

創造における多様性と評価

—制約の動的緩和理論からの提案—

鈴木 宏昭
青山学院大学文学部
E-mail: susan@ri.aoyama.ac.jp

1. はじめに

1990年代以降、認知科学における思考研究は人間の思考が単一のモードで機能するのではなく、様々な内的、外的資源を利用した創発的な性質を帯びていることを示してきた(鈴木, 1995, 2001a)。法的思考も法律をケースに演繹的に当てはめる過程ではなく、ここでは様々な法源に基づく、多様な形式を持つ知識、価値観、ケースの解釈が動的に相互作用し合う創発的な過程であることが本科学研究費補助金のグループのメンバーによって明らかにされはじめている。

本報告では、まず認知科学、認知心理学における思考研究の成果を簡単にまとめ、創発的認知として思考過程を捉える必要性について論じる。次に、認知科学の立場から行なわれた人間の創発的認知に関わる研究を報告する。その結果を踏まえて、創造的活動におけるそこにおいて「**多様性**」と「**評価**」が果たす重要な役割について検討する。

2. 創発過程としての思考

認知科学においては1990年代に入ると、人間の認知をより動的で創発的なプロセスとして捉えようとする研究が始まってきた。この動向については鈴木(2001b)に詳しい。以下創発の観点から重要と考えられる知見を簡潔にまとめる。

2.1 文脈依存性

人間は限定された経験から得られた知識により、将来出会うであろう予測できない経験に対処しなければならない。そこで人間の知識はある程度の抽象性を持たねばならないことが導かれるように思われる。実際、法律の分野はもちろん、様々な教育場面で、学習者は経験を抽象化することが求められているし、また場合によっては(特に学校教育においては)始めから抽象的な知識を与えられる場合もある。

しかしながら思考についての実証的な研究が明らかにした最も頑健な結論は、人間は抽象的な知識(ルール)を用いるのがきわめて不得手だ、ということである。専門的な見地から、あるいは抽象的な構造からすれば、同一であるはずの問題に対する、初心者の正答率は著しく異なる。定理や公式を教える際に例題として用いた問題に若干の修正を加えただけで正答率は大幅に下がる。一方、通常ならばまず解決できない問題の表現に多少の修正を行なうと正答率が上昇する。こうした現象、すなわち思考の文脈依存性(context-boundedness)は、子どもの算数(Hudson, 1983; Siegal, 1991; 塚野, 1985)から高校レベルの数学(Ross, 1989)、ベイズ統計学(Gigerenzer & Hoffrage, 1995; Tversky & Kahneman, 1980)、物理現象の理解(diSessa, 1993; McCloskey, Washburn, & Flech, 1983)、論理的推論(Cheng & Holyoak, 1985; Cosmides, 1989)まで、およそ抽象的なルールが支配すると考えられる、ほぼすべての領域において観察

されている。

これらの結果は、いわゆる従来の教育の不毛性を示すだけでなく、人の獲得する知識が抽象化された形ではなく、文脈を含み込んだ形で表象されていることを示している。

2.2 類推

それでは抽象化されずに存在している知識を新規な場面に新規な場面に適用するにはどのような心的なメカニズムが必要なのであろうか。そこで 1980 年代に注目されたのは類推である。類推は個別的なケースについての既有知識（ベース）と現在の問題（ターゲット）との類似関係をベースにして、ベース中の事柄をターゲットに適用＝写像する心的メカニズムである。このような心のメカニズムがあれば、抽象的な知識を仮定せずに、新規な場面に対する適応的な対処が期待できる。

ただし類推は理論的に難しい問題を抱えている。仮にベースの要素が n あったとする。このすべてがターゲットに写像されるわけではないので、潜在的な写像候補の集合は $2^n - 1$ となる。また仮にベース中の m 個の要素が写像されることが分かった場合でも、写像の可能性は $2!$ だけ存在する。

こうした問題を回避するために、構造写像理論 (Gentner, 1983, 1989) のように 90 年代初頭までに提案された理論では、人間はベースについての構造化された知識を持っており、この構造に基づいた写像を行なうと主張してきた。構造を利用することにより、潜在的には膨大な数にのぼる写像候補の数をかなり限定することが可能になる。

しかしながら人間の知識はこれらの理論が仮定するような固定した、大きな構造を持つわけではないことが明らかになってきた。こうしたことから、より限定的な知識を相互に複数組み合わせ、動的に

構造を作り出すメカニズムの必要性が指摘されることになった。たとえば Hofstadter らは codelet と呼ばれる、それ自体は小さな単位の知識が場 (Workplace) との関係で複雑に相互作用し、場の表象を作り出しながら写像を行なうモデル copycat を提案している (Hofstadter, 1995)。また鈴木は、準抽象化という人間のゴールに基づいた、比較的小さな知識単位を仮定し、これによって上記の問題を解決しようとしている (鈴木, 1996)。

2.3 コネクショニスト

1980 年以前までの多くの理論が依拠していた記号主義の伝統では、知識は明示的に記述された述語とその項として事前に与えられねばならない。また、その処理はルールとして表現されたプログラムが逐次的にデータを書き換えるというものである。確かに、これらの特徴はある場面ではきわめて有効であるが、すべてを事前に明示的な形で与えなければならないという要請はあまりに強過ぎるし、柔軟性に欠けると言わざるを得ない。

一方、1980 年代に登場したコネクショニストのアプローチでは、知識はそもそもプログラムあるいはデータとしてコード化されるのではなく、経験から獲得されていくというアプローチをとる。知識の獲得は、隣接するノード間のローカルな相互作用と、それに応じたリンクの重みの調整が並列的なことによってなされる。また獲得される知識はネットワーク全体に非明示的に分散した形で表現される。このような枠組では、概念は単一の記号として表現されるのではなく、相互にリンクし合う各ノードの活性のパターンとして表現されることになる¹⁾。このように知識の表現と獲得を扱うことにより、入力情報に欠落やノイズがあっても、全体が崩壊せず、優雅な退行をする頑健な

1) 但し、コネクショニストの中でも localist (局所) 表現をとるモデルも存在する。

システムを構築することが可能になる (McClelland, Rumelhart, & the PDP Research Group, 1986)。こうした意味で、コネクショニストは全く新しい知識観と処理観を我々に提供したといえることができる。

コネクショニストはその初期には主に知覚、カテゴリー化など基礎的な心理過程のモデル化において大きな成功を収めた。また、Holyoak と Thagard らはコネクショニストのモデルを類推という高次認知過程に適用し、ベースの検索と写像を相互結合型のニューラルネットワークを用いてモデル化した (Holyoak & Thagard, 1989; Thagard, Holyoak, Nelson, & Gochfeld, 1990)。彼らのモデルでは、類推に関する諸制約がこのネットワークを通して、興奮性、抑制性の活性を伝播し合いあいながらソフトに充足される。このようなモデルにより妥当な類推が再現できるだけでなく、人間の類推の持つ特徴をうまく表現できることが明らかになった。その後、思考研究へのコネクショニストアプローチは Barnden and Holyoak (1994), Holyoak and Barnden (1994) に見られるようにさまざまな形で展開を遂げた。

2.4 生物学的シフト

90 年代の認知科学において特記すべきことは、その生物学指向である。生物、特にその進化は事前に決められた中央制御メカニズムは存在しないにもかかわらず、局所的な相互作用を通して、適応的な機構（その象徴は脳であろう）を生成する。こうした意味で、生物は創発とダイナミズムの象徴ともいえる。90 年代に入ると、このような生物の特性に触発された研究が盛んに行なわれるようになった。ここには、進化心理学、認知神経科学、身体性認知科学 (embodied cognitive science) およびロボティクスの 2 つが関わっている。

進化心理学は、現在の人間の認識のメカニズムは、

人間が生存してきた環境におけるさまざまな適応問題の解決に適した形に進化した結果であることを主張する。また、進化的アプローチはゲーム理論とも結びつき、人間の社会行動におけるストラテジーがどのような仕組みで生成されるのかを明らかにしつつある (佐伯・亀田, 2002)。進化心理学は、人間がその認識を進化させる環境に対してきわめて重要な意味を与えるという意味で、外界、環境への関心を体現している。また、適応問題の個性性を認めるという意味で、2.1 節で述べた知識の領域固有性をも、基本的前提としている。

