

散文理解における類推の過剰適用に関する実験の展開

光田 基郎

Forging analogical connections in text comprehension tasks.

Motoo Mitsuda

Abstract: This study deals with student's overextension of analogical reasoning in text comprehension. The basic claim is that the need for coherence is the primary driving force behind almost all text comprehension activities. Facilitative and detrimental effects of analogy are seen according to the task demands. These results have implications for elaboration of instructional aids in text comprehension and algebraic skill use.

キーワード: 類推、教授活動、写像とその限界、数学文章題

序

本報告は、筆者による散文理解に関する展望(光田,1982:1983:1984:1985:1988:1989:1990:1991:1992:1993:1994:1995:1996a:1996b:1997:1998:1999)と同様、散文理解における巧緻化された情報処理に関する一連の文献展望の試みの一部である。

上記の各報告で考察を試みたトピックの概略は、散文の理解と記銘における情報処理の方向付け(光田,1982)、散文の構造的な理解に関する発達的变化(光田,1983)、情報処理スキーマ、または既得の知識構造が情報の統合と理解とを促進する過程(光田,1983,1984)、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処理過程を自己評価し得る程度と、そこで実際に示された読書の再認成績との関係(光田,1988)、上記のモニター活動の効率化に関する諸変数の効果(光田,1989)、算数文章題の達成過程において空間表象から得られた促進効果(光田,1990:1991:1992)、散文と幾何学習の理解において類推と知識利用の促進を意図した教授活動の効果(光田,1993:1994)、対称概念の理解における類推と空間操作能力の効果に関する年齢差(光田,1995)、一般的な類推の能力と教授・学習活動とが比例関係の理解に及ぼす効果(光田,1996a)、分数概念の理解と算数文章題の達成とを意図した教授活動が上記の類推能力と記憶容量の効率的な運用とを可能にする過程(光田,1996b)、教授活動が欠けたために読書内容の意味的な結束性(coherence)が不十分な場合、これを補償する類推の効果が顕著に示される可能性の強調(光田,1997)、読書内容とは無関係の類推能力が上記の結束性の向上に寄与する条件(光田,1998)及び、散文理解における類推の過剰適用の傾向とその自己抑制(光田,1999)のそれぞれである。

以上に引き続き、本報告では散文理解と代数の文章題の達成過程における類推の機能の示され方に関する文献展望を試みる。その課題は、類推の下位技能である写像とその範囲の自己規制の意義の強調である。以下の第1章では散文の構造的な結束性の理解と読書内容の記銘に対する類推の寄与の様相に関した文献展望を試みる。ここでは上記の結束性と記銘との関係を指摘し、結束性の欠如を補償する新たな推論と写像の条件に関する文献の展望を試みる。第2章では、類推が上記の結束性を補償する過程の実験を報告する。以上

の過程で、柔軟な類推が散文の理解を促進するとの提言の試みが本報告の課題となる。

第1章 散文の結束性 (coherence)の理解における類推とその柔軟性

序

昨年度の展望に引き続き、読論文の内容に関する類推がその表象の結束性を補償する可能性を指摘することが本章の課題となる。その第1節では、Kintschによる散文の結束性に関する最近の研究の展望を試み、散文の表象としての状況モデルが構築される際に命題相互間の結束性が必要視されるに至った過程の概略を指摘する。第2節ではこれらの結束性と読内容の記銘の関連に関する提言を試みる。ここでは、アクセスされた表象の構造とその活性化の方向性、アクセスされた表象と状況的な文脈との一致または連続の関係による反応時間の短縮と、不連続の場合は既得の知識に基付いた新たな推論の必要性(例えば Magliano, Zwaan と Graesser, 1999)などの指摘を通じて、読中の推論における既得の知識の寄与についての若干の問題点を指摘する。第2節では読論文の表象と既得の知識との対応付けに関する問題提起が課題となる。ここでは上記の対応付けとして読内容の推論と知識構造の更新並びにこれらの対応の方向性に関する指標として類似性判断における反応時間の検討を試みる。対応付けの方向性に関して Trabasso と Magliano (1996)は時間軸に従った説明、予測と連想という区分を試みるが、対応付けの範囲には論及していない。この点を類推によって補充する試みが第3節の課題となる。この際には写像関係の理解による対応の範囲の決定と対応付けの試みが基調となる。

第1節 散文の結束性の理解における知識利用：W.Kintschによる統合モデルの展開

1-1-1. 読論文の学習と読論文からの学習：テキストベースと状況モデルの区別

Kintsch (1988)は散文理解における情報処理操作として部分的・局所的な表象を扱うマイクロ処理と、読論文全体の表象を対象としたマクロ処理との対比を試みている。その処理の対象となる読論文全体の構造的な3水準として(イ)読論文の統語的または表層的な構造的性に関する表象、(ロ)意味的な水準の表象として、読論文の表象が時間的、または因果的な関連性に従って部分的な一貫性・結束性を保ち得た場合には命題の構造的なネットワークの構成を想定し、これらの構造の表象に対応するテキストベースと、これらのネットワークが階層的な構造として統合されて読論文全体の意味的な構造の表象となるマクロ構造を挙げたほか、(ハ)上記の読論文の表象の構成のみでなく、これらの表象が個々の読者の既得の知識構造と統合された形で巧緻化された表象となった状況モデルを区別している。さらに上記のテキストベースと状況モデルとを区別する過程では、前者に関しては読論文の構造の一貫性とその記銘学習の効率を規定する傾向を強調する一方、後者の規定要因として読者の側での表象の構成と符号化並びに新たな状況への適用を挙げている(Kintsch, 1986)。このような視点からは、読論文を構成する命題の構造的な一貫性乃至読論文の構造化の程度は読論文の学習、またはその文の再生と再認のみを規定する一方、読論文からの学習、または読内容の時間的・因果的な推論と読を契機とした知識の変容の際には読論文に記載された状況のメンタルモデルを巧緻化する知識操作が必要(Perring と Kintsch, 1996)とされた。上記の状況モデルを用いた実験の展開の様相としては、(イ)既得の知識と読論文の表象との対応の程度が読内容の記銘と保持に及ぼす効果(例えば Mannes と Kintsch, 1987 ; Tapiero と Otero, 1999)及び(ロ)多次元尺度法による状況モデルの構造の測定と図式化(Ferstl と Kintsch, 1999)が挙げられよう。この2方向に関する研

究の様相の概観と、次節以下で述べる類推に関する問題提起の試みが本節の課題となる。

1-1-2. 散文の内容的な一貫性がその保持に及ぼす効果

Kintsch(1988)が提唱した読書の表象の構成と統合のモデルは、数学文章題の理解をも含めた散文理解の基本をなす提言と言えよう。その基本は、個々の命題の表象が統合されて読書全体が構成される過程を記述したボトムアップ型の計算モデルである。ここでは、意図的な制御過程よりもコネクショニズムの原則に従った要素の連合が基調とされ、それらを統合した構造として命題のネットワークの構築も想定された。具体的には、読書の表象を構成する要素相互間に適合性が見られたならばこれらの連合の強化と矛盾する要素間の連合の消去とが再帰的に反復され、この様な形で読書の表象の構造化が進行するほか、次の統合の過程では要素の連合がネットワークにまで統合された結果として読書全体の表象であるテキストベースが描き出される過程が想定された。この統合過程の基調として効果の波及が強調された。上記の表象の構築過程で自動的に作られるテキストベースの内容としては(イ)入力と直接に対応した概念や命題そのもの、(ロ)既得の知識ネットワークの要素であって上記(イ)の要素と密接に結合した少数の概念や命題及び(ハ)推論された若干の命題に限定された。上記のテキストベースに一貫性が欠ける可能性はあっても、統合の過程ではネットワーク上の結節で一貫性を欠いた表象は活性化され得ない。以上の統合モデルを算数文章題の達成過程に適用した Mannes と Kintsch(1991)の実験では、課題の数学的なモデルの構成に先立って多くの可能な仮説が立てられ、課題の文脈に従って最適と考えられた選択肢だけに注目する過程が想定された。この実験が Kintsch の構造化と統合モデルとの整合性を示し得る理由として、知識表象の連合のネットワークの一部のみが文脈的な制約に従って選択される過程を強調した点を強調し得よう。

