

## 散文の結束性の理解とその促進に対する類推と教授活動の効果

光田 基郎

Effects of instructional aids and analogies on text comprehension.

Motoo Mitsuda

This article attempts to figure out facilitative effects of text-based analogy on text comprehension and solution of word problems. Recent research which used analogies in school learning were reviewed. Recommendations for analogy were made in acquisition of coherent text representations.

キーワード：教授活動、テキストの結束性、類推、数学学習  
序

本報告は、筆者による散文理解に関する文献展望（光田, 1982:1983:1984:1985:1988:1989:1990:1991:1992:1993:1994:1995:1996a:1996b:1997）と同様、散文理解における巧緻化された情報処理に関した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能力の方向付け（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成立過程を自己評価し得る程度と、そこで実際に示された読書の再認成績との関係（光田, 1988）、上記のモニター活動の効率化に関する諸変数の効果（光田, 1989）、算数文章題の達成過程で示された、空間表象による課題達成への促進（光田, 1990:1991:1992）、散文と幾何概念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によって、上記の類推能力と記憶容量の効率的な運用とが可能になる過程（光田, 1996b）及び、散文の意味的な結束性（coherence）を向上させ得る教授活動が与えられない場合、これを補償するための類推の活性化が顕著に示される可能性の強調（光田, 1997）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数学文章題の達成過程で上記の結束性が理解される際、読書内容とは無関係の類推の能力が寄与し得る条件についての実験的な検討に関する文献展望を試みる。

以上の目的に従って、第1章では最初に散文の読書中にその結束性が理解される過程に関する展望を試みる。その第1節では読書内容の結束性とその補償による内容理解への促進についての検討を試みる。第2節ではこの様な結束性を補償する機能として、最近に展開されつつある類推の理論が述べる情報処理操作の検討を試みる。第3節以下では、散文の命題相互間の結束性を理解する過程の指標として読書視点、または分類の基準の変更を行った程度に関する自己評定を求め手続きをも併用して、読書視点と類推テスト成績のそれ

それが閲読内容の再認テスト成績に寄与する程度についての図式化を試みる。以上の手続きで教授活動を用いて情報検索を方向付け、類推における推論と情報検索の範囲の限定とを促進した条件下では、類推をも含めた処理操作の各々が閲読内容の再認を促進するという因果的な関係性の指摘が本章の基本的な課題となる。第2章では数学文章題の達成過程で課題と無関係の類推能力の寄与を指摘する。ここでは、一次函数の理解における中1と大学生の差異に注目し、課題解決の下位技能と類推能力とが課題達成に寄与する程度の年齢差を明らかにする。本章では年長の被験者による一次函数の理解の特徴として、年少の場合よりも下位技能の統合的な活性化が示される可能性を強調する。さらにこれらの下位技能相互間の因果関係に関しては、文章題の理解とは無関係の言語的な類推のテスト成績が分配の法則の理解に対する説明変数となる結果を強調し、規則の手続き化、行動図式とスキーマの形での写像と適用とが大学生では巧緻化される傾向をも指摘する。以上の実験結果からは、文章題の閲読過程で結束性のある表象、または首尾一貫した数量的な関係性の表象を操作する際に類推能力が果たす機能の強調を試みる。ここでは課題の表象が写像の基準を明確な形で維持する必要 (SanderとRichards, 1997)を指摘する。以上の結論として、教授活動の操作によって散文または数学文章題の表象相互間の結束性の理解の困難度に差異を生じさせた場合、閲読課題とは無関係の一般的な類推の能力が上記の結束性の欠如に対する補償効果を生じる可能性の強調を試みるのが今回の文献の展望の目的となる。

## 第1章 散文理解における内容の一貫性 (coherence)を補償する類推の機能

本章の課題は、閲読と理解が求められた散文の内容に結束性が欠けた際に、類推によってこれを補償する過程についての展望である。以上の目的で、本章第1節では散文の結束性とその補償について述べ、第2節では類推による結束性の補償、特に類推過程における情報検索とその方向付けの効果の強調を試みる。類推の下位過程として中本、椎名と森川 (1998)による展望では基礎領域と目標領域の表現、基礎領域の検索、写像とその結果としてこれらの2領域に共通するスキーマの帰納が挙げられたが、その写像とスキーマ帰納に対して基礎-目標領域間の構造的な類似性が寄与する過程について検討する事が第2節の課題となる。第3節では閲読内容の結束性を得るための操作である閲読視点の変更と類推とが閲読内容の理解と再認に寄与する過程に関する実験的検討を試みる。Kintsch(1998)による最近の指摘では、閲読文の具体的な表象であるテキストベース以上に抽象的、一般的でしかも完全な状況モデルの必要性が強調されたほか、これらの表象相互間の類似性を多次元尺度上で表現する手法に対する批判がなされたが、第3節ではこの点に関する若干の問題点を指摘し、次章以下で問題にする数学文章題の表象の結束性に関する問題提起を試みる。

### 第1節 散文の結束性の欠如を補償する類推の機能

#### 1-1-1. 散文と文章題の表象の結束性とそのモデル化

Kintsch(1998)の指摘では散文の理解と想起とを規定する要因として、体制化された記銘が挙げられた。具体的には、特定の散文の閲読と記銘ではその下部構造となる命題相互間の関係性が理解されるが、その条件として、散文全体が文の登場人物の意図とその結果という因果関係を示す系列の表象に対応した形で体制化される必要性(例えばTrabassoとvan den Brook, 1985)が強調されたほか、閲読内容の体制化の促進と内容の補填とを行って散文のマクロ構造の理解を促進する目的で、文節の表題や要約を与えて閲読内容の処理を方向

付けた際に閲読内容の想起の促進を指摘した例(Lorchなど, 1996)がその典型を示す。上記の体制化の諸相としてKintsch (1998)は知識を命題相互間のネットワークの形で表現し、その結節が命題、スキーマ、スクリプト並びに概念という階層構造をなす知識ネットワーク(p. 75)を構想している。以下では閲読文の表象の結束性という観点で上記のネットワークの保持に関する展望を試み、閲読の過程で知識ネットワークの結束性が維持され、誤った概念化の修正が得られる過程について検討する事が本節の最初の課題となる。

Kintsch(1998)による上記の知識ネットワークの活性化とその強度の規定要因として、作業記憶の範囲内に共存する表象相互間に形成される連合の強度が挙げられる。さらにこの知識ネットの上部構造となる概念の普遍性と一般性並びに学習による概念の変容が強調された一方、概念の意味的な可塑性すら指摘され、特定の概念に含まれる意味の規定要因としては情報処理の目標、過去経験及び、状況または意味的な文脈の効果も挙げられた(p. 75)。散文理解に向けて上記の可塑的なネットワーク上で情報検索が行われるという発想の下では、散文理解における情報検索が経験と状況に依存しながら必要な知識とその下部構造のみを活性化する過程が想定される。ここでは従来のスキーマ理論に準拠した情報処理観が知識構造の厳密な規定とその適用を重視した点への批判が行われる一方、閲読文の表象が構造的な整合性を得る過程の基本としては、厳密に規定された情報処理モデルの適用への依存ではなく、日常経験の水準で活性化される知識表象相互間の結束性が強調された。

Kintsch(1998)は散文理解における結束性を問題にする際に、散文のテキストベースと状況モデルという2水準を区別し、その各々の成立における結束性の寄与を指摘している。最初に散文の閲読者が閲読文の意味表象を構成し、これに対応した命題のネットワークがテキストベースであって、さらに閲読文の表象構造並びに詩の音韻などに対応した構造的な表象に対応する事、この水準で閲読文の命題相互間の結束性を補償する試みとしては、例えば「彼女が探していた野菜も果物も見出せなかった。彼女は狼狽した」という文と既得の知識とを統合的に活性化して上記の命題相互間の因果関係を推論する手続きで、閲読した命題相互間には直接に表現されていなかった状況モデルを構成する方略が想定された。

