と教授・学習活動とが比例関係の理解に及ぼす効果（光田，1995）のそれぞれである。以上に引き続き本報告では、分数概念の理解と算数文章題の達成過程において教授活動が上記の類推能力と記憶容量とを活用させる機能を指摘する事をその目的としたものである。

上記の目的に従って、第1章では教授活動による類推の下位技能の活性化とその年齢差とを指摘する。ここでは昨年報告におけると同様、電算画面に図示された比例関係の理解を目的とした写像過程に対する教授活動の効果とその年齢差とを指摘する。第2章は知的発達遅滞を示す生徒と健常の小学1年生とを被験者とした算数文章題達成過程における教授活動の効果の指摘である。この章では教授活動によって集合の要素間の順序性と数量的な関係性の理解への促進が得られる傾向を強調する。このほか、教授活動の内容が散文

の理解に与える効果をも検討することが本論文の直接の課題となる。

## 第1章 分数の理解における比例類推とその発達の变化

筆者による昨年の文献展望に引き続き、本章では算数文章題の達成過程で示された表象の符号化とそれに引き続いた類推による課題達成の促進並びにその年齢差の指摘を試みる。以上の目的で、下記の第1節では読文の表象の符号化とその成果を用いた類推並びにその成立条件について若干の問題点を指摘した後、第2節では読文内容を電算画面で図示した場合に得られる比例関係の理解とその年齢差の指摘を試みる事が本章の概略となる。

### 第1節 算数文章題の達成過程における類推と図示の効果

#### 1-1-1: 類推における表象の図式化の効用

類推による学習成立過程の様相とその利点を指摘して、次項以下で述べる数的な表象の抽象化と図式化の目的に関する指摘を試みる事が本章の最初の課題となる。類推の効用について桜井(1996)は、過去の経験が類推のベースであり、解決すべき課題がそのターゲットとなるが、この2領域の対象が適切に対応付けられ、その結果としてベースの知識がターゲットに転写されて新たな知識が獲得されることと、その知識の適用によってターゲットの問題が解決される事を指摘し、この様な類推による知識の獲得機能を学習仮説の生成に直接的に応用した学習手法を類推学習と定義している。

以上の様な類推学習はベースとターゲットの組み合わせに依存するものであり、従って常に他の発見的手法よりも効率的な学習法であるという保障は得られない。しかしながら、類推学習の利点として上記の桜井の指摘では(イ)類推過程のモデル化が既に行われていること、例えば推論、写像とその適用などの形で類推過程をモデル化して提示した場合には学習仮説の理解が促進されること、(ロ)例えば「キルヒホッフの法則」という電流に関する知識を水流に適用する場合には、この様なベースとターゲットの間である種の法則性や構造が維持される。この例に示される様に、構造の維持を利用して効率的な類推学習が可能となる事と並んで、(ハ)学習の条件を満足する仮説が直ちには得られない事態では、類推によって学習仮説を絞り込む事が可能という3点が挙げられた。

さらに上記の桜井による類推観の特徴として、ベースとターゲットとの組み合わせは記号またはその集合の形で表象化された知識とそれらが構造化されたスキーマの対応付けによって可能となること、その際の決定要因はこれらの2領域の類似性であること、次にその類似性の発見が自動的に行われる場合と、類似性が所与として与えられた場合とを対比して前者は困難であり、後者は限定された範囲での知識の学習を効率的に行い得る一方、汎用性に欠けるとの指摘を試みた。ここでは類推の目的で活性化されたスキーマまたは図式が抽象化図式と定義され、知識の抽象化が類推を可能にするとの指摘が試みられた。その一例として、桜井の類推観では上記の図式の仮定が電算の技術の正しい習得と誤った理解の双方を説明し得る傾向を強調し、その例として鈴木と村山(1991)の報告を挙げている。

桜井の展望ではGreiner(1988)による類推の実験を引用して、階層的な構造化を持つ知識の上部構造のみを抽象化の手段に用いた場合には類推が効率的な学習を可能にした結果のみを強調した。写像されるべき表象を抽象化する試みとしてこの報告では複数の系で成立する関係性に注目したほか、発見的な情報処理をも併用して類推を促進する手続きが用いられている。この様な抽象性の操作について桜井による展望では上記の抽象化が学習速度

と学習の質を決定する事を強調した反面、どのような操作の下で抽象化の効率が最大になるかを指摘するに至っていない。ここでは適切な抽象化の困難さを指摘し、問題領域に対する適切な制約の設定とそれに従った抽象化の操作とその効果が挙げられたのみである。特にここでは意図的に論理プログラムの構文に制約を与えてその停止性を保持させる形で抽象化を行う場合、上記の構文的な制約からは構文的な制約以外のメタ認知的な制約も得られた結果と、知識利用の操作全体が制約される傾向（桜井，1996）が強調されたのみである。

上記の類推に際して知識表象を効率的に操作する目的で図式を利用した結果とその限界に注目し、算数の知識とその表象の操作が促進される過程を具体的に指摘することが以下での課題となる。次項以下では、上記の類推が算数学習の促進を可能にする条件を指摘し、次いでその促進を可能にするための数概念の図式化を扱った研究の展望が課題となる。

#### 1-1-2: 表象とその抽象性が類推に与える促進効果

本項では類推による課題解決への促進過程に対する上記のベースとターゲットの間の文脈的な関連性の効果を指摘し、併せてその文脈の抽象性に関する展望をも試みる。ベース領域で提示された本質的な概念が自発的に検索され得ることがターゲット領域への転移の条件となる可能性はChen, Yanowitz と Daehler(1995)によって指摘された。この報告は従来の類推研究と同様、ベースとターゲット領域に共通する具体的な事例または表層的な類似性が推論、写像と推論結果の適用とを促進する傾向を（Daehler & Chen, 1993）述べたほか、抽象的な規則のみを提示して課題解決を求めた場合はこれらの規則を用いた課題解決方略が新たな課題領域に転移しない傾向（例えばBransford, Sherwood, Vye, & Rieser, 1986）を強調したものである。Chenなどによる実験の基調は、ベースとして「液体が個体の形を取る場合には重い荷重を支える」という抽象的な命題またはその具体例として「凍結した池の上をイヌが走る」、及び「固まった泥の上ならトラックが走れる」という内容の文章のいずれかを8歳児に与えた後、「クマが湖上を20マイルも歩いたが水に落ちなかった。どうして歩けたのか」という質問を与えて閲読内容またはそこに記述された因果関係の理解とその類推による説明を求めた点と、抽象的な原則と具体例とを結合しやすい条件下で上記のターゲット領域の課題解決への促進を示した点にある。以上の結果に関しては、抽象的なベース領域に対応した具体例を検索して想起する様に教示された条件下では上記の質問文に直接に関連した具体例を与えた条件と同様の促進効果が強調された。この様に学齢児童が具体例の一般化と図式化とを行って類推が可能となる過程では、与えられた抽象的な原則とその具体例とを連合させる試みが必要であり、そこでは類推の下位技能である関連情報の検索・推論、写像と推論結果の適用という下位技能の各々の規定要因の検討が必要とされよう。この点を扱った研究の展望が本項以下での残された課題となる。

上記の類推の場合をも含めて、課題解決と説明文の理解の際には表象相互間の関係性の具体的な表現の必要性を指摘し得る。例えば説明文の理解において空間表象が導入される例として、概念の上位一下位関係とその具体例とを示す樹状図の構成と、これらの関係性をマトリクスを用いて表現する試みが挙げられたほか、この際には空間表象を省略して同一内容を説明した文のみの閲読を行わせた場合に必要となる処理負荷をも軽減し得る効果が指摘された（Robinson, & Kiewra, 1995）。この様に空間表象を利用して概念体系を図式的に表現した場合にはその事例の表象相互間の連合から構成されたネットワークの構成と、それに従った表象の想起を促進する傾向（Larkin & Simon, 1987）も指摘されている。上記

の表象相互間の関係とその具体性、並びに空間表象を用いた類推の促進のいずれもが数の操作と無関係の領域の概念体系の理解とそこで示される因果関係の操作を扱う研究である。