認知神経科学においては、心理機能と脳のマッピングに関わる研究が進む一方、脳内各領域の相互作用を含むシステム論的な研究も行なわれ始めている (たとえば Edelman (1992))。これらの研究は、脳のモジュールや機能の局在を認めつつも、その相互作用による創発が高次認知過程の解明にとってきわめて重要であることを示している。

また上記の研究に呼応する形で、アフォーダンス研究、及びロボティクスや身体性認知科学研究は、身体が知性と密接な関わりがあることを明らかにしてきた。Gibson (1979) や佐々木 (1994) は affordance 理論に基づき、認知科学が、デカルト的な感覚主義、つまり感覚情報から表象を構成し、それによって行為や認知がなされるという図式を用いることを批判する。そうではなく、我々は身体を用いた行為を通して外界と接する中で多様な情報を得て、知覚システムを調整していくと主張する。この理論は主に知覚や運動についての説明に用いられることが多いが、上記の主張は表象の可塑性や認知のダイナミズムとして本節で述べてきたことと多くの点で一致する。またロボティクス研究は生物の基本的特性が、きわめて単純な感覚-運動協調回路と環境とのインタラクションに基づいている可能性を指摘している (Pfeifer & Scheier,

1999)。

2.5 まとめ：創発的認知へのアプローチ

上記の研究は、以下のことを示している。人間は抽象的で、完全な知識（内的プログラム）を用いて認知を行なっているわけではない。人間の認知は外界の具体的情報を含み込んだ不完全な局所的知識に基づいたものとなっている。こうした局所的知識が環境中の手がかりのパターンにしたがって、並列的に動作し、相互に正負の影響を与え、行為を生み出す。そしてこの行為によって外界がより単純化され、起動する知識はある程度まで絞り込まれ、ある特定の行為、認知のパターンが創発されるというものである。

創発的認知の性質については、以下のようにまとめることができる。

局所性 (locality) 認知過程全体を統括、制御する巨大で複雑な知識 (schema や mental model) を事前に仮定しない。知識は小さな単位であり、個々の文脈やゴールに応じて、部分的な貢献をするに過ぎない。

複数性 (multiplicity) 同様の文脈やゴールに対して、機能的に相互にオーバーラップする複数の知識が存在している。より効率的な、抽象的な知識を獲得したとしても、原初的な、より限定的な知識が排除されたり、包含されたりすることはない。

並列性 (parallelism) 同一文脈に対して複数存在する局所的な知識は、環境からある情報を得ると並列的に動作する。

相互作用 (interactivity) 並列的に動作した各知識は中間過程のものも含めてその所産を相互にやりとりする。その結果、ある知識の働きが活性化されることもあれば、抑制されることもある。また各知識は環境や他の知識からの入力を受ける

だけでなく、行為などの形で外部にもつながり、複雑なループを形成する。

こうした創発に基づく認知観は、伝統的な研究枠組の持つ問題点を解決する可能性を秘めている。従来の枠組では観察された行動パターンを生成する、完全な内的なプログラムをいかに生成するかというアプローチをとってきた。実際、多くの行動はプログラムとして実現可能である。しかしながら、これらのプログラムが少しだけ変わった環境に置かれた途端、全く動作しない、あるいはきわめて奇妙な振舞いをしてしまう。一方、創発的認知の考え方に基づけば、状況に敏感で、局所的で、不完全であり、相互に部分的にオーバーラップする知識が環境との相互作用により、あるパターンを動的に作り出すことが期待される²⁾。またプログラム内で継時的に情報が処理される必要がなく、その場で利用可能な認知的、あるいは外的資源を複数の知識が並列的に利用できるため、柔軟な処理が可能になると考えられる。

しかし当然のことながら、局所的な知識が中央制御無しに勝手に相互作用を行なうことで合理的な思考が生み出されるのだろうか、という疑問も存在する。以下では、創発的認知の代表例である洞察を取り上げ、この疑問に答える。

3. 制約の動的緩和としての洞察

人間の認知の創発性を最も端的に表す活動の一つに洞察 (insight) がある。洞察問題とはその解決にひらめき、発想の転換を必要とする問題である。通常の解法ではインパス (失敗していきづまってしまうこと) に陥り、何度も失敗を繰り返すが、ある時に突然に解がひらめき一挙に解決に至る、これが典型的な

2) もちろん2.1節で述べたように、人間の認知も文脈依存性であり、訓練時とは異なる環境下では適切に行動することは一般に期待できない。しかしながら、上記のプログラムの動作は、こうした環境下での人間の行動の不可解さとはまったく次元の異なるものであることは強調されねばならない。

洞察問題解決のプロセスである。

洞察にはいくつかの謎がある。洞察問題の難しさは用いる手続きの数の多さ、それらの複雑性にあるのではない。特に心理学で用いられる洞察課題の解は、人が未だかつて見たことも聞いたこともないようなものではない。ヒントが与えられれば直ちに解決できたり、解を聞けば即座に理解できる単純なものが多い。にもかかわらず、人は何度も何度も失敗を繰り返す。これが第一の謎である (Ohlsson, 1992)。

第二の謎は同一の失敗の繰り返しである。いくつかの洞察課題では、人は同じ失敗を繰り返すことが明らかにされている。通常の問題解決の場合、あるアプローチやストラテジーでうまくいかない時には別のものを試す。これは探索ベースの問題解決理論や失敗に基づく学習理論の基本的な前提である。しかし、洞察問題ではこうしたことは起きず、人は特定のやりかたに固執することがある。

第三に、人は解決にとって重要な情報を得ているのにそれを用いない場合があることが報告されている。傍目からは「ああできたな」と思うような場面でも、人はそれを無視して初期の状態に戻り、実りのないやりかたを繰り返す場合がある (Kaplan & Simon, 1990)。

最後の謎は、ひらめきである。なぜ人は突然にひらめくのだろうか。何が人をひらめきに導くのだろうか。

洞察はゲシュタルト心理学者らによって前世紀の中盤に研究がなされた。彼らによれば、洞察の前には固着があり、洞察の瞬間には再構造化が起きているとした。しかし、これは現象の記述 (あるいは言い換え) に過ぎない。何が再構造化されるのか、どのように再構造化されるのか、何が再構造化を促すのか、いずれについても納得のいく説明は与えられていない。その後の科学的心理学は、洞察の神秘的な性質、

また科学的な研究の難しさから、ほとんど研究題材として取り上げられることはなかった。しかし 1990 年代にはいと、前節で述べてきた創発的認知研究の勃興により、再度注目を浴びるようになった (Smith, Ward, & Finke, 1995; Sternberg & Davidson, 1995; Ward, Smith, & Vaid, 1997)。

3.1 制約の動的緩和理論

我々は一連の研究を通して、洞察問題解決が複数の制約³⁾とその動的緩和プロセスとして理論化できることを明らかにしてきた。すなわち、初期のインパスは人間が標準的に用いる制約が不適切であるために生じる。しかし問題解決過程における失敗や部分的な成功から、これらの制約が緩和 (制約強度の変化) され、制約を逸脱した行為の頻度が上昇する。そしてある時点で制約が特定の形で逸脱されると、洞察が生み出される。我々はこうした考えを制約の動的緩和理論としてまとめている。

問題で与えられる情報及び問題解決の過程で作られる問題表象には、基本的に対象、関係、ゴールの3つが含まれる。対象 (object) とは問題中で通常一つの名詞で表されるようなものである。関係 (relation) は、対象と対象を結びつける役割を果たす。ゴール (goal) は問題で達成すべき状態を指す。このことからすれば、洞察問題解決においては対象、関係、ゴールの3つの種類の制約が関与していることがわかる。以下、これらの3つの制約、及びその緩和について論じる。

3.1.1 対象レベルの制約

この制約は問題で与えられる対象のカテゴリー化のレベルを表現している。問題中の対象はさまざまなレベルでカテゴリー化可能である。たとえば、「金魚」は「ペット」、「魚類」、「脊椎動物」、「動物」、「和