この状況モデルに関しては、上記の例の様に既得の知識構造を活性化して命題相互間の意味的な補填と構造化とが行われた場合に留まらず、閲読文には明記されていない閲読文全体の構造的な生成が行われ、イメージや既得の知識構造であるスキーマまたはスクリプトに従ってテキストベースの統合が行われる過程(p. 106-107)も想定された。上記のテキストベースと個々の具体的な状況モデルが示す一貫性または結束性とは、具体的な文脈と散文の閲読者の知識などの現実的な制約の下での結束性であって、電算科学、物理学や数学の用語、論理と体系または原則の下で示された一貫性や結束性とは異なる点がKintsch自身に指摘された。ここではNathan, KintschとYoung(1992)による問題モデルが引用され、代数学の文章題の達成過程では同一方向に移動する2台の車の速度の差及び、そこで追い越す車と追い越される車との具体的な位置関係に関する状況モデルは理解出来た場合でも、それらを代数学的な記号や等式で表現したり、さらに一般化された方程式の形で課題の解決の困難さが強調された。以上より、Kintschは個々の状況モデルで示す課題の表象を代数学的表記またはUNIXでプログラムした操作(Fishser, Heninger とRedmiles, 1991)などを用いて一般化された表現、理解とその解決とを可能にする問題モデルを課題の表層構造から区別している。一方、状況モデルと数学モデルの独立及び、相互作用は想定していない。

Kintsch(1998)による状況モデル観では、閲読内容に関する個々の具体的な状況モデルが統合され、これらが物理学や数学の用語を用いて一般化された表現が行われ、その理解と課題解決とが可能になるまでに巧緻化される過程が想定される。この様な発想の下で物理学や数学の説明文を理解する際は、妥当性と結束性に欠けた概念化の修正と新たな概念の獲得が必要と考えられるが、Kintschの状況モデルはこれと独立に機能する問題のモデルを想定したものでなく、類推によって既得の知識を適用しながら課題の達成を行う過程に関する論及にも不十分さを指摘し得る。その一例として、物理学の説明文や数学の文章題の達成において既得の概念が妥当性と結束性とを欠く際は、その修正と新たな概念の学習と類推の適用(例えばStavy, 1991)が不可欠視される現状の軽視を挙げ得よう。以上より、個々の説明文や文章題から得られた状況モデルが統合され、等式で示される数量の操作や物理学的な法則性の一事例を示すものとして類推と一般化とが試みられる過程と平行して、既得の知識の活性化と類推がこれらの閲読文の表象の結束性をも補填する過程も重視し得よう。この様な結束性と類推との関係性についての展望が本節の残された課題となる。

### 1-1-2. 状況モデルの展開

閲読文の状況モデルの統合と一般化の過程において命題相互間の結束性が補填される傾向に論じた例として、最初にEnglish(1997)による状況モデルが挙げられよう。このモデルは、基本的にはKintschによる上記の状況モデルを数学の文章題の解決過程で活性化した後、その表象を上記のNathanなどによる数理モデルに写像する操作手続の系列と考えられている。しかしながら、Englishによる閲読文のモデル化は上記のテキストベースと状況モデルと比較した場合、閲読文の表象に対応する構造モデルの下部構造のいずれもが数学的な課題解決の目的で活性化された表象であって、しかも知識操作と推論の目的で活性化された作業台という機能を果たすメンタルモデル(例えばHalford, 1993)を構成する点にその特徴が求められよう。これらのモデル上で展開される思考と理解の系列とその具体的な様相としては、最初に課題文の閲読から得られた表象として課題文のモデルの構成が想定されている。これはKintschの指摘した上記のテキストベースに対応した閲読文の表象であるが、課題が表現する意味的關係性と集合の論理に従った条件設定とを理解した結果から構成された表象という特性が強調されている。2番目の下部構造である課題状況モデルはKintschの状況モデルに対応させ得る反面、Kintschのモデルでは状況モデルに含まれた数量の体系やこれに関連した知識構造のネットは3番目の下部構造である数学モデルに含まれる点にその独自性が強調された(p.195)。数学モデルは上記のNathanなど(1992)のモデルの場合と同様に、特定の課題から得られた状況モデルを目標領域、課題解決に必要な数量的な構造の表象とその操作とを基礎領域として、これらの2領域に共通の構造的な関連性が写像される過程によって特徴付けられる。例えばEnglishとHalford(1995)は具体例を用いて数量的な構造的な類推を学童に求めている。ここでは27という数値を例として10進法の演算を理解させる目的で10個の立体の集合を2組と個別の立体が7個の集合を同時に提示した場合を基礎領域に、27という数値を目標領域とした写像の実験結果から、上記の2領域間に共通する数量的な構造的な構造とその一貫性または結束性を理解し、これに従った写像と新たな領域での応用とを自発的に行うのは学童では困難(Gholsonなど, 1997)と考えられた。以上のEnglishの指摘では算数文章題の達成過程における写像の機能の示され方の具体的な検討を試みた反面、数量的な規則性に関する知識とその結束性に寄

与する類推の機能とその促進に関する検討を行っていない点を指摘し得よう。このような数学文章題の理解と達成過程における類推の寄与に関する具体的な検討は次章の課題となる。

### 1-1-3. 散文理解における結束性の促進

本項では上記の結束性の促進による散文の理解と学習への促進を指摘した最近の研究の展望を試み、次節以下で述べる様に類推が結束性を補償する機能に関する問題の提起を試みる。最初に、McNamaraとKintsch(1996)は、学習の成果としては結束性を示す状況モデルの形成の必要性を強調し、その様なモデルの示され方としては、獲得された情報を新たな場面に適用する活動や、13-14歳の被験者が閲読内容の状況モデルを構成して言葉で表現 (Chiなど, 1994)したり図示する可能性を挙げている。この様な学習観と軌を一にした発想として、Goldman(1998)は閲読の方略という観点から上記の結束性の機能を指摘し、9歳児と13歳児を被験者として情報処理に関する文を閲読させた場合、文の表象相互間の関係についての因果的な関連性、条件分節または類推的な関連性の表象を構成した被験者ほど閲読内容の理解の促進が見られた結果を指摘している。さらに、閲読文の構造化を意識化して活用する際に示された効率的な処理方略としては、従来のテキストベースとその階層構造の図式的表現 (Kintsch とKeenan, 1973)を用いた際に上位に位置付けられた命題の想起よりも、命題間の因果的関連性に従った構造化を手がかりとした想起が顕著に示される結果を強調する。Goldmanは上記の命題の階層構造に従った散文理解と因果的または時間的な構造化の意識化のいずれの方略を用いた散文理解の場合でも、被験者が既得の知識構造に従った推論を行い、体制化のスキーマを効率的に適用してエピソード相互間の因果関係または時間的順序関係を理解する傾向を強調する可能性のみでなく、そこで閲読課題に対して柔軟に対処しながら適合したスキーマを選択する必要性を強調した。

Goldmanによる以上の方略観の下では、科学的な内容の説明文を最初に閲読する際の処理資源の配分は閲読文の命題の表象形成を意図して行われ、再度の閲読の際に必要な処理資源の配分では、閲読内容の推論を意図した作業記憶容量の運用が基本となる傾向 (Millis とSimon, 1994)が強調されている。さらに、新たに入力された閲読文の表象を統合して方向付ける文脈は、作業記憶内で活性化された既得の知識または閲読文の表象から構成された文脈である傾向が強調された。以上より、閲読文の表象相互間の統合の程度が高い場合は、作業記憶で行われる上記の統合操作に必要な情報処理資源の節減が可能であって、入力を上記の文脈または既得の知識表象に統合する過程の巧緻化は促進される。他方、命題間の結束性が低い場合は、閲読と理解に必要な処理資源も増加すると結論付けられた (Goldman とVerma, 1995)。以上のGoldmanによる指摘では、結束性による情報処理容量の節減を指摘し得た反面、この様な結束性の向上に対する推論の寄与に触れない点でMacnamara, Kintsch, SongerとKintsch (1996)による展望と比較した場合には不徹底さを指摘し得よう。

McNamaraなどによる結束性のモデルは、推論と既得の知識の活性化によって閲読文の結束性を補償する過程を重視している。この点では Kintsch (1992) が散文の構造化とその統合をモデル化した過程でテキストベースと状況モデルとを区別し、その結論では閲読文の結束性が高い場合にはその表層的な理解と想起は容易な反面、低い場合には処理資源を多く費やした能動的な処理と既得の知識の活性化によってその学習を促進し、状況モデルの構築のみが促進される傾向を強調したのと軌を一にした発想である。上記のMcNamaraなどによる状況モデルの指標としては、閲読内容に関する推論とその結果を新たな事態に適用す

る課題以外に、複数の文の意味内容を結び付けて解決を求めた課題が、上記のテキストベースの指標としては読解文の内容の自由再生と逐語再認がそれぞれ用いられている。これらのモデルは散文の結束性を獲得して理解に到達するための能動的な知識利用の意義を強調した点で、学習と理解、いわば学習の結果から得られた情報を新たな課題解決に適用する可能性 (Mayer, 1989) とを対応付けた反面、散文から得られた表象に対する認知、判断と反応の系列に関する具体的な論及に欠ける点を批判し得よう。

