

説明文理解における図示と類推の効果

光田 基郎*

Effects of analogy use in text comprehension

Motoo MITSUDA

While the importance of analogical similarity among text passages has been well documented, it has been unclear how structural consistency of those text passages had been identified as central components of analogical mapping. The present study was directed to those issues. The results were as follows: First, for ninth-graders and college students, their analogy test remarks predicted their geometry remarks in computer aided learning, while no such causal relations were obtained for seventh-graders. Instead, younger subjects relied on their concrete imagery. Second, cumulative effects of figural illustrations and question aids are obtained for college students as they used analogies in their comprehension tasks. Third, for college students, their analogy test remarks predicted text comprehension as they were given advance organizers. The data are discussed with reference to cues for comprehension of the structural consistency.

キーワード：類推，散文理解能力，幾何学習，電算画面，年齢発達

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，1982：1983：1984：1985：1987：1988：1989：1990：1991：1992：1993：1994a）と同様，散文理解における情報処理の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記銘と理解における情報処理の方向性（光田，1982），散文の構造化理解に関する発達の変化（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その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解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，1991），散文と空間表象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

*行動科学教室

文部省科研（一般c06610118）の助成を得た。

の変数の効果を指摘した(光田, 1993)ほか, 類推と幾何概念の獲得における空間表象と作業記憶容量の効果についての文献展望を試みた(光田, 1994a)。これらの諸報告に引き続き, 本報告は散文の閲読者の類推能力と教授・学習活動とが散文の理解に与える促進効果について文献展望を試みたものである。

Chap. 1 電算画面に示された点対称図形からの類推による幾何学習及びその年齢差

1-1 類推とその発達

本章は, 最初に算数文章題の達成過程で示された類推とその下位技能の効果について述べた後, 電算画面を用いた幾何学習における類推の効果とその年齢差を指摘する事の2点を課題としたものである。本章の後半では, 三角形の一辺の中点を対称の中心とした点対称図形が平行四辺形となる過程を電算画面で図示してその三角形の面積を求める公式の意味を理解した後, そこから類推して台形の平行ではない一辺の中点を対称の中心とした点対称図形も平行四辺形となる事を理解させ, さらにその面積を求める過程で示された下位技能の効果に関する年齢差を指摘することが直接の目的となる。以上の目的で, 昨年, 一昨年の展望に引き続いて類推の成立過程に関した最近の問題点の概略を述べ, 次節以下で述べる類推の発達的变化とそのメタ認知的な制御に関する問題提起を試みる事が本節の具体的な課題となる。

類推の基本は, 「医者对患者に対する関係は, 教師の何に対する関係か」という形で4項目相互間の関係性を求める過程に求められよう。楠見と松原(1993)は上の例について, 医者对患者との関係性は推理され, 医者と教師との関係は写像され, ここで推理された医者对患者との関係性が教師と第4の未知の項目との関係に適用される過程を強調した。さらにこの過程で示された個人差については, 上記の操作の正確さ, 早さと方略のみでなく, これらを支える知識構造の差によって説明されるものと考えられた。本節では数学文章題の達成過程で示された上記の知識利用の様相について指摘することが当面の課題となる。最初に Van Lehn (1991)は類推による課題解決とその成果が新たな知識として定着する過程のモデル化を試み, 過去の事例と現在の課題との間の類推の基本を規則性の獲得に求めている。ここでは, 課題解決の熟達者と初心者との差異として, 前者は多くの規則を学ぶほか, その課題分類は課題の解決方法に従ったものとなり, 後者は表層的な類似性に従って課題を分類する傾向がそれぞれ指摘された。さらに, 類推による課題解決過程として(i)過去に課題解決を行った例の想起, (ii)当面する目標課題とこの例との間に写像関係の成立及び, (iii)当面する目標課題に対してこの例から得られた情報を適用する試みが挙げられている。上記の事例の学習と想起によって課題解決過程への制御に関する情報が得られる可能性が強調された反面で, 学習される規則性についてはその質的な特性の操作的定義が不十分であること, その結果として課題の理解と解決法の学習が促進される過程の具体的な様相が明らかにされていない点が Frasson と Kaltenbach (1994)によって批判された。Frassonなどは熟達者と初心者による類推の差異として事例から学習し得る規則の質的特性を強調している。ここでは初心者による知識獲得の特徴として, その抽象的・本質的な特徴の見落とし, 表層的な特性のみの獲得傾向以外に, 入力情報に備わった新規の特性が軽視されて既知の情報として受容される傾向が挙げられた他, 数学的公式の理解に関しても機械的学習を行う可能性が強調されている。この点について実験的な検討を試みる事が次節での課題となる。類推を用いた課題解決に際

して基礎領域（例えば「少人数に分割された軍隊が砦の四方から集中攻撃すれば、多人数が一度には砦へのルートを通過出来ない様に設定された道路上の障害物を無力化し得る」と目標領域（「ガンに対して弱い放射線を集中照射すれば周囲の細胞を殺さずに治療が出来る」）との間の写像が成立する過程で、これら2領域間の表層的な類似性が果たす機能に関してはGarnhamとOakhill（1994）による展望が行われている。ここではHolyoakとKoh（1987）による類似観は上記の2領域間の表層的な類似性と構造的な類似性（上記の「ガンの治療」を目標領域とした例では「レーザー光線による電球の内部の熔接」及び、「弱い超音波によって電球内部の切断工作」という課題文のそれぞれを基礎領域とする場合に対応）の双方の促進効果を認めた一方で、「弱い」という構造的な類似性による促進効果を強調した結果が指摘された。Holyoakによる上記の類似観は演繹的な推理を類似の基底としたものであるゆえに、推論の過程ではその必然性が問題にされる。この様な立場から表層的な類似性の効果を問題にした場合、これらの効果は「効果の波及」として生じた後に目標課題の符号化を導く可能性がGarnhamなどによって指摘されている。さらに類推の実用性を重視した上記のHolyoakとは対照的に、Gentner（1989）の様に基礎領域と目標領域の間に共通の構造性とその写像とを求める立場ではこの様な表層的な類似性への配慮が欠ける点が強調される。ここではGentnerの研究が適切な基礎領域の想起への論及を欠いた点が批判されたほか、基礎領域の既知の構造性が不適切な目標領域に写像される可能性も指摘されている。その一例として、GentnerとGentner（1983）が電流回路について説明する際に多人数が狭い回転ドアを通り抜ける場合と導水管とを用いた例が引用され、前者は電気抵抗の直列と並列接続の差異を説明する際には適切な例となり得るが電池の接続による電圧の変動を説明する際には導水管の例がより適切となる傾向が強調されている。以上より、基礎領域と目標領域との間の表層的な類似性がこれらの基礎領域の想起と目標領域への写像に与える効果に関しては未だに明確な結果が得られていない現状を指摘し得よう。電算画面で動く絵を用いてこの点の検討を試みる事が次節以下での課題となる。上記の基礎領域の検索と想起に対する視覚的または言語的表象の効果と被検者の年齢差の指摘が本節での次の問題となる。視覚的表象と言語的表象によって生じた手掛かり効果の比較に関しては、この両者が単一でしかも共通のネットワークで保持される一方、そのアクセスの方式が異なる傾向が最近の長期記憶研究において指摘されている（例えばKlimesch, 1994）。ここでは翼やクチバシなどの図示からはトリに關した個々の様相を示す意味的情報が直接にアクセスされる一方、これらの単語はトリという概念のネットワークにのみ結び付く傾向が強調される。ここでは図示された表象から意味表象への転化が暫次的に行われる一方、単語による上記のネットワークへのアクセスの場合には言語化が可能であって限られた情報のみが得られる傾向が指摘されている。以上より意味記憶は言語化された情報以外の膨大なネットワークでの保持と検索とを可能にするものと言えよう。この様な観点から幾何学習とそのテスト場面での言語表象の効果を最小限にする事を試み、電算画面で動く絵とタッチパネルとを使用して画面に直接に触れて反応する手続きを用いた場合には、類推とイメージ操作能力とが幾何学的な公式の理解に対して与える促進効果とその年齢差をも指摘し得よう。これらの問題点は下記の1-3節での課題となる。

類推の発達基底は課題の本質と類推の基礎をなす要素間の関係性とが理解される過程に求められる。その関係性で最初に理解され得るものは表層的または知覚的な類似性である。例えば、Gentner（1989）は課題解決や物語文の内容理解の方略の転移は知覚的な類似性に

依存した状態から非類似の対象相互間の関係の利用に向かう発達的な変化傾向を指摘した。Brown (1989) はこの様な知覚的な類似性による概念形成と類推とを指摘して、知覚的な類似性による経験の体制化が生じるのはそれ以外の知識または関係性などを用いた経験の体制化が不可能な事態と考えている。Meadows (1993) はこれらの指摘と、概念とその利用に関する発達的な変化が各事例の見掛けの類似性に依存した段階から概念定義へと移行するという Keil (1989) の指摘をも併せて考え、類推とその巧緻化についての発達的な変化を指摘した。この指摘の基調は上記の基底領域と目標領域に関連した概念成立またはその発達的な変化 (Vosniadou と Ortony, 1989) 並びに類推過程のメタ認知的な自己制御または推論に対する意識的な自己評価に関する発達的な変化 (Goswami, 1991) に求めているほか、この両者の相互作用を強調している。Meadows の類推観では Johnson-Laird (1989) に準拠した形で上記の構造的な理解とその写像が批判され、エピソードと意味の理解とを類推の基底として重視した指摘が試みられた他、言語の学習と概念の獲得という文脈からは子供自身が生成した類推と新たな概念を獲得させるための類推の教授・学習とが強調されている。この様な視点では意図的な写像が困難な事態でも類推は可能と考えられ、その一例として Meadows は Goswami と Brown (1990) の実験を引用した形で、3-4歳児が「水で溶く」という因果関係を理解する場合には「洗剤の石鹼水に対する関係はインスタントコーヒーのコーヒーカップの中味に対する関係と同一である」という類推を行う可能性を強調している。この様な観点からは課題の本質と類推の基底をなす要素間の関係性の理解が重視され、学齢以前の幼児も課題解決に際して類推を使用し得る結果が強調されている。この他、領域固有の知識の増加によって類推の適用とその方略の巧緻化をも促進する傾向が Gholson, Morgan と Dattel (1990) によって指摘されている。その一方では、算数課題の達成過程では年少の被験者についてカラーブロックの配置と黒板に書かれた数値の加減算の式との対応が出来ない例が示され、年少の被験者の知識は具体的な文脈に依存するゆえに、その一般化と正の転移とが困難になる事態も指摘されている (Goswami, 1993, p. 141)。以上より、要素間の関係性の理解とその教授・学習活動とが類推成立において果たす機能を強調し得よう。本章はこの点の実験的検討を試みたものである。以下では、類推によって幾何をも含めた算数文章題の達成への促進が示される過程について検討する目的で、類推成立過程を基礎領域の検索と想起、目標領域への写像およびその適用という段階に区分し、その各々が文章題の達成過程における効率の差異を反映する過程について検討する事が本章での残された課題となる。