3) ここで制約とは、多様な情報、仮説の中から特定の仮説を選び出す生体の内的傾向性を指す (三宅・波多野, 1991; 鈴木, 2001a)。

金」などさまざまなレベルのカテゴリの事例と見なせる。しかし、人は、対象を表象する際、それが属するカテゴリ階層の中の基礎レベルでカテゴリ化することが知られている (Rosch, 1978)。また、図形に関していえば、基本的な置き方があることが知られており、3 角形であれば、そのいずれかの辺を基準線 (あるいは地面) と平行になるように置く。こうした人間の自然な傾向性を対象レベルの制約と呼ぶ。この制約により、人は逐一すべてのカテゴリ化の可能性を考慮する必要がなくなり、認知的負荷が軽減される。ただし、制約は単一ではない。対象レベルの制約においても、複数の制約が存在し、それがその強度に応じ、確率的に選択される (詳しいアルゴリズムは後述する)。

洞察研究において、Finke (1995) 及び Isaak and Just (1995) らは、この制約が impasse の主要な原因となることを指摘している。彼らによれば、洞察問題は問題中の情報を不適切な形でカテゴリ化させてしまうように作られており、これがひらめきを阻害しているということになる。たとえば、ろうそく問題 (Duncker, 1945) では、重要な意味を持つ画鋲の入った箱は「物体」、「人工物」、「画鋲の箱」、「白い箱」などさまざまな形でカテゴリ化可能であるが、通常は単に「箱」とカテゴリ化され、これが洞察を阻むことになる。

3.1.2 関係の制約

この制約は問題で与えられる対象間のデフォルトの関係を表現している。ものにはその性質に応じて様々な機能があるが、基本的とみなされるような少数の機能が存在し、主にそれらの機能を通して他の対象と関係し合う。たとえば、鉛筆を考えると、「書く」、「載せる」、「投げる」、「刺す」など、いくつもの機能を持つ。しかし鉛筆は、それが相互作用する別の対象との関係に応じて、優先的に選択される機能が

があり、たとえば紙のような対象に対しては「書く」という機能が選択される。図形パズルに関していえば、きれいな形を形成するように、複数の図形を接続することに対応する。対象レベル制約同様、関係制約も単一ではなく、複数存在し、これが各々の強度に応じて確率的に選択される。

通常、関係制約は、潜在的には多様な関係を持ち得る対象に対して、特定の関係に焦点化させ、認知的負荷を低減する働きを持つ。しかし、洞察問題においてはこれがゴールの達成を阻むことになる。たとえば、ろうそく問題では画鋲のはいった箱は他の対象とさまざまな関係を持ち得るが、箱の基本機能は「何かを中に入れる」ということであるため、解決にとって重要な「台となる」という関係は考慮されなくなってしまふ。

3.1.3 ゴールの制約

問題のゴールに対するイメージであるとともに、現在の状態とそのイメージの間の適合の度合を評価する関数も含んでいる。この制約は、対象の制約と関係の制約を調整する役割を持つと考えられる。対象レベル制約、関係制約はある程度まで課題と独立な人間の傾向性を表しているのに対して、ゴール制約は定義上、問題 (あるいは問題のタイプ) に固有である。なおこの制約はすべての洞察問題に明示的な形で存在するわけではない。たとえば、ろうそく問題では人は明示的なゴールのイメージを持っているわけではない。このような場合でも、ゴール制約が存在しないというわけではなく、「壁を焦がしてはならない」、「ろうそくは不安定であってはならない」など、問題の条件に対応したゴール制約が存在し、これを逸脱するような行為に対しては抑制がかけられる。

3.1.4 制約の緩和

初期には対象、関係の制約が作用し、問題解決にとって不適切なオペレータが用いられることになる。

しかし、試行を重ねるにつれて、ゴールの制約からフィードバックがかかり、徐々に初期の制約の強度が変化し、制約が緩和されていく。その結果、初期制約を逸脱したカテゴリー化や関係づけの相対的頻度が高まり、ある時点で特定の形の逸脱が対象、関係について生じた時に、確率的に洞察に至ることになる。

これは ACME(Holyoak & Thagard, 1989) や ARCS(Thagard et al., 1990) で行なわれていたような、相互結合型のネットワークによる緩和とは異なる。彼らの制約緩和は内的制約間の協調と競合により達成されていた。しかし、洞察問題解決に対する我々の理論は内的制約は一致して不適切なオペレータの選択を促してしまうこと、そしてこれらの緩和はゴールの制約を媒介とした外界との相互作用によって生み出されることが特徴である。

3.1.5 アルゴリズム

前述したように、対象レベル、関係、ゴール各々について制約は複数存在し、これらは固着の程度を表す強度 h^t を持っている（なお t は問題解決中の時刻を表す）。時刻 t における、ある特定の制約 (c_i) の選択は、式(1)のアルゴリズムに従う。なお、制約選択は、対象レベル、関係、ゴール各々について独立に行なわれるが、アルゴリズムは同じなのでここではまとめて説明する（開・鈴木, 1998）。

$$P(c_i) = \frac{e^{\beta * h_i^t}}{\sum_l e^{\beta * h_l^t}}, \quad (1)$$

ここで用いた $e^{\beta * H_i} / \sum_j^N e^{\beta * H_j}$ は softmax (Bridle, 1989) と呼ばれるアルゴリズムである。ここで β は正の定数で、 $\beta \rightarrow 0$ のときは全ての値が $1/N$ に近づき、すべての制約が等確率で選択される。一方、 $\beta \rightarrow \infty$ のときは一般の winner-take-all と同様にもっとも大きな h に対してその値は 1 に漸近する。このアルゴリズムを用いることにより、問題解決初期においてもある確率でデフォルトの制約を逸脱した試行が行なわ

れることになる。また、ここで $\sum_i^N \frac{e^{\beta * H_i}}{\sum_j^N e^{\beta * H_j}} = 1$ であること、つまり各制約の選択確率の和は常に 1 となることに注意されたい。

問題解決過程のある時刻 t において選択されたある特定の制約 (c_i) の強度が h_i^t であったとする。ここでこれにしたがったオペレータが適用されたあとの強度 h_i^{t+1} は以下のように更新される。

$$h^{t+1} \leftarrow h^t + \Delta h^t \quad (2)$$

$$\Delta h^t = \gamma \frac{e^{\beta * h_i}}{\sum_j^N e^{\beta * h_j}} Error \quad (3)$$

ここで、 γ は学習率 ($0 < \gamma < 1$)、 β は正定数である。これは経験による変更の度合に対応する。これらの値が大きければ 1 度の失敗により制約強度は大きく変化し、異なるタイプの試行を行なうことにつながる。 $Error$ は与えられた問題に依存して定義される評価関数となる。これが適切である場合には、早期に洞察に至り、そうでない場合にはなかなか洞察には至らない。

なお、ここでは時刻 t で選択されていない制約の強度は t において更新されない。しかし、前述したように $\sum_i^N \frac{e^{\beta * H_i}}{\sum_j^N e^{\beta * H_j}} = 1$ であるので、ある制約の強度が変化することにより、その制約が属する集合内の他の制約の選択確率は非線形に変化する。

問題解決が進むに従って徐々に各々の制約の強度が上述した更新式によって変化していく。この結果、問題解決過程において選択される制約が変化し、たとえ類似した状態であったとしても、問題解決の時間に応じて異なるカテゴリー化や関係づけが選択されることが予測できる。

ここで制約の動的緩和理論と創発的認知との関連を指摘しておく。上記の理論は洞察というきわめて複雑で神秘的ですらある現象を、いくつかの特定の傾向性、マッチング、フィードバックという単純なプロセスのみから説明しようとするものである。つまり、

洞察という神秘的で、複雑な行動を説明するために、高度な知識や中央制御は全く用いていない。そして制約の作用は局所的、並列的であり（対象レベル、関係、ゴールなど）、相互の一貫性を仮定していない。緩和アルゴリズムについても同様であり、上記のアルゴリズムはロボットの学習などでよく用いられる単純な Q learning の 1 バージョンである。

4. 洞察の個人差

本論文は、ある図形パズルを用いて、それを早く解ける被験者とそうではない被験者の解き方の差を同定し、その差を制約の動的緩和理論によって説明可能かを検討する。前節で述べた制約の動的緩和理論にしがたえば、個人差について 3 つの可能性が存在する。第一は、制約の初期値およびそれに基づく特定の制約の選択メカニズムに関わるものである。制約は各レベルで単一ではなく、複数存在し、それらは各々強度 h を持つとされる。制約の選択メカニズムはこの強度 h に softmax を用いて確率的に行われる。したがって、早期に洞察に至る問題解決者は初期に支配的な、問題解決を阻害する制約の強度が低く、非標準的な試行が始めから多いという可能性がある。

