

類推成立における図示と教示の効果

光田 基郎

Facilitative effects of figural aids in text comprehension

Motoo MITSUDA

Multiple regression and multi-dimensional scaling techniques were used to investigate the contribution of imagery and analogy skills to metacognitive remarks obtained in text-comprehension tasks. Across age levels of subjects, both imagery and analogy use had significant unique effects on comprehension of arithmetic texts. Those results were discussed in terms of task-appropriate use of imagery schemata and analogies observed for older subjects.

キーワード：類推，散文理解，幾何学習，電算画面，分散

第1章 電算画面に提示された図形による比例類推の促進効果

1-1. 類推における写像

本報告は、筆者がこれまでに行って来た散文理解に関する文献展望(光田, 1982: 1983: 1984: 1985: 1987: 1988: 1989: 1990: 1991: 1992: 1993: 1994: 1995)と同様、散文理解における巧緻化に関する文献展望の一部である。

上記の各報告で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論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像による促進効果(光田, 1989: 1990: 1991)、散文と空間表像の理解における類推と知識利用の様相並びにその促進に関する若干の変数の効果を指摘した(1992: 1993)他、対称概念の理解における類推と空間操作能力の効果の年齢差(1994:

1995) についての文献展望を試みた。これらの諸報告に引き続き、本報告では散文の読者の類推能力と教授・学習活動とが比例関係の類推とその理解に及ぼす効果について文献展望を試みることを目的としたものである。

昨年(光田, 1995)に引き続き、本章の第1節と第2節では類推の下位技能とその発達的变化に関する展望を試み、写像過程の発達とその研究法に関する問題提起を試みる事がその目的となる。

類推の下位過程としては、楠見と松原(1992)は「医者对患者に対する関係は教師のxに対する関係である」という類推課題を例として、医者对患者に対する関係は推論され、医者の教師に対する関係は写像され、さらに上記の推論の結果は教師とXとの関係に適用されるとの指摘を試みた。この様に既知の基礎領域と未知の目的領域との間に類推関係が成立する条件として、HolyoakとThagard(1995)は基礎-目的領域間の類似性、これらの2領域の構造的性及び、これらの2領域間に類推を適用する目的のそれぞれから生じ得る制約を想定している。ここでは類推の下位領域として選択、写像、評価及び学習の4段階が区別され、その最初の段階では既知と未知の2領域の構造的な理解と、これらの領域間の対応性が選択的に想起される過程の意義が強調されている。一例として「ロミオとジュリエット」と「ウエストサイド物語」との間に筋立ての類似性が理解される過程が挙げられた。その意図は特定の構造的な類似性が選択的に想起されて両者が対応付けられ、さらにその類似性の理解が可能となる過程の強調である。同様にWharton, Holyoak, Downing, WickensとMelz(1994)はイソップ物語を題材としてその筋立てと登場人物とが熟知性を欠いたもの書き改め、そこで得られた2つの物語文の登場人物とそれらの相互作用が表層的な類似性を示すか否かの2条件及び、物語文の結論または教訓が同一か否かという構造的な類似性を变化させた計4条件について未知の物語への写像を求めた。その結果、大学生の被験者でも上記の表層的な類似性に従った写像が顕著に示される傾向を指摘した。以上の結果については上記のHolyoakなどによって類似性による想起への方向付けとの対応が試みられている。この様な類似性と対応付けの強調を試みる立場は、物語文の理解と想起を扱った先行研究で意味的な類似性を示す過去の読論文からの手掛かり効果が示された結果(例えばSeifert, Mckoon, AbelsonとRatcliff, 1986)との関連も想定し得よう。その反面、これらの類似性を手掛かりとした選択的想起の研究のいずれもが物語文を構成するエピソード相互間の時間的、空間的または因果的な関連性の理解の過程とその効率とその発達的变化能力には論及せず、類推の適用における論理的な制約(例えばStenning Oberlander, 1995)への配慮にける点を批判し得よう。この点は次節以下での課題として残された。

HolyoakとThagardによる写像観の基調として、基礎領域と目標領域との類似性の形成を意図した方向付け機能を指摘し得よう。その代表例としてはHolyoakとMitchell(1988)によって開発された類推ソフト(Copycat)が挙げられよう。ここでは上記の類似性でなくA:B:C:Dという抽象的な関係性の理解によって写像関係の成立する過程が問題にされ、具体例としてはabcのabdに対する関係はkjiのkjd, ljiまたはkjjのいずれに対する関係かの判断を求める課題が用いられた。ここで扱われる基礎領域の特徴はabcと言う上昇系列と、その最後の要素に引き続く項目であるdに置き換えられた文字系列との関係が上記のA:Bに対応する過程が推論される。しかしながら、次にどの様な写像関係の適用がなされるかによって上記の選択は異なる可能性がHolyoakなどによって指摘される。たとえば上記のC

に対応する kji も上昇系列をなすという構造的な理解が成立した後に、この文字系列の最後の項目を d に置き換えると言う単純な操作が写像された際には kjd が上記の D に代入され得る。さらに上昇系列の最後の要素を次に来るべき項目で置き換える際には lji が代入される。この様に、基礎-目的領域間の同型性に関する判断の際はそこで生成される目的領域の様相を変化させるゆえに、上記の類推課題でも想定した正解は得られない。以上の指摘を通じて Holyoak などは写像の規定要因として上記の 2 領域間の類似性と構造的と同様に写像の目的の効果を重視したほか、この様な写像が困難な領域として速度などに代表される二つの数値の協応、十進法に従った演算が適用不能の比率の問題とその転移を指摘している。以上に関しては、数学と物理学の領域間での写像の困難さを指摘した Bassok と Holyoak (1988) の指摘が引用された反面、これを引き継いだ実験的研究は展開されていない。この点は本章第 3 節以下で比例類推の年齢差を扱う際の検討課題となる。

上記の写像段階の出力に際しては基礎-目的領域間の際が問題となる。この差異を手がかりとした写像過程の妥当性に間する評価が Holyoak などによる類推観の第 3 段階となる。ここでは自動車と自動二輪車との差異と、自動車とグレープフルーツとの差異を例として、この様に類似の対象間の差異は非類似の対象の場合よりも検索が容易であること、さらに上記の例を用いて類似の対象の写像が行われた場合はそこで写像された二輪と四輪の差異が明白に示される傾向が指摘されたほか、目標領域に関する推論の誤りの原因として上の様な形で写像され得ない 2 領域間の差異を挙げている。Holyoak の類推観では、この様な形で写像が可能となった段階で基礎-目的領域の双方の知識を用いた類推の適用の妥当性に関する評価が必要視される。その一例として Carbonell (1988) の誘導類推または課題解決に際して過去経験を新たな問題状況に転移させる試みを挙げている。この報告で述べられた誘導類推の基本は過去の問題解決状況から適切な事項の想起と再構成を行い、さらに知識または新たなシナリオとして転移させる過程にある。具体的な類推過程は、基礎領域と目的領域の双方に属する 2 つの問題を分析してそこに同一の達成目標とそれに到達する推論ステップを認め、さらにこれらの問題が意味のある局面を共有するものと理解する事に始まる。次いで過去の問題解決行動で用いた推論の中で本質的に意味のある局面が再生され、現在の新しい状況に転移させられる。そこでは過去の問題の再考と新たな課題に適用可能なシナリオの保存と修正が試みられる。その具体例としてはプロログ言語で作成したプログラムをリスプ言語に移植する課題では、1 ステップずつ移植を試みるよりも問題全体の仕様を段階的に詳細化して、その仕様に必要な決定とそのための推論ステップについて上記の 2 言語での表記に類似性が見られるか否かを検索し、さらにこれを新たな領域であるリスプ言語に写像する過程が挙げられている。この過程では過去の処理操作が新たな課題状況でも適切であるかを知るために両者の差異に注目することと、現在の課題達成プランの部分的な修正を重ねるための決定とが必要とされる。この様な類推観の下では、一般的な課題解決プランの想起とその典型例の蓄積を基本とした一連の判断から新たな学習についての情報が得られる可能性をも指摘し得よう。以上より Carbonell の類推観は過去の特定の経験事例からの推論を強調する点で Schank (1980) による再構成記憶に近い上、ここでは誘導と推論トレースが同一視された結果、推論の各ステップの依存関係の正確な理解とその妥当性の点検、並びにこれらを新たな課題に適用して実現する過程に対する自己制御と自己評価の様相に間する詳細な検討がなされていない点をも指摘し得よう。