以上と同様、課題の制約の下で個々の連合が階層的な構造に統合されて行動の図式が成立するとの視点からは、散文理解における知識利用に関して下記の展開も試みられた。

Mannes と Kintsch(1987)は、読書の表象の符号化と記銘・保持過程を検討する目的でバクテリアを題材とした説明文の読書に先だって半数の被験者には読書内容の筋立てと一貫性を示す手がかりを与えて体制化を促進した。残る半数には読書内容の筋立てとは一貫しない手がかりを与える手続きで、読書内容の体制化の差異の検討を試みた。次に文の読書後には要約、既得の知識をも活用した内容の真偽判断、課題解決と手がかり再生を求めた。

読書内容の直後再生からは、上記の体制化を用いて一貫性を強調した条件下ではより完成したテキストベースの存在を示す結果を得た反面、要約の内容に反映されたマクロ構造の変容に関しては上記の体制化の効果は得られない。文の読書から2日後に行った要約に関しては、読書の筋立てに即応しない体制化の手がかりを与えた条件下では読書内容の要約に偏りを示したほか、既得の知識を用いた内容の真偽判断と課題解決に関しては体制化を促進する手がかりの場合以上の成績を示し得た。以上の結果からは、既得の知識との一貫性を示す体制化の際は読書内容がよく想起されるほか、読書内容が体制化と矛盾する際にはこれを解消する目的でより深い水準での処理が行われる可能性が示唆された。

この他に状況モデルの巧緻化と、読書全体として一貫性を欠く文の学習の促進も想定されている。例えば Tapiero と Otero (1999)は、Kintsch が指摘した読書の表象の構成と統合の過程のモデルの適用の実験を試み、読書の要素の連合による表象構成の過程では推論の規則の適用を、統合過程で散文全体の一貫性を得るための機制として効果の波及を

それぞれ強調している。ここでは閲読した文章または文節毎に上記の構築と統合という処理操作が反復され、特定の命題または文の構成要素が作業記憶で保持されて次の入力文との連合形成が試みられた結果からテキストベースの表象の一貫性が想定されている。

以上の過程では、新たに入力された文が全体の文脈の中で一貫性を欠いたならばその文の意識的な識別と記銘操作とが行われ、その後で意味的に一貫性を持つテキストベースの構築は可能であること、その一方、既得の知識をも働かせて閲読内容の統合的な理解を行って閲読文の状況モデルを構成する際には、この文に先立って提示された4文全てを想起して作業記憶内で巧緻化された処理を行う必要性が強調された。この報告の特色は、閲読文全体の文脈との一貫性を欠いた複数の文の提示後に閲読文の想起テストと内容理解テストをそれぞれ個別に実施し、前者をテキストベースの構築の様相の指標に、後者を閲読文の状況モデルの更新の程度の指標としたほか、巧緻化された処理を可能にする条件の変化によって個々の入力文が状況モデルに統合される過程を変容させた点を指摘し得よう。その実験結果として、閲読文全体としての文脈的な一貫性に欠けた文はテキストベースの構築のみでなくより巧緻化された状況モデルの更新に際しても影響を与えることと、これらの一貫性を示さない文への記銘手がかりと想起の促進効果とを得る傾向を強調した点でその独自性を指摘し得よう。しかしながら、この論文の指摘する情報処理の巧緻化に関してはネットワーク上での写像や推論などに論及していない点を批判し得よう。この点は、Kintsch の理論以外の視点で時間軸上の説明と予測とを扱った次節での検討課題となる。

1-1-3. 状況モデルに示された知識表象の構造的な測定に関する問題点

本項の課題は、Kintsch の最近の研究が上記のテキストベースの構築と命題の統合における知識の活性化の指標として多次元尺度法への注目を試みた過程の概略を指摘し、前項で述べた閲読文の表象相互間の連合とその方向性の測定の問題点を指摘することである。

Ferstl と Kintsch (1999) は上記のテキストベースの表象の構築に関する研究とテキストの記銘並びに想起の方法論とを対応させるほか、状況モデルの更新とテキストからの学習とを対応付ける過程で知識構造の測定を行う目的で多次元尺度法の導入を試みている。閲読文の表象の関連性、または構造的な測定に多次元尺度法を用いた試みが少ない理由として Ferstl と Kintsch は (イ) 多次元尺度法で扱われる表象相互間の心理的距離は幾何学的な距離であって非対称的な相互作用関係や布置は問題にしない上、この制約の下では閲読文の表象と知識領域とを幾何学的な次元の布置として扱う領域が制限されること、(ロ) 多次元尺度法で扱われる測定値は合成されたベクトルとして扱われた結果、実験条件と時間経過に伴って生じる反応の個人差には対処し難いと考えられたほか、従来の推測統計の技法が個人差要因の検討を避けた傾向 (例えば Zwaan, Langston と Graesser, 1995) を指摘した以外に、(ハ) 閲読文の表象と既得の知識表象との関連性に関して十分な知識が欠けた状態では知識表象や状況モデルの構造的な予測が困難となる点を特に強調している。

さらに多次元尺度法が適用された過去の研究の問題点として Ferstl と Kintsch は、従来の研究では二つの表象相互間の類似性または関連性を評定する手続きが多用された点を批判し、これらの対比較の方法が適用可能なのは少数の概念相互間に限定されるべきであることと、閲読文の多くの概念相互間で対比較は多くの処理資源を費やしてこれらの閲読文の情報からの学習に干渉する危険を強調するが、少数の概念相互間の写像には論及しない。

閲読文の内容に関するキーワードを記載したカードを閲読者に分類させる手続きで、理

解した内容の構造化またはこれに即した主観的な基準を明らかにする方法に関して、Ferstl と Kintsch はこの方法の実用性と結果の透明性とは反比例の関係にある傾向を指摘し、極端な例としては多数の項目を2群に分類させた場合にはこの様な分類結果から得られる情報は少ないこと、この際には殆ど全ての関係性と構造化に対して等しい重み付けがなされた点が問題との指摘を行っているが、重み付けに配慮したクラスター分析などには論及していない。以上の視点から Ferstl と Kintsch は散文の表象の記銘とその背景知識の構造化を連合のネットワークとして理解する目的で実験を試み、手がかりに対する連想反応とその出現頻度を指標としたネットワーク構造を提唱している。ここでは上記の Kintsch による構造化と統合のモデルを発展させ、散文の閲読によって知識表象のネットワークの変容が生じると同時に、既得の背景知識を用いてネットワークが巧緻化されるという相互作用をも強調した反面、閲読文の表象と既得の知識との統合の様相を明らかにし得ない (p.270) 現状をも指摘した。ここでは外部からの文脈の手がかりを契機として閲読文の表象がエピソード記憶の領域で検索され、これらが既得の知識ネットワークの下部構造としての機能をも果たす (Anderson,1983) 可能性が強調されたほか、閲読文の学習とネットワークの下部構造に関してはその連合強度をパスファインダーでモデル化する試みの提言を行った以外、コネクショニズムの発想に従った連合強度の図式化の様相は明らかでない。

以上より、上記の閲読文のネットワークの提言に関しては、従来の Kintsch (1998) の指摘と同様、散文理解において多次元尺度法を直接に適用する際の問題点とその対策を指摘した点にその独自性が求められよう。しかしながら、閲読文の表象の限られた特性とその写像操作に問題を限定した類推操作ならば、上記の多次元尺度法の妥当な使用によって閲読文の表象の構築に関する指摘も可能と考えられる。この点の検討が次章以下での課題となる。

第2節 散文の構造化が閲読内容の記憶に与える効果

1-2-1. 閲読内容の記憶と構造化

本節の課題は、上記の Kintsch による提言以外の文脈で展開された閲読内容の想起と構造化との関連性に関する研究を展望して、次章以下で述べる類推と記銘学習との関連付けの可能性を述べる事である。最初に、van den Broek, Young, Tzen と Linderholm (1999) は上記の Kintsch による散文理解のモデルの発端を閲読文の要素間の一貫性に注目したボトムアップ的な処理に求め、その目標を内容的な関連性と因果性に関する一貫性を保った表象の構築によって特色付けた一方、これらとトップダウン的な処理によって閲読文の要素を文の全体構造に関連付ける旧来の物語文法やスクリプト理論との対比を試みた。次に Kintsch による上記の構造化と統合を考えたモデルに関しても、このモデルが80年代以後の散文理解のモデルの典型であって、同時代の他の構造モデル (例えば Graesser, Singer と Trabasso, 1994) と同様に閲読内容の推論の様相を強調したほか、限られた作業記憶を活用した処理の様相をも記述し得た点を評価している。van den Broek などは、90年代の半ば以後の散文理解のモデルの役割は散文の理解とその表象の記銘との相互作用の様相の記述であるとの提言を試み、閲読内容の想起がアクセスされた表象の構造と表象の活性化の方向に規定される可能性を強調する。これらの2要因の交互作用の一例として、時間的に先行して提示された概念からの波及効果が後で提示された別の閲読文の表象に及ぶ可能性を想定し、効果の波及によって後続の概念との間に一貫性を得るために推論の機能を強調する。この他にも閲読内容となる2つの概念相互間に一貫性が示されない条件下では、時間