残る二つの個人差の源泉は、問題解決中に行われる学習に関わるものである。制約の強度は固定したのではなく、問題解決過程における様々な経験によって変化する。たとえば、ある制約に従った試行を行った結果がゴール制約に基づき失敗に至ったと判断されると、それを引き起こした制約の強度 h が減少する。制約の動的緩和理論からすると、強度 h の増加・減少の程度は、1) エラーの度合いの評価、2) および強度の更新率（学習率）に関係する。

すなわち個人差の第二の源泉はゴール制約に基づく試行の評価に関わる可能性がある。素早く洞察に至る被験者は、自らの行った試行の評価を適切に行い、

それに応じて制約の強度を変更するが、そうでない被験者は評価が適切でないため、制約の強度の変更が正しい形で行われないという可能性である。これは式 3 における *Error* により表現されている。

個人差の第三の源泉は、評価後に行われる制約強度の更新率に関わるものである。前節のモデルでは、試行の評価値はその試行を生み出した制約の強度更新にそのままの形で用いられるわけではなく、更新率 ($= \beta$, 定数) を乗じた形で用いられる。更新率の値が 1 に近ければ一度の失敗によって制約の強度は大きく変化する。一方、0 に近ければ強度の変化幅は小さくなる。洞察になかなか至らない問題解決者は、仮に適切な評価がなされても、更新率が低いために制約強度がなかなか変更されず、初期の制約を逸脱した試行を行う頻度が少ないという可能性が存在する。別の言い方をすれば、洞察に至らない問題解決者は経験を適切に評価しても、自らの制約の強さを大きく変化させることはない保守的な問題解決者なのかもしれない。

まとめると、洞察問題解決における個人差は、

- (1) 制約の初期値に関わる可能性：素早く洞察に至る被験者は、初期から問題解決を阻害する制約強度が低い、
- (2) 失敗や成功の評価に関わる可能性：素早く洞察に至る被験者は、自らの試行の評価が適切である、
- (3) 制約強度の更新率に関わる可能性：素早く洞察に至る被験者は、試行の評価によって制約の強度を大きく変化させる、

のいずれか、あるいはそれらすべてに起因することが推測される。

4.1 方法

被験者

文科系大学生 31 名が実験の被験者となった。被験者はランダムに 2 分群と 7 分群に分けられた。各々の群で、2 分あるいは 7 分以内に問題を解決してしまった被験者、またビデオ機器のトラブルにより十分な記録がとれなかった被験者を除く、26 名 (2 分群 12 名, 7 分群 14 名) を以降の分析の対象とした。いずれの被験者も実験課題である T パズル (後述) を解いた経験はないと報告している。

課題

用いた課題は図 1 に示した T パズルと呼ばれる図形パズルである。

このパズルでは、左側の 4 つのピースを用いて T の形を作ることがゴールとなる。正解は右端に示した通りである。一見単純そうに見えるが、このパズルはきわめて難しく、ヒントとなる情報が全くない場合には通常 30 分以上もの時間がかかり、途中で放棄するものも多数いる。

ここで対象レベルの制約とは、一つのピースの置き方となる。潜在的にはピースの置き方は無限であるが、人間はできるだけ多くの辺が基準線 (机の端) に平行、あるいは垂直になるような置き方をすることが多い。これがこのパズルにおける dominant な対象レベル制約となる。関係の制約は、複数のピースの接続の仕方に関わるものである。対象レベル同様、2 つのピースの接続の仕方は無限に存在する。しかし人間は組み合わせによってできる形ができるだけきれいな形 (すなわち角の数が少なくなる) になるようにする強い傾向性が存在する。これが初期に支配的な関係の制約となる。図 1 を見れば明らかなように、これらの制約が 5 角形ピースに適用された場合には解決が不可能となる。こうした初期の制約が T のイ

メージ及び評価関数からなるゴール制約によって、その強度を変化させることにより解決が生み出される。

被験者はこのパズルを完成させる課題 (完成課題) とともに評価課題も行なった。評価課題で用いられた刺激は、T パズルの 5 角形のピースと他のいずれか 1 つのピースを組み合わせた図形の画像である。これら評価図形は、ピースの種類 (3) $\times$ 対象レベル制約の逸脱の有無 (2) $\times$ 関係レベル制約の逸脱の有無 (2) となり、12 種類存在する。どちらの制約も逸脱した図形を R+O+、関係レベル制約のみ逸脱した図形を R+O-、対象レベル制約のみ逸脱した図形を R-O+、どちらの制約も逸脱していない図形を R-O- と呼ぶ。

手続き

被験者にはパズルの 4 つのピースと、完成時に出来る T の形を 1/4 に縮小して印刷した用紙をモデルとして与え、モデルと同じ形の図形を 4 つのピースを用いて作成するように告げた。なお、ビデオでの分析のため、横 50cm $\times$ 縦 30cm の枠内で解決を行うこと、また空中での操作を行わないことを告げた。また、2 分群には 2 分後 (7 分群には 7 分後) に一時的に別の課題を行うことを事前に告げた。

被験者は 2 分後、あるいは 7 分後に完成課題を中断し、別の机にあるコンピュータのディスプレイの前に移動し、評定課題に移行した。まず被験者に装置の操作の仕方、および各図形の提示時間は 2 秒であること、その後 5 秒以内に評定を行うこと、評定は 10 段階で行うこと (解決には全く近づいていない場合には 1、解決に非常に近づいている場合は 10) を告げた。また、提示時間が 2 秒であり、評定時間が 5 秒であることから、あまり考え込まずに直感的に評定を行うよう指示した。なお、評定図形の提示は同じタイプの図形が連続しないように配慮し、固定した順序で行った。

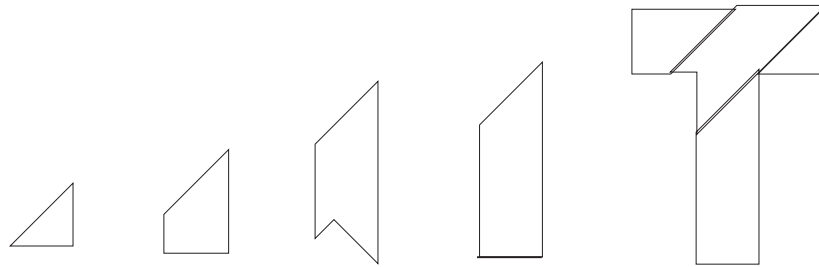


図 1 T Puzzle. 左側の 4 つの図形を用いて T の形を作る。正解は右端の通り。

評定課題終了後、被験者はパズル解決課題を再開した。なお、10 分経過後もパズルが解決できない場合には「五角形の凹部分を他のピースで埋めないように」というヒントを与えた。このヒントの後さらに 5 分後経過しても解決できない被験者には、五角形ピースを正しい向きに固定するというヒントを与えた。

4.2 結果と考察

解決課題の分析は解決に要した時間とセグメントにより行う。セグメントとは、被験者があるやり方を試みるが失敗に気づき、別のやり方を試すまでの、いわゆる 1 つの試行に対応する⁴⁾。また、2 分群と 7 分群では以下で分析するいかなる指標についても統計的な有意差が見られなかったので、以降ではまとめて一つのサンプルからのデータとして取り扱う。

自力解決者とヒント解決者

自力解決者とヒント解決者 (解決に 10 分以上かかった被験者すべて) のパフォーマンスを表 1 にまとめた。なおヒントなしで自力解決できた被験者の数は、2 分群 3 名、7 分群 4 名であった。この表から明らかなように、自力解決者とヒント解決者の間には、解決時間、セグメント数に大きな違いがある。以降の分析では自力解決者 7 名と、ヒントによって解決した 19 名

の違いに焦点を当てた分析を行う。

表 1 自力解決者とヒント解決者のパフォーマンス。
上段は解決時間、下段はセグメント数を表す。

	平均	最小	最大	中央値
自力	384.9	189	573	335
	42.7	23	70	39
ヒント	918.8	629	1206	962
	80.7	50	107	76

