

日常経験を利用した類推の制約に関する 研究

名古屋大学 人間情報学研究科

森田 純哉

2005 年度

概要

類推 (analogical reasoning) とは、直面する事象 (ターゲットと呼ばれる) に対して、既知の事象 (ベースと呼ばれる) を想起し、2 つの事象を対応付けることで、新たな命題を生成する活動である。類推のプロセスは、複数の段階に分割できるとされ、そこには、「長期記憶からのベース検索」、「検索されたベースの評価」、「ベースとターゲットの対応付け」、「ベースからターゲットへの転写 (ベースを利用したターゲットに対する推論)」などのサブプロセスが含まれる。

これまでに、認知科学・認知心理学の情報処理アプローチによって、多様な心的活動の基礎に、類推 (類似性に媒介された推論) が関与することが明らかにされてきた。また、これまでの研究は、類推には、それを方向付けるための制約が必要であることを指摘してきた。そして、その制約を説明する多くの理論が提案されてきた。本研究は、従来の理論で仮定された制約に対して、さらなる実証的検討を加えたものである。以下、本論文の構成を示す。

第 1 章では、本研究の目的を明確にするために、類推研究におけるフレームワーク、類推の制約に関する理論、理論に対する実証的な研究を概観する。さらに、実証的研究として、実験室の中で実施された研究と、現実世界 (実験室の外) の中で実施された研究を区別する。そして、それぞれの研究の限界を指摘し、両研究の中間に位置するアプローチが必要と論じる。この考察に基づき、本研究の目的が、被験者自身の日常経験をベースとした類推を、実験室の中で検討することであると述べる。

本論文の中核である第 2 章と第 3 章では、類推の理論に対する実証的研究を示す。それぞれの章で示される研究は、類推における別のサブプロセスに焦点をあてたものである。

第 2 章「ベースの検索と評価に及ぼす表層的類似性と構造的類似性の制約」では、ベースの検索と、検索されたベースに対する評価という 2 つのサブプロセスに焦点をあてる。実験において、被験者は、実験者から 1 つの物語を提示され、そこから想起するエピソードを報告した。その後、被験者は、提示された物語に対する類推をするという状況を想定したときに、自身の想起したエピソードがどの程度良いものであるかを評定した。本研究では、実験で得られたデータを分析する際、被験者が想起したエピソードを、命題表現 (述語と引数の組み合わせによって知識を表現する形式) に変換した。そして、変換された命題を、従来から提案されている類推の計算機モデルへ入力した。そのことによって、被験者の想起したエピソードと、実験材料となった物語との類似の程度を、形式的に算出

した．算出された類似の程度は，2種類のものであった．表層的類似性の程度を表すとされる C-Vector 値と構造的類似性の程度を表すとされる SES 値である．分析の結果，ベースを検索する段階と，ベースを評価する段階では，それぞれ別の種類の類似性が影響をもつことが確認された．この知見は，従来の理論と整合的であり，理論と現象を結ぶ方法論として，採用した手法が優れていることを示すものである．

第3章「異なる他者の視点を取ることによる問題解決の変化」では，ベースからターゲットへの転写のサブプロセスを扱う．その際，類推に利用されるベースの種類を，実験的に操作するために，他者の視点を取る活動に注目する．他者の視点を取る活動は，自分自身の経験をベースとして，自己を他者へ対応付ける類推とみなせる．実験では，視点を操作することで，類推的転写の結果が，どのように変化するのかを検討した．その際，視点の設定が，新規要素の生成へ影響することを，従来の理論に基づいて予測した．ここで，新規要素とは，それ以前の課題状況には存在しない要素を指す．実験の課題は，ある算数の問題の誤答に対して，その原因を考え，対処の方法を提案するというものであった．この課題に取り組む際の視点を，教示によって操作した．2つの条件を設定し，それぞれを学習者視点条件，教育者視点条件と呼ぶ．学習者視点条件では，問題を誤った主体の視点を取るように教示がなされ，教育者視点条件では，生徒を教える教師の視点をとるように教示がなされた．実験によって得られた被験者の回答（誤答の原因，原因に対する対処案）は，新規要素の有無の観点から分析された．その結果，新規要素の生成に対する視点の影響は，限定的に確かめられた．仮説と一致しない結果は，日常生活における被験者の視点と，実験操作によって課せられた視点との不一致によると考えられる．

最後に，第4章「結論」において，本研究の総括を行い，今後の研究の展望について指針を示す．

目次

第 1 章	序論	1
1.1	背景	2
1.2	本研究の目的	22
1.3	本論文の構成	24
第 2 章	ベースの検索と評価に及ぼす表層的類似性と構造的類似性の制約	27
2.1	認知科学における計算機モデルの役割	27
2.2	類推の計算機モデルと心理学的研究	29
2.3	心理実験の方法	33
2.4	コーディング	38
2.5	分析結果	40
2.6	考察	47
2.7	まとめ	50
第 3 章	異なる他者の視点を取ることによる問題解決の変化	53
3.1	問題解決における視点と他者視点の設定	53
3.2	実験課題	59
3.3	実験 1	62
3.4	実験 2	69
3.5	総合考察	75
3.6	まとめ	79
第 4 章	結論	81
4.1	本研究のまとめ	81
4.2	今後の展望	82

謝辞	89
付録 A 第 2 章における述語の定義	91
A.1 属性の定義	91
A.2 1 次の関係の定義	93
A.3 高次の関係の定義	94
付録 B 第 3 章における回答の例	95
B.1 実験 1	95
B.2 実験 2	96
参考文献	99
本研究に関する発表論文	109

目次

1.1	類推研究の流れを示すための図	3
1.2	Gick & Holyoak (1980) におけるベースとターゲットの概略	13
2.1	シミュレーションの手続きとモデルによる分析の手続き	28
2.2	被験者へ提示したターゲットストーリーの例	34
2.3	ターゲットストーリーに含まれる命題	35
2.4	被験者の想起した事例とその命題表現の例	38
2.5	(a) 4 群における C-Vector (A) と C-Vector (C) の平均値 . (b) 4 群 (A/PW 群, A/WP 群, C/PW 群, C/WP 群) における SES (PW) と SES (WP) の平均値	42
2.6	(a) 「類推としての良さ」の各評定値 (1-5) における C-Vector (presented) と C-Vector (not presented) の平均値 . (b) 「類推としての良さ」の各 評定値 (1-5) における SES (presented) と SES (not presented) の平均 値	45
3.1	ターゲット, ベース表現 (推論前, 推論後) と対応付け, 推論の例 . . .	55
3.2	課題材料: 算数の問題	59
3.3	想定されるベースとターゲットの初期状態	61
3.4	実験 1: 新規要素の平均値	68
3.5	実験 2: 新規要素の平均値	72

表目次

1.1	Liu, Pham, & Holyoak (1997) の実験の構成	18
1.2	研究の構成	25
2.1	ターゲットストーリー間で共有する述語タイプ	36
2.2	ターゲットストーリー間での類似性 (C-Vector 値/SES 値)	39
2.3	各指標が反映する述語タイプの対応/「類推としての良さ」との相関	44
3.1	被験者の回答に対するラベル付けの例	65
3.2	実験 1 : 新規要素の内容と度数	69
3.3	実験 2 : 新規要素の内容と度数	73
3.4	実験の操作と実験結果のまとめ	74

第1章

序論

人間の認知システムは、過去に経験したことがない事象に対して、柔軟に対応する能力をもつ。また、人間の認知システムは、直面する領域において、それまでに気付かれていなかった事柄を、新たに発想する能力をもつ。これらの能力は人間の認知システムの顕著な特徴とみなせる。本論文は、人間の認知システムが保持するこのような特徴の背景として、「類推 (analogical reasoning)」という心的活動に着目する。類推とは、一般的に、直面する事象（ターゲットと呼ぶ）に対して、既知の事象（ベースと呼ぶ）を対応づけることで、新たな思考を生み出す活動とされる。

ここで、新たな思考の基になるベースは、直面するターゲットと直接的な関係があるものに限らない。類推におけるベースとターゲットの対応付けは、類似性に媒介される。類似性に媒介された推論によって、人間は過去の経験を新しい環境へと転用することができる。類推、あるいは類似性に媒介された推論が、問題解決 (Gick & Holyoak, 1980)、意思決定 (Markman & Moreau, 2001)、創造的思考 (Smith, Ward, & Schumacher, 1993)、科学的発見 (Dunbar, 1995) などを含む多様な心的活動の基礎となることは、これまでの認知科学・認知心理学の情報処理アプローチに基づく研究によって、繰り返し確認されてきた。

しかし、人間が類推を行うには、そのプロセスを方向づける制約が必要となる。なぜなら、類推に利用されうるベースの候補（一人の人間の過去の経験）は、膨大な量に及ぶ。そのため、適切なベースを記憶から引き出すには、候補を絞り込む制約が必要となる。また、たとえ類推に利用されるベースが、絞り込まれている状況であっても、2つの事象で共通する要素は、無数に存在しうる。よって、ベースとターゲットを対応づける上でも、対応づけるべき要素を決定する制約が必要になる。このような理由から、これまでに、人

間の類推に關与する制約を説明する複数の理論 (Gentner, 1983; Holyoak & Thagard, 1995) が提案され、理論を検証する多くの実証的研究が行われてきた。

本研究は、従来の研究の知見を受け継ぎ、理論によって仮定された制約を更に検証する心理実験を行った。その際、従来の研究に比べ、より現実世界に近い実験状況の設定を目指した。具体的にいえば、被験者に対してベースとなる材料を提示せず、被験者自身の日常経験を利用した類推を実験のデータとして取得した。そして、実験で得られたデータと従来の理論との適合を検討し、理論によって仮定された制約を実証することを目指した。そのことによって、従来の実験室研究において見過ごされていた問題が明らかになり、かつ理論と現実世界との繋がりが強固になると考えた。以下、本研究の位置付けを明確にするために、従来の類推研究の構成をレビューする。その中で、従来の研究の限界を明らかにし、本研究の目的を導く。

1.1 背景

従来の類推研究の構成を体系的に理解するために、Anderson (1993) による考察を参考にする^{*1}。彼は、認知的な現象に関する考察を進めるときには、「フレームワーク (framework)」、「理論 (theory)」、「モデル (model)」というレベルを分けることが重要であるとした^{*2}。この3つのレベルは、現象を予測し、説明する上での、抽象度の順序を表すとされる。図 1.1 は、3つのレベルの関係を図示し、認知的な現象を検討する上での、方向性の区別を示したものである。以下、図に従いながら、それぞれのレベルを説明する。

まず、図中で最上位に位置するフレームワークは、人間の認知に対する基本的かつ一般的な主張から構成されるものを指す。たとえば、「人間の思考はプロダクションルールの集合によって捉えられる」という主張や、「人間の記憶は2つに分けられる」などの主張がフレームワークのレベルに相当する。これらは抽象的なものであるため、通常は現象から直接支持されない。しかし、このような主張を受け入れることで、現象を予測し、説明するための基礎を構成できる。

^{*1} この考察の図的な説明としては、三輪 (1995) を参照。

^{*2} Anderson (1993) は、自身の理論、ACT-R (Adaptative Control of Thought - Rational) をプロダクションシステムというフレームワークから導かれるものとした。プロダクションシステムは、人間の認知システムについて、抽象的な主張を保持している (ルールとしての知識表現、ルールの系列的な発火としての認知プロセス)。ACT-R 理論は、プロダクションシステムの主張に対して、いくつかの仮定を加えることで構成されたより具体的なものである (競合解消やコンパイルのメカニズム)。さらに、ACT-R 理論の上で、領域固有の知識やルールが実装され、パラメータが調整されることで、多様なモデルが構成される。

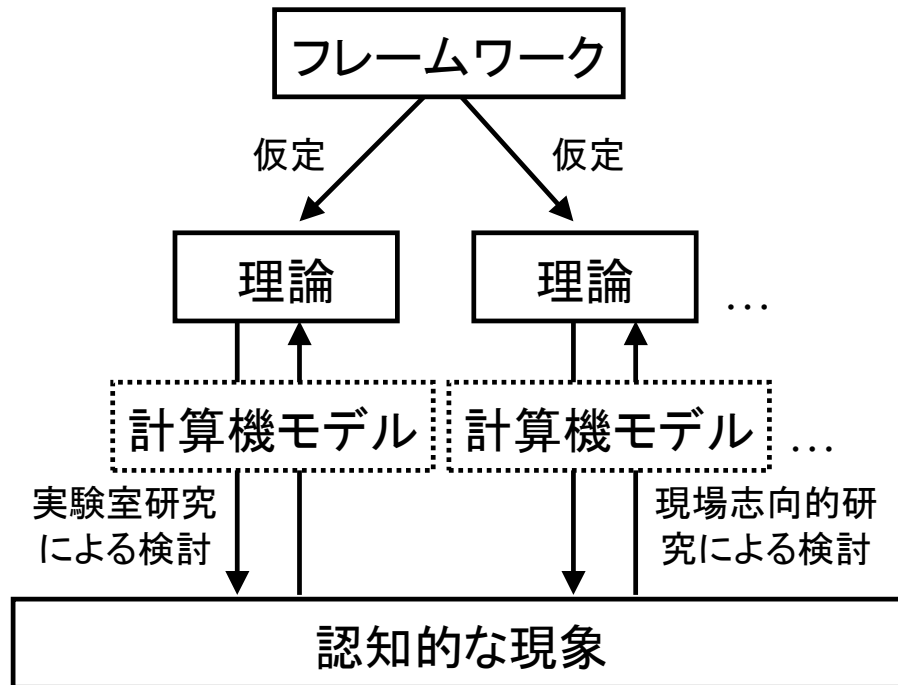


図 1.1 類推研究の流れを示すための図．フレームワーク，理論，計算機モデルを区別し，認知的な現象と理論との繋がりを 2 つの方向性で区別する．

図中で 2 番目のレベルに位置する理論は，フレームワークにいくつかの仮定を加えることで構成されるものである．また，図に示されるように，1 つのフレームワークは，その仮定のおき方によって，何種類かの理論を構成する．理論は，現象に対する定性的な説明を構成し，ある程度具体的な現象の予測を導く．逆に，理論は，実証的な研究によって評価され，改善されることになる．

図中で，2 番目のレベル（理論）と最下位（認知的な現象）を結ぶ矢印は，理論の仮定に対する実証的研究を示すものである．本論文では，実証的研究として，「実験室研究」と「現場志向的研究」を区別する．実験室研究は，理論から導かれる予測と実験室の中で生起する現象との適合を，トップダウン的に検討するものを指す（2 番目のレベルから最下位へ至る矢印）．現場志向的研究は，現実世界の中で観察される現象と理論との適合を，ボトムアップ的に検討するものを指す（最下位から 2 番目のレベルへ至る矢印）．Anderson (1993) の考察には，実証的研究に対する上記の区別は含まれていない．著者は，現在の類推研究の構成を理解する上で，2 つの方向性を区別することが重要であると考え，これを仮定した．

図中で 3 番目のレベルに位置する計算機モデルは，理論の仮定を計算機上に具体化した

ものである。計算機モデルに、領域固有の知識と特定のパラメータの値を加えることで、具体的な現象に対する定量的な予測が導かれる。なお、本章における類推研究のレビューでは、計算機モデルが果たす役割には焦点を当てず、その説明を次章に譲る。その意味で、図中では、このレベルを点線の枠で囲った。以下、フレームワーク・理論・認知的現象の繋がりに焦点を絞った類推研究のレビューを示す。

1.1.1 類推研究のフレームワーク

先述したように、フレームワークは、認知的な現象に対する一般的な主張から構成される。本論文では、類推を研究する者の多くが受け入れている以下の2つの主張を、類推研究のフレームワークを構成するものとして捉える。

命題表現の主張

類推を研究する者の多くは、事象の心的な表現について、共通した主張をもつ。それは、類推に關与する2つの事象(ターゲットとベース)が共通して、「命題表現 (propositional representation)」によって、心的に表現されるというものである (Gentner, 1983)。ここで、命題表現という用語は、「述語 (predicate)」と「引数 (argument)」の組み合わせによって事実や知識を表現する形式を意味する*³。たとえば、「惑星が太陽の周囲を回る」という事象は、「回る (revolve-around)」という述語と、「惑星 (planet)」という第1引数、「太陽 (sun)」という第2引数によって、次のように表現される。

$$\text{revolve-around}(\text{planet}, \text{sun}) \quad (1.1)$$

命題表現に即して事象を要素(述語と引数)に分解することで、類推という活動を、ベースとターゲットの命題に存在する要素を対応づける活動として明確にできる。たとえば、(1.1)をベース、(1.2)をターゲットとすれば、2つの命題は“revolve-around”という述語が共通し、第1引数として“planet”と“electron”，第2引数として“sun”と“atom”が対応づけられることになる。

$$\text{revolve-around}(\text{electron}, \text{atom}) \quad (1.2)$$

命題表現は、ベクトル表現などに比べ、事物の内部構造や要素間の関係を記述する上で適した知識表現の形式とされる。さらに、複数の命題を組み合わせることで、命題間の因

*³ このよう知識表現は、述語論理 (predicate calculus) に基づく命題の表現といえる。

果関係や高次の関係（関係の関係）を表すことも可能になる（1.1.2節で詳述）。このような観点から、この表現は、類推という複雑な心的現象を成り立たせる上で、必須の心的表現と主張されてきた。

類推のサブプロセスに関する主張

事象の心的表現に関する上記の主張は、類推研究に固有のものではなく、高次認知（i.e., 記号处理的なプロセス）を検討する多くの研究者が共有するものである（Anderson, 1993; Kintch, 1994）。それに対して、2つめの主張は、類推という現象に限定的なものである。それは類推の継時的なプロセスに関わるものである。多くの研究者が、類推というプロセスを、以下のような一連のサブプロセスからなると主張してきた。

1. ターゲットの表現 (representing the target)
直面している状況を作業記憶中に命題として表現する。
2. ベースの検索と評価 (retrieving and evaluating the base)
ターゲットを手がかりとして、長期記憶から過去の経験を検索する。また、検索された過去の経験が、類推を遂行する上での適切なベースであるかどうかを評価する。
3. 対応づけ (finding correspondances)
ターゲットとベースのそれぞれを構成する命題要素を対応づける。
4. 転写 (carry over)
対応づけの結果を利用し、ターゲットに新規な命題を生成する。
5. スキーマ帰納 (schema induction)
対応づけと転写の結果を抽象化し、スキーマとして長期記憶へ貯蔵する。つまり、類推の結果を学習する。

このような継時性は、実証的に支持されたものというよりも、規範的に仮定されたものとみなせる。実際の類推では、上記で順序が入れ替わる場合、あるいは段階を越えたサブプロセス間での相互作用が生じる場合などを想定できる。しかし、類推の理想的な形態として、継時的なプロセスを仮定することは自然である。また、この主張を受け入れることで、それぞれのサブプロセスを独立に扱うことができ、心理実験を実施する上での要因操

作が容易になる．さらに，段階を区切った実験によって，それぞれのサブプロセスの出力と対応する心理的指標を得ることができる．加えて，それぞれのサブプロセスを独立に表現した計算機モデルを構築することができ，類推に關与する情報処理を明確に理解できるようになる．

このような理由から，従来の類推研究の多くは，上記のサブプロセス，もしくはそれと類似したプロセスの継時性を仮定してきた（典型的には，Forbus, Gentner, & Law, 1995; Holyoak, Novick, & Melz, 1994）．なお，上記のうち，スキーマ帰納については，本論文では直接的には検討せず，ターゲットの表現から転写に至るまでのプロセスを検討の対象とした．スキーマ帰納に関しては，Gick and Holyoak (1983), Goldstone and Sakamoto (2003), Reeves and Weiberg (1994), Ross and Kennedy (1990)などを参照されたい．

1.1.2 類推の理論：類推の制約の説明

一般的に，認知の理論は，フレームワークにいくつかの仮定を加えることで，構成されるものと捉えられる．そして，類推の理論は，1.1.1節で示したフレームワークに，制約に關する仮定を加えることで，構成されるものと捉えられる．これまでに，その仮定のおき方が異なる複数の理論が構成されてきた．以下，簡略的に類推の理論の発展を示す（より詳細なレビューは，French, 2002）．

構造写像理論：表層的類似性と構造的類似性の制約

類推の理論として，第1に，Gentner (1983)による構造写像理論 (Structure Mapping Theory)を示す．構造写像理論は1.1.1節で示した1番目の主張と密接な関係をもつ．この理論では，命題による事象の表現形式を受け入れた上で，命題間の対応を以下の3つに区分する．

- 対象の属性 (object attributes) の対応

例 太陽は赤い みかんは赤い
red (sun) red (orange)

- 1次の関係 (first-order relations) の対応

例 太陽の周りを惑星が回る 原子核の周りを電子が回る
revolve-around (planet, sun) revolve-around (electron, atom)

- 高次の関係 (higher-order relations) の対応

例 太陽が惑星を引きつけることで太陽の周りを惑星が回る 原子核が電子を引きつけることで原子核の周りを電子が回る
cause (attract (sun, planet), revolve-around (planet, sun)) cause (attract (atom, electron), revolve-around (electron, atom))*4

3種類の対応の区別は、各々の述語の引数に由来する。「属性」と「1次の関係」は、共に「みかん (orange)」、「惑星 (planet)」、「太陽 (sun)」などの「オブジェクト*5」を引数とし、引数の数によって2つの述語は区別される。属性は単一のオブジェクトを、1次の関係は複数のオブジェクトを引数とする。「1次の関係」と「高次の関係」は、共に複数の引数をとるが、関係構造の複雑さと深さが異なる。高次の関係はオブジェクトを引数とせず、「下位命題」を引数とする。

このような対応の区別に基づいて、構造写像理論では、人間の類推に關与する2種類の類似性が以下のように定義された。

- 表層的類似性 (surface similarity) *6

この類似性は、ターゲットに含まれるオブジェクト群とベースに含まれるオブジェクト群との類似によって定義される。命題表現において、オブジェクトの特徴は、属性と1次の関係（オブジェクトを引数とする述語）によって表現される。そのため、表層的類似の程度はベースとターゲットに含まれる属性と1次の関係の共有量として表現される。

- 構造的類似性 (structural similarity)

この類似性は、ベース構造からターゲット構造への写像 (mapping) の大きさによって定義される。「構造」とは、関係的述語（1次の関係、高次の関係）を媒介とした命題要素間（オブジェクト、述語）の結合を意味する。「ベース構造からターゲット構造への写像」とは、ベース中の各々の命題要素をターゲット中の各々の命題要素へ構造的に一貫して対応づけることを意味する。そして、「構造的に一貫した対応」とは、以下2つの原則を満たす対応をさす。

*4 ここで、述語 “cause” は因果関係を表現し、第1引数に「原因」となる命題、第2引数に「結果」となる命題を取る。

*5 本論文において、「オブジェクト」は命題表現上でそれ以上分解されない要素を意味する。なお、類似した意味で、entity という用語を用いる文献もあるが、本論文では、この用語を用いなかった。

*6 Gentner (1983) の主目的は「構造的類似性」の定義であって、「表層的類似性」という言葉は実際は用いられなかった。本論文の「表層的類似性」の定義は Forbus et al. (1995) に基づく。

- 並列結合性 (parallel connectivity)
述語が対応づけられた場合，その引数が，引数の位置関係（第 1 引数，第 2 引数...）に従って対応づける．
- 1 対 1 対応 (one to one correspondence)
ベース中の単一の命題要素をターゲット中の複数の命題要素に対応づけない．あるいはベース中の複数の命題要素をターゲット中の単一の命題要素に対応づけない．

構造写像理論の重要な仮定は，2 種類の類似性（表層的類似性，構造的類似性）の形式上の区別である．その上で，それぞれの類似性が，人間の類推において，異なる性質の制約となると仮定される．つまり，表層的類似性に比べ，構造的類似性は，その程度を見積もるために，複雑な計算処理を要する．そのため，構造的類似性は，類推のプロセスの後期（意識的な処理）において，制約となると仮定される．それに対して，表層的類似性は，単純な計算処理によってその程度を見積もることができる．よって，表層的類似性は，類推のプロセスの前期（無意識的，あるいはそれほど注意を必要としない処理）において，制約となると仮定される．

上記の理論的仮定から，人間の類推に関する多様な現象の予測が導かれる．たとえば，十分に注意深く考える時間が与えられた状況において，人間は，構造的類似の程度が高いターゲットとベースの組み合わせを，類推として良いものと判断することが予測される．さらに，そのような状況において，人間は，構造的類似性に基づくベースからターゲットへの転写の結果を，妥当な推論結果とみなすことが予測される．一方で，通常，人間は，単純な表層的類似性を利用した無意識的な推論をしばしば行い，表層的類似性に惑わされがちであると予測される．

なお，構造的類似性に関わる計算アルゴリズムは，SME (Structure-Mapping Engine; Falkenhainer, Forbus, & Gentner, 1989) として，計算機上に実装された．その後，表層的類似性と構造的類似性の両者を制約とし，ベース検索と評価のサブプロセスを説明する MAC/FAC (Many are called, but few are chosen; Forbus et al., 1995) が構築された．これらの計算機モデルは本論文の第 2 章で紹介する．

多重制約理論: 実用論の制約

上記の構造写像理論は，1.1.1 節で示したフレームワークに，命題表現の形式から導かれる規範的な仮定を加えることで構成されたものといえる．直感的，常識的にも区別可能

な「うわべの類似（表層的類似性に相当）」と「深い意味での類似（構造的類似性に相当）」を，形式的に区別した点で評価される理論である．だが，表層的類似性と構造的類似性のみを，人間の類推を説明する制約と考えることは，必ずしも適切ではない．なぜなら，人間の類推は，類推の遂行者がおかれる状況や文脈，その時々タスクの目標に依存した側面をもつ．たとえば，タスクの目標や文脈によって，類似性の判断が変化するということは，古くから示されてきた (Goldstone, Medin, & Gentner, 1991; Tversky, 1977; 大西・鈴木・繁樹, 1993) ．

Holyoak and Thagard (1995) は，このような命題表現上の形式によらない類似の文脈依存性を，広く実用論的制約 (pragmatic constraint) と呼んだ．そして，類推のプロセスに対するその影響を説明する多重制約理論 (Multiconstraint Theory) を提案した．さらに，彼らは，多重制約理論と対応した計算機モデルとして，ARCS (Analogical Retrieval by Constraint Satisfaction; Thagard, Holyoak, Nelson, & Gochfeld, 1990) と ACME (Analogical Constraint Mapping Engine; Holyoak & Thagard, 1989) を構築した．ARCS は類推のプロセスにおけるベース検索の段階に焦点を当てたモデルであり，ACME は類推のプロセスにおける対応づけと転写の段階に焦点を当てたモデルである．

多重制約理論は，構造写像理論と基礎的な仮定を共有しつつも，より複雑な状況での類推を説明可能な理論である．構造写像理論と共有する仮定は，表層的類似性（オブジェクトの類似性）と構造的類似性（一貫した写像の大きさ）の区別，述語の対応による類似性の表現である．構造写像理論と比較したときの多重制約理論の特徴は，以下の3点にまとめられる．

- 注意の活性化ネットワーク

多重制約理論では，注意が近接したノード間で伝播するネットワーク状の命題表現を仮定した．ネットワークの構成は，基本的には，ベースとターゲットの命題構造を反映したものであり，ノード間には活性化と抑制性のリンクが結ばれる．初期状態では，各ノードに活性値がランダムに割り当てられるものの，活性値の更新を繰り返すことで，相互に一貫したノードは共に活性が強くなり，相互に矛盾したノードの活性は低くなる．最終的には構造的に一貫した対応の組み合わせに充足される．

- 実用論的制約の表現

実用論的制約を表現するために，上記ネットワーク中に，注意の伝播を制御する特

別なノードを仮定した。そのノードは、類推をする主体が保持する目標や文脈に対応したものとされ、プラグマティックユニット (pragmatic unit) と呼ばれる。プラグマティックユニットは、類推を行う上で、重要と仮定されるノードとリンクし、その要素に特別に強い活性を与える。このことによって、最終的に充足する関係構造が変化し、目標や文脈による類推の差異が実現される。

- 構造的ー貫性からの逸脱

多重制約理論が仮定する類推写像は、活性化ネットワーク中での複数の制約（表層、構造、実用論）の並列的な充足プロセスである。そして、そのような並列的充足プロセスは、ときとして構造的にー貫しない写像に充足する。つまり、複数のオブジェクトが単一のオブジェクトへ対応づけられる多対ー対応、もしくはー対多対応が生じる（たとえば、第2次大戦時の「日本」と「ドイツ」を、湾岸戦争時の「イラク」へ対応づける。Spellman & Holyoak, 1992）。

なお、多重制約理論と構造写像理論の差異について、上記の1番目の特徴は、計算機上での制約の表現（あるいは実装）の問題といえ、制約の有無に関する根本的な問題とはみなされない。上記の2番目の特徴に関して、当初、構造写像理論は、実用論的制約を仮定しなかった。しかし、その後、その重要性が認められ、理論に組み込まれた (Forbus & Oblinger, 1990)*⁷。上記の3番目の特徴に関して、多重制約理論と構造写像理論で、より深刻な対立が生じた (Markman, 1997; Spellman & Holyoak, 1992, 1996)。だが、多重制約理論でも、構造的ー貫性からの逸脱を、一般的な現象として捉えていない*⁸。よって、制約の表現にこそ差異はあるものの、仮定する制約についての大まかな合意は、2つの理論の間で形成されているとみなせる。