的に後で提示された概念からの波及効果の方が大きい場合には、これらが拮抗する先行の概念の記銘と想起の手がかりとなり得る可能性を強調した。van den Broekなどは、読論文の表象に関して命題の時間的な順序性と提示された表象・概念との2次元を考えた他、第3の次元として概念が活性化されて効果を波及させ得る可能性または活性化の程度を想定した立体地図の様な景観モデルを提唱する。この様な発想の下では、読論文に示された個別の概念とその活性化の程度は立体地図の中の突起の布置として表現可能であり、効果の波及の範囲とその方向をも図式的に表現し得る利点を示す。しかしながら、van den Broekなどが認めている様に、記憶の表象と表象の活性化水準は時間経過と文の提示の進行に従って変動する。この様な条件下では読論文のテキストベースに基付いた再生と状況モデルに従った推論とを区別して読論文の空間表象を構成(PerringとKintsch,1995)した場合ほどの厳密さは期待し難いモデル構成となる。以上の問題点を併せて考えた際には、上記の景観モデルで表現された概念相互間の対応関係またはこれらの概念を用いた推論に関して慎重な操作が必要となる。この様な現状では、状況モデルにおける表象の統合の様相が当面の課題となり、さらに表象の連想と反応時間の関連の検討も必要となる。

1-2-2. 状況モデルにおける表象の操作と更新

読論文の状況モデルが統合性を維持するためには、読読に際しての知識利用の方向付けが課題となる。この点の検討を試みた例としてMagliano, ZwaanとGraesser(1999)は、読論文の登場人物、その特性や設定のみでなく、これらの登場人物相互間の時間・空間的または因果的な関係性と意図などが読論文の状況モデルの各次元を構成するという視点でこれらの次元へのモニター活動に注目する。ここでは、散文の読者が上記の次元のいずれかでの変化を理解した場合に読論文の表象の更新の手がかりが得られる可能性を強調する。具体的には、入力文が先行の文の読論文内容から構成されつつあるモデルとの間に文脈的な整合性や構造的な一貫性を示す際には入力とこれらの構造との間に写像関係が成立する反面、上記の次元のいずれかに対応性が欠けた際は読者はこれらの次元の目録の更新と読論文の状況モデルの修正とが必要とするとの提言を試みた。上記の状況を構成する次元の目録のモデル化に関してMaglianoらの散文理解モデルは、入力と既存の状況モデルとの間に一貫性が見られない場合には上記の状況モデル以外の既得の知識に基付いた推論を想定し、処理時間の増加も不可避となる傾向をも強調した。この視点は、文脈的な一貫性に従った写像関係の下での反応時間の減少を強調し得たほか、入力文と既得の文脈との不一致の際には文脈の更新を求めた点でGernbacher(1990)の構造化の枠組みの提言に近い。

しかしながらMaglianoらのモデルでは、読論文の表象相互間に結束性を見出してこれらを統合する推論には読論文の表象を長期記憶から検索する能動的な処理操作の反復が不可欠と考える反面、既得の知識に従った入力文の理解を受動的過程と考えた。次にMaglianoらはこれらの写像の前段階となる推論の方向性に注目し、文脈内で問題となったエピソードがなぜ生じたかを時間軸とは逆方向に遡って推論する過程との解釈と、これと逆に問題になったエピソードの結果の予測の過程を時間軸に従って想定したほか、入力と文脈とが時間的にみて同時に生起する場合はエピソードの連合を想定した。連合の事例は年齢、色、大きさと目標達成の手段等を挙げたが、連合の規定要因として既得の知識体系を考えた。上記の解釈の規定要因として既得の知識と、先行して提示された読論文の表象とその推論の寄与が挙げられ、さらに推論の7割を上記の解釈が占める傾向も強調したほか、

新たな登場人物の提示に際して解釈が生じ難い傾向の強調点も Magliano らの特色となる。

これらのモデルの多くは閲読文全体の結束性の理解を目的とした構造で、長期記憶の表象の更新に関しても実験的な検討は行わない。この点の詳細な検討が以下の課題となる。

長期記憶の表象の更新に関しては Wilkes と Leatherbarrow (1988)は、従来のスキーマ理論 (例えば Mandler,1984)の下で操作される記憶内容は静止的で更新され難い点の批判を試みた。ここでは従来のスキーマモデルの欠点として入力を既得のスキーマに同化するという符号化の操作は理解し得ても、そこでスキーマに関連した情報の更新と再体制化の過程は再度の符号化として扱われるほか、従来の符号化の指標に用いられた閲読時間や眼球運動では上記の更新の操作の指標として不適切である点も強調された。さらに Wilkes と Leatherbarrow は閲読内容の更新とそれに従った推論成立の条件として、新たな入力が当初の状況モデルを否定せずに別の意味内容を示すことの必要性を挙げた他、多義的な閲読文の閲読後に表題を与えた場合には再生への促進効果は得られず、表題を与えない場合と変わらない (Dooling と Mullet,1973)結果をも引用して記憶表象の更新とそのモニター活動の検討に関する教授活動の開発の必要性を強調した。以上に引き続き Johnson と Seifert (1999)は、閲読文のテキストベースの場合とは対照的に状況モデルの更新は生じ難いこと、その結果として閲読内容に関して矛盾する命題も併存して保持される可能性も指摘する。

1-2-3. 閲読文の表象の一貫性に関するモニターリング

閲読内容に関するテキストベースと状況モデルの構築への妨害を生じる過程として Cote と Goldman (1999)は、要素間の連合を可能にするだけの関連性と一貫性を備えた情報が検索されないか、または作業記憶での活性化の失敗を想定する。特に閲読文の表象に関連した情報を作業記憶で活性化するための条件として、この報告では閲読文の表象の形成過程でその一貫性へのモニターリングと、時間的に先行して入力された閲読文の表象から一貫性のある命題のみを選択的に強化するための意図的な知識利用の必要性が強調された。この指摘は閲読内容に関する因果関係の推論の意義を強調し、説明文の表象の構造化が上記の推論に寄与する傾向を示す反面、そのモニターリングの過程には論及していない。

Langston と Trabasso (1999) は状況モデルの構築の条件として、散文の閲読者が登場人物と意図並びに命題相互間の時間的、空間的または因果的な関連性を示す複数の表象を同時に活性化して検索する際の目録の必要性以外に、それらの一貫性へのモニター活動が不可欠である点を強調した。このモデルの特徴は、個々の閲読文の表象相互間の因果的な関連性に関するアクセスと推論によって記憶表象の更新が促進される過程を強調し、その基本として要素の連合をあげた点に求められよう。このモデルの特徴は、命題相互間の連合の程度、閲読文全体に対する個々の命題の重要性の主観的な評定結果及び、閲読目標のそれぞれとの関係で閲読時間の変化を生じる過程の検討を行ったほか、上記の推論の機能を強調し得た点に求められる。その反面、既得の知識の活性化の様相を具体化せず、連合とそのモニターリングの指標を求めた際にも上記の評定が表象の類似性の判断なのか論理判断に従った評定かを問わない点と、教授活動への論及の不十分さを指摘し得る。

Cailles, Denhiele と Jhean-Larose (1999)は、自動車エンジンまたはワープロの操作を述べた閲読文の理解と想起を求めた際には初心者特有の知識利用の様相として命題相互間の因果的な関連性の理解と想起を行う一方、中程度の習熟と熟達者の知識利用の様相の特色としては、これらの因果関係の表象を統合して階層的な構造化を持つ表象の形で理解と想起を