数の表象の操作とその類推は上記の概念体系とその類推の場合とは異なったものとなる。例えばEnglish(1995)は類推の特徴を「AのBに対する関係はCのDに対する関係である」という表現で2件の2者関係の写像または対応付けに求め、分数や比例関係は分子一分母間の協応関係のみでなく、AからDまでの4者の相互作用が不可欠である点を強調(p.246)している。以上の様に数の表象を図式化した形で操作する過程とそこで示された類推の効果を扱う場合、数量的な関係性の操作についての検討が不可欠となる。この点についての検討の試みとして、数の表象のネットワークを用いた算数学習の展開に関しては次項、その表象の図式化は後述する1-1-5項以下での文献展望が本節での残された課題となる。

### 1-1-3: 数の表象操作の発達

算数学習における操作の典型として、HiebertとCarpenter(1992)は表象の複合とそのネットワークを対象とした場合を挙げ、その際には要素間の結合の数とその強度とが表象の理解の程度を決定するとの提言を試みたほか、この様な発想の下では認知過程の理論的なモデルと具体的な教授・学習活動とが効率的に操作され得る利点を強調した。以上と同様に命題のネットワークの形で散文理解と問題解決行動(Anderson,1990;Best,1992)をモデル化する試みが行われている。この様なネットワークの形成についてHalford(1995)は、これらの命題またはその他の表象などのネットワークを構成する要素間の結合の基本を論理性よりも要素間の連合に求め、そこでこれらのネットワークが数学的知識の体系の様な一貫性を示すためには要素間の連合が経験によって強化される必要性を強調している。ここで表象相互間の結合を規定する原則としては、条件と行為との関係性及び、神経結合モデルが挙げられている。前者では「信号が赤であれば停止せよ」という例に示される様に、満たされるべき条件部分と遂行すべき行為の対応を示す手続き的知識のみでなく、「3と4とを足せば7になる」という例に示されるような宣言的知識が強調された。上記の神経結合モデルを用いた類推のモデル化に関しては昨年度の展望(光田,1995)でその要旨を述べた他、コネクショニズムの原則に従った表象の連合とその特徴に関しては後述する本章第1-1-7項でその様相の指摘を試みた。

発達に伴って複雑な関係性の理解が可能となる過程としてHalford(1993)は下記の4段階または次元性を想定している。最初の段階はピアジェの前概念的思考に対応する段階であって、単純なカテゴリー(例-大きなもの)とその事例との結合及び、イヌのカテゴリーとその事例の理解に示される様に属性の集合を理解する過程によって特徴付けられる。さらにこの段階以前では特定の対象とそれが隠された場所との連合関係が成立せず、同一の対象が同じ場所に隠されていた経験が繰り返された後では、直前に別の場所からこの対象が見出されたにも関わらず以前の経験のみに従ってこれが過去に隠されていた場所を探索する例が挙げられた。以上、関係性理解の第1の段階としては例えば(イヌ 大きい)という命題の変項または主語の部分と述語部分の対応に代表されるような1次元性で特徴付けられる。2番目の発達段階である直観的思考に対応する関係性の理解としては、(> イヌ ネズミ)という大小比較で代表される2者関係の理解が挙げられる。ここでは2つの変項相互間の関係に関する1つの一貫した関係性の理解が問題にされている。その意味でこの段階の特徴としては2次元性を指摘し得よう。第3番目の具体操作の段階では独

立した3者間の関係性の理解が求められる。例えば数の2と3から5または6を得るための操作として、加算と掛け算の双方が理解される必要性が指摘されたほか、大中小という3者関係またはこの3者間に大小関係の推移性を見出す過程がこの段階の特徴とされている。ここでは $A * B = C$ という場合の様に1つの結論を構成する3つの独立した要素の各々がこの3者関係について独立した操作を規定し得るという3次元性が強調される。最後の段階は形式操作に対応する発達段階であって、この段階は値の等しい分数における分子と分母との協応関係、天秤が釣り合いを保つために必要な重りの重さとアームの長さとの関係性の理解に代表される4者関係の理解で特徴付けられる。さらに2と3という数を加えた結果をさらに2倍する例に示される様に、前段階で述べた2つの数の加算または掛け算の手順と操作とを自ら構成してその結果を予測する操作もこの段階に対応させられた。

上記の関係性は、類推の成立に際してもそこで写像されるべき構造化を規定するほか、上記の関係性の次元または関係の複雑さの指標は写像可能な構造化とその発達に関連するとの提言がなされている(Halford, Smith, Dickson, Maybery, BainとStewart, 1995)。この点について検討を試みる事が次項以下での課題となる。具体的には小学5年生と6年生とを被験者として上記の分数の理解を求めた他、知的発達遅滞を示す生徒と小学1年生を被験者として上記の推移性の理解を求めた条件下で示された下位技能の発達の差異を指摘する事が次章以下での課題となる。以上の目的で上記の算数課題の達成過程における類推の寄与について述べ、さらに数的な表象とその操作を図式化した際に類推への促進を得る過程の指摘が本章の残された課題となる。

#### 1-1-4:類推における表象操作の発達-写像の水準

被験者の知的発達に伴って表象相互間の複雑な関係性の理解も可能となる程度とその4段階区分を指摘したHalford (1995)の提言について前項ではその概要を述べたのに引き続き、本項では最初に情報処理容量の発達に関して上記の知的発達の各段階との対応付けを試み、次にこれらの発達段階に従って写像の対象となる表象の様相も変化する過程の概要を述べ、これらの類推機能の発達が算数課題の達成を規定する過程について展望を試みる。

Halfordは推論成立に寄与する要因として、既得の規則性の適用よりも保持された情報の想起と類推とを重視している。ここでは情報の処理操作と情報を保持する機能の区別の必要性が強調された後、課題達成に必要な情報処理負荷は課題達成成績の処理資源に対する比率に対応するとの定義が試みられた。この様な負荷が大きい課題の達成成績を向上させるには多くの処理資源が必要となるゆえに上記の処理負荷を示す一次関数の勾配は小さいとの指摘が試みられたほか、上記の負荷と課題達成の困難さとが区別され、その理由としては課題達成の困難さは上記の負荷以外の知識など多くの要因に規定される可能性が強調された。上記の負荷は前項で述べた次元性の函数として変化するほか、数学教育の観点で上記の情報処理負荷を問題にする際には、並列的に処理し得る上記の次元数が増加する程度に対応した処理負荷の発達の変動を予測する事の必要性が述べられた。具体的には、数値を問わずにいかなる数字が単独で与えられた際でもそれらが身長や距離などの変動を示す機能を示さない限り上記の関係性の次元とは無関係であること、しかしながら上記の身長や距離などの変数値を示す数値は第1次元の処理の負荷に対応させ得ること、次に $>$ (2, 3)という形で大小関係などを示す述語部分とその2変数が取る数値とを示した場合には、これらの関係性は2次元という概念の具体的な事例またはその処理負荷と考えら

れた。3次元の場合にも上記と同様に、「入力された数値が2と3であり、出力が5であればここでは加算という操作が行われたことが理解できるか」、または「掛け算の結果が6であって、入力された数の1つが2であれば、もう一方は3であると理解可能か」という様に操作とその対象となる3次元の変数値との関係が理解されるべき事、4次元の場合も同様に分数の計算や $2(3+1)=8$ という計算操作の場合の様に複数の操作を正しい順序で構成する機能とその対象となる4変数値の関係性の理解とそれに対応した処理資源が求められた。その後の報告においてHalfordなど(1995)は従来の作業記憶容量観と同様の視点で上記の次元性の説明を試みた結果、平行して同時処理可能な刺激次元数または負荷が4次元に限られる他、情報の単位または次元数の圧縮による効率的な処理をも想定している。その一例として、速度が移動距離と時間との関数であるという3次元の関係性を示す表象は速度計の指針の位置という1次元の表象という圧縮された形で表現させられ、この様な形で圧縮された表象がさらに加速度や物理的な質量と力の関係の理解に適用される過程は、記憶におけるチャンクの活用と負荷の軽減と同一視されたほか、この様な形の巧緻化された処理が行われないならばより低い次元の処理が顕在化すると指摘も行われた。その反面、Halford (1995)はこの様な情報の圧縮が上記の関数関係の見落としを生じる危険性をも強調している。

