

## 散文の理解における類推の適用とその限界について

光田 基郎

### Over-extension of analogical strategies in text comprehension

Motoo Mitsuda

**Abstract:** This article reviews over-extension of analogical strategies in text comprehension tasks. While considerable progress has been made in the understanding of how over-extension of analogical strategies are involved in text comprehension and solution of algebra word problems, relatively limited number of research has been focused on some instructional effects on the over-extension of analogy in text comprehension and solution of word problems. In this article, necessity of further instructional studies to tackle this issue was stressed.

キーワード：類推とその過剰適用, 散文理解, 文章題, 年齢差

#### 序

筆者 (光田, 1982:1983:1984:1985:1988:1989:1990:1991:1992:1993:1994:1995:1996a:1996b:1997:1998) はこれまでに、散文理解における巧緻化された情報処理に関する一連の文献展望を試みた。これらに引き続き、散文の理解と算数文章題の達成における知識利用とその発達的变化に関する最近の論文の展望を試みるのが本報告の目的となる。

上記の各報告で考察を試みたトピックの概略は下記の通りである。散文の理解と記銘における情報処理の方向付け (光田, 1982), 散文の構造的性理解に関する発達的变化 (光田, 1983), 情報処理スキーマ, または既得の知識構造による情報の統合と理解への促進 (光田, 1984), 散文のマクロ構造を利用した効率的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, 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書の再認成績との関係 (光田, 1988), 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, 1989), 算数文章題の達成過程で示された, 空間表象による課題達成への促進 (光田, 1990:1991:1992), 散文理解と幾何学習における類推と知識利用の促進を意図した教授活動の効果 (光田, 1993:1994), 対称概念の理解における類推と空間操作能力の年齢差 (光田, 1995), 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, 1996a), 分数概念の理解と算数文章題の達成とを意図した教授活動が, 上記の類推能力と記憶容量の効率的な運用を可能にする過程 (光田, 1996b), 散文の意味的結束性 (coherence) を促進する教授活動の欠如を補償する類推機能 (光田, 1997) 及び, 上記の結束性が理解される際に, 読書内容とは無関係の類推能力が寄与する条件 (光田, 1998) のそれぞれである。

以上に引き続き, 本報告は散文理解と代数の文章題の達成過程で上記の結束性が理解される際の類推に注目する。特に本報告では類推過程での推論の適用が過剰 (over-extension) となる傾向への自己抑制とその年齢差とを扱う文献の展望が課題となる。

以下の第1章では類推の過剰適用と手続的類推の示され方を指摘し, これらを散文理解と数学文章題の達成過程におけるメタ認知的な自己制御という視点で検討した文献展望

を試みる。第2章は、上記の推論の過剰適用が散文の理解に影響するほか、代数の文章題の達成過程に対する手続き的な類推とその年齢差に関する実験である。これらの問題点を指摘し、類推の過剰適用に対する教授活動の寄与を強調することが本研究の課題となる。

## 第1章 散文化理解と数学文章題の達成における類推とその制御

本章の目的は、散文化理解と算数文章題の達成過程における類推の過剰適用とその自己抑制の様相の指摘である。以上の目的に従って、その第1節では散文化理解に必要なとされる基本的な知識操作の条件に関する展望を試み、第2節では類推過程における上記の知識操作への制御の様相を指摘する。特にその後半では類推の下位過程である写像の問題点を指摘し、次章で述べる実験の背景を明らかにする。以上の総括では、課題の要請に応じた知識の活性化とその制約の強調とが課題となる。

### 第1節 散文化理解と数学文章題の達成における知識利用の様相

**1-1-1. 散文化理解と数学文章題の達成における知識利用とメタ認知操作：**散文化理解と数学文章題の達成における知識利用の問題として、最初にメタ認知的な自己制御活動に共通する知識利用の様相を指摘し、その教授活動の問題点を指摘することが本項の課題となる。

Gourgey (1998) は従来の Sternberg (1986) によるメタ認知観を発展させ、散文の閲読と算数文章題の達成過程での自己制御活動を強調する。前者の特徴として閲読目標の明確化による方略の決定と方向付け、閲読文の表象と既得知識との関連付けと統合並びに推論の形成が強調され、閲読内容に関する質問の生成 (Long など, 1987) によって閲読内容の理解とそのモニター機能とが促進される可能性への注目が挙げられる。その反面、この展望は閲読内容への推論とその適用の様相並びにその教授活動の具体的な考察に欠けている。

算数文章題の達成過程に関しても Gourgey の指摘は上記の散文の場合と同様、既得の数量的な知識と推論を用いた題意の理解、課題解決の目標の明確化とそれに従った方略の選択並びにモニター機能を強調した反面、推論の適用などの具体的な展開に触れていない。

文章題達成過程に対する教授活動の寄与に関しては、Schoenfeld (1985) が挙げた知識と行動の4類型の内の資源 (数学的知識) とヒュリスティック (課題解決技法) のみが教授活動の焦点となり得たが、残る2類型である統制 (メタ認知的知識) と信念体系 (態度) の機能とその促進への配慮が不十分な現状と、その結果として知識の効率的な運用を意図した意志決定と自己制御への促進の必要性が示唆されよう。さらに Gourgey の指摘では、認知過程とメタ認知過程との相互作用という課題解決の条件への論及は行われず、課題の構成要素相互間の論理的な関連性の理解とそれに従った方略の妥当性に対する他者の評定 (例えば Whimbey と Lockhead, 1986) と自己制御との関連のみが強調された点を批判し得よう。メタ認知をも含めた知識利用の効率化を意図した教授活動の展開を試みた最近の研究では下記のスキーマという観点からの検討が焦点となった。

**1-1-2. 数学文章題の達成におけるスキーマの機能：**Chinappan (1998) は幾何学習における知識利用の様相を検討する際にスキーマが果たす役割に注目している。ここではスキーマの定義として基礎的・概念的な知識とその下位概念との関係並びにそれらの概念の活性化の方法に関する知識の全てが体制化され、広範囲の知識表象が統合されたクラスターを構成する状態を強調し、その一例として直角三角形のスキーマに対してピタゴラスの定

理を関連付ける操作が挙げられた。さらにこの様な幾何学的スキーマ相互間の協応関係をも図式化した点がその特徴となる。この様なスキーマの協応と統合の様相を図式化するための手段として、Chinappan はメンタルモデルの機能の再検討を試みた。ここでは従来のメンタルモデル（例えば Halford,1993）が、課題達成に向けての推論以外にスキーマの選択と活性化に関する決定など知識利用の方向付け機能を重視した点が疑問視されたほか、既得のスキーマと現在の課題の本質的な部分との関連付けまたは課題達成の方略の構成を行う作業台の機能のみを重視した点が批判された。そこで提唱された Chinappan のモデルの特徴としては、類推研究の立場での数学文章題達成過程を扱った先行研究（例えば Gentner,1993:English,1997）に準拠した手続きと、課題のモデルと既得の知識との関連付けの巧緻化を重視した点が挙げられる。その展開の過程では、直角三角形を扱った課題の本質的な表象の体系を高校生に識別させて、これと自らのスキーマまたは既得の知識体系との関連付けを行わせ、その操作へのモニタリングによって巧緻化された知識利用を行う際には幾何学課題の達成が促進される結果を指摘した。