試みる傾向を強調した。この様な視点では、既得の知識の再構成が熟達の条件として強調されたほか、その手がかりに関しては、既得の知識と読文との直接の類似性が初心者の手掛かり再生を、構造的な類似性は中程度の習熟と熟達者の再生のそれぞれ規定する傾向が強調された。この他、読文内容に関する一貫性の理解とその想起の検討の課題としてはその知識領域の熟達者と初心者のそれぞれによる手段-目的関係の理解の様相の対比の必要性が強調された。この様に読文の理解と想起には読文の表象が手段-目的関係の構造的性を重視し、これらと具体的な動作の表象とを対応付ける過程 (Ericsson と Kintsch, 1995) の必要性を強調する立場からは、散文の理解と想起における構造的な類似性の寄与の様相の理解とその年齢差の検討の必要性が示唆されよう。この点が次項での課題となる。

本節で展望を試みた読文内容の表象とその一貫性の理解とを扱うモデルのいずれに関しても、前節で指摘した Kintsch のモデルと同様に読文の表象の構造的な類似性の検討の必要性を直接には指摘していない。しかしながら、これらのモデルの全てが読文の表象の統合過程における構造的な寄与を強調している事実からは、これらの表象の構造的な類似性とそれをを用いた類推並びにその限界をも視野に入れた検討の可能性が示唆されよう。

第3節 散文理解における構造的な類似性の寄与

1-3-1. 構造的な類似性の理解における知識の寄与

読文の表象の構造的な理解と記銘の様相を述べた前節に引き続き、これらの過程での知識利用の様相、特に表象の類似性の理解とその発達の過程の概略を指摘し、次章で述べる散文理解の実験に関する問題提起を試みるのが本節の課題となる。本項では読文の表象相互間の類似性の理解でなく、複数の対象相互間の関係性が $A:B=C:D$ という形で示された関係性の類似についての理解とその発達の變化を扱った研究の展開の様相を述べる事が課題となる。特に上記の類推の成立の過程では上記の A と B との関係は推論され、 A と C との関係は写像され、この推論の結果が C と D の関係に適用されるが、この様な関係性の理解の様相とその発達の過程の概略を指摘することが本項の課題となる。第2項以下では、これらの関係性をを用いた類推の成立に関する最近の視点の展望を試みる。第3項では数学学習における写像の意義を指摘し、次章で述べる類推の実験に関する問題提起を試みる。

関係性の類似を理解してこれらを類推と比喩における写像過程に活用する過程の発達の變化の特色として、Kotovsky と Gentner (1996) は上記の関係性の表象の變革を生じる条件として認知過程の決定的な變化を強調する立場と、知識表象の発達の變化のみで十分と考える立場の対比を考えている。前者には Inhelder と Piaget (1958) に代表される形式操作期における関係性の類似を理解する抽象的な思考の発達観及び、成熟に伴った情報処理容量の變化を強調した Halford (1993) の指摘が挙げられた。特に Halford の提言に関しては、関係性の類似の理解が2歳児以後の段階で示されるほか、その規定要因は成熟に伴った情報処理容量の発達の變化に求められた。さらにこれらの関係性の理解によって多くの対象相互間の関連付けの促進をも想定し、5歳児の段階では $A>B>C$ という3項目間の関係性の推論と類推も可能となる傾向を強調した点で関係性の表象の根本的變革に分類し得よう。

この様に対象相互間の関係性の表象の根本的な差異とその變革または成熟的な變化の年齢を考える立場に対しては「樹木に膝があるならば、樹木の絵のどの部位か」と指差を行わせて人体の部位と樹木との写像関係の理解を求めた際に4歳児と成人との間に差異が示されない例 (Gentner, 1977)、または2歳児でも「先端がフック状の道具を使えば対象

を手元に引き寄せられる」という道具の機能的な等価性を理解し得る (Brown, 1989) 結果を用いて知識表象の発達を強調した反論がなされた。これらの提言は、後述する Gentner (1988) や Goswami (1996) の類推観と同様、抽象的な思考の可能性に関する年齢差よりも具体的な知識の構造的な発達的变化という視点で関係性の類似を説明した点が特色となる。Kotovski と Gentner (1988) は関係性の発達とその変革に関する仮説として、年少児は最初に「赤いリンゴと赤いボール」の例で示される様に対象相互間の類似性に注目してその対応付けを試み、次の段階では「樹から落ちたリンゴとテーブルから落ちたスプーン」という例で示される関係性の類似に気づき、最後の段階では「リスが尻尾をひらひらさせていて樹上のリンゴをはたいたので、リンゴが樹から落ちた」という文と「乳児が横に動かした手が当たってカップがテーブルから落ちた」という文の類似性に気づく例を挙げて、これらの因果関係を示す高次の類似性の理解が可能となるまでの発達と個別の領域毎の知識の充実とを重視し、同一の比較操作の反復から関連性の理解に至る過程を重視する。

Goswami (1996) は、これらの関係性や構造的な類似性に関する推論が長期記憶からの出力とその表象の操作に依存する過程を考える。ここでは、個別の知識表象とその関連付けに関して上記の Gentner と同様に表象の類似性の理解を想定し、その抽象化と一般的な構造的な理解の様相も課題解決の可能性も明らかではない点を自ら認めている (p.134)。

以上より、散文理解に対する表象相互間の類似性の寄与とその間の知識利用の様相に関しては、未だに確定した視点は得られていない現状を指摘し得よう。この点に関する最近の文献展望と、次節以下で述べる実験に関する問題提起が次項以下での課題となる。

1-3-2. 類推による新たな表象の生成

上記の類推の成立過程としては、入力された具体的な目標領域を手がかりとした既知の基礎領域の検索並びに推論、写像とこれら2領域に共通する抽象的な構造的な転移などを想定した考え方が一般的である。これらに対して Turner (1999) は、類推過程の基本とは写像の意図と目的に規定された柔軟な知識操作であって、従来の類推モデルが規定する様な既知-未知領域間の転移のルーチンワークとは異なることと、類推の結果として新たな情報の生成を強調する。その主張の基調と考えられた写像過程の分析においては、従来の理論で強調された2領域間に共通した概念領域での対応付けではなく、カテゴリー性の判断に関する解釈の更新を繰り返して一貫性のある表象を生成し、そこで知識情報のネットワークを統合する操作が重視された。一例として、従来の類推研究で典型とされた「砦を攻撃する際に、狭い一本道に大軍を集中すれば敵が仕掛けた地雷による多くの被害が出る。この事態を避けるために、地雷が感応しない程度の小規模の軍隊を砦の四方に分散配置し、一気に集中攻撃して成功した」という文を理解した後にその内容から類推して、「一方向から強い放射線を照射した場合には腫瘍だけでなくその周囲の健康な細胞まで損傷するから、この腫瘍だけを破壊するには弱い放射線を四方から腫瘍に向けて集中的に照射すればよい」という解決に到達し得る (Gick と Holyoak, 1983) ための条件として、Turner は「地雷に感応して被害を出さない程度の規模に細分された軍隊」が「弱められた放射線」に、「地雷による兵員の被害」が「放射線による健康な細胞の被害」にそれぞれ対応させられ、さらにこれらの「減量」の意図の理解の必要性という新たな視点を強調する。この際には、上記の「細分された軍隊」や「弱められた放射線」が基礎-目標領域に対応する寄与空間を構成し、「被害を生じさせない程度まで人数削減や放射線の強度の低下」と

いう「減量効果」の表象が調和空間にそれぞれ対応させる提言を試みた。この他にも Turner はフランスの新聞に掲載された雇用政策への風刺漫画を類推の例として引用し、「雇用促進政策が奏功しない折から、胎児も将来への雇用不安からこの世への出生を拒否している」との奇抜な表現を用いた一コマ漫画に登場する新聞記事、胎児と出産の関係者が類推に寄与する空間を構成し、「雇用政策を批判する記事」のみでなく「胎児による拒否反応」の表現で政策への批判に関する表象を統合した調和空間を示す。この様な形で概念的なネットワークが構造化される段階として Turner は、(イ)上記の「減量効果」や「雇用政策論議」などを用いた例に示される様に様々な寄与空間の表象相互間の写像、(ロ)写像関係の確立による調和空間の要素の合成、次に(ハ)「減量によって被害を未然に防いだ後に集中攻撃」や「雇用政策の批判」など別の枠組みをも織り込んで新たな調和を行った構造の拡充と(ニ)これらの構造的巧緻化された理解という段階を想定する。従来の類推観の下では基礎一目的領域を類推に寄与する空間と対応させ、その同型性を用いて知識の一方向的な転移を想定したが、Turner はこれらとは対照的に、類推に寄与する空間の表象が統合されて新たな調和空間の表象が合成され、この調和空間の構造的性が新たな入力の特徴を同定するための推論の手がかりとして機能するほか、さらにこれらの推論と写像に従って上記の調和空間も更新されるという柔軟な処理過程が想定する。ここでは表象の統合と一貫性のあるネットワークの構築、並びにそこで構成された一貫性の波及のそれぞれが強調された反面、写像の範囲外の表象の記銘などへの論及が欠けた点をも指摘し得よう。