類推の成立過程では表象相互間に関係性または類似性が推論され、その結果が別の領域に写像され、さらに新たな領域に適用される。これらの場合についてもHalford (1995)は上記の関係性の次元に対応した表象の構造化とその発達を指摘している。具体的には、写像される関係性が1次元のみである場合として、基礎領域と目標領域という2領域間に共通するものが同一の対象であれば、その一方が対象のイメージ、他方が言語的な表象という形で抽象性の差異を示すか否かに関わらず同一の要素という観点での写像が行われる場合が挙げられた。次いで大小関係の例に示される様な2者間の比較またはその関係性を用いた写像である関係性の写像、さらに3者間の大小関係と上下関係などで代表される3要素のシステム間の写像と、最後に4次元の関係性の写像として $(7[ ]3)[ ]4=1$ という算数課題が与えられ、減算と除算という操作が正しい順序で継時的に遂行されるべき条件下では $(7-3)/4=1$ という操作を示す数式が正しく構成され、これと最初に与えられた上記の問題とが正しく対応付けられることが必要となる。この様な構造化の写像が適切に行われるための条件としてHalford (1995)は、Gentner (1982)による類推成立の条件設定の場合と同様に、基礎領域の明確な規定によって正しい推論が行われ、次いで写像される過程で曖昧さのない透明な表象が得られる必要性を強調し、写像の対象となる関係性の表象に関する命題の述語部分は豊かな内容であって、さらにこれらの表象が統合されて概念的な一貫性を示すべきこととその結果として上記の推論結果が適用可能な範囲や事例数が豊富である事の必要性を強調した。

以上、算数課題の達成に際しては数的な表象が抽象化され、上記の類推の対象としての透明性を保持しつつ構造化される必要性を指摘したが、表象の構造化による処理負荷の増加のみでなく、表象の操作そのものについて具体的な検討を試み、これらの抽象化と類推が行われるための方略の様相を指摘する事が次項以下での課題となる。

#### 1-1-5: 類推の発達に伴う表象の変容

本項では類推の発達に伴って表象の操作が巧緻化される過程に関する展望を試みる。類推

の発達の決定要因として、Gentner, Rattterman, MarkmanとKotovsky(1995)は最初に処理容量その他の一般的な処理能力以外の領域固有の知識の変容を挙げ、その効果として表象相互間の関連性の理解と操作を挙げた。その例として言葉の水準で対象間の比較と関連性を学習する例のほか、テープレコーダーとカメラの類似性について6歳児は「金属製で黒い」という対象相互間の表層的な類似性に、9歳児と成人は「情報の記録を行う」という機能的な関連性にそれぞれ注目する行う例を挙げた。以上に示される様な関連性の構造化への促進の様相としてここでは高次の関連性の理解と、関連性の構造とが類推の発達に及ぼす効果とを強調した。類推の一例としては、対象の長さの比較のみに終始せず、長さの次元で大小比較を行った結果を別の次元での大小比較に写像し得る可能性が挙げられた。

以上、上記のGentnerなどの提言は写像の発達における知識とその教授活動の寄与を強調し得た点で処理容量の効果強調するHalfordとは対照的である。しかしながら、Gentnerなどの指摘は言語を用いた比較を基本にした写像のみを扱った研究であって、数量と図形の操作における写像とその発達には論及していない点を批判し得よう。

この領域に関して、数量的な構造化を示す具体的または図式的な表象がベースに、理解されるべき数概念がターゲットに対応させ得る一方、ベース領域に対応するこれらの表象そのものは単独では数量的な意味と数学的な意味での真偽を示し得ないこと、上記の処理負荷の問題に示される様に、年少児は必ずしも具体的な表象と数概念の間に正しい写像関係を見出すとは限らない点が上記のEnglishによって指摘されている(pp. 98-99)。

この様な具体的な表象は、それらが構造化される程度によって前項で述べた写像成立の条件を満たし得る可能性は変動する。この様な構造化の段階としてEnglishは、構造化されない表象による写像の例としておはじきによる数値の表現や、色違いのおはじきの和集合による分数の表現を試みた。例えば色違いのおはじき3個と4個から構成された和集合を用いて $4/7$ という数値を表現することの困難さの原因として、前項で述べた3次元の表象または3者関係の理解のみでなく、その処理に必要な負荷の制約が挙げられている。その一例として、赤と青の円形のおはじきを用いた場合には形よりも色という属性のみに注目した2次元の処理が上記の和集合または3次元の処理に先行すること、その結果として和集合の関係が理解不能となる傾向を挙げ、これに対処する目的で線分図を分割する操作によって構造化されたベースを与える場合に得られた分数概念への理解促進効果を強調している。これとは対照的に構造化されたベースとしては10進法に対応した立体図形を挙げ、例えば222と言う数値を表現する際には100の位の数値は $10 \times 10$ 個の立体の集合を2個、10の位は10個の立体から構成された集合を2個、1の位は2個の立体という形で厳密に数値を表現したものである。従って、この様な構造化の下では同じ数値の100の位の数値を赤のおはじきの数、10の位を青のおはじきの数、1の位は白のおはじきで表現し、赤、青、白のおはじき各2個という形で恣意的に表現した準構造化の場合とは違って各部分を独立の数値と誤解する可能性は少ない。分数を表現する目的で使用される線分図及び円の等分も部分と全体の関係の理解を促進し、分数の概念とその計算手続きとの対応を促進する目的で使用される手続きである。この様な手続きは、小3と小4の段階では整数計算の手続きを一般化して分数計算に適用する傾向と、そこでは分数の分子、分母の各々が独立した整数と誤解されて個別に計算される可能性(例えばMack, 1993, 1996)を排除する手段として多用される。いわば線分図やカラーテープの使用の目的は等

分された要素の数が増加すればその各々に対応する分数の数値が小さくなるという逆の関係を理解させ、記号的に表現された分数の数値とその概念との対応付けの促進にあるといえよう。後述する第2節では小5と小6とを被験者としてその類推能力を求め、これらが上記の分数の概念の記号的表現と適合性に影響する過程とその年齢差の指摘を試みる。

#### 1-1-6: 数の操作方略の決定における連合とメタ認知的な機制の対比

数の操作方略の選択の機制としてメタ認知機制と連合機制を区別する試みがSieglerとShipley(1995)やHalfordなど(1995)によってなされている。前者では課題の理解がその基底と考えられている。例えばHalfordなどは順序性のモデルを提唱する過程でこの両者の区別を強調し、前者の典型としてVan LehnとBrown(1980)による数を扱うプランニングネットモデルとそれが巧緻化されたGreeno, RileyとGelman(1984)のモデルを挙げている。プランニングネットは方略の遂行の企図であり、下位の方略の選択とそのための推論を用いて構成された方略の企図に関するネットワーク上で遂行される一連の決定過程である。その各分節の活性化と全体の方略の構成を決定する要因は方略に関する宣言的知識であり、実行手続が軽視された結果として方略の形式や表面的な類似性への配慮はなされていない。この様な発想に従えば、数に関した適切なメンタルモデルは宣言的な知識の形で顕在化するゆえに、数に関する技能が別の文脈に転移してそこで適切な方略を生成する事も可能(例えばEnglishとHalford, 1995, p. 40)との指摘すら可能となる。同様に、Greenoなどによるモデルでは「数え方の論理」の下で子供の概念的な知識と、課題から求められる操作の両者が方略を規定する可能性を想定した。ここでは集合の構成要素数を数え上げる方略を決定する概念的知識の代表として数の概念が挙げられた。このほか、 $A > B$ であって  $B > C$  の場合には  $A > C$  という関係が成立するという例に代表される推移性の理解の方略の規定は順序性の概念に依存する傾向がHalfordなどによって強調されている。これらは上記の3命題の各々の表象の形成、保持、変換と統合の過程であり、その結果として統合された結果からの推論が可能(Halfordなど, 1995, p. 77)と考えられた。数の表象の推移性の理解と記憶容量との関係の検討を試みは後述する第2章の直接の課題となる。

算数課題の達成方略に関する連合モデルの代表としてSieglerとShipley(1995)は方略の選択の個人差の基底を連合の強度または解決の経験の保持に求めたモデルが挙げられよう。このモデルの特色は、課題に適合した特定の方略が想起され選択される可能性は、当面する問題と同じクラスの全ての問題、共通の側面を持つ問題並びに同一の問題を解決した速度と成績との函数として表現されること、従ってこの様な方略選択の経験が保持された際は将来解決すべき課題に対して適切な方略を選択し得る可能性をも示唆することの2点である。ここでは方略選択のメタ認知モデルが知識の役割と意識水準での推論を過大評価した点への批判が試みられた結果、方略選択の基本を概念的な知識に依存した課題の理解よりも課題の表象相互間の連合の強度に求める試みが強調されている。