制約強度の初期値

自力解決者とヒント解決者の違いは、制約強度の初期値にあるかを検討するために、パズル解決開始 10 セグメントまでにおける制約逸脱の比率の比較を行った。表 2 に各々の制約逸脱の頻度と比率を示した。 χ^2 検定を行った結果、対象の制約の逸脱比率について両群間に有意差が見られた ($\chi^2(1, N = 249) = 3.85, p < .05$)。一方、関係レベル制約については両群間に有意差は見られなかった ($\chi^2(1, N = 260) = 1.23, p > .05, n.s.$)。また、開始 10 セグメントではなく、評定課題前までの試行すべてについて同様の分析を行ったが、同様の傾向が見られた。以上のことから、自力解決者はヒント解決者に比べて、問題解決の初期から対象の制約を逸脱した試行を多く行うことが示された。

4) 操作的には、あるピースを別のピースと接続することによりセグメントが開始し、それらのピースを分離することによりセグメントが終了するものと定義する。

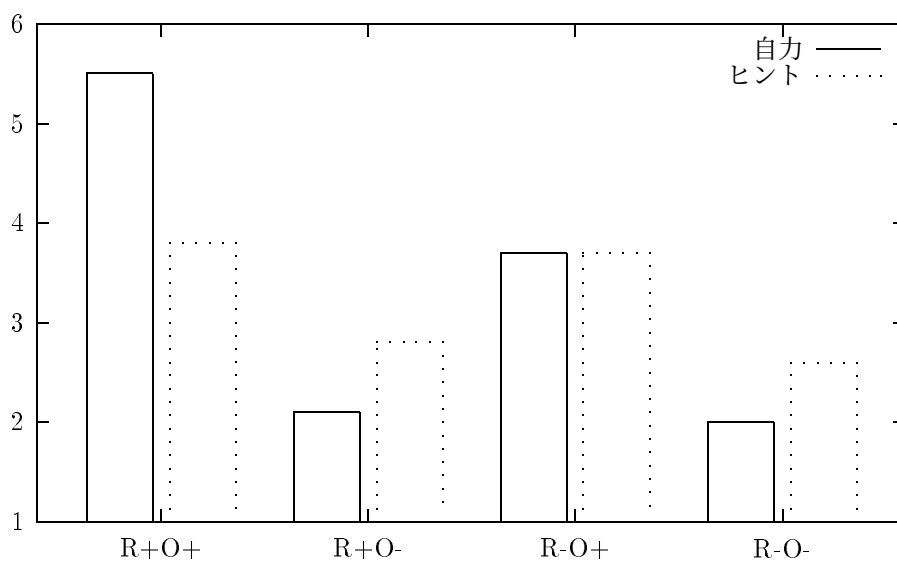


図 2 自力解決者とヒント解決者の各図形タイプに対する評定値平均。R は関係制約、O は対象制約を表し、+ は制約の逸脱、- は制約の遵守を意味する。

表 2 初期段階における制約逸脱率: 「開始 10」とは問題解決の開始から 10 セグメントめまでの、「評定前」とは評定前までのすべてのセグメントにおける制約逸脱率を表す。

	対象制約		関係制約	
	開始 10	評定前	開始 10	評定前
自力解決	29	26	40	36
ヒント解決	18	16	33	30

試行の評価

2 の可能性を検討するために、自力解決者とヒント解決者の評定課題の成績を分析した。各評定図形タイプに対する評定値の平均を図 2 に示した。この表は、自力解決者は適切な図形 (R+O+) に対して高い評価を与えている。一方、ヒント解決者はそうした図形に対しても見込みのない図形と同じような評価を行っている可能性を示している。そこで対象、関係の制約の逸脱の有無と、自力解決・ヒント解決の 3 要因の分散分析を行ったところ、対象レベル制約の主効果 ($F(1, 24) = 21.17, p < .001.$) が得られた。また関係レベル制約の主効果 ($F(1, 24) = 4.11, p = .054.$)、

および対象レベル制約-自力・ヒント解決要因の交互作用について有意な傾向が認められた ($F(1, 24) = 3.57, p = .071.$)。

本論文の目的は、自力解決者とヒント解決者の違いを明らかにすることであるので、以下ではこの交互作用の傾向についてより詳細な分析を行う。自力解決者は対象レベル制約を逸脱した図形 (R+O+, R-O+ 図形) の評定値が平均 4.6 であるのに対し、対象レベル制約を逸脱していない図形 (R+O-, R-O- 図形) についての評定平均は 2.1 点であった。一方、ヒント解決者についてはそれぞれ平均 3.8、2.7 であった。特に注目すべきは長台形と 5 角形の組み合わせである。対象の制約を逸脱していない図形 (R+O-) は、一見すると非常に T に似た形をしている。実際、ヒント解決者の両方の制約が緩和された図形とこの図形の評定値は各々 3.8、3.2 であり、わずかな違いしか存在していない。しかし、自力解決者の評定平均は各々 6.6、1.9 と大きな違いがある。この 2 つの図形と自力・ヒント解決の 2 要因の分散分析を行うと、交互作用が見られた ($F(1, 24) = 11.11, p < .01.$)。このことから、自力解決者は対象レベル制約の逸脱が課題達成にっ

て重要であることをより明確に把握していることが示唆される。

制約強度の更新率

第3の可能性、制約強度の更新率の違いを検討するために、まず評定課題前後の5角形についての制約逸脱の比率に注目して分析を行う。評定課題はR+O+のような適切な配置の刺激を含んでいるので、評定課題後には制約の逸脱が増加するはずである。開始から評定課題直前まで、および評定課題直後からヒントを受ける直前までのセグメントにおける制約逸脱の比率を図3に示した。

全体的に評定課題前から評定課題後にかけて、初期に支配的な制約の逸脱比率が増加していることがわかる。特に自力解決群においては、初期の対象、関係の制約の逸脱比率がともにおよそ2倍に増加している。各群、各制約における評定課題前後の逸脱頻度の増加を χ^2 検定によって検討したところ、自力解決群においては、評定課題前後の対象、関係制約それぞれの逸脱頻度の増加が見られた(それぞれ $\chi^2(1, N = 200) = 5.03, p < .05$; $\chi^2(1, N = 191) = 11.06, p < .001$.)。また、ヒント解決群に関しても、評定課題前後における対象制約の逸脱頻度の有意な増加が見られた($\chi^2(1, N = 1223) = 4.77, p < .05$.)。

また、自力解決群の7名のうち2名が評定課題後1分以内にパズルを解決しており、これは評定課題が解決に有効なヒントになり、それを被験者が学習した可能性を示唆する。残りの5名についても全体的に早く解決に至っている。これらの被験者は評定課題から解決までのセグメント数は最小8、最大で26(中央値は11)であった。一方、ヒント解決群における評定課題後からヒント教示までのセグメント数は最小14、最大63(中央値は33)であった。セグメント数について中央値を比較すると、自力解決群はヒント解

決群に比べ試行数が約1/3になっていることがわかる。両群が評定課題後に費やしたセグメント数(ただしヒント解決群はヒント教示まで)に基づき各被験者を順位化し、U検定で比較した結果、有意な差が見られた($U = 126, p < .01$)。

ただし、こうした違いは評価の適切性を反映しているものであり、更新率自体の違いを表しているのではない可能性もある。そこでヒント解決者の中で、評定課題を適切に行ったものと、自力解決者の制約逸脱を比較する。ヒント解決者の選択は、R+O+図形の評定値平均が最も高く、R-O図形のそれが最も低いという基準によった。この基準に該当するヒント解決者は5名である。この5名の評定前後における制約逸脱頻度の変化について、前と同様の分析を行うと、対象、関係いずれの制約についても逸脱頻度の増加が見られた(対象制約: $\chi^2(1, N = 293) = 5.06, p < .05$; 関係制約: $\chi^2(1, N = 278) = 6.46, p < .05$.)。この結果は、適切な評定を行った場合には、ヒント解決者であっても制約強度の変更は自力解決者同様に行われることを示している。すなわち、両グループの被験者に見られた更新率の差は、評定課題の適切さを反映したものであると言える。

それでは、評定を適切に行い、また制約強度の更新も自力解決者と同様に行っているにもかかわらず、これらの被験者が洞察に至らないのはなぜであろうか。これは制約強度の初期値の差に関係すると思われる。この分析で用いたヒント解決者の評定後の、対象・関係レベル制約逸脱比率は、それぞれ30%、38%である。一方、自力解決者の評定前の対象・関係レベル制約逸脱比率は28%、36%であった。つまり、このヒント解決者の制約強度は確かに変更されはしたが、自力解決群における初期値レベルに達したに過ぎないことがわかる。