上記の Turner の類推観は、基礎一目的領域間の同型性よりも2領域の概念が一貫性を保った形で第3の概念空間に統合されるという視点で概念空間の合成と調和を強調した点が特色となる。これらを展開した Veale (1999)の写像観では、部分的な写像の数が少ない場合には全ての可能な組み合わせに関して写像の可能性が点検され、逆に写像の機会が過剰となればヒューリスティックな方略によって類推の基調となる構造が生成されて写像関係の基本となる同型性が維持される(p.41)との指摘が試みられたが、どの様な形で表象の統合と取捨選択が行われ、ここで統合されない概念属性はどの様に維持されるかは明らかでない。数学学習におけるこの様な写像関係の検討の試みの展望が次項での課題となる。

1-3-3. 数学学習におけるモデル構成

数学学習において、類推の基調となる同型性の理解が重視された理由として Moreno と Mayer (1999) は、数学学習法が従来の様に課題解決の経験の過程で数学的な規則を効率的に適用する技術の重視と抽象的な規則や法則の表象を内在化させる試み(例えば Anderson, 1993)とを重視せず、マルチメディアの導入と共に課題のメンタルモデルの形成を企図するに至った現状を挙げる。いわば課題のメンタルモデル形成を意図した学習とは、新たな課題と既得の知識表象の体系との結合によって課題の表象を同定し得る方略の獲得である。例えば数直線という図式的な表現を用いて数量の表象を形成してその操作を学習する際は、基数・序数という数量の体系の表象と数直線という空間表象との同型性の理解が数量とその操作の学習とを促進する傾向が強調された(例えば English, 1997)。

Lakoff と Nunes (1997) は、上記の数直線の例を用いた形で課題のメンタルモデルをさらに発展させ、加減算の操作と数直線での移動との同型性を用いた比喩的な表現を試みている。数直線という表現を用いてこの様な同型性を表現した場合には、具体的で図式的な表象と数量の表象とを統合した形で理解し得る反面、分数の加減算の表象は理解し難い傾

向が Moreno と Mayer(1999)によって指摘されている。上記のメンタルモデル構成の様相を指摘し、次章で述べる実験の問題提起の試みが本項での残された課題となる。

Johnson-Laird(1983)は読論文から得られた知識表象として図式的または音声的な水準の知識表象、次に読論文の表層構造に対応して自動的に構成された命題の水準の表象及び最も高水準の知識表象としてメンタルモデルの存在を想定している。メンタルモデルとは読論文の表象と読者の既得の知識体系との統合の所産であって、読内容の理解と共に更新される傾向が強調された。以上の視点からは、数直線という表現で数の体系を表示するのみでなく、上記の数直線上での移動と加減算の操作との同型性をも想定して数量的な体系を操作する事も可能となる。この様に読内容を図示した際にそこで描かれた表象を操作するための作業台の機能が示されるならば、それは図示によるメンタルモデルの表現と考えられる(Gyselinck と Tardieu,1999)。ここでは推論が上記のメンタルモデルまたは Kintsch の状況モデルの構築過程で中心的な役割を果たす機能が強調されたが、この点は次章で一次方程式の理解における類推の寄与と年齢差とを指摘する際の検討課題となる。

上記の図示が推論の巧緻化を生じ得るための具体的な機能としては、上記の Gyselinck と Tardieu は、(イ) 図示された要素の結合と体制化によって読論文の表象の一貫性と透明性を増進するほか、(ロ) 読内容の具体的な理解と解釈を容易にして、さらに(ハ) 読論文の表象の基礎的な部分並びにそれらの関連性と図示された表象との同型性を強調し、それらを作業記憶で関連付ける操作とその結果の記銘とを促進する変換機能(Levin, Anglin と Carny,1987; Hegarty と Just,1993)を挙げている。以上の観点から Gyselinck と Tardieu は、読内容の図示がメンタルモデルの構成を促進する(p.212)ほか、読中に挿入された質問を契機として読論文の表象とそのメンタルモデルを構成する要素相互間の関係性と構造的とが修正または再構築される過程で推論が成立する可能性を強調(p.213)した。しかしながら、ここでは散文の読中に挿入された質問による推論とその適用に関する具体的な論及を行っていない。上記の問題の実験的な検討は次章での具体的な検討課題となる。

1-3-4.総括

本章では、読論文の表象が統合されてメンタルモデルまたは Kintsch の提唱する状況モデルが構成される過程のほか、これらの過程における知識利用の様相の指摘を試みた。これらの統合とモデルの更新が反復される過程で散文の表象が一貫性を保持し得る条件として、Langston と Trabasso(1999)は文脈の理解とこれに従った因果的な説明と予測による文節間の結合とそのアクセス活動を挙げた。彼らは文節相互間の結合とその程度とを数量化する目的で散文の命題分析を試み、上記の一貫性の理解と表象の統合の指標としては文節間の読時間の変容を用いて散文理解のモデル化を試みている。このモデルの基調となる文脈的な一貫性とその推論手続きは読論文の表象相互間の因果的な関連性に従った説明と予測並びにカテゴリー区分の可能性に限定され、示された統合の程度の数量化を行った以外はこれらの統合の程度とエピソードの読時間との相関を求めた点が特徴となるが、この様な因果関係への注目は下記のように限られた範囲の学習となる傾向を指摘し得る。

物理学を例とした最近の知識習得過程の4段階として(イ) 文脈固有的で知覚的な表象の獲得と、現象的な型への期待の段階、(ロ) 前段階の表象を統合した形で因果関係の理解が可能となり、理解された表象を命題の形で表現する段階、(ハ) 素朴物理学の段階であり、操作の過程が中心となって因果関係の機軸の表象が階層化された形で統合される

段階と、(二)最後のエキスパート水準では現象が数量化された形の表象を用いて統合される段階を想定する。このいずれにおいても操作の過程が基礎的な表象の構造であり、必要な推論の機制の基調は類推と考えられた(Gentner, 1988)ほか、因果関係の比重は小さい。

この様な現状では閲読文の表象からメンタルモデルを構成する際も、特定の概念の獲得手続きとして概念固有の基礎的な制約に従った操作過程の表象を正しく構造化して樹状図の形で理解する(Slott, Chi, & Joram, 1995)過程でも、類似性に従った同型性の判断とその限界を理解して新たな構造的構築を意図した類推の展開が必要と考えられる。例えばCOPYCAT(Mitchell と Hofstadter, 1990)という類推モデルでは、 $abc \rightarrow abd$ の関係を推論した後には $ijk \rightarrow jil$ という関係性は理解し得るが、 $xyz \rightarrow ?$ という課題に対しては「右端の文字をアルファベットで後続の文字に」という概念または関係性の限界を理解して「左端の文字を先行する文字に」という関係性に移行して wyz という文字系列を入力するが、この様な写像の限界の理解とその規定要因に関する基礎実験が次章での課題となった。

第2章 散文理解と算数文章題の達成過程における類推の過剰な適用

序

昨年の報告(光田, 1999)に引き続き、本章第1節では散文理解、第2節では数学文章題の達成過程のそれぞれにおける類推の過剰な適用の効果を指摘する。本年度の報告では教授活動の条件別に主成分分析を試み、第1節では教授法の効果によって類推の寄与の程度が異なる傾向を指摘することが課題となるほか、第2節では数学文章題の達成過程における類推の寄与とその年齢差を指摘する。これらの実験結果の指摘を通じて、上記のGyselinck と Tardieu (1999)が強調した様に図示によってメンタルモデルの構築への促進とその際の推論の寄与が得られる過程に関する検討を試みる。

第1節 散文理解における類推の過剰適用

2-1-1. 散文理解における教授活動と類推の過剰適用

閲読文の内容に関する推論が効率的に活性化されるための条件としてKintsch と Franzke (1995)は適切な状況モデルが得られてその拡大解釈も容易であることを挙げた。この他、時間的に先行して与えられた状況的な文脈と一致した文を後で提示した際には推論によって両者が容易に結合されるが、不一致の文の場合には既得の知識体系に従った新たな推論を行ってこの文脈の中で提示文を理解する努力が必要であり、処理時間の増加も想定された(Magliano, Zwaan と Graesser, 1999)。以上の観点から、本項では散文の文脈の教示手続きを変化させた際、領域固有知識が散文理解に寄与する程度を変える過程を強調する。