Halfordなどの方略観の特色は、上記の連合方略が最初に適用され、この方略が課題解決の失敗を生じた段階で上記のプランニングネットに代表されるメタ認知方略が適用される傾向を強調した点に求められる(例えば Halford, 1995 p. 78-79)。従って、方略選択の基本として最初に連合の強度が問題にされる。しかしながら上記のSieglerとShipleyとの差異は課題場面に適合した方略が発見されない場合には類推によって過去経験を別の文脈で活性化する可能性を強調した点と、前項で指摘した様に写像関係の成立に必要な処理資源の



意義を強調した点に求められよう。

被験者の年齢発達に伴ってこのような方略の選択が巧緻化される過程の決定要因として、McClelland (1995)は方略、またはその下位技能となる表象相互間の関係性とその規則とを操作する過程で表象相互間、またはこれらの表象と課題とが連合される連合強度の向上を強調する。ここでは知識の獲得と体制化は命題水準での情報処理への移行とそれを用いた推論の体系化ではなく、情報処理の機構の根底にある表象相互間の連合を示すパラメーターの環境への適合性の向上と対応付けられる。次項ではこのような連合とその基調をなすコネクショニズムの観点から類推の成立過程の展望を試みる事が本節の残された課題となる。

#### 1-1-7: コネクショニズムの観点から見た知識表象の活性化機能

本項の目的は、コネクショニズムの視点で展開された最近の具体的な研究の概略を指摘し、併せて散文理解の成立を例としてこれらのモデルの適合性の検討を試みることである。最近のコネクショニズムの展開に関する展望において宮田 (1995)は、コネクショニズムの定義を試み、これが神経系に触発された認知モデルであること、その特色が時間的順序に制約されない並列的な情報処理と分散された要素間の自由な連合による学習にあることと、要素の抽象的または本質的な特性や類似性による連合形成の発達研究の可能性を強調する。

神経結合のモデル化とネットワークの構成に不可欠の要素としてBechtelとAbrahamsen (1993)は、要素または上記の分節に対応する単位、処理の各時点でこれらの単位の活性化の得点を決定する公式、単位相互間の連合の各々に関する重み付けとそれを用いた活性化効果の波及を挙げた以外に、連合の重み付けを変化させてネットワーク全体の変化を生じるための学習規則を挙げる。さらにこの規則に関しては、上記の連合に関する重み付けがネットワーク全体の出力を最適にするべきとの提言がなされたものの、その制御過程またはプログラムの仕様については具体的な指摘を行っていない点を批判し得よう。特に、このような分節の一つがこれと連合する別の分節を活性化する程度は最初の分節の活性化の強度とこれらの分節間の連合の強度の積に対応する (Smolensky, 1988, p. 1)との指摘及び、Gelder (1995)の指摘する様に重み付けの対象となる連合の要素全てが等質であるとの前提がコネクショニズムのモデル化には必要となる。以上を認めた上で、いかなる入力情報も既に保持されている連合のパターンを活性化して長期記憶からの出力を生じさせること、この場合の記憶へのアクセスは入力と記憶内容との類似性に規定されるほか、保持された連合のパターンの規則性が新たな入力に際して適用される傾向がRumelhart (1992)によって指摘された。ここでは動詞の現在形と過去形間の規則性が保持され、この規則が新たな動詞の過去形の推論に際して適用される場合の例が示す様に、保持されている連合のパターンに規則性が見られるならば、このような規則性や構造的性は一般化された形で新たな表象の理解にも適用されるほか、この様に抽象化された形で規則や構造が適用された場合として類推が位置付けられている。

Brown, Tim と Hulme (1995)は対連合学習課題の達成過程のモデルを用いて学習アルゴリズムの構築を試み、従来の記憶に関する数理モデルとコネクショニズムの統合を企図している。ここでは、連合学習の成立過程では複数の刺激項の全てが反応項全てと連合を形成して一時的に保持された後、このような形で成立可能な全ての連合を保持する面 (レイヤー)からの出力に対して記憶痕跡のベクトルが掛け合わされ、要素間の連合に対する重み付けが行われた結果として正しい刺激-反応連合のみが促進されて反応生成が可能とされる。

この様な発想の下では、個々の連合でなくこれらの連合を形成する能力が上記の記憶痕跡のベクトルとして保持され、連合のネットワークからの出力を規定する傾向が強調される。以上の様に、情報を保持する平面（レイヤー）が要素の連合とその強度を決定する機能をも保持するという発想の下では、これらのレイヤーが連合の促進と抑制機能を示すほか、連合を学習する方法をも定着させる可能性も想定されている。この様な学習観の下では連合のネットワークの発達の変化に関する指摘も可能となる。以上のモデルに関しては、情報のネットワークまたはこれらが保持される平面であるレイヤーの重なりという観点で連合を学習する方法の定着に関する解釈を試みた点に独自性が認められる。その反面、このモデルはネットワークまたはその下位の分節相互間の統語的な関係性に関する具体的な論及を行っていない点をも指摘し得よう。この点について検討するため、散文理解におけるコネクショニズムの展開について展望を試みる事が本節の残された課題となる。

上記のコネクショニズムの発想が散文理解のモデルとして具体化された場合の典型としてGraesserとBritton(1995)のモデルが挙げられよう。ここでは命題が明示的な形で提示され、その表象相互間の連合のネットワークの分節P点、それらを保持して処理すべき作業記憶容量と長期記憶系で保持されたM点の分節がモデルの基本とされている。さらに上記のP件またはM件の分節の内のいずれかについて連合が成立してその一部が活性化され、さらに記憶領域を越えて結合された場合、その結合の強さに応じた形で連合の活性化の水準が修正される過程を想定した。この発想は、散文が逐語的または文単位で統合的に理解される過程を各分節の活性化水準の規定と対応付けた点にその特色が求められる。この様な作業記憶が上記のP領域内のどの分節間の連合の保持と処理とを行うかの決定機能として、Graesserなどはネットワーク内で他の命題と共通の変項を持つ命題が保持されるほか、他の命題とも結合可能な範囲で表象が簡略化(Turner, 1995)され、重要でない命題は抑制される過程を重視した。年少の学童と精神発達遅滞の養護学校生徒による算数の文章題の達成過程でこの様な作業記憶容量が果たす機能の指摘は後述する第2章の課題となる。

GraesserまたはMannesとSt. George(1995)などによるコネクショニズムのモデルでは散文を構成する命題の表象の各々に対応する20点の分節があった場合にはその各々を起点とした連合の各々が重み付けられる過程が想定されるが、この分節相互間の全ての連合のいずれの活性化と抑制が示されるかに関して20 x 19回の重み付け操作が必要と考えられた。ここでは命題相互間で変項を共有したり、近接する命題相互間の連合によって活性化の閾値に達した連合のみが活性化され、さらに他の分節からの連合に対しても活性化効果の波及をも生じさせる過程が想定された。この際に効果の波及が得られるための条件として閲読文を構成する各命題の理解が挙げられ、各分節間に効果の波及が見られたならばこれらは体制化された形で想起される一方で、これらの連合に対応しない命題を含んだ散文は内容の整合性に欠ける可能性も強調された。

上記のコネクショニズムの発想の下では、表象の想起とは既に活性化された表象を手がかりとして、これらに関連する表象が活性化される過程であることと、表象とその連合への重み付けによって、想起される表象のみでなくその基底をなす表象の体系も変容する結果が想定される。例えば、物語文の学習は物語文の要素から構成されたネットワーク内でこれらの要素についての重み付けが設定され、それによって各要素が活性化される過程と対応付け(HorganとTienson, 1995, p. 167)られる。上記のコネクショニズムに代表される最

近の類推観の焦点としては、既得の表象による上記の手がかり機能及びネットワーク上で特定の情報のみが選択的に活性化されて情報が圧縮される結果 (Holyoak Barnden, 1994, p. 10)として、基礎領域から目標領域への写像が促進される過程が挙げられよう。表象とその処理が類推に与える効果について上記の問題点を具体化して、数量的な表象とその命題的な表現の理解の発達の様相を指摘する試みが次節の課題として残された。