Holyoak と Thagard による文献展望では上記の評価の困難さを認めた一方、基礎-目標領域間に写像関係が成立した際にはこれらの間に高次の抽象的な関係性と構造的性が認められるほか、これらを用いた課題解決のスキーマが学習される可能性が指摘される。これらのスキーマでは意味ネットワークの形で保持と検索が行われ、新たな課題に転移する過程が想定された。そのスキーマの巧緻化と転移への促進効果をもたらすものとしては、これらの高次の関係性を図示したダイアグラムが挙げられている。この様なダイアグラムの機能としては、基礎-目標領域間に共通に見られる構造的性への焦点付けが挙げられた。さらにこの様なダイアグラムとその構造的性に関する説明文は基礎領域または目標領域に属する事例が1点だけ与えられた際にはその効果を示し得ず、複数の事例相互間に写像関係が成立した段階で上記の促進効果を示し得る可能性が強調された。上記のダイアグラムによる促進効果は、既に筆者（光田, 1994）が実験と文献展望とを試み、その実験結果からダイアグラムは単独では上記の促進効果を示し得ない結果を強調している。本章第3節以下ではこの点を検討し、知識の基礎として準抽象的な水準のスキーマを想定し、それらが具体的な形で活性化される際に上記のダイアグラムまたは空間表象から得られた促進効果とその年齢差とを指摘することが課題となる。本節の結論としては、基礎領域と目標領域の双方が直接に対応させられるべきことと、両者間の類似性、共通の構造的性と類推の目的に配慮した写像の活動の重要性（Holyoak と Thagard, 1995, p. 207）の指摘のみでなく、その制御の困難さに対処し得る教授活動の意義を強調し得よう。次節では、この様な写像に際しては基礎領域の事例が適切に想起される過程のみではなく、いかに焦点付けられ、コンパイルされて構成されるかについて検討する事が課題となる。

1-2. 比例類推における写像とその発達

本節は $A : B : C : D$ という比例関係を用いた類推の成立過程に関する Piaget の類推観（例えば Piaget など, 1977）に従った発達的研究に関して述べた後、その展開に関する展望を試みる事が課題となる。

Piaget の類推観では前操作期の終わりまでは類推成立に必要な関係性の理解は認められていない。例えば図形の選択課題を用いて上記の類推テストを行う目的で「鳥の羽毛に関する関係は犬の掃除機、毛または自動車のいずれに対する関係か」という質問を与えた場合、5-6歳児は単に項目からの連想を行うのみであって基礎領域と目的領域内のいずれの項目の間にも関係性を認めないことが強調され、この段階の終わりに至って初めて何らかの関係性に注目する傾向が指摘される。次の具体的操作の段階はこれらの項目相互間の関連性によって特徴付けられている。例えば6歳9カ月の被験者では上記の類推課題の達成は可能であるが、その解決は試行錯誤と上記の誤った選択肢への注目が伴う傾向が強調される。これらの原因としては年少の被験者による類推成立の過程で示された項目の継時的処理が強調される。これらの具体操作の終末期の特徴としては、項目相互間の類似性や関係性による関連付けが定着し、その結果として基礎または目標領域内の項目間に安定した関係性が示されるほか、さらにこれらの基礎領域 ($A : B$) と目標領域 ($C : D$) のそれぞれについて示された関係性についても同型性が認められる傾向が挙げられる。形式操作の段階では、基礎領域の要素間の類似性のモデル化とこれを用いた推論が可能となり、さらにその結果が目標領域に写像される可能性についての評価が可能となる結果として、上記の課題で示された様な類推と

は無関係の選択肢の排除が可能と考えられた。

この様な類推観のその後の展開については Goswami (1993) が下記の視点から展望を試みている。第1の視点は対象相互間の関係性そのものに注目し、その類似の関係性を手掛かりとした推論は形式操作期から始まる可能性の指摘である。例えば Gallagher と Wright (1979) の実験については、彼らが類推の構造または形式と類推の内容または推論される関係性の区別を強調した点が評価されている。この実験では「絵の額縁に対する関係は庭のプランコ、子ども、樹木と塀のいずれに対する関係か」という例に示された具体的な関係性と、「食物の身体に対する関係は雨の水、台風、コートまたは土地のいずれに対する関係か」という例に示される抽象的な関係性を理解する課題達成の年齢差の比較がされている。上記の具体的な関係性の理解を求めた課題に対して年少の被験者は要素間の類似性よりも連想関係を手掛かりとして反応を生成し、10-12歳以上の年長の被験者でのみ上記の抽象的な関係性に従った類推が可能との指摘が試みられた。この指摘を引用する過程で Goswami は、類推関係の正解が要素間の連想関係とはならない課題の必要性を指摘する。さらに Levinson と Garpenter (1974) は項目間の連想関係を最小限にする目的で、連想反応としての出現率が連想基準表で8%以下の2項目を類推におけるCとDの項目として条件下で「鳥の空に対する関係は魚の何に關係か」と言う類推課題と、類似類推課題として「鳥は空を飛び、魚はどこ(水中)を泳ぐか」と言う課題を与えた。この様な形で項目間の関係性に関する手掛かりを与えた場合には、9歳児のみが上記の疑似類推課題の達成成績が類推課題の成績に対する優位を示したが、12歳と15歳の被験者では課題間に差異が得られない。この様な形で項目間の関連性についての知識の形成とその手続き化とを強調する試みについては Lunzer (1985) による批判が試みられている。ここでは類推におけるAとBの要素間の関係が理解され、さらにC:Dの関係に適用される過程ではその関係性の方向が重視される可能性が指摘されている。これらに対処する目的で、「革の柔らかい、靴、または被覆に対する関係は堅い、粘土または家の煉瓦に対する関係である」という類推課題を与え、煉瓦が家の材料という関係を指摘し得てもその方向が基礎領域とは違うために上の例では「粘土」のみが正解となるべきと考えて出題を試みた。結果からは9歳児では3/4の正答基準に到達し得ないほか、この様な方向性を考えない形の類推課題では9歳児では18%、11歳では80%以上の正答率を指摘し得た。以上より形式操作期における類推の発達を指摘し得る反面、知識の合成とコンパイル並びにその手続き化についてはより詳細な検討とモデル化の必要性を指摘し得よう。

Goswami の2番目の視点は比例関係に関する推論と類推とを対応させ、そのいずれもが形式操作期に示される技能と考える立場である。上記の例に示される様な言語的な類推と数量的な比例関係の等価性を想定し、比例関係の類推も形式操作以後の段階で可能となるとの指摘も一般化している。例えば上記の Levinson と Carpenter は比率の理解は類推の成績と関係するとの指摘を試みた他、Lunzer (1965) は「革の靴に対する関係は羊毛のカーデガンに対する関係である」という類推課題と $3:4=15:20$ という比例関係との等価性を指摘している。その反面、Lunzer の実験では $3:1$, $9:7$, $10:8$ という系列を用いて各要素の前半が後半の数値よりも2だけ加算された特徴を理解させ、 $4:?$ という形で数量的な類推を求めた結果では11歳以下では6%、11歳12歳の被験者で44%の正答率を指摘し、形式操作期においては言語と数量の双方に関した類推能力が向上する傾向を強調する。比例とその判断に関する上記の諸報告のいずれもが Inhelder と Piaget (1958) に従って類推が比例をも含むとい

う発想の下で展開された一方で、上記の論理判断とは無関係の視覚的手掛かりを用いた比例関係の類推は4歳児でも可能という結果が Goswami と Brown (1989) によって指摘された。ここでは黄色に塗った図形の照合を求めたゲームを行うとの教示の下で、上記の A : B : : C : D に対応する図形として下記の様になら半円 : 長方形の半分 : : 円の 1/4 : 長方形の 1/4 という類推が求められた。ここでは上記の D の項目に対応する図形の選択を求める目的で、形は正しい比率が違った図形 (長方形の 3/4 を黄色に塗る)、形は違うが比率は正しい (正方形の 1/4 を黄色に塗る)、上記の B に対応する長方形の半分を黄色に塗った図形及び C の項目と同じく円の 1/4 を黄色に塗った図形と、上記の D の項目に正しく対応する図形の 5 枚を提示した結果、4 歳児、5 歳児と 6 歳児のそれぞれが 56%、79%と 87%の正答率を示した。以上の結果から Goswami (1993) は類推の基底となる比例関係が知覚の水準で理解されたならば類推も可能となる傾向を強調する。青と白の 2 色に塗り分けられた絵と立体とを用いて同様の実験を行った Spinillo と Bryant (1991) の報告でも、年少児が各図形の青色に塗られた部分の比率 (3/8 または 5/8) に関してその類似性の判断を試みる可能性が指摘されている。以上の結果からは年少の被験者でも比例関係に基付いた類似性判断と類推とが可能であり、Goswami (1993, p. 48) の指摘と対応して、類推の技能は形式操作の段階で初めて使用可能となるのではない事が明らかにされた。これらの類推技能が効率的に機能し、現実の学習課題の達成に際して最大の寄与を示す条件を明らかにすることが以下での課題となった。

1-3. 最近の写像観における図形の効果

本節では最近のコネクショニズムの認知観における類推の位置付けの変遷に注目し、その写像観について述べる事がその課題となる。甘利 (1989) は、知識機能を人工的に実現する方法の展望において直列と並列的な処理の区別を行っている。前者はこれまで通りに電算機の基盤をなした論理とアルゴリズムに準拠した記号操作を、後者は脳や神経系をモデル化して多数に神経細胞の複雑な結合とその重み付けとを想定し、その結合体の相互作用の形で展開される並列的な情報処理機能を考える立場である。後者の課題について守 (1995) は人間の情報処理と認知を記号処理としてではなく、これらの神経細胞の機能体の結合の様相の変化として記述する事を指摘している。この様なコネクショニズムの認知観を人間の認知モデルに適用した結果の集合体として Rumelhart と McClelland (1986) による並列分散または PDP (Parallel Distribution Processing) モデルの意義を指摘する。このモデルの特徴として守は脳の情報処理機能との類似を強調し、情報の一部分かうその全体像の把握を可能にするほか、類似性を手がかりにして少数事例からの一般化が可能となるほか、情報が多くのユニットに分散され、情報処理ユニットの一部の機能不全に耐えて情報処理を行うこと、自ら学習する機能を備えているゆえに、手書き文字や音声の識別またはその読み取りが可能となる点を挙げている。このモデルの適用例として、上記の Rumelhart などによる英語の動詞の過去系の学習が挙げられる反面、このモデルが準拠する脳の機能についても不明の点も多いことを考えた際には、Anderson (1983) による課題解決過程のモデルに代表される従来の記号処理モデルと PDP モデルの共存の必要性を指摘し得よう。守による展望の結論では、思考や課題解決などに意識的に操作可能で認知的な透過性の高い領域では前者が (Baddeley, 1990) ドミナントになる一方で、意識的な操作とは無関係で上記の透過性の低い知覚や音声の知覚と識別などでは後者が用いられる傾向が強調された。この様なコネクショニズムの視