このモデル観は、課題達成の過程と被験者が実際に構成したメンタルモデルの巧緻化の程度とを関連付けた点にその特徴が求められよう。その反面、Chinappan のモデル観の関心は直角三角形と円周のスキーマを扱った幾何学課題の解決における知識利用の巧緻化であって、知識表象のモデル化の過程で不可欠と考えられる知識表象の一般化または抽象化の問題に関する指摘を行わず、類推における一般化された表象を用いた推論、写像とその推論結果の適用範囲の規定並びにそれらの操作を含めて類推を規定する要因には一切論及していない点を指摘し得よう。

Sebrecht など(1996)は、Mayer(1996)の提唱した文章題達成の4段階である表象の変換、統合、解決の立案とそのモニタリング並びに最終段階としての実行の各段階の中で、統合過程における上記のスキーマの寄与のみでなく問題のカテゴリー化の機能を重視した。ここでは適切なスキーマが活性化されない場合には、課題の表象の構成手続きとして、課題の図示や幾何学図形の操作などに代表される状況のモデル化と方程式の立式のいずれかが行われる可能性を挙げた。しかしながら、上記のモデル化は既得の知識体系との対応付けまたは類推機能を働かせた写像に関する論及を行っていない点を指摘し得よう。以下では、散文または文章題の表象の操作に関する最近の問題点として抽象化と図示という2点に関する展望を試み、次節以下で述べる写像の限界に関する問題を提起する事が本節の残された課題となる。

**1-1-3. 数学文章題の達成における表象の抽象化と函数概念の理解：**本項では、代数の文章題達成過程に必要な函数概念の発達を指摘する。以下では、文章題の達成過程では最初に数量的な規則性の理解と操作が進行し、次いで一連の操作の表象が一般化された形で既得の知識と関連付けられ、最後に抽象的な函数概念が構成される過程について概観する。

数量の計算の段階から代数的なシンボルの体系または抽象的な概念の操作への発達の移行過程のモデル化の試みとしては、Sfard と Lynchovski(1994)による抽象概念の具体化(reification)モデルと Cifarelli(1988)による抽象化モデル並びにこれらを統合する試みでは、代数概念そのものと操作とを両立させた Goodson-Epsy(1998)の展望が挙げられる。

Goodson-Epsy(1998)は、最初に Cifarelli(1988)による反省的抽象のモデルの特色として下記の4段階を挙げている。その最初の水準は、(イ)過去に解決した課題の特性を新たな

課題場面で発見して、過去の方略や操作を適用可能と判断する再認の能力であり、この段階では課題解決の障害の存在と上記の操作とを想像して課題解決の成否を予測し難い点が特徴とされたほか、(ロ) 表象の再構成の段階として、上記の課題解決の操作を想像してその成否と問題点との予測は可能となるが、この段階の特徴が現在の課題と過去の経験との類似性と差異の理解の可能性に求められるゆえに、過去の操作を反復適用した際に直面する筈の問題点を部分的には予測し得るほか、柔軟な思考の可能性も強調される。しかし、課題解決方略を選択・実行すればその結果が必ず生じるという予測は未だに不可能であって、適切な方略の取捨選択とその成否の予測も不可能な点がこの段階の特色となる。

(ハ) 課題の構造に従った抽象化の段階であり、その特色として、課題解決の目的とその構造的に従った形で課題解決の方略を取捨選択し得る点と、さらにその方略を実行した結果の予測と過去の経験との双方に基付いて解決の方略を選択し得るほか、操作の方略を柔軟に検索し得る点が挙げられる。(ニ) 最後の段階の特色は構造的意識化であって、この段階と前の段階との差異は、課題解決方略を実行した結果の予測に関する柔軟性に求められる。この段階では課題の構造的な理解が可能であり、具体的な演算の表象に依存せずに函数やそれ以外の構造そのものを対象として統合的に操作して、課題解決の方略を決定し得る可能性が強調された。

Cifarelli(1988)による以上のモデルの特色としては、Piagetの発生的認識論に準拠して新たな構造的な構成を試み、その基本的な視点として経験的な抽象よりも反省的抽象の操作を強調した点と、この様な発想の下では演算操作よりも課題の基底をなす構造的なものを対象として意識化するまでに認知発達モデル化を推進した事の2点が挙げられる。そのモデルの成果は、PiagetとGarcia(1987)が指摘した超越的操作の結合に準拠したモデル化であり、群、組み合わせと比率などの代数的な性格を示す論理的構造の習得の場合と同様に、道具的に使用されるノウハウだけを特徴付ける構造的な理解と考えられる。

Goodson-Epsy(1998)は大学生に不等式の課題達成を求めた結果の考察に際して上記のCifarelli(1988)による反省的抽象化の観点を取り入れたほか、後述するSfardとLynchevski(1994)の抽象的概念の形成とその具体化に関するモデルとの統合を企図したが、これらの方法に関する問題点の指摘を試み、本報告が基本的な課題とする写像についての問題提起を試みる事が本項での残された課題となる。

SfardとLynchevski(1994)による数学概念の形成の説明では、代数概念の理解には操作と抽象的な対象の双方が補完する関係性が必要視された。例えば $y=3x+1$ という式の理解の際にはこれらが加算手続きとその結果の数量に対応する事が等号によって理解される他、等号を用いて構成と順序付けとを行う際には抽象的な対象の意味理解も可能との指摘が試みられた。この様な演算過程から抽象的な概念の形成に至るまでの発達過程としてSfard(1991)は、(イ) 実際の演算操作を行わずに操作とその結果との想像が可能となる内在化の段階であり、その一例としては負の数の理解が成立した段階ではその基底となる加減算の演算手続きの実行が不必要となる事態を挙げたほか、(ロ) 複雑な操作体系が一つの単位として検索されて思考される凝縮の段階であって、その例としては電算プログラムにおけるサブルーチンとその操作が挙げられた。(ハ) 最後の段階は概念そのものが理解される具体化の段階であって、1次函数の習得の例に示される様に、この概念の理解が成立した際には、概念とその内包関係にある様々な表象についての理解のみでなく、

別の概念である 2 次函数との対比も可能な段階という区分を試みた。特に上記の内在化と凝縮という 2 段階は時間と共に構成され、具体化は短時間に成立するとの対比も試みた。

Goodson-Epsy (1998) は、上記の概念形成過程の進捗と反省的抽象化との対比を試みた。最初に、Sfard などによる概念形成とその具体化の進捗は、反省的抽象化またはこれに類似の課題解決過程の問題という視点では扱わず、別の視点である定義の記録や基礎学習に關した宿題などの基礎訓練で代表されるほか、上記の Sfard などが概念形成の前半を時間を要する漸進的な過程に、最終の段階のみを短時間に成立する過程にそれぞれ対応付けた点を強調してこれらと上記の反省的抽象化との対応付けを試みた。具体的には、Sfard の指摘した内在化の段階では操作の心的表象の形成を強調したほか、これを上記の Cifarelli によって指摘された課題特性の再認とも対応付けた (pp.227)。Sfard の指摘した概念形成の最終段階に關しても一次式を実際に演算せずにその表象の理解と操作とが可能であって、これらを含めた高次元の構造を操作し得る可能性を想定した。以上の観点から Goodson-Epsy (1998) は、大学生に 1 次不等式の課題解決を求め、そこで示された代数的な技能の熟達の差異の説明として、Sfard の指摘した様な操作とその対象化との区分の理解に關する発達的な差異を指摘する一方、変数の理解の差異に關しては Cifarelli の指摘した内在化の段階に留まる可能性を強調した。