実験

目的: 本実験では先行オルグの提示条件下では既得知識の寄与が最大になるほか、閲読文の表象相互間の類似性の評定に要する時間に関しては同一のクラスターに属する項目か否かによる差異が示される可能性を検討する。さらに類推の過剰適用が示される条件として、教授活動によって写像の目的を明確化し得る程度との関連で検討を試みる。

方法: (イ)被験者は徳島大学生29名が個別に参加し、被験者ペースで下記の文を読んだ。

(ロ)材料と手続きはフィールズ著「殿と重役」(イーストプレス社)の一部を実験目的に合わせて書き改め、「日本政府は関東軍による中国東北部での軍事行動を放置し、これ

が軍人の横暴と戦争の発端となる。新撰組は公武合体に反対するテロリスト集団である。彼らを重用した会津藩は後で監督責任を問われる。レーガン大統領は、部下が裏金を作り中米の政権転覆を図った故に議会で追求される。ゾルゲは旧ソ連のスパイである。多彩な部下を巧みに指揮して活躍するが、組織が破綻して一網打尽に捕らえられる。大石内蔵助は合議制を徹底し、過激な輩下全員に共通の課題を理解させて目標達成に導く。豊臣秀吉の参謀の黒田如水は策士で、国内統一後は危険人物と警戒される」という42文を画面上で1文ずつ被験者ペースで閲読する。上記の被験者の1/3は「この文は、専門家集団を組織した者がその監督を怠れば専門家の集団が暴走する事を述べた」との先行オルグを与える群、1/3は閲読中に4点の質問を挿入する群、1/3は無教示群にそれぞれ割り当てられた。

(ハ) 閲読後には、画面上にマウス入力で逐語・推理再認、閲読文とは無関係の単語の類推、文字系列 (arb,asb,aqb,atb, a?b)の正反応の選択と確信度評定値の入力を求め、次に類推の過剰(松、杉、桧、・・・横)、新奇な物語の要約を画面に提示してその教訓を理解し得る程度(球技の奇抜な練習法または地方の伝説と、習得すべき技能や風習などの目的との対応または写像関係の理解)並びに、閲読中に視点を変更した程度及び、登場人物の分類基準を理解し得た程度と歴史の得意さに関する5段階評定値の入力を求めた。

結果:(イ) 再認検査及び、類推と文字系列に関する正反応を求めてd'に変換し、再認の変数とそれ以外の各変数との相関を求めて3(教授活動:先行オルグ、挿入質問と無教示) x 2(再認:逐語、推理) 要因共分散分析した結果、(1)写像(伝説の要旨とそこから得た教訓との対応付けの程度)と再認成績の相関係数値に関して教授活動の効果(1%)が得られたが、これは上記の先行オルグ条件下では写像の可能性と再認とが負相関(逐語:r=-.206;推理:r=-.653)、挿入質問条件下で正相関(逐語:r=.190;推理:r=.509)を示す傾向と対応させ得よう。(2)この他、類推の過剰適用の傾向と再認との相関係数値に関して教授活動の差を得た。この相関は挿入質問の条件下でのみ類推の過剰適用と逐語再認とは負相関(r=-.422)を示すほか、推理再認と類推の過剰適用の相関も低い(質問:r=.125;オルグ:r=.263;無教示:r=.401)点と対応させ得よう。以上より、比喩の場合とは逆に類推では過剰適用を除き広範囲の写像を強調し得よう。

(ロ) (1)登場人物相互間の類似性評定の結果を教授条件別にクラスタ分析した結果からクラスタ内外の反応時間を求めた結果が表1である。先行オルグ条件でクラスタ差を示す。

表1. 教授活動とクラスタ内外の平均反応時間(秒)

	クラスタ内	クラスタ外
挿入質問	13.25	18.00
先行オルグ	9.38	19.50
無教示	12.33	17.00

(2)次に、類似性評定値と、その確信度評定値をINDS CAL分析して、登場人物相互間の類似性の次元を指摘し得た結果の一部を示したのが図1である。

これまでの筆者の発表

におけると同様、教授活動の効果による類似性判断の変化を指摘し得た。

(ハ) 教授活動の条件別に重回帰分析した結果、(1)挿入質問条件下では類推と視点の変更が逐語再認の、類推過剰と文字系列の理解とが推理再認の正の説明変数となる。

(2)先行オルグ条件下では、物語から写像して教訓を理解する程度が推理再認への負の説明変数、分類基準の理解が正の説明変数となる。以上より、教授活動が閲読文の表象に文

脈的な制約を与えた際は、上記の Kintsch 等が示唆する様に既得の知識を用いた推論によって表象の一貫性を求める操作が必要となり、その過程では再認への促進または抑制の効果が得られる傾向が示唆された。

(3)無教示条件下では物語から写像して教訓を理解する程度が逐語再認への正の説明変数, 推理再認では類推過剰が正の説明変数となる。以上, 教授法によっては広範囲の写像と類推の過剰適用の傾向とが散文理解を促進する可能性をも指摘し得る。

1. 関東軍
2. 新撰組
3. レーガン
4. ゴルゲ
5. 大石内蔵助
6. 黒田如水

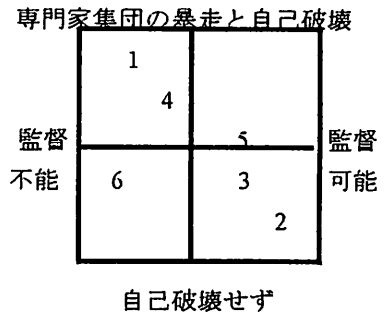


図1 類似性評定値の INDSCAL 分析の例 (挿入質問条件)

表2. 教授活動の条件別に見た主成分分析結果の要約

	挿入質問条件	先行オルグ条件	無教示条件
第1主成分	類推(.795) 教訓・写像(.790) (類推が主体)	歴史得意(.876) 基準理解(.793) (知識活用が主体)	逐語再認(.839) 歴史得意(-.863) (機械的な想起が主体)
第2主成分	視点変更(.734) (要点理解主体)	視点変更(.919) 教訓・写像(-.656) (写像限界理解が主体)	教訓・写像(.626) (写像範囲拡張が主体)
第3主成分	逐語再認(.742) (文の想起が主体)	類推(-.535) (推論制御が主体)	推理再認(.668) (推論生成が主体)
第4主成分	過剰(.714) (類推適用が主体)	過剰(.443) (類推適用が主体)	視点変更(.783) (要点理解が主体)
説明された分散	累積%=92.73	累積%=90.09	累積%=87.99

(4)この点を検討するため、教授条件別に主成分分析を試みた結果の概略が上の表2である。本報告は被験者数が少ない点に配慮すべきでも、各群共4主成分を得た結果からは一応、下記の可能性を想定し得よう。最初に挿入質問条件下では、閲読中に質問された表象に対する類推が第1主成分となる。これは被験者が閲読中に挿入された質問に対して既得の知識を活性化して反応する過程で閲読文のメンタルモデルを修正する事、その際は最初に現在構築しつつある文脈からの類推を行って閲読文の表象の統合と要点理解とを行う操作が顕在化するほか、次の段階で類推の適用限界に関する自己制御が必要と考えられる。

他方、先行オルグ条件では最初に既得の知識の検索に関係した主成分が示されたが、この点に関しては被験者が最初に先行オルグに規定された文脈に従った知識情報の検索を行い、次に推論を用いて閲読文の表象の要点理解とその写像範囲を理解する操作とが不可欠になる可能性を指摘し得よう。類推適用限界に関する自己制御が上記の挿入質問の場合と同様に第4主成分として示された結果からは、上記の Gyselinck と Tardieu の指摘と対応した教授活動に対するメタ認知反応が必要となること、具体的には閲読文の文脈に対する

推論とその自己制御として類推の過剰適用とその制御が顕在化する可能性を指摘し得る。
結論と要約:Nichols と Mittelholtz(1997)が類推のオーバーエクステンションへの対処と適正な写像の必要性を指摘(p.141-142)したのに引き続き、本報告は教授活動が上記の写像方向と類推の過剰傾向が散文理解を促進する可能性を示唆した。この点に関しては文脈に対する推論とその制御の様相として類推が果たす機能の明確化が今後の課題となった。