1-2 算数文章題の達成過程における類推の成立過程

代数を扱った文章題の達成過程で類推が果たす役割を基礎領域の検索、写像とその適用という下位技能別に検討した研究に関しては Novick (1992) による一連の研究が最初に挙げられよう。Novick の一連の研究は類推の過程として上記の3者を挙げた他に、類推と転移の結果としてスキーマの演繹を挙げている。ここでは標準的な学力検査の高得点群に対してこれらを数学的な技能の熟達者と定義した上、この様な技能の習熟が類推過程を構成する上記の3過程を促進した反面、スキーマの獲得には影響しない点とその結論とされている。特に数学的技能の熟達者の特徴として、課題解決方法に関する類推とその転移を行う目的で既知の基礎領域への検索と、その手掛かりの利用とが効率的に行われる過程が指摘され、目標課題の構造的な構成とそれを手掛かりとした検索、特に上記の目標とは表層的な類似を示さない基礎領域の想起への促進が強調されている。その一例としては最小公倍

数の利用という方略を基礎領域から目標課題に転移させ得たのは上記の数学の熟達者群の56%に限定されていた結果と、非熟達者群では上記の最小公倍数を扱った基礎領域の課題の提示とこれを目標領域の課題の達成の手掛かりとする様に教示した場合のみ促進効果が得られた (Novick & Holyoak, 1991) 結果が指摘され、適切な基礎領域の想起による目標課題達成への促進効果が強調された。さらに熟達者が非熟達者と同様に基礎領域に関した不適切な問題を想起した際でも、これらは目標領域への写像を抑制されて負の転移は未然に防止し得た (Novick, 1992, p. 169) 結果を指摘している。

類推の2番目の段階となる写像に関しては、上記のNovickによる類推観では目標領域の要素を既知の基礎領域のオペレーターへの置き替え、または既知の要素を目標領域に固有の未知の側面に適用してその解明を試みる過程とされている。しかしながらこの段階は基礎領域と目標領域との対応付けを行うのみであって、その結果を具体化して目標領域に適用するには至っていない。目標領域への適用に関する決定とその制御は類推の3番目の段階である適用の過程に持ち越されている。数学文章題の写像に関しては、数学の熟達者が基礎領域である既知の解決法と未知の目標領域の正しい対応付けが可能である傾向が強調された。Novickによる上記の類似観は、数学の熟達による文章題相互間の類似並びに方略の転移への促進と、数学以外の領域の課題達成過程で示された類推の年齢差 (例えばGoswami, 1991) との対応付けをも想定している。ここでは類推の年齢差の基底として推論操作の場となる概念体系の発達の差異が指摘されている (Novick, 1992, p. 179) 現状をも併せて考えた場合、技能の熟達者が目標達成の表象を獲得する際には基礎領域に属する多くの表象を符号化して取り入れる可能性を想定し得よう。その結果としてはNovickも示唆している様に、熟達者による類推過程では基礎領域の検索とその成果を目標領域に正しく写像し得る傾向をも指摘し得よう。ここでは基礎領域の表象が符号化され、検索され得る可能性の指標としてChenとDaehler (1989) による算数文章題の達成方略の転移の場合と同様、二つの基礎領域課題に共通する方略を抽象化して記述し得る程度が挙げられた。Novickによる以上の類推観は数学文章題の達成過程における類推成立に関した3段階の各々について数学的技術の効果と類推による課題スキーマの学習とを指摘し得た一方で、類推におけるメタ認知的な知識操作についてはその具体的な様相の指摘には至っていない点、重回帰分析の結果からは課題のスキーマが生成される程度の説明変数として数学的技術の熟達の程度を挙げ得ない点 (NovickとHolyoak, 1991) 並びに、文章題の理解とその達成の基底をなす記憶容量や文章題の図示による集合の操作に関する諸問題には論及していない点をも批判し得よう。以上の問題点についての検討が本章後半の課題となる。

数学教育においては、図示や算盤の珠の運動の形で表現されたり操作された集合や幾何学的な図形などの具体的表象が上記の基礎領域、これらを用いて教授されるべき数量的または幾何学的な概念や操作が目標領域にそれぞれ対応させられる (例えばBoulton-Levis, 1993)。児童・生徒の課題はこれらの基礎領域の表象からその構造的な規則性を理解し、数量的または幾何学的な概念とその操作についてのメンタルモデルを構築する事である。この様な概念の理解が困難になる理由として、上記のBoulton-Levisは基礎-目標領域間の写像の困難さと、その際の情報処理の負荷を挙げ、さらにその負荷の量は概念の構造的な複雑さに規定される可能性を強調している。記憶容量をも含めた情報処理容量が算数文章題の達成に与える効果については、筆者の昨年(1994a)の文献展望(光田, 1994a)ではこれらが線対称の理解に影響

する傾向を指摘した。これらの指摘に引き続き、以下では写像可能な概念の構造的性、特にその複雑さの水準は処理に費やされる容量の限界に対応する傾向について述べ、点対称という規則性の写像とその年齢差について検討する事が本章の残された課題となる。このような視点では、Halford (1988, 1993) による一連の認知発達研究で指摘された数概念の写像とそこで費やされる処理資源の問題が最初に指摘し得よう。ここでは下記の4水準で写像による概念の獲得とそこで費やされる処理資源の増加が指摘されている。(イ)1歳児以後に見られる要素的な写像の段階では、2本の棒の絵または2個の対象から構成された場合によって「2」のメンタルモデルを示す場合の様に、基礎領域と目標領域の要素間の類似性または便宜的な対応性を用いた写像が行われる。ここではイヌ、家などの例に示される様な概念化が可能と考えられる。(ロ)2歳児の段階以後の関係性の写像の段階では、5個の対象から構成された集合と「5」という数字の間の写像関係、さらに4個から構成された集合と「4」という数字の写像をそれぞれ行った後にこれらの集合を対比させる。この様に集合相互間に示された大小関係と $5 > 4$ という数量的な関係性とを対応させた場合には、その写像の妥当性を児童に理解させ得る。ここでは大小関係、数の多少などの概念化が可能と考えられる。(ハ)3-4歳児以後に発現する体系の写像の段階では、抽象的な操作である集合の加算とそれらを数式によって表記する試みとの対応が行われる。ここでは「2」という数字が2個の具体的な対象の集合に、「3」という数字が3個の具体的な対象から構成された集合にそれぞれ写像された後、これらの相互に独立した集合から和集合が構成された場合、これに対して「5」という数字が写像される。この様な形で和集合を構成する操作が数の加算操作と対応付けられる。この段階の写像では5歳児の段階以後では減算操作も可能となるが、数値、集合相互間の操作を示すシンボル(プラス・マイナスの記号)とそこで操作される具体的表象(具体的な集合の要素)と3者の関係が理解出来ない場合には、減算操作の意味の理解も実際の演算操作も不可能となる(Boulton-Lewis, p. 402)との指摘すら行われている。この段階では分類、順序性-ネズミとイヌとゾウではどれが最大か一などの体系的な写像による概念化が可能と考えられる。(ニ)11歳以後の段階ではこの様な体系の複合した状態でその写像と理解とが可能になる。具体的には、定数を用いて分配の法則を理解する際には $a(b+c) = ab+ac$ という一般化された形の表現が用いられる。児童・生徒がこの法則の妥当性を検討する際には最初に $3(2+1) = (3 \times 2) + (3 \times 1)$ という具体的な数値を用いた例が用いられ、これと構造的に同形の例を用いた演算の反復の過程で法則の妥当性が経験的に理解される過程が指摘される。HalfordとBoulton-Lewis (1992, p. 199)による上記の法則と複数の具体例との対応付けの試みでは、構造的な写像が成立するための条件として一つの構造の各要素相互間の構造的な関係性と、この構造が写像されるべき別の構造の要素相互間に見られた関係性との間に一貫した対応性が示されるべき事、いわば写像関係が成立すべき2個の構造についてはその要素相互間に1対1の対応関係が一貫して見られる事の必要性を指摘している。この様な段階に到達するまでには、具体的な数値を文字変数に置き替え、法則と個々の事例との間に写像関係を成立させる過程が必要とされよう。この際には数種類の集合と各々についてその要素数を示す数値、それらの加算並びに乗算という操作の表象と実際の演算が写像関係の基底またはそのメンタルモデルを構成する。以上の写像過程の発達の基調として、用いられる集合や操作の概念が抽象化する傾向と、それらを用いた写像の妥当性の評価に費やされる処理資源の増加を指摘し得よう。Halford (1993, chap. 2)は構造的な

写像がより複雑なものになる場合ほど処理に費やされる処理資源が増加する傾向をも指摘している。この他、数概念とその操作に関する上記の発達の变化を説明する目的で、Halford (1993) の写像理論はこれまで記憶容量観 (例えば Case と Sowder, 1990) に見られない独自の提言を試みている。Halford は、Case による記憶容量観の要約として、(イ)全体の処理容量は情報処理が行われる操作空間と短期記憶容量とが加算された形で成立する事、(ロ)処理空間全体の容量は発達の的に変化しないが、発達に伴って得られた処理の効率化によって処理空間で費やされる容量は減少する事、その結果として(イ)全体の処理容量の内情報保持と処置操作に振り向けられる作業記憶の容量は発達に伴って増加する事と、(ニ)年齢差の指標として処理の効率化を考え、これに対応した処理速度の向上を求めた場合、速度と記憶範囲との直線的な対応関係を得たという4点を指摘している。さらに上記の容量観に対する批判として Halford (1993, p.111-113) は容量の測定法の問題点の指摘以外に、中間作業を挿入する手続きによって処理空間で費やされる処理資源の変化を試みた条件下でも保持量は変化しない結果を強調し、認知発達の基底を容量よりも手続的知識と宣言的知識の獲得に求めている。以上より、課題解決に用いられる情報が短期記憶で保持される過程では Case の指摘とは逆に、現在の処理操作に振り向けられる処理資源に対して保持容量が影響する可能性は疑問視された (p.205)。その一方では、これらの処理資源が下記の様な形の直列的または並列的な処理活動に振り向けられる情報の量に規定される傾向が想定されている。直列的な処理を用いた例としては、「+」の「×」に対する関係 (基礎領域) は、「|」の「/」 (目標領域) に対する関係である事を類推する課題において、さらに「×」と「/」の記号を提示する際に、これらとの関係を推論すべき他の2項目よりも見掛けの大きさが増した場合が想定し得よう。ここでは基礎、目標領域共に最初に一方の要素を拡大して、次に45度回転させる処理が求められるゆえに、ここで費やされる処理資源は多くない。しかしながら、概念や数量の処理の際には多くの次元を情報を対象としてこれらを並列的に処理する必要性を指摘し得よう。例えば「スピード」という概念を例とした場合には距離と時間という2次元上での並列的な情報処理が必要となる。ここでは情報が速度計の指針の位置という1次元上にまとめられ、単語の記銘課題における体制化またはチャンクの処理と同様の形式で処理資源の節減が行われることが指摘された。さらにこの様な概念的チャンクという発想から、例えば324という数値がチャンクとなるほか、ここでは同一の324という数値であっても100の位、10の位並びに1の位に対応するカラータイトルの多様な組み合わせによって様々な表象とそれを用いた減算操作が可能となるほか、チャンクの形成はこの操作に費やされる情報処理資源の節減も可能となる傾向が指摘された。しかしこの関係の成立には10進法などの複雑な学習が必要と考えられている (Halford, & Boulton-Lewis, 1992, p.189-204)。この様な観点から光田 (1991, 1992) は、 $222 = 2(99 + 1) + 2 \times (9 + 1) + 2 = 2 \times 99 + 2 \times 9 + 6$ という形で分配の法則の適用とその図示と試みて説明文理解への促進効果を指摘したほか、「分数は分子、分母という2つの数の協応関係で1つの数を表現するうえ、小4まではその理解が困難である」という文を大学生に理解させる際にもこれらの協応関係を画面で図示した条件下での促進効果を指摘した。分配の法則や分数など理解に際しては高次の水準の写像が必要となり、さらにこの写像の可能性が同時に並列処理し得る情報処理容量の限界に規定される傾向 (例えば Halford, 1992 chap. 5) をも併せて考えた場合、図示は上記の写像に必要とされる大量の処理資源の節減