その後の理論展開

多重制約理論の後も、多くの研究者が類推の理論、あるいは計算機モデルを提案した。たとえば、Keane, Ledgeway, and Duff (1994) は、作業記憶の容量を制約としたモデル、IAM (Incremental Analogical Mapper) を提案した。IAM モデルは、モデルの内部に作

*⁷ ただし、構造写像理論では、類推における文脈の影響は、ターゲットの表現によって間接的に扱われるべきものとした。つまり、類推者のおかれる文脈によって、直面する状況に対する焦点が変化し、命題としての表現そのものが変化する。その結果、類推のプロセスに間接的に影響が加わるというものである。

*⁸ 構造写像理論では構造的ー貫性をハードな制約（類推写像時に必ず満たさなければならない制約）としたのに対し、多重制約理論ではこれをソフトな制約（並列充足プロセスの中で違反することがあり得る制約）と捉えた。

業記憶の機能を実装し、命題要素間の逐次的な対応づけを実現した。そして、類推における対応づけの順序効果などの現象を説明した。

これを受けて、構造写像理論（SME モデル）の流れでは、IAM モデルと同様、逐次的な対応づけのプロセスを実現する I-SME が提案された (Forbus, Ferguson, & Gentner, 1994)。また、多重制約理論（ARCS モデル、ACME モデル）の流れを受けた LISA (Learning and Inference with Schemas and Analogies; Hummel & Holyoak, 1997, 2003) においても、作業記憶容量の制約が実装され、逐次的な対応づけのプロセスが可能となった。また、LISA モデルは多重制約理論において提案されたネットワーク状の命題表現を発展させ、神経系の機構を模した、ユニットの同期的発火に基づく、動的変数束縛によって、表層的類似性と構造的類似性を表現した。このような特徴を有するがゆえに、LISA モデルは、認知科学における伝統的な研究課題である記号接地の問題に取り組んだものとされる。

このように、現在に至るまで、類推の理論は発展を続けている。上記の全ての理論は、1.1.1 節で示したフレームワークの上に構成され、表層的類似性と構造的類似性の 2 つの制約を仮定するものであった。そして、それに実用論的制約、作業記憶の容量の制約、神経系の制約が付与されてきた。つまり、類推研究における理論の発展は、命題表現の形式から規範的に導かれた仮定に、幅広い現象を説明するための更なる仮定が加えられていったものとまとめられる。

1.1.3 理論の実証: 実験室研究

図 1.1 に示したように本論文では、理論を実証する方向として、トップダウン的な実験室研究とボトムアップ的な現場志向的研究を区別する。類推研究における実証的研究をレビューするにあたり、まず実験室研究を示す。また、対象となった理論的仮定として、構造写像理論によって仮定された「表層的類似性と構造的類似性の区別」と、多重制約理論によって仮定された「実用論的制約」を挙げる。

表層的類似性と構造的類似性の区別に対する検討

1.1.2 節でみたように、構造写像理論において区別された表層的類似性と構造的類似性は、その後の多くの理論で仮定された。そのため、この 2 つの制約は、類推における最も基礎的な制約とみなされる。以下では、表層的類似性と構造的類似性の両者が、人間の類推に参与していることの証拠を 3 つの観点から示す。

類推の段階に応じた異なる制約の関与 まず、ベースの検索とその後のサブプロセス（対応づけと転写）では、異なる制約が関与することが確かめられた。この知見は、Gick and Holyoak (1980) に由来する。彼女らの実験において、被験者は、図 1.2 に示される「放射線問題（ターゲットとなる問題）」に取り組んだ。その際、直前に、「要塞問題（ベースとなる問題）」がその解法とともに与えられた。ここで、2つの問題は構造的に同一の解法（「放射解」：1つの力を弱い力に分割し、収束させる）で解決できるものであった。それに関わらず、被験者のほとんどは、要塞問題を与えられただけでは、放射線問題を解決することができなかった（放射解へ至った被験者の割合、20%）。しかし、放射線問題に取り組む際に、要塞問題の想起を促すヒントを与えたところ、解に到達する被験者の割合が極端に増加した（放射解へ至った被験者の割合、92%）。この結果は、人間にとって、構造的類似性に基づく問題解決が容易であり、構造的に類似したベースの検索が困難であることを示す。

この知見を受けて、Holyoak and Koh (1987) は、ベースとなる問題の表層的特徴と構造的特徴を操作した実験を実施した。ターゲットとなる問題は、Gick and Holyoak (1980) と同様、放射線問題であった。ベースとなる問題は、構造だけでなく、表層的にも放射線問題と類似した「フィラメント問題」を用意した。フィラメント問題は、「高価な電球のフィラメントを修理するために、周囲から微弱なレーザーを集中放射する」というものであった。この問題における「レーザー」というオブジェクトは、放射線問題における「放射線」というオブジェクトと類似していた。実験の結果、フィラメント問題をベースとして学習した場合、多くの被験者が、ヒントを提示されずとも自発的に類推を適用することが確かめられた（放射解へ至った被験者 69%）。

上記の一連の研究から導かれる知見は、ベース検索における表層的類似性とその後のサブプロセス（対応づけや転写）における構造的類似性の使い分けである。つまり、長期記憶からベースを素早く検索するためには、計算コストの低い表層的類似性を利用した処理が有効と考えられる。しかし、一旦ベースが検索されれば、問題解決に有用な構造的類似性が強固な制約となると考えることができる。このような解釈は、構造写像理論における表層的類似性と構造的類似性の定義と一致したものといえる。

なお、ベースの検索に対する表層的類似性の強い影響は、Gentner et al. (1993), Wharton, Holyoak, Downing, Lange, Wickens, and Melz (1994) によっても示され、対応付けや転写に対する構造的類似性の影響は、Clement and Gentner (1991), Markman (1997) においても示された。

放射線問題（ターゲット）

腹部に腫瘍をもつ患者を担当した医師を想定してください。医師は腫瘍を破壊するために放射線を利用することを考えました。しかし、腫瘍を破壊するほどの強度の放射線は健常の組織までも破壊してしまいます。健常の組織を破壊せずに腫瘍を破壊するにはどのような方法がありますか。

「放射解: 放射線を分割し、異なった方向から一箇所に向けて放射する。」

要塞問題（ベース）

頑健な要塞に攻めることを考えている将軍を想定してください。要塞には周囲に道が伸びていますが、その道には地雷が仕掛けられていました。その道は数人程度であれば通ることができましたが、大勢で通ると地雷が爆発してしまいます。そこで、将軍は軍隊を少数の成員からなる部隊に分割し、それぞれ異なった道から要塞へ向けて行軍させ、一斉に攻め込みました。

図 1.2 Gick & Holyoak (1980) におけるベースとターゲットの概略。被験者は、ベースとなる「要塞問題」を提示され、読むことを求められる。その後、ターゲットである「放射線問題」を提示され、その解を求められる。「要塞問題」との対応に基づく「放射線問題」の解は、図中の「放射解」である。

ベース検索後の表層的類似性の影響 ここまでに示した研究は、基本的に、ベース検索後の対応づけや転写のサブプロセスでは、構造的類似性が強固な制約となることを示すものであった。しかし、対応づけるべきベースが、既に長期記憶から検索されていると仮定される場合であっても、特定の種類の表層的類似性は、強固な制約となることが指摘されてきた。それは、表層的に類似したオブジェクト（共通する属性を保持するオブジェクト）が、ベースとターゲットで異なる役割を担う状況である (Bassok & Olseth, 1995; Bassok, Wu, & Olseth, 1995; Markman & Gentner, 1993; Ross, 1989)。そのような状況は、しばしばクロスマップと呼ばれる

たとえば、Markman and Gentner (1993) の実験では、「女性が宅配業者から食物を受け取る」場面と「リスが女性から餌を受け取る」場面のそれぞれを描いた絵が、実験の材料として作成された。ここで、前者をベース、後者をターゲットとみなせば、それぞれを

次のように表現できる。

ベース: receive (man, woman, food)

ターゲット: receive (woman, squirrel, food)

ここで、ベースとターゲットにおける「女性 (woman)」は、それぞれの命題表現の上でクロスした位置におかれる。よって、この状況は、表層的類似性から導かれる対応づけと、構造的類似性から導かれる対応づけに競合が生じるものといえる。つまり、表層的類似性からは、ベースにおける「女性 (woman)」とターゲットにおける「女性 (woman)」の対応が導かれる。しかし、構造的類似性からは、述語「受け取る (receive)」の第 2 引数である「女性 (woman)」と「リス (squirrel)」の対応が導かれる。

Markman and Gentner (1993) の実験において、被験者は、このようなベースとターゲットに相当する 2 枚の絵を、1 枚ずつ交互に提示された。そして、ベースにおける「女性」と対応するターゲット中のオブジェクトを答えるように求められた。その結果、4 割程度の被験者が構造的類似性から導かれる対応づけを取り、残りの多くの被験者が表層的類似性から導かれる対応づけを取った。この結果は、対応付けのサブプロセスに対する表層的類似性の影響を示すものといえる。

また、ベースとターゲットの対応付けに關与する制約の種類と、作業記憶の負荷との關係を検討した研究も存在する。Waltz, Lau, Grewal, and Holyoak (2000) の実験は、上記の Markman and Gentner (1993) と同一の材料を用いたものであった。彼らの実験では、数字の保持課題 (7 桁の数字を保持する) や、無作為数字生成課題 (1 から 9 の数字を生成し続ける) などの妨害課題が課された状況 (2 重課題の状況) が設定された。そして、被験者は、そのような状況で、Markman and Gentner (1993) の実験課題を遂行することを求められた。実験の結果、2 重課題の状況では、構造的類似性から導かれる対応づけを取る被験者は 2 割前後に低下した。この結果は、作業記憶に負荷の生じる状況での対応付けにおいて、表層的類似性が強い制約となり、構造的類似性はほとんど制約とならないことを示す。このことは、構造的類似性に複雑な計算処理が關与するという構造写像理論の仮定と一致したものといえる。

これと関連し、前頭葉に損傷を受けた大脳皮質損傷患者は、側頭葉に損傷を受けた大脳皮質損傷患者に比べ、構造的類似性に基づく推論が困難であるという報告も存在する (Holyoak & Hummel, 2001; Morrison, Krawczyk, Holyoak, Hummel, Chow, Miller, & Knowlton, 2004; Waltz, Knowlton, Holyoak, Boone, Mishkin, de Menezes Santos,

Thomas, & Miller, 1999) . このような報告も , Waltz et al. (2000) と同様 , 構造的類似性に関する計算処理と作業記憶の機能との関係を示すものといえる .

発達の段階に応じた異なる制約の関与 成人に比べ , 発達の途上にいる幼児では , 表層的類似性が強い制約になることが示されてきた (Gentner & Toupin, 1986; Gentner & Rattermann, 1998; Loewenstein & Gentner, 2004) . たとえば , Gentner and Toupin (1986) は , 物語の再生課題によって , 発達の段階に応じた類推の制約の変化を示した . 彼女らの実験では , まず被験者にベースとなる物語を提示した . 物語に登場するオブジェクトは , 「セイウチ」や「カモメ」, 「ネコ」などの動物であった . 被験者は , ミニチュアの人形を利用した芝居の形式で物語がみせられた . 続いて , 被験者は , ベースで利用されたものとは異なる人形を使って , 物語を再生することが求められた (ターゲットに相当) . そこでは , ベースにおいて「ネコ」であった役割を「アザラシ」, ベースにおいて「カモメ」であった役割を「イヌ」, ベースにおいて「セイウチ」であった役割を「ペンギン」が担う状況が設定された . この状況は , 共通の属性を保持すると想定されるオブジェクトが , ベースとターゲットでクロスした位置におかれるクロスマップ状況であった*⁹ .

Gentner and Toupin (1986) による実験の結果 , 8 歳から 10 歳の児童に比べ , 4 歳から 6 歳の幼児は , クロスマップ状況での物語の再生が困難であることが示された (4-6 歳の正再生率 , 60% 強; 8-10 歳の正再生率 , 90% 弱) . この結果は , 発達の段階に応じて , 対応づけと転写における表層的類似性の影響が減少し , 構造的類似性の影響が強くなることを示す . 発達過程初期での表層的類似性の強い影響は , 作業記憶容量の未成熟さを一因として解釈できる (Richland, Morrison, & Holyoak, 2004b) . つまり , 幼児は , 作業記憶の機能が十分に成熟していないために , 複雑な計算処理が関与する構造的類似性に基づく類推を行うことが困難という説明である . そして , この説明は , 先述の Waltz et al. (2000) と同様 , 構造写像理論の仮定と一致したものといえる*¹⁰ .

*⁹ ここで , 共通の属性を保持すると想定されるオブジェクトの組は , 次のとおりである . 「セイウチ」= 「アザラシ」, 「カモメ」= 「ペンギン」, 「ネコ」= 「イヌ」 .

*¹⁰ 成人における類似の効果として , 領域の初心者は領域の熟達者に比べ , 表層的類似性に強い影響を受けることが示されている (Donnelly & McDaniel, 2000; Novick, 2003) . だが , 熟達化による効果は , 作業記憶の機能に由来するものというより , ベースの表現の問題と考えられる . 熟達者の保持する記憶は初心者に比べ , より構造的な情報が保持されたものと考えられる (Chi, Feltovich, & Glaser, 1981) .

実用論的制約に対する検討

1.1.2 節において、類似性に関わる人間の認知が、文脈や目標に大きな影響を受けることを、多くの研究者が指摘してきたと述べた。だが、それらの研究が示す文脈や目標の影響は、類似性の判断におけるものであり、類推のプロセスにおける効果を直接示すものではなかった。以下、類推における文脈や目標の効果（実用論的制約）を検討した研究として、2つの研究を示す。これらの研究は、類推に固有のサブプロセスとされる対応づけと転写における実用論的制約を示したものである。

対応づけにおける実用論的制約 類推における実用論的制約は、Spellman and Holyoak (1996) によって示された。彼女らの実験は、「2つの惑星が舞台となるSF」などの架空の物語を材料としたものであった。なお、この物語の舞台となる2つの惑星は、それぞれに複数の国家と人物が登場し、類推におけるベースとターゲットに相当するものと仮定された。

彼女らの実験で、被験者は、2つの課題を順に遂行することを求められた。1つめの課題（方向づけ課題）は、被験者に特定の観点を与えることを目的とした。ここにおいて、被験者は、課題材料となる物語を提示され、物語に登場する全ての国家について、「貿易相手」としての観点から、もしくは「友好相手」としての観点から、その望ましさを評価した。なお、被験者へ与える観点は、被験者間要因として操作された。

その後、被験者は、2つめの課題（対応づけ課題）に取り組んだ。ここでは、観点が与えられず、ベースに登場する国家や人物などのオブジェクトを、ターゲットに登場するオブジェクトへ対応づけることのみが、求められた。なお、対応づけ課題は、方向づけ課題の直後に実施した。2つの課題の関係について、被験者は何も教示されなかった。

分析の焦点は、2番目に実施された対応づけ課題において、1番目の方向づけ課題の影響がみられるかを検討することであった。つまり、1番目の方向づけ課題では、直接的に観点が教示され、そこで被験者の反応に差異が生じることは驚くべきことではない。しかし、2番目の対応づけ課題では、直接的に観点が与えられない。そのため、そこで被験者の反応に差異が生じることは、類推のプロセスにおける実用論的制約（直前の方向づけ課題によって形成される文脈）の影響を示すものといえる。

分析の結果、方向づけ課題において形成された観点と一致する反応が、対応づけ課題において得られた。この結果は多重制約理論の仮定によって解釈できる。つまり、方向づけ課題において設定された観点が、命題ネットワークにおける各ノードの活性値を変化さ

せ、続く課題での文脈を形成した。その結果、観点が直接教示されない対応づけ課題において、反応の差異が生じたと解釈できる。

転写における実用論的制約 実用論的制約に対する上記の検討は、類推に固有のサブプロセスとされる対応づけに対するものであった。これに対して、類推における最も生産的なサブプロセスは、対応づけに続く転写とされる (Markman, 1997)。なぜなら、転写によって新たな命題が生成されるゆえに、類推という心的活動を、人間の創造性の基礎とみなせるからである。よって、転写というサブプロセスを検討することは、より広い研究分野へ類推研究の知見を応用する上で重要と考えられる。

転写に及ぼす実用論的制約の影響は、Liu, Pham, and Holyoak (1997) によって確かめられた。彼らの実験で、被験者は、未知の惑星 (実験 1)、あるいは馴染みの薄い文化圏^{*11} (実験 2) へ訪れたことを想定し、そこでの社会的振る舞い (挨拶の言葉やお辞儀) を推論するように求められた。そこでは、成員が保持する 2 つの属性 (実験 1: 頭部の形状と血液の色、実験 2: 地位と組織) が社会的振る舞いを決定する重要な要因であると教示された。事例として、同一の属性を保持するもの同士の社会的振る舞いとお互いに異なる 2 つの属性を保持するもの同士の社会的振る舞いが被験者へ提示された (ベースに相当: 表 1.1 におけるセル 1 とセル 4)。被験者の課題は、一方の属性を共有し、他方の属性を共有しない場合の社会的振る舞いを予測することであった (ターゲットに相当: 表 1.1 におけるセル 2 とセル 3 を予測)。

その際、属性の重要度を方向づける教示 (実用論的制約に相当) が被験者に与えられた。一方の条件では、この社会では血液 (実験 1)、もしくは地位 (実験 2) が社会的振る舞いを決定する上で重視されると教示され、他方の条件では、頭部 (実験 1)、もしくは組織 (実験 2) が重視されると教示された。

実験の結果、教示の重要度の効果が確かめられた。前者の教示を受けた被験者は、表 1.1 におけるセル 1 からセル 3、セル 4 からセル 2 への関係構造の転写がなされ、後者の教示を受けた被験者は、表 1.1 におけるセル 1 からセル 2、セル 4 からセル 3 への関係構造の転写がなされた。この結果は、実用論的制約によって、転写によって生成される命題が変化することを示す。さらに、彼らは、実験 1 (未知の惑星を題材) に比べ、実験 2 (現実の文化を題材) では、上記の傾向が小さかったことを報告した。そこから、被験者自身の日常生活と関わる領域であれば、実験室で提示される教示や事例の影響は小さいことを論じた。

^{*11} 被験者としてアメリカの大学生を採用し、アメリカの大学生にとって馴染みの薄い日本を舞台とした。

表 1.1 Liu, Pham, & Holyoak (1997) の実験の構成 .

(a) 実験 1 における個体間の社会的振る舞い (未知の惑星を舞台)

血液の色 (橙色 - 緑色)	頭部の形状 (三角形 - 円形)	
	頭部の形状が同一の個体間	頭部の形状が異なる個体間
同一の血液の個体間	セル 1 (ベース) 共に頭を軽く下げ , ハミングする	セル 2 (ターゲット) < 被験者による予測 >
異なる血液の個体間	セル 3 (ターゲット) < 被験者による予測 >	セル 4 (ベース) 円形の頭部をもち緑色の血液をもつ ものが中程度に頭を下げ , 三角形の 頭部をもちオレンジの血液をもつも のが深く頭を下げる 共に高音を発声する

(b) 実験 2 における個人間の社会的振る舞い (馴染みの薄い文化圏を舞台)

地位 (高 - 低)	組織の種類 (組織 A - 組織 B)	
	組織が同一の個人間	組織の異なる個人間
同一の地位の個人間	セル 1 (ベース) 共に軽く会釈し , インフォーマルに 会話する	セル 2 (ターゲット) < 被験者による予測 >
異なる地位の個人間	セル 3 (ターゲット) < 被験者による予測 >	セル 4 (ベース) 組織 A の地位の低いものが丁寧 にお辞儀し , 組織 B の地位の高いもの は中程度にお辞儀する 共にフォーマルに会話する

1.1.4 理論の実証: 現場志向的研究

ここまで、類推を対象とした実験室研究をレビューした。そこでは、表層的類似性と構造的類似性のそれぞれが類推のプロセスの中で果たす役割が示され、対応づけと転写における実用論的制約の影響が確認された。これらの知見は 1.1.2 節で示した類推の制約に関する理論と整合している。

しかし、これらの実験結果によって、理論の仮定が十分に実証されたとみなすことは、必ずしも妥当ではない。なぜなら、従来の実験室研究における手続きは、現実世界の中で人間の活動を反映しない部分があるからである。最も妥当性の疑われる手続きは、研究者によって、類推のプロセスがセットアップされたことにある。ここまで示した全ての実験室研究において、被験者は、実験室の中でベースに相当するものを学習し、ターゲッ

トに相当するものを提示された。それら実験材料としてのベースとターゲットは、基本的に、研究の目的からトップダウン的に作成され、かつ被験者にとって馴染みの薄い題材が選択されることが多かった。それに対し、現実世界の中で、人間は自主的にターゲットを選択し、自分自身の日常生活の中で獲得したベースを利用する。

このような実験室と現実世界の差異を問題とし、現実の社会的な営みの中での類推が、1990年代の中頃から検討されるようになった^{*12}。これらの研究は、歴史的な発見の背景にある類推の事例的な研究 (Gentner & Jeziorski, 1993; Gentner, Brem, Ferguson, Markman, Levidow, Wolff, & Forbus, 1997; Simina & Kolodner, 1997) とは区別される。ここで示す現場志向的研究は、現代社会の中で実際に観察された類推をデータとして収集することに特徴がある。また、事例的な研究とは異なり、多くのデータが収集され、収集されたデータの分析を通して、理論がボトムアップ的に評価される。以下、現場志向的研究の知見として、1.1.3 節と同様、表層的類似性と構造的類似性の制約に対する検討、実用論的制約に対する検討を示す。

表層的類似性と構造的類似性の区別に対する検討

類推に対する現場志向的研究は、分子生物学を領域とした研究グループ (大学の研究室) を対象とした観察的研究に始まった (Dunbar, 1995, 2001; Dunbar & Blanchette, 2001)。Dunbar は、観察対象となった研究室において毎週実施されるミーティングに参加し、そこでのメンバー間の会話を記録した。そして記録された会話に含まれる類推の事例を抽出した。抽出された類推は、(a) ターゲットと同一の生物をベースとしたもの、(b) ターゲットとは異なる生物をベースとしたもの、(c) 生物以外のベースを利用したものに分類された。これらの分類は、分子生物学を領域とした類推の表層的類似の程度を表すものといえる。すなわち、(a) は高度に表層的に類似した類推、(b) はそれほど表層的に類似していない類推、(c) は表層的にほとんど類似していない類推である。

分類された類推の頻度を比較したところ、表層的類似性の高い類推 (a) に比べ、それほど表層的に類似していない類推 (b) のほうがより多く観察された。この分類の結果は、Gick and Holyoak (1980), Holyoak and Koh (1987) などの結果と異なり、類推のプロセスに対する表層的類似性の強い影響を示すものではない。ここから、Dunbar は、実験室研究で確かめられてきた知見 (表層的類似性によるベース検索への強い影響) とは異な

^{*12} より早い時期に、Lave (1988) は、類推の実験室研究 (Gentner & Gentner, 1983; Gick & Holyoak, 1980) に対する批判を述べた。しかし、Lave (1988) の検討は類推の制約を直接対象としたものではないため、本論文ではその内容に触れない。

り、現実世界における類推には、表層的類似性がほとんど影響せず、構造的類似性が強い影響をもつと述べた。

なお、上記の研究は分子生物学という単一領域を対象としたものであったが、同様の知見は他の領域を対象とした研究でも確かめられた。Blanchette and Dunbar (2001) は、政治家やジャーナリストが世論の説得のために使用する類推を検討した。彼女らは新聞の保存記録から特定の政治的問題 (i.e., カナダにおけるケベック州の独立) に関する類推を抜き出した。そして、それらの事例について、政治的な内容を含むベースを利用した類推と、それ以外の内容からなるベースを利用した類推 (魔法, スポーツ, 家庭, 医学, 経済など) を区別した。その結果、政治的内容を含むベースを利用した類推は全体の 24% のみであった。つまり、全体の 76% の類推が、表層的にほとんど類似しないものであったことが示された。

さらに、他の研究者も、現実世界の中で生起する類推と実験室における類推の差異を見出した。Richland, Holyoak, and Stigler (2004a) では、数学の授業で使用される類推が分析された。彼女らは全米の中学校のクラスから、無作為に抽出された授業記録に対し、教師が数学の教授のために使用した類推の事例を抜き出した。そして、それらの事例に対し、(a) 数学外のベースを利用した類推、(b) スキーマをベースとした推論、(c) 数学の問題をベースとした類推に分類した。さらに (c) については、ターゲットとなった問題とベースとなった問題との関係から、(c-1) ターゲットとベースで解法や要素が類似するもの (表層的類似の程度が高い類推) と、(c-2) ターゲットとベースで解法や要素が類似しないもの (表層的類似の程度がそれほど高くない類推) を区別した。その結果、表層的類似の程度が高い類推 (c-1) は、全類推の事例のうち、24% のみであった。この結果から、彼女らは、Dunbar らと同様、現実世界で、人間は、表層的類似性に影響を受けず、構造的類似性に基づく類推を頻繁に用いると論じた。

以上 3 つの研究は、共通して、現実世界の中で、人間は、表層的にはそれほど類似せず、構造的に類似した類推を容易に用いることを指摘した。これらの研究は、類推における制約としての表層的類似性の存在に疑問を投げかけるものといえる。なお、現実世界で観察される類推と、実験室で生起する類推との差異は、分子生物学以外の領域での科学者による類推 (植田, 2000)、大学の授業で使用される類推 (Bearman, Ball, & Ormerod, 2002) などでも確かめられた。多様な領域を対象とした研究で同様の結果が得られていることから、実験室と現実世界での類推の差異は、領域に固有のものではないことが示唆される。

実用論的制約に対する検討

現場志向的研究は、実用論的制約が現実世界の中で生起する類推に強い影響を及ぼすことを指摘してきた。たとえば、先述の Dunbar and Blanchette (2001) による分子生物学の研究室を対象とした研究は、類推の用いられる場面とそこで使用される類推のタイプとの間に関連を認めた。特に、他者へ自分の研究を説明する際には、表層的にほとんど類似しない類推(生物以外のベースを利用した類推)が多く観察されることを報告した。また、Richland et al. (2004a) も同様に、数学の教授における類推とその類推が使用された場面との関係を分析し、計算手続きなどの教授を目標とした類推は表層的類似性の高いものであったのに対し、抽象的概念の教授を目標とした類推は表層的類似性の低いものであったことを報告した。これらの報告は、類推を行う際に、その個人がおかれた状況によって柔軟にベースが切り換わることを示すものである。

1.1.5 類推研究の現状

本節では、従来の類推研究の構成を、フレームワーク・理論・認知的な現象の繋がりを中心に絞って、レビューした。1.1.1 節では、フレームワークのレベルでの主張を示した。そこでは、まず、類推に関与するベースとターゲットの両者が述語と引数からなる命題として表現された。そして、類推のプロセスがターゲットの表現から転写に至る継時的なプロセスとみなされた。

1.1.2 節では、上記のフレームワークから構成される理論として、構造写像理論と多重制約理論を挙げた。構造写像理論では、表層的類似性と構造的類似性が区別され、多重制約理論では、そこに実用論的制約が加えられた。当初、2つの理論の間では、対立が生じたが、その後、類推の制約に対する大まかな合意が形成された。

これらの理論の仮定は、1.1.3 節で示した実験室研究によって、繰り返し検証された。人間の類推において、表層的類似性と構造的類似性の両者が異なる制約となることが示され、類推に固有のサブプロセスとされる対応づけと転写に、実用論的制約が影響をもつことが確かめられた。しかし、1.1.4 節で示した現場志向的研究は、理論の仮定を明確に確かめるものではなかった。そこでは、類推の制約としての表層的類似性の存在が疑問視され、実験室の中での類推と現実世界の中での類推の差異が強調された。

以上から、現在の類推研究では、実験室研究と現場志向的研究との間に、結果の矛盾が生じていることが明らかになる。さらに、このことは、2種類の実証的研究の間の矛盾に

留まらず、類推の理論の一般性と妥当性に疑問を投げかけるものとなる。確かに、理論が仮定する制約は、実験室の中では現実に確かめられた。しかし、現実世界の中で生起する類推との矛盾が指摘される限り、その制約が実験室に特異の現象である可能性を否定できず、その存在が一般的に確かめられたとは言い難い。

また、著者は、本来、人間の認知の理論は、現実世界で生じる幅広い現象へ適用可能なものであるべきと考える。理論と現実世界で生じる現象との適合が保証されることによって、教育や工学などの領域への理論の応用が促されると予測できる。よって、本論文では、類推の理論と現実世界で生じる現象との繋がりをつけることを、現在の類推研究の最も重要な課題の1つと捉えた。次節では、このような一般的な問題意識に対する本研究の具体的な目的を示す。

1.2 本研究の目的

本節では、前節で提起した問題に対する本研究の位置付けを明確にする。そのために、まず従来の類推研究における2種類の実証的研究のそれぞれに対して、限界を指摘する。その後、本研究の取ったアプローチと具体的な検討項目を示す。

1.2.1 従来のアプローチの限界

実験室研究の限界

1.1.4節でも述べたが、類推に関する従来の実験室研究では、類推に関与するベースとターゲットの両者が、研究者によって事前に作り込まれてきた。このことによって、ベースとターゲットの類似性が、命題表現の上で形式的に操作され、理論と現象との適合が図られてきた^{*13}。このようなアプローチの利点は、実験操作の意味を明確化できること、検討の対象となる理論と直接的に結びついた指標を定義できることにある。