## 第2節 記憶容量の限界が類推に与える効果とその年齢差

### 1-2-1: 分数概念の発達

本節では小学5 - 6年生の分数理解と、精神発達遅滞の生徒と健常の小学1年生による数値の大小関係の推論を用いて、上記のHalfordなどの指摘する情報処理容量の発達と数量的な関係性の理解の関係についての検討を試みる。最近の展望においてPitkethly とHunting (1996)は分数概念の発達の基本を測定に用いる連続量と数え方の基本となる離散量の双方の双方の理解のみでなく、全体が等分されて得られた構成要素の数などで示される単位とその記号的な表現の理解が可能になる段階へと発達に求めた。そこでは顕在化する直観的なメカニズムに研究の焦点を求める立場と、比率の概念を強調する立場との対比が試みられた。前者はMack(1993)またはKieren(1993)の研究に代表される様に、部分-全体関係の理解の基本を分割という具体的な操作に求め、後者は線分図などを用いて分数学習における比率の意義 (例えばStreefland, 1991)を強調した点に各々の特徴が認められる。しかしながら、これらの関心事は情報処理容量の発達に伴って複雑な関係性の理解が可能になる過程でない点をも批判し得よう。本節ではより具体的に処理容量の発達に伴って分数計算に対する比例類推の寄与率の変動する傾向を指摘し、次章では推移性の理解に関する検討を試みる事が当面の課題となる。

### 1-2-2: 比例類推を用いた分数の理解に関する年齢差

筆者による昨年の展望に引き続き、分数計算を用いて比例類推の成立過程における自己制御機能の年齢差とその下位技能の発達の様相を指摘することが本項の課題となる。

昨年の展望では小5と小6を被験者とした比例類推の実験において年長の学童は具体的な表象相互間に抽象的な関係性を発見して命題の水準でこれらの操作を試み、年少ではこれらの表象の統合を行い難い傾向を指摘した。これらの指摘に引き続き、本項では小学5年生と6年生を被験者として学年進行に伴って表象操作がより多くの次元の処理と抽象的表象の操作を可能にするとの指摘を試みる。

昨年度の実験に引き続き、筆者の下で畑田(1995)、日並(1995)と三嶋(1995)は上記の実験を試みた。これらの研究は、年長の学童について抽象的な表象の操作と処理可能な次元数の増加を想定した実験である。その仮説として、4つの数値の協応を必要とする通分の理解(図2)を求めた場合、その成績と処理負荷の大きい比例類推と定量推理(いずれも2つの数値間の関係性を理解してこれを別の数値間の関係性に適用する課題)との相関係数値が6年生 > 5年生となる傾向を考えた。

手続きは、分数の説明文を電算画面で理解させた後で分数の理解と加減算課題を与えたほか、下位技能の検査として通分、繰り上がりと10進法の不適正さの理解、天秤の重りと腕の長さという2つの数の協応を扱う計算、類推の他に定量推理を扱う課題の各々を与えてタッチパネルでの反応入力とその反応の各々の確信の程度の入力を求めた(図1-2)。

駅	踏切	線路	信号
---	----	----	----

**問題**

上のでんびんがつりあうようにするには、支点をA, B, Cのどこにすればよいですか？正しいと思う記号にふれてください。

**天秤課題**

**問題**

自動車と道路のかんけいは電車となにかんけいになりますか。上の4つのうちから正しいと思うものを1つえらんでください。

**類推課題**

**問題**

うのえをよくみて、ひだりがわのA, Bのきもの、もちもの、くつなどのかんけいをかんがえてください。それとおなじようなCにたいするかんけいはD, Eのどちらですか。

**類推課題**

**問題**

自動車が3秒で6メートル走ります。同じはやさで7秒走ると、走るよりは何メートルですか。上の3つからえらんでください。

**定量推理課題**

図1 課題の例

結果の概略としては、(イ)重回帰分析の結果からは上記の仮説と一致して、分数の基本的な課題である比率の理解を求めた課題の説明変数については6年生で説明文の閲読中に挿入質問を与えない条件下では6月の実験では変動の88%を比例類推、5%を通分、2%を類推テスト成績のそれぞれが説明したほか、11月に近接する小学校で行った実験では変動の88%を言語的な類推が、5%を定量推理が、2%を天秤の成績がそれぞれ説明した。

(ロ)類推の説明変数として、5年生に説明文の閲読中に挿入質問を与えた条件下では天秤課題の寄与(6月に64%, 11月に90%, 無質問条件下でも同様に90%と42%)を示した。さらに5年生の11月では比例類推が新たな説明変数(挿入質問条件下で4%, 無質問条件下で10%の変動を説明)となる。以上より、5年生の後半では天秤の場合の様に2つの数値の協応のみでなく、2つの数値の協応関係を理解して保持した後にこれを別の数値の協応関係と対比する機能も類推に寄与し得るという統合的な処理も示された。さらに、

(ハ)6年生では基本的な課題である割合の理解の説明変数として、より抽象的または多くの処理資源を必要とする類推の成績の寄与が大きい(無質問条件下で6月の実験では比例類推88%, 通分5%, 類推2%, 11月の実験では言語を用いた類推88%, 定量推理5%, 天秤2%がそれぞれ説明変数となる)。さらに、下記の図3に示すパスダイアグラムからは、

(ニ)11月の実験結果に関する下位技能相互間の因果的な関連性に関しては類推に関したテスト得点は正のパスを生じやすい傾向を指摘し得よう。以上の結果からは、類推の基調とされる関係性の推論と写像の能力の発達、2つ乃至4つの数の協応を基本とした分数とその下位技能(例えば通分、繰り上がりなど)を活性化する可能性を想定し得よう。

(ホ)通分の問題に関する成績の学年差は6月の段階では6年生の5年生に対する優位を示した反面、11月の実験では挿入質問条件下のみでこの優位が示される傾向が得られた。

以上より、Halfordの指摘する処理容量の発達または処理可能な次元の数の増加する傾向と、抽象的な表象の操作の可能性が5年生の前一後期の差異として顕在化する傾向を示す。

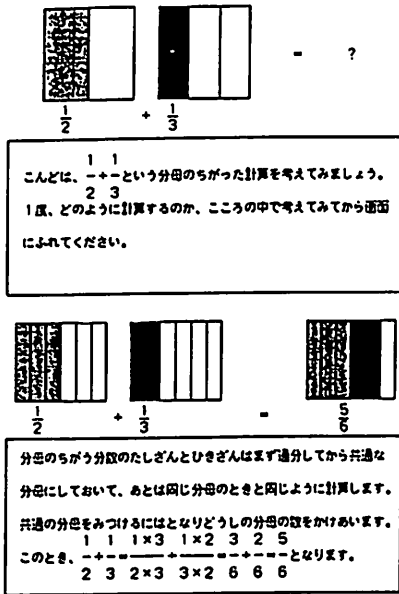


図2 説明文の一部

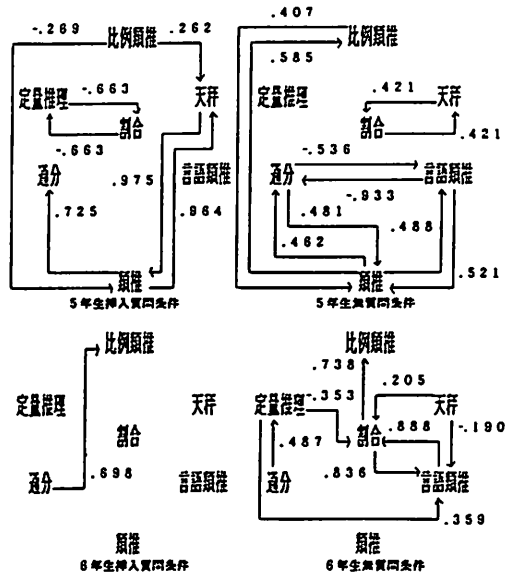


図3 パス解析結果

以上より、上記の処理容量に関してより直接的な検討を試みる事が次章の課題となる。

## 第2章 大小関係の理解における情報処理容量の機能

本章は三名辞問題の理解を基本とした三者間の大小関係の判断における記憶容量の効果の検討の試みである。その前半では命題の統合によって4点の対象相互間の大小関係の理解を試みる過程での記憶容量の寄与に関する文献展望を試み、後半では養護学校高等部の生徒と健常の小学1年生とを被験者として、直接に上記の処理容量と三者間の大小関係の理解との関係性を検討することが本章の概略となる。