をも可能に得よう。Halford による以上の写像観は処理容量の問題と、学習、演繹と処理方略の発達の問題とを統合する試みである (Halford, 1992, p. 269)。ここでは児童・生徒による数学課題達成の失敗の原因は既得の知識、選択された方略と表象に求められている (例えば Boulton-Lewis, 1992, p. 394)。しかしながら、Halford の類推観はその基調を数学的処理に求めた結果として、写像関係を成立させる下位機能—例えば Phye (1990) の区分では因果関係の理解と連想及び部分・全体関係の認知—の検討を行っていない点と、メタ認知的な自己制御活動と教授・学習活動の効率化による処理資源の節減及びそのための電算化の問題については十分な実験的検討が行われていない現状をも指摘し得よう。数学の課題解決過程で操作される表象とそのチャンクとを图示した場合に得られる促進効果については、幾何学習における既得の対称概念の利用と上記の写像の問題を中心に検討することが次節での課題となる。

1-3 対称概念の利用による写像への促進

幾何図形を用いた写像とその限界については Wertheimer (1959) による指摘が試みられている。ここでは平行四辺形の面積を求める際、その面積を変えずに長方形に変形できる可能性に注目してこれを実行し、その面積を求める方法 (理解による課題解決) と、平行四辺形の面積を求める公式を想起してこれを機械的に適用 (暗記による解決) する方法とを比較した。この実験では、典型的な平行四辺形の面積を求める過程では上記の2条件間に差は見られない反面、長方形の一部を円形に切り抜いて切除し、この円を元の図形の別の辺に接する様に付加した図形の面積を求める課題では、上記の「理解による解決」を行った生徒はこの図形が元の長方形と同じ面積となる事を理解出来た結果を指摘した。三宅 (1991) はこの例を引用して、課題解決の条件は課題解決の効率と解決出来る課題の範囲を拡大出来る一般性であることと、この両者の基底として事象の構造の本質的・普遍的な側面の理解を指摘している。この様な観点から本報告では、被検者が三角形の1辺の中点を対称の中心とした点対称の関係にある2個の三角形が平行四辺形を構成する事態を理解出来れば、三角形の面積の求め方も理解し得ること、さらにこれを手掛かりとして台形の平行ではない辺の中点を対称の中心とした点対称図形も平行四辺形となる事を理解し得る可能性とその年齢差とを検討する事が以下での課題となる。図形パターンの知識は、これらと課題図形に関する情報とを対応させた知的な推論の試みとその成果の学習とを可能にすると考えられた。例えば諏訪 (1994) は図形パターンの知識の具体例としてパーセプチュアル・チャンクを提言している。これは点、線分、角度や多角形という対象を適当な数だけ適当に構成して空間的に対応させた際には様々なパターンが出来る事を示す。例えば台形または三角形を組み合わせた上記の課題図形は点対称図形、平行線、平行四辺形、など様々なチャンクに分割され、課題となる図形はそのいずれかの重ね合わせとして認知されるべき事を示すものである。ここでは図形パターンから想起された点対称の表象と電算画面で動く課題図形とのマッチングによって推論と写像とが効率的に制御される可能性が想定されよう。特に諏訪の指摘する様に、上記の点対称の表象に対応するチャンクが図形パターンの一つとして想起されその操作が試みられるならば、これらが論理情報として処理されると同時に図形の動きとして理解される過程についての年齢差への注目の必要性を指摘し得よう。特に視覚的表象が推論成立過程において果たす役割は言語的または命題的表象とは独立したものであり、直接に操作対象となり得る (例えば Kosslyn, 1980) ほか、Koedinger と Anderson (1990) の指摘する様に課題解決の

計画立案の手段ともなり得るならば、本実験で使用した類推課題についてもその理解程度に応じた図形選択への配慮(岩崎, 1994)とその理解の年齢差に応じた説明文の構成の必要性を強調し得よう。ここでは仲谷(1994)の指摘する様な絵による推論(diagrammatic reasoning)の具体例として、点対称の関係にある三角形から推論して、これらと同様に点対称の関係を示す台形との間に同形性を見出す過程が想定し得よう。具体的には、電算画面上で回転する図形からの点対称概念の具体化、情報の縮約による情報相互間の関係性の理解と関連する別の概念の想起が可能となるほか、さらにその年齢差をも期待し得よう。上記の幾何学的推論の発達については、数学教育の視点から van Hiele (1986) や Battista (1990) による指摘が試みられている。彼らは幾何学課題の解決過程では、その熟達者による推論が抽象的または分析的である一方、低得点者の場合は図形の視覚的特性に注意する傾向が顕著である点を強調している。特に上記の Battista の指摘の基調は推論における論理性の強調であり、空間表象と言語表象による幾何学習への促進効果を対照させる試み(例えば Fennema と Tarte, 1985)への批判が特徴的であると言えよう。Mitsuda (1993a) は線対称と点対称の概念の理解を決定する下位技能の年齢差を求め、年少の被検者ほど対称概念の理解がイメージ操作能力によって説明される傾向を指摘した。しかしながら、この報告ではイメージ操作能力の基底にある推論を問題にし得ない状態である。Saeki, Ueno と Nagasaka (1991) は平行四辺形を用いて三角形の面積を求める課題を用いて、幾何の公式の学習における媒介活動の必要性を強調したが、そこから類推して台形の面積を求める過程には論及していない。以上より、図形を用いた推論について検討する必要性を指摘し得よう。筆者(Mitsuda, 1993b)は、電算画面上で動くチョウや鏡映像の絵とタッチパネルによる選択反応を用いて小1と高等部在学中の精神発達遅滞の生徒に線対称の概念を学習させ、健常の小1学童がイメージ操作能力のみでなく対称性の概念を操作し得る傾向を指摘した。さらに線対称の説明文の閲読中に挿入質問を与えない条件下でのみ、記憶範囲が線対称の理解に対する説明変数となる結果を得た。以上の結果からは、説明文の閲読中に挿入された質問による処理の方向付けがない条件下では多様なパーセプチュアルチャンクの想起と適用の試みが示されたと言えよう。さらに挿入質問の効果としては、Kulhavy, Stock, Verdi, Rittshof と Savenye (1993) による地図の理解に関する指摘の場合と同様、画面上で動く絵として図示された具体的な表象とそのイメージとの同形性への強化による処理資源の節減が得られる他、さらにそれが説明文の想起手掛かりとなる可能性を想定し得よう。

筆者の助言下での佐藤(1994)と小島(1994)による実験は、この様に画面上で動く図形による推論とその結果の写像とを扱った基礎実験の試みである。その具体的手続きは、画面上で動く絵を用いて点対称の関係にある2つの三角形が平行四辺形を構成する過程を理解させ、その後で三角形の面積を求める公式の意味が理解される程度の年齢差を求めた他、さらに点対称の関係にある2つの台形も平行四辺形を構成し得る事を理解してその面積を求める過程に対しては、図形を用いた類推テストの成績がどの程度の促進効果を生じ得るかについてのパス解析を用いて検討したものである。ここでは点対称の関係にある三角形についての知識が台形の場合に写像され、その適用の是非についての判断が求められる。この様な手続きの下では上記の写像における表象と方略の相互作用(Schraagen, 1993)とその適用過程(Novick, 1992)についてより詳細な検討も可能と言えよう。この様な観点から写像とその適用の過程に対するモニタリングの様相を明らかにする目的で、上記のモニタリングの効率

に対する類似テスト成績、イメージ操作能力及び、対称概念の理解程度などの下位技能の寄与の程度のパス解析を用いて図示する事が課題となった。

方法：(1)被験者は鳴門教育大学附属中学1年生20名、3年生17名及び、徳島大学総合科学部2年生と3年生計27名が個別に参加した。各群の半数は下記の挿入質問条件に割り当てられた。(2)材料は(イ)電算画面上で動く絵を併用した点対称と線対称の説明文、(ロ)図1に示す様に点対称の関係にある2つの三角形を組み合わせて平行四辺形を作り、これを対角線で2等分して三角形の面積が得られる過程の説明文、(ハ)同様に(平行ではない1辺の中点を対称の中心とした)点対称の関係にある2つの台形を組み合わせて平行四辺形を作ってこれを2等分すれば、台形の面積が得られる事を述べた説明文、(ニ)SternbergとRifkin(1979)と同様に、5体の人形A-Eを用いてAとBの関係(身長、着衣の対比)はCとDまたはEのいずれとの関係かを類似する課題2題、(ホ)点対称、線対称の図形を選択する課題各1題、及び(ヘ)イメージ操作テスト1題を電算画面(NEC-PC-9801-BA)に計14画面提示したほか、半数の被験者には上記(イ)-(ハ)の説明文の後に挿入質問、計3点を与えた。被験者はタッチパネル(NEC-PC-9873L)により図形に対する選択反応とその反応の確信度の各々に関して3段階評定値を入力する様求められた。得点はチャンスレベルで4点、正反応に対して確信度得点3が与えられた際には7点、誤反応に対して確信度得点3点を与えた際の得点は1点となる。上記以外の方法は昨年(光田, 1994a)と同一である。

結果と考察：(1)得点に関する 3×2 (被験者 \times 挿入質問)2要因分散分析の結果から、年長の被験者の優位が類推テスト($F(2, 58) = 4.040, .01 < p < .05$)成績について得られた他、同様の年長の被験者の優位は無質問条件下における台形の面積の求め方の理解について顕著に示された。ここでは台形の面積の求め方の理解については年齢と挿入質問の要因の相互作用