しかし、逆にいえば、このようなアプローチによって観察される現象のほとんどは、研究者の予測の範囲内にあることになる。また、実験室の中で、ベースとターゲットの両者が用意されることは、類推に関与する全ての事象が実験室の内部で完結しているとみることができ、そのような実験の状況が、現実世界、あるいは被験者自身の日常生活を反映しきれているかは疑問である。本論文では、このような従来の実験室研究が扱ってきた状

^{*13} 1.1.3節のレビューでは示されなかったが、1.1.3節で示したほぼ全ての研究で、ベースとターゲットに相当する命題表現が事前に仮定されてきた。そして、命題表現の上で、実験材料となったベースとターゲットの間での、表層的類似性と構造的類似性の程度が定義されてきた。

況を、Closed-end な状況と呼ぶことにする。これに対し、現場志向的研究で扱われた状況は、研究者が、事前にそこで生じる類推を予測できない、あるいはそこで使用される知識を事前に推定できない状況である。それは、実験室研究が扱ってきた状況と対比して、Open-end な状況と呼ぶことができるものである。

実験室研究が扱ってきた Closed-end な状況と、現場志向的研究が扱ってきた Open-end な状況の違いとして、Blanchette and Dunbar (2000) は、記憶表象^{*14}の質を挙げた。つまり、彼女らは、実験室の中で新たに学習された事例に比べ、日常生活の中で学習された事例は、より馴染みの深いものであり、構造的な情報（高次の関係を含む情報）が十分に符号化されたものであると考えた。そして、このような符号化の差異によって、実験室研究と現場志向的研究の間での結果の差異が導かれたと考えた。つまり、構造的な情報が十分に符号化されていない事例（実験室の中で学習した事例）をベースとすれば、構造的類似性に基づく類推に困難が生じると考えられる。しかし、構造的な情報が十分に符号化された事例（日常生活の中で学習した事例）をベースとすれば、それに困難は生じないと論じた。このような理由によって、実験室における類推には表層的類似性が強く影響し、現実世界における類推には構造的類似性が強く影響するとした。

現場志向的研究の限界

実験室研究に限界があるからといって、現場志向的研究の主張を無批判に受け取ることにはできない。現場志向的研究について最も疑問視されることは、分析の手法と理論との適合である。現場志向的研究で実施された分析のほとんど全ては、ポストホックに設定された大雑把なカテゴリの設定（たとえば、生物学的なベースか、生物学以外のベースか）に基づくものであった。そこにおいて設定されたカテゴリと理論との対応が十分に保証されていたとは言い難い。特に、これまでの現場志向的研究では、表層的類似性についてのカテゴリ分けは行われているものの、構造的類似性についての分析が行われていない。被験者がどの程度、構造的に一貫した類推を生成したのかという検討なしに、現実世界で生じる類推に表層的類似性の影響が小さく、構造的類似性の影響が大きいと結論づけることには問題がある。

また、現場志向的研究で行われた実用論的制約に対する検討についても疑問が残る。現場志向的研究では、類推に及ぼす実用論的制約が明確に示されたが、そこで示された制約

^{*14} 本論文では、“representation”に対応する語として、「表現」と「表象」の両者を用いた。2つの語の使い分けは、それぞれの研究分野の慣例に従う。

は、ベース検索の段階に留まるものである。実験室研究で示されたような対応づけや転写のサブプロセスに及ぼす実用論的制約の影響は明らかではない。つまり、実用論的制約によって、どのように対応づけられる要素が変化し、転写によって生成される命題がどのように変化するのかが検討されていない。

1.2.2 本研究のアプローチ

以上のように両アプローチの限界を踏まえれば、現状において2つのアプローチを結びつける十分な準備が整っているとは言いがたい。一方の実験室研究には、設定される実験状況と現実世界（あるいは被験者の日常生活）との適合に限界があり、他方の現場志向的研究には、検討の対象となる理論と分析の手法との適合に限界がある。よって、両アプローチの中間に位置するアプローチが必要になると考えられる。このような考えのもと、本研究では、実験室研究と現場志向的研究の両者の要素を取り入れた検討を行った。本研究のアプローチは、実験室を検討のフィールドとしつつも、Open-end な状況（被験者に類推のためのベースを提示せず、利用される知識の具体的な推定が困難な状況）での類推を検討するものであった。また、データを分析する際、設定される指標に対する理論的根拠を論じることを重視した。そのことによって、従来の実験室研究と現場志向的研究の結果とを結びつけることを目指した^{*15}。具体的には、以下の2点の項目を検討した。

- Open-end な状況での表層的類似性と構造的類似性の区別
- Open-end な状況での転写と実用論的制約の関係

1つめの検討項目は、実験室研究と現場志向的研究で明確な矛盾が指摘されている問題であり、2つめの検討項目は現場志向的研究では検討されてこなかった問題である。このような2つの問題の検討を通すことで、類推の理論と現象との適合を再確認し、現実社会に対する類推の理論の貢献を明らかにすることを目指した。

1.3 本論文の構成

本論文は、本章を含め、全4章より構成される。本論文の中核である第2章と第3章では類推の制約を検討した実証的研究を示す。2つの研究は、共通して、Open-end な状

^{*15} Dunbar とも、実験室と現実世界の橋渡しを狙っているが (Blanchette & Dunbar, 2000)、彼らの研究の問題は2章で考察する。

表 1.2 研究の構成 .

	サブプロセス	制約	アプローチ
第 2 章	ベース検索と評価	表層的類似性と構造的類似性の制約	計算機モデルを利用した分析
第 3 章	転写	実用論的制約	他者視点の操作による実験的アプローチ

況での類推を検討したものであり、検討した制約と対象としたサブプロセスで区別されるものである。2つの研究の関連を見通すために、それぞれの研究の特徴を表 1.2 にまとめた。表 1.2 には各研究で主に対象とした類推の段階と制約、そして、Open-end な状況での類推を研究するために採用したアプローチが示される。以下、それぞれの章の概要を述べる。

第 2 章は、前節の最後に示した第 1 の検討項目（Open-end な状況での表層的類似性と構造的類似性の区別）を扱う。この項目を扱うにあたって、ベースの検索と評価のサブプロセスに焦点を当てる。その際、Open-end な状況での類推を、理論に即して検討するために、計算機モデルの新たな利用の方法を提案する。そのことによって、これまでに行われてきた Open-end な状況での類推研究との差別化を図る。さらに、提案した手法は認知科学における情報処理アプローチ一般に適用可能なものであったため、認知科学における計算機モデルと心理実験の関係を論じる。

第 3 章は Open-end な状況での転写を扱う（1.2.2 節で示した第 2 の項目の検討）。その際、「他者の視点を取ること」に注目する。他者の視点を取るとは、自身の日常経験をベースとし、「自己」を「他者」の立場へ対応づける類推とみなせる。さらに、特定の視点を設定することは、Holyoak and Thagard (1989, 1995) によって仮定された実用論的制約と関係した活動とみなせる。そして、Holyoak et al. (1994) による考察を参考に、類推のタイプと転写によって生成される命題との関連についての仮説を提起する。仮説を検討した実験は、視点を教示によって操作するものである。

第 4 章では、2つの研究の結果をまとめる。また、近年の類推研究の流れを示し、類推研究の今後を論じる。

第2章

ベースの検索と評価に及ぼす表層的類似性と構造的類似性の制約

本章では、1.2.2 節に掲げた検討項目のうち、「Open-end な状況での表層的類似性と構造的類似性の区別」に関わる検討を示す。その際、Open-end な状況での類推を検討するにあたって、まずベースの検索と評価のステップに焦点をあてた。そして、Open-end な状況での類推を理論に即して検討するために、類推に関する代表的な計算機モデル (Forbus et al., 1995) を利用した。以下、認知科学における計算機モデルと心理実験の関係についての一般的な見解を述べ、その後本研究の手法の特徴を述べる。

2.1 認知科学における計算機モデルの役割

認知科学の目標は人の認知の理解であり、その主要な手法が「心理実験の実施」と「計算機モデルの利用」であった。そこでは、人を対象とした心理実験が行われ、その結果が計算機モデルによって説明される。逆に、モデルの予測から新たな心理実験が実施され、モデルが改善されていく。このように、認知科学の典型的な発展のプロセスは、心理実験と計算機モデルの循環的な利用であった。ここにおいて、計算機モデルは、人間の認知を説明する“理論”の具体化として、重要な役割を果たしてきた。

本章では、計算機モデルを「アルゴリズム」、「知識」、「パラメータ」の3つの構成要素からなるものと捉える。ここでいうアルゴリズムとは、明示化された情報処理の手続きであり、知識とはアルゴリズムに対するデータベースである。そして、パラメータとは、アルゴリズムの利用を制御する変数を意味する。アルゴリズムがモデルの基礎的な要素であ

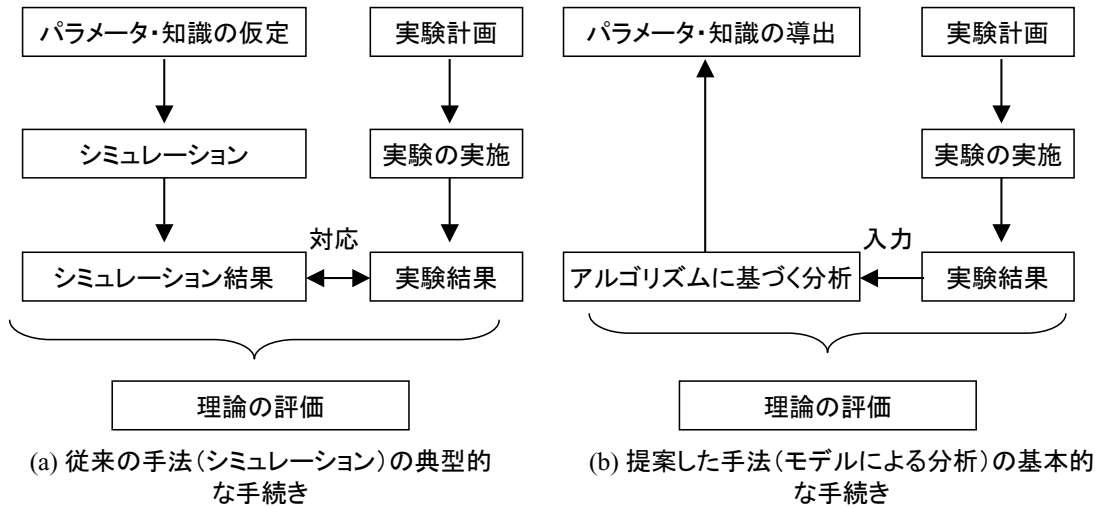


図 2.1 シミュレーションの手続きとモデルによる分析の手続き。2つの手法はともに、理論を評価するために用いられるという点では共通している。シミュレーションの手続きにおいては、モデルを動かすために、パラメータと知識の仮定が必要となる。それに対し、提案した手法では、アルゴリズムに基づく分析を通した後に、パラメータと知識が導出される。

るのに対し、知識の内容とパラメータの値はモデル中では可変的な要素となる。

従来、計算機モデルは「シミュレーション装置」として利用されてきた。たとえば、ACT-R などの認知アーキテクチャを利用した研究では、アーキテクチャに備わるアルゴリズムの上に、知識とパラメータの値が設定される。知識とパラメータの値はモデルの背景となる理論に即して設定され、モデルは理論を具体化したものとなる。知識とパラメータの値の設定に続いて、モデルは人間と同型の課題を遂行する。人間とモデルの振る舞いが類似すればするほど、モデルを構成する知識やパラメータの値の蓋然性が高くなり、背景となった理論の妥当性が示される(認知アーキテクチャについては、Anderson & Lebiere, 2003; Ritter, 2004)。

本章では、上記のようなシミュレーションとは異なる計算機モデルの利用法を提案する。著者は、心理データに対する「分析装置」としての計算機モデルの利用を考えた。つまり、心理実験で人間から得られるデータを計算機モデルに入力し、モデルのアルゴリズムを通したデータの定量化を行う。その結果から、人間の認知を説明する上での適切な知識やパラメータの値を同定する。このような手法は従来の計算機モデルの利用と異なるロジックにある。図 2.1 は従来の手法と分析装置としての計算機モデルの利用について、その差異をまとめたものである。シミュレーションが知識とパラメータの値の仮設的設定の

後に人間とモデル間での出力の間接的な対応付けを行うのに対し、分析装置としての計算機モデルの利用では、心理データがモデルに対する直接的な入力となり、その結果から知識やパラメータの値が推定される。

著者は、分析装置としての計算機モデルの利用は、Open-end な状況での認知を理解する上で利点があると考えます。シミュレーションを行うためには、基本的に、課題の遂行に必要な知識とパラメータの値を事前に設定する必要があります。しかし、人間が日常生活において学習する知識の数は膨大であり、必要な知識の全てをモデルに事前に入力することは Open-end な状況では困難である。

本章では、類推に関する代表的な計算機モデルである MAC/FAC モデル (Forbus et al., 1995) を挙げ、分析装置として用いた。MAC/FAC モデルは、構造写像理論 (Gentner, 1983) に導かれて開発された計算機モデルであり、表層的類似性の計算と構造的類似性の計算を実現する。MAC/FAC モデルは心理実験とシミュレーションによって評価され (Gentner et al., 1993)、現在に至るまでモデルの改善が進んでいる (Forbus, 2001)。以下、MAC/FAC モデルの概略とそれを評価するために実施された先行研究を示す。

2.2 類推の計算機モデルと心理学的研究

2.2.1 類推の計算機モデル -MAC/FAC モデル-

MAC/FAC (Many are called, but few are chosen; Forbus et al., 1995) は構造写像理論における類似性の区別を計算機上に実装し、人間の類推のプロセスを包括的に説明したモデルである。構造写像理論から導かれる MAC/FAC モデルの重要な理論的仮定は、「表層的類似性が関与する事例の検索段階」、「構造的類似性が関与する事例の評価段階」という 2 段階の類推のプロセスの区分である。

MAC/FAC モデルのはじめの段階は MAC (Many are called) 段階と呼ばれる。MAC 段階とは、ターゲットを手がかりとし、記憶プールから複数のベース候補を大雑把に抽出する段階である。この段階では、膨大な記憶プールから速やかにベース候補を検索する必要がある。そのため、MAC 段階では計算コストの低い表層的類似性に基づく検索が行なわれるものと仮定された。MAC/FAC モデルでは表層的類似性を計算するために、Content Vector (C-Vector) と呼ばれる事例中の述語の頻度を表すリストが定義された。表層的類似性は、2 つの C-Vector の内積によって算出され、内積の高い事例が MAC 段階において抽出されることになる (以降、C-Vector の内積の値を C-Vector 値と呼ぶ)。

なお、C-Vector とは特徴ベクトルの 1 種であり、属性と関係的述語 (1.1.2 節を参照) の区別がなされないリストである。よって、C-Vector 値は属性と 1 階の関係の対応の両方に影響される。また、C-Vector は要素間の結合関係を表現しないため、因果関係が逆転した事例間の C-Vector 値や、オブジェクト間が 1 対 1 に対応しない事例間の C-Vector 値が過剰に見積もられる。たとえば、「戦争の結果、平和になった」という物語と「平和の結果、戦争が起きた」という物語は C-Vector 上で区別されない。また、「2 匹の犬同士の争い」という記述に対して、「2 匹の狼同士の争い (1 対 1 対応)」よりも、「3 匹の狼同士の争い (1 対多対応)」の C-Vector 値が高く見積もられる。

MAC 段階で抽出された候補は FAC (Few are chosen) 段階において、更に評価される。FAC 段階とは、MAC 段階において抽出されたベース候補を詳細に評価する段階であり、Forbus et al. (1995) は、ここにおいて構造的類似性が関与すると考えた。MAC/FAC モデルでは、SME (Structure-Mapping Engine; Falkenhainer et al., 1989) によって、構造的類似性の指標が算出され、事例が評価される。SME モデルとは構造写像理論が定義する構造的類似性を忠実に計算する類似性計算のアルゴリズムであり、以下の 2 ステップを含む。

- Local match の構成

ターゲットとベース候補に含まれる個々の述語が対応付けられる。各々の対応は Local match と呼ばれる。その際、同一の名前をもつ述語のみが対応付けられ、異なる名前の述語は対応付けられない (たとえば cause は cause とのみ対応付けられ、その他の述語とは対応付けられない)。その後、それぞれの Local match 間の一貫性に応じ、個々の Local match に数値化された重みが割り振られる。

- Global match の構成

各々の Local match は 1 対 1 対応の原則 (同じ要素を複数の要素に対応付けない) を満たす形で結合され、ベースとターゲットの全体的な写像 (Global match) が構成される。Global match に含まれる Local match の重みが加算されることで、写像の大きさを示す “Structure Evaluation Score (SES 値と呼ぶ)” が計算される。

つまり、SME モデルとは、構造的に一貫した写像を実施し、写像の大きさに応じた類似性を計算するものである。そのため、因果関係の逆転した事例間の SES 値は常に低く見積もられる。また、オブジェクト間の対応が 1 対多になる事例間の SES 値が高く見積もられることはない。

以上が MAC/FAC モデルの概要である．冒頭で述べた用語に従えば，MAC/FAC モデルは，C-Vector の内積の計算，SME モデルという 2 種類の類似性計算の「アルゴリズム」を含むものと捉えられる．記憶プール中には事例が「知識」として含まれ，MAC 段階と FAC 段階を経ることで，事例が想起され，評価される．そして，MAC/FAC モデルの「パラメータ」は，各段階における C-Vector 値と SES 値の関与の度合い（広い意味での重み）と捉えられる．Forbus et al. (1995) による MAC/FAC モデルの理論的仮定は，「MAC 段階における C-Vector 値の独占的な関与」，「FAC 段階における SES 値の独占的な関与」というパラメータの値の設定によって実装されることになる．

2.2.2 類推研究における心理実験とシミュレーション

Gentner et al. (1993) は MAC/FAC モデルの理論的仮定を検証する心理実験を実施した．彼女らはベースとターゲットに相当するものとして短い物語（100 個）を用いた．100 の物語はそれぞれ 5 つの物語からなる 20 のセットから構成された．それぞれのセットはオリジナルとなるベースストーリー，ベースストーリーと属性と 1 階の関係を共有するターゲットストーリー（Surface Similarity - SS と呼ばれた），1 階の関係と高次の関係を共有するターゲットストーリー（Analogy - AN と呼ばれた），属性，1 階の関係，高次の関係を共有するターゲットストーリー（Literal Similarity - LS と呼ばれた），1 階の関係をのみ共有するターゲットストーリー（First-order relation - FOR と呼ばれた）を含んだ．

実験において被験者は，まず，20 のベースストーリーを学習した．その 1 週間後にターゲットストーリーが 1 つずつ示され，ターゲットストーリーを手がかりとしたベースストーリーの再生テストが行われた．その結果，属性を共有しない AN，FOR を示されたときより，属性を共有した LS，SS を示されたときで，成績が良くなった．一方，高次の関係を共有しない SS，FOR に比べ，高次の関係を共有する LS，AN は，わずかに多くベースを再生させたものの，その差は有意とならなかった．つまり，ベースを想起させる手がかりとしての有効性は，LS SS>AN FOR という順序であったことが示された．この結果は，類似性に基づく事例の検索に「表層的類似性」が関与することを示すものであった．

上記の再生テストに続いて，その実験の被験者は，ベースストーリーとターゲットストーリーを一緒に提示され，物語間での「類推としての良さ」を評定した．被験者は「類推としての良さ」について，「あるエピソードを利用して，他のエピソードについて思考を

するときに役立つ度合い」と説明された。結果、高次の関係を共有する LS, AN は、高次の関係を共有しない SS, FOR に比べ、高い評価を受けた。一方で、属性を共有する LS, SS と属性を共有しない AN, FOR の評価値に有意な違いは認められなかった。つまり、 $LS=AN>SS=FOR$ の順序で「類推としての良さ」の評価が良くなったことが示された。この結果は、類推の評価に「構造的類似性」が関与することを示すものであった。

Gentner et al. (1993) は、以上の結果に対して、MAC/FAC モデルを利用したシミュレーションを行った。まず、心理実験で用いられた物語が命題表現に変換された。そして、4 種類のターゲットストーリー (LS, AN, SS, FOR) が含まれる記憶プールが作成され、ベースストーリーを手がかりとした検索を MAC/FAC モデルに行わせた*1。その結果、再生率は $LS > SS > AN > FOR$ の順序となり、人間の検索と同様の結果になった。さらに、入力された全てのセットについて、ベースストーリーと AN との SES 値はベースストーリーと SS との SES 値に比べて高くなった。この結果は MAC/FAC モデルのアルゴリズムが人間の類似性の感覚と適合し、かつ、MAC/FAC モデルの主張を支える類似度利用のパラメータの値の設定が、人間の類推検索のプロセスを説明する上で適していることを示している。

2.2.3 従来の類推研究の限界

ここまで概観してきたように、類推研究は認知科学の典型的な発展のプロセスの 1 つを辿ってきた。人間の類推のメカニズムに関する理論（表層的類似性と構造的類似性の区別）を背景として、理論を具体化したモデル（単純な表層的類似性に基づく検索/複雑な構造的類似性に基づく評価）が構築された。そして、心理実験に対するシミュレーションによって理論の妥当性が保証された。

しかし、現実的な状況での理論の妥当性を、Gentner et al. (1993) のような研究から示すことは困難であると考えられる。彼女らの心理実験において、被験者は想起すべき事例を実験者から与えられた。また、彼女らのシミュレーションにおいて、事例検索と事例評価のそれぞれに利用される類似度利用のパラメータの値は研究者によって事前に割り振られ、モデルは研究者によって作りこまれた記憶プール中の事例を検索した。被験者（あるいはモデル）の想起するベースは研究者が作成したものであり、被験者が日常で学習した事例（研究者の知らない事例）ではなかった。それに対し、現実場面の類推はどのような知識

*1 心理実験と異なり、ベースを手がかりとしてターゲットを想起させるという状況になっている。これは、ベースに比べ、ターゲットは種類が多く、巨大な記憶プールを作成するのに適していたためである。

がベースとなるかを予測できない Open-end な状況である．より広い場面での類推のメカニズムを理解するためには，被験者にベースを提示しない状況での類推を検討する必要がある．

2.3 心理実験の方法

Gentner et al. (1993) とは異なり，被験者にベースとなる事例を学習させない実験を実施した．つまり，被験者がどのような事例を保持し，どのような事例が想起され，高く評価されるのかをあらかじめ予測できない実験状況を設定した．実験の目的は，Open-end な状況での類推の想起と評価に關与する類似性を検討することであった．本研究の実験において，被験者は実験者からベースを受け取らず，自身が日常で学習した事例を想起した．そこで得られた心理データを MAC/FAC モデルのアルゴリズムにしたがって分析した．つまり，心理データを分析する装置として計算機モデルを利用し，類推の想起と評価に対する表層的類似性 (C-Vector 値) と構造的類似性 (SES 値) の關与を検討した．

2.3.1 材料

Gentner et al. (1993) と同様，短い物語を実験の材料とした．だが，彼女らの実験とは異なり，ベースとなる物語（学習する物語）は用意せず，ターゲットとなる物語（想起の手がかり）のみを用意した．実験において，被験者は，1つの物語を提示され，自身が日常で学習した事例を想起した．以降，本章では実験材料とした物語を「ターゲットストーリー」と呼ぶ．

ターゲットストーリーのテキストは表層的な特徴と構造的な特徴を要因として操作された．表層特徴として「2匹の動物が登場するストーリー (A と呼ぶ)」と「2つの国が登場するストーリー (C と呼ぶ)」を用意した．構造特徴として，「平和から争いへストーリーが展開するプロット (PW と呼ぶ)」と「争いから平和へストーリーが展開するプロット (WP と呼ぶ)」を用意した．表層と構造の組み合わせで4種類のターゲットストーリー (A/PW, A/WP, C/PW, C/WP) が作られた．図 2.2 にターゲットストーリー (C/PW) の例を示した．

図 2.3 に示される命題はターゲットストーリーのテキストを変換したものである．各命題は2つの集合 (A, C) のいずれかに含まれる．2つの補集合 $[(A \cap \bar{C}), (\bar{A} \cap C)]$ に「属性」が含まれ，共通集合 ($A \cap C$) に「1次の関係」が含まれる．1次の関係は2種類の矢印

あるところに2つの国がありました。一方は民主国家で、他方は君主国家でした。民主国は国家としての歴史は浅いものの、経済力に優れ、情報産業が盛んでした。また、とても自由な国でした。君主国は古い歴史をもち、人口が多く、重工業が盛んでした。また、とても勤勉な国でもありました。民主国の国土は東方に位置し、君主国の国土は南方に位置していました。君主国の国土も民主国の国土も素晴らしい土地でした。民主国の国土は年中、涼しく、カラリとしていて、果物の生産が盛んでした。君主国の国土は冬でもそれほど寒くなく、海では一年中泳ぐことができ、穀物の生産が盛んでした。民主国は観光や貿易によって君主国の国土から利益を受けていました。君主国も同じように民主国との交流から利益を受けていました。お互いの利益から、民主国と君主国は何十年間も平和な関係にありました。しかし、君主国は民主国との交流を続けるうちに、民主国の国土を自国の物にすることを望みはじめました。そして、「民主国にミサイルを撃ちこんで攻撃すれば、その望みは叶うだろう」と考えました。ある年、君主国は民主国への攻撃を始めました。君主国の攻撃により、民主国の都市が破壊されました。ダメージを受けた民主国は攻撃をやめるように君主国に通達しました。しかし、民主国の国土を狙う君主国はそのような通達を無視しました。民主国は君主国を恨みました。その数ヶ月後、民主国は君主国に対して反撃を始めました。お互いの攻撃によって戦争が始まりました。君主国の野望が戦争を導いたのでした。

図 2.2 被験者へ提示したターゲットストーリーの例。実験では、4種類のターゲットストーリーが作成された。図中の物語は、2つの国が登場し、平和から争いへとストーリーが展開するものであり、C/PW と呼ばれた。

(実線、破線)で表現された「高次の関係」で結合される (PW, WP)。つまり、Gentner et al. (1993)と同様、全てのターゲットストーリーは1階の関係を共有し、属性と高次の関係が操作された。ターゲットストーリー間での述語タイプの共有を表 2.1 にまとめた。

上記の操作の妥当性を確かめるために、簡単な調査を行った。8名の被験者に4つの物語を示し、物語間の類推としての良さを5段階(1:低い-5:高い)で評定させた。結果、高次の関係が対応する組み合わせ(A/PW × C/PW, A/WP × C/WP)をその他の組み合わせ(A/PW × A/WP, A/PW × C/WP, A/WP × C/PW, C/PW × C/WP)よりも高く評定した被験者は8名中7名であり、構造的類似性の操作が、人間による「類推としての良さ」の感覚と適合することが示された。

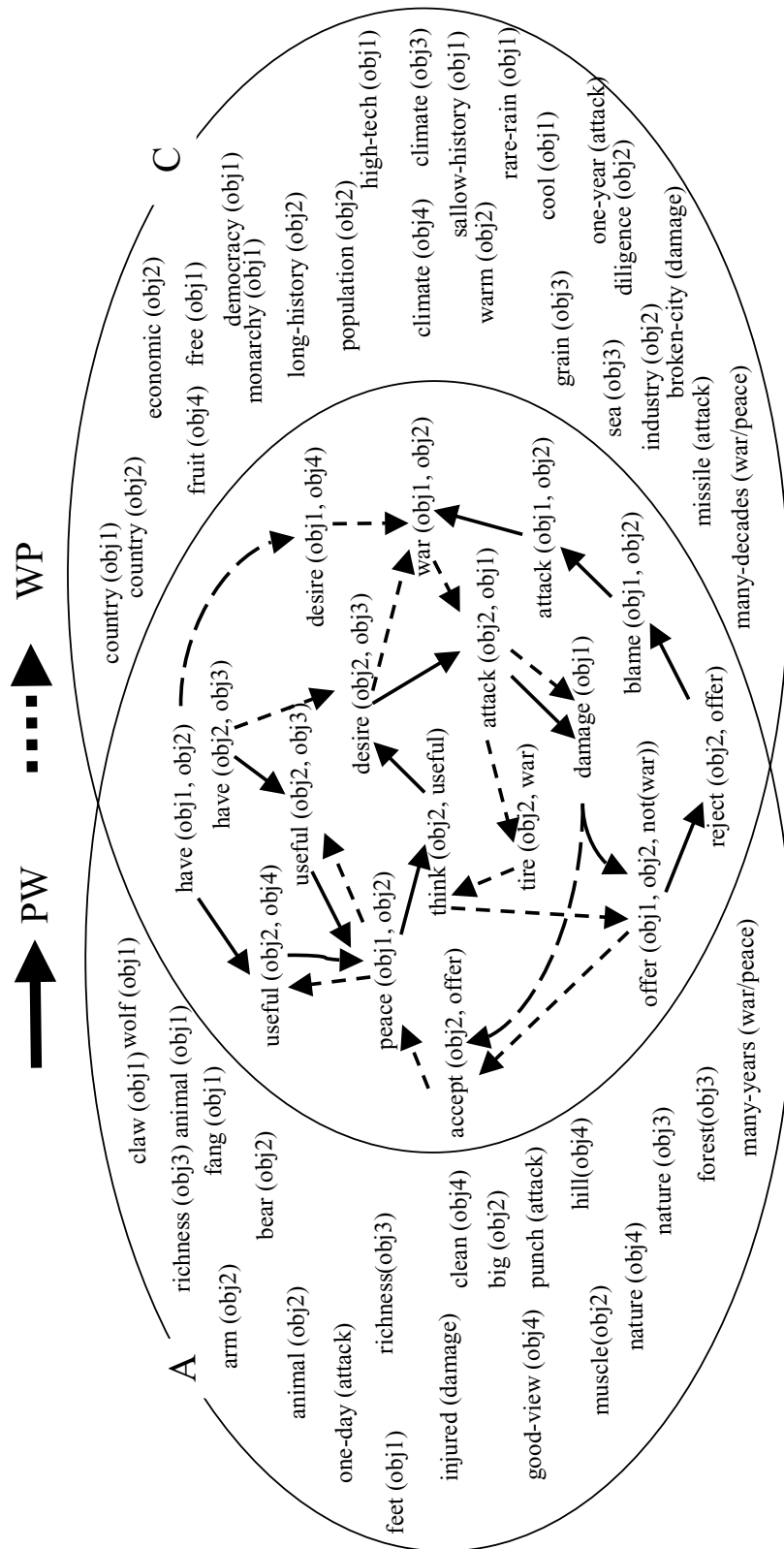


図 2.3 ターゲットストーリーに含まれる命題. ターゲットストーリーに含まれるテキストを命題に変換した. 命題への変換は, 付録に示すルールに従った.