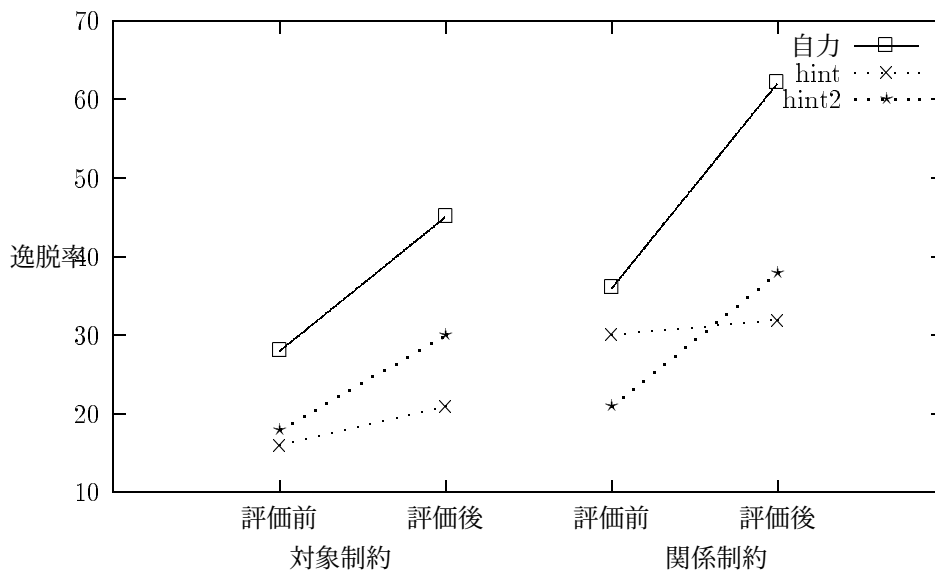


図 3 評定課題前後における制約逸脱率：自力とは自力解決者、hint とはヒント解決者、hint2 とは自力解決者と同様の評価を行なったヒント解決者を示す。

4.3 実験のまとめ

本研究では、T パズルという図形パズルの解決における洞察の個人差を制約とその緩和の観点から分析した。具体的には、自力で洞察に至る被験者とそうでない被験者の差を、問題解決の一般的図式に基づく対象、関係、ゴールの3つの制約とその緩和の過程として分析した。こうした枠組みの下では、個人差の源泉は制約強度の初期値、経験の評価、制約強度の更新率の3つのいずれか、あるいはすべてに関係すると考えられる。

実験の結果、自力で洞察に至る被験者は問題解決の初期から問題解決を阻害する制約を逸脱する割合が高いこと、また評定課題においてより適切な評価を行うことが明らかにされた。ただし、制約強度の初期値の違いは対象の制約においては統計的な有意差が見られたが、関係の制約についてはそうではなかった。制約強度の更新率について検討するために、評定課題前後の制約逸脱率を比較した。一般に自力解決者はヒント解決者に比べて評定課題後に制約を逸脱した試行の頻度が増加する。しかし、自力解決者と同等の評定を行ったヒント解決者と比べると更新

率自体には差がないことが明らかになった。したがって、自力・ヒント解決者の評定課題前後の制約逸脱の違いは、評価の適切さを反映したものである可能性が高いと考えられる。

これらのことから、個人差について次のような示唆が得られる。自力で洞察に至る問題解決者は、比較的初期から、問題解決を阻害する支配的な対象の制約を逸脱した試行を相対的に頻繁に行う。関係の制約の逸脱はまれにしか起こらないが、これらの問題解決者は、逸脱の起きた試行を適切に評価し、それによって初期の制約の強さを変化させると考えられる。特に本研究では評定課題において解決に有効な刺激図形が提示された。これによって、自力解決者においては初期に支配的な制約の強度が減少すると同時に、これらとは異なる制約の強度が増加したと考えられる。一方、洞察に至りにくい問題解決者においては、そもそもどちらの制約の逸脱もまれにしか起こらない。そして仮に逸脱が起きても、その価値を適切に評価できないため、初期の制約強度の更新がうまく行われない。したがって自力で洞察を得ることは極めて困難になる。

5. 創造の条件として多様性と評価

本節では、今までに述べてきた研究が法創造を含む創造的な活動の性質の解明、および創造的な活動の促進にどのようなインプリケーションがあるかを述べる。法創造教育を考える際には、個人の創造とグループによる創造を組み合わせる必要があると思われるので、5.2, 5.3 節では、これらの二つについて独立に論じる。

5.1 通常の認知過程としての創造

一般の科学読み物やマスメディアで紹介される創造は、ある人間の特殊な性質、たとえば驚異的な知能や、人並外れた努力に帰せられることが多い。したがって通常の人間がそうした創造を行なうことは半ば不可能であるかのように語られることもある。

しかし前節で述べてきた研究が提供する重要な観点は、創造的な活動はなんら特殊な認知活動ではない、ということである。制約の動的緩和理論が仮定するものは、人間の自然な傾向性を表現する（いくつかの）制約、問題解決のゴール、試行とその評価、およびそれに基づく初期制約の強度の修正だけである。これらはいずれも認知科学や認知心理学において、標準的に用いられているものである。たとえば、制約は知覚、言語理解、言語獲得、概念的知識の獲得、類推など様々な分野の研究でその存在が確認されている（鈴木, 2001a）。また、ゴールとそれに基づく試行の評価は問題解決研究の基本的な過程であり、これを含まない問題解決、およびその研究はあり得ない。また初期制約強度の修正に用いられるアルゴリズムも Q-learning の変形バージョンであり、多くの認知科学研究、人工知能、ロボティクス研究において用いられている。こうしたことから、正常な人間が、これらの認知機構を持っていないと考えることは極

めて困難である。

以上のことから、洞察を含む創造活動は何ら特殊な認知活動ではないこと、そして通常の人間が十分に達成し得るものであることが導かれる。別の言い方をすれば、通常の人間の認知機構は創造のための必要条件を満たしていると言える。また、このような考え方は近年の創造研究、洞察研究の常識となっていることを付け加える（Smith et al., 1995; Weisberg & Alba, 1981）。

それではなぜすべての人間が創造的な所産を生み出すことができないのであろうか。実際、前節で述べた洞察問題も自力で解決できる人と、そうでない人が存在する。これはどのような理由によるのだろうか。この問題を考えるためには、多様性と評価についての考察が必要となる。

5.2 多様性

5.2.1 個人の問題解決における多様性

創造にとっての重要な第一歩は多様性である。一定の枠内のアイディアしか出てこない場合には創造的問題解決を行なうことは難しい。実際、前節の実験で明らかになった、洞察の個人差についての重要な知見は、洞察を自力で行なえる人間は問題解決の初期から制約を逸脱した試行を行なう比率が高いということである。無論、自力解決者においても制約を遵守した試行の方が圧倒的に多いわけであるから、彼らが制約に囚われていないわけではない。しかし、意識的か否かは別にして、彼らは一定の割合で非標準的な試行を行なっている。

また、更新率の検討では、評価を正しく行なったヒント解決者の分析を行なった。彼らは更新率は自力解決者と同様であった。すなわち、適切な図形配置を見た後には、制約の逸脱比率が大きく上昇した。にもかかわらず彼らが自力解決できなかった理由は、初期

の制約逸脱比率に関係している。彼らは初期の制約遵守率がきわめて高いため、試行によってその強度を修正しても (対象制約逸脱比率：30%, 関係制約逸脱比率：38%)、自力解決者の初期値レベル (対象制約逸脱比率：28%, 関係制約逸脱比率：36%) に留まっている。

これらの結果から言えることは、制約を逸脱する比率、すなわち非標準的なアイディアの出現比率が一定以下の場合には、創造は生み出されないということである。別の言い方をすれば、たまたま一度だけ創造的なアイディアを生み出してもそれが活かされることはない、ということとなる。

多様性の観点からすると、画期的な業績を挙げた研究者たちが複数の学問領域の専門家であることも納得できる。たとえば、発達心理学の巨人である Jean Piaget は生物学の専門家でもあったし、Herbert Simon は経済学 (ノーベル経済学賞受賞)、計算機科学、心理学の分野、Daniel Kahneman は経済学 (ノーベル経済学賞受賞) でも卓越した業績を挙げている。このように複数の専門領域を持つことは、同一の問題に対して複数の観点から検討することを可能にし、それが研究の創造性に関与していると考えられる。