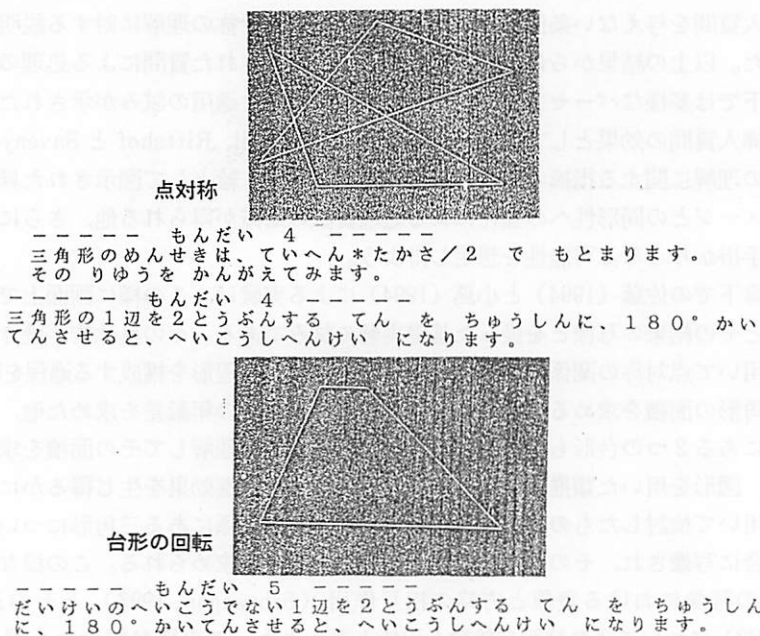


図1 点対称概念による三角形と台形の面積の求め方の図示

用 ($F(2, 58) = 3.148, .01 < p < .05$) が指摘された。さらに上記の2要因共分散分析の結果からは、年長の被験者では類推と台形の面積を求める公式の理解との相関係数値が大きい(一例として挿入質問条件下で大学生 $r = .206$, 中3 : $r = .062$, 中1 : $r = -.279$) 傾向が有意(結果全体の共分散分析では ($F(2, 57) = 3.600, .01 < p < .05$) となった。以上と同様に三角形の面積を求める公式の意味の理解と類推との相関係数値についても年長の被験者では高い相関係数値(例えば挿入質問条件下では大学生 $r = .518$, 中3 : $r = .529$, 中1 : $r = -.02$, 結果全体の共分散分析では ($F(2, 57) = 3.393, .01 < p < .05$) が得られた。

(2)台形の面積を求める公式の意味理解に関する確信度得点について 2×3 (挿入質問 \times 年齢差) 2要因分散分析を試みた結果、2要因交互作用が得られた ($F(2, 57) = 4.585, p < .05$)。この結果は、中1の無質問条件下での成績低下を示すものである。以上の中1の結果からは、挿入質問による教授・学習活動を欠いた状態では自発的に行うべき公式の意味の理解が困難な状態が見られると言えよう。次にイメージ操作能力と類推との相関関係に関しては年長の被験者ほど低い相関係数値(挿入質問条件下で大学生 : $r = -.322$, 中3 : $r = -.129$, 中1 : $r = -.038$, 全体の共分散分析結果は $F(2, 57) = 4.138, .01 < p < .05$) が得られた。同様の傾向がイメージ操作能力と台形の面積を求める公式の意味の理解との相関係数値の年齢差が無質問条件下で顕著に示される傾向が得られ(大学生 : 挿入質問条件下では $r = -.125$, 無質問条件下では $r = -.267$, 以下同様に中3 : $r = .139, .296$, 中1 : $r = .136$ と $.257$)、結果全体の共分散分析からは挿入質問と年齢差の要因間に有意な交互作用が示された ($F(2, 57) = 3.052, .05 < p < .05$)。

(3)被験者と挿入質問の条件別に、台形の面積を求める公式の意味理解を従属変数、それ以外の下位技能の各々を説明変数とする重回帰分析とパス解析を試みた結果が図2である。

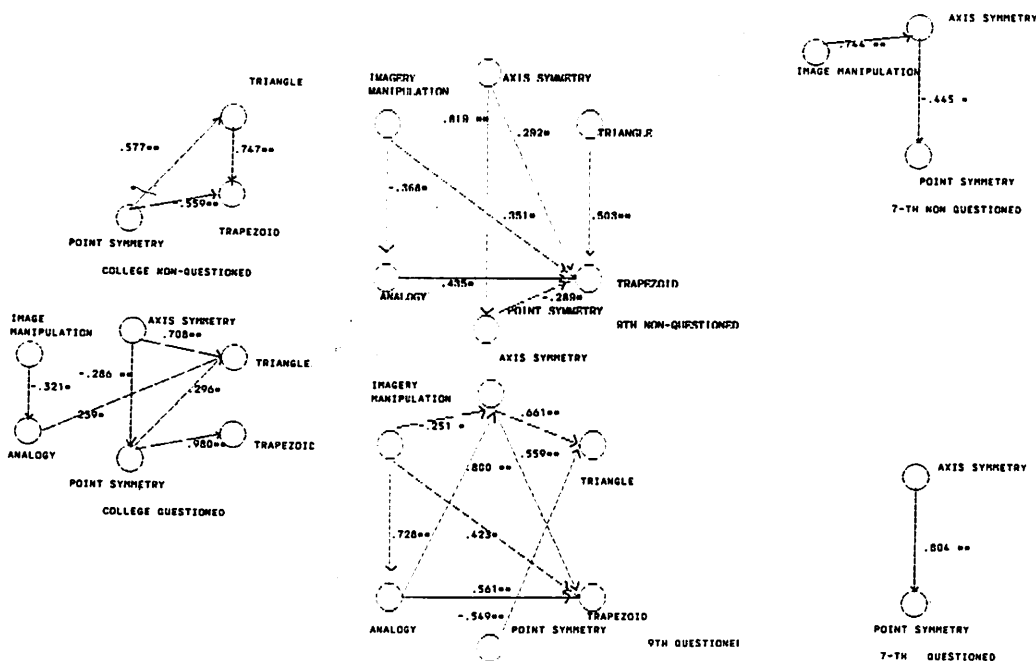


図2 下位技能の効果を被験者と挿入質問の条件別に見たパスダイアグラム

図2の右のパネルに示す様に、中1の無質問条件下ではイメージ操作能力が線対称の理解に与える促進効果が顕著に示された。さらに線対称の理解と点対称の理解の間には点対称の理解の間には負のパスを指摘し得た ($\beta = -.441$)。以上の結果からは、年少の被験者は教授・学習活動なしには対称概念の理解し難い傾向を示唆し得よう。図2の中央のパネルは中3の被験者が台形の面積を求める公式の意味を理解する際の下位技能を示したものである。無質問条件下では三角形 ($\beta = .503$) と類推テスト成績 ($\beta = .435$) が台形の面積の求め方の理解を促進する効果がそれぞれ顕著に示された。しかしながら点対称の理解と台形または三角形の面積の理解との間には負のパス (無質問条件: $\beta = -.289$, 挿入質問条件: $\beta = -.549$) が得られた。さらにイメージ操作能力についてはこれが台形の面積の理解への促進を示すパス (無質問条件: $\beta = .351$, 挿入質問条件: $\beta = .423$) のほか、挿入質問条件下でのみ、イメージ操作能力が類推の説明変数 ($\beta = .728$) となる結果を指摘し得た。以上の結果からは、中3の段階でも点対称の概念による媒介効果よりもイメージに依存して類推と幾何の公式の理解を行うほか、その様な形での類推も自発的には活性化し得ない傾向を指摘し得よう。大学生の場合には、図2の左パネルに示す様に挿入質問の有無によって点対称概念の理解による促進効果の差が顕著に示された (挿入質問条件: $\beta = .980$, 無質問条件: $\beta = -.559$)。以上の結果より、大学生は挿入質問条件下では点対称概念の理解による媒介効果を活性化する傾向と、この際には中学生とは違ってイメージ操作能力による類推への促進効果を受けない ($\beta = -.321$) 可能性とを指摘し得よう。上の結果からは、これまでの筆者の報告 (Mitsuda, 1993a) と同様に、年少の被験者が幾何課題の達成に向けて自己評価と自己制御を行う際にはその効率がイメージ操作能力に依存する一方、年長の場合は幾何概念を用いた類推によって公式の意味の理解に到達出来る可能性を指摘し得よう。以上並びに上記の結果1の項で指摘した様に、年長の被験者では類推と台形の面積を求める公式の意味理解に関する自己評価得点が高くなった結果をも併せて考えた場合には、これらの年長の被験者については類推による概念理解への促進 (Gilbert, 1989), または図形よりも命題的な表象を用いて図形の回転の符号化と検索を行い得る程度が回転図形の同定の困難度を規定する (Bilystok, 1989) 傾向との対応を指摘し得よう。理科教育の分野においても White (1993) は加速度の概念の理解を例として年少児による概念定義と科学者の概念とを比較して前者は抽象的な概念モデルと推論とを欠いた状態である上に単純な表象に依存するほか、具体的な操作や状況に依存した概念定義によって特徴付けられる点を強調しているが、幾何概念を扱った本実験においてもこれに対応した結果を想定し得よう。以上を要約して、大学生の被験者が教授・学習活動を効率的に利用し得るのは、電算画面に提示された具体的な表象とその操作及びその言語的な表現との対応関係が緊密であるゆえに、図形の操作または運動に関する因果関係についての効率的な推論とその成果を用いた学習を可能にする (Mayer と Gallini, 1991) 可能性、特に幾何概念の活性化とそれを用いた写像とその成果の適用に際して中学生以上の効率を示す傾向を強調し得よう。この様に写像とその適用過程における既得の情報と現在与えられた情報との関連付け及び、類推による推論の促進についての検討が次章での課題となる。

Chap. 2 写像の成立と教授・学習活動との関係について

2-1 構造的な理解に向けての教授・学習活動

本章は大学生を被験者として散文の理解における類推の促進を扱った最近の実験的研究に関する展望の試みである。その前半では写像の対象となる知識のスキーマの検索について述べ、後半では類推による推論の促進について若干の文献展望を試みる事がその具体的な課題となる。