表 2.1 ターゲットストーリー間で共有する述語タイプ .

	A/PW	A/WP	C/PW	C/WP
A/PW	OA+ FOR+ HOR	OA+ FOR	FOR+ HOR	FOR
A/WP		OA+ FOR+ HOR	FOR	FOR+ HOR
C/PW			OA+ FOR+ HOR	OA+ FOR
C/WP				OA+ FOR+ HOR

注: OA は属性の対応, FOR は 1 次の関係の対応, HOR は高次の関係の対応を表す .

2.3.2 被験者

被験者は大学生, 大学院生 33 名であった . 33 名は提示されるターゲットストーリーに応じて 4 群に分けられた . A/PW を示される群 (A/PW 群と呼ぶ) に 8 名, A/WP を示される群 (A/WP 群と呼ぶ) に 9 名, C/PW を示される群 (C/PW 群と呼ぶ) に 8 名, C/WP を示される群 (C/WP 群と呼ぶ) に 8 名が参加した .

2.3.3 実験手続き

実験手続きは Gentner et al. (1993) とは異なり, 被験者に想起すべきベースを学習させないものだった . 被験者は個別, もしくは小グループ (2~5 人) で実験に参加した . 実験の手続きは以下の 3 フェーズに分かれた .

1. 検索フェーズ

はじめのフェーズで、被験者はターゲットストーリーの1つを提示され、想起する事例を全て報告するように求められた。実験の目的を「文章から想起するエピソード」を検討するものと教示し、「提示された物語を読んで思い出したエピソードを全て書き出すように」と教示した。ここでの教示は Gentner et al. (1993) と極力、同じものとなるように気をつけた。被験者は20分間でターゲットストーリーから思い出される事例を全て記入用紙に書き出した。なお、記入用紙は、1行ごとに罫線で区切られた欄を含み、被験者は各行におさまる程度で各々のエピソードを簡潔に記述するようにと教示された。

2. 評価フェーズ

検索フェーズが終わった後に事例の評価フェーズに移った。被験者は、自身が想起した事例と提示されたターゲットストーリーとの「類推としての良さ」を5段階で評定した(1:悪い-5:良い)。

3. 説明フェーズ

最後に、被験者は検索フェーズで想起した事例について、できる限り詳細にその内容を説明した。このフェーズで被験者は15 cm × 5 cm の記述欄を含む用紙を渡され、各欄を埋めるぐらいの分量で各事例の詳細な内容(どのようなオブジェクトが登場するのか、どのような出来事が起きたのか、出来事間の因果関係)を記述するように教示された。このフェーズにおける記述を以下のコーディングに利用した。

なお、検索フェーズと説明フェーズを分けた理由は、フィルタリング(取捨選択)なしの事例想起を検討する必要があった一方で、コーディングのための詳細な情報が必要であったことによる。また、評価フェーズの後に説明フェーズを設定した理由は、事例の評価に説明の記述量(被験者自身の努力量)が影響することを避けることにあった。逆に、評価フェーズを経ることで説明フェーズにおける記述の質と量が変化する可能性もあったが、この問題については、記述すべき説明の分量と内容を被験者に明示する努力を行った。なお、説明フェーズにおいて、検索フェーズで報告されていない事例が新たに報告された例はなかった。

ドイツがユダヤ人を攻撃．ユダヤ人は迫害される．ユダヤ人も反撃をする．結局，他国が介入し，ナチスは攻撃され，鎮圧される．

```
(country german)
(country yudaya)
(country other)
((attack german yudaya) :name attack1)
((attack yudaya german) :name attack2)
((damage yudaya) :name damage1)
((damage german) :name damage2)
((cause attack1 damage1) :name cause1)
((cause damage1 attack2) :name cause2)
((attack other german) :name attack3)
((cause attack3 damage2) :name cause3)
((cause damage1 attack3) :name cause4)
```

図 2.4 被験者の想起した事例とその命題表現の例．図中の上側に示されるセンテンスが被験者による記述であり，下側に示されるものが変換された命題表現である．変換の規則は付録に示した．

2.4 コーディング

心理実験により得られたデータは，(1) 被験者の想起した事例，(2) それに対する被験者自身の「類推としての良さ」の評定値であった．これら 2 つのデータはそれぞれ，初期の事例検索段階としての MAC 段階，抽出された事例の評価段階としての FAC 段階の出力に対応付けられる．それぞれの段階に關与する類似性を検討するために，以下のような最も直接的な方法でデータを分析した．

まず，被験者の想起した事例を命題形式に変換するために，ターゲットストーリーに含まれる全述語 (図 2.3) について，その定義を単語レベルで記述した述語リストを用意した．付録に全述語リストを示す．なお，述語を定義する際，MAC/FAC モデル (SME モデル) にデフォルトとして含まれている述語を優先的に用い，新しい述語を恣意的に作る

表 2.2 ターゲットストーリー間での類似性 (C-Vector 値/SES 値) .

	A/PW	A/WP	C/PW	C/WP
A/PW	1.00/28.8	1.00/12.2	0.39/28.8	0.39/12.2
A/WP		1.00/27.9	0.39/12.2	0.39/27.9
C/PW			1.00/28.8	1.00/12.2
C/WP				1.00/27.9

ことは極力控えた .

想起事例のコーディングでは、まず、被験者の記述を述部に応じて分節化した . そして、その述部と述語リストを付き合わせ、適合する述語があるかどうかを判断した . 述語リスト中に適合する述語があれば、適切な引数を補い、命題が作成された . 被験者の記述と命題への変換の例を図 2.4 に示す .

それらの命題表現について、実験材料であるターゲットストーリーとの類似性を MAC/FAC モデルの 2 種類のアルゴリズムを通して算出した . C-Vector 値については、属性と 1 階の関係の頻度から単位ベクトルを作成し、ターゲットストーリーと想起事例間での内積を算出した . SES 値については公開されている SME (Version 2e (Falkenhainer, 1988)) を Allegro Common Lisp 6.2 上で実行して算出した^{*2} . SME2e にはいくつかのマッチングルールが存在するが、属性の対応を行わない Analogy rule を使用した^{*3} . ターゲットストーリーの命題表現 (ターゲット) と想起事例の命題表現 (ベース) を SME2e に入力し、ベース構造からターゲット構造への一貫して対応付けられる写像 (Global match) を算出した .

さらに、表 2.2 に、上記の手続きにしたがって算出したターゲットストーリー間の類似性を補足的に示した . 表 2.2 に示されるように、属性を共有するターゲットストーリー間の C-Vector 値は属性を共有しないターゲットストーリー間の C-Vector 値に比べて高くなり、高次の関係を共有するターゲットストーリー間での SES 値は高次の関係を共有しないターゲットストーリー間の SES 値に比べて高くなった . このことはターゲットストーリー間での類似性の操作が MAC/FAC モデルのアルゴリズムによって算出される類

^{*2} Allegro Common Lisp 6.2 上で実行するために、関数の名前などを出力に影響のない範囲で書き換えた .

^{*3} この手法は Forbus et al. (1995) の採用したもの (Literal Similarity rule による SES 値の算出) と若干異なっている . しかし、「類推としての良さ」の評価を Analogy rule がよく説明することが示されており、本研究では類推の評価に関するアルゴリズムとして Analogy rule を想定した .

似性に即していることを示すものである。

なお、ターゲットストーリーと想起事例の間での C-Vector 値、SES 値を算出する際、比較のために、被験者に提示したターゲットストーリーに対する類似性だけでなく、被験者には提示しなかったターゲットストーリーに対する C-Vector 値、SES 値を算出した。

もし、Forbus et al. (1995) による MAC/FAC モデルの理論的仮定が Open-end な状況でも成り立つのならば、被験者に提示したターゲットストーリーに対する全想起事例の C-Vector 値の平均は被験者に示さなかったターゲットストーリーとの C-Vector 値の平均に比べて高くなるはずである。また、被験者に提示したターゲットストーリーとの SES 値は被験者に示さなかったターゲットストーリーとの SES 値に比べ、「類推としての良さ」の評定値と強い関連をもつはずである。

2.5 分析結果

以下、心理実験のデータを分析した結果を示す。まず、MAC 段階に關与する類似性を検討するために、想起された全事例に対して C-Vector 値と SES 値を算出した結果を示す。続いて、FAC 段階に關与する類似性を検討するために、「類推としての良さ」の各評定値ごとに C-Vector 値と SES 値を算出した結果を示す。

なお、被験者が想起した事例の総数は 266 だった [A/PW 群 51 ($Mean = 6.37$, $SD = 1.86$), A/WP 群 76 ($Mean = 8.37$, $SD = 4.32$), C/PW 群 75 ($Mean = 9.44$, $SD = 4.78$), C/WP 群 64 ($Mean = 8.37$, $SD = 4.32$)]。提示されるターゲットストーリーの表層特徴、構造特徴による事例数の分布に有意な連関は認められず [$\chi^2(3) = 6.15, ns.$]、 2×2 [ターゲットストーリーの表層特徴 (between) \times ターゲットストーリーの構造特徴 (between)] 分散分析の結果、平均値の違いも有意ではなかった (表層特徴の主効果 [$F(1, 29) = 0.09, ns.$]、構造特徴の主効果 [$F(1, 29) = 1.05, ns.$]、交互作用 [$F(1, 29) = 1.05, ns.$])。

2.5.1 MAC 段階に關与する類似性

MAC 段階 (初期の事例検索) に關与する類似性を検討するために、被験者が想起した各事例についてターゲットストーリーとの類似性を以下のように算出した。

- C-Vector (A)

「表層特徴 A (図 2.3 における集合 A)」の C-Vector と「想起事例」の C-Vector と

の内積 .

- *C-Vector (C)*

「表層特徴 C (図 2.3 における集合 C)」の C-Vector と「想起事例」の C-Vector との内積 .

- *SES (PW)*

「構造特徴 PW (図 2.3 における実線の矢印)」と「想起事例」を SME モデルに入力して得られた SES 値 .

- *SES (WP)*

「構造特徴 WP (図 2.3 における破線の矢印)」と「想起事例」を SME モデルに入力して得られた SES 値 .

Forbus et al. (1995) による MAC 段階の仮定は初期の検索には計算コストの低い表層的類似性 (C-Vector 値) が関与するというものであった . もし、この仮定が Open-end な状況でも成り立つのなら、次の「事例の想起に関する予測」が確かめられるはずである .

事例の想起に関する予測 A/PW 群, A/WP 群では C-Vector (A) が C-Vector (C) を上回る . C/PW 群, C/WP 群では C-Vector (C) が C-Vector (A) を上回る . しかし、SES (PW) と SES (WP) の差はどの群でもはっきりと認められない .

以下、この予測を念頭に、各群が想起した事例に対する各指標の値を検討する .

MAC 段階における C-Vector 値の関与

図 2.5a に各群が想起した事例の C-Vector 値の平均を示した . 図 2.5a から、A/PW 群, A/WP 群では C-Vector (A) が C-Vector (C) よりも高く、C/PW 群, C/WP 群では C-Vector (C) が C-Vector (A) よりも高くなったことが示される . つまり、予測と一致した傾向を示し、被験者の想起した事例は提示されたターゲットストーリーと表層的によく類似したことが見てとれる .

このことの統計的な有意性を確かめるために、 $2 \times 2 \times 2$ [ターゲットストーリーの表層特徴 (between) \times ターゲットストーリーの構造特徴 (between) \times C-Vector 値の種類 (within)] 分散分析を実施した . 結果、C-Vector 値の種類と表層特徴の交互作用が有意となった [$F(1, 262) = 206.77, p < .05$] . 単純主効果の検定から、表層特徴 A を提示された群では C-Vector (A) が C-Vector (C) を上回り [$F(1, 262) = 30.26, p < .05$]、表層特

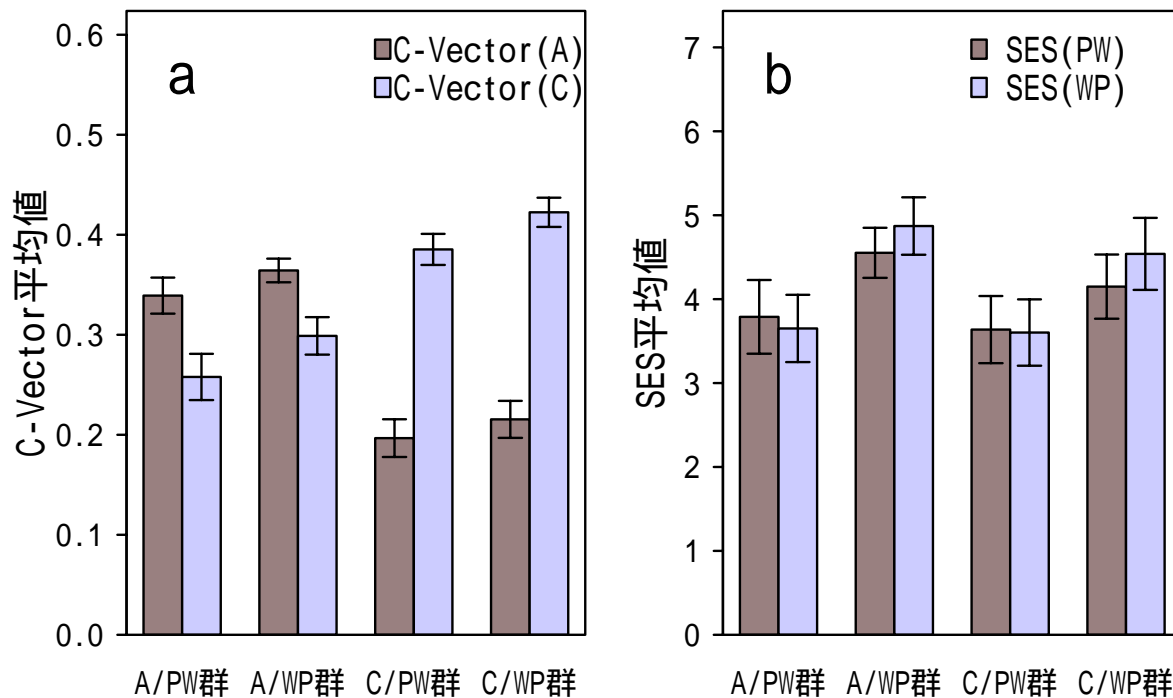


図 2.5 (a) 提示されたターゲットストーリーの異なる 4 群 (A/PW 群, A/WP 群, C/PW 群, C/WP 群) における C-Vector (A) と C-Vector (C) の平均値 . (b) 提示されたターゲットストーリーの異なる 4 群 (A/PW 群, A/WP 群, C/PW 群, C/WP 群) における SES (PW) と SES (WP) の平均値 . エラーバーは標準誤差を示す .

徴 C を提示された群では C-Vector (C) が C-Vector (A) を上回ったことが確認された [$F(1, 262) = 220.07, p < .05$] . このように , 図 2.5a から見てとれる傾向は統計的に支持された .

MAC 段階における SES 値の関与

図 2.5b に各群の想起事例の SES 平均値を示した . 図 2.5b は予測と大まかに一致した傾向を示している . A/PW 群, C/PW 群では SES (PW) が SES (WP) よりも高く , A/WP 群, C/WP 群では SES (WP) が SES (PW) よりも高くなったことが見て取れるものの , その差は図 2.5a に比べ , はるかに曖昧である .

このことの統計的な有意性を確めるために , $2 \times 2 \times 2$ [ターゲットストーリーの表層特徴 (between) \times ターゲットストーリーの構造特徴 (between) \times SES 値の種類 (within)] 分散分析を実施した . その結果 , ターゲットストーリーの構造特徴と SES 値の種類の交互作用が有意となった [$F(1, 262) = 8.01, p < .05$] . 単純主効果の検定から ,

構造特徴 WP を提示された群で SES (WP) が SES (PW) を上回ったことが確認された [$F(1, 262) = 7.50, p < .05$] . しかし , 構造特徴 PW を提示された群では SES (PW) と SES (WP) の差は有意とならなかった [$F(1, 262) = 1.60, ns.$] . このように , SES 値を従属変数とした検定結果は C-Vector 値を従属変数とした検定結果に比べて , より曖昧なものとなった .

上記の結果と図 2.5.1 の結果を合わせて「事例の想起に関する予測」が確認される . つまり , Open-end な状況における類推の初期の検索において , 計算コストの低い表層的類似性 (C-Vector 値: 属性と 1 階の関係の共有量) の関与が大きいということがわかった .

2.5.2 FAC 段階に關与する類似性

FAC 段階に關与する類似性を検討するために , 「類推としての良さ」の評定値と 2 種類の類似性 (C-Vector 値と SES 値) の関係を検討した . この分析では , ターゲット群を相殺し , 要因数を削減した*4 . 具体的には , 図 2.5a, b に示される各 8 条件 (4 つの群 × 2 つの類似性) を , 以下のように , 2 条件 (presented , not presented) にそれぞれ圧縮した .

- *C-Vector (presented)*

想起事例と被験者に提示したターゲットストーリーとの表層的類似性を示す . A/PW 群 , A/WP 群での C-Vector (A) , C/PW 群 , C/WP 群での C-Vector (C) を統合することで算出した .

- *C-Vector (not presented)*

想起事例と被験者に提示しなかったターゲットストーリーとの表層的類似性を示す . A/PW 群 , A/WP 群での C-Vector (C) , C/PW 群 , C/WP 群での C-Vector (A) を統合することで算出した .

- *SES (presented)*

想起事例と提示したターゲットストーリーとの構造的類似性を表す . A/PW 群 , C/PW 群での SES (PW) , A/WP 群 , C/WP 群での SES (WP) を統合することで算出した .

*4 評定値と被験者群間に有意な関連はなかった [$\chi^2(12) = 11.04, ns.$] . なお , ターゲット群を相殺した場合 , 評定値 1 の事例数 59 , 評定値 2 の事例数 48 , 評定値 3 の事例数 49 , 評定値 4 の事例数 70 , 評定値 5 の事例数 40 となった .

表 2.3 各指標が反映する述語タイプの対応/「類推としての良さ」との相関.

	OA	FOR	HOR	1-1	<i>r</i>
C-Vector (presented)	yes	yes	no	no	0.23**
C-Vector (not presented)	no	yes	no	no	0.32**
SES (presented)	no	yes	yes	yes	0.44**
SES (not presented)	no	yes	no	yes	0.38**

注: OA は属性の対応, FOR は 1 次の関係の対応, HOR は高次の関係の対応, 1-1 は 1 対 1 対応の制約を表す. **: $p < .01$.

- *SES (not presented)*

想起事例と被験者に提示しなかったターゲットストーリーとの構造的類似性を表す. A/PW 群, C/PW 群での SES (WP), A/WP 群, C/WP 群での SES (PW) を統合することで算出した.

これら 4 つの指標が反映する述語の対応を整理したものが表 2.3 である. C-Vector (presented) が提示されたターゲットストーリーとの属性の対応を反映し(表 2.3 の“OA”の列を参照), SES (presented) が提示されたターゲットストーリーとの高次の関係の対応を反映する(表 2.3 の“HOR”の列を参照). 4 種類のターゲットストーリーは 1 階の関係を共有するため(表 2.1 を参照), 全ての指標が提示されたターゲットストーリーとの 1 階の関係の対応を反映する(表 2.3 の“FOR”の列を参照). C-Vector (not presented) と SES (not presented) はともに 1 階の関係のみを推定する指標ということになるが, 1 対 1 対応の制約に従うか否かが異なっている(表 2.3 の“1-1”の列を参照). C-Vector 値はオブジェクト間の 1 対多対応を過剰に高く見積もる指標である.

Forbus et al. (1995) による FAC 段階の仮定は, 類推の評価に詳細な構造的類似性の推定値 (SES 値) が関与することであった. そして, 構造的類似性とは, ベース構造からターゲット構造への一貫した写像と定義された. この定義を最も忠実に反映した指標は, 高次の関係を含んだ写像を計算する SES (presented) であることがわかる. そして, 2 番目に定義を反映した指標は, 1 階の関係を一貫して対応付ける SES (not presented) であることがわかる. なお, 構造的類似性の定義には属性の対応が含まれないため, C-Vector (presented) と C-Vector (not presented) は構造的類似性の観点からは区別されない.

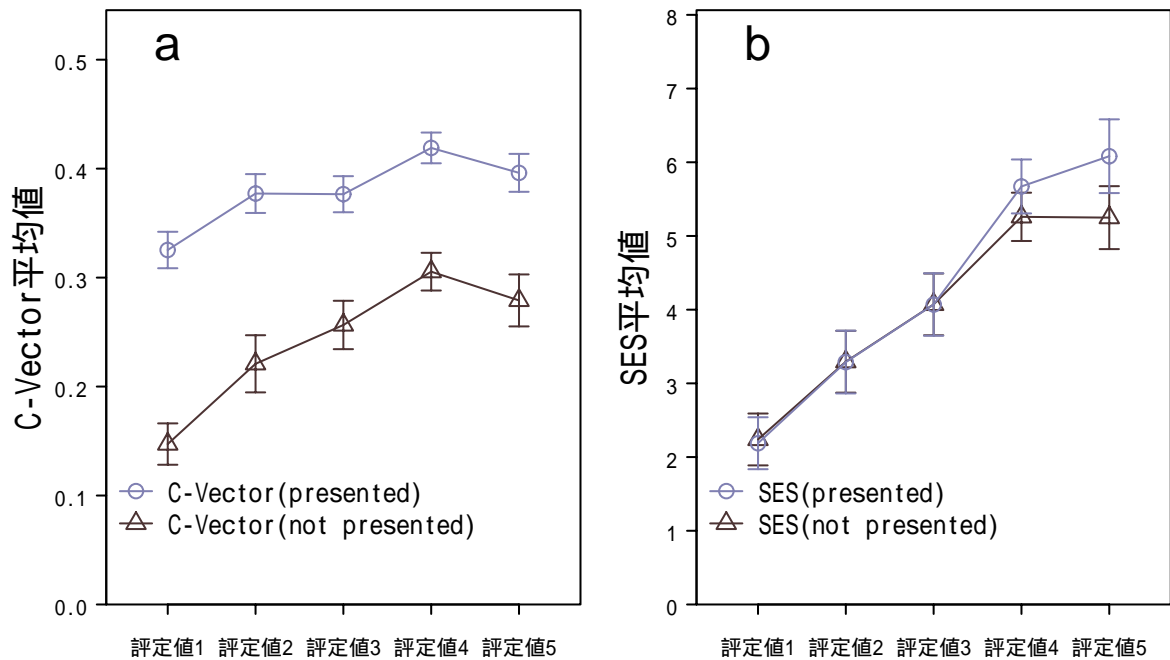


図 2.6 (a) 「類推としての良さ」の各評定値 (1-5) における C-Vector (presented) と C-Vector (not presented) の平均値 . (b) 「類推としての良さ」の各評定値 (1-5) における SES (presented) と SES (not presented) の平均値 . エラーバーは標準誤差を表す .

よって、もし、Forbus et al. (1995) による FAC 段階の仮定が Open-end な状況でも成り立つのなら、以下の「類推の評価に関する予測」が確かめられるはずである .

類推の評価に関する予測 評定値との関係の強さは次の順序に従う . [SES (presented) > SES (not presented) > C-Vector (presented) = C-Vector (not presented)]

この予測を念頭に、各指標について「類推としての良さ」の評定値との相関係数を計算した (表 2.3 の “*r*” の列) . 結果、相関係数の大きさは上記の予測と大まかに一致した [SES (presented) > SES (not presented) > C-Vector (not presented) > C-Vector (presented)] . なお、相関係数の有意性を検定したところ、全ての指標において、1% 水準で有意となった . これは、1 階の関係の対応が評定値に反映したと解釈される . 以下は、それぞれの指標と評定値との関係をより詳細に示し、予測を統計的に検定したものである .

FAC 段階における C-Vector 値の関与

図 2.6a に「類推としての良さ」の評定値 (1-5) ごとに想起事例の C-Vector 値の平均を示した。図 2.6a から示される 1 つの傾向は、表 2.3 における相関係数を反映し、評定値の増加に伴って、C-Vector (presented)、C-Vector (not presented) の両方の値が右上がりに上昇したことである。図 2.6a において注目すべきは、2 つの折れ線グラフの傾きに顕著な違いがみられず、2 つの指標の差が評定値の増減に影響を受けないように見えることである。このことは予測 [C-Vector (presented) = C-Vector (not presented)] と一致し、類推の評価において、C-Vector (presented) と C-Vector (not presented) は区別されないことを示している。

以上の傾向の統計的な有意性を確認するために、「類推としての良さ」の評定値 (between) と C-Vector 値の種類 (within) を要因とした 5×2 分散分析を行った。その結果、C-Vector 値の種類と評定値間に交互作用は認められず [$F(4, 261) = 1.59, ns.$]、C-Vector 値の種類 [$F(1, 261) = 181.64, p < .05.$]、評定値 [$F(4, 261) = 9.25, p < .05.$] の主効果が有意となった。C-Vector 値の種類と評定値間に交互作用が存在しなかったことは、「類推としての良さ」の評定に、C-Vector 値の種類は影響しなかったことを意味する。つまり、相関係数の値 (表 2.3) に見られた C-Vector (not presented) > C-Vector (presented) という順序は統計的に確められず、類推の評価において C-Vector (presented) と C-Vector (not presented) が区別されないことのみが示された。

なお、評定値の主効果については、LSD 法による多重比較から、評定値 1 に含まれる事例に比べて評定値 2, 3, 4, 5 に含まれる事例は平均値が大きいこと、評定値 2, 3 に含まれる事例に比べて評定値 4 に含まれる事例は平均値が大きいことが確かめられた ($p < .05$)。このことは、評定値の増加に伴って、C-Vector (presented)、C-Vector (not presented) の両方の値が上昇した傾向にあることを示す。つまり、2 つの指標が評定値とある程度関係をもつことが統計的に確められた。

FAC 段階における SES 値の関与

図 2.6b に「類推としての良さ」の評定値ごとに、SES 値の平均を示した。図 2.6b から見て取れる傾向は予測と一致するものである。まず、評定値の増加にしたがって、SES (presented)、SES (not presented) の値が右上がりに上昇したことがわかる。その傾きは図 2.6a よりも顕著であり、C-Vector (presented) よりも SES (not presented) は評定値と強い関係をもつという予測 [SES (not presented) > C-Vector (presented)] と一

致する。また、同様に、評定値 1 から評定値 4 において 2 つの指標に差がなく、評定値 5 において SES (presented) が SES (not presented) を上回ったこともわかる。つまり、評定値 4 から評定値 5 にかけて値が上昇していない SES (not presented) に対して、SES (presented) は評定値 4 から評定値 5 にかけて上昇し、SES (presented) が SES (not presented) よりも評定値と強い関係をもつという予測 [SES (presented) > SES (not presented)] と一致した傾向になっている。

この傾向の統計的な有意性を確かめるために、「類推としての良さ」の評定値 (between) と SES 値の種類 (within) を要因とした 5×2 分散分析を実施した。結果、評定値と SES 値の種類の交互作用が有意となり [$F(4, 261) = 3.23, p < .05$]、評定値 4 と評定値 5 において SES (presented) が SES (not presented) を上回ったことが確認された [$F(1, 261) = 18.67, p < .05$]。つまり、「類推としての良さ」を高く評価された事例における SES (presented) と SES (not presented) の差が示され、SES (presented) は SES (not presented) よりも評定値との強い関係をもつことが確かめられた。

また、SES (presented) [$F(4, 261) = 13.17, p < .05$]、SES (not presented) [$F(4, 261) = 11.32, p < .05$] の両方で単純主効果が有意となり、LSD 法による多重比較から、SES (presented) と SES (not presented) の両方で、評定値 1 と評定値 3, 4, 5、評定値 2 と評定値 4, 5、評定値 3 と評定値 4, 5 での差が有意となった ($p < .05$)。C-Vector 値での検定に引き続いて、評定値間での平均値の差が有意となったことは、SES 値が評定値の増加に伴って上昇したことを意味する。また、C-Vector 値での検定に比べ、有意となった評定値間の差が多くなったことは、C-Vector 値に比べて、SES 値は評定値の増減に敏感に影響を与えたことを意味する。このことから、SES 値は C-Vector 値に比べて、評定値との強い関係をもつという予測が統計的に確かめられた。

以上の結果と図 2.5.2 の結果を合わせて「類推の評価に関する予測」が確認される。つまり、Open-end な状況における類推の評価に詳細な構造的類似性の推定値 (SES 値: ベース構造からターゲット構造への写像の大きさ) が関与するということがわかった。