点をも取り入れた類推観について展望を試み、類推の下位技能とその相互作用に関して従来とは異なった視点を可能にした最近の研究の特徴の指摘が本節の残された課題となる。

最初に、上記の知覚と思考の双方に共通する並列的な処理が求められる領域として類推を挙げた例としては、前節でその基本を述べた copycat モデルの展開が挙げられよう。Hofstadter と Mitchell (1994) は視知覚と思考のいずれもが個々の網膜像や観念の集合ではなく、これらの要素間の関係性の理解とその体制化とが必要であるゆえに、上記の並列的な処理を用いた類推によってこの両者の機能を説明し得るとの視点から類推課題を用いた直列と並列型処理の折衷を試みた。ここでは長期記憶に対応する概念体系、知覚に対応する作業空間及び反応の準備と評価の空間とが区別される。長期記憶系における上記の文字系列の処理として、このモデルはアルファベットによる順序性や概念的な構造などの規則性や構構性に従った知識の想起を挙げる。同様に作業記憶における処理として長期記憶からの出力に従った情報の知覚的特性や概念的な構構性についての照合を想定したほか、前節で述べた文字系列の例ではその知覚的または概念的な特性の記述の試みが強調されている。作業記憶においてこの様に構構性と規則性への焦点付けがなされる過程では、情報の記述、走査、統合と系列化に対する制御と評価の機能が不可欠となる。特に類推における写像の様相としては、最初に長期記憶系から多様な構構性が出力され、これらの選択と具体的な文字系列との照合が並列的に進行すること、この際には長期記憶での重み付け機能によって写像に必要な構構性のみが選択的に探索され、写像可能な構構性が確認するほか、この段階までに上記の構構性に従ったトップダウン的な処理が上記の並列的処理に変わる傾向が強調され、モデルの頑健性も報告されている。Kokinov (1994) は、このモデルが類推における基礎領域と目標領域に対応する概念とその事例とが状況によって類似性を示し得るダイナミックな処理を評価する一方、これらが処理の文脈に依存したものでない点を批判し、記号処理とコネクショニズムとの折衷として、連合による長期記憶からの想起の機能を強調した下記の推論モデルを提唱する。

Kokinov のモデルは、類推をも含めた推論の目的と課題の文脈に従って概念事例から多くの関連次元が想起されることと、それらの評価基準として事例の各々を課題の目標に関連付け得る因果的な連鎖関係が挙げられている。この様な発想の基本は Thagard など (1990) による推論の評価と制御への制約に関する指摘に求められよう。ここでは基礎領域と目標領域の同型性を考えた構構的制約、要素間の意味的な類似性に注目した意味的制約と並んで実用的制約が挙げられたが、Kokinov のモデルは実用的制約の具体化を示すものである。

ここでは推論の方向付けとその文脈に従って多くの経路と選択肢が長期記憶系から想起され、その個々の要素間の連合の各々に対して一時的な焦点付けと上記の文脈的な関連性の検索と修正が試みられる。この様に意味的な連合に関する系列が活性化された一例として、ニュートンがリングが落ちるのを見て重力という発想の手がかりを得た例 (p. 258) が挙げられている。類推課題の解決の過程では知識の要素間の連鎖関係についての想起と修正とが行われるほか、写像についても従来のモデルにおける様な基礎-目標間の対応に終始した過程ではなく、複数の文脈からの入力とその構構性への焦点付けが平行して行われる過程とその反復というダイナミックな操作が想定されている。この様に記号処理の視点からは情報の符号化と操作とが強調され、コネクショニズムの視点からは情報の想起と連合による処理の促進が指摘されている。例えば類推の転移と評価に関しても上記の連鎖の一貫性、応用可能性と

因果関係についての点検の過程が想起されているが、これらの全てについてはつねに長期記憶系へのアクセスを伴う並列的な進行が強調されている。Kokinov のモデルは長期記憶系において記号処理による新たな情報ネットワークの構成を強調する一方、コネクショニズムという発想で知識を構成するネットワークの効率的な運用を考えた点にその特徴を指摘し得よう。この点は類推過程の継時的な進行を想定した従来のモデル(例えば Holyoak & Thagard, 1989)に見られない特徴として評価し得よう。

上記のコネクショニズムと記号処理が類推の研究で果たし得る機能の長短を指摘し、その折衷を指摘した例として Eskridge (1994) のモデルが挙げられよう。このモデルは類推過程を構成する既知領域の想起、現在の課題への写像と転移並びに適用という段階の独立とこれらの段階を個別にモデル化する手続きが妥当性を欠くとの指摘を試み、その論拠としてはこれらの個別化は容易ではあるが、このモデルの下ではどのような処理操作が特定の段階を特徴付けるかが不明瞭であることと、他の段階で行われるべき操作を別の段階のモデルに組み込む危険を強調し、その一例として上記の copycat の文字系列の符号化を挙げて、過去経験からの想起と推論によって写像されるべき情報の必要かつ十分な条件が明らかになる可能性を強調している。ここではコネクショニズムのモデルによる処理の利点を生かしたネットワーク内での情報の結合と分節機能並びに部分的な情報からの一般化などの効率的な処理が可能となり、記号処理モデルでは対応し得ない様な不明瞭な情報も表象され得るほか、記号処理モデルの利点を生かした複雑な情報の表象の形成も可能と考えられた。

以上のモデル化の試みは、コネクショニズムの発想に立った意味的なネットワークを中核としてこれを用いた情報検索と写像並びに転移または応用を想定する。これらが類推過程の各段階の相互作用を指摘した点は評価し得る反面、写像成立の基底となる構造または統語的制約、意味的制約と実用的な制約のそれぞれの機能と活性化の様相は具体的に示されていない点を指摘し得よう。これらの意味的な類似性またはその制約は文脈と特定の概念の活性化に依存する (Holyoak と Barden, 1994) 過程についての研究が本邦に少ない上に、コネクショニズムに関する研究が少ない (山, 1995, pp. 68) 現状をも考えた際には、これらの手法の評価と類推への適用に際してはさらに慎重な検討が必要となる。

その一例として、以下ではコネクショニズムの体系の操作と図式的な表象の操作との類似について述べ、これらが類推に与える効果の検討を試みる事が本節の残された課題となる。Stenning と Oberlander (1994) は和集合、差集合と部分集合のモデル化の方法として円による図示を用いたオイラー円とその論理演算の習熟とその転移に論及し、この様な図式的表象とコネクショニズムの体系とが一般的な演算機能を共有する可能性を指摘した。ここでは図式的な表象と記号的な表象との違いとして前者がその抽象性を制約されるほか、その透明性ゆえに処理の手続きは具体的で出力も特定し得る傾向が指摘される。さらにコネクショニズムによる処理機能も表象の結合と情報を構成する個々の要素間の関係性の決定を行うゆえに両者は情報の凝集性を向上させ得るとの指摘が試みられる。この様にオイラー円を用いた集合関係の図示を試み、さらにその類推の試みる際の条件として、モデル化の対象となる論理、円の幾何学的な制約及びこの両者の対応関係のそれぞれへの配慮が不可欠となとの指摘が試みられたほか、コネクショニズムの立場での推論の促進条件に関する問題提起をも試みている。ここでは推論の対象または内容による促進効果と要素間の結合の変化の一例として、Johnson-Laird (1983) が有限の集合が他の集合に写像される過程を理解する目的で「全ての養蜂

家は芸術家である」という表現を試みた際にはこれらの単語を A と B の文字に対応させて推論を求めた場合よりも集合とその相互間の関係の理解が促進される傾向を指摘した例を引用している他、コネクショニズムのモデルは上記の円を用いた図式的表現から変化の方向性、連続性と一貫性の理解と記銘を容易に行わせる可能性を挙げている。以上の提言は図式的表象の処理とコネクショニズムの視点での演算処理との同型性を示唆したものであり、その基調は属性の結合によって和集合や差集合などの集合の型が決定される可能性の指摘であるといえよう。しかしながら、ここではオイラー円と同型のメンタルモデルが構成された後に、そこで前提となるモデルの組み合わせによって結論が導かれる過程でどのような重み付けがなされるかが明らかにされていない点を批判し得よう。さらに上記の Kokinov や Eskridge などによるコネクショニズムと記号処理との折衷主義の場合との差異として、Newell (1981) の指摘する様な問題空間とそこでの移動を可能にするためのオペレーターの選択が度外視された点を指摘し得よう。Newell の指摘では、上記のオペレーターの集合から手段-目的関係の分析に従って適切なオペレーターが選択されること、そこでは現在の目的が明らかにされるというヒューリスティックな手続きが強調され、その後の展開は上記の折衷主義の立場で引用と考察の対象とされた。