2-1-2.一次方程式の理解における下位技能とその年齢差

従来の発表(光田,日教心'97-'99)では、画面上での代数文章題の達成における類推の寄与と年齢差を指摘し、教授活動が写像に与える効果を検討した。これらに引き続き、梶(未発表)は下記のように Pick の定理(図2に示す様に、各図形の辺上の点の数を示す数値の1/2 マイナス1がその図形の面積に対応)の理解と図形内に点が2つある際の面積算出を求め、未知の領域の数学学習における類推の寄与、特に推論の活性化に伴う写像の範囲のオーバーエクステンションの様相の検討を試みた。

目的: Pick の定理を用いた課題解決過程での類推の寄与を被験者及び文の閲読中の教授活動の条件別に指摘し、類推のオーバーエクステンションへの対処を試みる。

方法: 被験者は県内市立中2年生22名と徳大生27名が個別参加。タッチパネル(NEC-PC9873L)を操作し、図を用いて定理の説明を被験者ペースで閲読。半数の被験者は閲読中に質問を4回挿入。閲読後には上の定理応用及び無関係の方程式、不等式、定量推理、類推(単語、図)、イメージの操作、文字系列(adc,aec,acc,afc,a?c)及び類推の過剰(松、杉、桧・・・横)のテスト計10項目の解答の選択反応とその確信度評定値とを上記のパネルで入力する様に求めた。上記の説明文と課題は合計22画面を提示した。

結果: (1)得点をdに変換後に年齢と挿入質問の条件別に主成分分析した結果が、表3である。以上の要約として、特に中学生では最初の主成分として、不等式や分配法則の理解などの代数的技能と同時に類推関連の因子の負荷が顕著に示される反面、大学生で類推の因子負荷は小さい。この点は被験者数を考えて慎重に考察すべきと考える。

(2)被験者間の差を求めて1要因共分散分析した結果を以下に示す。(a)Pickの定理を応用した課題(図の内側に点が2個の時の面積は?)達成と不等式、画像による類推のいずれとの相関係数値も中学>大学となる。(b)図示を併用した分配の法則の理解成績は単語類推または不等式的一方と相関係数値を求めても中学>大学となる。

この結果は Hiebert(1988)の指摘する様に図示による立式への促進を示す。(c)相関係数値が大学

生>中学生となるのは単語の類推と上記の定理の応用の相関に限られた。この相関係数値は中学生の無質問条件下で大きい。以上は Greeno, Moor と Smith (1993)の指摘する様に、類推による課題達成では、象徴化よりシミュレーションと現実の操作性の寄与が大きい傾

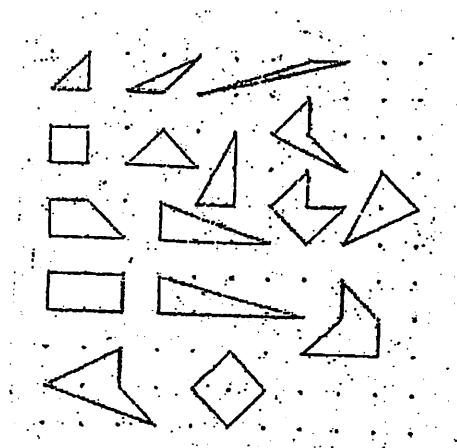


図2 Pickの定理

向と対比し得る。

(3) Pick の定理の応用、即ち図形内に点が2つ含まれた図形の面積を求めるための方程式を選択する課題の達成成績を従属変数とする重回帰分析の結果、(a)中学生では類推過剰が正の説明変数、大学生は不等式の理解が負の説明変数となる。これらの変数はいずれも写像と推論適用を示す。(b)中学生で説明変数となる類推の過剰の変数は、Pick の定理とは無関係の方程式の理解に対しても正の説明変数となるが、大学生ではこの変数が方程式の達成に対する説明変数となり得ない。(c)定量推理(比率)の成績は、中学生と大学生に挿入質問を与えた条件下では、Pick の定理の応用課題の達成成績に対して負の説明変数となる。

表3. 主成分分析結果

主成分	中・無	中・質問	大・無	大・質問
1	不等式/類推	比率/方程式	不等式/方程式	イメージ以外
2	方程式/類推	類推	方程式	不等式/過剰類推
3	過剰類推	方程式	類推/文字系列	イメージ/類推
4	文字系列	文字系列/類推	文字系列	
5			定量/過剰類推	
累積%	84.0	83.9	82.9	86.1

結論と要約：中学生は類推に依存する。特に無質問条件下では、課題達成成績に対する類推の寄与が大きい結果を一貫して指摘した。以上の結果以外にも、代数文章題達成過程では中学生と大学生の被験者に Pick の定理の応用と不等式のいずれかと類推との相関を求めた場合、相関係数値はいずれも中学生>大学生、図示を併用した分配の法則の理解と類推との相関係数値についても中学生>大学生という関係を指摘し得た。

以上の指摘からは、中学生は推論を過剰に適用してシミュレーションと現実の操作の試みへの促進をも示し得る反面、推論の活性化によって教授活動による理解の方向付けが抑制される可能性も想定し得る。この様な結果に対処して推論の適正化を実現すべき現状では、前記の Gyselynck が指摘する様に状況モデルの構築への促進は図示された構造的透明度に規定される可能性を重視して、電算画面上での現実の操作とその教授活動に透明性を持たせる必要を指摘視得よう。以上の観点からも、数学文章題の達成過程においては柔軟でしかも透明性のある写像領域の設定の企図とその教授活動が今後の課題となった。

2-2-1. 総括

本報告は、類推のオーバーエクステンションの実験報告である。閲読文の表象が内容的な一貫性を保つために推論が活性化された結果として、推論による閲読文の表象の更新と閲読後の再認への促進並びに抑制とを指摘したほか、中学生の被験者による代数文章題の達成過程では類推の機能が顕在化する傾向を指摘した。しかしながら、これらの結果は主成分分析と多次元尺度法を用いて得られた結果であり、この様に幾何学的な対称性を前提とした統計的な手法で散文理解の成立過程を問題にする研究の限界も Kintsch 等によって指摘されている現状にも配慮する必要性を指摘し得よう。類推による写像過程でどのような表象の操作が行われ、従来の写像観の基調となる同型性の理解に代わる柔軟な写像

操作の様相を指摘することが今後の課題として残された。

文献

- Anderson, J.R. 1983. *The architecture of cognition*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Anderson, J.R. 1993. *Rules of the mind*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Brown, A.L. 1989. Analogical learning and transfer: What develops? In S. Vosneadou & A. Ortony (Eds.), *Similarity and analogical reasoning*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Caillies, S., Denhiele, G., & Jhean-Larose, S. 1999. The intermediate effect: Interaction between prior knowledge and text structure. In H. van Oostendorp & S.R. Goldman (Eds.), *The construction of mental representations during reading*. Mahwar, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Cote, N., & Goldman, S.R. 1999. Building representations of informational text: Evidence from children's think-aloud protocols. In H. van Oostendorp & S.R. Goldman (Eds.), *The construction of mental representations during reading*. Mahwar, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Doolling, D.J., & Mullet, R.L. 1973. Locus of thematic effects in retention of prose. *Journal of Experimental Psychology*, 97, 404-406.
- English, L.D. 1997. *Mathematical Reasoning: Analogies, metaphors, and images*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Ericsson, K.A., & Kintsch, W. 1995. Long term working memory. *Psychological Review*, 102, 211-245.
- Ferstl, E.C., & Kintsch, W. 1999. Learning from text: Structural knowledge assessment in the study of discourse comprehension. In H. van Oostendorp & S.R. Goldman (Eds.), *The construction of mental representations during reading*. Mahwar, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Gentner, D. 1977. Children's performance on a spatial analogy task. *Child Development*, 59, 47-59.
- Gentner, D. 1988. Metaphor as structure mapping: The relational shift. *Child Development*, 48, 1034-1039.
- Gernbacher, M.A. 1990. *Language comprehension as structure building*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Gick, M.L., & Holyoak, K.J. 1983. Schema induction and analogical transfer. *Cognitive Psychology*, 15, 306-355.
- Goswami, U. 1996. Analogical reasoning and cognitive development. In H.W. Reese (Ed.), *Advances in child development and behavior*, vol. 26. New York: Academic Press.
- Graesser, A.C., Singer, M., & Trabasso, T. 1994. Constructing inferences during narrative text comprehension. *Psychological Review*, 101, 371-395.
- Greeno, J.G., Moore, J.L., & Smith, D.R. 1993. Transfer of situated learning. In D.K. Ditterman & R.J. Sternberg (Eds.), *Transfer on trial: Intelligence, cognition, and instruction*. Norwood, NJ: Ablex.
- Gyselinck, V., & Tardieu, H. 1999. The role of illustrations in text comprehension. In H. van Oostendorp & S.R. Goldman (Eds.), *The construction of mental representations during reading*. Mahwar, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Halford, G.S. 1993. *Children's understanding: The development of mental models*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