2.6 考察

本研究の実験において被験者は想起すべき事例を提示されず、自身が日常で学習した事例を想起した。そして、そこで得られたデータに MAC/FAC モデルのアルゴリズムを適用した。結果、全想起事例に対するターゲット群間の差を C-Vector 値が SES 値よりもよく説明できたこと、「類推としての良さ」の評定値間の差を C-Vector 値よりも SES 値

がよく説明できたこと、「類推としての良さ」を高く評定された事例ほど深い対応付けがなされたことが示された。これらの結果は、MAC/FAC モデルの理論的仮定（MAC 段階における C-Vector 値の独占的な利用，FAC 段階における SES 値の独占的な利用というパラメータの値の設定）と一致する。つまり，類推の初期の段階（ベースの想起）には表層的類似性が関与すること，類推の後期の段階（類推の評価）には構造的類似性が関与することが示された。本研究の実験は Gentner et al. (1993) とは異なり，被験者が保持する事例の推定ができない Open-end な状況であった。本研究は，Gentner et al. (1993) の知見を Open-end な状況で再現したものとイえる。以下，このことについて，(1) 類推研究に対する貢献，(2) 認知科学における方法論上の位置づけを考察する。

2.6.1 類推研究に対する貢献

本研究の類推研究に対する貢献は，本研究と同じように，Open-end な状況での類推を検討した Blanchette and Dunbar (2000) との対比によって明確になる。彼女らの実験で被験者はカナダ政府の財政赤字に関する類推を生成した。「赤字削減のために，福祉予算の削減を主張する立場」，もしくは「赤字削減をせずに，福祉の向上を主張する立場」のどちらかに立って，反対の立場を説得する類推をなるべく多く作ることが課題であった。被験者は自身の日常生活で学習した事例を用いて類推を生成し，実験の最後に，自身が生成した類推で最も良いもの 1 つを選択した。Blanchette and Dunbar (2000) の実施した実験と本研究の実験は，日常経験からの類推（Open-end な状況での類推）を検討したという点で類似している。

だが，Blanchette and Dunbar (2000) の実験結果は，本研究とは異なり，MAC/FAC モデルの仮定やそれを支持する Gentner et al. (1993) の結果と一致しないものであった。実験の結果，ターゲットと表層的に類似した類推はほとんど作られず，表層的には類似しないもののターゲットと深い構造的対応をもつ類推が多数生成された。さらに，被験者に最も良いと選択された類推は，選択されなかった類推よりも深い対応をもつものであった。つまり，類推の検索と評価の両方に構造的類似性が関与することが示され，表層的類似性が類推に果たす効果が否定された。この結果に基づいて，Blanchette and Dunbar (2000) は被験者自身が日常で学習した事例を検索する際には表層的類似性が影響力をもたないと主張した。日常で学習した事例は実験室で学習した事例に比べ，深く学習されており，構造的類似を手がかりとした検索が容易であると説明した。そして，MAC/FAC モデルの仮定やそれを支持する実証研究で得られた表層的類似性の効果は実験室に特異の

現象であると主張した。

本研究の結果は Blanchette and Dunbar (2000) の主張に再考を促すものである。本研究の結果が Blanchette and Dunbar (2000) の実験結果と異なる原因については、多くの可能性が考えられる。たとえば、Blanchette and Dunbar (2000) の実験における「説得をする」という特殊な状況が表層的類似性の低い類推を想起させたのかもしれない。もしくは、財政赤字という被験者自身にとって既知のターゲットを示されたために、Blanchette and Dunbar (2000) の被験者は構造的類似性の高い類推を想起したのかもしれない（類推における熟達化の効果は数多くの研究によって示されている）。あるいは、Blanchette and Dunbar (2000) の実験において被験者が受けた「類推を生成するように」という教示が、表層的類似性の高い事例の報告を妨げたのかもしれない。同様の可能性は、Dunbar and Blanchette (2001) においても言及された。これらから妥当な説明を、本章において決定することは不可能である。いずれにせよ、本研究の結果から、表層的類似性と構造的類似性の区別が、実験室に特異な現象ではなく、人間の類推のメカニズムを規定する最も重要な要因であることは示された。

さらに、Blanchette and Dunbar (2000) と比較したときに、本研究には明確な方法論的意義があると考えられる。Blanchette and Dunbar (2000) では、本研究のように計算機モデルを用いた分析は行われなかった。彼女らは、被験者の生成した類推をカテゴリ分けと要素の数え上げに基づいて分析した。表層的類似性に関する分析として、「政治・経済」、「病気・薬」、「家事」といったテーマに関するカテゴリを設定し、各カテゴリの頻度を比較した。また、類推の深さに関しては、被験者の生成した類推とターゲット（財政赤字）との共通点を数え上げることで分析した。彼女らが数え上げた共通点は属性の共有と関係の共有を区別しないもので、構造的・一貫性に関する仮定も考慮されていなかった。つまり、Blanchette and Dunbar (2000) が検討した指標は、構造写像理論が仮定する類似性を厳密に具体化したものではなかった。それに対し、本研究では検討の対象となっている理論を具体化した MAC/FAC モデルを直接的に適用することで、表層的類似性と構造的類似性の指標を算出した。本研究において検討した指標は、Blanchette and Dunbar (2000) が検討した指標に比べて、理論に忠実なものである。計算機モデルの利用によって、Gentner (1983) が提唱した属性の対応、1 次の関係の対応、高次の関係の対応を区別でき、それに基づく類似性の定量的な検討が可能になった。計算機モデルを分析装置として利用することで、はじめて、構造写像理論から導かれる MAC/FAC モデルの理論的仮定を Open-end な状況で検討することに成功したと考えられる。

2.6.2 認知科学における方法論上の位置付け

本章では、Open-end なデータを分析するツールとしての計算機モデルの利用を提案した。そして、提案した手法を類推の MAC/FAC モデルに適用し、Open-end な状況での類推の理論を検討することに成功した。しかし、本研究の手法（分析装置としての利用）が旧来の手法（シミュレーション装置としての利用）に取って代わることを主張するわけではない。シミュレーションの実行は、認知に関する新しい仮説を演繹的に導くという意味で重要である。本研究の手法は事前の知識推定が困難な Open-end な状況での認知を検討することに利点をもち、旧来の手法を補完するものである。この考えは Miwa (1999) の Behavior oriented approach と Model oriented approach の関係に関する議論を受け継いでいる。Behavior oriented approach とは心理データからの知識・パラメータの値の設定を意味し、Model oriented approach とは理論からの知識・パラメータの値の設定を意味する。本研究の手法は従来の Behavior oriented approach に立つシミュレーション研究から派生するものである。Miwa (1999) は認知科学の発展において、2つのアプローチの相補的な使用が望ましいと論じた。

なお、本研究の対象は類推研究の分野であり、提案した手法が認知研究一般に対して有用であることは示していない。だが、本章で示した手法は幅広い認知研究に対して意義があると考えられる。Open-end な状況で得られた心理データを分析することで現実的な状況における理論の適応を検討することが可能になり、モデルを介した量的な指標の算出により心理データの詳細な分析が可能になる。計算機モデルは認知理論の具体化であり、計算機モデルを利用した心理データの分析は、データと理論的構成概念を強固に結合する効果がある。本研究で対象としたような複雑で抽象的な理論的構成概念（表層的類似性と構造的類似性）を計算機モデルなしに具体化することは困難である。認知研究にとって最も重要なことは理論とデータとの結合であり、理論を具体化した計算機モデルを利用することで、理論とデータとの結合が強固になると考える。

2.7 まとめ

本章では、1.2.2 節に掲げた本研究の検討項目のうち、「Open-end な状況での表層的類似性と構造的類似性の区別」を検討した。実験では、Gentner et al. (1993) の手続きを踏襲しつつも、被験者へベースを提示しない状況を設定した。そして、得られたデータを

MAC/FAC モデル (Forbus et al., 1995) に入力することで分析した。結果、ベースの初期の検索では表層的類似性が強固な制約となり、ベースの評価の段階では構造的類似性が支配的な制約となった。このことは、Open-end な状況であっても、表層的類似性と構造的類似性の区別が成り立つことを示し、従来の Open-end な状況での研究 (Blanchette & Dunbar, 2000) に再考を促すものであった。

第3章

異なる他者の視点を取ることによる 問題解決の変化

第2章で示した研究は、Open-end な状況においても理論の仮定する制約が成立することを確かめた。従来の Open-end な状況での研究 (Blanchette & Dunbar, 2000) に再考を促す結果が得られた点で評価されるべきと考える。しかし、第2章の知見は、ベース検索・評価のステップにとどまるものであり、その意味では十分ではない。類推の最も生産的なステップは、新規な命題を生成する転写にあるとされる (Markman, 1997)。よって、転写に關与する制約を特定することは、類推研究の応用的観点からも重要な意味をもつ。

本章では、1.2.2 節に掲げた検討項目のうち、「Open-end な状況での転写と実用論的制約の関係」についての検討を示す。その際、「他者の視点を取り入れる活動（自分だったら...と考えること）」に注目した。この活動を類推の枠組みに即して検討することで、Open-end な状況での転写に關与する制約を実証的に検討した。以下、問題解決における視点の一般的な効果、他者の視点を設定することに関する研究を示し、この問題を類推の理論に位置づける。

3.1 問題解決における視点と他者視点の設定

これまでは、問題解決研究において、視点は問題表象における注意の焦点と定義され、情報選択や探索における制約とみなされてきた (Oehlmann, 2003)。実証的な研究として、問題のカバーストーリーや適切なゴールの表現が洞察問題の解を導くこと (レビューとして、三輪・寺井, 2003)、視点を転換させる教示が創造的な解を導くことが示されてき

た (Oehlmann, 2003) .

一方、他者の視点を取り入れることは、状況内の特定の行為者（役割）に自己を投影することといえる。他者の視点を取り入れることの効果については、社会心理学や教育心理学において検討されてきた。それらの研究では、特定の他者の視点を取り入れることで、その人物に対する評価が向上すること (Galinsky & Ku, 2004)、ステレオタイプの思考から解放されること (蜂屋, 1987; 広瀬, 1997) が示されてきた。

このように、問題解決における視点の認知的効果を示した研究は数多く蓄積され、他者視点の効果に関する研究にも膨大な蓄積がある。だが、問題解決中に他者の視点を取り入れることの効果の詳細に検討した研究は稀だった。よって、他者視点の設定による問題解決の変化を検討することは、問題解決研究の知見を社会的な場面に広げる上で意義があると考えた。

本研究では、このことを考えるにあたって、類推の理論に基づいて仮説を提案した。類推とは直面している状況（ターゲット）に対して、それと類似した経験（ベース）を検索し、対応付ける活動であった（1章を参照）。そして、類推による問題解決とは、ターゲットとベースの対応付けに基づいて、ベース中の要素や要素間の関係をターゲットへ転写することと定義された。

類推研究のフレームワークに即して考えれば、他者視点を設定するという活動は、ターゲットに登場する特定の人物にベース中の自己を対応付ける活動として定義できる。

以下、類推の理論に即して他者視点を設定するという活動を考察する。まず、(1) 他者視点の設定に関わる心的表現（ターゲットとベース）について考察する。その後、(2) 他者視点の設定に関与すると仮定されたベースの特徴を示し、(3) その特徴から導かれる仮説を示す。

3.1.1 命題による他者視点の表現

はじめに、他者視点の設定に関わる心的表現を定義する。先述したように、他者視点を設定するという活動は、ターゲット中の特定の人物にベース中の自己を対応付ける活動と捉えられる。この活動を定式化するために、命題形式の記述（述語-引数による事物の記述）を利用して、他者視点の設定という活動を表現した。

図 3.1 は実験で使用した課題に則った例を示す。図中で述語は楕円、オブジェクトは四角、要素間の関係を実線で結合した。

ここで、図 3.1 のターゲットは実験において被験者へ提示した問題の一部を表現してい

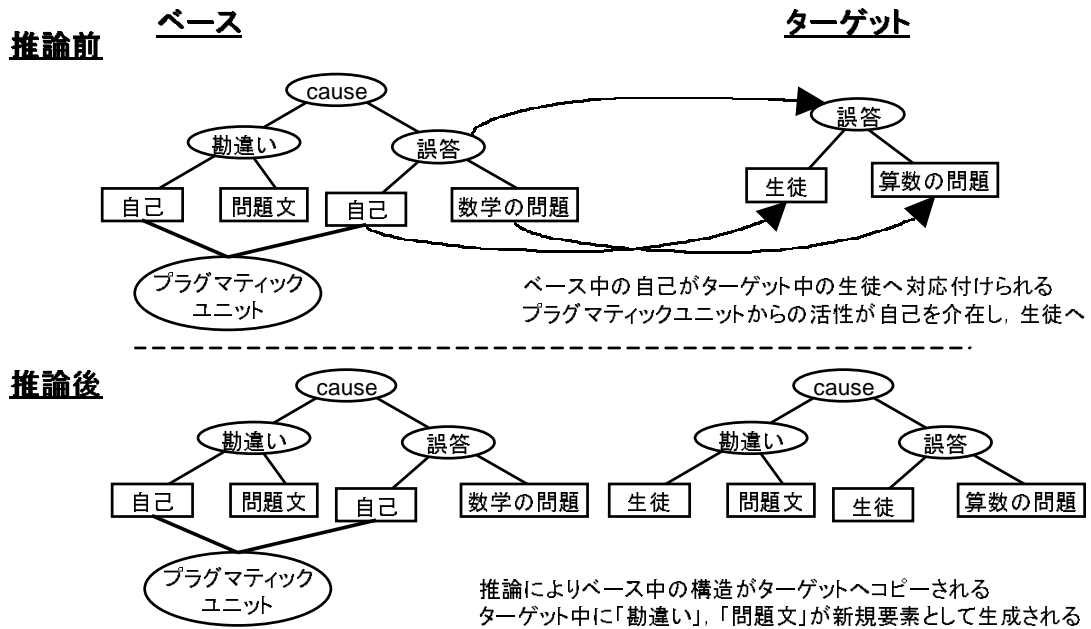


図 3.1 ターゲット、ベース表現（推論前、推論後）と対応付け、推論の例。推論前のベースは「自分が数学の問題の問題文を勘違いすることで間違いを犯した」という経験を表す。推論前のベースは「ある生徒が算数の問題を間違えた」という状況を表す。推論前の図はベースからターゲットに向けて、述語「誤答」が対応付けられ、その行為者と行為の対象が対応付けられることを表す。推論後の図は、ベース中の構造がターゲットへ転写されたことを示す。

る（実験課題の詳細は後述）。述語「誤答」、行為者「生徒」、行為の対象「算数の問題」から構成され、「ある生徒が算数の問題を間違えた」という状況を表している。

一方、図 3.1 のベースは、実験において被験者が想起するであろう一例を示している。図 3.1 のベースはターゲットと共通の述語「誤答」、「誤答」の行為者「自己」、行為の対象「数学の問題」を含む。それに加え、高次の述語“cause”によって誤答の原因となる命題が表現されている（述語「勘違い」、行為者「自己」、行為の対象「問題文」）。図 3.1 に示されるベースは「自分が数学の問題の問題文を勘違いすることで間違いを犯した」という自分自身の体験を示している。

つまり、図 3.1 はターゲット中の「生徒」の状況を「自分だったら」と考え、自分自身の過去の体験に即して理解しようとしている状況を示している。

このように命題形式の表現を仮定することで、他者視点の設定に関与するベースを以下の条件を満たすものとして明確に定義できる。

1. ターゲットと共通の述語を含む長期記憶中の経験。

2. 共通する述語の行為者は「自己」となる．

述語が共通することで，ベースはターゲットと類似した心的表現となり，対応付けによる推論が可能になる（1章を参照）．そして，共通する述語の行為者が「自己」となることで，自己を状況内の特定の役割に対応付けることができる．以降，この2つの条件を満たすベースを自己経験と呼ぶ．なお，この条件を満たさないベースは，他者から聞いたエピソード，本で読んだ知識，一般的な常識などと考えることができる．つまり，本研究では他者視点の設定を，ターゲットと共通の述語を含むベース（自己経験）を長期記憶から検索し，ベース中の自己をターゲット中の特定の役割に対応付ける活動と考えた．

なお，図 3.1 から見てとれるように，実験における課題のカバーストーリーとして「教育者」と「学習者」が登場する学習・教育場面を設定した．このこと理由は2点あった．

1点目は実験操作上の容易さにあった．実験の被験者として想定される大学生・大学院生の多くにとって，教育者と学習者のそれぞれの立場は身近なものと考えられ，他者視点の設定を実験的に操作することが比較的容易であると考えた．

2点目の理由として，研究を現実社会に還元する上でこの問題を検討することが重要と考えた．現代の学習・教育場面において，教育者の視点と学習者の視点の対立は深刻な問題とされる．たとえば，高橋（1998）は現代の教育現場の問題として，教師が生徒の考えていることを理解できないという状況を挙げた．よって，教育者の視点からの問題解決と学習者の視点からの問題解決の差異を検討することは，現実場面の学習・教育問題を考えていく上でも重要と考えた．

また，本章では，前章までの研究と同様，被験者に具体的なベースを提示しない Open-end な状況での実験を実施した．実験では，被験者自身が日常生活で獲得した自己経験の想起を促す教示によって課題に利用されるベースを操作した．

3.1.2 ベースとしての自己経験の特徴

ベースとしての自己経験について，2つの特徴を仮定した．

1つの特徴は記憶表象の豊富さである．一般に長期記憶中で自己経験は他者から聞いたエピソードに比べ，豊富な情報と関連付けられて貯蔵されていると考えられる．たとえば，記憶における自己関連付け効果の研究では，自己に当てはまる性格特性語の記憶成績は自己に当てはまらない性格特性語の記憶成績に比べて良いことが繰り返し示されてきた（Klein, Loftus, & Burton, 1989; Rogers, Kuiper, & Kirker, 1977）．

2つ目に，ベース中の要素「自己」は注意の向きやすい要素であると考えた．このこと

についても、自己に関する情報が素早い処理を受けるということが古くから示されてきた (Markus, 1977) .

図 3.1 に示すベースはこの 2 つの仮定を反映している . 1 つ目の特徴に関して、ベースである自己経験はターゲットに比べ、豊富な構造を含んでいる . 2 つ目の特徴に関して、ベース中の要素「自己」にプラグマティックユニットと記されるユニットが結び付けられている .

これは、Holyoak and Thagard (1989) の理論に基づいた仮定である . 彼らは命題表現上での注意の焦点を表現するユニットとして、プラグマティックユニットを仮定した . この理論によればプラグマティックユニットは問題解決の目的上で重要であると仮定される要素とリンクし、命題表現における結合関係に従って活性 (注意) を伝播する . その結果、プラグマティックユニットと結合する要素の近辺に位置する要素ほど活性の程度が高くなり、活性の程度が高くなったベース要素とターゲット要素の対応付けは相対的に強くなる (Spellman & Holyoak, 1996) . この理論を参考に、他者視点を設定する (ターゲット中の特定の人物にベース中の自己を対応付ける) ことで、ベース中の「自己」からの活性がターゲット中での特定の役割 (図 3.1 では「生徒」) に伝わると考えた . さらに、その活性はターゲット命題における要素間の結合関係に従って、近辺の要素に伝わると考えた .

3.1.3 他者視点の設定と問題の解

類推による問題解決とは、ベースからターゲットへの転写によって、ターゲットには存在しなかった命題要素や要素間の関係を生成することである . たとえば、Gick and Holyoak (1980) では洞察問題 (放射線問題) の解決に先立って、それと類似した問題 (将軍問題) を提示することがターゲットの提示のみでは生成が困難な解 (放射解) を導くことを示した . また、歴史的な発見や発明の背景に類推のプロセスが介在していたことは、伝記を利用した研究において示されてきた (Gentner & Jeziorski, 1993) . Holyoak and Thagard (1995) はこのような類推の推論形式としての特徴を心的飛躍 (mental leap) と呼んだ .

類推により生成される問題の解に関する理論的分析は Holyoak et al. (1994) によりおこなわれた . 彼らは問題解決の結果として生成される命題を 2 種類に分けた . ターゲット中にもともと存在していた既存の要素を組み合わせることで構成される命題と、ターゲット中にはもともと存在しなかった新規な要素が含まれる命題である . 前者の命題はベースからの要素の転写を含まないものである . それに対して、後者はベースからターゲットへ

の要素の転写を含むものである*¹。

たとえば、図 3.1 におけるターゲット（問題解決後）には「cause」、「勘違い」、「問題文」が新規要素として含まれている。Holyoak らは、放射線問題など類推研究で用いられてきた多くの課題に新規要素の生成が関与するとした*²。

以上の議論に基づき、異なる他者視点の設定によって異なる位置に新規要素を含む命題が生成されると考えた。言いかえれば、他者視点の設定が、新規要素の命題表現中の出現位置を予測すると考えた。その理由は、他者視点の設定について 3.1.2 節で仮定した 2 つの特徴（記憶表象の豊富さ、ベース中の要素「自己」を中心とした活性の伝播）が Holyoak et al. (1994) の議論した新規要素生成の条件に合致するからである。

まず、Holyoak et al. (1994) は新規要素の生成にはベースとなる表象の豊富さが必要であると議論した。新規要素はターゲット中にもともと存在せず、ベースに存在した要素である。そのため、ベースが豊富な構造を含めば、ターゲット中に存在しない要素の量が増加し、生成される新規要素の数が多くなるとされる。

2 つ目に、Holyoak et al. (1994) は、新規要素がプラグマティックユニットから多くの活性を受ける位置に生成されると議論した（関連した実証的知見として、(Spellman & Holyoak, 1996)）。そして、彼らは、このことについて次のように説明した。まず、新規要素はもとのターゲット領域には存在しなかった要素であり、新規要素の生成はターゲット領域にはそぐわない不適切な解を導出する恐れを含む。そして、その可能性は命題表現中の活性の低い位置（問題解決の目的や文脈の上で、それほど重要ではない位置）ほど大きいと考えられる。それに対して、命題表現中での活性の高い位置（問題解決の目的や文脈と密接に関係した位置）では、新規要素を生成することの危険性よりも、生成される命題の豊富さが求められる。よって、実用論的な観点から重要であるとはみなされない位置では新規要素の生成は抑制され、重要であるとみなされる位置では新規要素が生成されやすくなる。

以上の議論に基づいて、他者視点の設定により、「自己」と対応付けられる役割の近辺に多数の新規要素が生成されるという仮説をたてた。逆にいえば、命題表現上での「自己」

*¹ ただし、Holyoak らは、ベース中の要素がそのままターゲットに転写されることはまれであると議論した。ベース中からターゲットに転写された要素はターゲットに固有の領域知識を利用してターゲット中の文脈に即すように調整がなされるとした。

*² 類推によって、ターゲット領域のみでは思いつくことが困難な既知の要素の新規な組み合わせが構成されることもある。特に、可能な要素の数が限定される収束的な領域では要素間の新規な関係を発見することが類推の効果として重要であるとされる。だが、本章が問題としているような拡散的な領域では新規要素の生成が類推の効果として重要と考えた。

問題文

図のような直方体に底から8cmだけ水が入っています。この直方体に図Bのような四角柱をAの入れ物の中に垂直に底まで入れたとき、水面の高さは底から何cmになりますか。

正答

$$6 \times 7 \times 8 = 336$$

$$6 \times 7 = 42$$

$$1 \times 2 = 2$$

$$42 - 2 = 40$$

$$336 \div 40 = 8.4$$

誤答

$$1 \times 2 \times 8 = 16$$

$$6 \times 7 = 42$$

$$16 \div 42 = 0.38$$

$$8 + 0.38 = 8.38$$

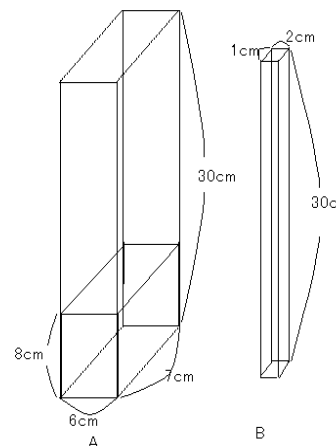


図 3.2 課題材料：算数の問題．図中には問題文と問題材料となる直方体の図が含まれ，問題に対する正答と誤答が示される．

からの距離が遠くなればなるほど，新規要素の生成は抑制され，既有的要素を組み合わせただけの解が導出されやすくなると考えた．以下，実験の課題と操作要因を示す．

3.2 実験課題

図 3.2 は実験で使用した課題材料である（算数の問題，誤答，正答）．これらの材料は向後（1993）が分析した現実の小学 6 年生が解いた問題とその正答，誤答である．正答と誤答の解説も向後の分析を参考にした．正答は「全体の水の体積を求める．容器の底面積を求める．棒の底面積を求める．棒を入れた後の底面積を求める．体積を底面積で割ることで高さを出す」と解説した．誤答は「水に沈む棒の体積を求めた．容器の底面積を求めた．棒の体積を底面積で割ることで増える高さを求めた．元々の高さに足した」と解説した．

被験者は提示された材料から，誤答の原因（質問 1 と呼ぶ），原因を改善するためのプラン（質問 2 と呼ぶ）の 2 つの質問に答えることを求められた（被験者内要因）．この 2 つの質問は一般的な不良定義問題に関する研究で議論されるプロセスに対応したものである．Voss, Tyler, and Yengo (1983) は不良定義問題の解決プロセスにおいて，原因の探

索と探索された原因に対する対処案の構築が段階的に行われることを見出した。

先述したように、本研究ではこの課題に対して、「学習者」の視点と「教育者」の視点を実験的に操作し（被験者間要因）、大学生・大学院生を被験者とした。大学生の被験者であれば、課題材料となる小学校の算数の問題（もしくは類似した問題）を学習した経験を保持する。また、それまでの学校生活の中では学習者の視点で、数学などの問題を学習してきた。よって、本研究の被験者にとって、「学習者」の視点を設定する際の豊富なベース（自己経験）が仮定できると考えた。さらに、家庭教師や塾の講師を経験した被験者ならば、自身が教育者として生徒を教えた経験も保持し、「教育者」の視点を設定する際の豊富なベース（自己経験）も仮定できると考えた。本研究では、実験 1 において教育を行った経験を保持する被験者を採用し、実験 2 において教育を行った経験を保持しない被験者を採用した。

他者視点の操作は教示のカバーストーリーを変更することで行った。カバーストーリーによる操作は他者視点の設定に関わる先行研究の手続きを参考にした。だが、このような教示による操作には問題点も存在する。被験者が教示に従って課題を遂行したかどうかは事後的な方法によって確認する以外にない。そのため、本研究では、課題後のアンケートをもとに教示の効果を確認した。

2 つの実験条件におけるカバーストーリーの概略は次のようなものであった。「学習者」の視点に立たせる条件（学習者視点条件と呼ぶ）では、自分が誤答を行ったものとしてその原因を考え（質問 1）、その原因を改善する学習プランを考える（質問 2）ように教示した。「教育者」の視点に立たせる条件（教育者視点条件と呼ぶ）へは誤答を行った生徒が目前にいることを想定して誤答の原因を考え（質問 1）、原因を改善する教育プラン（質問 2）を考えるように教示した。

課題の構造と実験操作から想定した状況の表現を図 3.3 にまとめた。ここで、教示（質問 1 と質問 2 における質問文）や課題材料（算数の問題、および小学生の誤答）から問題状況に関する初期の心的表現が構築され、自己経験の利用をとおして問題の解（ターゲット中での新規要素や要素間の新たな関係）が構成されるという問題解決プロセスを想定した。図 3.3 では右側に被験者への教示内容に則した命題表現（ターゲットの初期状態）が示される。図 3.3 の左側には課題を遂行する際に利用されると想定したベースの例（自己経験）が示される。どちらの条件の被験者も学習者としての自己経験（自分が類似した問題を誤った経験）、および教育者としての自己経験（自身が教育者として生徒を教育した経験）の両方を保持すると想定した（実験 1）。以降、学習者としての自己経験を解決経