### 2-1-1: 推移性の理解とそのモデルの位置付け

年少児は、 $A > B$  であって  $B > C$  と  $C > D$  という3つの命題を統合して  $A B C D$  という系列を学習し得ないが、命題間に重複の見られない  $A > B$ ,  $C > D$  及び  $E > F$  という命題の学習は可能との指摘が Halford と Kelly (1984) に指摘されている。その基調は年少児が  $B$  が  $A$  より小さいが、 $C$  よりも大きい事を理解しても、これらの情報から  $A B C$  という系列を構成し得ない傾向の強調である。最近の指摘 (Halford, Smith, Dickson, Maybery, Kelly, Bain Stewart, 1995) においても、年齢発達と共にこれらの命題の統合に必要な処理資源が減少した結果、多くの資源が処理操作に振り向けられる可能性の強調が試みられた。

Halfordによるこれらの指摘への反論として、Pesars と Bryant (1990) は、 $A$  から  $D$  間での対象に対応するカラーブロックを積み上げる手続きを用いた場合には、4歳児も  $B$  の  $D$  に対する上下の位置関係を推論して正しく答えられる結果を指摘し、幼児が三名辞課題の達成過程で示す推論への促進は  $B - C$  のペアが  $C - D$  のペアの上にある事を示す視覚的表象から得られた者であるとの結論付けを試みた。以上の先行研究の成果から電算画面上での運動の図示によって上記の三名辞課題の達成に必要な推論への促進を期待し得よう。

2-1-2:数量的な大小関係の推論における記憶容量の効果

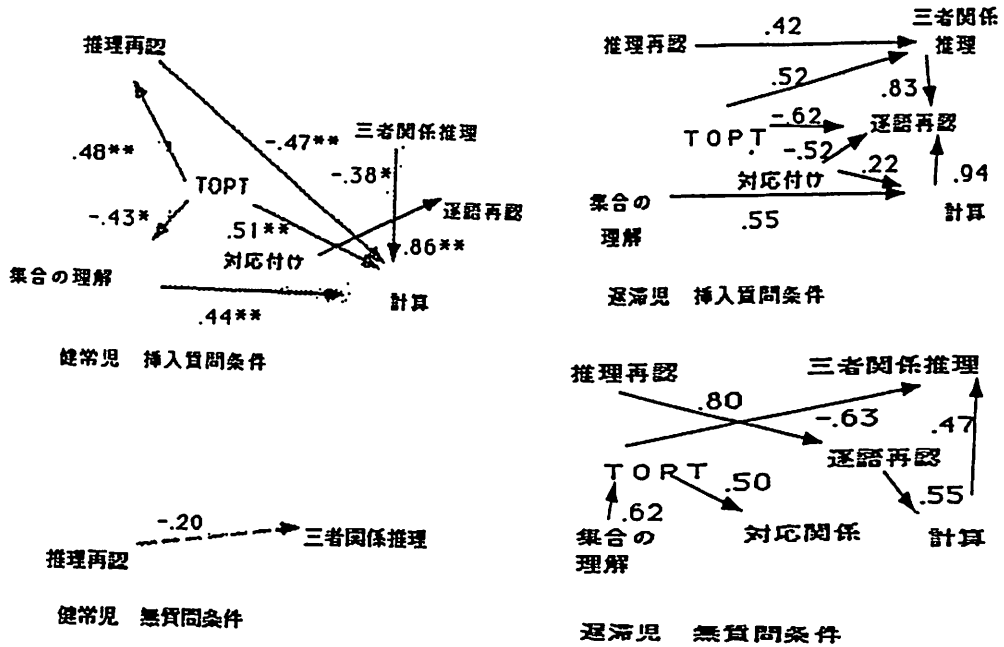


図3 実験条件別に見たパスダイアグラム

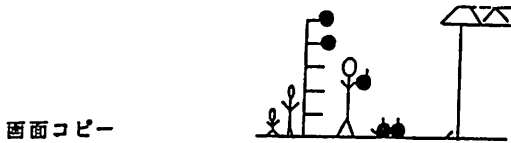


図4 画面の図示

筆者の下で伊藤(1996)、江口(1996)と先田(1996)は、養護学校高等部の生徒と健常の小学1年生とを被験者として電算画面で動く絵を用いた上記の三名辞問題の理解と解決における記憶容量の寄与について検討を試みた。この課題は図4に示す様に、リンゴの木の高さが異なった等間隔の位置に実った果実5個を摘むために、少年、兄と父親の3人が肩車をした高さを理解させた。兄が少年の2倍の高さ、父親は3倍の高さまで手が届く場合に、誰と誰の組み合わせならば下から何番目のリンゴまで手が届くかを理解させタッチパネルで反応する課題1題を用いたほか、健常児、遅滞児共に半数の被験者には文の閲読中に4点の挿入質問を与えた。この際には、画面上の図に触れてこれらの図の提示順の再構

成を求める手続きの順序記憶テストで各被験者の継時的処理能力 (TOPT-Test: 高木, 1978) を個別に測定した結果に基づいて上記の挿入質問群と無質問群の等質性を得るほか、上記の情報処理容量の指標とした。さらに問題文の逐語再認を求めたほか、登場人物の二者関係における高い—低いという位置関係及び、三者関係で高い—低いという位置関係の推論を求めた。数量的な大小関係の比較と、その推論を扱う課題以外に、疑似相関を避ける目的で別の課題を用いて集合の理解 (賽の目の異同の指摘)、数量比較 (皿が5枚、プリンが3個ある場合に空の皿の枚数を指摘させる課題)、別の文章題 (リンゴが個、ミカン2個を図示、ここでリンゴ、ミカン各2個を除けば何が何個残るかの指摘を求めた) 各1題を画面で個別に提示して、タッチパネルによる反応を求めた。

結果の概略として、(イ) 上記の継時的処理容量、逐語再認、二者関係の推理再認、数量比較、閲読文と別の文章題の達成成績に関して健常児の遅滞児に対する優位が示された。

(ロ) 上記の図3の上のパネルに示す様に、挿入質問条件下ではTOPTテスト得点で示す処理容量が推理再認 (健常児) または三名辞推理 (遅滞児) のいずれかに対する因果関係を示し得た。以上より、挿入質問によって処理資源を効率的に運用して推論を促進する傾向を示唆し得よう。さらに被験者と挿入質問に関した2要因共分散分析の結果からは、遅滞児に挿入質問が与えられた条件下では、上記の処理容量と数量比較 (または皿とプリンとの対応付け) との相関係数値が大きい結果を指摘し得た。さらに二者関係の推理 (兄は弟より背が高いが父より低いという命題の統合) と上記の数量比較課題の成績との相関係数値も高い傾向を示し得た。さらに健常児では挿入質問条件下で三者関係の推理 ( $A > B$  で  $B > C$  ならば  $A > C$ ) と集合の大きさの理解との相関係数値が大きい結果を指摘し得た。

(ハ) 以上の考察として、学齢前後の児童が使用する数のメンタルモデルが数直線の形で示されるほか、数値が次の数値と等間隔に配置される (Resnick, 1983) ならば、本実験の場合の様に登場人物のそれぞれを背の高さに応じて数直線上に位置付ける課題の達成過程では、上記の挿入質問によって遅滞児がその情報処理容量を効率的に運用して三名辞課題の達成への促進効果を得る傾向を指摘し得よう。しかしながら、三者関係の推理または三名辞課題の達成は命題の統合と推論とを必要とした再帰的な操作過程である (Vosniadou, PearsonとRogers, 1988) ゆえに、対象相互間の関係性に注目してその同型性を発見する過程では健常児の遅滞児に対する優位を指摘し得よう。共分散分析の結果からは、上記の三者関係の推理と数値の対応付け課題との相関係数値について健常児の遅滞児に対する優位を示した。以上の結果からは、健常児は上記の対応性並びに関係性の発見と操作とを効率的に行い得る傾向と、遅滞児の場合にはこれらの効率が記憶容量とその活性化を可能にする教示に規定される傾向を指摘し得よう。

以上の結果に関しては、命題の閲読後にこれらの表象を統合して順序付け、それらを系列化された表象として作業記憶内で保持する際には情報処理容量を必要とする (Halford, MayberyとBain, 1986) ならば、遅滞児が命題相互間に関連性と類似性を発見して、その構造化を適正に処理した後、命題に示された対象を数直線上または対応する空間に位置付ける際には多くの発達の問題点に直面するといえよう。しかしながら、本実験の結果からは、遅滞児が上記の閲読過程で示す自己制御の欠陥は教授活動によって補償される傾向をも指摘し得よう。上記の教授活動の効果の比較は次節の課題となる。