説明文の読解とその表象から得られた状況モデルを活用して新たな課題を達成する過程で用いられた方略の巧緻化に関して、Chi など(1989) の指摘では拙劣な解決方略の特徴として、説明文の表象を理解するよりも模倣した形で新たな課題に写像する傾向が効率的な解決者の場合の2倍以上も示される。一方、効率的な方略の特徴としては、説明文や練習問題の能動的な学習、既得の知識を用いた理解とそこで得られた原則や公式を新たな課題に適用する傾向を強調した。さらに Robertson と Kahney (1996) は説明文の読解の際には、新規な概念、規則とそれらの関連性の説明並びに例題という順序で構成された説明文のスキーマが構成される可能性、課題の表象とスキーマとの一致度の判断の役割及び、スキーマとの不適合から生じた誤解の成立に関する検討の過程で課題の与え方の意義を強調し、そこで活性化される類推の機能を強調している。以上から示唆される様に、散文の結束性が上記のスキーマの形成とその転移を促進するならば、そこで示される類推の機能の示され方に関する検討が必要と考えられるが、この点は次節以下での課題となる。

## 第2節 類推による散文の結束性への補償効果

### 1-2-1. 類推の基礎概念としての写像の問題

過去2年間には、多様な視点から類推に関する知見の展望と総括が試みられた。本節はその代表的な論文の数点についてその視点の特色を挙げ、併せてそれらの強調する類推機能が散文の結束性の欠如を補償する可能性についての検討を試みる事が課題となる。

最初に中本、椎名と森川(1997)による展望は最近の類推研究の動向を簡潔に要約している。その基本的な構想は、(イ) 類推の下位過程を(a) 目標領域の理解、符号化と表現、(b) 上記の目標領域と類似した表象を長期記憶から想起して基礎領域とする検索過程、(c) 検索された基礎領域と、理解が求められた目標領域の要素相互間の対応付けである写像及び、(d) 類推の結果として基礎、目標の両領域に共通するスキーマの帰納という区別を行うと共に、これらの下位過程の各々に関しては、後述する様な既存の理論相互間でどの様な差異が見られるかの対比を試みた点にこの展望の特色が認められよう。(ロ) 次に基礎-目標領域間で照合される類似性に関しては、最初に上記(イ)-(a)の表現と理解の過程の問題としてはリスプ言語での表記に準じた命題リストでの表現への批判が行われている。ここでは領域知識や意味素性の問題に沿った解釈の問題に対処出来ない事態が指摘され、等比級数を扱った文章題の公式は同一でも文章題の扱う対象により解釈が異なる例 (Bassok と Olsbeth, 1995) が引用された。上記(b)の検索過程では2領域に共通する属性や文脈などの表面的類似性の寄与 (Ratterman と Gentner, 1987) を、上記(c)の写像の段階では2領域間でそれぞれの要素間にシステムまたは関係性の水準での類似性と整合性に従った対応付けが顕著な傾向 (Spellman と Holyoak, 1992) を強調した他、プラグマティックな知識として、問題解決の目標とそれに関連する制約または基礎-目標領域間での目標の共通性の教示効果は上記(c)の写像と(b)の検索の双方を促進する (太田・山崎, 1995) 結果を指摘した。上記(d)の

スキーマの帰納の成立には複数の事例の比較、課題解決の経験からのフィードバックの必要性(NeedhamとBegg, 1991)を指摘する。(ハ) 第3の特徴として、類推に関する代表的な理論が扱う処理の過程を対比した点にその特徴を指摘し得よう。最初に、(a)基礎と目標の両領域の知識を全て属性と関係性の命題系列としてリスプ言語で表示した構造写像理論についてGentner (1983)は、対象の非写像と構造的な一貫性のみに従った写像以外に、複数の関係性を因果的に関連付けたシステム水準の写像を強調し、例えば「太陽は惑星より質量が大きいから惑星を引き寄せる」という形で複数の命題が統合された高階層の構造的な写像を典型とした。この点は後述のHolyoakなど(1989)によるプラグマティックスキーマ論が上記の(ロ)の(c)で述べた目標や制約などに従った写像とも、鈴木(1996)による準抽象化理論が写像を否定した例とも対照的である。上記の構造写像理論をモデル化する試みとして最初にSME (Structural Mapping Engine: Falkenhainer, Forbus とGentner, 1989)が挙げられた。このモデルは基礎一目標領域間の対応付けと写像の候補として、最初に関係性または属性という形で同じ形式の要素が対応付けられる部分的対応、次にこれらの部分的対応が構造化された一貫性と整合性に従って構造的な対応が形成される段階と、最後に上記のシステム性に従った対応付けと写像を想定する。SME以上に基礎領域の検索過程に注目し、その候補の選択をモデル化した類推観として、中本などはMAC/FAC(Many Are Called but Few Are Chosen:Forbus, GentnerとLaw, 1985)の概観も試みた。ここでは上記のMAC段階での表面的類似性の高い基礎領域の検索が、FAC段階は上記のSME同様に構造的なシステム性に従った少数の基礎領域の精選が強調された。これらのモデルに関しては、検索段階では基礎一目標領域間の表面的類似性を、写像段階では構造的な寄与をそれぞれ強調し得た反面、選択された基礎領域の構造に従った写像の様相の決定と、プラグマティックな情報が写像に影響しない(Gentner, 1983)可能性を批判し、スキーマの帰納の自動化の意義を(ReevesとWeisberg, 1994)指摘した点が中本などによる展望の特色を示す。(b) Holyoakなど(1989)の多重制約理論に関しては、中本などは写像の達成における構造的な制約以外に意味的制約として属性やカテゴリーを共有する対象の写像を強調した。ここでは構造的な制約に関して上記の(ハ)の(a)で指摘した構造的な一貫性を写像の条件とする立場との対応が想定されたほか、プラグマティックな制約が写像に影響する傾向の強調が試みられた。具体的には、上記の構造的な写像が統語論的な規則性を厳密に適用する形の写像を求めた結果として、課題解決としての類推の機能が軽視されるとの危険性を指摘し、目標領域に関する関係性と要素とが優先的に写像される制約以外は、構造や属性の制約が並列的に協調しながら知識ネットワーク上で実行されるという柔軟な写像過程を想定した点に特徴が認められる。Holyoakなど(1989)の類推モデルであるACME(Analogical Constraint Mapping Engine)の入力は基礎一目標領域を示す命題系列であり、これらは上記の意味的制約、構造的並びにプラグマティックな制約による重み付けを受けた後に、基礎領域のどの要素が目標領域のどの要素に対応させられるかという仮説が形成され、これらが写像単位として上記のネットワークの結節として機能する過程が想定された。上記の写像ネットの結節間に構造的な結束性や一貫性が見られる場合には活性化のリンクが、一貫性や整合性に欠けた場合には抑制リンクが張られるが、この際には意味的な類似性に関連した重み付けを行う意味ユニットと、課題解決にとって重要なユニットを活性化させるプラグマティックユニットのそれぞれが重み付けに加わって段階的にネットワークを更新する機能と、その結果

として活性値の高いユニットが写像の候補として選択されるという写像観が提唱され、リンクの活性化と抑制並びにコネクショニズムの発想に近い力の合成すら想定されている。しかし、類推の最終的な段階となるスキーマの帰納の決定要因に関してはコネクショニズムの典型であるレイヤー（透明な面で要素間の連合を図示）の合成による刺激布置を用いず、単に類推や比較の経験から学習した方略のみが強調される。類推成立過程において上記の柔軟性を強調し、写像以前の検索過程のモデル化を試みた例として、中本などの指摘ではARCS(Analogical Retrieval by Constraint Satisfaction:Thagard, Holyoak, Nelson とGochfeld, 1990)が一つの目標領域と複数の基礎領域との入力と、基礎—目標領域間の対応付けを可能にする活性リンクという発想を評価し、活性化と抑制のリンクが検索段階における競争を説明し得た点を強調する。その一方では、基礎—目標領域の表現の問題のみでなく、対応付けを仮説してそのリンクを張るという発想については情報処理容量に関する制限という視点から批判を試みている。しかしながら、上記の表現に用いられる引数の定義における制約に関する指摘は行われず、上記のARCSに支持的な影響を与えたコネクショニズムの背景に関する論及は試みられていない。この点は検索の負荷の節減を想定した理論として以下で述べる準抽象化（鈴木, 1996）にも共通する問題点として指摘し得よう。

(c)鈴木(1996)による準抽象化理論に関しては、類推が基礎—目標領域間の対応付けではなく、目標と視点に従って抽象化されたスキーマが基礎領域と目標領域の各々と関連付けられるという特性が強調されている。ここで強調された準抽象化は特定の目標と視点に従った符号化の操作であり、論理と形式的な抽象化とは区別されるゆえに準抽象化と呼ばれる。