- Hegarty, M., & Just, M.A. 1993. Constructing mental models of machines from texts and diagrams. *Journal of Memory and Language*, 32, 717-742.
- Hiebert, J. 1988. A theory of developing competence with written mathematical symbols. *Educational Studies in Mathematics*, 19, 333-355.
- Inhelder, B., & Piaget, J. 1958. The growth of logical thinking and from childhood to adolescence. New York: Basic Books.
- Johnson-Laird, P.N. 1983. *Mental models*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Johnson, H.M., & Seifert, C.M. 1999. Modifying mental representations: Comprehending corrections. In H. van Oostendorp & S.R. Goldman (Eds.), *The construction of mental representations during reading*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- 梶 真吾 一次方程式の理解における類推の年齢差. 徳島大学 総合科学部 卒業研究.
- Kintsch, W. 1986. Learning from text. *Cognition and Instruction*, 3, 87-108.
- Kintsch, W. 1988. The role of knowledge in discourse comprehension: A construction-integration model. *Psychological Review*, 95, 163-182.
- Kintsch, W. 1998. *Comprehension: A paradigm for cognition*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Kintsch, W., & Franzke, M. 1995. The role of background knowledge in the recall of news story. In E.J. O'Brien & R.F. Lorch (Eds.), *Sources of coherence in reading*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Kotovsky, L., & Gentner, D. 1996. Comparison and categorization in the development of relational similarity. *Child Development*, 67, 2797-2822.
- Langston, M., & Trabasso, T. 1999. Modeling causal integration and availability of information during comprehension of narrative text. In H. van Oostendorp & S.R. Goldman (Eds.), *The construction of mental representations during reading*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Lakoff, G., & Nunez, R.E. 1997. The metaphorical structure of mathematics: Sketching out cognitive foundations for mind-based mathematics. In L.D. English (Ed.), *Mathematical Reasoning: Analogies, metaphors and images*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Levin, J.R., Anglin, G.J., & Carny, R.N. 1987. On empirically validating functions of pictures in prose. In D.M. Willows & H. Houghton (Eds.), *The psychology of illustration: Volume 1. Basic research*. New York: Springer Verlag.
- Magliano, J.P., Zwaan, R.A., & Graesser, A. 1999. The role of situational continuity in narrative understanding. In H. van Oostendorp & S.R. Goldman (Eds.), *The construction of mental representations during reading*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Mandler, J.M. 1984. *Stories, scripts and scenes: Aspects of schema theory*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Mannes, S.M., & Kintsch, W. 1987. Knowledge organization and text organization. *Cognition and Instruction*, 4, 93-115.
- Mannes, S.M., & Kintsch, W. 1991. Routine computing tasks: planning as understanding. *Cognitive Science*, 15, 305-342.

散文理解における類推の過剰適用に関する実験の展開

- Mitchell,M.,& Hofstaddter,D.R.1990.The emergence of understanding in a computer model of concepts and analogy-making.*Physica,D*,42.322-334.
- 光田基郎 1982.散文の理解と記銘学習における情報処理の方向性について. 徳島大学学芸紀要(教育科学). 第32巻,61-72.
- 光田基郎 1983.散文の理解におけるスキーマの効果. 徳島大学学芸紀要(教育科学). 第33巻,57-68.
- 光田基郎 1984.散文の理解と巧緻化された情報処理. 徳島大学学芸紀要(教育科学). 第34巻,28-38.
- 光田基郎 1985.文章の理解におけるモニターリングの発達について. 徳島大学総合科学部創立記念論文集. pp.285-304.
- 光田基郎 1988.散文の理解と記銘学習におけるモニターリングについて. 徳島大学社会科学研究所. 第1号,131-164.
- 光田基郎 1989.文章課題の解決過程における発達の要因. 徳島大学社会科学研究所. 第2号,123-156.
- 光田基郎 1990.算数文章課題の解決過程における発達の要因. 徳島大学社会科学研究所. 第3号,127-163.
- 光田基郎 1991.算数文章課題の解決過程における空間表象の効果. 徳島大学社会科学研究所. 第4号,133-169.
- 光田基郎 1992. 散文と空間表象の理解における知識利用. 徳島大学社会科学研究所. 第5号,181-216.
- 光田基郎 1993. 類推と空間処理における知識利用. 徳島大学社会科学研究所. 第6号, 203-239.
- 光田基郎 1994. 類推と知識操作における空間表象の効果. 徳島大学総合科学部紀要. 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. 徳島大学総合科学部紀要. 人間科学研究. 第2巻. 1-25.
- 光田基郎 1996a.類推成立における図示と教示の効果. 徳島大学総合科学部紀要. 人間科学研究. 第3巻. 1-22.
- 光田基郎 1996b.類推成立における教授活動の効果. 徳島大学総合科学部紀要. 人間科学研究. 第4巻. 67-86.
- 光田基郎 1997. 散文の結束性の理解における類推と教授活動の効果. 徳島大学総合科学部紀要. 人間科学研究. 第5巻. 15-44.
- 光田基郎 1998. 散文の結束性の理解とその促進における類推と教授活動の効果. 徳島大学総合科学部紀要. 人間科学研究. 第6巻. 23-42.
- 光田基郎 1999. 散文の理解における類推の適用とその限界について. 徳島大学総合科学部紀要. 人間科学研究. 第7巻. 49-66.
- Moreno,R., & Mayer,E.1999.Multi-media supported metaphors from meaning making in mathematics. *Cognition and Instruction*,17,215-248.
- Nichols,P.D.,& Mittelholtz,D.J.1997.Constructing the concept of aptitude:Implication for the the assessment of analogical reasoning.In Gay,P.,& Phy,C.(Eds.)*Handbook of academic learning*

- : *Construction of Knowledge*. New York: Academic Press.
- Perrig, W., & Kintsch, W. 1985. Propositional and situational representations of text. *Journal of Memory and Language*, 24, 503-518.
- Slott, J. Chi, M.T.H., & Joram, E. 1995. Assessing students' misclassification of physics concepts: an ontological basis for conceptual change. *Cognition and Instruction*, 13, 373-400.
- Tapiero, I. & Otero, J. 1999. Distinguishing between text base and situation model in the processing of inconsistent information: Elaboration versus tagging. In H. van Oostendorp & S.R. Goldman (Eds.), *The construction of mental representations during reading*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Trabasso, T. & Magliano, J.P. 1996. Conscious understanding during comprehension. *Discourse Processes*, 21, 255-287.
- Turner, M. 1999. Forging connections. In Nehaniv, C.L. (Ed.), *Computation for metaphors, analogy, and agents*. Berlin: Springer.
- van den Broek, P., Young, M., Tzeng, Y., & Linderholm, T. 1999. The landscape model of reading: Inferences and the online construction of a memory representation. In H. van Oostendorp & S.R. Goldman (Eds.), *The construction of mental representations during reading*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Veale, T. 1999. Pragmatic forces in metaphor use: The mechanics of blend recruitment in visual metaphors. In Nehaniv, C.L. (Ed.), *Computation for metaphors, analogy, and agents*. Berlin: Springer.
- Wilkes, A.I., & Leatherbarrow, M. 1988. Editing episodic memory following the error. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 40A, 361-387.
- Zwaan, R.A., Langston, M.C., & Graesser, A.C. 1995. The construction of situation models in narrative comprehension: An event-indexing model. *Psychological Science*, 6, 292-297.

科研・萌芽的研究（課題番号 11871022，人工知能研究振興財団助成（課題番号 11A1 第 282-1））及び、徳島大学教育方法改善経費の助成を得た。

（2000年 9 月 22 日 受付， 2000年 9 月 29 日 受理）