### 2-1-3 教授活動に関する補足

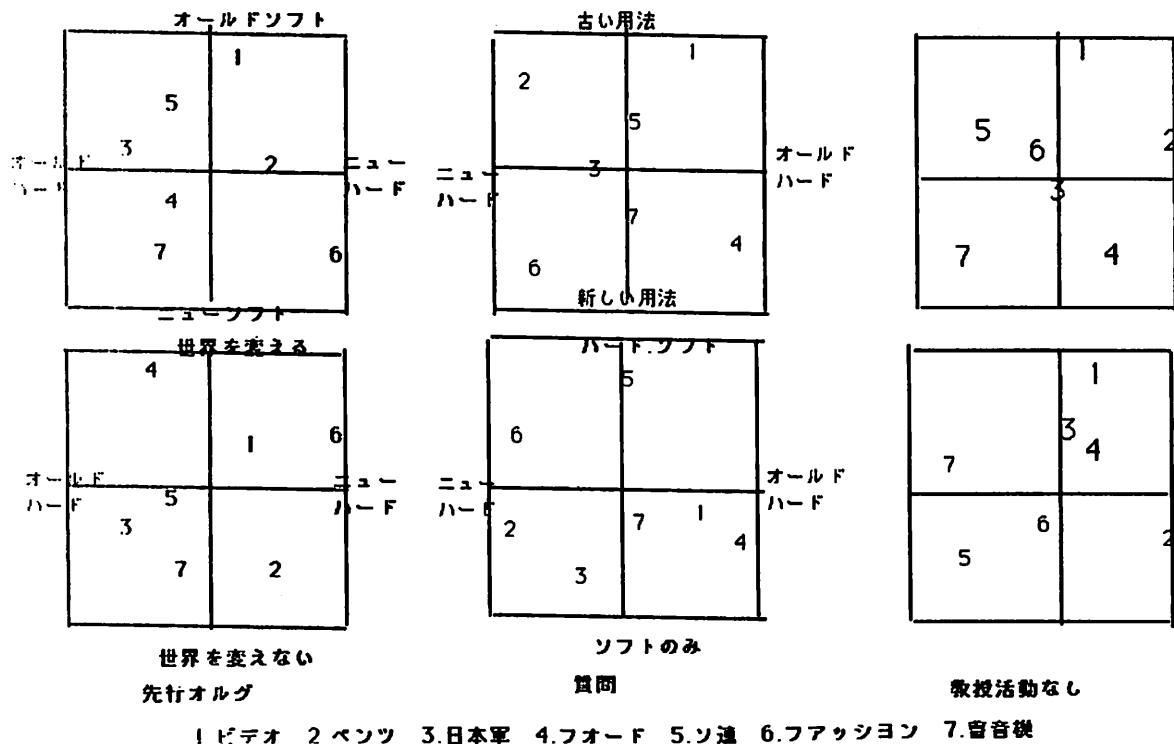


図5 評定値のINDSICAL分析結果

上の図5は文の閲読中に先行オルグと挿入質問を与えた後に登場人物相互間の類似性の5段階評定を求めた結果のINDSICAL分析結果(光田、未発表)である。堀屋太一著「日本の先端技術」(「実業の日本」誌'91.3)より、人が求めるのはソフトであり、ハードはその手段に過ぎない。エジソンは蓄音機を発明したが、ベストセラーのレコードでなくビスマルクの演説を録音して聴きられる。ビデオの普及もカセット化より映画ソフトの普及による。ベンツが自動車を開発した時、これは馬なし馬車であって、専門の運転手でなければ維持出来ない。フォードが車の大衆化とマイカーの普及を可能にしたのは取り扱いの簡素化が原因で、量産によるコストダウンは二次的である。旧日本軍の兵器は新鋭であるが、運用と補給を考えないために長所を生かせない。ソ連も鎌とハンマーという古いハードで、

ノルマによる生産の強制という古いソフトに頼って滅亡する。人の発想の転換なしのニューハードとニューソフトはあり得ない事を理解しない官僚や軍人では体制を維持出来ない例である。繊維産業はファッションという情報を付加して発展する。という42文を電算画面で被験者ペースによる閲読を求め、被験者の1/3は「この文はニューハードとニューソフトが世界を変える事を述べた」という先行オルグ、1/3は「合理性だけがニューハードの基盤化」等の4点の挿入質問を与えた。残る1/3は統制群である。

結果の概略として、閲読文の登場人物相互間の類似性を5段階評定させた結果のクラスター分析を行い、クラスター内外で反応時間の差を求めた結果が下の表である。

	先行オルグ	挿入質問	教授活動なし
クラスター内	8.375 秒	5.000 秒	5.625 秒
クラスター外	11.250 秒	13.330 秒	10.000 秒

次に閲読内容の推理再認成績と、文とは無関係の類推(例-涼しいと寒いの関係は風の



台風、そよ風、風力、風車のいずれに対する関係か)との相関係数を求めた結果、挿入質問条件のみ、相関係数値は $r=.580$ 、先行オルグ条件で $r=-.630$ 、統制群で $r=-.558$ となる。

以上並びに上記の図5に示す様に先行オルグ条件下では、質問群と比較して適切な布置が得られない結果をも併せて考えた場合、先行オルグは表層的な理解に適している傾向の指摘(Beishuizen, Stoutjesdijkとvan Putten, 1994)との対応を想定し得よう。

以上、本展望の結論として、閲読文の表象の連合における重み付けの原則の決定に際しては、表象の構造性に対する推論及び写像と、そのための教授活動の必要性を指摘し得よう。表象相互間の連合の様相のモデル化と連合形成を促進する教授活動の展開が課題となった。  
文献

- Anderson, J. R. 1990. *The adaptive character of thought*. Hillsdale, NJ:Lawrence Erlbaum Associates.
- Bechtel, W., & Abrahamsen, A. 1993. *Connectionism and the mind*. Oxford: Basil Blackwell.
- Beishuizen, J., Stoutjesdijk, E., & vanPutten, K. 1994. Studying textbooks: Effects of learning styles, study task, and instruction. *Learning and Instruction*, 4, 151-174
- Best, J. B. 1992. *Cognitive Psychology*. New York: West Publishing.
- Bransford, J., Sherwood, R. Vye, N., & Rieser, J. 1986. Teaching thinking and problem solving. *American Psychologist*, 41, 1078-1089.
- Brown, G. D. A., Presce, T., & Hulme, C. 1995. Learning to learn in a connectionist network: The development of associative learning. In J. P. Levy, D. Bairaktaris, J. A. Bullinaria, & P. Cairns(Eds.), *Connectionist models of memory and language*. London:University college London Press.
- Chen, Z., & Daehler, M. W. 1989. Positive and negative transfer in analogical problem solving iby 6-years -children. *Cognitive Development*, 4, 327-344.
- Chen, Z., Yanowitz, K., & Daehler, M. W. 1995. Constraints on accessing abstract source information: Instantiation of principles facilitates chgildren's analogical transfer. *American Journal of Educational Psychology*, 87, 445-454.
- 江口 文 1996. 精神発達遅滞児の電算利用による文章理解(2) -教授法に関する考察- 徳島大学 総合科学部 卒業研究.
- English, L. D. 1985. Advanced computational models and processes. In L. D. English, & Halford, G. S. (Eds.), *Mathematics education*. Mahwah, NJ:Lawrence Erlbaum Associates. pp. 219-256).
- van Gelder, T. 1995. Modeling, connectionist and otherwise. In Niklasson, L. E., & Borden, M. B. (Eds.), *Current trends in connectionism*. Hillsdale, NJ:Lawrence Erlbaum Associates. pp. 237-258.
- Gentner, D. 1982. Are scientific analogy metaphor? In D. S. Miall(Ed.), *Metaphor: Problems and Perspectives*. Atlantic Highlands: NJ:Humaniites Press. pp. 106-132.
- Gentner, D., Ratterman, M. J., Markman, A., & Kotovsky, L. 1995. Two forces in the development of relational similarity. In Simon, T. J., & Halford, G. S. (Eds.), *Developing cognitive competence: New approaches to process modeling*.