上記の手続きで準抽象化されたスキーマは、具体的な課題解決の目的に従って以前に学習された基礎領域からアクセスされ、その目標領域に適用される規則や知識の集合と考えられている。ここではこれまでの類推モデルで主張されたシステムや目標の系列に従った写像の過程そのものが不必要とされたほか、類推の最終段階であるスキーマの帰納も自動的に行われる可能性が強調される。中本などはこの様な類推観への批判において、この様な符号化の過程に関しては、基礎領域の符号化のされ方の差異に関する問題も、具体的な目標領域の知識とそれ以外の知識との関係性並びに帰納されたスキーマと個々の領域知識との関係性に関する実証的な結果が示されない現状を指摘している。

中本による以上の展望は、類推に関する最新の知見を要約し、特に上記のGentner など（例えば、Gentner とMarkman, 1997）やHolyoak など（例えばHolyoakとThagard, 1997）による写像理論の最近の展開の様相を簡潔に示した反面、下記の点を批判し得よう。最初に類推は既知の知識領域の部分的特徴を明確にするメタファとは違って、既知の知識領域から複数の特徴を選択し、相互に関係付けて体制化して次に未知の行動領域と関連付けて統合する過程（Meyer, 1993）という視点から表象の結束性に関する検討を行っていない。中本などの指摘の第2の問題点として、上記のGentner などの理論が強調する想起とスキーマ帰納など写像以外の機能への論及は不十分であって、例えば基礎領域の結束性が高い場合には目標領域に関する写像と推論が促進される傾向（p. 52）を中本などが軽視した点を指摘し得よう。第3の問題点として、類推による課題解決という視点で類推の過程を考えた際、表象形成、想起、写像、適用とスキーマ帰納を指摘した先行研究（例えば、Keane など, 1994）と比較して、中本などの類推過程観は内容の具体性に欠ける点が挙げられよう。以上より、Gentnerによる構造的な写像が単なる類似性や対応に依存しない点を強調し、さ



らに上記の鈴木論文に関して検索の負荷の節減に関する検討を行うには上記の体制化の重要性を指摘し得よう。上記の写像以外の類推の下位過程の機能の指摘が次項の課題となる。

### 1-2-2. 類推における基礎領域の検索に関する問題

前項に引き続き、本項では類推の下位過程である検索とスキーマの帰納に関する操作について展望を試み、情報の体制化が類推を促進する過程の検討を目的としたものである。最初にKolodner (1997)のCBR(Case Based Reasoning)は類推において既得の事例の想起と現在の課題に対する応用の過程とその教授学習並びにモデル化を意図した点に特色が認められる。その具体的な展開の様相としては、類推の基本として現在の課題の達成の目標が明らかにされ、その達成方略として適切な情報を与える事例のみが必要に応じて過去の経験から選択的に想起され、さらにその適用の結果に関する推論の過程の各々が強調される。以上の類推観では、課題解決場面で適切な事例が想起されて適用され、さらにその成果が学習される過程を規定する要因として、過去経験と現実の課題の双方に関する評価・解釈と対応付けのみでなく、経験の分析とその更新(Ross, 1986)の効果も強調されている。以上、Kolodnerの指摘は、類推過程における符号化と想起の操作の重要性を指摘した反面、学習による概念の変容過程の具体的な様相を示唆したのではなく、概念の可塑性の指摘に留まった現状を指摘し得よう。この点は次節で扱う視点の変更の問題として残された。

類推過程における情報の検索とその結果の適用を重視した例ではHeydenbluthとHesse(1996)が挙げられよう。ここでは目標領域となる課題の表象の構築と、基礎領域に関する想起手がかりを設定してそれに従った検索を行う過程での抽象化と具体的文脈を離れた検索が強調された他、そこで検索された基礎領域の候補は上記の想起手がかりに従った形で再構成された後に目標領域に写像される過程が強調された。この理論の特色は、上記の写像の段階以外でも基礎領域と目標領域との対比の必要性を強調し、基礎領域では示されない属性または対象相互間の関係性を検索して目標領域の仮説を設定する過程を重視した点に求められる。特にこれらの仮説の検証に引き続いて、基礎領域の属性や関係性に関する知識が目標領域に適用される過程を強調した点がHesseの類推観の基調であり、写像と上記の仮説適用とを一体化した点も強調し得よう。以上の様に検索を重視する理論の展開に際してHesseなど(1997)は、限られた情報処理容量の限界内での処理の負荷の軽減という視点から、基礎一目標領域間で示された表層的な類似性が類推に与える効果を強調した。これらはGentnerなど(1993)が基礎一目標領域間の表層的な類似性や既存の知識が想起に与える効果のみを評価する一方、2領域間で対応可能な構造化を重視して、これらを用いた推論とそこで示された2領域間での一貫性を強調した場合とは相反する指摘である。

上記の準抽象化理論に準拠した検索過程における情報処理の負荷の節減について鈴木と栗山(1996)は準抽象化、いわば課題解決の目標と機能性に従って知識の体制へのアクセスが行われる結果として上記の目標構造や機能が類推の目標に割り当てられ、数学文章題の達成過程で費やされる情報処理資源への節減が行われる可能性を強調した。しかしながら、準抽象化指示が写像過程に与える機能は明らかでなく、準抽象化理論の指摘する「自動化されたスキーマ帰納」への影響に関してはより詳細な検討が必要な現状を指摘し得よう。

本節では類推の過程と情報処理の負荷軽減との関連性には論及し得た一方、処理操作の対象である知識の結束性の寄与について十分な情報が得られない現状をも指摘し得よう。結束性とその補償という視点より、類推における実用的知識の活性化が次節の課題となる。

### 第3節 類推による結束性の補償

#### 1-3-1. 効率的な写像による散文理解の促進

バイパスという表現を例とした類推は、支障を回避する特定の道路や鉄道が目標領域であり、これに対応する基礎領域として抜け道への写像が形成された際、この道や鉄道がトラブルや支障を避け、予想された通過地点や輻輳がないことなどの推論が可能となる。この類推の際には、基礎領域の一つの特性が目標領域に適用し得ない場合にはより抽象的な基礎領域が検索される傾向が上記のSanderとRichard(1997)に指摘される(p. 1460)。例えば抜け道という新しい抽象的な基礎領域の一般的な属性として、この道路の機能は本来の経路とは異なった通過点と推論され、その結果の再度の適用の試みが反復される過程となる。Sanderなどは、年少の被験者は抽象的な表象の理解が困難で、さらに課題理解と達成の方略も抽象的なら理解し難い傾向を強調する。反面、新たに抽象的な基礎領域を設定して写像し得た場合には知識の新たな体制化が可能になるとの楽観性も強調する。彼らは類推過程で上記の抽象化と一般化の傾向を指摘した反面、写像の過程そのものに関心を示さない。

Holyoakなど(1995;1997)による写像の基本は構造的な制約、表層的な制約または目標に関連したプラグマティックな制約であることは既に第2節第1項でのべたところではあるが、これら全てが結束性の問題でもあることがThagardとVerbeugt(1997)の指摘で強調された。この報告は類推における結束の要素を写像と仮説に、類推として受容可能な正の制約を上記の属性、構造と目標関連の制約に、類推として受容不能な負の制約を比喻と同様の1対1の写像関係のそれぞれに求めたほか、結束性の指標として対応性を挙げている。これらは、談話理解に関する結束性の要素を意味に求め、談話として受容可能な正の制約を意味的な関連性に、受容不能な負の制約を不協和の各々に求めた他、結束性の指標を理解に求めた点と対照的である。これらの類推観では、スキーマの帰納には論及していない。

以上より、写像の効率化と仮説の修正に関する検討の必要性を指摘し得よう。この2点が本章の残された課題となる。Zook(1991)の指摘では、写像の阻害要因として、基礎-目標領域間の非類似性、基礎領域の知識構造の不備、基礎領域の拡大または限定などの結果から生じた内容の誤解、類推に関する教示の誤解及び、写像手続きの未経験が挙げられた。

上記の阻害に対処して写像の効率化を企図した教授活動に関しては、物理の学習に際して誤った概念化を防ぐ目的で多くの事例と写像関係の提示(Brown, 1992)を行う例の様に、上記のGentnerによる構造的な写像とは矛盾する手続きすら用いられたほか、類推による教材理解の程度の自己評価への関心(Mason, 1994)など、一貫した方向性が示されない現状を指摘し得よう。上記の写像と仮説修正の実験を行い、散文理解のための視点を変えて読文の表象の結束性を保つ過程での類推の寄与を指摘する事が以下での具体的な課題となる。