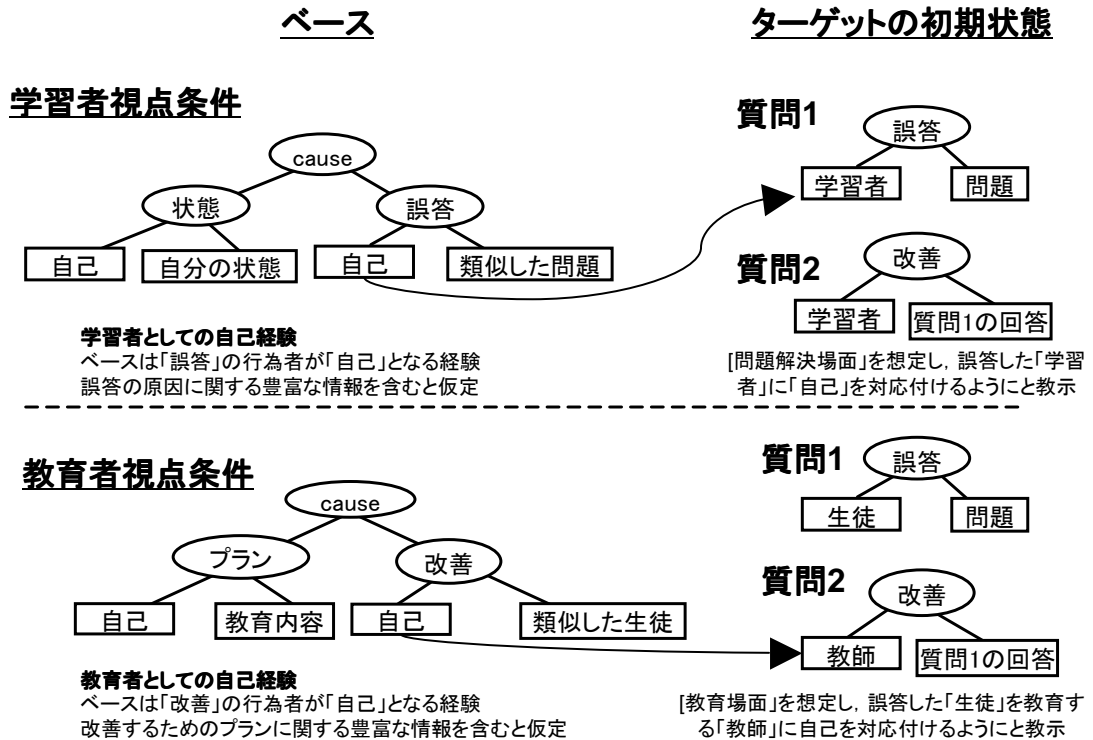


図 3.3 想定されるベースとターゲットの初期状態．上側が学習者視点条件の状況を表し、下側が教育者視点条件の状況を表す．

験，教育者としての自己経験を教育経験と呼ぶことにする．

さらに，実験時に与える教示の操作によって，この課題に利用される自己経験が条件間で変化し，条件間で新規要素の生成される質問が変化すると考えた．学習者視点条件では，誤答した人物の視点に立つように教示し，教育者視点条件では，生徒を教育する人物の視点に立つように教示した．この教示の結果，学習者視点条件では解決経験を利用した問題解決が行われ，逆に教育者視点条件では教育経験を利用した問題解決が行われると考えた．

さらに，3.1.2 節と 3.1.3 節で述べた Holyoak らの議論を敷衍し，学習者視点条件では解決経験中の「自己」から質問 1 の「学習者」にプラグマティックユニットからの活性が伝播し，逆に教育者視点条件では教育経験中の「自己」から質問 2 の「教師」にプラグマティックユニットからの活性が伝播すると考えた．その結果，活性の変化に応じて新規要素の生成される位置が変化すると考えた．つまり，学習者視点条件では質問 1 により多くの新規要素が生成され，教育者視点条件では質問 2 により多くの新規要素が生成されると予測した．以下，このことを検討した実験を示す．

3.3 実験 1

実験 1 は、異なる他者視点を設定することで、異なる位置に新規要素が生成されることを確認することを目的とした。

3.3.1 方法

被験者

実験 1 では家庭教師や塾の講師などの経験を保持する被験者を採用し、仮説を検討した。大学生・大学院生 20 名を教育経験（家庭教師や塾の講師などの経験）が 1 度でもあることを条件に採用した。そして、20 名の被験者を学習者視点条件 10 名と教育者視点条件 10 名に振り分けた。

なお、被験者の教育経験の詳細については実験後に事後的なアンケートで確認した（アンケートの内容は後述）。アンケートの結果、教育経験の年数を問う質問において、20 名中 18 名が 1 年以上の経験を保持すると回答した。また、どのような教科を教えたことがあるのかを問うたところ、算数を教えた経験を保持すると回答した被験者は 20 名中 12 名であった。このようなアンケート結果から、実験 1 の被験者の多くが実験の課題と関連した教育経験を保持していたと推測された。

手続き

実験は個別に行った。実験の手続きは以下の 4 段階に分かれた。

1. 教示

学習者視点条件と教育者視点条件で異なる教示を用意した。それぞれ、印刷された用紙を被験者に渡し実験者が教示文を読みあげた。用紙には学習者視点条件、教育者視点条件ともにタイトル、実験の目的、実験の手続き、課題の説明が記された。タイトルは先頭行に太字で書かれた。学習者視点条件へは「問題解決におけるモニタリングに関する調査」、教育者視点条件へは「教育活動に関する調査」と記した。そして、学習者視点条件の被験者へは提示される場面内で算数の問題を間違えた人物になりきって、自分自身の類似した経験を思い浮かべながら課題を遂行するように教示した。また、教育者視点条件の被験者へは提示される場面内の教師になりきって、自分自身の類似した教育経験を思い浮かべながら課題を行うようにと教示

した．質問文は条件間で構造的には同一であった．以下，各条件における質問文を示す．

- 学習者視点条件における質問文

「質問 1: 自分が問題を誤った人物であったとしたら，あなたはなぜ正答できなかったのか．その原因をなるべく深く考えて書いてください．質問 2: 正答に至るためには，何に気付く必要があったのか．また，質問 1 で記した誤りの原因を改善するにはどのような学習プランを設定すべきか．なるべく具体的に書いてください．」

- 教育者視点条件における質問文

「質問 1: 自分がこの生徒を教える教師であったとしたら，生徒はなぜ正答できなかったのか．その原因をなるべく深く考えて書いてください．質問 2: 正答に至るために，生徒は何に気付く必要があったのか．また，質問 1 で記した誤りの原因を改善するにはどのような教育プランが必要か．なるべく具体的に書いてください．」

2. 材料の提示

教示が終わった後に，材料を提示した．算数の問題(図 3.1)がはじめに示され，実験者により問題文が読みあげられた．正答と誤答の提示順序は条件間で異なった．学習者視点条件には誤答を示した後に正答を提示した．教育者視点条件へは正答を示した後に誤答を提示した．材料の提示順序はカバーストーリーの設定を自然なものにするために操作した．学習者視点条件は誤答を先に示されるために，それを自分が行ったものと考えやすくなり，逆に教育者視点条件は正答を先に示されるために，教育者の役割に近づくと考えた．材料の提示後，再び，それぞれの役割になりきって，対応する自分自身の経験を思い浮かべながら課題を行うようにと強く教示した．

3. 回答の記述

教示の後に被験者は課題に取り組んだ．回答用紙は A4 用紙 1 枚であった．課題の遂行に 20 分程度を要した．

4. アンケート

回答後，被験者はアンケート用紙を渡された．被験者は(1)教育経験(年数，教

科，学年)(2) 課題中に思い浮かべた経験と知識の2つの項目に答えた．このアンケートは他者視点の設定を促す教示の効果調べるために行った．教示に従って課題に取り組んだのならば，2つの条件で報告される経験の構造が異なるはずである．

3.3.2 分析

被験者が記述した回答に対し，新規要素の有無を分析した．その際，被験者が記述した回答のステートメントを質問1に関するものと質問2に関するものに区別し，述語か引数に新規要素を含むものと既知の要素のみからなるものを分類した．質問1に関するステートメントは「現在の状態，過去の行為を述語として含むもの」と定義し，質問2に関するステートメントは「今後の行為に関する述語を含むもの」と定義した．たとえば，「わかっている」「できなかった」などの述語から構成されるステートメントは質問1に関係し，「学習する」「目を向けるようにする」などの述語から構成されるステートメントは質問2に関係するものとみなした．どちらにも当てはまらないステートメントは分析から除外した．

その後，それぞれのステートメントについて，新規要素が含まれるかどうかを判断した．新規要素とは教示や課題材料に含まれない単語を含むものと定義した．たとえば，「沈む棒の体積を計算できなかった」というステートメントは，それに含まれる全ての要素（沈む棒・体積・計算）が被験者に教示した内容に含まれるため，新規要素を含むステートメントとみなさなかった．それに対して「棒が沈むことにこだわってしまった」という回答は「こだわる」という教示に存在しなかった新規な要素が含まれるために新規要素を含むステートメントとみなした．

回答の例を表3.1に示し，具体的な分類方法を説明する（その他の回答例は付録に示した）．表3.1には説明のために番号を振った．1から3が質問1，4から6が質問2の回答である．各ステートメントは命題とみなし，述語か引数に新規要素が1つでも含まれることを基準に分類した（分類のラベルは新規，既知とする）．以下に具体的な分類方法を示す．

1. 述語「過剰般化」，引数「過去の問題」「本問題」から構成される．このうち，「過去の問題」「本問題」は被験者に提示した課題材料を指しており，既知の要素とみなす．対して，「過剰般化」は課題材料に含まれない述語であり，新規要素とみなした．

表 3.1 被験者の回答に対するラベル付けの例 .

(a) 質問 1

ステートメント	ラベル
1. 過去の問題を本問題に過剰般化	新規
2. 入れる棒という部分情報にとらわれ	新規
3. 全体を見失っている	新規

(b) 質問 2

ステートメント	ラベル
4. 溢れる時と上昇する時の違いを理解させる	既知
5. 全体の水量は変化しないことを理解させる	既知
6. 具体例を示すのが望ましい	新規

注: (a) は質問 1 (誤答の原因) に対する回答であり, (b) は質問 2 (原因を改善するプラン) に対する回答である. 回答は, ステートメント単位に分けられた. そして, それぞれのステートメントは, 「新規」, もしくは「既知」のラベルが貼られた.

2. 述語「とらわれる」, 引数「部分情報」から構成される. この 2 つの要素は課題材料に含まれない要素であるため新規要素と判断する. また, 「入れる棒」という要素は課題材料に含まれる要素から構成されるため, 既知とした.
3. 述語「見失う」, 引数「全体」から構成される. これらは課題材料に含まれない要素であるため新規要素とみなした.
4. 述語「理解させる」, 引数「溢れるときと上昇するときの違い」から構成される. 引数をさらに分解すれば「違い」「溢れる時」「上昇する時」が要素となる. このうち「理解させる」は課題材料に含まれる述語「わかる」で代替できるため既知の要素とみなした^{*3}. 同様の理由で「上昇する」も新規であるとみなさなかった.
5. 述語「理解させる」, 引数「全体の水量は変化しない」から構成される. 引数をさ

^{*3} 既知の要素で言い換えを行い, 回答全体で一貫した解釈が成立するものは転写された要素と考えない. 逆に, 3 の「見失う」を「わかる」と言い換えることはできない. 2 の「部分情報」も他の要素で言い換えれば 3 との繋がりが消えてしまうので言い換えは不可能である.

らに分解すれば「変化しない」「全体の水量」が要素となる。これらの要素のうち、「理解させる(=わからせる)」「変化しない(～にならない)」は課題材料に含まれる要素で置き換えることができるため既知の要素とみなした。「全体の水量」も「全体」という属性が3で出現しているため、既知の要素とみなした。

6. 述語「示す」、引数「具体例」から構成される。これらは課題材料に含まれない要素であり新規とみなす。なお、「望ましい」という要素も回答に出現するがこれは「教師」を行為者とする述語でないためデータの分析から除外した。

以上の手続きは基本的に著者が単独で全ての回答について行った。この手続きの信頼性を確かめるために、一部の被験者の回答を第2判定者(研究の目的や仮説を知らない大学院生1名)が分類し、第1判定者(著者)と第2判定者間での一致率を検討した。その際、教育者視点条件から被験者2名分の回答、学習者視点条件から被験者2名分の回答を無作為に取り出し、第2判定者の学習材料とした。なお、第2判定者が受け取った学習材料には第1判定者による分類の結果が示されていた。第2判定者は第1判定者による分類結果を見ながら分類の手続きを学習した。その後、再度、学習材料とは異なる回答(学習者視点条件の回答2名、教育者視点条件の回答2名)を無作為に取り出し、第2判定者が分類を行った。その結果、第2判定者と第1判定者との分類の一致率は96.2%となり、分析手続きの信頼性が示された。

3.3.3 結果

ステートメント数

新規要素を指標とした結果を示す前に、基礎データとして学習者視点条件と教育者視点条件で生成されたステートメント数(新規要素を含むステートメントと既知要素を含むステートメントの合計)を示す。学習者視点条件で生成されたステートメント数は質問1で平均4.00($SD = 1.41$)、質問2で平均6.10($SD = 2.73$)となった。教育者視点条件で生成されたステートメント数は質問1で平均4.10($SD = 1.70$)、質問2で平均4.00($SD = 1.84$)となった。ステートメント数を従属変数とした条件×質問の2要因分散分析の結果、条件の主効果は有意とならなかった [$F(1, 18) = 1.68, n.s.$]。また、質問の主効果 [$F(1, 18) = 3.54, p < .10$]、条件×質問の交互作用 [$F(1, 18) = 4.28, p < .10$] については有意な傾向のみがあらわれた。

回答中の新規要素

新規要素の量に関して 2 つの指標を設定した。1 つの指標は新規要素を含むステートメントの生成数であった。2 つ目の指標は回答に占める新規要素を含むステートメントの割合であった。回答には既知の要素のみから構成されるステートメントも含まれる。はじめの指標のみでは回答を多く記述する傾向の被験者が不当に多く見積もられてしまうため全体の中での新規要素の割合を算出した。

それぞれの指標の平均値を図 3.4 に示す。仮説とは異なり、条件によらず、質問 1 よりも質問 2 での生成数、割合が高くなった。特に、質問 1 についての生成数、割合は条件間でほとんど変わらなかった。また、質問 2 における割合の平均値は学習者視点条件よりも教育者視点条件のほうが高くなったが、生成数では仮説とは逆に学習者視点条件のほうが高くなった。

このことを確かめるために、生成数と割合をそれぞれ、従属変数とし、条件 × 質問の 2 要因分散分析を行った。生成数を従属変数とした分散分析の結果、条件と質問の交互作用は有意とはならず [$F(1, 18) = 1.33, n.s.$]、質問の主効果のみが有意となった [$F(1, 18) = 5.92, p < .05$]。また、割合についての分析の結果、条件 × 質問の交互作用は有意とならず [$F(1, 18) = 0.50, n.s.$]、質問の主効果のみが有意傾向となった [$F(1, 18) = 3.74, p < .10$]。

新規要素の内容

上記の量的分析を補足する目的で、生成された新規要素の内容を検討した。なお、両条件を合わせた新規要素を含むステートメントの総数は質問 1 で 37、質問 2 で 55 であった。それらの新規要素を内容に即してカテゴリに分類した。なお、単独の被験者のみが報告した新規要素はここでの分析から除外した。結果を表 3.2 に示す。表 3.2 に含まれるカテゴリの中で学習者視点条件における度数と教育者視点条件における度数に有意な違いが認められるものはなかった。

アンケート結果

新規要素の量と内容に条件間で差異は認められなかった。それでは、被験者はどのような経験を思い浮かべて課題を遂行したのだろうか。課題後のアンケートに「課題中に自分自身の教育経験を思い浮かべましたか」という項目を設定した。この項目に教育経験の想起を報告した被験者は教育者視点条件で 10 名、学習者視点条件で 9 名となった。

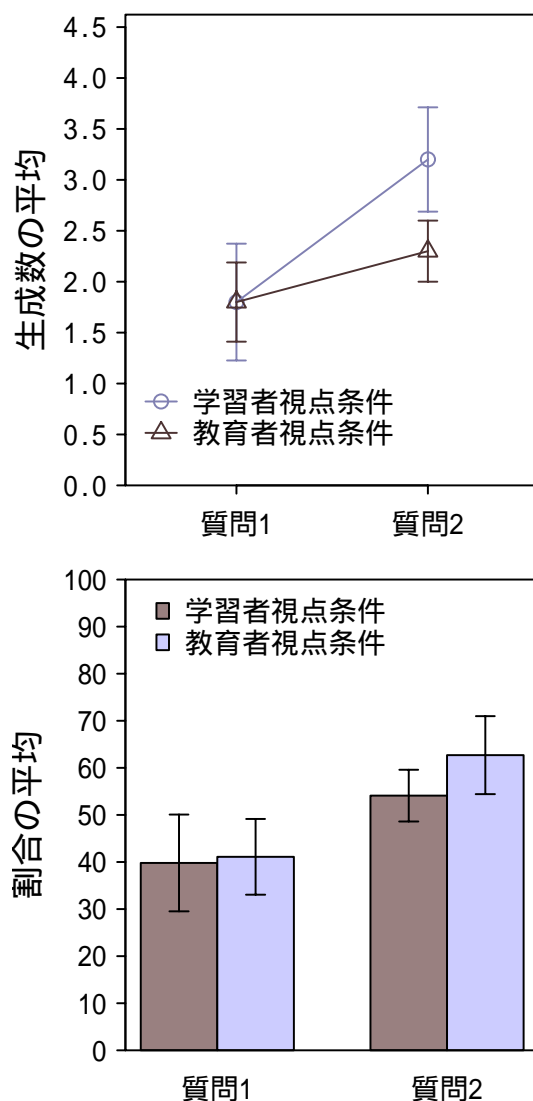


図 3.4 実験 1：新規要素の平均値．生成数（上）と回答中の割合（下）．エラーバーは標準誤差を示す．

3.3.4 考察

予測と異なり，条件間で新規要素が生成される質問に違いは認められなかった．学習者視点条件，教育者視点条件の両方で質問 1 よりも質問 2 で新規要素が多く生成された．また，事後的なアンケートからも，条件間で教育経験を想起した被験者数に違いを認めることができなかった．

この結果は大きく 3 つの観点から説明できる．一つの可能性は，どのような視点を設定

表 3.2 実験 1：新規要素の内容と度数。

内容	学習者視点条件 (n=10)	教育者視点条件 (n=10)
(a) 質問 1 の新規要素		
とらわれた	1	1
公式をあてはめた	1	2
経験と結びつけた	2	2
集中してしまった	2	1
イメージできなかった	5	2
(b) 質問 2 の新規要素		
図を描く	6	5
実物の容器を用意する	3	1
例を挙げる	1	4
他の問題にあたる	2	1

しても生成される新規要素の内容に変化が認められないというものである。この可能性は 3.1 節と 3.2 節で提案した仮説を完全に否定するものである。2 つ目の可能性は、実験における視点操作の教示が不適切なものであったというものである。たとえば、学習者の視点を設定して課題を遂行することの意味を学習者視点条件の被験者が理解できなかったため、条件間で生成された新規要素に違いが認められなかったのかもしれない。結果を説明する 3 つ目の可能性は、被験者の保持する教育経験が視点の実験操作に干渉したというものである。つまり、教育経験を保持する被験者にとっては、小学生である学習者の立場よりも教育者の立場に対する親近感が強かったのかもしれない。そして、提示された課題材料（算数の問題、小学生の誤答）から自動的に教育経験が想起され、両条件ともに教育経験を利用した新規要素の生成がなされたのかもしれない。

3.4 実験 2

実験 2 では実験 1 の結果を受けて、設定される視点の差異によって生成される新規要素が変化するという仮説を再検討した。その際、実験 1 とは異なり、教育経験を保持しない

被験者を採用した。また、教示や実験手続きは極力、実験 1 から変更しないように注意した。他者視点の設定と新規要素の生成に何の関係もないのならば、もしくは実験 1 の結果が不適切な教示などの実験手続き上の問題によるのならば、実験 2 でも条件間での新規要素に違いは認められないはずである。また、もし、実験 1 の結果が被験者の保持した教育経験によるものであれば、実験 2 では条件間で生成される新規要素が変化するはずである。

3.4.1 方法

被験者

大学生 24 名が授業の一貫として実験に参加した。被験者は教育経験を保持しないことを確認し採用した。これらの被験者は学習者視点条件 12 名と教育者視点条件 12 名に割り振られた。

手続き

実験 1 に準じた。ただ、実験 1 で行った教育者視点条件への経験の想起を促す教示は教育経験を保持しない被験者を採用したために除外した。また、アンケートの内容も教育経験の有無を聞くもの、課題中に教育経験を用いたかを答えさせるものが含まれていたために変更した。代わりに (1) 課題中の思考の流れを報告させるもの (2) 思い浮かべた経験や知識を問う自由記述のアンケートを作成した。

3.4.2 分析

実験 1 と同様、全ての回答について著者 (第 1 判定者) が新規要素を含むステートメントと新規要素を含まないステートメントを分類した。その後、実験 1 と同じ手続きで第 2 判定者 (実験 1 での第 2 判定者と同一人物) が一部の回答を分類した (学習者視点条件の回答 2 名、教育者視点条件の回答 2 名を分類)。結果、第 1 判定者と第 2 判定者による分類の一致率は 97.9% となり、分類の信頼性が確認された。なお、実験 1 と同様、実験 2 における回答の例を付録に示した。

3.4.3 結果

ステートメント数

実験 1 と同様，基礎データとして学習者視点条件と教育者視点条件で生成されたステートメント数（新規要素を含むステートメントと既知要素を含むステートメントの合計した数）を示す．学習者視点条件で生成されたステートメント数は質問 1 で平均 3.40 ($SD = 1.41$)，質問 2 で平均 3.40 ($SD = 1.75$) となった．教育者視点条件で生成されたステートメント数は質問 1 で平均 3.40 ($SD = 1.70$)，質問 2 で平均 4.08 ($SD = 1.60$) となった．ステートメント数を従属変数とした条件 × 質問の 2 要因分散分析を行った結果，条件の主効果 [$F(1, 22) = 0.58, n.s.$]，質問の主効果 [$F(1, 22) = 0.43, n.s.$]，条件 × 質問の交互作用 [$F(1, 22) = 0.43, n.s.$] のいずれについても有意ではなかった．

回答中の新規要素

実験 1 と同様，新規要素を含む回答の生成数と回答全体での割合を算出した．各条件，質問の平均値を図 3.5 に示す．生成数，割合ともに，質問 1 では学習者視点条件が教育者視点条件よりも高く，質問 2 では教育者視点条件が学習者視点条件よりも高くなった．条件内での生成数，割合も，学習者視点条件では質問 1 が質問 2 よりも高く，教育者視点条件では質問 2 が質問 1 よりも高くなった．実験 1 とは異なり，条件間で異なるパターンとなった．

このことを確かめるために，新規要素の生成数と割合をそれぞれ従属変数とし，条件 × 質問の 2 要因分散分析を行った．生成数を従属変数とした検定の結果，交互作用のみ有意となった [$F(1, 22) = 10.70, p < .01$]．単純主効果の検定では質問 2 で条件間の差が有意となり [$F(1, 22) = 5.89, p < .05$]，教育者視点条件における質問間の差も有意となった [$F(1, 22) = 9.85, p < .01$]．

割合を従属変数として検定を行った場合も同様に交互作用のみ有意となった [$F(1, 22) = 17.95, p < .01$]．単純主効果の検定では質問 1 で条件間の差が有意となり [$F(1, 22) = 6.14, p < .05$]，質問 2 で条件間の差も有意となった [$F(1, 22) = 5.08, p < .05$]．さらに，学習者視点条件で質問間の差は有意な傾向となり [$F(1, 22) = 4.13, p < .10$]，教育者視点条件で質問間の差は有意となった [$F(1, 22) = 15.67, p < .01$]．

これらの結果，質問 1 では学習者視点条件において多く割合の新規要素が生成されたこと，逆に質問 2 では教育者視点条件において多くの新規要素が生成されたことが確かめら

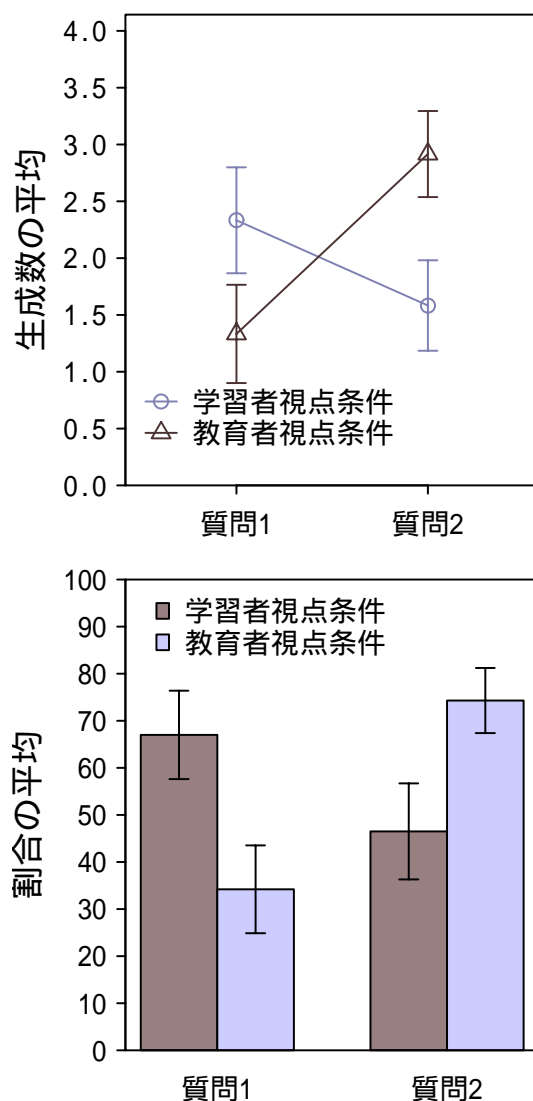


図 3.5 実験 2：新規要素の平均値．生成数（上）と回答中の割合（下）エラーバーは標準誤差を示す．

れた．

新規要素の内容

実験 1 と同じように量的分析を補足する目的で，生成された新規要素の内容を検討した．なお，両条件を合わせた新規要素の度数は質問 1 で 47，質問 2 で 54 であった．実験 1 と同様，単独の被験者のみが報告した新規要素はここでの分析から除外した．結果を表 3.3 に示す．このうち，「実物の容器を用意する」において条件間で有意な度数の違いが認められた ($p < .01$)．

表 3.3 実験 2：新規要素の内容と度数。

内容	学習者視点条件	教育者視点条件
	(n=12)	(n=12)
(a) 質問 1 の回答		
イメージできなかった	2	3
うっかり忘れた	2	2
早とちりした	1	1
着眼点が悪かった	1	1
思い込んだ	2	0
自分の頭で考えた	2	3
(b) 質問 2 の回答		
実物の容器を用意する	0	9
他の問題にあたる	2	3
見直しをする	2	0
人に説明する	1	2

アンケート結果

課題中に利用した経験・知識についての被験者の報告を分析した。なんらかの経験を使用して課題を遂行したと報告した被験者は教育者視点条件で 6 名、学習者視点条件で 10 名であった。

これらの報告を分析した結果、報告された経験に 2 種類のものがあることが見出された。1 つは「～のように間違えたことがある」というような問題を誤った経験であり、他方は「～のように教わったことがある」というような教師から教育を受けた経験である。前者の問題を誤った経験を報告した学習者視点条件の被験者は 10 名、教育者視点条件は 2 名であった。後者の教育を受けた経験を報告した学習者視点条件の被験者は 3 名、教育者視点条件は 4 名であった。

つまり、学習者視点条件では、ほとんどの被験者が問題を誤った経験を思い浮かべ、教育者視点条件では問題を誤った経験よりも教育を受けた経験を思い浮かべた被験者の人数が多くなった。問題を誤った経験は質問 1 と対応付けられる経験であり、教育を受けた経

表 3.4 実験の操作と実験結果のまとめ .

		ベース経験の有無		新規要素の生成	
		解決経験	教育経験	質問 1	質問 2
実験 1	学習者視点条件	有	有	少	多
	教育者視点条件	有	有	少	多
実験 2	学習者視点条件	有	無	多	少
	教育者視点条件	有	無	少	多

験は質問 2 と対応付けられる経験といえる . このように , それぞれの条件は , 視点の設定により , 重視されると仮定された質問と対応する経験を想起していた .

3.4.4 考察

実験 2 の結果 , 条件間で生成された新規要素の位置が変化した . この結果は他者視点を設定することにより新規要素の生成される位置が変化するという仮説と一貫している . 特に , 学習者視点条件において , 質問 1 で多数の新規要素が生成されたことは重要であると考えられる . この結果は実験 1 では確認することができなかった学習者の視点に立つことの効果を示している . この結果から , 実験 1 の考察 (3.3.4 節) で述べた 1 つ目の可能性 (どのような視点を設定しても生成される新規要素の内容に変化が認められないという可能性) が明確に否定される . さらに , 実験 1 と実験 2 の教示が同じであったことから , 実験 1 の結果を説明する 2 つ目の可能性 (視点操作の教示が不適切なものであった可能性) も否定されたと考えられる . よって , 実験 1 の結果は , 3.3.4 節で述べた 3 つ目の可能性 (被験者の保持する教育経験が視点の実験操作に干渉した可能性) によって説明され , それに対して , 実験 2 では教育経験を保持しない被験者を採用したことで , 学習者の視点に立つことの効果を観察できたと考えることができる . だが , 実験 2 の教育者視点条件において , 質問 2 に多数の新規要素が生成された結果については注意が必要である . 実験 2 では教育経験を保持しない被験者が参加した . よって , この結果と 3.1 節での議論 (自己経験をベースとした類推による新規要素の生成) は整合的ではない . このことは総合考察の 5.3 で詳述する .

