

# アナロジーにおける 説明－発見機能及び収束－拡散機能

－創造的思考の研究に向けて－

羽 野 ゆ つ 子

Explanation-discovery Function and Convergent-divergent  
Function of Analogy : Toward a Creative Thinking

HANO Yutsuko

## はじめに

古代ギリシアの人々は、昼と夜あるいは季節の巡りから、循環する宇宙的時間という観念をもち、宇宙と人間との対応を重視した。宇宙的秩序の一部であり、その表現である時間の循環は、同時に人間の運命を表すものでもあった。

このように、ある領域の関係構造をそれと類似の別の領域の関係構造に結びつける思考をアナロジーという(子安,1980)。Holyoak & Thagard (1995) の *Mental Leaps* で言語理解、科学、法律、意志決定、芸術、神話、文化におけるアナロジーが紹介されていることにも明らかのように、アナロジーは、人間が自分自身や世界を理解するための本質的な能力だといえる。

本論文では、第一に、具体的な研究事例に即して、人間の思考におけるアナロジーの機能の抽出を試みる。第二に、機能ごとに先行研究及びアナロジー思考の特徴を整理する。第三に、創造的思考におけるアナロジーについて認知心理学的に研究するための諸問題を考察し、今後の研究課題を提出する。

## 1 節 研究事例からみたアナロジー

本節では、対照的な研究事例を取りあげ、思考におけるアナロジーの機能を考えるための軸の抽出を試みる。事例は古典的な研究だが、現在のアナロジー研究を方向づけることになった典型的な研究である。

### (1) アナロジーのプロセス

まず、アナロジーのプロセスを定義しておこう。

最も基本的なアナロジーは四項推理であり、 $A : B :: C : D$ と表示される。「 $::$ 」はAとC、Dがアナロジーの関係にあることを示す。 $A : B :: C : D$ は、ある領域を構成するAとBの間に成立する関係が別の領域のCとDの間にも成り立つことを表す。これは基本的な定義であり、領域内の要素が三つ以上からなる因果構造などの複雑な関係性が形成される場合もある。

AとBから構成される領域をX領域あるいはソース領域（以下、S領域）とする。X領域は、話者と聞き手（書き手と読者）が共有する知識領域あるいは問題の解決をもたらすベースとなる知識領域のことである。CDから構成される領域をY領域あるいはターゲット領域（以下、T領域）とする。Y領域は話者（書き手）が伝えたい知識領域あるいは問題となっている領域のことである。アナロジーにおいて、領域間の関係は一方方向性ではなく、互換可能な場合がある。そこで、二つの領域間で、関係構造の熟知度に差がある場合（問題解決場面など）にはS領域とT領域という用語を、差がない場合にはX領域とY領域という用語を用いる。

アナロジーには、以下の5つのサブプロセスが仮定される。Holyoak & Thagard (1995)とSternbergのコンポーネント理論 (Sternberg, 1977)を参照し再定義したものである。

- ① 符号化 (encoding) : A, B, C, Dの各項を内的表象に翻訳し、いつでもとり出せる形で記憶中にしまっておく。
- ② 生成 (generation)
  - a. 推論 (inference) : AとBの関係構造についての規則X(rxとする)を発見する。
  - b. 投射 (projection) : 領域間の関係についての規則Y (ryとする)を発見する。生成・検索の場合はT領域及びCのイメージの形成を含む。
- ③ 写像 (mapping) : 二つの領域に共通する特徴や構造を結びつける。T領域に不足する知識構造は、S領域からの写像によって推論される。
- ④ 正当化 (justification) : アナロジー全体の妥当性を吟味する。
- ⑤ 学習 (learning) : アナロジーの結果、領域内の構造あるいは領域間の関係などに関する新たな認識がもたらされる。

## (2) 事例1 電気回路の理解 (Gentner & Gentner, 1983)

アナロジーの違いによって、電気回路に関する問題解決時の推論が異なるのかどうかを検証した実験である。電気回路の理解に部分的に役立つアナロジーとして、配水システムに喩える「水流モデル」と、人が並んで狭い通路を競争し移動する「群移動モデル」が用意された。

「水流モデル」では、流量と水圧の相違から電流と電圧の区別を可能にする。また、貯水器で生じる水圧の差により配水システム内を水が流れるという構造が電気回路の領域に写像され、電池で生じる電圧の差によって回路を電子が流れるという推論を導くと考えられる。しかし抵抗の理解は難しい。「群移動モデル」でも、電流と電圧の区別はなされる。さらに、狭い門の付いた壁をイメージすることにより、門の概念が抵抗の理解を導くのに有効となるが、電池の理解は難しい。