Mason (1989) も、上記の Sfard と同様に抽象的な構造的な理解に關する発達的な変化を指摘した。ここで指摘された代数概念の成立過程は数量、シンボルとその体系をも含めた対象の操作に關する表象と、その操作の経験が抽象化された形を取った対象との両立を想定したほか、これらの過程では上記の対象と操作の双方への注意配分と自己制御とを強調した (Mason, 1989, pp.3-4)。さらに上記の抽象的な構造的な発達的な変化または概念の巧緻化においては、意図的な知識制御に必要なメタ認知能力のみでなく類推も寄与 (Mason, 1994, pp.162) するという観点でその後の展開を試みたが、その展望は次項での課題となる。

代数概念の理解とその熟達とを説明した以上の指摘は、方略使用の事例から代数概念の習得とその操作の発達段階を想定した反面、カラータイルの組み合わせなどの例で示される様な空間表象を用いた具体的な操作には論及せず、さらに表象の写像とその限界には触れていないという点を批判し得よう。この点の指摘が本節の残された課題となる。

**1-1-4. 外的表象による学習促進：** 外的表象とは年少の学習者の数学学習に際して用いられる図形、シンボルと立体など問題の表象と課題解決に用いられる全ての対象であって、描かれたり書かれた対象であるか立体図形であるかは問わないとの定義が試みられた (Franke など, 1997)。その機能としては児童・生徒の既得の内的表象と相互作用して内的表象相互間の結合を促進する可能性が想定された。本項の課題は、上記の表象間の相互作用の様相の展望を試み、後述する類推の効果に關する導入部を構成することである。

Zhang (1997) による外的表象の定義においても、これは知識または上記の Franke などの場合と同様に環境内の対象に対応させられたほか、グラフの座標、算盤の珠の配置が示す次元性とも対応付けられた。この定義は、内的表象が記憶から検索される知識構造または上記のスキーマ並びに命題や神経ネットワーク構造と対応付けられたのとは対照的である。これらの外的表象は記録される事によって内的表象に変換されるほか、ダイアグラムなどの外的表象が情報の理解と論理判断に与える促進効果としては、情報の抽象化への制限を行ってその透明性を補償し得るほか、その結果として理解と判断の際に具体的な手が

かり効果を与え得る (Stenning と Oberlander,1994)。Novick など(1999)は、図示された構造、マトリクスとネットワークなどの空間表象を典型として、これに適合した課題のスキーマが活性化されて適用される可能性とその限界を指摘した。その一例としては、部分一全体関係のスキーマの活性化にも、その図示による促進効果にも限界が見られた理由として、多様な部分一全体関係についてその構造的な一般化し得ない点が挙げられた。

同様に Mayer と Sims(1994)は、説明文と動画とを併用して大学生に機械の動作を理解させた。その空間操作能力の指標として折り紙の図示を理解し得た成績などを求めた場合には、高得点者ほど説明文の理解に対して図示による促進効果が得られた結果を強調した。ここでは空間表象と言語的な表象による統合的な促進効果が強調されている。

Hagarty など(1996)も、図示による説明文の理解への促進効果を指摘し、言語情報と図示の双方が統合され、一貫した表象が構築される過程を強調した。ここでは文章では明示不能の情報も図示によって新たな符号化が可能となるほか、図示によって認知的処理資源の節減を得るのみでなく過去と現在の情報相互間の関連付け効果をも指摘した。岩槻(1998)は図表の提示によって説明文の理解が促進される傾向を強調し、この条件下では関連する情報はそのカテゴリー的な特性に対応した空間的な配置、または位置的な手がかりに従った配列が可能であり、情報相互間の関連の様相を明示し得るとの説明を試みた。この報告は上記の Hagarty などの場合と同様、情報の符号化と処理資源の節減並びに推論をも含めて情報の再構成機能を指摘し得た反面、情報相互間の関連付けとその処理の可能性が2次元空間での配置の可能性に制約される点も不可避となる。

上記の空間表象が課題解決と学習に与える促進効果として、Winn など(1989)は(イ)複雑な状況を簡素化した形で図示、(ロ)複雑な概念であっても空間表象への写像によって理解が容易になる可能性を強調したほか、(ハ) Larkin と Simon(1987)は、命題の形で提示された複雑な帰納論理を扱う推論も空間的な関連性として図示された場合に理解は容易との指摘を行った。これらの写像過程とその限界とを理解する試みとして、数学文章題を閲読して一貫性のある課題のモデルを構成(Mayer,1997)する際に類推を活性化して、その推論と写像過程においては図示による理解促進を示す事が次節での課題となる。

## 第2節 設文理解と数学文章題の達成における類推とその制御

**1-2-1.知識表象の再構成に対する類推の効果とその限界：** 上記の知識操作における類推の機能に関する展望を試み、次節以下で述べる推論の適用限界に関する問題提起を行うことが本項の課題となる。最初に Pittman(1999)は、学習が表象の意味付けまたは既得の知識表象と新たな表象との結合に依存するとの観点から、学習と課題解決におけるこれらの表象相互間の類似性の発見と、それらを用いた類推の機能を重視する。ここでは類推の寄与が顕著に示される知的操作として、既得のスキーマの再構成による新たなスキーマの生成と、抽象的な概念の具体化と映像化(Duit,1991)とを挙げたほか、教授活動による既得の知識の活性化に際しての類推の効果をも強調している。以下では類推の下位過程となる推論と写像について述べ、推論適用の限界に論及することが本節の課題となる。

類推の成立過程の一例として「電車の線路に対する関係は自動車の何に対する関係か？」という質問への反応が成立する際には、最初に電車と線路との関係を推論した後、既知の領域と未知の領域とを関連付ける操作としては電車と自動車の関係に関する写像が行わ

れる。その際には上記の電車と線路との関係に関する推論とその結果が適用可能な対象（例えば道路）を未知の領域から検索する必要性を指摘し得る。この様に既知の知識領域と未知の領域との間の類似性を検索し、関連する情報を求めて未知の領域での対応付けを試みる写像過程の類型として Mason (1994) の分類または中本など (1998) による分類の試みが挙げられる。これらは写像過程における表象の抽象化と巧緻化の様相の指摘を意図した提言ではなく、写像の促進に関しては上記の Mason の論文において、年少学童に類推の目的を教示した際には基礎一目標領域に共通する領域で写像可能な範囲の理解が促進された結果 (Zook と DiVesta, 1991) の引用が行われた点が特徴的である。Mason は上記の視点で類推の目的と知識制御の意義を強調し、メタ認知能力とモニター活動とが類推のみでなく抽象的な概念の形成に不可欠との指摘を行った。さらに5年生の理科で循環器系の概念と機能とを理解させる過程で、郵便配達システムからの類推とその目的の理解とを行わせた。結果からは、類推とその方向付けが循環器系の機能と概念の理解を促進するとの指摘は可能となったが、これらは直接には上記の2領域間の写像関係の理解には結び付かない点も指摘し得よう。写像関係の理解に向けてのメタ認知操作が今後の検討課題となる。