#### 1-3-2. 写像の基準の理解に関する実験

昨年度の報告(光田, 1997)に引き続き、本項では散文を構成する命題相互間の結束性の理解と類推の関係に関する実験報告を試み、類推が上記の結束性の欠如を補償する可能性を検討する。本実験は、昨年と同様に教授活動の効果を検討し、読文の視点を変えて命題の表象相互間の結束性を得る活動と類推の寄与との相関関係の指摘を試みる。

仮説として(イ)上記のSanderとRichard(1997)が指摘する様な写像の基準の理解と維持とが教授活動によって促進され、文の結束性の理解は促進される。次に昨年の報告に引き続いて類推による結束性への補償を考えた場合、上記の基準理解並びに基準変更の程度と類

推との間には負のパス係数値が得られる。(ロ) 閲読中に教授活動を与えた条件では、閲読と無関係の類推と逐語再認は負の相関関係を示す。(ハ) 閲読文の登場人物相互間の類似性評定値のクラスタ分析によりクラスタ内外で反応時間の差を示す。以上3点を検討した。

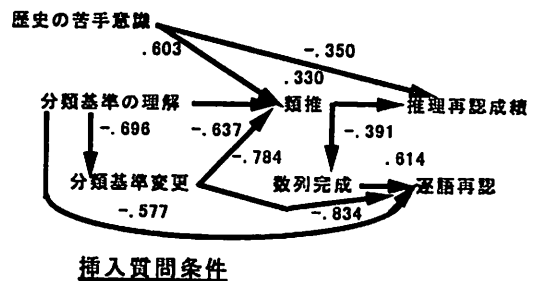
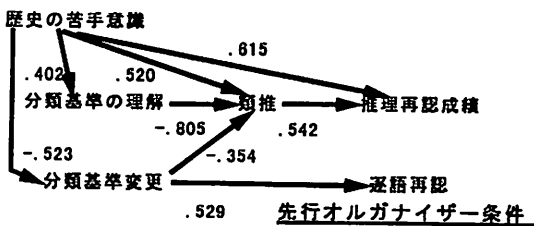
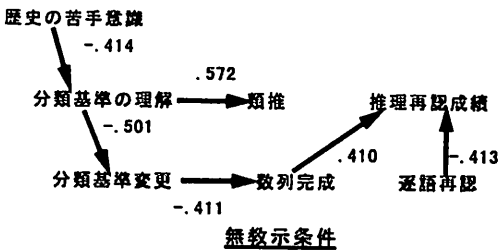
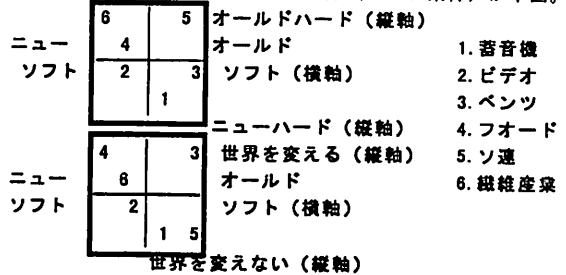
方法としては、材料文として、堺屋太一著「日本の先端技術：ニューハードが世界を変える」(「実業の日本」誌'91.11)より、「人が求めるのはソフトであり、ハードはその手段に過ぎない。エジソンは蓄音機を発明したがベストセラーのレコードは作れない。ビスマルクの演説を録音して飽きられ、映画はアングル固定のまま古典劇を映写して敬遠された。ビデオの普及もカセット化よりも映画ソフトの多様化の所産である。ベンツが自動車を発明してもこれは専門の運転手が必要な馬なし馬車であり、マイカーとは程遠い。フォードがマイカーという発想を可能にしたのは取り扱いの簡素化の所産であり、量産によるコストダウンは二次的である。ソ連はノルマ強制と言う古いソフトと鎌と槌と言う古いハードに頼って自滅する。古い繊維産業はファッションという情報を付加したが、これが電算作図などのニューハード開発を促進する。人の発想の転換なしのニューハードなどあり得ない」との41文、約1620字を電算画面で1文ずつ被験者ペースで読み、マウスクリックで次の文に入れ替えた。被験者は徳島大学1年生45名が個別に参加した。1/3は文を電算画面で1文ずつ被験者ペースで閲読中に4点の挿入質問を与える。1/3は閲読に先立って「この文はニューハードとニューソフトが世界を変える事を述べた」との先行オルガナイザーを与え、残る1/3には教授活動を与えない無教示条件のそれぞれに割り当てられた。

結果として、(1)逐語及び推理再認、課題無関係の類推(例一自動車の道路に対する関係は電車の駅、線路、信号に対する関係)と数列の各々に対する選択課題、歴史の苦手意識と、閲読内容の関係性を推論してその分類基準を理解し、変更した程度の5段階評定値をパス解析した結果が下図である。

表1 クラスタ内外の反応時間平均値(sec.)

被験者	クラスタ内	クラスタ外
挿入質問	4.07	21.07
先行オルグ	9.75	10.63
無教示	5.36	18.43

評定値のINDSCAL分析結果の一部(オルグ条件)が下図。



教授活動を与えた条件下では類推と上記の分類基準の理解とその変更の間に負のパスを示す。以上は昨年と同様、文全体の結束性が類推によって補償される傾向を示す。

(2)上記の図に示す様に、先行オルガナイザー条件下でのみ類推成績が再認成績の正の説明変数となる。以上の結果からは、歴史が苦手であって文全体の結束性の理解が困難な被験者は上記の抽象的な先行オルガナイザーに対して推論と新たな写像を試みるが、その際の写像の基準の理解が困難ならば類推に依存する可能性と、挿入質問条件では複数の質問によって部分的な結束性を得て、テキストベースの水準での再認の強化と手がかりを得る可能性を想定し得よう。この点は上記の先行オルガナイザーとの差異に対応させられよう。

(3)再認成績と上記の分類基準の理解の程度の評定値の平均を求め、3(被験者)×2(逐語-推理再認)要因の共分散分析と分散分析を試みた結果から、相関係数値は無教示 ( $r=.606$ ) > 先行オルガナイザー ( $r=.193$ ) > 挿入質問 ( $r=.181$ )という形で、5%水準の有意差を示した。分散分析の結果、再認成績に関しては上記の相関関係とは逆に、挿入質問 > 先行オルガナイザー > 無教示という5%水準の差が示された。次に推理再認と類推との相関係数値についての共分散分析では、無教示 ( $r=.317$ ) > 先行オルガナイザー ( $r=.157$ ) > 挿入質問 ( $r=.010$ )という5%水準の差を得た。以上の結果は、教授活動が散文理解を促進するほか、適切な閲読視点についての柔軟な推論と仮説の修正が必要となり、これらに規定された状況モデルを再構築する必要性と、結束性欠如では類推による状況モデルの修正が示唆された。

(4)上記の閲読文中に太字で示した項目相互間の主観的な類似性に関して5段階評定値を求め、上記の教授活動の条件別にクラスタ分析した結果に従ってクラスタ内外での項目相互間の類似性判断の所要時間を求めた結果が上の表1である。3(教授活動) × 2(クラスタ内外) 要因分散分析の結果、クラスタの主効果(1%水準)及び、被験者とクラスタの交互作用(5%水準)が示された。以上の結果は昨年度の報告の場合と同様、類似の対象相互間で反応時間の減少と、先行オルガナイザー条件は非類似の対象の反応時間も減少傾向を示す。

(5)さらに上記の主観的な類似度の評定値を上記の教示条件別にINDSCAL分析した結果の一部が上の図である。先行オルガナイザー条件では写像の方向性は明確に示される傾向が示唆されよう。しかしながら、多次元尺度法の適用に関する限界として、Kintsch(1998)が命名可能な若干の次元では知識の領域を表現し得ない可能性を指摘したほか、集団毎にキーワードの類似性の平均値を求めるより個人毎に閲読文の表象の構造的性を知る必要性の提言を行う過程で、閲読文の多くのキーワードの全ての可能な対に関して類似性の評定を求める方法の限界を強調(p.297)した現状では、方法の洗練に配慮すべき必要性を指摘し得る。

以上より、閲読文から得た命題の表象の体制化として効率的な写像を可能にする教授活動の必要性と、視点の選択の決定要因としては教授活動によって写像の基準が明確化される傾向以外に、類推による結束性の補償をも指摘し得よう。これらは次章の課題となる。