上記の算数文章題の達成過程の教授・学習手続きについては Hutchinson (1992) が詳細な展望と検討を試みている。ここでは Montague (1992) が学習障害に関する実験において教授・学習活動として展開される情報処理活動の分類の試み、そのマクロ水準の処理ではメタ認知的方略と認知的方略、ミクロ水準では教材のモデル化、リハーサルとフィードバックなどについてそれぞれ具体的な指摘を行った研究についてその問題の指摘と批判が行われた。この批判では上記のマクロ水準での処理への注目を評価した一方、Montague によるメタ認知と認知的処理との区別を疑問視した上、これらの同時進行を想定するという処理観は事態を複雑にするとの批判を試みている。Hutchinson は Montague の研究との対応付け可能な例として下記の諸研究を挙げてその問題点を指摘している。最初に認知的モニタリングについて検討する目的で、Berger と Reid (1989) がメタ認知と Sternberg (1982) による知的機能の3要素説の内のメタ成分とを対応付けた例を挙げている。ここではメタ認知の定義として行動の企図、課題の遂行へのモニター活動とその結果の評価に対応した高次の実行過程であるとの指摘を試みた点を強調し、下記の批判を展開している。具体的には Sternberg が最初に指摘した知性のメタ認知的成分では問題の本質の決定、解決すべき成分を課題の内から選択、これらの成分を統合する方略の選択、表象水準での操作と決定及び処理資源の配分という5点が指摘されたにも関わらず、Berger などの実験ではこれらが度外視された点を強調し、上記の全てを度外視して知識操作の6番目のメタ成分である解決過程へのモニター機能のみをメタ認知の研究として取り上げた方法、特に課題解決後にその正しさについての主観的な確信度を評定させた手続きに Berger のモニター観の特徴を求めている。その反面、Berger などが学習障害の主因として知識ベースの不備を挙げながらも上記の不適切なモニタリングの効果をも強調し得た点は Hutchinson の展望では評価されている。次に Hutchinson は作文の指導における上記のモニター活動の例として、Graham と Harris (1989) の教授活動の実験を挙げて、これと Berger の研究との類似点を模索している。Graham などは認知方略のみの条件群として、モデルの観察を行わせるなどの教授活動を与えてさらにその意味をも教示した実験群と、さらにメタ認知的方略に関した教授活動が付加された別の実験群との比較を試みている。ここでは後者には作文に際しての自己制御または目標実現に向けてのモニタリングを行わせる手段として、物語文法で規定される作文の構成要素の不備とそれらの要素として適合する文の数について自己点検させる手続きが付加された。ここではモニタリングとしての行動の目標設定と実際に行われた行動の記録との対比が挙げられている。上記の両群の得点の比較からはメタ認知的教示の直接的な効果が得られない結果が指摘された。この点について Hutchinson は、方略使用の目標についての教示手続きは形式上は認知方略として位置付けられたこと、しかしながらこの目標教示からは、上記の Sternberg による知識操作の分類ではメタ認知的方略に位置付けられている処理目標の決

定への促進効果をも期待している。モニタリングに関する以上の指摘の範囲では、Hutchinsonはメタ認知的処理と認知的処理の区別とその両者に対応する教示の具体性、厳密性と操作性とを疑問視するに至ったと言えよう。その点では下記のSlife, WeissとBell(1985)の数学課題を用いたモニタリングの研究は上記の認知行動の厳密な規定への配慮を示したものと見えよう。ここでは、10問の数学課題の達成成績、数学テストとIQについて同一条件の学習障害児と障害を持たない生徒についてメタ認知テスト得点の比較が試みられた。具体的なメタ認知的処理の指標としては、課題解決法の知識、課題解決に先立って求められた達成成績の予測以外に、モニタリングの指標として課題解決の後にその達成に失敗したと判断した問題の指摘を求めた。Slifeなどは上記の課題達成程度の予測とモニタリングの正確さの指標について学習障害を示さない生徒の優位を指摘し、メタ認知的処理と認知的処理との区別の可能性を指摘している。上記のMontagueによるメタ認知過程の研究のみが課題解決行動の遂行中に生じた方略と処理過程の制御に焦点付けられた一方、それ以外の上記の諸研究のいずれもが課題解決行動の遂行に先立って与えられる教示以前か、または解決行動の後で生じた自己制御と自己評価の問題を扱った点がHutchinsonによる展望で強調されている。ここでは学習活動の遂行以前、遂行中及び遂行後という段階別に見た自己制御の様相とその比較についての論及は行われていない現状を指摘し得よう。上記の自己制御の課題が学習過程のモニタリングであり、さらに方略の修正と課題への適応である(例えばBorkowski, 1992, p. 253) 事をも併せて考えた場合には、以下で自己制御の効率化に関する教授・学習活動について検討を試みる可能性も想定し得よう。Phye(1989, 1990)は類推を用いた課題の解決とその転移に関する教授・学習活動の実験において、三段論法、分類や類推などの課題の形式別に見た一般的な特性についての助言と、個々の課題の達成後のフィードバックの効果の比較を試みている。ここで前者は一般的な課題解決方略(ThorndykeとHays-Roth, 1979)、後者は類推クラスでも部分-全体または因果関係の理解などの特定の問題のクラス内で共通する手続きと方略(GickとHolyoak, 1987)とをそれぞれ導き出す機能が強調されている。Phyeは前者は一般的な処理スキーマを、後者は個別のスキーマをそれぞれ生成する可能性を想定したものの、それらが転移試行での正反応数の差を示す結果は得ていない。以上の結果は散文理解と閱讀内容の類推における先行オルグ(光田, 1994a)と閱讀中の挿入質問の効果(光田, 1993)に対比し得る可能性をも想定し得よう。この点について光田(1993a: 1994b)は散文理解における類推、特にその写像の妥当性に関する確信の程度に関する5段階評定値を求めてそのINDSCAL分析を試み、閱讀内容の構造化とその構造化を未知の対象に適用する過程における先行オルグと挿入質問の効果と比較した。以下では、先行オルグの効果を扱った前報(光田, 1994a)に引き続き、前報と同一の材料文と説明図とを用いた条件下で、閱讀中に挿入された質問による類推への促進効果を指摘する事が本節の残された課題となる。その仮説としては、閱讀内容の図示からは理解や操作の妥当性に関する情報が得られる(LabordeとLaborde, 1992)ほか、これと挿入質問との相乗効果については先行オルグの効果指摘した前報の場合と同様の結果を予測した。方法としては材料文は渡部昇一著「能力主義組織の興亡に学ぶ」(プレジデント誌, '87, 2)より、「農民出身の秀吉はヘッドハントで自らの軍隊を組織する。この組織は成長志向の時代には強力である。大戦前の米国がそうであった。現在は個人の資質よりも社会的信用が重視され、ホワイト、アングロサクソン……というワズプが政權を担う。日本の企業も最近まではヘッ

説明文理解における図示と類推の効果

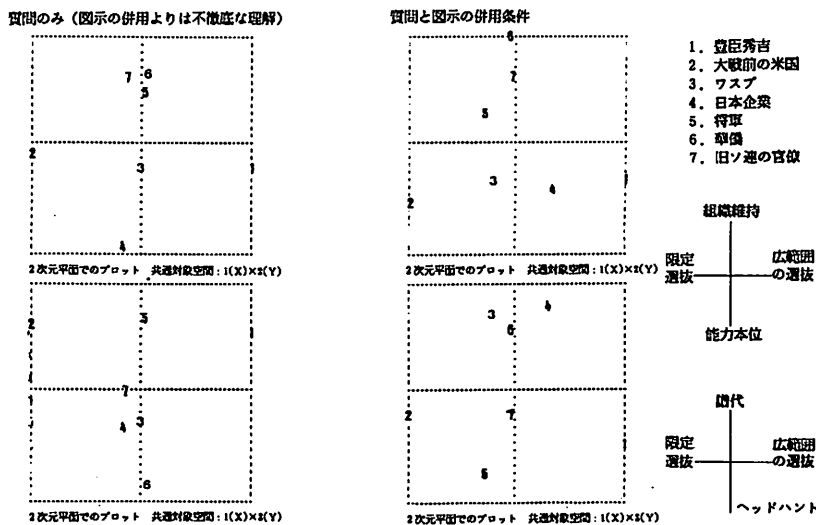


表3 図示と先行オルグによる刺激布置の適正化の例

読み終わったらスペースバーを押して下さい

ヘッドハンティングされた部下が同様にその軍隊を組織化する

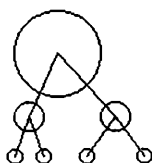


図4 閲読内容に対応した略図

ドハントを行わず限られた大学出身者に企業内教育を徹底して幹部に登用する。プロシアでは将軍のヘッドハントすら当然とされた。彼らは専門家ではあるが、皇帝との一体化や忠誠などは期待されていない。華僑の企業家の場合には譜代を養成せず親族しか信用しない。ヘッドハントした部下に機能を求め過ぎると耐え切れない。明智光秀がその典型である。しかし、登用された者が地位に安住する様では旧ソ連の官僚の様に体制を崩壊させる。」という45文、計1820字を画面で1文ずつ、被験者ペースで閲読させた。半数の被験者には、図3に示す様な樹状図を画面に提示した。さらにその半数及び図示が行われない群の半数には文節の終わり毎に1点、計4点の挿入質問が与えられた。(□)被験者は徳島大学総合科学部2年生36名を上記の図示と挿入質問の有無の4条件に割り当てて個別に参加させた。(△)上記の文の閲読後に下線の登場人物相互間の類似度とその類似性評定の各々についての確信度をそれぞれ

5件法で入力させた値及び、人物の対の提示から評定値のキー入力までの反応時間が求められた。

結果としては、(イ)登場人物相互間の類似度の評定に際して得られた確信度の5段階評定値のINDSCAL分析結果を実験別に示したものが図3である。この結果は先行オルグを扱った前報や上記の仮説とも一致して、図示は挿入質問との相乗効果によって刺激布置の適正化を促進するが、図示が単独では適正化を生じない傾向を示唆する。(ロ)質問と図示に関する4条件毎に登場人物相互間の類似性評定を求めて3要因共分散分析(質問、図示と類似性に関するクラスタの内外)を試みた結果、挿入質問条件の主効果が得られた($F(1,65)=6.512, .01 < p < .05$)が、これは無質問条件下では反応時間と反応への確信度との間に負の相関、質問条件下では正の相関を示すものである。この他にクラスタ外では相関値の低下が示唆された($F(1,65)=2.738, p < .10$)。(ハ)3要因分散分析の結果からは挿入質問条件下での確信度評定値の増加傾向($F(1,66)=6.615, .01 < p < .05$)を指摘し得た。以上の結果からは、図示の主効果は得られないものの、この効果は類似性判断に基付いた刺激布置の適正化を促進する傾向を示唆し得よう。上述の図示の効果への考察として、最初に基礎領域に関連した具体的な情報が目標領域の新たな情報の具体化を促進する可能性を指摘し得よう。これに関連して、散文の理解に対するモニタリングの実験においてもテスト質問の数の増加に伴って散文の理解に対するモニタリングの効率向上が指摘されている(Weaver, 1990)例をも併せて考えた場合には、挿入質問と図示による想起への促進を指摘し得よう。Weaverは上記のテスト質問によって類推の基礎領域内での推論成立に必要な関係性と機能性の想起が促進される可能性を指摘し、これに引き続いた過程である推論と仮説構築、目標領域への写像とそのフィードバックを用いた仮説の修正への促進が得られるという可能性を強調している。類推において推論と写像の対象となる表象の想起への促進という上記の解釈以外に、視覚的なスキーマがテキストの表象に統合される際には閲読内容の推論と学習とが促進される可能性(Donnelly, C. M., & McDaniel, M. A. 1993 p. 977)を指摘し得よう。しかしながらDonnellyなどがその3番目の実験結果の考察の項で指摘する様に、類推による学習促進には具体的な表象から得られる効果以上に大きな要因が関与する傾向も同時に指摘し得よう。類推による学習促進の要因の一つとして基礎と目標の2領域を関連付ける構造化または機能を包含し得る抽象的なスキーマが活性化され(NovickとHolyoak, 1991)、これが目標領域に関する推論を促進する可能性が指摘されている(Donnellyの実験4)。思考における仮説検証の研究においても類推によって仮説の構成要素となる命題の検索への促進が得られるほか、これらを用いた仮説の構成の際にはスキーマと具体的なイメージとがこれらの命題や構造化への検索、その結果を問題場面に写像する試み(Thagardなど, 1992)、写像の適用(Carbonell, 1986)とその結果から仮説を修正する試みのそれぞれに寄与する過程が想定されている。散文理解の過程において示されたこの様なスキーマの機能としては、閲読内容に関する推論と体制化を促進して基礎領域を確立させる機能を想定し得よう。特に閲読文の最初の文節が基礎領域として機能するほか、後続のパラグラフはこれとの比較を通じてその構造化が進行し、この構造化がさらに後続の文節に写像される(Gradwohl-Nashなど, 1993)過程で挿入された質問は上記のスキーマを活性化する可能性をも想定し得よう。その反面、スキーマが活性化される文脈は基礎-目標両領域の具体性と親近性に規定されるという指摘すら行われ、熟知された領域の知識が直接に活性化されるならば類推からはスキーマなしでも