English と Sharry (1986) は、代数の学習での類推の効果の説明を試み、関係性を示す情報が構造化された形で基礎領域から目標領域に転移させられる過程に注目し、関係性の構造がこれらの2領域間で対応付けられるための手段として写像の機能を強調した。ここでは写像過程の一例として27という数量一般（目標領域）を表現する目的で、10の単位を示す10個のカラータイルの集合を2組と、1の単位を示すタイル7個とを（基礎領域）並べた例が挙げられた。この様に具体的で透明性のある表象を用いて数量的な関係性の写像を行う場合、数量的な関係性とそれを用いた基礎一目標領域間の対応付けの基本として写像機能 (English など pp.140) が挙げられる。同様の結果は佐伯 (1983) がカラータイルの集合とその分割とを用いて222という数値が3の倍数となる事実を中学生に理解させた例からも示唆されよう。類推機能がこの様な形で活性化されるならば、基礎一目標領域間に共通する関係性の構造が検索されて写像の対象となり、この構造がさらに一般化・抽象化された形で知識とその操作の表象のメンタルモデルとして機能する可能性を想定し得よう。以下ではこれらのメンタルモデルが代数的な記号の体系相互間の写像に活用される過程への展望が本節の残された課題となる。

**1-2-2.代数学習における類推の寄与：** English などが指摘した操作の表象とそれが一般化された知識のメンタルモデルの特徴としては、これらが課題解決の際に活性化される表象であって、推論と知識操作の作業台として機能する (Halford, 1993) ほか、これらの表象が代数的な記号の系列を用いた情報処理と意味理解の過程で中心的な機能を果たす可能性が指摘された。特に代数的な記号から構成された一連の系列の構造的性が理解され、その構造に対応した一連の操作の表象が構成され、それらの操作の表象が一般化された形で概念化される過程では、上記のメンタルモデルが個々の操作経験の一般化と概念化とを促進する効果が強調された。この他、上記のメンタルモデルの発達には基礎一目標領域間の類似性の寄与が大きい傾向 (Vosneadou, 1989) も強調されたほか、被験者の発達の様相としては最初に、前節第3項で述べた Sfard による内在化との対応が想定され、2領域間の知覚的類似などの表層的な類似性に代わって抽象的な構造的性や概念的水準の表象の類似性に注目した写像関係が強調された。さらに、一連の代数的シンボルの系列を何らかのパター

ンとして理解する圧縮の段階に引き続いて、最後に二次函数に関する一般的知識に関するメンタルモデルの成立を例とした操作の構造化並びにその適用範囲が強調された。

Englishなどは大学生に代数の課題解決を目的とした類推を行わせた条件下で、上記の一般化された構造相互間で意味的な対応性と関連性が検索され、基礎―目標領域間での関係性や2領域間に共通の代数的な構造的な構造的な推論とそれを用いた写像の可能性に関する判断が試みられる過程とその巧緻化の様相を指摘した。さらに代数の教授活動として、代数的な事例の基底をなす重要で抽象的な関係性の発見とそれを用いた写像への支援を提言するが、上記の関係性に対応した方程式の習得過程における写像には論及していない。

VanLehn(1999)の類推観では初期化と転移という2段階が想定され、その前者では事例の検索に引き続いてこれと課題との写像関係が求められ、その事例の有効性が判断されるまでの過程、後者では課題解決に関する推論がそれぞれの機能として指摘された。その写像観の特徴は課題解決の再帰性に求められる。具体的には、VanLehnによる物理学の課題解決モデル(Cascade)の基調として、類推による課題解決のモデル(例えばKolodner, 1993)と同様に、記憶の検索を行って既得の事例から当面する課題に類似した事例を選択し(類推の内容の次元)、次にこれを当面する課題に適用する過程を想定した点(目的の次元)と、3番目にそこで得られた課題解決の成果は抽象化され、課題と連合した形で新たな事例として記銘されるという再帰的な転移過程を想定したほか、この様に一般化された形で転移するのは熱の伝導など一般的な原則であるという提言並びに、上記の事例の検索と適用という操作の反復は大抵の課題解決で可能であっても最後の一般化された形の転移(反復回避の次元)は限られた者のみが可能(p.349)との指摘が行われた。

上記の類推モデルでの写像の様相として、どの様な目的でどの様な内容の情報を適用して転移させるかが問題にされることと、問題解決の一時的な停滞を打開する目的で、問題と事例から構成されたペアの関係をを用いた写像が行われ、そこでは公式が適用されてその転移が試みられる可能性が強調された。以上の観点からは、巧緻化されない課題解決の形式としては問題文の逐語的な表象や個々の手続きへの拘泥を、巧緻化された解決の特徴としては上記の課題解決の停滞に対処する目的でのみ個々の事例の参照が想定された。

VanLehnによる上記の写像観では、類推による課題解決とその方略の転移とを扱った従来のモデルでは写像範囲が限定された傾向が指摘され、その理由としては検索された事例と課題との間には解決の方法に関する同型性が見られる場合が大半であったゆえに、この事例から一般的で抽象化された解決方略を導出する必要性に欠けた点が強調される。しかしながら、この様な写像範囲の限定が行われない場合、または課題解決方略の同型性に欠けた事態での写像関係には論及されていない。この点が本節での残された課題となる。

**1-2-3.代数学習における写像とその限界：**上記の写像範囲と同型性の問題をも含めた類推方略の問題点の指摘が本項の課題となる。最初に具体操作の段階での学習における類推の寄与が指摘された(GabelとSherwood,1980)反面、その効果は視覚的なイメージ操作能力に規定される(Treagustなど,1998)ほか、形式操作の段階でも類推によって不必要な情報の付加(JohnstoneとAl-naeme,1991)に関する指摘が行われた。この他、上記のTreagustなどは基礎領域と目標領域に共通する構造的な構造的な検索が行われない可能性を指摘し、目的領域に存在しない表層的な特性が基礎領域から検索された場合には導水管からの類推による電流の意味の理解が不可能となる傾向を強調した。ここでは、水の落差から類推して電位



差の理解に到達する過程では基礎—目的領域間に表層的な関係性と高次の因果的な関係性の双方が認められることの必要性のみでなく、前者は類推関係の理解を促進し、後者は目的領域で示される機能的な関係性の検索と転移とを容易にする反面、その写像は困難な傾向が指摘された。この様な構造的な表象とその写像に関する検討が本報告の課題となる。

構造的な表象の成立の一例として、基礎領域の課題の比較などの課題解決方略によって課題解決のスキーマが抽象化される過程が挙げられた (Newman と Schwarz,1998)が、代数の課題達成過程でのスキーマの抽象化とその写像の様相に関する指摘は未だに少ない。

前節第2項と第3項においてはスキーマとその抽象化の様相について述べ、函数などの抽象的な対象は数学的な操作の意味理解の所産 (Sfard と Linchevski,1994)である事を述べ、函数の理解の基本は具体的な操作を通じて入力と出力の関係性を理解する過程であるとの指摘を試みた。しかしながら、操作の表象は直ちに構造的な表象成立には結び付かない点をも強調し得よう。特に一次方程式をグラフや公式などで表記する際の問題のみでなく、これらの文脈的な手がかりが十分でない条件下では写像とその限界の問題を指摘し得る。例えば Slavit (1997)は一次方程式  $y=ax+b=0$  で特定の  $x$  または  $y$  の値に対応する解を求めた際に得られるのはこれらの数値間の関係性のみであって、この関係性は一次函数全体の内の限られた属性に過ぎない事を理解せねば函数概念の理解に役立たない事を指摘した。