## 第2章 数学文章題の達成過程における類推の効果とその規定要因

本章は数学文章題の達成とその方略の転移における類推の寄与の様相と、被験者の年齢差とを明らかにする。第1節は、数学文章題の表象が形成され、数量的な規則性の理解と方略が転移する際の類推の寄与を指摘する。第2節は上記の類推過程に関する年齢差と教授活動に関する基礎的な実験の試みである。中1と大学生に一次方程式の文章題の達成を求め、下位技能に関する年齢差を指摘し、類推の寄与とその年齢差を強調する。

### 第1節 数学文章題の達成過程における類推の下位技能

### 2-1-1. 数学文章題の達成過程における写像の様相

類推を用いた数学課題の解決の下位技能としてRatterman (1997)は、課題とその(目標)領域の表象の形成、課題解決に関連した(基礎領域)表象の想起、現在の課題への写像関係という視点での解決方略の選択と適用及び、写像と適用の成果からの学習を挙げた。

数学学習における類推の原則としてEnglishとHalford(1995)は(a)基礎領域を規定する原則の明瞭さ、(b)写像の原則の明瞭さ及び、(c)写像される原則、構造的または関係性が論理的な一貫性を示す必要性を指摘したほか、これらを理科学習における転移の条件としたIding(1997)は上記の(a)に関して目とカメラの機能の類似性への注目を求めた例を挙げ、学習者に類推を行わせて新たな領域についての正しい表象を得させる目的で、光の焦点付けに関した既得の知識の活性化の様相を事前に把握する必要性を挙げた。上記(b)を説明するカメラと目の機能の例では、これらの基礎と目標領域のどの側面が写像されるかが明確にされ、上記の光の焦点付けまたは焦点距離の修正が図示される必要性が指摘されたほか、(c)写像される原則や規則性の説明では、レンズの移動と筋肉の収縮という方法の差異や瞳の色などの表層的な特徴は重視されないことが強調され、写像の機能の強調が試みられた。

数学の課題達成が写像によって促進される過程に関しては、NovickとHolyoak(1991)は異なった文脈間での写像と文章題達成の巧緻化との関連を指摘したほか、Alexanderなど(1997)は、年少児の数学学習の巧緻化が抽象的な集合または数量の概念の理解とその記号との対応付けに依存するほか、この対応過程は、類推において対象AとBの関係が推論され、次にAとCの関係が写像される過程と表裏の関係にあると指摘した。ここでは類推過程の下位技能が、部分-全体関係の理解に限らず数学的推論とその成果の学習の基底をなすとの提言が試みられたが、それを裏付ける結果は明らかでない。図示を用いて十進法などの数量的な構造的または関係性を理解し、その結果と課題との間に写像関係が成立する過程の年齢差に関しては、上記の1-1-2項で述べたGholsonなどによる構造的な理解の発達に関する提言が行われたが、ここでも写像の発達と推論の巧緻化の様相との関係は明らかにされていない。

以上並びに、類推の実験とモデル化の目的でこれらの下位過程を個別に検討すべきとの提言(例えばMarkman, 1997)をも併せて考えた結果からは、写像の成立過程で基礎-目標領域間に共通する属性、構造的または関数関係についての推論と検索が反復されること、そこで示された推論への制約の様相とその発達的变化、特に上記の属性以上に高次の関係性や関数などの写像が可能となる過程(例えばEnglish, 1997, p. 200)の重要性を指摘し得る。

推論を用いて基礎-目標領域間の結束性を保つ過程のモデルとして、上記のMarkmanの報告は、目標領域に存在しない体制と構造化された関係性の表象を基礎-目標領域間でコピーする方略で目標領域の表象を置き換えて一般化する過程を考えたCWSG(Copy with Substitution and Generalization)モデルを提唱し、その制約として2領域間に共通する体系化された関係性の意義を強調する。上記の写像過程で示された制約としての関数という特性の理解への制約とその年齢差に注目し、サイコロの目で例示された一次関数の構造的な理解過程における中1と大学生の差異についての検討の試みが次節での課題となる。

### 2-1-2. 類推による数学学習における写像以外の下位技能

本項の目的は、文章題の達成過程で示された上記の写像過程と連携する類推の下位技能として基礎領域での検索と、解決方略の適用過程を挙げてその文献展望を試み、次節で述べる年齢差の問題の導入を試みることである。類推における検索に関しては、Bassok(199

7)の干渉理論が挙げられよう。その特徴として、上記の写像以前の過程では目標領域の表象の生成と、これに対応する基礎領域として検索・想起された表象との不協和に注目した点、基礎—目標領域間に共通する構造的な不協和を示した結果として、写像成立に対する干渉効果を想定した点及び、上記の干渉は検索の段階に影響する一方、基礎—目標領域間に共通する抽象的な行動スキーマを生成する能力が示された際には上記の不協和を解消し得ること、この様な形で巧緻化された処理は検索・想起の段階よりもこれらのスキーマの自発的適用の過程で顕著に示される点を指摘する。Novick(1992)も2領域間に共通の構造的な適用過程を重視し、上記の写像操作によって基礎—目的領域間に共通する構造的な一応は理解された際でも、その構造的な利点が理解されて自発的に適用されないなら、上記の写像の結果が新たな課題に転移する可能性も期待し難い傾向を強調した。以上より、上記の2領域間の写像関係に十分な結束性が必要で、その補償としては巧緻化された処理の必要性を示唆し得よう。English(1997)も、上記の2領域間に共通する構造的な表象が理解された後に、これを課題に適用するための自発的な推論の必要性を指摘した。ここでは前章1-1-2項で述べたメンタルモデルの具体的操作として、数量的な関係性の表象が一般化された形で検索されて基礎領域に位置付けられ、基礎—目標領域間の結束性が評価された後にその関係性が適用される過程が強調されたほか、年少の被験者が2領域間の表層的な水準や同型性に規定された形で領域間の結束性の評価と推論を行う傾向も示唆された。

以上より、類推による数学課題の達成過程では、目標領域の表象形成、基礎領域の検索、2領域間に共通の属性と構造的な関係性または函数関係を用いた写像とその結果の自発的適用が挙げられ、適用の段階では情報処理の巧緻化の効果が顕著に示される傾向を指摘し得よう。上記の巧緻化された処理の発達的变化に関する検討が次節の課題として残された。

## 第2節 一次方程式の理解における類推の寄与とその年齢差

昨年(光田, 1997)で最小公倍数の理解における中1と大学生の差異を指摘したのに引き続き、本節は一次方程式の理解における上記の年齢差と類推の寄与の様相を指摘する。具体的には、積み重ねたサイコロの見える面の目の合計を求める方法などを用いて一次方程式の解を得る過程で示された類推の寄与の年齢差の指摘が本節の課題となる。

この様に具体的な文脈の下で形成された一次方程式の達成過程に関してMevarechとStein(1997)は、課題の達成に必要なとされる数量的な構造的な関係性の検索のみでなく、具体的に多様な表層的な特性と課題の構造との関係性の理解が各被験者に求められた可能性と処理の遅延による成績低下を指摘する。ここでは中1の被験者が課題を理解する際の文脈の具体性によって数量的な規則性の表象の検索と体制化が遅延する傾向のみを強調し、上記の類推と転移並びにその年齢差は指摘していない。本節はこの点の実験的検討を試みる。

課題のメンタルモデルの検索に引き続いてこれと現在の課題の数値との写像関係の理解が成立するが、その様相としてEnglish(1995)は、上記のメンタルモデルの要素と現在の課題の数値との対応性またはモデルと課題の双方の目標構造の間に結束性が示された場合にこのモデルに従った課題解決の方向付けを指摘した。本節ではこの様な結束性の欠如を補償する類推の機能に注目する。特に一次方程式の理解に関しては、未知数の操作と函数全体の構造的な対応付けが不可欠(Sfard, 1991)となることと、未知数をシンボルの状態では自発的には操作し難いゆえに具体的な数値に置き換えて操作する必要性(LinchevskiとHerscovics, 1996)が指摘されている。さらに上記の未知数をも含めた課題の表象の一貫

性または透明性の効果の寄与も重要となる。例えば、Meira(1998)は巻き上げ機の軸の太さと回転数を与えて錘を巻き上げた高さを求める課題、錘の重さとバネ秤が伸びた長さとの関係の理解及び、電算入力される数値に応じて画面で一定の長さだけ延伸するテープ図への入力の決定などの具体的な操作を用いて一次方程式の達成を行ってその成績を比較した結果、上記の巻き上げ機の回転数に応じて錘を巻き上げた高さが増える過程を用いた例題の成績が最高、次いでバネ秤の例題の成績が高い結果を指摘して、課題の表象の透明性が未知数と課題の構造的との関連性の理解を促進する効果を示すが、年齢差は示さない。