5.2.2 グループの問題解決における多様性

グループによる問題解決は、複数の人間が関わることにより、必然的に多様性が生み出されると考えられる。しかし、グループによる創造的な問題解決についての心理学的研究は、未だ統一的な見解を出すには至っていない。

Dunbar は世界的に著名な 4 つの分子生物学の研究室に 1 年に渡る詳細な調査を行なった結果、グループ問題解決の理論にとっても、また実践的にとってもきわめて重要な知見をいくつももたらした Dunbar (1995)。本論文にとって重要なものは分散推論 (distributed reasoning) である。通常、科学の研究室はグ

ループで行なわれ、彼らは定期的にミーティングを行ない、実験データの解釈、仮説の生成などについてディスカッションを行なう。そこでは一人で仮説を立て、そのまま実験を行ない、論文などの形の成果にまとめあげるということはほとんどなかった。研究者の推論の大半が制限、拡張、置換、棄却などの修正を受けており、推論が研究グループ全体に分散されて行なわれていたと考えられる。自らの仮説を修正することは本人にとっては難しく、他の研究者が別の観点から吟味したり、多様なアイディアを生み出すことにより、より生産的な仮説になるということが重要である。

また創造性開発の様々な手法も、少なくとも問題解決初期には様々なアイディアを出すことの重要性を指摘している。たとえば、ブレインストーミング法の 4 つの基本ルール、(1) 判断延期、(2) 自由奔放、(3) 質より量、(4) 結合、改善は、いずれも多様性を生み出すための技法と考えることができる。すなわち、価値判断や、質の判断を保留して、とにかく様々なアイディアを持ちよることが創造の基本にあることを主張している。

しかし多様なアイディアさえ生み出せば、必ず創造に至るというわけではない。やみくもな試行や、意見の交換が創造につながる可能性は高くはない。実際、前節の実験において、自力で解決に至らなかった被験者たちもその比率は少なかったが、非標準的な、すなわち制約を逸脱した試行を問題解決の初期から行なっていた。どうしてこれらの被験者たちは洞察に至らないのであろうか。この問題に答えるためには評価についての考察が必要となる。

5.3 評価

5.3.1 個人の問題解決における評価

真に斬新で、生産的なアイディアを抽出するために

は、多様なアイデアに対して適切な評価を行なう必要がある。前節の実験からも明らかなように、自力で洞察に至る被験者たちは、見込みのある図形の配置をそうでない配置と区別した評価を行っていた。一方、自力では解決できなかった被験者たちはどれに対してもほぼ一様の評価を行っていた。

制約の動的緩和理論からすると、評価にとってきわめて重要なのはゴールの制約である。前節で述べた T パズルの場合、T という馴染みのある図形のイメージがゴールの制約となる。このイメージと現状とのマッチングの程度を評価し、その誤差に応じて他の制約（対象レベル、関係）の強度が変更される。

ここから予測できることは、もしゴールのイメージが明確であり、より利用しやすい形になっていれば、洞察問題解決は促進されるということである。Suzuki, Miyazaki, and Hiraki (1999) では、完成図形と同寸の T が印字した紙を被験者の前に置き、与えられたピースを用いて T の部分を埋め尽くすように求めてみた。すなわち、外化によってゴールをより明確にし、マッチングをとりやすいようにした。⁵⁾ この結果は理論の予測を支持するものであった。型紙無しのグループの 3/4 は 15 分以上かかり、ヒントの助けを借りて解決したのに対して、型紙を与えたグループでは 70% の被験者が 5 分以内で解決に至った。試行数に関しても同様である。型紙無しのグループは平均して 60 以上の試行を重ねており、30 試行以内に解決できた被験者は全体の 15% でしかない。一方、型紙ありのグループでは約半数の被験者が 5 試行以内、全体の 3/4 の被験者が 30 試行未満で解決している。

また Suzuki, Abe, Hiraki, and Miyazaki (2001) で

5) ただし、型紙を与えただけではパズルはまだ十分に難しくはっきりとした効果を見つけ出すことができなかった。そこで 5 角形以外のピースのうちの 1 つをこの型紙の上の正しい位置に固定したものを与えられたグループと、いずれかのピースが正しい位置に固定されているが型紙自体は存在しない条件で問題を解決するグループの比較を行った。

は、評価とゴールとの関係がより明確な形で現れている。この研究で行なわれた実験 1 は、パズル解決を 2 分行なったグループと 7 分行なったグループに、前節同様の評価課題を与え、その違いを検討することが目的であった。理論の予測は、7 分群はより多くの失敗を経験しているため、制約がより緩和され、評価も適切に行なわれるというものであった。しかしながら、2 つの群の評価に有意な差は見られなかった。さらに分析を進めると、量群の制約逸脱率は対象レベルでも、関係制約でもまったく差がないことが明らかになった。この結果は、問題解決時点で、ゴールとなる図形が横に置かれ、自らの試行をそこに重ね合わせるができなかったことが原因となっている可能性がある。つまり、ゴールの制約が弱いため、制約緩和が十分に進まなかったのかもしれない。そこで前述した型紙を用いて 1 分、あるいは 5 分問題解決を行なった後に、評価課題を行なった。すると、5 分グループの評価は 1 分グループに比べてより適切なものとなることが確認された。

以上の結果は、適切な評価を行なうためには、ゴールのイメージを活用しやすくすること、そしてそれとのマッチングをとりやすくすることの重要性を示している。

5.3.2 グループ問題解決における評価

前述したようにグループ問題解決の心理学研究は、統一した見解を生み出すに至っていない。たとえば (Okada & Simon, 1997) は科学的発見課題を用いて、共同によって発見が促進されることを緻密な分析を通して明らかにしている。一方、グループ問題解決に関する社会心理学的研究の多くは、共同による問題解決がそのグループの最良の問題解決者のパフォーマンスを上回ることがないことを報告している (亀田, 1997)。

これに対して、Dunbar (1997) は興味深い仮説を提

案している。彼によれば、グループ問題解決の心理学実験では、課題は恣意的であり、背景知識をほとんど必要としないものが用いられ、また被験者はランダムにグループとして集められてしまう。この結果、実際の科学的発見におけるグループとは全く性質を異にしたものとなっている。実際の科学的発見における研究グループでは、研究のゴールが共有されている。このゴールの共有は、通常の心理学実験よりも深いレベルで行なわれており、これが現実の共同活動の生産性を特徴づけているのかもしれない。また、植田(1999)では、グループのメンバーは背景知識が異なるにせよ、ある程度までの知識のオーバーラップが必要であることを指摘している。彼の指摘は、背景知識のオーバーラップにより、評価が一貫した形で行なわれることを示しているのかもしれない。

これらは実験室的な心理学実験では確認されていないことであるが、今後の検討課題としてきわめて重要であると言える。

6. まとめ

本報告をまとめるに当たって、日本における画期的な発明、発見を行なった研究グループに対して、詳細な研究を行なった植田・丹羽(1996)が挙げているある研究マネージャーのプロトコルを挙げたい。

学際的な研究の場合、チームメンバーの構成には気をを使う。プロジェクトの初期においては、学際性に対処し得る知識や経験の多様性が要求されるので、できるだけ多様な専門を持つメンバーでチームを構成するようにする。しかしいくら学際的な研究だとしても、プロジェクトが進行するうちに、必ず核になる部分が見えてくる。その段階では、チームのメンバーは全員、その核になる部分の知識を吸収することが要求されるし、

それができない研究者はチームから外されることになる。つまり、プロジェクトがある段階達すると、チームは多様性よりも専門性が要求されることが多い。

この研究マネージャーのプロトコルの最初の部分は、前節で述べた多様性を確保するための方略と考えることができる。異なるバックグラウンドの研究者が集まることにより、同じテーマに対して、多様なアイデアを生み出すことが創造にとって重要なのである。後半部分は、評価に関わるものと解釈することができるかも知れない。多様な人間が集まるということは、評価の軸がいつでも多様であることを意味する。これは初期段階では有用であるが、テーマがある程度固まった時には問題を引き起こすこととなる。ある観点からの評価では発展、改善、前進と見なされることが、別の観点からの評価ではそう見なされない、ということが生じるからである。核となる知識の共有は、ある意味で評価の一貫性を保証すると解釈できる。