上記のスキーマや函数をも含めた規則性の表象を導出する過程の基礎として類推における写像の意義が Holyoak の一連の研究 (Holyoak と Thagard,1995 ; Hummel と Holyoak,1997)で強調された。例えば Hummel と Holyoak (1997)による LISA (learning and Inference with Schemas and Analogy)モデルは、知識表象のアクセスと写像過程との統合を試みた学習過程の提言であり、前者は何らかの手がかりが与えられた際に長期記憶からスキーマまたは基礎領域の表象の検索であり、後者は作業記憶において目標領域のどの要素が基礎領域の要素に対応させ得るかが判断される過程と考えられた。従って、前者では意味的な類似性とスキーマとが検索の条件とされる傾向が大きい反面、基礎—目的領域間で得られた同型性または構造的な一貫性、課題達成の目標への関連性並びに記憶容量の寄与は写像過程で顕著に示される可能性が指摘された。このモデルが変項と述部で構成された命題の形で提言され、コネクショニズムの観点で要素間の結合が強調された結果として可塑性を示し得る反面、語順・句構造や問題の表象への感受性などの制約も不可避となる。

函数関係に代表される2組の数値の間の写像関係の理解に際しても上記の句構造の寄与が示唆された以外に上記の記憶容量または処理資源を効率的に運用する手段としての注意への関心が示された一方、写像範囲の変動の様相の検討は行われぬ現状を指摘し得る。

上記の写像過程においては、未知の課題領域を理解する目的でこれらと基礎領域の数学的表象とを対応付ける操作がその基本となる。しかしながら Schwartz と Moore (1999)は、6年生にジュースの濃度を題材とした文章題を与えて比率の理解を求めた場合、上記の写像を可能にする程度の頑健な数学的な構造的な表象は検索し得ないとの指摘を試みた。ここでは作業記憶において操作される課題の表象は十分な構造的な欠いた断片的な知識表象の集合となる可能性が指摘され、これらを用いて適切な写像を行う過程では写像過程を遂行するための高次の制約が不可欠と考えられた。さらに写像に関するこの様な制約の例として作業記憶容量または処理資源の節減 (Spelman と Holyoak,1996)が挙げられた。

Schwartzなどは数学学習において写像を強調する従来の視点への反論を試み、基礎—目

的領域間に知識構造の転移が行われる過程よりも数学的知識体系と経験とを統合した新たな理解の成立を想定し、さらに写像の基本となる既存の構造的性またはそれに対応した基礎一目的領域間の同型性がすでに存在する可能性に関しても疑問視する提言を試みた。

Cifarelli (1998) も数学文章題の達成過程における課題の表象の変容過程に注目し、課題の表象の構造的な類似性という発想が課題の典型とその操作の重視のみでなく、推論された課題の表象が課題解決に寄与する過程を軽視する現状の遠因となった点を批判する。

以上より、写像とその成果に関してはより慎重な実験的検討が必要となり、類推の年齢差をも含めた基礎的な資料の必要性が指摘されよう。この点が次項の具体的な課題となる。

**1-2-4. 総括—類推の過剰な適用：**上記の処理の負荷を増加させる要因として、宣言的並びに手続き的な知識の不十分さ、学習課題の構造的性を理解させる目的で提示された材料の構造的性が十分に理解されない事態、またはこれと同様に類推における基礎一目的領域間の不整合性 (Boulton-Levis, 1992) が挙げられた。このような類推の適用の失敗の原因としては上記の同型性の理解の不十分さが Pittman (1996) によって指摘され、対応策としては被験者が理解可能な程度に基礎領域を分割する (例えば Brown と Clement, 1989) 手続き以外に被験者が自ら構成した基礎領域と目的領域との対応付け (Kaufman など, 1996) が挙げられた。さらに Lester (1983) は数学課題の達成に失敗する被験者の特徴として、課題解決に適切なスキーマに従った操作の選択を行うことなしに手がかりと具体的な方略とを直観的に結合する傾向と、解決の目的を具体化した適正なプランに欠けるのみなく、方略の適用過程への自己評価と自己制御が不十分なままで直感的に方略を選択した解決行動とを強調した。

以上の指摘に対処した形で適正な教授活動を企画する場合には、最初に課題解決の目的に従った形で課題の表象を構成し、課題解決の目的に従って写像と推論の適用の範囲に関する判断を試み、さらにその過程での自己制御と自己評価とを行って類推の過剰な適用を未然に防ぐ配慮の必要性を指摘し得よう。この点の基礎的な実験が次章での課題となる。

## 第2章 散文理解と数学文章題の達成における類推とその過剰な適用

本章第1節では、散文理解における類推の過剰な適用の効果を指摘する。ここでは散文の結束性の理解に対する写像過程の寄与の様相を指摘し、類推の過剰適用の傾向は教授活動によって補正可能である事を指摘する。第2節では、電算画面上を動く点の軌跡によって作図された台形または三角形の面積を求める手続きとその求め方を示す一次方程式との同型性の理解を行わせ、そこで示された下位技能の寄与の様相とその年齢差を指摘する。ここでは具体的な図形の面積を求める演算操作とこれに対応する一次方程式との関連付けを扱う手続き的な類推 (Hall, 1998) の寄与とその年齢差を指摘する。これらの指摘を通じて同型性の理解における教授活動の意義を強調することが本章の基本的な課題となる。

### 第1節 散文理解における類推の過剰適用の様相

**2-1-1. 散文理解における写像と類推の過剰適用：**類推の過剰適用の問題の基底としては最初に散文理解における写像の様相を指摘する事が本項の課題となる。読論文の表象がテキストベースであり、これらに既得の知識表象が統合されて「読論文は何を述べたものか」に関する情報の表象が得られた際には状況モデルとなる。前者の構成には作業記憶の範囲内で先行する文脈との間の写像関係が求められるだけの局所的な結束性が必要とさ

れ、後者は作業記憶の容量を超えた広範囲の知識構造から検索された情報との写像が求められた (O'Brien,1995)。散文理解における結束性と類推との関係性という観点で上記の広範囲の写像とその適切さに注目し、これらを規定する文脈的並びに意味的な手がかりの機能に関する指摘を試みた研究は未だに少ない現状を指摘し得よう。この様な視点から、本項では散文の理解において類推が過剰適用される傾向が散文理解を抑制し得る程度の検討を試み、次項では数学文章題の達成過程で上記の手続き的な類推またはこれと関連した写像限界の理解の寄与に関する検討を試みる事が本報告の残された課題となる。

光田 (未発表) は類推を過剰に適用する傾向が散文理解の抑制要因となる可能性に関する検討を試みた。仮説として類推が過剰に適用され、写像の限界の理解が困難となる傾向は閲読視点の変更と密接に関連する事と、散文の閲読中適切な教授活動が上記の類推の過剰な適用によって生じる理解への抑制効果を回避させ得ることの2点を想定した。