橋(1998)は下記の図1と図2に示す様にサイコロの目の演算を扱った一次方程式の下位技能として、移項や分配などを数値でなくシンボルの操作のみで行う過程で示された中1と大学生との差異と、類推による表象の結束性への補償について検討した。材料は図1と2に示す様に、サイコロの隠した目をaとすれば、 $5 \times (2a+5)+2$ の値が分かればこの値から25と2を減算して10で割れば隠した目分かるほか、積み上げたサイコロの数がaならば、見えない目の合計は $7 \times a$ -(上の面の目)で示される事の説明文と図示の計17画面を電算画面上で被験者ペースで閲読させた。被験者は徳島大1年生38名と、鳴門教大附属中1年生17名であり、各群の半数は閲読中に計4点の挿入質問を与え、残る半数は無教示とした。

方程式の下位技能をテストする目的で、閲読後に課題とは無関係の映像と言語による類推、イメージ操作、数列、定量推理テスト、符号化、分配法則、同類項の理解の各々のテストと、疑似相関を避けて別の方程式の達成課題を提示し、タッチパネルを用いて画面上で正反応を選択させ、その各反応の確信度の3段階評定値の入力を求めて結果をd'に変換した。

結果としては、被験者と挿入質問の条件別に上記の下位技能相互間の因果関係に関するパス解析を試みた結果が下の図3である。中1では上記の下位技能相互間に因果関係に乏しいが、大学生では挿入質問条件下では下位技能相互間により多くの正のパスが示される。

2(被験者) $\times$ 2(挿入質問)共分散分析と分散分析の結果からは、図1に示した符号化・移項の理解と同類項の検索との相関係数値に関して大学生の中学生に対する5%水準の優位を示したほか、上記の移項と分配法則の理解との間の相関係数値についても同様の有意差を示した。この他、分配法則の理解成績に関しても、大学生の中学生に対する5%水準の優位、同類項の理解についても同様の年齢差を指摘した。以上の結果からは、大学生が分配操作を用いた等式を理解する際には、下位技能を統合的に活性化する傾向と、この過程での類推の寄与の様相は中学生の場合以上に顕著に示される結果を示唆し得る。

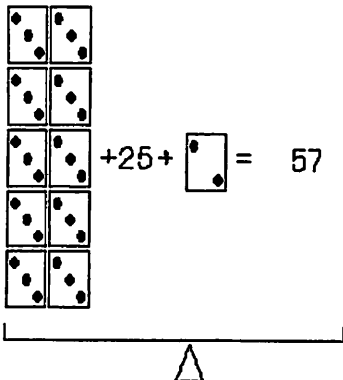


図1 移項と等式の説明図の一部

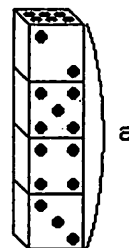


図2 課題の説明文の図示の一部

以上の総括として、課題の表象が写像の基準を明らかになし得ず、仮説と基準の変更が必要な事態では、処理方向の検索が類推に依存する傾向を指摘し得る。特に数学的な規則が手続き化され、一連の行動図式またはスキーマとして検索、写像と適用と新たなスキーマの帰納が推進される際は、類似性判断と論理判断の教示が今後の課題として残された。

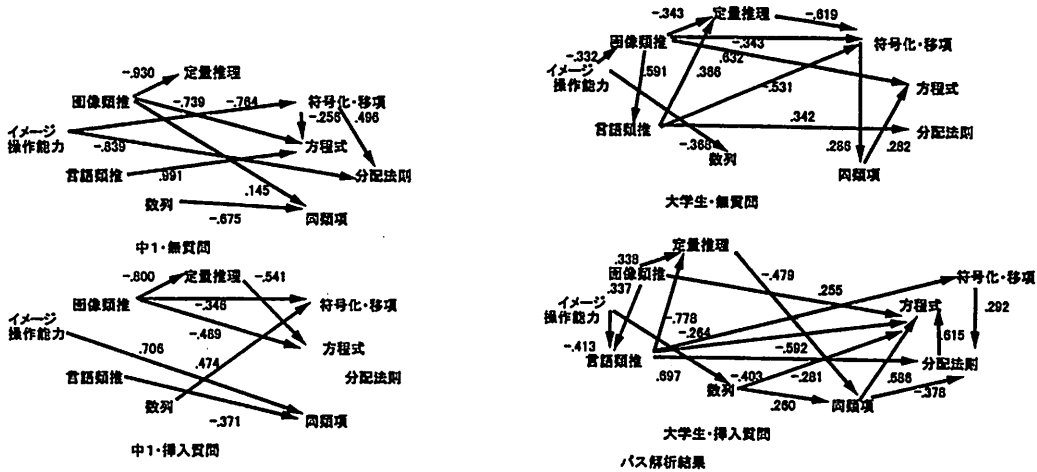


図3 被験者と挿入質問の条件別のパスダイアグラム

文献

Alexander, P. A., White, C. S., & Daugherty, M. 1997. Analogical reasoning and early mathematical learning. In English, L. (Ed.), *Mathematical Reasoning: Analogies, Metaphors, and Images*. (pp. 117-147). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Bassok, M. 1997. Two types of reliance on correlations between content and structure in reasoning about word problems. In English, L. (Ed.), *Mathematical Reasoning: Analogies, Metaphors, and Images*. (pp. 221-146). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Bassok, M., & Olthes, K. L. 1995. Object-based representations: Transfer between cases of continuous and discrete models of change. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 21, 1522-1538.

Brown, D. E. 1992. Using examples and analogies to remediate misconceptions in physics: Factors influencing conceptual change. *Journal of Research in Science Teaching*, 29, 17-34.

Chi, M. T. H., Bassok, M., Lewis, M. W., Reimann, P., & Glazer, R. 1989. Self-explanations: How students study and use examples in learning to solve problems. *Cognitive Science*, 13, 145-182.

Chi, M. T. H., de Leeuw, N., Chie, M., & LaVancher, C. 1994. Eliciting self-explanations improves self-understanding. *Cognitive Science*, 18, 439-477.

English, L. D. 1997. Children's reasoning processes in classifying and solving computational word problems. In English, L. D. (Ed.), *Mathematical reasoning:*



- Analogies, metaphors, and images*(pp. 191-220). Mahwah, NJ:Lawrence Erlbaum Associates.
- English, L. D. 1995. Children's construction of mathematical knowledge in solving novel isomorphic problems in concrete and written form. *Journal of Mathematical Behavior*, 15, 81-112.
- English, L. D., & Halford, G. S. 1995. *Mathematics education:Models and processes*. Hillsdale, NJ:Lawrence Erlbaum Associates.
- Falkenhainer, B., Forbus, K. D., & Genter, D. 1989. The structure mapping engine:Algorithms and examples. *Artificial Intelligence*, 41, 1-63.
- Fisher, G., Henninger, S., & Redmiles, D. 1991. Cognitive tools for locating and comprehending software objects for reuse. In *The thirteenth International Conference on Software Engineering*, (pp. 318-328). Austin, TX:ACM. IEEE.
- Forbus, K. D., Genter, D., & Law, K. 1995. MAC/FAC:A model of similarity based retrieval. *Cognitive Science*, 19, 141-205.
- Gentner, D. 1983. Structure mapping:A theoretical framework of analogy. *Cognitive Science*, 7, 155-170.
- Gentner, D., & Markman, A. B. 1997. Structure mapping in analogy and similarity. *American Psychologist*, 52, 45-56.
- Gentner, D., & Ratterman, M. J., & Forbus, K. D. 1993. The roles of similarity in transfer: Separating retrievability from inferential soundness. *Cognitive Psychology*, 25, 524-575.
- Gholson, B., Smither, D., & Buhrman, A. 1995. Children's development of analogical problem solving skill. In English, L. D. (Ed.), *Mathematical reasoning: Analogies, metaphors, and images*(pp. 150-190). Mahwah, NJ:Lawrence Erlbaum Associates.
- Goldman, S. R. 1997. Learning from text: Reflections on the past and suggestions for the future. *Discourse Processes*, 23, 257-398.
- Goldman, S. R., & Verma, S. 1995. Capping the construction-integration model of discourse comprehension. In C. Weaver, S. mannes & C. Fletcher(Eds.), *Discourse comprehension:Essays in honour of Walter Kintsch*(pp. 337-358). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Halford, G. S. 1993. *Children's understanding:The development of mental models*. Hillsdale, NJ:Lawrence Erlbaum Associates.
- Hesse, F. W., Kauer, G., & Spies, K. 1997. Effects of emotion-related surface similarity in analogical problem solving. *American Journal of Psychology*, 110, 357-383.
- Heydenbluth, C., & Hesse, F. W. 1996. The impact of superficial similarity in the application phase of analogical problem solving. *American Journal of Psychology*, 109, 37-57.
- Holyoak, K. J., & Thagard, P. 1989. Analogical mapping by constraint satisfaction. *Cognitive Science*, 13, 295-355.
- Holyoak, K. J., & Thagard, P. 1995. *Mental leaps:Analogy in creative thought*. Cambridge, MA:MIT Press.