新たな目標領域の推論が導かれる可能性も想定されている (Donnelly と McDaniel, 1993, 総合考察の項)。以上を要約した場合、本実験で扱った挿入質問の効果としては、Phye の指摘するスキーマの生成への促進とそこから派生した写像への促進効果に対応した結果を指摘し得よう。さらに閲読内容の図示から得られた表象が閲読内容の表象に統合された場合にこれらの推論への促進効果が得られたが、これらは先行オルグによる促進効果とも類似した結果である事をも指摘し得よう。上記の結果は散文と同時提示される類推の手掛かりと先行オルグとの等価性を指摘した Gilbert (1989) との対応をも想定し得よう。この論文では Novick (1988) と同様に入力と既得の知識との関連付け機能を強調したほか、類推によってイメージの活性化 (Ortony, 1975) をも想定しているが、この様な既得の知識とそのスキーマによる類推と、それらに対して推論能力が寄与する過程の検討は次節での課題となる。

2-2 類推による推論への促進

本節の課題は類推による推論の促進について基礎的な実験の展望を試みる事である。上記の Novick と Holyoak (1991) の指摘で明らかにされた様に、類推によって抽象的なスキーマが活性化された結果として、基礎-目標領域間に構造的な関連性が想起されるほか、このスキーマは新たな領域での推論をも促進する (Donnelly と McDaniel, 1993, 実験 4) 可能性も指摘されている。この様な推論と類推能力との相関関係を指摘する事が本節の課題となる。散文を材料とした類推と推論の実験としては、Clement と Gentner (1991) は 2 つの物語文相互間に類推が成立する様に「岩石を食べる有機体」と「データ収集を行う探検ロボット」などの物語文のペアを使用した。この様な条件下で、さらにペアーの一方の物語に見られる因果関係が他方の物語文にも対応付けられる条件下では、目標領域となる 2 番目の物語文の内容についての予測を求めた際にこの因果関係による推論が行われる傾向が強調されている。さらに Markman と Gentner (1993) によっても上記の様な対比は基礎-目的領域間の関係性への注目を促進するのみでなく、これらの間の適切な写像をも促進する傾向が強調されている。この様なスキーマの活性化の条件として Robins と Mayer (1993) は、明白な教示と作業記憶容量の必要性とを強調する。以上の指摘に共通するのは新たな目標領域の知識を既知の概念を用いて理解するという類推方略であり、類推で問われるのは熟知された基礎領域と新奇な目標領域との間の機能的な対応付けのみである。ここでは、目標領域の知識のただ一つの領域に属する具体的な表象のみを扱う逐語的表象の想起は問題にならない。さらにこの様な対応付け、写像または転移の対象となる知識機能として、Larkin (1989) はヒューリスティック方略と統制方略とを挙げている。Schraagen (1993) は上記のヒューリスティック方略は「如何に」課題を達成するかに、統制方略は「どの課題」を達成するかにそれぞれ対応した知識であるとの定義を試みている。前者は未知の課題への転移の基底と定義され、これに対応する手続きではイメージ操作が挙げられている。統制方略の例としては、作文の熟達者は最初に主題を述べてこれに末梢的な事項を付加すること、さらにその結果として作文とその構図の統制が可能となる結果 (Bereiter と Scardamalia, 1987) を挙げている。光田 (1994b) は上記のヒューリスティック方略の例として類推能力を挙げ、これが閲読内容についての推理再認とそのモニタリングの効率との相関関係を変化させる過程について検討している。

その実験仮説として、(イ) Mitsuda (1995) と同様に、閲読文の登場人物相互間の類似性評定値を INDSICAL 分析した結果からは閲読文の提示に先立って与えられた先行オルグによ

る刺激布置の明確化の効果を指摘し得る事、(ロ)先行オルグの明確さによって上記の刺激布置の変動が示される事及び、(イ)RobinsとMayerの指摘する「明確な教示によるスキーマの活性化」に対応して、類推と推理再認の成績を求めてさらに先行オルグの条件別に相関係数値を求めた場合、明確な先行オルグを与えた条件下ではその相関係数値は最大となる。さらにこれとは逆の傾向として、推理再認と経済学の苦手意識との相関係数値は最小になる結果を予測した。

方法としては、(イ)材料文は堺屋太一著「噴出する国際情報」(「実業の日本」誌 '92. 2)より「日本のマスコミは独自のキャンペーンを行わず、官僚に統制された条件下で政治を論じる。これでは明治以来の啓蒙主義の時代に見られた官僚主導と変わらない。自由民権運動は官僚以外の視点で政治的キャンペーンを行う。アメリカの新聞は官僚の統制よりも読者から取捨選択される。日本の戦後の野党は官僚主導のソ連を理想とした。従って野党は軍国主義は否定しても官僚とは対決出来ない。だから政党の全てが組合、業界と官僚の応援団または族議員の集団となる。ところが官僚に操作された情報であっても、分析が適切ならば正しい予測も不可能ではない。賢明な評論家は歴史と新聞報道から類推して、ソ連の崩壊を予測出来た。」という42文、1850字(マスコミ文)及び、堺屋太一著「日本の先端技術：ニューハードが世界を変える」(「実業の日本」誌 '91. 11)より「人が求めるものはソフトであり、ハードは希望実現の手段に過ぎない。エジソンが蓄音機を発明してもベストセラーのレコードを作らず、実際はビスマルクの演説のレコードを作って飽きられた。ビデオの普及もカセット化よりも映画ソフトの普及による所が大きい。ハードは同じでも使用法を変化させると物の概念も変化する。ベンツが自動車を発明した時、これは馬のない馬車であり、素人による運転と管理は不可能であった。フォードが自動車の大衆化に成功しマイカーという発想を可能にしたのは取り扱いの簡素化が原因であって、大量生産によるコストダウンは2次的な原因に過ぎない。旧ソ連の産業はノルマによって生産を義務付ける古いソフト、鎌とハンマーという古いハードに頼って破綻する。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。これがさらに電算画面での作図などニューハードの導入を加速する。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」20文、1620字(ニューハード文)をそれぞれ1文ずつ画面に提示して被験者ペースで閲読させた。(ロ)被験者は徳島大学総合科学部3年生38名が個別に参加した。彼らはほぼ等数ずつ、先行オルグの条件別に下記の3群のいずれかに割り当てられた。最初に直接的な先行オルグが与えられる群には「この文は日本のマスコミが官僚と対決すべき事を述べた」(マスコミ文)及び「この文はニューハードとニューソフトが世界の秩序を変える事を述べた」を、間接的な先行オルグに対応した群には「この文は情報の質が重要である事を述べた」(マスコミ文)及び「この文は技術革新の意義を述べた」(ニューハード文)をそれぞれ提示した。残る1群は文を黙読する様に指示された。(イ)α)上記の文の閲読後に下線の登場人物相互間の類似度の5段階評定値の入力を求め、さらにその確信度と反応時間を求める手続きはこれまでの実験と同一である。(b)さらに上記の「マスコミ」文、「ニューハード」文のそれぞれについて閲読文の逐語再認及び、内容からの推論を求めた推理再認のそれぞれについてその内容の熟知の程度を5件法で入力させる再認検査項目3問ずつ計6問を画面で与えた。ここでは3の入力でチャンスレベル、正反応に5では5点、誤反応に5の入力で1点となる。(c)この他、国語の苦手意識、経済・社会の苦手意識について個別に5件法で入力を求め、さらにその確信度を求めた。(d)次に

Robins と Mayer (1993) と同様に、下記の例の様に類推によって正しい項目を選択してその番号をキー入力するテスト（例：部分－全体関係の類推では「樹の森に対する関係は部屋の 1. 戸, 2. 窓, 3. 家, 4. 台所に対する関係である」）計 4 項目を 1 問ずつ提示し、上記の様な類推反応とその確信度の入力を求めた。

結果としては、(i)上記の方法の項(i)の(b)の推理再認成績の平均値を従属変数、それ以外の逐語再認成績、類推テスト成績、国語の苦手意識及び経済の苦手意識を説明変数とする重回帰分析を上記の先行オルグの条件別に行った結果、(a)先行オルグを与えない条件下では、経済の苦手意識は推理再認の説明変数となる ($\beta = .50$: 「マスコミ」文, $\beta = .78$: 「ニューハード」文)。このほか「マスコミ」文では、上記の経済の苦手意識 ($\beta = .47$) と類推成績 ($\beta = .15$) がそれぞれ逐語再認の説明変数となる。(b)間接的な先行オルグを与えた条件下では、逐語再認成績を従属変数とした場合、「マスコミ」文では類推成績が ($\beta = .59$)、「ニューハード文」でも類推 ($\beta = .13$) と推理再認成績 ($\beta = .52$) が有意な説明変数となる。推理再認成績を従属変数とした場合、「マスコミ」文では有意な説明変数は見られないが、「ニューハード」文では経済学の苦手意識 ($\beta = .58$)、逐語再認成績 ($\beta = .13$)、類推成績 ($\beta = .09$) がそれぞれ有意になった。(c)直接的な先行オルグが与えられる条件下では、推理再認成績を従属変数とした場合、類推 ($\beta = .50$) と推理再認成績 ($\beta = .09$) が説明変数となる。逐語再認成績を従属変数とした際には推理再認成績 ($\beta = .40$) が有意な説明変数となる。「マスコミ」文では有意な説明変数は見られない。(ii)逐語再認成績と経済学の苦手意識との相関係数値は先行オルグが与えられる条件下では減少し、直接的な先行オルグの与えられる条件下で負の相関が得られた（オルグなし、間接的先行オルグ、直接的先行オルグの順に「マスコミ文」 : $r = .478$, $r = -.081$, $r = -.354$; 「ニューハード」文 : $r = .578$, $r = .307$, $r = -.276$)。1 要因共分散分析の結果からは「ニューハード」文の場合のみ先行オルグの効果が有意になる ($F(2, 32) = 2.945, .05 < p < .10$)。次に推理再認成績と類推との相関関係を求めた結果からは、上記の経済学の苦手意識の場合とは逆に、直接的な先行オルグの与えられた条件下で相関係数値が最大に、先行オルグを与えない条件下で相関係数値は負になる（オルグなし、間接的先行オルグ、直接的先行オルグの順に「マスコミ文」 : $r = -.352$, $r = -.017$, $r = -.105$; 「ニューハード」文 : $r = -.198$, $r = -.257$, $r = -.506$)。しかしながらいずれの材料文についても、共分散分析の結果からは有意な先行オルグの効果は得られない ($F(1, 31) = 2.104, p < .10$)。この他、分散分析の結果からは直接的な先行オルグが与えられた条件下では推理再認成績の向上が示唆されたが、いずれの材料文についても 10%水準の差しか得られていない。以上の結果からは、明確な先行オルグが与えられた際には、経済学が苦手でなく、類推能力の高い被験者ほど推理再認の成績が高い傾向を指摘し得る。(iii)上記の先行オルグの条件別に文の登場人物相互間の類似度の評定値を求めて INDSCAL 分析した結果が図 5 である。この結果は先行オルグの効果を取った筆者のこれまでの報告 (光田, 1994, 1993) と同様に、明確な先行オルグを与えた条件下では刺激布置の適正化が示されたと言えよう。以上より上記の仮説(i)と(ii)に対応した結果が示されたと言えよう。

