徳島大学総合学科　人間科学研究
第2巻（1994）1－25

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 thier 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），散文の構造性理解に関する発達的変化（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），散文の閲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閲読文の再認成績との関連（光田，1987），上記のモニター活動の効率化に関する諸変数の効果（光田，1988），算数文章題の達成過程で示された空間表象による促進効果（光田，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c 06610118）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変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，「医者の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，医者と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と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(イ)過去に課題解決を行った例の想起，(ロ)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，(ハ)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関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。

類推の発達の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した発達的変化（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性の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「洗剤の石鹸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が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，課題解決方法に関した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，目標課題の構造性についての表象の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的な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能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能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性や規則性を理解し，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。この様な視点では，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)一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）＝（３×２）＋（３×１）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，構造性の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）は構造性の

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的変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(ハ)全体の処理容量の内で情報の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が3で割り切れる過程を理解させる目的で，$222 = 2(99+1)+2\times(9+1)+2=2\times99+2\times9+6$ 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

をも可能にし得よう。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図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，Uéno 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