【実験1】物理学をよく知らない高校生と大学生36名を被験者とした。自発的に水流モデルを用いた7名と自発的に群移動モデルを用いた8名が分析対象となった。

課題は、電池および抵抗の直列／並列結合による4つの回路の電流を単純な電池抵抗回路と比べ、その大きさを判断し、考え方を説明し記述することであった。結果は、水流モデルの被験者は並列電池問題で、群移動モデルの被験者は並列抵抗問題でよい成績を得た。アナロジーが異なれば、問題に対する推論も異なることが示唆された。

【実験2】物理学をよく知らない大学生18名を被験者とした。被験者を3群に分け、水流モデル（電池に貯水器を写像する群6名、ポンプを写像する群5名）と群移動モデル（7名）を提示し、実験1と同様の回路問題に対する回答を分析した。群移動モデルの被験者は実験1と同様、並列抵抗問題でよい成績を得た。水流モデル群では貯水器モデルの被験者のみが並列電池問題で優れると仮定されたが、そのような結果は得られなかった。

### （3）事例2 バネの伸びの理解（Clement,1988）

科学者が問題解決場面でアナロジーを自発的に利用する場合のアナロジー生成方法、並びに問題解決場面でアナロジーが有効になる理由を分析することが目的である。

理系の博士課程の学生あるいは教授10名を被験者とした。課題は、太さ、弾性、重りなしに吊したときの長さは等しいが、直径が異なる二つの円形コイルのバネを比較した場合、直径の長いバネほどよく伸びるといふ現象を説明することであった。思考過程における言語プロトコルが分析データとされた。典型的な1名のプロトコルの一部を生起順に紹介する。

「円をもとに考えている気がする。円という考えに縛られずに慎重に考えてみよう。他に伸びるもの…輪ゴム、分子、ポリエステル。」…①

「（弾力のある水平の棒を描いて）この棒…重りを吊すともっと曲がる。この棒にそって重りを動かすと…何かわかるかな？バネが2倍の長さになったらどうなるんだろう？おお、これはおもしろい。二つは同じ事だ。（略）棒の先に重りを付けると、棒の根っこに重りを付けるよりもよく伸びる…だからバネの長さが2倍になると、たしかに伸びは増える。（略）…だけど、バネの長さを2倍にするのと、幅を2倍にするのは同じ事だろうか。」…②

「（直線の棒と比べて）円形だったらどうなるのか。（略）あっ、ちょっと待てよ。あっ、これはおもしろい。四角のバネはどうだろう。四角は円形のようなものなんだ。だけど、棒から始めて、棒をいったん曲げて、もう一回曲げる。多角形の連鎖を作って、円に近い連鎖に近づけたらどうだろう。…明らかに円と六角形に大きな差異があるとはいえない。六角形を考えると、力がここ（頂点；筆者注）にかかると、ここにピボットがあるからねじれ効果が生まれるんだ。あ、そうか。ばねの動きにはねじれの力による何かがあるんだ。それが曲げる力と同じなんだ。（こうして彼は、ねじれ率（torsion）の概念に気づいた）」…③

研究の結果、アナロジーの生成方法として、抽象的原理に基づく生成以外に、連想による生成（プロトコル①）、変形による生成（プロトコル②③）がみられた。また、アナロジー思考は、

熟知している領域（S領域）の知識構造を問題（T領域）に転移させることに加え、新奇なアナロジーの創造を導き、それを媒介に有益な知識を活性化させることが示された。

（4）アナロジーの機能：二つの事例の対比から

上記の二つの事例から、アナロジー思考の機能として二つの軸を抽出できよう。

第一は、説明－発見の軸である。電気回路理解の二つのモデル及びバネ問題のプロトコル①②に見られたアナロジーは、被験者が熟知する知識構造を問題場面へ写像する上で有益であった。このアナロジー思考は熟知していない領域を説明づけていく役割を果たしている。一方、バネ問題のプロトコル③では、水平の棒とバネを関係づけるアナロジー思考から四角形のコイルという新しいアナロジーが生成され、それが問題解決の鍵となる「ねじれ」という概念の活性化につながった。この場合、アナロジーは発見をもたらす役割を果たしている。

まとめると、アナロジー思考には、ある現象や問題（T領域）について、別の領域（S領域）の因果法則や関係構造に基づいて演繹的に把握する説明の機能と、新奇な投射対象（円形のバネに対する四角形のバネというry）及び新奇な構造（ねじれというrx）の発見によって既存の知識体系ではかけ離れている概念（ねじれ率）を導く発見の機能があると考えられる。