以上の考察として、上記の結果(i)に述べた様に、直接的な先行オルグを与えた条件下では閲読文の登場人物相互間の関係に関する複雑で適正な関係のモデルが得られた点に注目し得よう。本実験で用いた INDSCAL 分析をも含めた多次元尺度法の適用については、これらが閲読と長期記憶における幾何学概念の体制化を表現する機能が強調されている（例えば

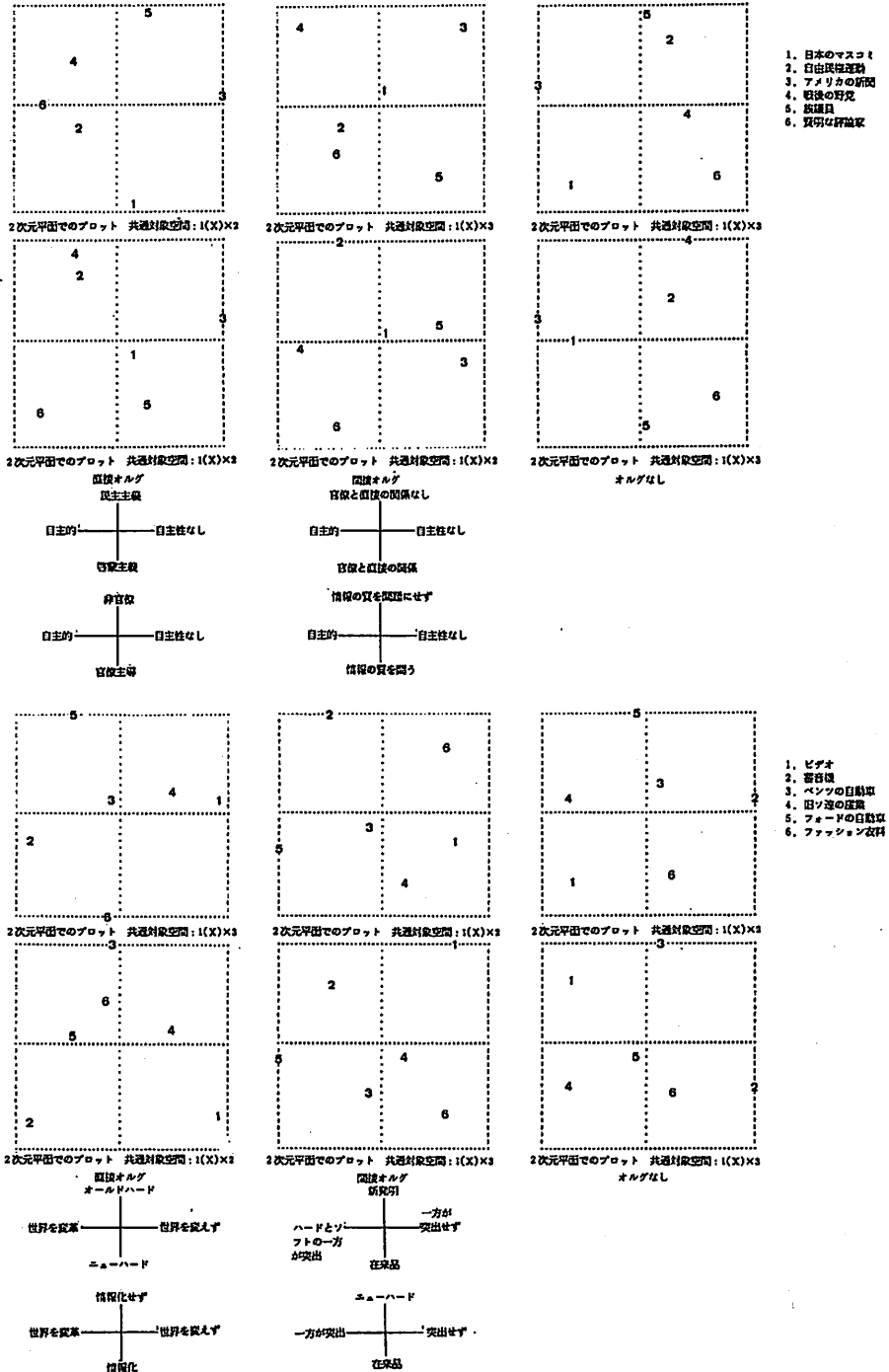


図5 先行オルグの条件別に見た類似度評定値の INSCAL 分析結果

McDonald, 1989) 現状をも併せて考えた場合、上記の結果は上記の先行オルグによって体制化された認知構造の複雑さと適正さの差異を示すものと言えよう。次に閲読内容についてこの様な体制化の差異が生じる過程では最初の仮説(1)と一致して、教示によるスキーマの活性化を指摘し得よう。さらにこの様なスキーマの活性化から得られた促進効果として、経済学の知識利用と一般的な類推能力の効率的な活性化を挙げる事も不可能ではないと考えられた。上記の経済学の知識利用の例に示される様に、領域固有の概念や知識は知識の方略の柔軟な適用を制約する可能性も指摘し得よう。例えば Bassok と Holyoak (1989) は物理学課題解決法がこれと同形の代数の文章題の解決に向けて転移し難い反面、物理的な内容を扱った代数文章題の解決法は同様の内容の問題解決に転移した結果から、中3の被験者が物理学の領域と代数の領域間で課題の同形性に関する期待と理解との困難さを指摘したほか、課題の内容よりもその構造的な理解の意義を強調する。上記の結果(4)の項に述べた様に、先行オルグの与えられない条件下では経済学の苦手意識と推理再認との間に正の相関が、直接的な先行オルグ条件下ではこれとは逆に負の相関に示された結果からは、Bassok などの指摘する様に領域と文脈上の制約を超えた構造的な抽出する関する訓練と教授・学習活動の意義を指摘し得よう。

2-3 結論と要約

本報告では、類推とイメージ操作の能力のそれぞれが幾何学習の成立を促進する過程とその年齢差を明らかにし、さらに散文理解における類推能力の効果を指摘して来た。本報告の前半では、大学生は中学生と比較した場合に点対称の概念を用いた写像を効率的に行い得る傾向を指摘し、さらに説明文中に挿入質問を与えた際にはこの効果が顕著に示される結果を強調したほか、中学3年生では説明文の閲読中に挿入質問を与えた条件下でのみイメージ操作能力が類推の説明変数となる傾向を強調した。この様にイメージを操作して点対称の概念を活性化し、さらに平行四辺形の構成を行う過程では点対称のスキーマ、Swanson (1993) などの定義では問題の構造的な知識が課題解決に関する情報の選択に関する推論を促進する過程を想定し得よう。さらに上記の2-1節においては「ヘッドハント」の構造的な図示を行った際には刺激布置の適正化を指摘し得たほか、2-2節で指摘した様に直接的な先行オルグの与えられた条件下では経済学の苦手意識と推理再認成績が負の相関を示した。これらの結果は上記の点対称の場合と同様にスキーマによる推論への促進効果を示唆するものと言えよう。しかしながら、2-2節で指摘した様に先行オルグを与えない条件下では上記の苦手意識と推理再認成績との間に正の相関が得られた結果からは、課題の領域を超えた自由な推論の困難さを強調し得よう。この様にスキーマが推論を促進する過程のみでなく、推論と写像以外にも記憶の活性化によって課題の分類と適切な推論とが中断される可能性が想定されている。この様な形で記憶に依存した課題解決を行う場合には限定された領域のみを扱った推論が行われ、その結果として必ずしも適切な反応が得られないのみでなく、時には反応の偏向すら予想されている (Richard と Leynet, 1993)。この様な現状では、散文理解における類推と表象のアクセスを可能にする手掛かりの与え方 (Wharton など 1994) に関する詳細な検討が今後の課題として残された。

文 献

- Bassok, M., & Holyoak, K. J. 1989. Interdomain transfer between isomorphic topics in algebra and physics. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 15, 153-166.
- Battista, M. 1990. Spatial visualization and gender differences in highschool geometry. *Journal for Research in Mathematics Education*, 21, 47-60.
- Berger, R., & Reid, D. K. 1989. Differences that makes difference: Comparisons of metacomponential functioning and knowledge base among groups of high and low IQ learning disabled, mildly mentally retarded, and normally achieving adults. *Journal of learning disabilities*, 22, 422-429.
- Bereiter, C., & Scardamalia, M. 1987. *The psychology of written composition*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Bilystok, E. 1989. Children's mental rotation of abstract displays. *Journal of Experimental Child Psychology*, 47, 49-71.
- Borkowski, J. G. 1992. Metacognitive theory: A framework for teaching literacy, writing and math skills. *Journal of Learning disabilities*, 25, 253-257.
- Boulton-Lewis, G. M. 1993. An assessment of the processing load of some strategies and representations for subtraction used by teachers and young children. *Journal of Mathematical Behavior*, 12, 387-409.
- Brown, A. L. 1989. Analogical learning and transfer: What develops? In S. Vosniadou & A. Ortony (Eds.), *Similarity and analogical reasoning*. Cambridge: Cambridge University Press. p. 369-412.
- Carbonell, J. 1986. Derivational analogy: A theory of reconstructive problem solving and expertise acquisition. In R. Michalsky, J. Carbonell, & T. Mitchell (Eds.), *Machine learning: An artificial intelligence approach*. Los Altos: vol. 2. p. 371-392.
- Case, R., & Sowder, J. T. 1990. The development of computational estimation: A neo-Piagetian analysis. *Cognition and Instruction*, 7, 79-104.
- Chen, Z., & Daehler, M. W. 1989. Positive and negative transfer in analogical problem solving by six-year-old children. *Cognitive Development*, 4, 327-344.
- Clement, C. A., & Gentner, D. 1991. Systematicity as a selection constraint in analogical mapping. *Cognitive Science*, 15, 89-132.
- Donnelly, C. M., & McDaniel, M. A. 1993. Use of analogy in learning scientific concepts. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 19, 975-987.
- Fennema, F., & Tarte, L. 1985. The use of spatial visualization in mathematics by girls and boys. *Journal for Research in Mathematics Education*, 16, 184-206.
- Frasson, C., & Kaltenbach, M. 1994. Strengthening the novice-expert shift using the self-explanation effect. In J. E. Greer & G. I. McCalla (Eds.), *Student modeling: The key to individualized knowledge-based instruction*. NATO ASI series, Series F: Computer and systems sciences, vol. 125. Berlin: Springer-Verlag.
- Garnham, A., & Oakhill, J. 1994. *Thinking and reasoning*. Oxford, UK: Blackwell.
- Gentner, D. 1989. The mechanisms of analogical reasoning. In S. Vosniadou & A. Ortony (Ed.), *Similarity and analogical reasoning*. Cambridge: Cambridge University Press. p. 199-241.
- Gentner, D., & Gentner, D. R. 1983. Flowing waters and teeming crowds: *Mental models* of electricity. In D. Gentner & A. L. Stevens (Eds.), *Mental models*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates. p. 99-129.
- Gholson, B., Morgan, D., & Dattel, A. R. 1990. The development of analogical problem solving: Strategic processes in schema acquisition and transfer. In D. F. Bjorkland (Ed.), *Children's strategies: Contemporary views of cognitive development*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Gick, M. L., & Holyoak, K. J. 1987. The cognitive basis of knowledge transfer. In S.