3.5 総合考察

本章では他者視点を設定するという活動を類推研究の枠組みから捉え、設定される他者視点の違いに応じて、問題解決時に利用される自己経験が変化し、生成される新規要素が変化するという仮説を提案した。実験 1 と実験 2 で操作した変数と実験結果は表 3.4 のようにまとめられる。実験に参加した被験者は大学生・大学院生であり、全ての被験者が学校教育の中で類似した問題を解決した経験があると仮定した（表 3.4 における 3 列目を参照）。そして、実験 1 では教育経験を保持する被験者が参加し、実験 2 では教育経験を保持しない被験者が参加した（表 3.4 における 4 列目を参照）。

実験の結果は当初の予測と整合的な部分と整合的でない部分に分けられる。まず、実験 2 において、視点の操作によって異なる位置に新規要素が生成されたことは、当初の予測（設定される視点に応じた新規要素の変化）と一致する。しかし、実験 1 の学習者視点条件において、質問 1 よりも質問 2 で新規要素が多く生成されたことは予想外の結果であった。また、実験 2 において、教育者視点条件の質問 2 で多くの新規要素が生成されたことについても、当初の仮定（自己経験をベースとした類推による新規要素の生成）では説明できない。これらの結果は、他者視点を設定するという活動が、当初の仮定よりも複雑で相互作用的なプロセスであることを示唆する。

以下、はじめに、実験 2 の結果に基づいて、他者視点の設定が問題解決に与える影響を考察する。続いて、実験 1 の結果において条件と質問によって新規要素の生成数に差異が生じなかった原因について考察し、その後、教育経験を保持しない実験 2 の教育者視点条件において質問 2 に新規要素が多数生成された原因について考察する。最後に、本章で採用した実験課題と現実の学習・教育場面との関係を示す。

3.5.1 他者視点の設定と新規要素

実験 2 では、異なる他者視点の設定を促す教示により、新規要素の生成される質問が変化した。この結果の重要な点は、新規要素を含むステートメントの生成数だけでなく、新規要素を含むステートメントの割合についても、交互作用が得られたことである。このことは、他者視点の設定が、単純にステートメント数を増やすだけでなく、新規要素を含むステートメントに選択的に作用することを示している。実際、実験 2 の全ステートメント数を従属変数とした分散分析を行っても交互作用は有意とならなかった。それでは、異な

る他者視点を設定することによって、生成される新規要素が変化することにどのような意味があるのだろうか。以下、関連する研究を紹介し、本研究の意義を考察する。

まず、新規要素と類似した指標を用いた研究として、Suwa, Gero, and Purcell (2000) によるデザイン活動の分析が挙げられる。彼らはデザイナーのデザイン活動の中ではじめて発想された概念を *Situated invention* と呼び、続くデザイン活動を駆動することをプロトコル分析によって示した。彼らによる *Situated invention* の定義はデザイン要件としてデザイナーに提示されない概念、それ以前のデザイン活動の中で発想されていない概念、以前に発想された概念から派生されたものではない概念である。彼らによるこの定義は本研究における新規要素の定義（問題状況にもともと存在しなかった要素）と類似している。彼らの研究を参考にすれば、新規要素の生成が創造的アイディアの産出と何らかの関係をもつと推測することも可能である。

だが、本研究で設定した実験課題はデザイン課題のような創造性が求められるものではなかった。よって、本研究で得られた新規要素をそのまま創造的アイディアと結びつけることには問題がある。また、本研究では、新規要素という概念を「問題状況にもともと存在しなかった要素」という限定的な意味で用いており、新規要素の生成が創造性を直接的に導くものであると主張するものではなかった。新規要素をこのような限定的な意味で用いた場合であっても、設定される他者視点の差異によって異なる新規要素が生成されるという知見は重要な意義をもつと考えられる。

このことを示すために、集団思考に関わる研究を挙げる。集団思考に関する研究（たとえば、蜂屋, 1987; 広瀬, 1997）では、集団で討議することが、他集団を軽視した愚かな意思決定を導くことを示してきた。そして、それに対する対処として、外集団の成員（たとえば、想定されるライバル集団）に視点を設定することの有効性が指摘されてきた。外集団の成員の視点を取ることで、自集団内部の視点からは生成されなかったアイディアが生まれ、自集団内部で陥りがちな固着から抜け出すことができるとされる。これらの研究では問題解決のパフォーマンスに関する具体的な分析はほとんど行われておらず、外集団の成員の視点に立つことで生成されたアイディアがどのような性質を持ったのかはわからない。しかし、異なる視点を設定することで、異なるアイディアが生成されるという知見は本研究の結果と一致する。本研究では新規要素という指標を用いることで、上記のような他者視点を設定することの効果を具体化できたともいえる。今後は、より一般的な課題によって、他者視点の設定と新規要素の生成に関する議論を広げていく必要がある。

3.5.2 過去経験による干渉

実験 1 と実験 2 では基本的に同一の実験手続きによって実施された。しかし、実験 1 と実験 2 では学習者視点条件において新規要素が多く生成された質問が異なった。また、実験 2 の被験者が教育経験を保持しなかったのに対し、実験 1 の被験者は何らかの形で教育活動に従事した経験を保持した。このような経験の差異を考慮すれば、実験 1 の結果を教示の失敗や実験手続き上の問題によるものとみなすよりも、被験者が保持する教育経験の存在が他者視点の設定や新規要素の生成に対して何らかの影響を及ぼしたと考えるほうが妥当である。

長期記憶中の経験による視点操作への影響については Indurkha (1998) の議論を参考に考察できる。彼は相互作用的に進行する表象構築のメカニズムを提案した。ターゲットの特徴によるベースの喚起と保持する長期記憶の構造によるターゲット表現への影響が動的に進行するメカニズムである。つまり、状況の表現や視点は一意には定まらず、保持する過去経験のタイプにより動的に変化する。この理論を踏襲すれば、実験 1 の学習者視点条件では、課題材料（算数の問題・正答・誤答）の特徴から教育に関する豊富な自己の経験が喚起され、喚起された教育経験の構造が視点の設定に影響したものと解釈される。つまり、課題材料の特徴と保持するベースの構造によって提示された状況の解釈（視点）が変化したといえる。

なお、この考えを支持するかのように、「今も家庭教師を続けているので、どうしてもその子のことが思い浮かんだ。その子に教えるように考えた」という内省報告を行った被験者が存在した。この報告は、実験室外で獲得した教育経験が学習者の視点を取ることを阻害したと報告するものである。長期記憶中の経験が視点の操作に影響する可能性を示し、興味深い事例と考える。今後、より大規模な実験の中でこのような事例の一般性を検討する必要がある。

3.5.3 新規要素の生成におけるベース

実験 2 では教育経験を保持しない被験者が参加し、教育者視点条件では自身に直接的な経験がない教育者の視点で課題に取り組んだ。結果、質問 1 に比べ、質問 2 で多数の新規要素が生成された。これについて、課題後のアンケート結果から、自身が教育を受けた経験がベースとなったことが示唆された。

ここで問題となることは、このベースが冒頭で定義した自己経験と異なることである。

つまり、長期記憶中に対応する自己経験が存在しない状況においても、教示された他者視点と関連する位置に新規要素が生成された。この結果は、他者視点の設定に必要と仮定された自己経験の存在に疑問を投げかける。

具体的な経験が存在しない状況における他者視点の設定については、鈴木 (1996) の準抽象化理論を参考に考察できる。鈴木は、ターゲットと具体的なベースとの類推に準抽象化と呼ばれる仮想的な心的表象が媒介することを議論した。一般に、抽象化とはターゲットのもつ特徴を捨象した心的表象であり、長期記憶に貯蔵されているカテゴリ的知識である。鈴木述べる準抽象化は一般的な意味での抽象化とは異なる。準抽象化は長期記憶に保持されている記憶表象ではなく、問題解決時の状況に応じて動的に構築される表象である。たとえば、「太陽系における惑星の回転運動を理解したい」という状況では、「回転運動を伴う引力系」といった表象が動的に構築される。

このような鈴木理論は冒頭で述べた類推の理論 (Gentner, 1983; Holyoak & Thagard, 1989) と大きく異なる。冒頭では、類推の理論に即し、他者視点を設定するという事は、「ターゲット中の特定の人物にベース中の自己を対応付ける活動」と捉えた。そして、長期記憶から検索されるベースとして自己経験の存在を仮定した。つまり、他者視点を設定する前提条件として長期記憶中の自己経験の存在を仮定した。しかし、上記の鈴木理論や 3.5.2 節での議論を参考にすれば、他者視点を設定するという活動をより動的で相互作用的なものと捉えることができる。つまり、他者視点の設定において利用されるベースとは長期記憶中の静的な自己経験のみではなく、問題解決時の視点に応じて、動的に構築される準抽象化のような自己表象も含まれるのかもしれない。一方、前節で述べたように、長期記憶中の経験が問題状況に対する視点に影響することも考えられる。これらの考えをまとめれば、他者視点を設定することと自己経験の存在を相互作用的な関係と捉えることができる。今後、より精緻な実験を実施し、この可能性を詳細に検証する必要がある。

3.5.4 学習・教育現場における視点の差異

本研究では学習・教育場面を扱い、学習者と教育者間での視点を比較した。ここで、本研究で実施した実験と学習・教育現場における問題との関連を述べる。

これまで、多くの研究者が、学習者と教育者間での学習観や教育観の差異を指摘してきた。たとえば、秋田 (1996) は大学生 (一般大学生/教職志望大学生) と現職教員 (新任教員/中堅教員) が保持する授業イメージの差異を、比喻作成課題 (「授業とは～ようだ」と

いう比喩を作成する課題)を通して示した。その結果、大学生は授業に伴う感情的側面に
関わる比喩(e.g., 授業は山登り, 授業は修行)を多く生成し, 現職教員は授業展開に関わ
る比喩(e.g., 授業は筋書きのないドラマ)を多く生成した。また, 高橋(1998)は現代社
会における教師と生徒の齟齬(e.g., 教師は生徒の考えていることが分からない)を挙げ,
その原因が教師と生徒間での言語コード(前提知識)の違いであると述べた。そして, 高
橋は現代教育の課題は, 言語コードの異なる教師-生徒間でコミュニケーションを成立さ
せることにありと論じた。さらに, 佐伯(1998)は学習者と教育者が互いに「学びあう共
同体」へ現代教育を転換することの重要性を議論し, そこにおいて学習者と教育者を含ん
だ各成員が他者の視点を取り入れ合うことが重要とした。

本研究の実験結果は上記の議論と関連付けることができる。たとえば, 実験2では学習
者の視点と教育者の視点で生成される新規要素に違いがあることを確かめた。学習者の視
点に立ったときには学習主体の心的側面に関わる新規要素(e.g., とらわれた)が多く生成
され, 教育者の視点に立ったときには教育上の技術に関わる新規要素(e.g., 例をあげる)
が多く生成された。それぞれの新規要素は, 秋田(1996)の調査において大学生が多く生
成した比喩(授業に伴う感情), 現職教員が多く生成した比喩(授業展開)とそれぞれ整
合的である。また, 教育経験を保持する被験者が参加した実験1と教育経験を保持しない
被験者が参加した実験2では, 学習者視点条件で生成された新規要素が著しく異なった。
この結果は, 教育者の立場に身を置くと学習者の視点を取り入れることが困難になること
を示すのかもしれない。そうであれば, この結果は高橋が述べるような教師-生徒間での
コミュニケーションの齟齬と関連する可能性がある。

このように, 本研究の結果は現実の学習・教育場面で生起している問題と関連付けるこ
とができる。だが, 本研究で採用した被験者はあくまで大学生・大学院生であり, 得られ
た結果をそのまま現役の教員に当てはめるわけにはいかない。今後, 実際の教員を採用し
た実験を行うなどして, この問題を検討する必要がある。

3.6 まとめ

本章では, 1.2.2 節に掲げた検討項目のうち, 「Open-end な状況での転写と実用論的制
約の関係」についての検討を示した。その際, 他者の視点を取り入れる活動に注目した。
他者の視点を取り入れる活動を, 実用論的制約に関する理論と関連付け, 「視点の位置に
応じて生成される新規要素が変化する」という仮説を提案した。実験の結果, 学習者の視
点を設定したときと教育者の視点を設定したときでの新規要素の違いを確かめた。また,

実験 1 の結果から，自己経験の存在が視点の設定に干渉することが推測され，実験 2 の結果から，自己経験の存在しない状況においても他者視点の設定と一致した位置に新規要素が生成されることが確かめられた．

第 4 章

結論

4.1 本研究のまとめ

本研究では、従来の類推研究で提案されてきた制約の存在を再検討した。第 1 章では、本研究の目的を明確にするために、従来の類推研究におけるフレームワーク・理論・実証的研究を概観した。その中で、実験室研究と現場志向的研究という 2 種類の実証的研究を区別し、両者の限界を述べた。それを踏まえ、本研究では、検討のフィールドを実験室としつつも、Open-end な状況（研究者側からは、利用される知識の事前の推定が困難な状況）を扱うとし、そこでの検討項目として、以下の 2 点を設定した。

- Open-end な状況での表層的類似性と構造的類似性の区別
- Open-end な状況での転写と実用論的制約の関係

これらの項目は、第 2 章と第 3 章で示された研究によって検討された。第 2 章では、ベースの検索と評価を対象のサブプロセスとし、上記 1 つめの項目（Open-end な状況での表層的類似性と構造的類似性の区別）を検討した。実験は、従来の実験室研究 (Gentner et al., 1993) の手続きを踏襲するものの、被験者へベースとなるストーリーを提示しないものであった。分析には、構造写像理論 (Gentner, 1983) を具体化した MAC/FAC モデル (Forbus et al., 1995) を利用した。MAC/FAC モデルへ被験者が想起した事例と被験者に提示したストーリーを入力することで、ベースの検索と評価に關与するパラメータ（2 種類の類似性の重み）を推定した。その結果、表層的類似性がベースの初期の検索に働き、それ以降は構造的類似性が強固な制約となることが確認された。この結果は Open-end な状況であっても、理論の仮定（表層的類似性と構造的類似性の区別）が成り

立つことを示し、従来の現場志向的研究の知見 (Blanchette & Dunbar, 2000; Dunbar & Blanchette, 2001) とは異なるものであった。

第3章では、他者視点を設定するという活動に注目し、2つめの項目 (Open-end な状況での転写と実用論的制約の関係) を検討した。その際、類推の多重制約理論 (Holyoak & Thagard, 1989, 1995) に基づき、他者視pointsの設定が実用論的制約と関係した活動であることを述べた。さらに、新規要素の生成と実用論的制約との関連を、Holyoak et al. (1994) の考察に基づいて論じた。そして、他者視pointsの設定によって、自己の豊富な経験からの類推写像が起き、視pointsの位置と対応した新規要素が生成されると予測した。実験では、視pointsの位置を操作する教示を行い、被験者が生成した新規要素の差異を検討した。その結果、部分的には予測が確認されたものの、予測と一致しない結果も得られた。予測と一致しない結果は、長期記憶中の経験からのターゲット表現への影響 (Indurkha, 1998)、仮想的なベースの動的構築 (鈴木, 1996) と解釈されるものであった。そして、継時的なステップを仮定する理論 (Gentner, 1983; Holyoak & Thagard, 1995) では、このような現象を捉えきれないことを述べた。

このように、本研究では、従来の実験室研究に比べ、より現実世界に近い状況で、類推の制約を検討した。その際、従来の現場志向的研究に比べ、研究手法に対する理論的根拠を論じることを重視した。このような理論に導かれた検討を行った結果、従来の現場志向的研究では確認されなかった理論と現象との適合 (第2章と第3章の結果の一部) を示すことに成功した。この結果は、類推の理論の妥当性を再確認し、理論の適用範囲を広げるものと考えられる。だが、その一方で、従来の理論では説明が困難な現象も明らかになった (第3章で示された長期記憶中の経験からのターゲット表現への影響、ターゲットから動的に構築される仮想的ベース)。これらの現象は、類推の理論を、より汎用的で妥当なものへ発展させていく上で、有用な実証的知見である。次節では、本研究の知見を参照しながら、今後の類推研究の展望を論じる。

4.2 今後の展望

4.2.1 類推のプロセスの更なる理解へ向けて

今後の類推研究の方向性を論じる上で、第3章で示された類推の動的な性質を示す知見は重要である。この知見は、類推研究のフレームワークのレベルでの主張に対して、再考を促すものである。つまり、1.1.1 節で示された「命題表現の主張」は、類推に關与する

事象が固定的に表現されることを暗黙的に仮定していた。また、「サブプロセスに関する主張」は、類推のプロセスを継時的なものとみなし、サブプロセス間での相互作用を十分に説明していなかった。よって、これらの主張は、長期記憶中の経験がターゲット表象へ影響を及ぼすこと（第3章，実験1），ターゲットの特徴が仮想的なベースの構築を促すこと（第3章，実験2）と不適合である。

ただ，上記のような問題点を指摘できるとしても，それらを単純に取り除けばよいということにはならない。従来のフレームワークに即すことで，捉えられる現象は多い。よって，これらの主張を，限定的に受け入れた上で^{*1}，より広い現象へ適用しうるフレームワークを探るべきと考える。そして，新しいフレームワークを探るためには，動的な現象に対する十分な実証的・理論的検討が必要になる。特に，類推のプロセスの中にどのようなタイプの動的プロセスがあるのか，またどのような状況でそれが生じるのかを検討していかなければならない。

なお，類推の動的性質を具体的に指摘し，説明を試みた理論は既に存在する。その代表例として，第3章で挙げた Indurkha (1998) や鈴木 (1996) の理論などを挙げるができる。

第3章で述べたもの以外にも，同様の理論は存在する。たとえば，Kokinov and Petrov (2001) は，記憶表象の動的な性質を類推のモデルに組み入れた AMBR モデルを提案した。彼らのモデルは，記憶研究で指摘されている虚偽記憶 (false memory) の現象を考慮に入れており，類推におけるベースを，ターゲットの表象との相互作用の中で動的に構成されるものと捉える。そのことによって，このモデルは，複数の事例が混在された形でベースが想起されるという現象 (episode blending; Kokinov & Zareva-Toncheva, 2001) を説明するものとなっている。

さらに，近年の構造写像理論の流れでも，ベースとターゲットの相互作用的な関係が認められている (Forbus, Gentner, Markman, & Ferguson, 1998)。特に，複数のベースとの繰り返しの対応づけを通したターゲットの再表現 (re-representation) が説明されるようになってきた (Forbus, 2001; Gentner et al., 1997; Tomai, Lovett, Forbus, & Usher, 2005; Yan & Forbus, 2005)^{*2}。

^{*1} 類推のプロセスを一連のサブプロセスの連続として捉えることの限界は，Holyoak et al. (1994) で，既に指摘されている。Holyoak et al. (1994) は，限界を認めた上で，これを受け入れることが重要と論じた。

^{*2} 従来から，SME モデルに動的な特性を加える試みはなされてきたが (Falkenhainer, 1990; Forbus et al., 1994)，近年の試みはターゲットとベースの相互作用的な関係に焦点をあてたものになっている。

これらの理論は、類推に關与する事象の表現を固定したものと捉えず、その動的な変化の説明を試みたという点で評価に値する。しかし、それに対する実証的研究は、現在までのところ、十分には行われていない。特に、上記の理論に対する現場志向的、ないし Open-end な状況での検討は、ほぼ皆無であった。

著者は、類推の動的特性を明らかにするためには、実験状況をより現実世界へ近づけていくことが有効と考える。なぜなら、類推に内在する動的特性を捉えるためには、動的な現象が生起するに足りる実験状況の複雑さが必要である。また、ステップ間の相互作用を検討するためには、ある程度の長期的な時間の中でデータを取得する必要がある。

さらに、現実世界に近い状況で類推の動的特性を検討するためには、類推という単一の心的活動に完結したプロセスのみならず、他の認知的活動との相互作用を含めたプロセスを考慮に入れる必要があると考えている^{*3}。特に、「状況の表象を構築していく一般的なプロセス」と類推の理論とを対応付けることが、今後の検討の方向性として有効と考える。これまでに、問題解決プロセスの中で、問題の表象が動的に構築されていくことを多くの研究が示してきた（たとえば、Suwa et al., 2000; 鈴木, 2004; 寺井・三輪・古賀, 2005; 三輪・松下, 2000）。それらの知見の一部は類推の理論に対しても重要な示唆を含むと考えられる。このことを示すために、以下に著者らの行った研究の事例を検討する。

4.2.2 表象構築の動的なプロセス

著者らは、本論文で示した研究と並行して、医用画像診断をタスクとした診断のプロセスの分析に取り組んできた (Morita, Miwa, Kitasaka, Mori, Suenaga, Iwano, Ikeda, & Ishigaki, 2004, 2005)。医用画像診断とは、画像メディアを利用した診断であり、それを達成するためには、(1) 医用画像からの特徴の抽出 (知覚処理と呼ぶ)、(2) 抽出された知覚特徴から長期記憶中の概念 (疾患の事例や病理知識) を想起すること (概念処理と呼ぶ) が要求される。この課題に關与する認知プロセスは、知覚的特徴から概念表象を作り上げていくという表象構築のプロセスと捉えられる。

著者らは医療診断の現場を実験場所とし、診断の時間的なプロセスを取得するための実験を実施した。実験には、専門医と研修医がそれぞれ 5 名ずつ参加した。そして、それぞれの被験者について、発話思考法に基づく言語化データと診断装置の操作履歴という 2 種類のデータを取得した。取得されたデータから知覚処理に対応する系列と概念処理に対応

^{*3} なお、類推のプロセスを、認知システム全体の中に位置づけることの重要性は、Forbus (2001), Kokinov and Petrov (2001), Salvucci and Anderson (2001), Simon (2000) でも論じられている

する系列を抜き出し、処理間の相互作用を時間的なプロセスの中で検討した。

その結果、専門医のプロセスは、2つの処理が継時的に繋がったものではなく、2つの処理が循環的に繰り返されるものであることが明らかになった。さらに、より詳細な分析から、循環的なプロセスの中で、処理間の相互作用の具体的な特性が明らかになった。そのプロセスは以下の4点にまとめられる。

1. 診断の初期段階において、複数の対立候補を含む仮説が知覚的特徴からボトムアップ的に提起される。
2. 診断の中盤で、提起された仮説に導かれた知覚的特徴の探索がなされる。
3. 診断の後期段階では、抽出された知覚的特徴に基づく仮説の絞り込みがなされる。
4. 仮説を絞り込む中でそれまでには気付かなかった新たな知覚的特徴が発見される。

以上のプロセスの中に、類推的な活動（ベースとターゲットとの明示的な対応付け）を観察することはできなかった。だが、このプロセスは、4.2.1節で述べた近年の類推研究者の主張「状況の表象が一意に定まらず、長期記憶中の知識との相互作用の中で定まっていく」と整合的である。医用画像診断の研究事例から示されることは、直面している事物から抽出される知覚的特徴と記憶中の表象との相互作用であり、その意味で、類推におけるベースとターゲットとの相互作用と同一の現象と捉えられる。また、継時的であると規範的には仮定されるステップ間に相互作用が認められること、複数の概念候補が取捨選択され、新規な特徴の発見が起きるといふプロセスは、類推研究に対しても示唆を与えるものである。なお、上記の医用画像診断のプロセスに関する知見は、現実世界における人間の活動の観察から得られた。今後、類推のプロセスについても、時系列的なプロセスを取得可能な課題を設定するなど、ステップ間の相互作用を検討することが望まれる。

4.2.3 現実世界に対する理論の応用に向けて

ここまでは、人間の類推のプロセスを更に理解していくための展望を示した。ここで、もう1つの方向性として、類推研究の応用的・工学的側面からの展望を述べる。

これについて、著者は、本研究の手法と知見は、現実世界での類推的な活動を評価・支援する上でも、重要な意義をもつと考える。たとえば、本研究の分析手法を学校教育の現場へ応用することで、学習者の理解の程度を評価する方法を考えることができる。具体的

に言えば、国語の教科書に含まれる小説などの教材があったとする。そのようなときに、教材に対する類推を生徒に生成させる。そして、生成された類推を、教師が MAC/FAC モデルへ入力し、SES 値を算出する。その値をもって、教材の構造に対する生徒の理解度を評価できると考える。あるいは、生徒が生成した類推に含まれる新規要素の数をカウントすることで、教材に対する生徒の視点を判断できるかもしれない。ただ、このような方法を、実現するためには、自然言語から命題表現へ変換する上での手法を洗練させる必要がある。逆に、その問題さえ十分なレベルでクリアできれば、計算機上での自動化も可能なものとする。

なお、類推研究の応用的な方向と関連し、人工知能や情報科学の分野では、類似性計算を中核においた多くのシステムが開発されてきた。以下、簡単にそれらの研究に触れ、類推の理論を現実世界へ応用していく上での課題を示す。

まず、これまでの類似性計算を中核においたシステムの多くは、特徴ベクトル（ベクトルの要素を特定の特徴に割り当て、生起頻度を要素の値とする表現）をデータの表現に利用したものであった。特徴ベクトルによるデータ表現は、簡易で速やかな類似度の見積もりを実現し、大規模データを対象とした検索システムなどに利用されてきた。また、この流れの中で、学習や創造的思考など、人間の知的な活動を支援するシステムも構築されてきた（たとえば、Nishimoto, Sumi, & Mase, 2000; 齋藤・山本, 2004; Sharples, Jeffery, du Boulay, Teather, Teather, & du Boulay, 2000）。

ただし、特徴ベクトルを利用したシステムは、表層的類似性を利用した検索に関わるものである。人間の類推的活動を支援するという意味では、構造的類似性をシステムに取り入れることが、より重要と考えられる。構造的類似性を取り入れたシステムとして、少数ではあるが、Forbus, Whalley, Everett, Ureel, Baher, and Kuehne (1999), Kulinski and Gero (2001), Takeda, Sasaki, Nomaguchi, Shimomura, and Tomiyama (2003) などによるものを例に挙げることができる。

これらの中でも、Forbus et al. (1999) による Cycle-pad は、MAC/FAC モデルをモジュールとし、類推の理論と密接に関係するものである。このシステムは熱力学を対象とした学習支援システムであり、ユーザー（学習者）はシステム上で熱力学に関する装置のデザインを行う。システムは、学習者のデザインを、システム操作のログを利用することで、命題表現へと変換する。そして、変換された命題表現を、MAC/FAC モデルへ入力し、学習者のデザインと類似した事例を、データベースから検索する。さらに、SME モデル（FAC 段階単体）の推論機能を利用することで、学習者のデザインに対するアドバ

イスを生成する。学習者は、システムによって提示されるデザインの事例とアドバイスを参照しながら、自身のデザイン活動を進めることができる。

Cycle-pad は、学習者により生成された事例を入力とするという意味で、Open-end な状況を扱ったシステムといえる^{*4}。よって、その命題表現への変換の手法などは、本研究のアプローチに対しても、重要な意味をもつと考えられる。ただし、これまでに、Cycle-pad に対する認知的な評価実験は行われておらず、人間の学習や創造的思考に対するその有用性は不明である。また、システムのマジュールとして、人間の類推のモデルが組み込まれているにも関わらず、システムによる事例とアドバイスの提示の方法は、認知の理論を参考にしたものではない。

以上の簡単な類推の支援システムに関する展望をまとめれば、これまでに、実証的研究を基礎においた類推の支援システムは、ほとんど開発されてこなかったということになる。よって、今後の方向性として、類推の支援システムの開発と、本研究で行ったような現実世界に近い実験状況での実証的研究とを結びつけることが考えられる。実証的研究の積み重ねによって、有用な類推支援の方法が考案でき、逆に、計算機上のシステムを利用した実証的研究によって、精度の高い実験操作とデータの分析が実現できると考えられる。

^{*4} 本研究の実験状況とは逆に、ターゲットが特定されない状況で、システムが利用される。

謝辞

本論文を執筆するにあたり，多くの先生方，先輩方から御指導を受けました．この場をお借りして御礼を申し上げます．名古屋大学情報科学研究科メディア科学専攻認知情報論講座の三輪和久教授からは，研究の全てのステップにおいて，格別のご指導を賜りました．ここに深く感謝の意を示します．同講座の齋藤洋典教授，川合伸幸助教授，中京大学情報科学部認知科学科の箕一彦教授には，日々の研究活動について，熱心に御教授頂きました．ここに謹んで御礼をさせていただきます．

名古屋大学情報科学研究科メディア科学専攻認知情報論講座の光松秀倫助手，青山学院大学文学部心理学科の薬師神礼子助教授からは，研究をまとめ上げていく上で，数々の貴重な御指摘を頂きました．ここに厚く御礼を申し上げます．

東京大学教育科学研究科の岡田猛助教授には，第3章における研究について貴重な御助言を頂き，また，実験の実施にあたり，御援助を頂きました．ここに謹んで御礼申し上げます．

名古屋大学情報科学研究科メディア科学専攻の末永康仁教授，森健策助教授，北坂孝幸助手，名古屋大学医学部保健学科の池田充助教授，名古屋大学大学院医学研究科の石垣武雄教授，岩野信吾助手からは，研究の視野を広げる貴重な御指導を頂きました．ここに謹んで御礼をさせていただきます．

また，認知情報論講座の先輩方，友人，後輩の皆様との日々の討論では，考えを正し，考えを深める契機を頂きました．ここに感謝の意を表します．

最後に，これまで暖かく見守り，陰ながら支えてくださった家族と友人に感謝致します．

付録 A

第 2 章における述語の定義

A.1 属性の定義

- after-days: ある出来事がそれ以前の出来事の数日後に起きた場合に使用 .
- after-months: ある出来事がそれ以前の出来事の数ヶ月後に起きた場合に使用 .
- many-year: 関係が数年間に渡って続いていると言及された場合に使用 .
- many-decade: 関係が何十年にわたって続いていると言及された場合に使用 .
- oneday: ある出来事が起きた日が言及されている場合に使用 .
- oneyear: ある出来事が起きた年が言及されている場合に使用 .
- animal: 動物 (人を除く有機体) を表す単語が言及された場合に使用 (狼, 熊, 鷲, ミトコンドリア, ウィルス...).
- bear: 熊という単語が現われた場合に使用 .
- wolf: 狼という単語が現われた場合に使用 .
- country: 国名 (日本・ドイツ・アメリカなど) が言及された場合に使用 .
- democracy: 民主制 (民主主義/民主国) という単語が現われた場合に使用 .
- monarchy: 君主制 (君主国) という単語が現われた場合に使用 .
- arm: 腕という単語が現われた場合に使用 .
- big-body: 身体が大きいと推測される記述がある場合に使用 .