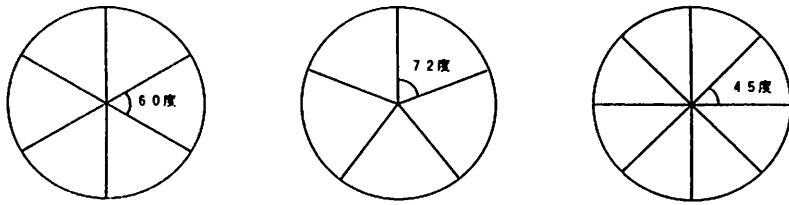
上記の Newell と Anderson による継時的な処理のモデルの限界として、Holford など (1994) は、これらの継時的処理モデルでは情報処理容量の制約に論究し得ない点を批判している。この視点から Holford などは、上記のモデルが課題解決の過程を段階的に進行する一連の操作と考えたこと、困難な課題ほど必要な操作の数とその反応時期も増加する傾向は指摘し得た点は評価する一方で、これらが処理容量の限界に対応していない点を批判し、上記の PDP モデルに準拠した並列的な処理と処理容量の限界のモデル化を試みている。このモデルの基調として、並列的に処理し得る刺激の次元または情報のチャンク数として 4 単位の上限を設定したこと、年齢発達による処理容量の増加を認めた点が挙げられよう。その類推モデルは、上記の Copycat モデルが基礎領域と目標領域の各々から構成され、顕在的な形で 2 領域間の写像が試みられたのとは対照的に、基礎領域と目標領域は述語項目を共有する点にその特徴が求められる。例えば「婦人は乳児の母である」という文と、「牡馬が子馬の母親である」という文の写像関係では共通の述語と、文脈の違いによって特徴付けられる。このような文の写像に際しては、連想やカテゴリー関係などの高次の関係性の理解が必要となる。ここでは長期記憶系からの想起の機能が問題になるほか、多くの次元を持つ文や単語の写像に際して処理容量の限界を超過した際には継時的処理の必要性も指摘されている。このような形での符号化と連合の意義を強調するならば、効率的な処理の下では情報の新たな構成が制御される可能性についても想定されている。以上の問題のいずれもが記号処理の観点からの情報の符号化についても批判的であるが、このような符号化について発達の視点で検討を試みるのが次節での課題として残された。

1-4. 数学学習における類推の発達

本節は小学校 5 年生と 6 年生を被験者として、電算画面で動く絵を用いて円の等分による正多角形の作図法と分数の理解を求めた場合に示される類推の発達の差異についての検討を試みた。ここでは二つの数の協応関係を理解する際の写像過程の年齢差が問題となる。この点に関しては最初に Duval (1995) による表象の区別と協応を指摘し得よう。ここでは幾何学

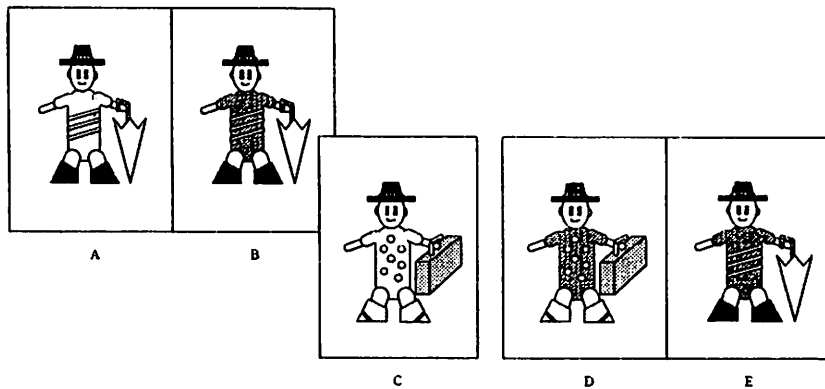
図形が意図的に分析されることなく知覚された段階の知覚的な表象, 2番目にこの様な図形の構成に必要な手続きを述べた系列的必要, 3番目としては表象に関する言語的表現, 定義と仮説並びにこれらのヒューリスティック (発見的) な処理に関連した推論的表象及び, 最後の段階として図形の拡大や回転などの操作に対応する操作的表象の区別が試みられ, これらの表象相互間の協応と重複が想定されている。さらに図形の分割や合体などを電算画面上に図示した場合には図形とその操作のモデル化並びに数学的表象の形成を強調し得るゆえに上記の系列的な表象の形成が促進される可能性が指摘された反面, 推論とその結果の写像には論究していない。静止図形相互間の類推に関しては Goldstone と Medin (1994) による基礎-目的領域間の知覚的対応と概念的対応の区別が指摘し得よう。ここではボーリングの場面から弓道の場面への写像を例として, ボーリングの球は円形の弓的でなく矢に写像される傾向を強調し, その理由として円形という視覚的屬性でなく, 目標に命中すべきという役割の共通性に従った写像が行われる可能性を指摘する。この様に場面間で役割の共通性が認められた条件下ではその対象相互間の結合が活性化されるというコネクショニズム的な類推過程が想定されている。この様な写像の生成と評価の過程はこれらの2領域間に既に存在する写像関係によって決定されるとの指摘がなされたが, そこで操作される表象については具体的な検討が行われていない。幾何学的表象の発達について Hershkowitz (1990) は, 最初の段階では三角形など図形の全体像に従った分類を強調し, 次の段階では三角形という図形の特徴と作図の手続きに基付いた定義に依存と, 三角形という図形の集合の理解と概念化の不充分さが強調されている。この様に集合とその事例という関連性を命題の水準で検討可能となるのはさらに次の段階であるとの指摘を試みている。この様な幾何学的概念の成立の手段として電算画面で動く図形を用いた場合には, 図形の一部の運動が図形全体または他の部分にどのような変化を生じるかの因果関係を明らかにし得る可能性が強調された (Mayer, 1994)。ここでは図形の運動に関する推論の手掛かりと, 運動が一般化されて出来た体系の一貫した表象が得られる可能性の指摘がなされた反面, 図形の運動からの類推の検討は行われていない。筆者の下で磯部 (1995) と工藤 (1995) はこの点の検討を試みた。これらの研究は画面に提示された図形の移動や分割などの操作の様相の理解と類推とを求めたものである。ここでは Gineste (1994) の指摘をも併せて考え, 年長の学童は命題を用いた表象の構成と操作がドミナントになる可能性を想定した。その仮説として小学5年生による幾何概念の理解と類推が課題の視覚的な様相に規定される一方, 6年生では命題的な表象の操作が類推過程に占める比重が大きく, 挿入質問による促進の可能性を想定した。手続きとしては電算画面で動く絵を用いて, 円の6等分によって得られた扇型の中心角は60度であり, それらの弧の両端を線で結んだ際には円に内接する正6角形が得られる事, 同様に円を8等分にして正8角形が得られる事実を説明した計14画面を徳島市内の小学5年生と6年生各20名に提示し, 被験者ペースでの閲読を求めた。これらの被験者の内, 各学年の半数には上記の説明文の閲読中に文の内容に関する挿入質問計3点が個別の画面に提示された。閲読後のテスト課題として, 上記の正6角形と正8角形の作図に必要な円の等分図の選択 (図1), 閲読内容から類推して正三角形と正方形とを作画する際に必要な円の等分図の選択, Sternberg と Rifkin (1978) に従った類推課題 (図2), 回転した図形の異動の判断を求めたイメージ操作テスト及び, 正三角形の弁別を求めた課題計8画面が提示された。これらのテスト質問の各々に対して各被験者はタッチパネルの操作によって正しい図形に触れて解答し, その反応の各々に対

類推成立における図示と教示の効果



もんだい3
このなかで正六角形をかくときにもちいる図をえらんでください。

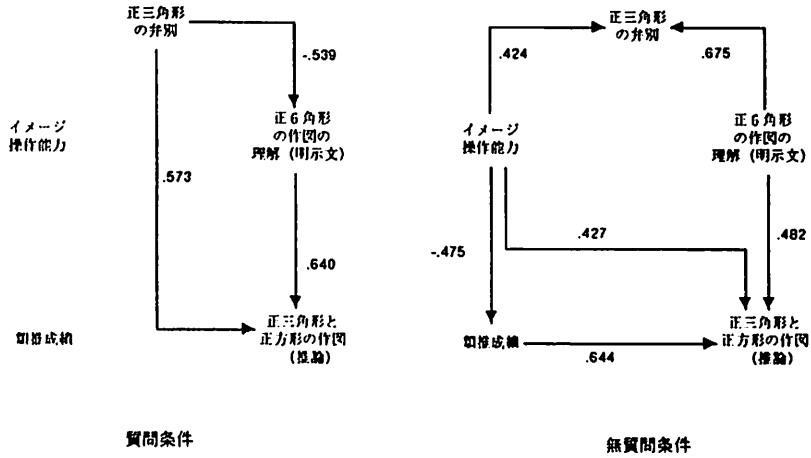
図1 正多角形の作図に関するテスト



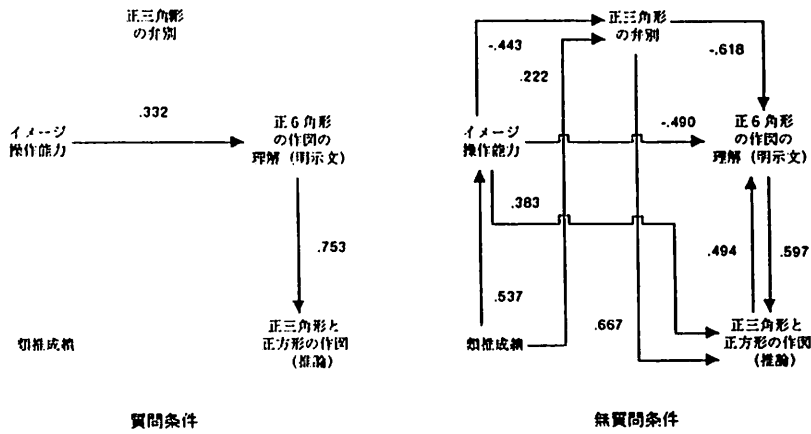
もんだい6
うえのえをよくみてください。ひだりがわのA、Bのきもの、もちもの、くつなどのかんけいとおなじように、CにたいするかんけいはD、Eのどちらですか。