方法としては、材料文として堺屋太一著「現代を見る歴史」(講談社現代新書)の一部を実験目的に合わせて書き改め、「乱世の二世は時代に合った努力をせねば滅亡する。**武田信玄の子**は勤勉であったが、保守的で武器の近代化の必要性を無視したために滅亡する。**宇喜多家の二世**は豊臣秀吉の側近に徹底したために徳川家康と正面衝突する。**毛利家の二世**は父から野心を捨てて消極的な处世術を学べて生き残る。企業内で権限の多い**二世経営者**は出身校の同窓生を信用しては悪人に付け込まれる。煬帝は時代に合わない土木工事や積極政策のせいで政権を崩壊させる。**上杉謙信の子**は父の模倣に徹底して内外の信望と評価を得る」という31文、2100字を1文ずつ被験者ペースで画面上で閲読させた。被験者は徳島大学1年生44名が個別に参加した。その1/3は閲読に先立って「この文は乱世の二世は時代に合った努力をせねば滅亡する事を述べた」の先行オルガナイザーの与え

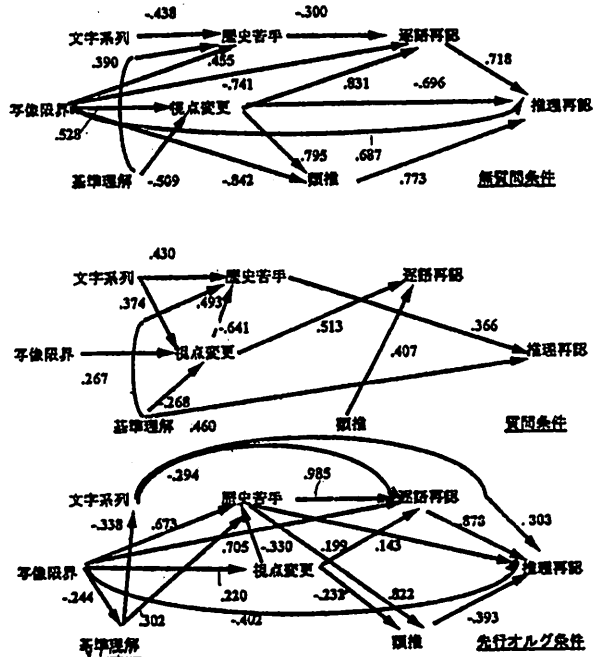


図1 教示条件別に見たパス解析結果

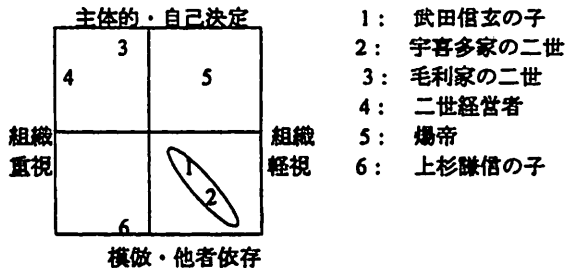


図2 INDSICAL分析結果(挿入質問条件)の一部

られる群, 1/3 は各文節の終末ごとに挿入質問合計 4 点を与える挿入質問群, 残る 1/3 は無教示群に割り当てられた。

テスト項目は逐語・推理再認, 閲読と無関係の類推, 文字系列の推理 (arb,asb, aqb,atb 次を aub,aob,apb,anb から選択, 歴史の苦手意識, 登場人物の類似性判断の際に対象の分類基準を理解した程度, 閲読視点を変更した程度と写像限界の理解程度として「木偏に公でマツ, 卵でヤナギ・・最後に木偏に黄で何の樹木?と迷う程度」の 5 段階評定値の入力を求めた。上記以外の手続きは筆者の従来の発表と同様である。結果の概略として, 逐語・推理再認, 類推, 文字系列の正反応と確信度を求めてこれらを用いて d' に変換し, 教示条件別にパス解析を試みた結果が図 1 である。上記の写像限界と類推とが推理再認に与える効果は無教示では促進的, 先行オルグ条件では抑制的である。以上は, 視点の変更が逐語再認に寄与する過程とは全く逆の結果を示す。以上より, 閲読文全体の結束性が得難い無教示条件下では類推の寄与が顕著であり, 逆に閲読視点が規定された先行オルグ条件下では柔軟な写像が必要であるとの筆者のこれまでの指摘と対応した結果が得られた。逐語再認に関しては先行オルグ条件下で写像限界の寄与が示された。このほか, 登場人物相互間の類似性評定の反応時間と類似性評定値の INDSCAL 分析結果に関しては筆者のこれまでの発表と同じ結果が示された。これらは写像限界を超えた想起そのものは散文理解の条件の一つであり, 教授活動による統制の必要性が指摘し得よう。以上は, 上記の仮説にほぼ一致した結果であると言えよう。

**第2節 一次方程式の理解における下位技能の寄与とその年齢差**

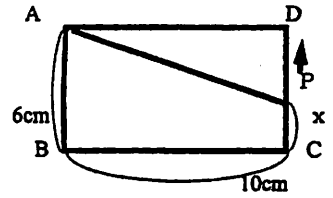


図 3 電算画面上での点 P の移動

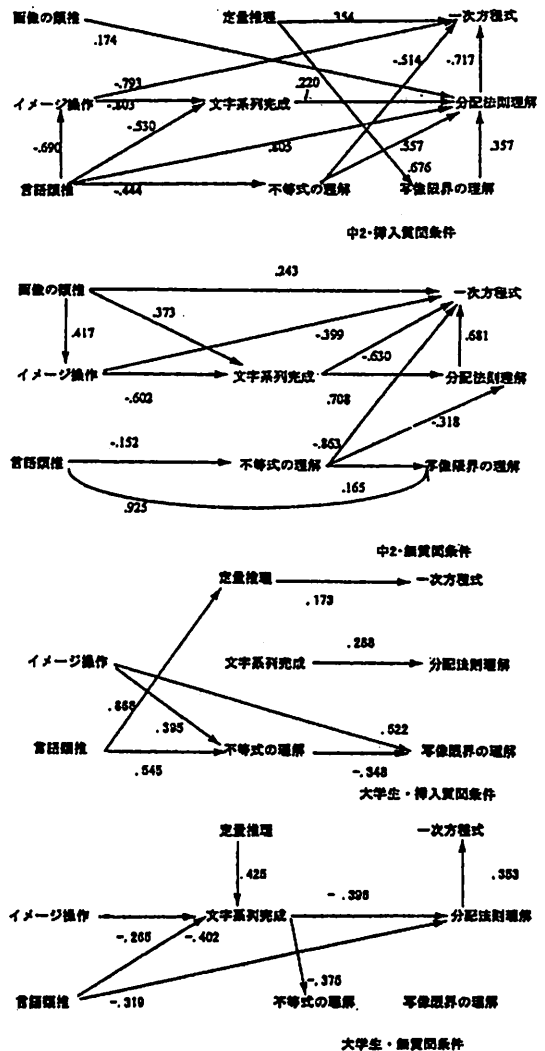
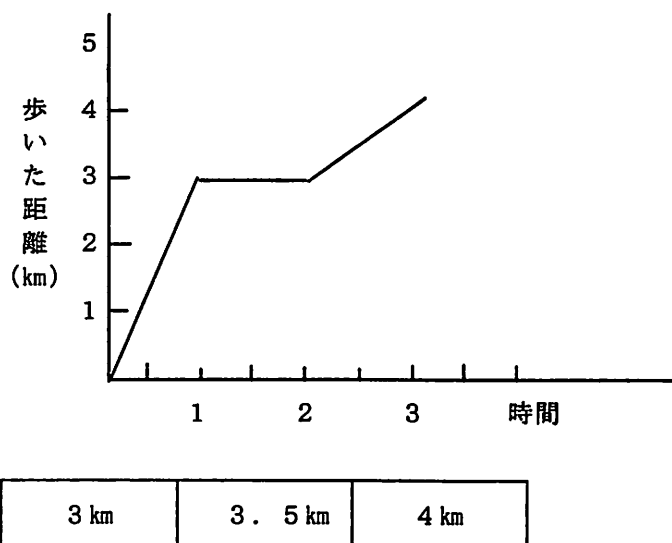