- hair: 毛・髪という単語が現われた場合に使用．
- claw: 爪という単語が現われた場合に使用．
- strong: 肉体が強いと推測される場合に使用．
- foot: 足という単語が現われた場合に使用．
- fangs: 牙・歯という単語が現われた場合に使用．
- diligence: 勤勉という単語が現われた場合に使用．
- free: 自由という単語が現われた場合に使用．自由でないことが推測される記述が表れた場合は not (free) ．
- history: 歴史・伝統という単語が現われた場合に使用．
- population: 人口という単語が現われた場合に使用．
- industry: 工業という単語が現われた場合に使用．
- IT: 情報産業という単語が現われた場合に使用．
- economic: 経済・市場という単語が現われた場合に使用．
- nature: 自然という単語が現われた場合に使用．
- clean: 空気がうまい・きれい・澄んでいると言及された場合に使用．
- broad: 広いという単語が現われた場合に使用．
- richness: 豊かという単語が現われた場合に使用．
- hill: 山や丘という単語が現われた場合に使用．
- tree: 森・林・木という単語が現われた場合に使用．
- view-able: 見晴らしが良いという記述が現われた場合に使用．
- east: 東という単語が出現した場合に使用．
- south: 南という単語が出現した場合に使用．
- cool: 土地が涼しい，寒いと言及があった場合に使用．
- warm: 温暖，暖かいと言及があった場合に使用．

- sea: 海，プール，泳ぐなどという単語があった場合に使用．
- fruit: 果物に関する言及があった場合に使用．
- grain: 穀物に関する言及があった場合に使用．
- injured: オブジェクト（動物・人）が骨折，怪我，病気になった場合に使用．
- broken-city: オブジェクト（国）の都市が破壊された場合に使用．
- missile: 大量殺戮が可能な兵器に関連する名詞が言及された場合に使用．
- punch: 殴る・蹴る・投げる・飛びかかるなど肉体的攻撃が言及されている場合に使用．武器を使った攻撃 [剣，銃，魔法] では使用しない．

A.2 1 次の関係の定義

- peace: 友好，仲良く，協力，手を組む，同盟，平和などの記述が現われた場合，2 者間の関係がうまくいっていると推測される場合に使用．引数には entity が言及されていれば，それをいれ，言及されていない場合は entity を定義して入れる．
- war: 戦争，ケンカ，争い，鬭争，戦いなどの単語が現われた場合は使用．引数には entity が言及されていれば，それをいれ，言及されていない場合は entity を定義して入れる．
- attack: 攻撃，殴る，ミサイル発射，侵略，批判，イジメなど，一方が他方に被害を被らせる記述があった場合に使用．
- damage: オブジェクトがなんらかの被害（敗北，絶滅，死亡，迫害）をこうむった場合に使用．戦争やケンカなどで負けた場合にも使用．勝ったという記述が現われたら，負けた側がダメージ．
- have: 第 1 引数が何か（土地，利益，もの，人）を持っている状態が推測される場合に使用．
- useful: 自由に使用可能な状態が言及された場合，戦争や平和の結果，何かを手に入れた場合に使用．第 2 引数には土地，利益，もの，人などがはいる．記述中に適切なものがなければ，適当な entitiy を定義して入れる．

- desire: 望んでいる状態（欲する，狙う）が言及された場合に使用．第 2 引数には土地，利益，もの，人などがはいる．記述中に適切なものがなければ適当な entity を定義して入れる．
- think: 考えた，思った，予測したなど心的過程を表す述語が明示された場合に使用．
- tire: 疲れた，嫌になったなどの言及があった場合に使用．
- blame: 第 1 引数が第 2 引数に対して負の感情（恨む，憎む）を持つ場合に使用．
- offer: 第 1 引数が第 2 引数になんらかのコミュニケーション（謝る・提案する）をとった場合に使用．第 3 引数にはコミュニケーションの内容を入れる．内容を命題で表現可能な場合は命題で表現．表現できなければ，entity を入れる．
- accept: 第 1 引数が offer を受け入れたと推測される場合には accept ．
- reject: 第 1 引数が offer を受け入れなかったと推測される場合は reject ．offer と accept/reject は cause で結合する．

A.3 高次の関係の定義

- and: cause の第 1 引数として使う．2 つの原因が複合して何らかの結果を導いたときに使用．第 2 引数には使わない．
- not: 否定を表す．offer の第 3 引数として使用することが多い．
- cause: 因果関係が推測できる場合は cause (原因, 結果) ．時間的な前後関係を推測できる場合は，cause (前, 後) ．

付録 B

第 3 章における回答の例

B.1 実験 1

B.1.1 学習者視点条件

容器 A の底面積が B を入れた後に変化することに気付かず (質問 1・既知),
B を沈めた体積分だけ水位が上がるという直感的な判断に基づき (質問 1・新規),
B が沈んだ体積 ÷ A の底面積を計算してしまったため (質問 1・既知).

B が沈んだ分だけ水位が上がるという認識の仕方ではなく (質問 2・既知),
A の容器が B の容器分切り取られる (変形して小さくなる) と考えられれば正答
できるように思う (質問 2・既知).

そのためここで問題を解く以前に A の容器の水を B の容器分小さくなった別の容
器に移し替えたなら水位がどうなるかと言う問題を解く練習をすればいいのではない
か (質問 2・新規).

ある容器から形の違う別の容器に水を移す問題とここでの問題 (ある容器に別の物
体を入れる) との類似点に気付けば, この問題は解けるようになると考えられる
(質問 2・新規).

B.1.2 教育者視点条件

増えた水の部分にも四角柱の棒が体積を小さくしていることに気付かなかったこと
(質問 1・既知).

つまり, 棒を入れた状態を正確にイメージできなかつたことが誤答につながったと

考えられる（質問 1・新規）。

絵を書いて説明する（質問 2・新規）。

1) 水が増える量は？もとの水の中で、棒が水を押し出した量「 $1 \times 2 \times 8 = 16$ 」
ここまでは正解（分析から除外）。

2) 水が増えても棒の部分に水は入り込めない（分析から除外）。

3) じゃあ上から見るとどんな容器に入れていることになるだろう??（分析から除外）

4) じゃあこの面積は？ $6 \times 7 \times 2 = 404$ （分析から除外）。

5) 増えた水は、こんな形の容器の中で増えていくから（分析から除外）。

6) 増えた水の量 ÷ 容器の底面積で $16 \div 40 = 0.4$ 。だからもともと入っていた水のたかさと合わせて $8 + 0.4 = 8.4$ （分析から除外）。

7) 増えた水の量 ÷ 容器の底面積で $16 \div 40 = 0.4$ （分析から除外）。

8) だからもともと入っていた水のたかさと合わせて $8 + 0.4 = 8.4$ （分析から除外）

B.2 実験 2

B.2.1 学習者視点条件

棒が水に沈んだとき，水面の高さがあがるのに、それを考えずに（質問 1・既知），
水に沈む棒の体積を求めるときに、高さをはじめの水面の高さにしてしまったから
（質問 1・既知）。

発想の転換ができなかったから（質問 1・新規）。

着眼点が悪かった（質問 1・新規）。

水の体積は棒を入れる前も棒を入れた後もかわらないということ（質問 2・既知）。

発想力が豊かになる問題にあたる（質問 2・新規）。

B.2.2 教育者視点条件

まず水に沈む棒の体積を求める際に、水に沈む分の高さは 8 センチとしているが、
B を入れた分，水の高さは 8 センチより高くなる（除外）。

容器の底面積は $6 \times 7 = 42$ としているが、B を入れた分，実際に水が占める底面積は直方体 A の底面積から直方体 B の底面積を引いた 40 である（除外）。

16 立方センチメートルを利用するのなら、B を入れた分、 $1 \times 2 \times 8 = 16$ 分の水が押し出され、それを 2 で求めた 40 で割って $16 \div 40 = 0.4$ として水の高さの増分を求めるべきである（質問 1・既知）。

水に沈む棒の体積を考えるのではなく、棒によって水が押し出されると考えたほうがわかりやすい（質問 2・既知）。

つまり、水のほうに注目したほうがよい。これは正答例からもわかる（質問 2・既知）

また B を入れた分、A の底面積が減少していることに気づかなければならない（質問 2・既知）

教育プランとしては数学の体積の問題、物理（化学）に関するトレーニングをしたほうがよい（質問 2・新規）

しかし、何よりも重要なことは、実際に問題と同じ状況を設定して実験をし、感覚的であっても、納得させることだと思う（質問 2・新規）

そして、生徒のさらなる好奇心を引き出すことが大切だと思う（質問 2・新規）。

参考文献

- 秋田 喜代美 (1996). 教える経験に伴う授業イメージの変容 - 比喩生成課題による検討 - . 『教育心理学研究』, **44**, 176–186.
- Anderson, J. & Lebiere, C. (2003). The Newell test for a theory of cognition. *Behavioral and Brain Sciences*, **26**, 587–601.
- Anderson, J. R. (1993). *Rules of the Mind*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Bassok, M. & Olseth, K. (1995). Object-based representations: Transfer between cases of continuous and discrete models of change. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory & Cognition*, **21**, 1522–1538.
- Bassok, M., Wu, L. L., & Olseth, K. (1995). Judging a Book by its Cover: Interpretative Effects of Content on Problem-Solving Transfer. *Memory & Cognition*, **23**, 354–364.
- Bearman, C., Ball, L. J., & Ormerod, T. C. (2002). An exploration of real-world analogical problem-solving in novices. *Proceedings of the 24th Annual Conference of the Cognitive Science Society*, 101–106. Lawrence Erlbaum.
- Blanchette, I. & Dunbar, K. (2000). How analogies are generated: The role of structural and superficial similarity. *Memory & Cognition*, **28**, 108–124.
- Blanchette, I. & Dunbar, K. (2001). Analogy use in naturalistic setting: The influence of audience, emotion, and goals. *Memory & Cognition*, **29**, 730–735.
- Chi, M. T. H., Feltovich, P. J., & Glaser, R. (1981). Categorization and Representation of Physics Problems by Experts and Novices. *Cognitive Science*, **5**, 121–152.

- 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. (2000). Analogy with knowledgeable learners: When analogy confers benefits and exacts costs. *Memory & Cognition*, **7**, 537–543.
- Dunbar, K. (1995). How scientists really reason: Scientific reasoning in real-world laboratories. In R. J. Sternberg & J. E. Davidson (Eds.), *The nature of insight*, chap. 11, 365–395. Cambridge, MA: MIT Press.
- Dunbar, K. (2001). The analogical paradox: Why analogy is so easy in naturalistic settings, yet so difficult in the psychology laboratory. In D. Gentner, K. J. Holyoak, & B. N. Kokinov (Eds.), *Analogical Mind: Perspectives from cognitive science*, chap. 9, 313–334. Cambridge, MA: MIT Press.
- Dunbar, K. & Blanchette, I. (2001). The in vivo/in vitro approach to cognition: the case of analogy. *Trends in Cognitive Sciences*, **5**, 334–339.
- Falkenhainer, B. (1988). The SME user’s manual (SME Version 2E). *Technical report UIUCDCS-R-88-1421*.
- Falkenhainer, B. (1990). A unified approach to explanation and theory formation. In J. Shrager & P. Langley (Eds.), *Computational Models of Scientific Discovery and Theory Formation*, chap. 6. Morgan Kaufman.
- Falkenhainer, B., Forbus, K., & Gentner, D. (1989). The Structure-Mapping Engine: Algorithm and example. *Artificial Intelligence*, **41**, 1–63.
- Forbus, K. (2001). Exploring Analogy in the Large. In D. Gentner, K. J. Holyoak, & B. N. Kokinov (Eds.), *Analogical Mind: Perspectives from cognitive science*, chap. 2, 23–58. Cambridge, MA: MIT Press.
- Forbus, K., Gentner, D., & Law, K. (1995). MAC/FAC: A model of similarity-based retrieval. *Cognitive Science*, **19**, 141–205.
- Forbus, K., Gentner, D., Markman, A., & Ferguson, R. (1998). Analogy just looks like high level perception: Why a domain-general approach to analogical mapping

- is right. *Journal of Experimental and Theoretical Artificial Intelligence*, **10**, 231–257.
- Forbus, K., Whalley, P., Everett, J., Ureel, L., Baher, J., & Kuehne, S. (1999). CyclePad: An articulate virtual laboratory for engineering thermodynamics. *Artificial Intelligence*, **114**, 297–347.
- Forbus, K. D., Ferguson, R. W., & Gentner, D. (1994). Incremental structure mapping. *Proceedings of the 16th Annual Conference of the Cognitive Science Society*, 313–318. Lawrence Erlbaum.
- Forbus, K. D. & Oblinger, D. (1990). Making SME greedy and pragmatic. *Proceedings of the 12th Annual Conference of the Cognitive Science Society*, 61–68. Lawrence Erlbaum.
- French, R. M. (2002). The computational modeling of analogy-making. *Trends in Cognitive Sciences*, **6**, 200–205.
- Galinsky, A. D. & Ku, G. (2004). The effects of perspective-taking on prejudice: The moderating role of self-evaluation. *Personality and Social Psychology Bulletin*, **30**, 594–604.
- Gentner, D. (1983). A theoretical framework for analogy. *Cognitive Science*, **7**, 155–170.
- Gentner, D., Brem, S., Ferguson, R., Markman, A., Levidow, B. B., Wolff, P., & Forbus, L. (1997). Analogical reasoning and conceptual change: A case study of Johannes Kepler. *The Journal of the Learning Sciences*, **6**, 3–40.
- Gentner, D. & Gentner, D. R. (1983). Flowing waters or teeming crowds: mental models of electricity. In D. Gentner & A. Stevens (Eds.), *Mental models*, 99–129. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Gentner, D. & Jeziorski, M. (1993). The shift from metaphor to analogy in Western Science. In A. Ortony (Ed.), *Metaphor and thought (2nd ed.)*, 447–480. New York, NY: Cambridge University Press.

- Gentner, D. & Rattermann, M. (1998). More evidence for a relational shift in the development of analogy: Children's performance on a causal-mapping task. *Cognitive Development*, **13**, 453–478.
- Gentner, D., Rattermann, M., & Forbus, K. (1993). The role of similarity in transfer: Separating retrievability for inferential soundness. *Cognitive Psychology*, **25**, 524–575.
- Gentner, D. & Toupin, C. (1986). Systematicity and surface similarity in the development of analogy. *Cognitive Science*, **10**, 277–300.
- Gick, M. L. & Holyoak, K. J. (1980). Analogical problem solving. *Cognitive Psychology*, **12**, 306–355.
- Gick, M. L. & Holyoak, K. J. (1983). Schema induction and analogical Transfer. *Cognitive Psychology*, **15**, 1–38.
- Goldstone, R. L., Medin, D. L., & Gentner, D. (1991). Relational similarity and the nonindependence of features in similarity judgments. *Cognitive Psychology*, **23**, 222–262.
- Goldstone, R. L. & Sakamoto, Y. (2003). The transfer of abstract principles governing complex adaptive systems. *Cognitive Psychology*, **46**, 414–466.
- 蜂屋良彦 (1987). グループシンクをめぐって. 三隅二不二 (編), 『現代社会心理学』, 418–433. 有斐閣.
- 広瀬幸雄 (1997). 『シミュレーション世界の社会心理学』. ナカニシヤ出版.
- Holyoak, K. J. & Hummel, J. E. (2001). Toward an understanding of analogy within a biological symbol system. In D. Gentner, K. J. Holyoak, & B. N. Kokinov (Eds.), *Analogical Mind: Perspectives from cognitive science*, chap. 5, 23–58. Cambridge, MA: MIT Press.
- Holyoak, K. J. & Koh, K. (1987). Surface and structural similarity in analogical transfer. *Memory & Cognition*, **15**, 332–340.
- Holyoak, K. J., Novick, L. J., & Melz, E. R. (1994). Component processes in ana-

- logical transfer: Mapping, pattern completion and adaptation.. In K. J. Holyoak & J. A. Barnden (Eds.), *Advances in Connectionist and Neural Computation Theory, Vol2: Analogical connections*, chap. 13, 113–180. NorwoodNew,NJ: Ablex.
- 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: The MIT Press.
- Hummel, J. E. & Holyoak, K. J. (2003). Relational reasoning in a neurally-plausible cognitive architecture: An overview of the LISA project. 『認知科学』, **10**, 58–75.
- Indurkha, B. (1998). On creation of features and change of representation. 『認知科学』, **5**, 43–56.
- Keane, M. T., Ledgeway, T., & Duff, S. (1994). Constraints on analogical mapping: A comparison of three models. *Cognitive Science*, **18**, 387–438.
- Kintch, W. (1994). Text comprehension, memory, and learning. *American Psychologist*, **49**, 294–303.
- Klein, S. B., Loftus, L., & Burton, H. A. (1989). Two self-reference effects: The importance of distinguishing between self-descriptiveness judgments and autobiographical retrieval in self referent encoding. *Journal of Personality and Social Psychology*, **56**, 853–865.
- Kokinov, B. & Petrov, A. (2001). Integration of memory and reasoning in analogy-making: The AMBR Model. In D. Gentner, K. J. Holyoak, & B. N. Kokinov (Eds.), *Analogical Mind: Perspectives from cognitive science*, chap. 3, 59–124. Cambridge, MA: MIT Press.
- Kokinov, B. & Zareva-Toncheva, N. (2001). Episode blending as result of analogical problem solving. *Proceedings of the 24th Annual Conference of the Cognitive Science Society*, 510–515. Lawrence Erlbaum.

- 向後 礼子 (1993). 体積を求める問題の認知カウンセリング-受動から能動へ. 市川伸一 (編), 『学習を支える認知カウンセリング . 心理学と教育の新たな接点』, 4 章, 78–93. ブレーン出版.
- Kulinski, J. & Gero, J. S. (2001). Constructive representation in situated analogy in design. *Proceedings of the CAAD Futures 2001*, 507–520. Kluwer Academic Publishers.
- Lave, J. (1988). *Cognition in Practice: Mind Mathematics and Culture in Everyday Life*. New York, NY: Cambridge University Press.
- Liu, J. H., Pham, L. B., & Holyoak, K. J. (1997). Adjusting social inferences in familiar and unfamiliar domains: the generality of response of situational pragmatics. *International Journal of Psychology*, **32**, 73–91.
- Loewenstein, J. & Gentner, D. (2004). Relational language and the development of relational mapping. *Cognitive Psychology*, **50**, 315–353.
- Markman, A. B. (1997). Constraints on analogical inference. *Cognitive Science*, **21**, 373–418.
- Markman, A. B. & Gentner, D. (1993). Structural alignment during similarity comparisons. *Cognitive Psychology*, **25**, 431–467.
- Markman, A. B. & Moreau, C. P. (2001). Analogy and analogical comparison in choice. In D. Gentner, K. J. Holyoak, & B. N. Kokinov (Eds.), *Analogical Mind: Perspectives from Cognitive Science*, chap. 11, 363–399. Cambridge, MA: MIT Press.
- Markus, H. (1977). Self-Schemata and processing information about the self. *Journal of Personality and Social Psychology*, **35**, 63–78.
- 三輪 和久 (1995). 記憶のコンピュータ・シミュレーション. 高野 陽太郎 (編), 『認知心理学 第 2 巻 記憶』, 12 章, 253–278. 東京大学出版会.
- Miwa, K. (1999). Deductive and Inductive way of investigation on human problem solving. 『人工知能学会誌』, **14** (6), 1165–1176.

- 三輪和久・寺井仁 (2003). 洞察問題解決の性質: 認知心理学からみたチャンス発見. 『人工知能学会誌』, **18**, 275–282.
- 三輪和久・松下正法 (2000). 発見における心的制約の緩和過程. 『認知科学』, **12**, 152–163.
- Morita, J., Miwa, K., Kitasaka, T., Mori, K., Suenaga, Y., Iwano, S., Ikeda, M., & Ishigaki, T. (2004). Chance Discovery in Image Diagnosis: Analysis of Perceptual Cycles. *Proceedings of the 1st European Workshop on Chance Discovery (ECAI 2004)*, 162–171.
- Morita, J., Miwa, K., Kitasaka, T., Mori, K., Suenaga, Y., Iwano, S., Ikeda, M., & Ishigaki, T. (2005). Expertise in interactions of perceptual and conceptual processing. In G. B. Bruno, L. Barsalou, & M. Bucciarelli (Eds.), *Proceedings of the 27th Annual Conference of the Cognitive Science Society*, 1541–1546. Lawrence Erlbaum.
- Morrison, R. G., Krawczyk, D. C., Holyoak, K. J., Hummel, J. E., Chow, T. W., Miller, B. L., & Knowlton, B. J. (2004). A neurocomputational model of analogical reasoning and its breakdown in frontotemporal lobar degeneration. *Journal of Cognitive Neuroscience*, **16**, 260–271.
- Nishimoto, K., Sumi, Y., & Mase, K. (1996). Toward an outsider agent for supporting a brainstorming session – an information retrieval method from a different viewpoint. *Knowledge-Based System*, **9**, 377–384.
- Novick, L. R. (2003). Analogical transfer, problem similarity, and expertise. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, **14**, 510–520.
- Oehlmann, R. (2003). Metacognitive and computational aspects of chance discovery. *New Generation Computing*, **21**, 3–12.
- 大西仁・鈴木宏昭・繁榘算男 (1993). 状況に敏感な類似性判断のモデル. 『心理学評論』, **36**, 633–649.
- Reeves, L. M. & Weiberg, R. W. (1994). The role of content and abstract information in analogical transfer. *Psychological Bulletin*, **115**, 381–400.

- Richland, E. L., Holyoak, K. J., & Stigler, J. W. (2004a). Analogy use in eighth-grade mathematics classrooms. *Cognition and Instruction*, **22**, 37–60.
- Richland, L. E., Morrison, R. G., & Holyoak, K. J. (2004b). Working memory and inhibition as constraints on children’s development of analogical reasoning. In K. Forbus, D. Gentner, & T. Regier (Eds.), *Proceedings of the 26th Annual Conference of the Cognitive Science Society*, 1149–1154. Lawrence Erlbaum.
- Ritter, F. (2004). Choosing and getting started with a cognitive architecture to test and use human-machine interfaces. *MMI-Interaktiv*, **7**, 17–37.
- Rogers, T. B., Kuiper, N. A., & Kirker, W. S. (1977). Self-reference and the encoding of personal information. *Journal of Personality and Social Psychology*, **35**, 677–688.
- Ross, B. H. (1989). Distinguishing types of superficial similarities: Different effects on the access and use of earlier problems. *Journal of experimental psychology: Learning, Memory & Cognition*, **15**, 456–468.
- Ross, B. H. & Kennedy, P. T. (1990). Generalizing from the use of earlier examples. *Journal of experimental psychology: Learning, Memory & Cognition*, **16**, 42–55.
- 佐伯 胖 (1998). 学びの転換 - 教育改革の原点 - . 佐伯 胖・黒崎 勲・佐藤 学・田中 孝彦・浜田 寿美男・藤田 英典 (編), 『現代の教育 - 危機と改革 第 3 巻 授業と学習の転換』, 1 章, 3–24. プレーン出版.
- 齋藤 真理・山本 則行 (2004). 電子メールからの興味抽出手法と意外な Web ページと出会うきっかけを与えるエージェントシステム. 『認知科学』, **11**, 252–261.
- Salvucci, D. D. & Anderson, J. R. (2001). Integrating analogical mapping and general problem solving: The path-mapping theory. *Cognitive Science*, **25**, 67–110.
- Sharples, M., Jeffery, N. P., du Boulay, B., Teather, B. A., Teather, D., & du Boulay, G. H. (2000). Structured computer-based training in the interpretation of neuroradiological images. *Journal of Medical Informatics*, **60**, 263–280.
- Simina, M. & Kolodoner, J. L. (1997). Creative Design: Reasoning and Understand-

- ing. In D. B. Leake & E. Plaza (Eds.), *Case-based Reasoning Research and Applications, ICCBR-97*, 587–598. Springer.
- Simon, H. (2000). Discovering explanations. In F. C. Keil & W. I. Andrew (Eds.), *Explanation and cognition*, 21–59. Cambridge, MA: The MIT Press.
- Smith, S. M., Ward, T. B., & Schumacher, J. (1993). Constraining effects of examples in a creative generation task. *Memory & Cognition*, **21**, 837–845.
- 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.
- Spellman, B. A. & Holyoak, K. J. (1996). Pragmatics in analogical mapping. *Cognitive Psychology*, **31**, 307–346.
- Suwa, M., Gero, J., & Purcell, T. (2000). Unexpected discoveries and S-invention of design requirements: important vehicles for a design process. *Design Studies*, **21**, 539–567.
- 鈴木 宏昭 (1996). 『類似と思考 (認知科学モノグラフ 1)』. 東京: 共立出版.
- 鈴木 宏昭 (2004). 創造的問題解決における多様性と評価: 洞察研究からの知見. 『人工知能学会論文誌』, **19**, 145–153.
- 高橋 勝 (1998). 教師の持つ「権力」を考える. 佐伯 胖・黒崎 勲・佐藤 学・田中 孝彦・浜田 寿美男・藤田 英典 (編), 『現代の教育 - 危機と改革 第 6 巻 教師像の再構築』, 1 章, 215–234. 岩波書店.
- Takeda, H., Sasaki, H., Nomaguchi, Y. Yoshioka M., Shimomura, Y., & Tomiyama, T. (2003). Universal Abduction Studio -Proposal of a design support environment for creative thinking in design-. *Proceedings of the International Conference on Engineering Design 2003*.
- 寺井 仁・三輪 和久・古賀 一男 (2005). 仮説空間とデータ空間の探索から見た洞察問題解決過程. 『認知科学』, **12**, 74–88.
- Thagard, P., Holyoak, K. J., Nelson, G., & Gochfeld, D. (1990). Analog retrieval by

- constraint satisfaction. *Artificial intelligence*, **46**, 259–310.
- Tomai, T., Lovett, A., Forbus, K., & Usher, J. (2005). A Structure Mapping Model for Solving Geometric Analogy Problems. In G. B. Bruno, L. Barsalou, & M. Bucciarelli (Eds.), *Proceedings of the 27th Annual Conference of the Cognitive Science Society*, 2190–2195. Lawrence Erlbaum.
- Tversky, A. (1977). Features of similarity. *Psychological Review*, **84**, 327–352.
- 植田 一博. (2000). 科学者の類推による発見. 『人工知能学会誌』, **15**, 608–617.
- Voss, J. F., Tyler, S. W., & Yengo, L. A. (1983). Individual differences in the solving of social science problems. *Individual Differences in Cognition*, **1**, 205–232.
- Waltz, J. A., Knowlton, B. J., Holyoak, K. J., Boone, K. B., Mishkin, F. S., de Menezes Santos, M., Thomas, C. R., & Miller, B. L. (1999). A System for Relational Reasoning in Human Prefrontal Cortex. *Psychological Science*, **10**, 119–125.
- Waltz, J. A., Lau, A., Grewal, S. K., & Holyoak, K. J. (2000). The role of working memory in analogical mapping. *Memory & Cognition*, **28**, 1205–1212.
- Wharton, C. M., Holyoak, K. J., Downing, P. E., Lange, T. E., Wickens, T. E., & Melz, E. R. (1994). Below the surface: Analogical similarity and retrieval competition in reminding. *Cognitive Psychology*, **26**, 64–101.
- Yan, J. & Forbus, K. (2005). Similarity-based Qualitative Simulation. In G. B. Bruno, L. Barsalou, & M. Bucciarelli (Eds.), *Proceedings of the 27th Annual Conference of the Cognitive Science Society*, 2387–2392. Lawrence Erlbaum.

本研究に関する発表論文

学術論文誌

1. 森田純哉, 三輪和久: 計算機モデルによる Open-end な状況での認知の分析, 人工知能学会論文誌, Vol.20, pp. 306-317 (2005)
2. 森田純哉, 三輪和久: 異なる他者の視点を取ることに伴う問題解決の変化: 類推の枠組みに即した検討, 認知科学, Vol.12, pp. 355-371 (2005)

国際会議における発表論文

1. Morita, J., and Miwa, K.,: Changes of inference caused by obtaining different perspectives: Analysis based on analogical inference. *Proceedings of the 4th International Conference on Cognitive Science*, pp. 463-468 (2003)
2. Morita, J., and Miwa, K.,: A Computational Analysis Model for Complex Open-ended Analogical Retrieval. *Proceedings of the 6th International Conference on Cognitive Modeling*, pp. 202-207 (2004)
3. Morita, J., and Miwa, K.,: Analogical retrieval from everyday experience: Analysis based on the MAC/FAC. *Proceedings of the 26th Annual Conference of the Cognitive Science Society*, pp. 969-974 (2004)

国内の学会・研究会における発表論文

1. 森田純哉, 三輪和久: 学習相談における類推使用に関する予備的研究, 電子情報通信学会技術研究報告, ET2001-11, pp. 1-8 (2001)
2. 森田純哉, 三輪和久: 自己をベースとした類推の実験的研究, 電子情報通信学会技術研究報告, ET2002-19, pp. 49-54 (2002)
3. 森田純哉, 三輪和久: 経験と視点に基づく類推使用に関する実験的研究, 日本認知科学会第 19 回大会発表論文集, pp. 142-143 (2002)
4. 森田純哉, 三輪和久: 自発的な知識の利用に関わる制約, 日本認知科学会第 20 回大会発表論文集, pp. 82-83 (2003)
5. 森田純哉, 三輪和久: 日常経験からの類推検索: 計算機モデルを利用した分析, 日本認知科学会第 21 回大会発表論文集, pp. 386-387 (2004)