こうした多様性(発散)とその評価(収束)の確保と促進が法創造教育にとって重要なテーマとなるであろう。

文 献

- Barnden, J. A. & Holyoak, K. J. (1994). *Advances in Connectionist and Neural Computation Theory: Analogy, Metaphor, and Reminding*. Norwood, NJ: Ablex.
- Bridle, J. (1989). Probabilistic interpretation of feed-forward classification network outputs with relationships to statistical pattern recognition. In F. Fogelman-Soulie & J. Herault (Eds.), *Neuro-computing: Algorithms, Architectures*. Springer-Verlag.
- Cheng, P. W. & Holyoak, K. J. (1985). Pragmatic reasoning schemas. *Cognitive Psychology*, **17**, 391 – 416.
- Cosmides, L. (1989). The logic of social exchange: Has natural selection shaped how humans reason? Studies with the Wason selection task. *Cognition*, **31**, 187 – 276.
- diSessa, A. A. (1993). Toward an epistemology of physics. *Cognition and Instruction*, **10**, 105 – 225.
- Dunbar, K. (1995). How scientists really reason: Scien-

- tific reasoning in real-world laboratories. In R. J. Sternberg & J. E. Davidson (Eds.), *The Nature of Insight*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Dunbar, K. (1997). How scientists think: On-line creativity and conceptual change in science. In T. B. Ward, S. M. Smith, & J. Vaid (Eds.), *Creative Thought: An Investigation of Conceptual Structures and Processes*. Washington, DC: APA.
- Dunker, K. (1945). *On Problem Solving*, Vol. 58 of *Psychological Monograph*. American Psychological Association.
- Edelman, G. (1992). *Bright Air, Brilliant Fire*. New York: Basic Books. (金子隆芳「脳から心へ: 心の進化と生物学」新曜社, 1995.)
- Finke, R. A. (1995). Creative insight and preinventive forms. In R. J. Sternberg & J. E. Davidson (Eds.), *The Nature of Insight*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Gentner, D. (1983). Structure-mapping: Theoretical framework for analogy. *Cognitive Science*, **7** (2), 155 – 170.
- Gentner, D. (1989). The mechanisms of analogical learning. In S. Vosniadou & A. Ortony (Eds.), *Similarity and Analogical Reasoning*, 199 – 241. Cambridge, MA: Cambridge University Press.
- Gibson, J. J. (1979). *The Ecological Approaches to Visual Perception*. Boston, MA: Houghton Mifflin Company. (古崎 敬 他 (訳) (1985) 生態学的視覚論. サイエンス社).
- Gigerenzer, G. & Hoffrage, U. (1995). How to improve Bayesian reasoning without instruction: Frequency formats. *Psychological Review*, **102**, 684 – 704.
- 開一夫・鈴木宏昭 (1998). 表象変化の動的緩和理論. 『認知科学』, **5**, 69 – 79.
- Hofstadter, D. (1995). *Fluid Concepts and Creative Analogies: Computer Models of the Fundamental Mechanisms of Thought*. New York: Basic Books.
- Holyoak, K. J. & Barnden, J. A. (1994). *Advances in Connectionist and Neural Computation Theory: Analogical Connection*. Norwood, NJ: Ablex.
- Holyoak, K. J. & Thagard, P. (1989). Analogical mapping by constraint satisfaction. *Cognitive Science*, **13**, 295 – 355.
- Hudson, T. (1983). Correspondences and numerical differences between disjoint sets.. *Child Development*, **54**, 84 – 90.
- Isaak, M. I. & Just, M. A. (1995). Constraints on thinking in insight and invention. In R. J. Sternberg & J. E. Davidson (Eds.), *The Nature of Insight*. Cambridge, MA: MIT Press.
- 亀田達也 (1997). 『合議の知を求めて: グループの意思決定』. 共立出版.
- Kaplan, C. A. & Simon, H. A. (1990). In search for insight. *Cognitive Psychology*, **22**, 374 – 419.
- McClelland, J. L., Rumelhart, D. E., & the PDP Research Group, (1986). *Parallel Distributed Processing, Vol. 1, 2*. Cambridge, MA: MIT Press. 甘利俊一 (監訳) 「PDP モデル: 認知科学とニューロン回路網の探索」 (産業図書) .
- McCloskey, M., Washburn, A., & Flech, L. (1983). Intuitive physics: The straight-down belief and its origin. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, **9**, 636 – 649.
- 三宅なほみ・波多野 誼余夫 (1991). 日常的認知活動の社会的文化的制約. 『認知科学の発展』, **4**, 105 – 132.
- Ohlsson, S. (1992). Information processing explanations of insight and related phenomena. In M. T. Keane & K. J. Gilhooly (Eds.), *Advances in the Psychology of Thinking, vol. 1*. Hertfordshire, UK: Harvester.
- Okada, T. & Simon, H. A. (1997). Collaborative discovery in a scientific domain. *Cognitive Science*, **21**, 109 – 146.
- Pfeifer, R. & Scheier, C. (1999). *Understanding Intelligence*. Cambridge, MA: MIT Press. (石黒章夫・小林宏・細田耕「知の創成: 身体性認知学への招待」, 共立, 2002.)
- Rosch, E. (1978). Principles of categorization. In E. Rosch & B. Lloyd (Eds.), *Cognition and Categorization*, 27 – 48. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Ross, B. H. (1989). Reminders in learning and instruction. In S. Vosniadou & A. Ortony (Eds.), *Similarity and Analogical Reasoning*, 438–469. Cambridge, MA: Cambridge University Press.
- 佐々木 正人 (1994). 『アフォーダンス—新しい認知の理論』. 岩波書店.
- 佐伯 胖・亀田 達也 (2002). 『進化ゲームとその展開』. 共立出版.
- Siegal, M. (1991). *Knowing Children: Experiments in Conversation and Cognition*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates. (鈴木敦子訳 (1993) 『子どもは誤解されている』 新曜社).
- Smith, S. M., Ward, T. B., & Finke, R. A. (1995). *The Creative Cognition Approach*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Sternberg, R. J. & Davidson, J. E. (1995). *The Nature of Insight*. Cambridge, MA: MIT Press.
- 鈴木宏昭 (1995). 装置操作におけるプランと外的資源. 『日本認知科学会 第 12 回大会発表予稿集』, 134 – 135.
- 鈴木宏昭 (1996). 『類似と思考』. 認知科学モノグラフシリーズ 1. 共立出版.
- 鈴木宏昭 (2001a). 思考と相互作用. 『認知科学の新展開 2 「コミュニケーションと思考」』. 岩波書店.
- 鈴木宏昭 (2001b). 思考のダイナミックな性質の解明に向けて. 『認知科学』, **8**, 212 – 225.
- Suzuki, H., Abe, K., Hiraki, K., & Miyazaki, M. (2001). Cue-readiness in insight problem-solving. *Proceedings of the Twenty-Third Annual Conference of the Cognitive Science Society*, 1012 – 1017. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Suzuki, H., Miyazaki, M., & Hiraki, K. (1999). Goal constraints in insight problem-solving. *Proceedings*

of the Second International Conference on Cognitive Science, 159 – 164.

Thagard, P., Holyoak, K. J., Nelson, G., & Gochfeld, D. (1990). Analog retrieval by constraint satisfaction. *Artificial Intelligence*, **46**, 259–310.

塚野弘明 (1985). 加減算の文章題の理解と事態認識. テクニカル・レポート, 昭和 59 年度 文部省科学研究費補助金一般研究 C 報告書.

Tversky, A. & Kahneman, D. (1980). Causal schemes in judgments under uncertainty. In M. Fishbein (Ed.), *Progress in Social Psychology*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

植田一博 (1999). 現実の研究・開発における科学者の複雑な認知活動. 岡田 猛・田村 均・戸田山 和久・三輪 和久 (編), 『科学を考える: 人工知能からカルチュラルスタディーズまで 14 の視点』. 北大路書房.

植田一博・丹羽 清 (1996). 研究・開発現場における協調活動の分析: 「三人よれば文珠の知恵」は本当か?. 『認知科学』, **3**(4), 102 – 118.

Ward, T. B., Smith, S. M., & Vaid, J. (1997). *Creative Thought: An Investigation of Conceptual Structures and Processes*. Washington, DC: APA.

Weisberg, R. W. & Alba, J. W. (1981). An examination of the alleged role of “fixation” in the solution of “insight” problems. *Journal of Experimental Psychology: General*, **110**, 169 – 192.