図2 類推テスト

する確信の程度を3段階評定定値で入力する様求められた。得点はチャンスレベルで4点、確信度得点3点を与えた際の正反応は7点、誤反応は1点となる。結果としては(イ)2要因(被験者 x 挿入質問)分散分析の結果から、正六角形と正三角形とを作図する方法の理解のいずれも5%水準で6年生の5年生に対する優位が示された。特に正三角形では挿入質問条件で上記の結果が顕著になる傾向が5%水準で優位な2要因交互作用の形で示された。(ロ)2要因共分散分析の結果、挿入質問を与えた条件下では、6年生は正三角形の弁別と類推による作図法の理解との負相関係数値が大きい(5%水準)。以上より当初の仮説と一致した結果を指摘し得よう。(ハ)類推による三角形と正方形の作図の理解テスト得点を従属変数とした重回帰分析とパス解析を行った結果が図3である。無質問条件下では5年生のみが類推能力が有意な寄与がみられた。挿入質問条件下では5年生でもイメージ操作能力の寄与は得られない。



結果のパス解析・5年生



結果のパス解析・6年生

図3 要因間の因果関係を示すパスダイアグラム

以上の結果からは、挿入質問が与えられない5年生では目標領域への写像は命題の水準よりも視覚的な表象に依存した形で行われ可能性を想定し、さらにこの点は Novick (1992) の指摘する様に類推とその転移過程における目的領域の表象のモダリティの効果を示唆するものと考えられよう。

このような目的領域のみでなく、基礎領域をも含めてそのモダリティ効果、特にこれらの領域の表象の抽象的な構造的な論理性を理解する過程の発達的变化についての検討が本節の残された課題となる。最初に、幼稚園から中学生までの算数学習の発達過程の特徴として公式

の応用、特に複数の公式を統合的に活用して複雑な課題に対処し得るまでの発達を強調してさらにその基底には比例的な関係と分数の理解を挙げた Watson など (1995) による一連の研究が挙げられよう。これらの報告の基調としては、視覚的なスキーマが数学学習の過程で論理的な構造的な表象と具体的なイメージとを媒介する過程と、その様なスキーマの抽象性の変動とを指摘し得よう。これらの媒介作用の基本としては Johnson (1987) によるイメージスキーマが挙げられよう。ここでは三角形の概念が「3 個の辺を持つ閉じた図形である」と言う命題に対応させられる一方、これと任意の具体的な三角形から得られたイメージとを対比させ、さらにこれらを媒介するイメージスキーマの存在を想定している。この様な表象は一般性と具体性とを兼備する事、例えば三角形に関するイメージスキーマは、上記の抽象的な命題からは直接に導き出せない視覚的な情報を含む一方、特定の三角形の具体的なイメージだけに対応した表象ではない事が想定され、直観と創造性の基本となる可能性が挙げられた。しかしながら上記のイメージスキーマの発達とこれが類推や推論を促進する過程の論究は行われていない。この様にイメージスキーマを媒介として具体的なイメージと抽象的な命題との結合を企図した Johnson とは対照的に、これらのイメージと抽象的な命題の発達の変化を想定する立場としては、上記の具体的なイメージと命題との相互作用を想定した Premeg (1992) の発達観を指摘し得よう。ここではグラフを用いた課題達成の場合の様に抽象的なイメージスキーマが用いられる際には抽象化された命題の操作能力の寄与が大きく、文章題の視覚像の様な具体的なイメージスキーマの操作ならイメージを生成する能力に依存する傾向が強調されている。上記の Premeg と同様の視点で行った分数の理解に関する研究において Clements など (1989) は、3 年生以上の学童が上記の言語的表象と具体的なイメージ以外に円と三角形とを実際に 3 等分または 4 等分したエピソードの記憶と分割法の討論とが上記の等分課題の達成を促進する傾向を強調している。

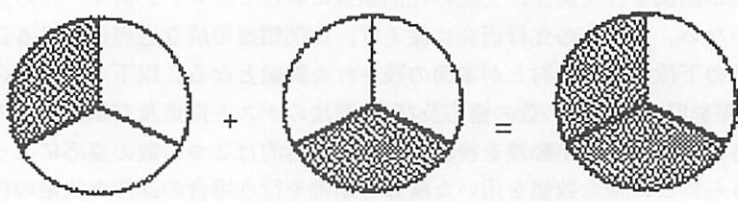
分数に関しては、これが分母と分子と言う 2 つの数の協応関係で 1 つの数を表現する他、10 進法の適用できない点が強調された (吉田, 1991) ほか、Lamon (1993) の指摘では分数の理解とは問題または問題文に示された多くの数値から分子と分母を選択してその協応関係を設定して一つの具体的な数値を得る過程であることと、その促進については問題文からどの様な数値が選択されて分子と分母との協応関係が決定されるかというメタ認知的な操作の効果が強調されている。ここでは小学校 6 年生を被験者として上記のメタ認知的な操作と教授活動の効果が強調された反面、上記の比例類推におけるイメージスキーマの効果への論究は行われていない。これらの先行研究に従えば、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検討とが本節の残された課題となる。以下では分数の下位技能として通分、天秤を用いた 2 つの数の協応及び 10 進法のテスト得点及び類推のテスト得点が分数の理解に寄与する程度の年齢差を検討した。その目的は 2 つの数の協応によって 1 つの数値を示し、さらにこの様な数値を用いた演算と類推を行う場合の操作の決定の様相についてその年齢差を指摘することである。ここでは上記の分数の技能を履修した 5 年生と 6 年生についてその巧緻化を比較する試みが下記の実験の課題となる。

その実験仮説としては、画面で点滅するカラーテープや扇型の等分図を併用して分数の説明文を閲読させた場合、年長の学童は分数とそれ以外の数の協応関係を命題の形で理解し得るゆえに、(イ) 抽象的な操作が求められる通分の課題及び、天秤の腕の長さとの重さとの関係の理解の成績のいずれに関して 6 年生 > 5 年生という結果を得る。(ロ) これらの変数

間の相関関係も6年生の5年生に対する優位を示す。(ハ) 閲読中の挿入質問による抽象的な表象への促進を指摘し得るという3点を想定した。手続きは工藤(1995)による上記の実験で用いた扇型の等分図や画面上で点滅するカラーテープを併用して分数の概念、その通分と加減算の手続き(図4)並びに、10進法が適用し得ないことの説明文を計14画面提示して、タッチパネルの操作によって被験者ペースで閲読させた。被験者は徳島市内の小学5年生と6年生各20名である。さらに各学年共に半数の被験者には図5に示す様な挿入質問が計3画面与えられた。閲読後のテスト課題としては、上記の工藤(1995)の場合と同様に、5等分された円の選択、類推、図6に示す比例類推及び、天秤の腕の長さとの重りの重さの協応関係を理解する課題計8画面が提示され、各被験者は個別にタッチパネルを操作して正しい図形に

分母のちがう分数のたしざんとひきざんはまず通分してから
 通算のなしかを分母にしておいて、あみつけると同じ分母のときどうしの分母
 $\frac{1}{2} + \frac{1}{3} = \frac{1 \times 3}{2 \times 3} + \frac{1 \times 2}{3 \times 2} = \frac{3}{6} + \frac{2}{6} = \frac{5}{6}$ となります。