- Hillsdale, NJ:Lawrence Erlbaum Associates. pp. 263-313.
- Graesser, A. C., & Britton, B. K. 1996. Five metaphors for text understanding. In B. K. Britton & A. C. Graesser (Eds.), *Models of understanding text*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates. pp. 341-351.
- Greeno, J. G., Riley, M. S., & Gelman, R. 1984. Conceptual competence and children's counting. *Cognitive Psychology*, 16, 94-143.
- Greiner, R. 1988. Learning by understanding analogy. *Artificial Intelligence*, 35, 81-125.
- Halford, G. S. 1993. *Children's understanding: The development of mental models*. Hillsdale, NJ:Lawrence Erlbaum Associates.
- Halford, G. S. 1995. Cognition and cognitive development. In L. D. English & G. S. Halford(Eds.), *Mathematical Education :Models and Processes*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates. pp. 21-55.
- Halford, G. S., & Kelly, M. E. 1984. On the basis of early transitivity judgements. *Journal of Experimental Child Psychology*, 38, 42-63.
- Halford, G., Maybery, M. T., & Bain, J. D. 1986. Capacity limitations in children's reasoning: A dual task approach. *Child Development*, 57, 616-627.
- Halford, G. S., Smith, S. B., Dickson, J. C. Maybery, M. T. Kelly, M. E., Bain, J. D., & Stewart, J. E. M. 1995. Modeling the development of reasoning strategies: The role of analogy, knowledge, and capacity. In Simon, T. J. & Halford, G. S. (Eds.), *Developing cognitive competence: New approaches to process modeling*. Hillsdale, NJ:Lawrence Erlbaum Associates. (pp. 77-156).
- 畑田 歩 1996. 電算画面を用いた分数理解に関する研究(1): イメージに関する考察. 徳島大学 総合科学部 卒業研究.
- Hiebert, J. & Carpenter, T. P. 1992. Learning and teaching with understanding. In D. A. Grouws, (Ed.), *Handbook of research on mathematics teaching and learning*. (pp. 65-97). New York: Macmillan.
- 日並 義隆 1996. 電算画面を用いた分数理解に関する研究(2): 類推に関する考察. 徳島大学 総合科学部 卒業研究.
- Holyoak, K. J., & Barnden, J. A. 1994. *Advances in connectionist and neural computation theory. vol. 2: Analogical connections*. Norwood, NJ: Ablex.
- Horgan, T., & Tirnson, J. 1995. *Connectionism and the philosophy of psychology*. Cambridge, MA: MIT Press.
- 伊藤 淳一 1996. 精神発達遅滞児の電算利用による文章理解について(1) 一算数文章題達成における記憶容量の役割—徳島大学 総合科学部 卒業研究.
- Kieren, T. E. 1993. Rational and fractional numbers: From quotient fields to recursive understanding. In T. P. Carpenter, E. Fennema, & T. A. Romberg(Eds.), *Rational numbers: An integration of the research*. Hillsdale, NJ:Lawrence Erlbaum Associates. pp. 49-84.
- Larkin, J. H., & Simon, H. A. 1987. Why a diagram is 8(sometimes )worth ten thousand

- words. *Cognitive Science*, 11, 65-99.
- McClelland, J. C. 1995. A connectionist perspective on knowledge and development. In T. J. Simon, & G. S. Halford (Eds.), *Developing cognitive competence: New approaches to process modeling*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates. pp. 157-204.
- Mack, N. K. 1993. Learning rational numbers with understanding: The case of informal knowledge. In T. P. Carpenter, E. Fennema, & T. A. Romberg (Eds.), *Rational numbers: An integration of research*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates. pp. 85-106.
- Mack, N. K. 1996. Confounding whole-number and fraction concepts when building on informal knowledge. *Journal of research in mathematical education*, 26, 422-441.
- Mannes, S., & St. George, M. 1996. Effects of prior knowledge on text comprehension: A sample modeling approach. In Britton & A. C. Graesser (Eds.), *Models of understanding text*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates. pp. 115-140.
- 三嶋 友之 (1995). 電算画面を用いた分数理解に関する研究 (3) — 教授法に関する研究 — . 徳島大学総合科学部 卒業研究.
- 光田 基郎 1982. 散文の理解と記銘学習における情報処理の方向性について. 徳島大学学芸紀要 (教育科学) 第32巻, 61-72.
- 光田 基郎 1983. 散文理解におけるスキーマの効果. 徳島大学学芸紀要 (教育科学) 第33巻, 57-68.
- 光田 基郎 1984. 散文の理解と巧緻化された情報処理. 徳島大学学芸紀要 (教育科学) 第34巻, 28-38.
- 光田 基郎 1985. 文章の理解におけるモニターリングの発達について. 徳島大学総合科学部創立記念論文集. pp. 285-304.
- 光田 基郎 1988. 散文の理解と記銘学習におけるモニターリングについて. 徳島大学社会科学研究. 第1号, 131-164.
- 光田 基郎 1989. 文章課題の解決過程における発達の要因. 徳島大学社会科学研究. 第2号, 123-156.
- 光田 基郎 1990. 算数文章題の解決過程における発達の要因. 徳島大学社会科学研究. 第3号, 127-163.
- 光田 基郎 1991. 算数文章題の解決過程における空間表象の効果. 徳島大学社会科学研究. 第4号, 133-169.
- 光田 基郎 1992. 散文と空間表象の理解における知識利用. 徳島大学社会科学研究. 第5号, 181-216.
- 光田 基郎 1993. 類推と空間処理における知識利用. 徳島大学社会科学研究. 第6号, 203-239.
- 光田 基郎 1994. 類推と知識操作における空間表象の効果. 徳島大学人間科学研究. 第1巻, 53-78.
- 光田 基郎 1995. 説明文理解における図示と類推の効果. 徳島大学人間科学研究. 第2巻, 1-25.

- 光田 基郎 1996. 類推成立における図示と教示の効果. 徳島大学人間科学研究. 第 3 卷. 1-22.
- 宮田 義郎 1995. コネクションとしての学習. 波多野誼余夫 編、学習と発達. 認知心理学 vol. 5. 東京：東大出版. pp. 87-114.
- Pears, R., & Bryant, P. 1990. Transitive inferences by young children about spatial position. *British Journal of Psychology*, 81, 497-510.
- Pitkethly, A., & Hunting, R. 1996. A review of recent research in the area of initial fraction concepts. *Educational Studies in Mathematics*, 30, 5-38.
- Resnick, R. 1983. A developmental theory of number understanding. In H. P. Ginsberg (Ed.), *The development of mathematical learning*. New York: Academic Press. pp. 109-151.
- Robinson, D. H. & Kiewra, K. A. 1995. Visual argument: Graphic organizers are superior to outlines in improving learning from text. *Journal of Educational Psychology*, 87, 455-467.
- Rumelhart, D. E. 1992. Toward a microstructural account of human reasoning. In S. Davis (Ed.), *Connectionism: Theory and practice*. Oxford: Oxford University Press.
- 先田 美穂 1996. 精神発達遅滞児の電算利用による文章理解について (3) -挿入質問による遅滞児と健常児の差異- 徳島大学 総合科学部 卒業研究.
- 桜井成一朗 1996. 類推学習. 大須賀節雄、有川節夫、波多野誼余夫、志村正道、西尾章治郎、大槻節乎 (編) 知識科学の展開. 東京：オーム社.
- Siegler, R. S., & Shipley, C. 1995. Variation, selection, and cognitive change. In T. J. Simon & G. Shalford (Eds.), *Developing cognitive competence*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Smolensky, P. 1988. On the proper treatment of connectionism. *Behavioral and Brain Sciences*, 11, 1-23.
- Streefland, L. 1991. *Fractions in realistic mathematics education: A paradigm of developmental research*. Dordrecht: Kluwer Academic publishers.
- 鈴木宏昭, 村山 功 1991. 人間の学習におけるプラグマティックな表現の役割. 日本認知科学会 (編) 認知科学の発展. 第 4 巻. 東京：講談社. p. 79-103.
- 高木 和子 1978. 幼児における継時的情報処理能力の発達 - Temporal Order Memory について. 山形大学紀要、教育科学、vol. 7, 83-105.
- Van Lehn, K. & Brown, J. S. 1980. Planning nets: A representation for formalizing analogies and semantic models of procedural skills. In R. E. Snopw, P. A. Federico, & W. E. Montague (Eds.), *Aptitude learning and instruction: vol. 2. Cognitive process analyses of learning and problem solving*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates. pp. 95-137. (pp. 95-137).
- Vosniadou, S., Pearson, P. D., & Rogers, T. 1988. What causes children's failures to detect inconsistencies in text? Representation versus comparison difficulties. *Journal of Educational Psychology*, 80, 27-39.