図 4 変数間の因果関係を示すパス図



問題 9

上のグラフは人が歩き始めてから3時間後に目的地に到着するまでに歩いた距離と所要時間を示しています。最初の1時間は時速3km、次の1時間は歩かずに休憩、最後の1時間は時速1kmで歩きました。歩き始めてから2時間30分後には、出発点からどれだけ離れたところを歩いていますか。

図 5 手続き的類推または写像限界の課題

**2-2-1. 手続き的な類推の寄与とその年齢差：**本項の課題は電算画面上に描かれた台形や三角形の面積とこれを算出する一次方程式との同型性を理解させるための教授活動の効果について、これを被験者との年齢差との関連で検討する事である。Lee と Wheeler(1989)は四則演算から代数への発達過程では上記の手続き的な類推のみでなく概念的な不整合性や統語的な水準での結束性の問題が不可避となり、これまでの四則演算の水準で維持された数量的な表象の構造的な整合性すら脅かされるとの指摘を試みている。本章の冒頭の指摘では、これらの領域間で方程式の表象の同型性が保持され、その際には手続き的な類推の寄与が不可欠である事を強調したが、本節では上記の手続き的な類推の寄与の様相を明らかにする目的で、中学生と大学生とを被験者とした比較を試みる。

野上(1999)は、図3に示す様に電算画面上の長方形 ABCD の辺 BC, CD または AD 上を毎秒 2 cm の早さで移動する点 P を図示し、点 P が移動し始めてから x 秒後の三角形 ABP または台形 ABCP の面積を求める文章題の達成過程に寄与する下位技能の年齢差を検討した。下位技能として (イ) 手続き的な類推並びに写像限界の理解の指標は図4に示す様に一次函数の変域の理解と一次式の演算とを行ってその正解の選択とタッチスクリーンによる入力とを求めたほか、同様に (ロ) 疑似相関を回避する目的で与えた別の一次方程式、(ハ) 不等式、(ニ) 人形の面の共通性を類推する画像類推、(ホ) 単語の類推、(ヘ) 倒立像の識別を求めたイメージ操作テスト、(ト) 文字系列の規則性を推論する課題、(チ) 定

量推理の課題を各1乃至2題与えた。これらの各課題の正解の選択反応とその反応の各々に対する確信度の3段階評定値のそれぞれの入力求めてd'に変換した。被験者としては、徳島大学1年生42名と鳴門教育大付属中学2年生21名が個別に実験に参加した。大学生と中学生の半数は、画面で上記の問題文を被験者ペースで一文ずつ閲読し、閲読後には画面に触れて次の文に入れ替える過程で合計4点の挿入質問が与えられた。

結果としては、(1)被験者と挿入質問の有無の組み合わせの4条件別に上記の下位技能相互間の因果関係を求める目的でパス解析した結果が図5である。中学生の場合にのみ

(イ)写像限界の理解または手続き的な類推の説明変数として定量推理または単語を用いた言語類推と不等式が直接の説明変数となる。さらに(ロ)この写像限界の理解または手続き的な類推が方程式達成の説明変数となる。以上の結果からは、中学生の場合には上記のLeeなどの指摘する様に、演算手続きと函数概念の間に見られる同型性の理解が不十分な状態が示唆され、その結果として二つの数値の協応関係に従った定量的な関係性や規則性に従った写像に依存した形で方程式の理解が行われる可能性が示唆されよう。

(2)被験者と挿入質問の有無の条件別に上記の実験変数の(ロ)で述べた一次方程式の達成成績と、それ以外の各変数との相関係数値を求め、2x2要因共分散分析を行った。

結果からは、上記の写像限界の理解または手続き的な類推の変数以外の全ての変数と方程式の達成成績との間の相関係数値に関して大学生>中学生という有意な差が得られた。

この他、単語を用いた4項目類推と画像による類推の相関係数値も上記(2)と同様の結果を示した。以上の結果は、課題解決の熟達者は一般化された知識に依存した写像と課題の分類とを行い、初心者の方々の写像と課題の分類への制約は課題の表層と構構性との関連に従ったナイーブな知識構造に規定される(MedinとOrtony, 1989)傾向と対応させ得る。

以上の総括として、課題達成過程での個々の写像行動を規定する制約と知識発達との関連付けと教授活動による巧緻化が問題となるが、この点は今後の課題として残された。

## 結語

本報告では、教授活動によって散文理解と数学文章題達成過程における写像への統制を行う必要性を指摘し、写像の範囲を超えた表象の想起そのものは直接には課題達成の抑制要因とならない傾向を指摘した。今後はコネクショニズムなどの視点から写像そのものを問題にすると同時に、写像の柔軟性を得るための教授活動に関する検討が課題となる。

## 文献

- Boulton-Lewis, G.M. 1992. The demands of some representations and strategies used in teaching mathematics to young children. Paper presented at the Annual Conference of the Australian Educational Research Association, Geelong, Australia.
- Brown, D., & Clement, J. 1989. Overcoming misconceptions via analogical reasoning: Abstract transfer versus explanatory model construction. *Instructional Science*, 18, 237-261.
- Chinappann, A. 1998. Schemas and mental models in geometry problem solving. *Educational Studies in Mathematics*, 36, 201-217.
- Cifarelli, V.V. 1988. The role of abstractions in mathematical problem solving. *Dissertation Abstracts*.
- Cifarelli, V.V. 1998. The development of mental representations as a problem solving activity.