図4 分数の加減算の手続きの説明文



$\frac{1}{3} + \frac{1}{3} = 2 \frac{1}{3}$ というけいさんはなぜまちがっていますか

こたえはこころの中で考えてください。

図5 挿入質問の例

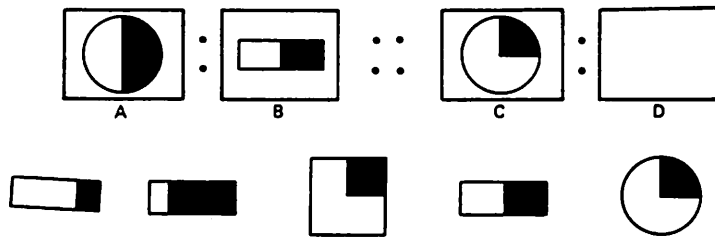


図6 比例類推課題

触れて反応するほかに、これらの反応の各々の正しさに関する確信度を3段階尺度上に入力する様求められた。得点は上記の工藤らの場合と同様にチャンスレベルで4点、確信度得点3点が付加された正反応には7点、誤反応には1点が与えられた。実験結果からは、(イ)2要因(被験者×挿入質問)分散分析の結果、通分課題($F(1, 36)=17.121, p<.01$)、天秤($F(1, 36)=8.382, p<.01$)のそれぞれについて6年生の5年生に対する優位が示された。(ロ)次に共分散分析の結果からは通分と天秤の課題の成績の相関係数値($F(1, 35)=3.842, p<.05$)、同様に比例類推と天秤の相関($F(1, 35)=7.106, p<.01$)類推と天秤($F(1, 35)=10.108, p<.01$)、等分と天秤($F(1, 35)=7.886, p<.01$)及び、等分と通分($F(1, 35)=7.121, p<.01$)のいずれの相関についても6年生で正の相関係数値、5年生で負または0に近い相関係数値を示した。これらの結果からは、上記の仮説と一致して6年生は抽象的な表象の操作に依存し、5年生は具体的な表象またはイメージに依存する可能性を想定し得よう。このほか、等分と通分の成績の相関係数値のみが5年生で正の相関、6年生で負の相関係数値を示した($F(1, 35)=20.617, p<0.1$)が、この結果は5年生における抽象的な表象の操作技能の習熟の差を示すものといえよう。(ハ)年齢と挿入質問条件別に要因間の因果関係を求めてパス解析を試みた結果、6年生の無質問条件下でのみ等分の理解が通分の説明変数となる($\beta=.590$)ほか、6年生の質問条件下でのみ等分の理解が比例類推の説明変数となる($\beta=.398$)。さらに6年生でのみ類推の成績が比例類推の説明変数となる(無質問条件： $\beta=.420$)。このほか、質問が与えられた条件下では、5年生、6年生共に天秤の課題で示された2つの数の協応の理解が類推の成績に関する説明変数(5年生： $\beta=-.559$; 6年生： $\beta=.446$)となったが、相関関係は逆の関係が示唆されよう。以上の結果からは、最初の仮説(ハ)で述べた様に6年生では具体的な表象から抽象的な関係性を導いて命題の水準で操作する可能性がドミナントに、5年生ではこれらの表象が統合されていない状態を示唆するものといえよう。

分数の理解の基本としては、Piaget, Inhelder と Szeminska (1957)が一つの円または他の図形に対して分割の操作を行った回数と分割されて出来た部分の数との間の関係の一定不変を挙げ、さらにこの様な分割の操作に関する予測のスキーマが定着することの必要性を指摘して以来、これらの分割の反復とそこで得られる再帰的構造的な理解への必要性が強調された。これらは分数の理解における類推の意義を示唆するものと言えよう。しかしながら、分数の理解において類推とその活性化におけるスキーマの機能を強調する際には、分数の理解が知識の体系のみでなく直観的な知識が活性化され、命題以外の表象であるイメージを用いて上記の分割、対応付けと演算などの操作が自由に行われる可能性にも大きく依存すること、この際には言語がこれらの行為の比喩として位置付けられる現状(例えば Kieren, 1994)をも併せて考える必要性をも指摘し得よう。以上より、次章では類推の目的に従って準抽象的

なスキーマが活性化される条件を検討する必要性をも指摘し得よう。

Chap. 2 説明文の理解における図示と先行オルグの効果

2-1. 散文理解におけるイメージスキーマの機能について

閲読文の内容の図式化と先行オルグとが個別に閲読内容の理解と類推の促進効果を示す傾向を指摘した昨年の展望（光田，1995）に引き続き，本章の課題はこれらの要因の相互作用について述べ，閲読内容の図示による理解への促進効果は知識スキーマの活性化を行うのみであって，図示が単独では内容に関する推論と写像とを促進し得ない可能性を指摘することである。昨年の展望では，先行オルグが閲読の目的とその具体的な構造を指示する場合には文の登場人物相互間の類似性評定に関する明確な刺激布置が得られ，その反応時間に関しても同一クラスターに属する対象のペアでは反応時間の減少を，クラスターを異にする対象のペアでは反応時間の増加を指摘した。さらに閲読文の内容に関する推理再認の成績と一般的な類推課題の相関係数値も高くなる傾向を指摘した。この3点は筆者の助言下での橋本（1995）による追試でも確認されている。このほか閲読内容に関する図示の効果としては，図示が単独で上記の刺激布置を適正化し得ない傾向をも指摘した。

散文理解における上記の図示と先行オルグの効果に関しては，その相互作用が明らかにされていない。この点について実験的に検討することが本章での残された課題となる。

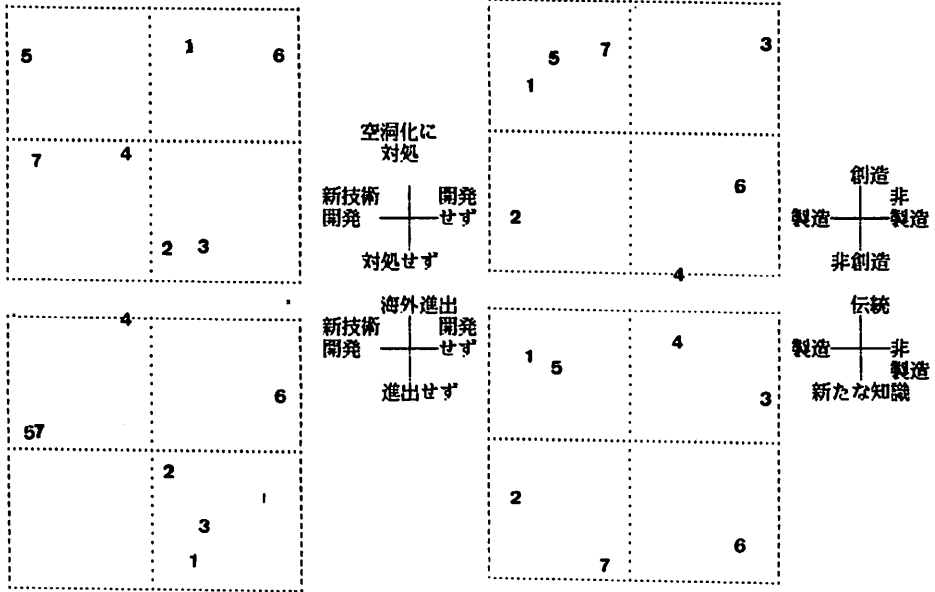
方法としては，材料は「週間エコノミスト」誌95.5.23より，「中小企業の独自性がその生存の条件である。円高の下では，洋食器業者は商社の系列の下での量産と輸出は不能となる。ステンレスの技術を生かしてカーブミラーとゴルフ用品に活路を求める。古い体質の雑貨業者はファッションという付加価値を付けねば倒産する。よそ者を排除する商店街も同様に衰退する。湾岸戦争の折りに，徳島の製紙業者は手慣れた技術を生かして防塵用のフィルターを開発し，その成果を独占する。紙製品は分解しても製法が分からないから海外でのコピー商品は作れない。国内の部品業者の加工技術の蓄積と思考は大手の技術を支える。量産の前には試作品と多様な試作部品を用いた手作業が欠かさないせいである。家電産業など製法のノウハウの知られた成熟産業は海外での低賃金に依存する。家電に限らずホワイトカラーは材料加工の基礎技術よりも組織の運用と管理の能力が問われる。現在では中小企業に蓄積された材料加工技術が産業空洞化に耐えて高く買われる」という44文を選択して，1文ずつ画面に提示して被験者ペースで閲読させた。閲読に先だてて提示する先行オルグは，「この文は，中小企業が独自の技術を持って自立すべきと述べた」（具体的な先行オルグ）と，この文は中小企業について述べた」（抽象的先行オルグ）の2条件である。さらにこれらの2条件のいずれについても，半数の被験者には閲読文と同一の画面で従来の中小企業の系列化を示す樹状図及び，技術を持つ中小企業と複数の大手との提携関係を示す図が計2画面提示された。被験者は徳島大学総合科学部3年生と2年生計42名である。上記の先行オルグの条件と図示の有無の要因を交絡した計4条件のいずれかに上記の被験者をほぼ等数ずつ割り当てた。彼等は個別に実験に参加して，上記の文を閲読し，閲読後には文中に下線で表示した登場人物相互間の類似度を5段階を行うほか，その評定の各々について確信度の5段階評定を行ってそれらの評定値をキー入力する様に教示が与えられた。それ以外の手続きとしては，昨年の報告（光田，1995）と同様に，閲読内容に関する逐語的な再認課題，閲読内容に関する推理再認課題，閲読文とは無関係の類推課題と経済学の苦手意識の各々のテストとその反応の確信