第二は、収束－拡散の軸である。電気回路理解では、水流モデルないしは群移動モデルの一方を用いて問題を解決することで思考が終わる。単一のrx及びryに基づいて単一のアナロジー[A:B::C:D]を生成することで思考が終了するのである。これは、多くの前提から一つの帰結を導き出す収束的な思考活動である。一方のバネ問題では、連想や変形によって複数のアナロジーが生成され、それによって思考が展開していく。与えられた情報から次々に新しいアナロジーを作り出す過程は、少ない前提から多くの帰結を導き出す拡散的な思考活動である。

以上から、アナロジーの機能として、説明－発見、収束－拡散という二つの軸を想定できる。

2節 アナロジーの機能並びに先行研究の整理

前節の二軸から、アナロジー思考についてTable 1に示すように説明－収束、説明－拡散、発見－収束、発見－拡散という四機能を設定できる。

本節では、Table 1の分類にそって、先行研究並びに各機能の特徴を整理する。

先行研究は、各機能の特徴を整理する見出しと対応づけながらTable 2にまとめた。

各機能の特徴を定義する際に、表記に用いる記号は以下の通りである。

- 生成
- to 写像
- ⇒ 条件や思考内容の区切り
- × 生成（検索）されない

Table 1. アナロジーの機能分類

		思考の目的	
		説明	発見
思考の展開	収束	I	III
	拡散	II	IV

Table 2. アナロジー研究の位置づけ

		思考の目的	
		説明	発見
思考の展開	収束	<p>類似事例の検索・選択                      物語想起：Wharton et al. (1994,1996)                      Gentner et al. (1993)                      福田 (1998) ; 羽野 (1999)</p> <p>問題解決①                      文章題                      確率：Ross (1987,1989)                      Ross &amp; Kennedy (1990)                      Ross &amp; Kilbane (1997)                      Bassok,Wu, &amp; Olseth (1995)                      Novick &amp; Hmelo (1994)                      Bernardo (1994)</p> <p>ポアソン分布：Catrambone (1996)                      数学と力学：Basook &amp; Holyoak (1989)                      最小公倍数：Novick &amp; Holyoak (1991)                      仕事算：Reed et al. (1974),                      鈴木 (1995) (鈴木 (1996) より)                      旅人算：Terao et al. (1997)</p> <p>洞察問題                      Gick &amp; Holyoak (1980,1983)                      Catrambone &amp; Holyoak (1989)</p> <p>電気回路の理解                      Gentner &amp; Gentner (1983,実験2)</p> <p>問題解決②                      電気回路の理解                      Gentner &amp; Gentner (1983,実験1)</p> <p>OSコマンド言語学習                      福田・鈴木 (1993),                      鈴木 (1988,1989) (鈴木 (1996) より)</p>	<p>想起によるryの発見</p> <p>rxの発見                      問題解決における気づきによる発見                      科学的発見：Ueda (1997)                      ミルクの保存法の事例：Poze (1984)                      オイル収集法の実例：Poze (1984)</p>
	拡散	<p>類似事例の多重生成</p> <p>問題解決                      バネ問題：Clement (1988)                      医学：Spiro et al. (1989)                      ワープロ編集：Sander &amp; Richard (1997)</p>	<p>領域の拡張によるrxとryの発見                      科学的発見：Ueda (1997)</p> <p>新たなアナロジーの創造によるrxの発見                      バネ問題：Clement (1988)</p>

(1) I. 説明-収束機能のアナロジー思考

特徴：Y領域やT領域の特定の規則rxを想定し、その規則にあてはまる別の熟知領域と結びつける思考である。アナロジー関係にある二つの領域のrx及びryは既存の知識に基づくため、既存の知識構造を越えることはない。

類似事例の検索・選択：一定の枠組みにもとづき、Y領域と類似するX領域を、与えられた範囲の中から検索あるいは選択する。Xとなるストーリーを含む複数のストーリーを読んだ後、Yに相当する別のストーリーを読んでアナロジー関係にあるXの想起を求める研究がある。

$$\begin{aligned}
 Y [C1, D1, rx_1 (C1, D1)] &\rightarrow X1 [A1, B1, rx_1 (A1, B1)] \\
 &\times X2 [A2, B2, rx_2 (A2, B2)] \\
 &\times X3 [A3, B3, rx_3 (A3, B3)]
 \end{aligned}$$

問題解決

① 予めS領域（T領域と構造的に類似する具体例）を学習した後、T領域に対するS領域を検索し、S領域の構造をT領域に演繹的に写像して問題解決を試みる。思考はT領域にS領域を写像することで終了する。電気回路の実験2が相当する。

② 被験者が自発的に想起した単一のS領域の構造をT領域に演繹的に写像して問題解決を試みる。思考はT領域にS領域を写像することで終了する。電気回路の実験1が相当する。

$$\begin{aligned}
 T [C, D] \rightarrow S [A, B, rx (A, B)] &\Rightarrow S [A, B, rx (A, B)] \text{ to } T [ \quad ] \Rightarrow \\
 S [A, B, rx (A, B)] &:: T [C, D, rx (C, D)]
 \end{aligned}$$