- Holyoak, K. J., & Thagard, P. 1997. The analogical mind. *American Psychologist*, 52, 35-44.
- Iding, M. K., 1997. How analogies foster learning from science texts. *Instructional Science*, 25, 233-253.
- Keane, M. T., Ledgeway, T. & Duff, S. 1994. Constraints on analogical mapping: A comparison of three models. *Cognitive Science*, 18, 387-438.
- Kintsch, W. 1992. A cognitive architecture for comprehension. In H. L. Pick, P. van den Broek, & D. C. Knill (Eds.), *The study of cognition: Conceptual and methodological issues*. pp. 143-164. Washington, DC: American Psychological Association.
- Kintsch, W. 1998. *Comprehension: A paradigm for cognition*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Kintsch, W., & Keenan, J. 1973. Reading rate and retention as a function of the number of propositions in the base structure of sentences. *Cognitive Psychology*, 5, 257-274.
- Kolodner, J. L. 1997. Educational implications of analogy. *American Psychologist*, 52, 57-66.
- Linchevski, L., & Herscovics, A. 1996. Crossing the cognitive gap between arithmetic and algebra: Operating on the unknown in the context of equations. *Educational Studies in Mathematics*, 30, 39-65.
- Lorch, R. F. Jr., & Lorch, E. P. 1996. Effects of organizational signals on free recall of expository texts. *Journal of Educational Psychology*, 88, 38-48.
- McNamara, D. S., & Kintsch, W. 1996. Learning from texts: Effects of prior knowledge and text coherence. *Discourse Processes*, 22, 247-288.
- McNamara, D. S., Kintsch, E., Songer, N. B., & Kintsch, W. 1996. Are good texts always better? Interactions of text coherence, background knowledge, and levels of understanding in learning from text. *Cognition and Instruction*, 14, 1-43.
- Markman, A. B. 1997. Constraint on analogical inference. *Cognitive Science*, 21, 373-418.
- Mason, L. 1994. Cognitive and metacognitive aspects of in conceptual change by analogy. *Instructional Science*, 22, 157-187.
- Mayer, R. E. 1989. *The Psychology of How Novices Learn Computer Programming*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Meira, L. 1998. Making sense of instructional devices: The emergence of transparency in mathematical activity. *Journal for Research in Mathematics Education*, 29, 121-142.
- Mevarech Z., & E. Stern. 1997. Interaction between knowledge and contexts on understanding abstract mathematical concepts. *Journal of Experimental Child Psychology*, 65, 68-95.
- Meyer, R. E. 1993. The instructive metaphor: Metaphoric aids to student's understanding of science. In Ortony, A. (Ed.), *Metaphor and Thought: Second Edition*. (pp. 561-578). NY: Cambridge University Press.
- Millis, K., & Simon, S. 1994. Rereading scientific texts: Changes in resource

- allocation. In H. van Oostendorp, & R. A. Zwan(Eds.), *Naturalistic text comprehension*(pp. 115-133). Norwood, NJ: Ablex.
- 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リングについて. 徳島大学社会科学研究, 第1号, 131-164.
- 光田 基郎 1989. 文章課題の解決過程における発達の要因. 徳島大学社会科学研究, 第2号, 123-156.
- 光田 基郎 1990. 算数文章題の解決過程における発達の要因. 徳島大学社会科学研究, 第3号, 127-163.
- 光田 基郎 1991. 算数文章題の解決過程における空間表象の効果. 徳島大学社会科学研究, 第4号, 133-169.
- 光田 基郎 1992. 散文と空間表象の理解における知識利用. 徳島大学社会科学研究, 第5号, 181-216.
- 光田 基郎 1993. 類推と空間処理における知識利用. 徳島大学社会科学研究, 第6号, 203-239.
- 光田 基郎 1994. 類推と知識操作における空間表象の効果. 徳島大学人間科学研究, 第1巻, 53-78.
- 光田 基郎 1995. 説明文理解における図示と類推の効果. 徳島大学人間科学研究, 第2巻, 1-25.
- 光田 基郎 1996a. 類推成立における図示と教示の効果. 徳島大学人間科学研究, 第3巻, 1-22.
- 光田 基郎 1996b. 類推成立における教授活動の効果. 徳島大学人間科学研究, 第4巻, 67-86.
- 光田 基郎 1997. 散文の結束性の理解における類推と教授活動の効果. 徳島大学人間科学研究, 第5巻, 15-44.
- 中本敬子, 椎名乾平, 森川靖夫 1998. 類推研究の展望. 早稲田大学 教育学部 学術研究, 第46号, 11-23.
- Nathan, M. J., Kintsch, W., & Young, E. 1992. A theory of word algebra problem comprehension and its implication for the design of learning environments. *Cognition and Instruction*, 9, 329-389.
- Needham, D., & Begg, I. 1991. Problem-oriented training promotes spontaneous analogical transfer, memory-oriented training promotes memory for training. *Memory and Cognition*, 19, 543-557.

- Novick, L. R. 1992. The role of expertise in solving arithmetic and algebra word problems by analogy(pp. 155-188). In J. I. D. Cambell(Ed. ), *The nature and origins of mathematical skills*. Amsterdam:Elsevier.
- Novick, L. R. , & Holyoak, K. J. 1991. Mathematical problem solving by analogy. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 17, 398-415.
- 太田耕平・山崎晃男 1995. 類推的問題解決における目標の役割. 教育心理学研究, 43, 1-11.
- Ratterman, M. J. Commentary:Mathematical reasoning and analogy. In English, L. (Ed. ), *Mathematical Reasoning:Analogies, Metaphors, and Images*. (pp. 247-264). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Ratterman, M. J. , & Gentner, D. 1987. Analogy and similarity:Determinants of accessibility and inferential soundness. *The proceedings of the Ninth Annual Conference of The Cognitive Science Society*, 23-35.
- Reeves, L. M. , & Weisberg, R. W. 1994. The role of content and abstractioninformation in analogical transfer. *Psychological Bulletin*, 115, 381-400.
- Robertson, I. , & Kahney, H. 1996. The use of examples in expository texts:Outline of an interpretation theory for text analysis. *Instructional Science*, 24, 93-123.
- Ross, B. H. 1986. Reminders in learning:Objects and tools:In S. Vosneadou, & A. Ortony, (Eds. ), *Similarity, Analogy and thought*. New York:Cambridge University Press.
- Sander, E. , & Richard, J. F. 1997. Analogical transfer as guided by an abstraction process: The case of learning by doing in text editing. *Journal of Experimental Psychology, Learning, Memory and Cognition*, 23, 1459-1483.
- Sfard, A. 1991. On the dual nature of mathematical conceptions:Reflection on processes and objects as different sides of the same coin. *Educational Studies in Mathematics*, 22, 1-36.
- Spellman, B. A. , & Holyoak, K. J. 1992. If Saddam is Hitler then who is George Bush?: Analogical mapping between systems of social roles. *Journal of Personality and Social Psychology*, 62, 913-933.
- Stavy, R. 1991. Using analogy to overcome misconceptions about conservation of matter. *Journal of Research in Science teaching*, 28, 305-313.
- 鈴木 宏昭 1996. 類似と思考. 東京: 共立出版.
- 鈴木宏昭・栗山直子 1996. 類推的転移における検索のコスト. 日本教育心理学会第38回総会発表論文集. p. 448.
- 橘 兼次 1998. 一次方程式の理解における類推の効果とその年齢差: 中1と大学生の比較  
徳島大学・総合科学部 卒業研究.
- Thagard, P. , & Verbeurgt, K. 1998. Coherence as constraint satisfaction. *Cognitive Science*, 22, 1-24.
- Trabasso, T. , & van den Broek, 1985. Causal thinking and the representation of narrative events. *Journal of Memory and Language*, 24, 612-630.
- Zook, K. B. 1991. Effects of analogical processes on learning and misrepresentations. *Journal of Educational Psychology*, 93, 246-252.

(1998年9月18日受付, 1998年9月30日受理)