- M. Cormier, & J. D. Hagman (Eds.). *Transfer of training*. San Diego, CA: Academic Press. p. 9-46.
- Gilbert, S. W. 1989. An evaluation of the use of analogy, simile, and metaphor in science texts. *Journal of Research in Science Teaching*, 26, 315-327.
- Goswami, U. 1991. Analogical reasoning: What develops? A review of research and theory. *Child Development*, 62, 1-22.
- Goswami, U. 1993. *Analogical reasoning in children*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Goswami, U. & Brown, A. 1990. Melting chocolate and melting snowmen: analogical reasoning and causal relations. *Cognition*, 35, 69-96.
- Gradwohl-Nash, J., G. M., Schumacher & B. W. Carlson, 1993. Writing from sources: A structure mapping model. *Journal of Educational Psychology*, 85, 159-170.
- Graham, S., & Harris, K. 1989. Components analysis of cognitive strategy instruction: Effects on learning disabled students' composition and self-efficacy. *Journal of Educational Psychology*, 81, 353-361.
- Halford, G. S. 1988. A structure mapping approach to cognitive development. In Demetriou, A. (Ed.). *The Neo-Piagetian theories of cognitive development: Toward an integration*. Amsterdam: North-Holland. p. 106-136.
- Halford, G. S. 1993. *Children's understanding: The development of mental models*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Halford, G. S., & Boulton-Lewis, G. M. 1992. Value and limitations of analogies in teaching mathematics. In Demetriou, A. Shayer, M., & Efklides, A. (Eds.), *Neo-Piagetian theories of cognitive development: Implications and applications for education*. London: Routledge. chap. 10. p. 183-209.
- Holyoak, K. J. & Koh, K. 1987. Surface and structural similarity in analogical transfer. *Memory & Cognition*, 15, 332-340.
- Hutchinson, N. I. 1992. The challenge of componential analysis: Cognitive and metacognitive instruction in mathematical problem solving. *Journal of Learning disabilities*, 25, 249-252.
- 岩崎由美 1994. 図による推論と定性推論, 人工知能学会誌, vol. 9, 183-189.
- Johnson-Laird, P. N. 1989. Analogy and the exercise of creativity. In S. Vosniadou & A. Ortony (Eds.), *Similarity and analogical reasoning*. Cambridge University Press. p. 313-331.
- Keil, F. C. 1989. *Concepts, Kinds and Cognitive development*. Boston: MIT Press.
- Klimesch, W. 1994. *The structure of long-term memory. A connectivity model of semantic processing*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates. p. 131-173.
- Koedinger, K. R., & Anderson, J. R. 1990. Abstract planning and perceptual chunks: Elements of expertise in geometry. *Cognitive Science*, 14, 511-550.
- Kosslyn, S. M. 1980. *Image and mind*. Harvard University Press.
- Kulhavy, R. W., Stock, W. A., Verdi, M. P., Rittdhof, K. A., & Savenye, W. 1993. Why maps improve memory for text: The influence of structural information on working memory. *European Journal of Cognitive Psychology*, 8, 375-392.
- 楠見 孝, 松原 仁 1993. 認知心理学におけるアナロジー研究. 情報処理. vol. 34, 536-546.
- Laborde, C., & Laborde, M. 1992. Problem solving in geometry: From microworlds to intelligent computer environments. In Ponte, L. P. & Matos, J. F. (Eds.), *Mathematical problem solving and new information technologies*. Berlin: Springer. p. 177-192.
- Larkin, J. H. 1989. What kind of knowledge transfers? In L. B. Resnick (Ed.), *Knowing, Learning, and Instruction: Essays in honor of Robert Glazer*. Hillsdale: NJ. Lawrence Erlbaum Associates.
- McDonald, J. L. 1989. Cognitive development and the structuring of geometric content *Journal of Research in Mathematical Education*, 20, 76-94.
- Markman, A. B., & Gentner, D. 1993. Splitting the differences: A structural alignment view of similarity. *Journal of Memory and Language*, 32, 517-535.

- Meadows, S. 1992. *The child as thinker: The development and acquisition of cognition in childhood*. London: Routledge. p. 69-87.
- Mayer, R. E. 1982. Memory for algebra story problems. *Journal of Educational Psychology*, 74, 199-216.
- Mayer, R. E., & Gallini, J. K. 1991. When is an illustration worth ten thousand-words? *Journal of Educational Psychology*, 82, 715-726.
- 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. 散文の構造的な手掛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 1984. 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 1987. 文章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, 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. 数学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.
- Mitsuda, M. 1993a. Effects of imagery representations and question aids in comprehension of geometry texts by elementary school children, junior-highschool and college students. *Japanese Psychological Research*, 35, 45-55.
- Mitsuda, M. 1993b. Successive processing abilities and question aids as determinants of geometry learning in mentally handicapped students. *Psychologia*, 36, 151-158.
- 光田基郎 1994a. 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号, 53-78.
- 光田基郎 1994b. 類推成立過程における図示と挿入質問の効果—判断の主観的妥当性に関するINDSCAL分析—. 日本心理学会第58回大会発表論文集, 886.
- 光田基郎 1994c. 類推による推理再認成績の向上について, 中国四国心理学会第34回大会発表論文集, 123.
- Mitsuda, M. 1995. Facilitative effects of advance organizers on analogy use. *Japanese Psychological Research*, (印刷中).
- 三宅芳雄 1991. 理解と知識. 人工知能学会誌, vol. 6, 834-842.
- Montague, M. 1992. The effects of cognitive and metacognitive strategy instruction on the mathematical problem solving of middle school students with learning disabilities. *Journal of learning disabilities*, 25, 230-248.
- 仲谷喜雄 1994. 図による推論の研究の最新動向. 人工知能学会誌, vol. 9, 210-215.
- Novick, L. R. 1988. Analogical transfer, problem similarity, and expertise. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 14, 510-520.
- Novick, L. R. 1992. The role of expertise in solving arithmetic and algebra word problems by analogy. In J. L. D. Campbell (Ed.), *The nature and origins of mathematical skills*. *Advances in Psychology*, vol. 91. Amsterdam: North-Holland. p. 155-188.
- Novick, L. R., & Holyoak, K. J. 1991. Mathematical problem solving by analogy. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 17, 398-415.
- 小島 良 1994. 幾何概念理解に関する実験的研究—類推による幾何公式の理解に関する年齢差—. 徳島大学総合科学部卒業研究.
- Ortony, A. 1975. Why metaphors are necessary and not just nice. *Educational Theory*, 25, 45-53.
- Phe, G. D. 1990. Inductive problem solving: Schema induction and memory-based transfer. *Journal of Educational Psychology*, 82, 826-831.
- Richard, J. F., & Leynet, M. E. 1993. The effect of knowledge and context in the elici-

- tation of inferences in class-inclusion reasoning. *European Journal of Cognitive Psychology*, 5, 149-171.
- Robins, S., & Mayer, R. E. 1993. Schema training in analogical reasoning. *Journal of Educational Psychology*, 85, 529-538.
- 佐藤隆盛 1994. 電算画面で動く絵を用いた幾何概念の理解に関する年齢差—中学生と大学生による点対称の理解について. 徳島大学総合科学部卒業研究.
- Saeki, A., Ueno, N., & Nagasaka, T. 1991. Mediation as a generative model for obtaining an area. *Learning and Instruction*, 1, 229-242.
- Schraagen, J. M. 1993. How experts solve a novel problem in experimental design. *Cognitive Science*, 17, 285-309.
- Slife, B., Weiss, J., & Bell, T. 1985. Separability of metacognition and cognition: Problem solving in learning disabled and regular students. *Journal of Educational Psychology*, 77, 435-445.
- Sternberg, R. J. 1982. Reasoning, problem solving, and intelligence. In R. J. Sternberg (Ed.), *Handbook of human intelligence*: New York: Cambridge University Press.
- Sternberg, R., & Rifkin, B. 1979. The development of analogical reasoning. *Journal of Experimental Child Psychology*, 19, 195-232.
- 諏訪正樹 1994. 図情報による推論・学習制御. 人工知能学会誌, vol. 9, 196-200.
- Swanson, H. L., & Brock, S. 1993. The influence of working memory and classification ability on children's word problem solution. *Journal of Experimental Child Psychology*, 55, 374-395.
- Thagard, P., Keane, M. T., & Gilhooby, K. J. (Ed.), *Advances in the psychology of thinking*. New York: Harvester, vol. 1. chap. 1. p. 179-201.
- Thorndyke, P. W., & Hays-Roth, B. 1979. The use of schemata in the acquisition and transfer of knowledge. *Cognitive Psychology*, 11, 82-106.
- van Hiele, P. M. 1986. *Structure and insight*. Orland, FL: Academic Press.
- VanLehn, K., Jones, M., & Chi, M. 1991. Modeling the self-explanation effect with Cascade 3. *Proceedings of the 13th Annual Conference of the Cognitive Science Society*, Chicago, 11, 137-148. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Vosniadou, S., & Ortony, A. (Eds.), 1989. *Similarity and analogical reasoning*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Weaver, C. A. 1990. Constraining factors in calibration of comprehension. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 16, 214-222.
- Wertheimer, M. 1959. *Productive thinking*. New York: Harper and Row.
- Wharton, C. M., Holyoak, K. J., Downing, P. 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.
- White, B. 1993. Thinking tools: Causal models, conceptual change, and science education. *Cognition and Instruction*, 10, 1-100.