- Journal of Mathematical Behavior*,17,239-264.
- Duit, R. 1991. On the role of analogies and metaphors in learning science. *Science Education*, 30,1241-1257.
- English,L.D.1997.*Mathematical Reasoning:Analogies,Metaphors and Images*. Hillsdale,NJ : Lawrence Erlbaum Associates.
- English,L.D.& Sharry,P.V.1996.Analogical reasoning and the development of algebraic abstraction. *Educational Studies in Mathematics*,30,135-157.
- Franke,M.L.,& Grouws,D.A.1997.Developing student understanding in elementary school mathematics:A cognitive perspective.In Phye,G.D. (Ed.)*Handbook of academic learning:Construction of knowledge*. (pp.310-342) .San Diego,CA:Academic Press.
- Gabel, D.L., & Sherwood, R.D.1980. Effects of using analogies on chemistry achievement according to Piagetian level. *Science Education*, 20, 163-177.
- Gentner, D.1983.Structure mapping : A theoretical framework for analog. *Cognitive Science*, 7,155-170.
- Goodson-Epsy,T.1998.The role of reification and reflective abstraction in the development of abstract thought:Transitions from arithmetic to algebra.*Educational Studies in Mathematics*,36,219-245.
- Gourgey,A.T.1998.Metacognition in basic skills instruction.*Instructional Science*,26,81-96.
- Hagarty,M.,Carpenter,P.A.,& Just,M.A.1996.Diagrams in the comprehension of scientific text.In R.Barr,M.L.Kamil,P.Mosenthal, and P.D.Pearson (Eds.)*Handbook of reading research*,vol.2 (pp.641-668) .Mahwah,NJ:Lawrence Erlbaum Associates.
- Hall, N.1998. Concrete representations and the procedural analogy theory. *Journal of Mathematical Behavior*, 17,33-51.
- Holyoak K.J., & Thagard, P.1995.*Mental leaps:analogical creative thought*.Cambridge:MIT.Press.
- Hummel,J.E., & Holyoak, K.J.1997.Distributed representations of structure:A theory of analogical access and mapping. *Psychological Review*, 104, 427-466.
- 岩槻恵子 1998. 説明文理解における図表形式の要約の影響—発話プロトコル法による理解過程の検討— 読書科学 vol.42,135-142.
- Johnstone, A.H., & Al-Naeme, F.F.1991. Room for scientific thought.*International Journal of Science Education*, 13, 187-192.
- Kaufmann, D.R., Patel,V.L.,& Magder,S.A.1996.The explanatory role of spontaneously generated analogies in reasoning about physiological concepts. *International Journal of Science Education*, 18, 369-386.
- Kolodner,J.1993.*Case-based reasoning*.San Mateo,CA:Morgan Kaufman.
- Larkin,J.H.,& Simon,H.A.1987.Why a diagram is (sometimes )worth ten thousand words.*Cognitive Science*,11,65-99.
- Lee,L.,& Wheeler,D.1989.*The arithmetic connection*.*Educational Studies in Mathematics*,20,41-54.
- Lester,F.K.1983.Trends and issues in mathematical problem-solving research. In R Lesh & M.Landau (Eds.) , *Acquisition of mathematics concepts and processes* (pp.229-261) . New-York: Academic Press.

- Long, J.D., & Long, E.W. 1987. Enhancing student achievement through meta-comprehension training. *Journal of Developmental Education*, 11, 2-5.
- Mason, L. 1994. Cognitive and metacognitive aspects in conceptual change in analogy. *Instructional Science*, 22, 157-187.
- Mayer, R.E. 1987. *Educational Psychology: A cognitive approach*. Boston: Littel Brown.
- Mayer, R.E. 1997. Incorporating problem solving into secondary school curricula. In Phye, G.D. (Ed.), *Handbook of academic learning: Construction of knowledge*. (pp.473-510). San Diego, CA: Academic Press.
- Mayer, R.E., & Sims, V.K. 1994. For whom is picture worth a thousand words? Extension of a dual-coding theory of multimedia learning. *Journal of Educational Psychology*, 86, 389-401.
- Medin, D.L., & Ortony, A. 1989. Comments on Part 1: Psychological essentialism. In S. Vosneadou & A. Ortony (Eds.), *Similarity and analogical reasoning* (pp.176-196). Cambridge: Cambridge University Press.
- 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. 散文の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所. 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所. 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所. 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所. 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所. 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所. 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 1996a. 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 巻, 1-22.
- 光田 基郎 1996b. 類推成立における教授活動の効果. 徳島大学人間科学研究.



第4巻, 67-86.

- 光田 基郎 1997. 散文の結束性の理解における類推と教授活動の効果. 徳島大学人間科学研究. 第5巻, 15-44.
- 光田 基郎 1998. 散文の結束性の理解とその促進に対する類推と教授活動の効果. 徳島大学人間科学研究. 第6巻, 23-42.
- 中本 敬子, 椎名 乾平, 森川 靖夫 1998. 類推研究の展望. 早稲田大学 教育学部 学術研究 第46号, 11-23.
- Newman, Y., & Schwarz, B. 1998. Is self-explanation while solving problems helpful?: The case of analogical problem solving. *British Journal of Educational Psychology*, 68, 15-24.
- 野上俊一 1999. 一次函数における知識利用の差異: 中学2年生と大学生の対比. 徳島大学総合科学部 卒業研究.
- Novick, L.R., Hurley, S.M., & Fransis, M. 1999. Evidence for abstract scientific knowledge of three spatial diagram representations. *Memory & Cognition*, 27, 288-308.
- O'Brien, E.J. 1995. Automatic components of discourse comprehension. In R.F. Lorch & E.J. O'Brien (Eds.), *Sources of coherence in reading* (pp. 159-176). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Piaget, J., et Garcia, R. 1987. Vers une logique des significations. Geneve: Foundation Archives Jean Piaget. (芳賀 純, 能田伸彦 監訳 意味の論理—意味の論理学の構築について—東京: サンワコーポレーション 1998).
- Pittman, K.M. 1999. Student-generated analogies: Another way of knowing? *Journal of Research in Science Teaching*, 36, 1-22.
- 佐伯 舂 1983. コンピュータと教育. 東京: 岩波書店.
- Schwartz D. L & Moore, J.L. 1999. On the role of mathematics in explaining the material world: Mental models for propositional reasoning *Cognitive Science*, 22, 471-516.
- Sebrecht, M.M., Bennet, R.E., & Martin, K. 1996. Using algebra word problems to assess quantitative ability: Attitudes, strategies and errors. *Cognition and Instruction*, 14, 285-343.
- Sfard, A. 1991. On the dual nature of mathematical conceptions: Reflectins on processes and objects as different sides of the coin. *Educational Stuiies in Mathematics*, 22, 1-36.
- Sfard, A., & Linchevski, L. 1994. The gains and pitfalls of reification -The case of algebra. *Educational Stuiies in Mathematics*, 26, 191-228.
- Shoenfeld, A.H. 1985. *Mathematical problem solving*. New York: Academic Press.
- Slavit, D. 1997. An alternate route to the reification of function. *Educational Studies in Mathematics*, 33, 259-281.
- Spellman, B.A., & Holyoak, K.J. 1996. Pragmatics in analogical mapping. *Cognitive Psychology*, 31, 307-346.
- Sternberg, R.J. 1986. *Intelligence aplied: Understanding and increasing your intellectual skills*. New York: Harcourt Brace Jovanovich.
- Stenning, K., & Oberlander, J. 1994. A cognitive theory of graphical and linguistic reasoning: Logic and implementation. *Cognitive Science*, 19, 97-140.
- Treagust, D.F., Harrison, A.G., & Venville, G.D. 1998. Teaching Science Effectively with analogies: An approach for preservice and inservice teacher education. *Journal of Science*

- Teacher Education*,9,85-101.
- VanLehn,K.1998.Analogy events:How examples are used during problem solving.*Cognitive Science*, 22,347-388.
- Whimbey,A., & lockhead,J.1986.*Problem solving and comprehension*.Hillsdale,NJ:Lawrence Erlbaum Associates.
- Winn,W.1989.The design and use of instructional graphics .In H.Mandl & J.R.Lewin (Eds), *Knowledge acquisition from text and pictures* (pp.125-144) .Amsterdam: Elsevier.
- Zhang, J.1996.The nature of external representations in problem solving.*Cognitive Science*,21,179-217.
- Zook, K.B.,& DiVesta,F.J.1991. Instructional analogies and conceptual misrepresentations.*Journal of Educational Psychology*,83,246-252.

(1999年9月14日受付, 1999年9月30日受理)