度評定が求められた。

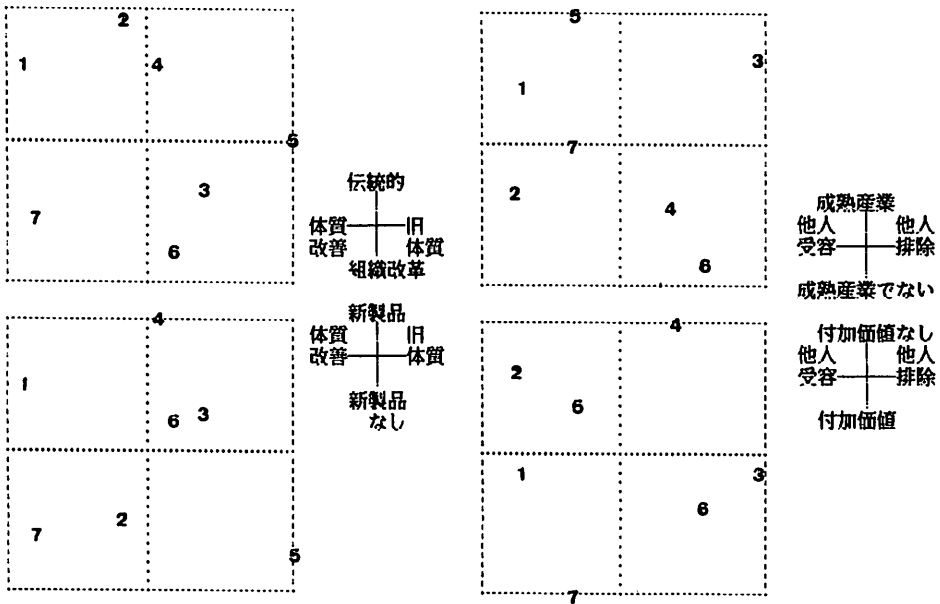
結果の概略として、最初に上記の先行オルグと内容図示の有無に関する組合せの計4条件別に、上記の閲読文で下線を付けた登場人物相互間の類似度を求めてクラスター分析を行った。さらにそのクラスター内外の反応時間を求めて $2 \times 2 \times 2$ の3の要因（先行オルグ \times 図示の有無 \times クラスター内外）ミックスデザインによる分散分析を行った結果、主効果としては、図示あり $<$ 図示なし（2.55 vs. 11.51 sec.: $F(1, 59)=187.32, p<.01$ ）、具体的先行オルグ $<$ 抽象的先行オルグ（5.65 vs. 8.14 sec.: $F(1, 59)=17.86, p<.01$ ）、クラスター内 $<$ 外（5.92 vs. 8.14 sec.: $F(1, 59)=4.23, p<.05$ ）となる。2要因交互作用に関しては図示のない条件下で先行オルグの効果（図示条件下で具体的な先行オルグ条件下では反応時間の平均値2.62 sec. vs. 抽象的な先行オルグ条件の平均値2.48 sec., 図示のない条件下での具体的な先行オルグに対応した条件下で8.67 vs. 14.34 sec.: $F(1, 59)=19.82, p<.01$ ）が得られた。以上の結果は、図示のない条件下で先行オルグの効果を顕著に示し得た。

共分散分析の結果からは、閲読内容の図示が与えられない条件下では、図示を与えた条件下よりも事実再認と類推の相関係数値が高い傾向（具体的先行オルグ条件： $r=.502$ vs. $.452$ 、抽象的な先行オルグ条件： $r=.339$ vs. $.075, F(1, 58)=7.867, p<.01$ ）が得られた。推理再認と類推の相関係数値に関しても同様の結果（具体的先行オルグ条件： $r=.738$ vs. $.407$ 、抽象的な先行オルグ条件： $r=.289$ vs. $.240, F(1, 58)=13.077, p<.01$ ）が示されたが、この結果が図示の与えられない条件下で顕著に示される傾向は先行オルグと図示の要因との交互作用（ $F(1, 58)=3.768, p<.10$ ）からも示唆されよう。さらに推理再認と逐語再認との相関係数値に関しては抽象的な先行オルグ条件下では具体的な先行オルグが与えられた条件下よりも高い相関が（図示を与えない条件下： $r=.373$ vs. $.753$ 、図示条件下： $r=.682$ vs. $.521, F(1, 58)=6.603, p<.05$ ）得られたほか、2要因の交互作用からは図示条件では以上とは逆の結果（ $F(1, 58)=5.328, P<.05$ ）が示唆された。以上の結果に関しては最初に、閲読文の内容の図示または具体的な先行オルグのいずれかが与えられない条件下では文の表象が形成される過程における類推能力の効果を指摘し得よう。次にこの様な類推能力を活性化して推理再認の促進を行うためには具体的な先行オルグによる推論の方向付けと閲読目標の明確化を想定し得よう。さらにこの点は下記の重回帰分析による検討の課題となる。

上記の先行オルグと閲読内容の図示に関する条件別に、再認と類推テスト成績及び経済学の得意意識の変数間の因果関係を求める目的で重回帰分析を反復した結果、具体的な先行オルグが与えられた条件下での推理再認成績の説明変数として類推テスト成績が有意となる（図の挿入条件： $\beta=.566$ ：図を提示しない条件： $\beta=.728$ ）。抽象的な先行オルグが与えられた条件下では図を提示した条件下でのみ同様の結果（ $\beta=.521$ ）が示されるが、図を提示しない場合には逐語再認成績のみが推理再認の有意な説明変数となる（ $\beta=.710$ ）。さらに、上記の類推成績が逐語再認成績の有意な説明変数となるのは具体的な先行オルグのみが与えられて図示は行わない場合（ $\beta=.485$ ）に限られた結果をも併せて考えた場合、空間表象を用いた閲読の手がかりまたは具体的な先行オルグを用いた閲読の目標の構造化によって類推能力の効率的な活性化が促進される可能性を想定し得よう。この点は上記の共分散分析の結果とも対応させ得よう。さらに閲読内容に図示を行わずに具体的な先行オルグのみを与えた条件下では、上記の推理再認成績と逐語再認成績のいずれもが経済学の苦手意識の説明変数となる（ $\beta=-.573$ と $\beta=.379$ ）結果をも併せて考えた際には、図示による推論の方向付けにおける知



図示あり・具体的先行オルグ 1. 洋食器 2. 雑貨 3. 商店街 4. 製紙業 5. 海外の家電 6. ホワイトカラー 7. 部品業
 図示あり・抽象的先行オルグ



図示なし・具体的先行オルグ 図示なし・抽象的先行オルグ

図7 先行オルグと図示の条件別に見た INDSICAL 分析の結果

識利用と自己制御活動の促進をも強調し得よう。

上記の類似性評定値の結果について INDSICAL 分析を行った結果が図7である。具体的な先行オルグと内容の図示の相乗効果による布置の明確化を指摘し得よう。

本実験に関する以上の結果からは、写像の範囲と推論の適用される目的領域との決定に用いられる手がかりの意義と、その提示の様相とモグリテイの効果とを強調し得よう。

2-2. 結論と要約

本報告の目的は、類推の成立過程における空間表象の促進効果を指摘することであった。以上の目的で比例類推の発達的变化の様相を指摘したほか、散文の理解における先行オルグと図式的表象との相乗効果に論究し、推論の適用される目標領域の手がかりとなる図式的効果に関する実験結果の概略を述べた。ここでは、表象のモデル化に際しては表象のイメージと準抽象的なスキーマとがモデル化されるべき関連属性を決定する傾向と、その様な抽象化の発達を指摘した。以上の結果からは、無関連の属性は推論から排除される可能性のみでなく、この様な形で抽象化された表象が読文または課題のモデルの基本を構成する傾向（例えば Holyoak と Spelman, 1993）を強調し得よう。この様なスキーマによる表象の抽象化を強調する観点の先行研究では、知識の基礎としてのスキーマに従った推論と写像の範囲の決定の意義付けのみでなく、コネクショニズムに準拠した発想ではスキーマが表象のモデルに欠けた情報を補う過程を想定し、表象のモデルの完成をと促進する機能も想定されている（例えば Stenning と Oberlander, 1991）。さらに上記の Holyoak などの提言では、この様な準抽象的なスキーマと具体的なイメージとの対応を否定して命題イメージの対比を避けたほか、命題の表象が論理的に許容される範囲で上記のモデルの基底をなす機能を強調して命題とグラフなどの空間表象との等価性すら示唆している。この様な現状における類推の研究に際しては表象の言語化と知識利用の様相との関連付けが不可欠と言えよう。以上より、類推における写像の可能性とその言語化が類推の転移とその成果の学習に及ぼす効果に関する詳細な検討が今後の課題として残された。

文 献

- 甘利俊一, 1989. 神経回路網モデルとコネクショニズム. 認知科学選書 22. 東京: 東京大学出版会.
- Anderson, J. R. 1983. *The architecture of cognition*. Harvard University Press.
- Baddeley, A. 1990. *Human memory: The theory and practice*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Bassok, M., & Holyoak, K. J. 1993. Pragmatic knowledge and conceptual structure: Determinants of transfer between quantitative domains. In D. K. Ditterman, & Sternberg, R. J. (Eds.), *Transfer on trial: Intelligence, cognition and instruction*. Norwood, NJ: Ablex. 68-98.
- Campbell, K. J., Collis, K., & Watson, J. M. 1995. Visual processing during mathematical problem solving. *Educational Studies in Mathematics*, 28, 177-194.
- Carbonell, J. G. 1986. Derivational analogy: A theory of reconstructive problem solving and expertise acquisition. In Mischalski, R. S., Carbonell, J. G. & Mitchell, T. M. (Eds.), *Machine learning: An artificial intelligence approach. vol. 2*. Los Altos, CA: Morgan Kaufman. 371-392. (電総研人工知能研究グループ訳, 類推学習: 知識獲得と学習シリーズ 第7巻 東京: 共立出版, 25-51.)
- Clements, M. A., & Del Campo, G. 1989. Linking verbal knowledge, visual images, and episodes for mathematical learning. *Focus in Learning problems in mathematics*, 11, 25-33.
- Duval, R. 1995. Geometrical pictures: kinds of representation and specific processing. In Sutherland, R., & Mason, J. (Eds.), *Exploiting mental imagery with computers in mathematics education*. Berlin:

- Springer. pp. 142-157.
- Eskridge, T. C. 1994. A hybrid model of continuous analogical reasoning. In Holyoak, K. J. & Barnden, J. A. (Eds.), *Advances in connectionist and neural computation theory*. Norwood, NJ: Ablex. chap. 4. pp. 207-246.
- Gallagher, J. M., & Wright, R. J. 1979. Piaget and the study of analogy: Structural analysis of items. In J. Magary (Ed.), *Piaget and the helping professions, vol. 8*. Los Angeles: University of Southern California. pp. 114-119.
- Gineste, M. D. 1994. Visualized analogies and memory for new information in first graders. In Schnotz, W. & Kulhavy, R. W. (Ed.), *Comprehension of Graphics*. Amsterdam: North-Holland. pp. 251-267.
- Goldstone, R. L., & Medin, D. L. 1994. Similarity, interactive activation, and mapping. An overview. In Holyoak, K. J., & Barden, J. A. (Eds.), *Advances in connectionist and neural computation theory*. vol. 2. Norwood, NJ: Ablex. pp. 321-362.
- Goswami, U. 1993. *Analogical reasoning in children*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Halford, G. S., Wilson, W. H., Gou, J., Gayler, R. W., & Stewart, J. E. M. 1994. Connectionist implications for processing capacity limitations in analogies. In Holyoak, K. J., & Barden, J. A. (Eds.), *Advances in connectionist and neural computation theory*. vol. 2. Norwood, NJ: Ablex. chap. 7. pp. 363-415.
- 橋本 英, 1995. 散文理解における先行オルグの効果について. 徳島大学総合科学部卒業論文.
- Hershkovitz, R. 1990. Psychological aspects of learning geometry. In Nesher, P., & Kilpatrick, J. (Eds.), *Mathematics and Cognition: A research synthesis by the international group for the psychology of mathematics education*. Cambridge: Cambridge University Press. pp. 70-95.
- Hofstadter, D. & Mitchell, M. 1988. Conceptual slippage and mapping: A report of the Copycat project. In *Proceeding of the tenth Annual Conference of the cognitive science society*. Hillsdale NJ: Lawrence Erlbaum Associates. 601-607.
- Hofstadter, D. & Mitchell, M. 1994. The copycat project: A model of mental fluidity and analogy-making. In Holyoak, K. & Barnden, J. A. (Eds.), *Advance in connectionist and neural computation theory*. vol. 2. Nowood, NJ: Ablex. chap. 1. pp. 31-112.
- Holyoak, K. J., & Barnden, J. A. 1994. Introduction. In Holyoak, K. J., & Barnden, J. A. (Eds.), *Advance in connectionist and neural computation theory*. vol. 2. Nowood, NJ: Ablex. 1-27.
- Holyoak, K. J., & Spellman, B. A. 1993. Thinking. *Annual Review of Psychology*, 44, 265, 325.
- Holyoak, K. J., & Thagard, P. 1989. Analogical wapping by constraint satisfaction. *Cognitive Science*, 13, 295-355.
- Holyoak, K. J., & Thagard, P. 1995. *Mental leaps: Analogy in cognitive thought*. Cambridge: MA. MIT Press.
- Inhelder, B., & Piaget, J. 1958. *The growth of logical thinking from childhood to adolescence*. New York: Basic Books.
- 磯部まり子 1995. 幾何学習の電算化に関する実験的研究(1)-教授法に関する考察-. 徳島大学総合科学部卒業研究.
- Johnson, M. 1987. *The body in the mind: The bodily basis of the meaning, imagination and reason*. Chicago: University of Chicago Press.
- Johnson Laird, P. N. 1983. *Mental models*. Cambridge: Cambridge University Press. (海保博之訳 メンタルモデル. 東京: 産業図書)
- Kokinov, B. N. 1994. A hybrid model of reasoning by analogy. In Holyoak, K. J., & Barnden, J. A. (Eds.), *Advance in connectionist and neural computation theory*. vol. 2. Nowood, NJ: Ablex. pp. 247-320.
- Kieren, T. E. 1994. Rational and fractional numbers: From quotient fields to recursive understanding. In Carpenter, T. P., Fennema, E., & Romberg, T. A. (Eds.), *Rational numbers: An integration of research*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates. pp. 49-84.
- 工藤香絵 1995. 幾何学習の電算化に関する実験的研究(1)-幾何概念の理解と類推における年齢差-. 徳島大学総合科学部卒業研究.
- 楠見 孝, 松原 仁, 1994. 認知心理学におけるアナロジー研究. 情報処理. vol. 34, 536-546.
- Lamon, S. J. 1993. Ratio and proportion: Children's cognitive and metacognitive processes. In Carpenter, P., Fennema, e & Romberg, T. A. *Rational numbers An integration of Reseach*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates. pp. 131-156.
- Levinson, P. J., & Carpenter, R. L. 1974. an analysis of analogical reasoning in children. *Child*

- Development*, 45, 857-861.
- Lunzer, E. A. 1965. Problems of formal reasoning in test situations. In P. H. Mussen (Ed.), *European Research in child development. Monographs of the Society for Research in Child Development*, vol. 30-19-46.
- Mayer, R. E. 1994. Visual aids to knowledge construction: Building mental representations from pictures and words. In Schnotz, W., & Kulhaby, R. W. (Eds.), *Comprehension of graphics*. Amsterdam: North Holland. pp. 125-138.
- 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31巻, 61-72.
- 光田基郎 1983. 散文の構造的手がかり利用能力の発達. 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 1985. 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. 285-304.
- 光田基郎 1988. 散文の理解と記銘学習におけるモニタリングについて. 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.
- 守 一雄 1995. 認知心理学. 現代心理学入門. 東京: 岩波書店.
- Newell, A. 1981. Reasoning, problem solving and decision processes: the problem space as a fundamental category. In Nickerson, R (Ed.), *Attention and performance, vol. 8*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Novick, L. R. 1992. The role of expertise in solving arithmetic and algebra word problems by analogy. In Campbell, J. L. D. (Ed.), *The nature and origin of mathematical skills*. Amsterdam: North-Holland. pp. 155-188.
- Piaget, J., Inhelder, B., & Szeminska, A. 1957. *The child's conception of geometry*. New York: Basic Books.
- Paiget, J., Montangero, J., & Billeter, J. 1977. Les correlats. In Piaget, J.(Ed.), *L'Abstraction Reflexive*. Paris: Presses Universitaires de frances.
- Premeg, N. C. 1992. Prototypes, metaphors, metonymies and imaginative rationality in highschool mathematics. *Educational Studies in Mathematics*, 23, 595-610.
- Rumelhart, D. E., McClelland, J. L., & the PDP research group. 1986. *Parallel distributed processing: Explorations in the microstructure of cognition, vol. 1: foundations*. Cambridge, MA: MIT Press. (甘利俊一監訳 PDP モデル-認知科学とニューロン回路網の探索, 産業図書 1989).
- Shank, R. C. 1980. Language and memory. *Cognitive Science*, 4, 243-284.
- Seifert, C. M., McKoon, G. Abelson, R., & Ratcliff, R. 1986. Memory connections between thematically similar episodes. *Journal of experimental Psychology: Memory, Learning and Cognition*, 12, 220-231.
- Stenning, K., & Oberlander, J. 1991. Reasoning with words, pictures and calculi: Computation and justification. In Barwise, J., Gawron, J. M., Plotkin, G., & Tutiya, S. (Eds.), *Situation theory and its application (vol. 2)*. Chicago: Chicago University Press.
- Stenning K. & Oberlander, J. 1995. Spatial inclusion and set membership: A case study of analogy at work. In Holyoak, K. J. & Barnden J. A. (Ed.), *Advance in connectionist and neural computation theory. vol. 2*. Norwood, NJ: Ablex. 446-486.
- Sternberg, R., & Rifkin, B. 1979. The development of analogical reasoning. *Journal of Experimental Child Psychology*, 19, 195-213.
- Thagard, P., Holyoak, K., Nelson, G., & Gochfeld, D. 1990. Analog retrieval by constraint satisfaction. *Artificial Intelligence*, 46, 259-310.
- Watson, J. M., Collis, K. F., & Campbell K. J. 1995. Developmental structure in the understanding of

- commpn and decimal fractions. *Focus of Learning problems in mathematics*, 17, 1-24.
- Wharton, C. M. K. K., Holyoak, P. E., Downing, T. E., Lange, T. E., Wickens, T. D. & Melz, E. R. 1994. Below the surface: Analogical similarity and retrieval competition in reminding. *Cognitive Psychology*, 26, 64-101.
- 山 祐嗣 1995. 推論. 日本児童研究所(編) 児童心理学の進歩. 東京: 金子書房. p. 68-90.
- 吉田 甫 1991. 子どもは数をどの様に理解しているか. 東京: 親曜社.