(2) II. 説明-拡散機能のアナロジー思考

特徴：Y領域やT領域の特定の規則rxを想定し、その規則にあてはまる多様な領域と結びつけたり、Y領域やT領域の多様な規則を推論し、各々の規則にあてはまる別の領域と結びつける思考である。説明-収束機能と同様、既存の知識構造を越えることはないが、一つの対象に対して重層的な理解をもたらす。

類似事例の多重生成：Y領域と類似するX領域を演繹的に複数生成する。

① 一定のY領域について、rxが同じXを複数生成する。

$$\begin{aligned}
 Y [C1, D1, rx_1 (C1, D1)] &\rightarrow X [A1, B1, rx_1 (A1, B1)] \\
 &\rightarrow X [A2, B2, rx_1 (A2, B2)] \\
 &\vdots \\
 &\rightarrow X [An, Bn, rx_1 (An, Bn)]
 \end{aligned}$$

② 一定のY領域について、rxの異なるXを複数生成する\*。

$$\begin{aligned}
 Y [C1, D1, rx_1 (C1, D1)] &\rightarrow X [A1, B1, rx_1 (A1, B1)] \\
 Y [C2, D2, rx_2 (C2, D2)] &\rightarrow X [A1, B1, rx_2 (A1, B1)] \\
 &\vdots
 \end{aligned}$$

$$Y [C_n, D_n, rx_n (C_n, D_n)] \rightarrow X [A_1, B_1, rx_n (A_1, B_1)]$$

③一定のY領域を多重に構造化し、それぞれのYに対するXを複数生成する\*。

$$Y [C_1, D_1, rx_1 (C_1, D_1)] \rightarrow X [A_1, B_1, rx_1 (A_1, B_1)]$$

$$Y [C_2, D_2, rx_2 (C_2, D_2)] \rightarrow X [A_2, B_2, rx_2 (A_2, B_2)]$$

$$\vdots$$

$$Y [C_n, D_n, rx_n (C_n, D_n)] \rightarrow X [A_n, B_n, rx_n (A_n, B_n)]$$

④一定のY領域について、ryの異なるXを複数生成する\*。

$$Y [C_1, D_1, rx_1 (C_1, D_1)] \rightarrow (ry_1) X [A_1, B_1, rx_1 (A_1, B_1)]$$

$$\rightarrow (ry_2) X [A_2, B_2, rx_1 (A_2, B_2)]$$

$$\vdots$$

$$\rightarrow (ry_s) X [A_n, B_n, rx_1 (A_n, B_n)]$$

(※：Xの要素は同一の場合もある)

問題解決：複雑なTについて、構造の異なる複数のS領域を演繹的に用いて理解する。電気回路を理解する際に、水流モデルと群移動モデルの両方を生成して写像する場合が相当する。

$$T [ \quad ] \Rightarrow$$

$$\rightarrow S_1 [A_1, B_1, rx_1 (A_1, B_1)]$$

$$\rightarrow S_2 [A_2, B_2, rx_2 (A_2, B_2)]$$

$$S_1 [A_1, B_1, rx_1 (A_1, B_1)] \text{ to } T_1 [C_1, D_1, rx_1 (C_1, D_1)]$$

$$S_2 [A_2, B_2, rx_2 (A_2, B_2)] \text{ to } T_2 [C_2, D_2, rx_2 (C_2, D_2)] \Rightarrow T [T_1 + T_2]$$

### (3) III. 発見－収束機能のアナロジー思考

特徴：最初はT領域の構造は未知だが、T領域の構造あるいは目標の認知により既知のS領域との関係ryを形成する。T領域はS領域の写像によって精緻される。学習の過程では、T領域に対する新しい規則が形成され、知識が再構成される。

想起によるryの発見 (Holyoak & Thagard, 1995)：関係があると思っていた領域間の結びつきを見出すこと。

- ①目標の類似性により、関係があると思っていた領域同士が結びつくことに気づくこと。
- $$X [A, B, rx (A, B)] \quad Y [C, D, rx (C, D)] \Rightarrow$$
- $$X [A, B, rx (A, B)] :: Y [C, D, rx (C, D)]$$
- ②構造化されていなかった領域を理解したことによって、熟知している領域と結びつくことに気づくこと。
- $$S [A, B, rx (A, B)] \quad T [ \quad ] \Rightarrow T [C, D, rx (C, D)] \Rightarrow$$
- $$S [A, B, rx (A, B)] :: T [C, D, rx (C, D)]$$

rxの発見

問題解決における気づきによる発見 (Holyoak & Thagard,1995) : 関係があると思っていなかった二つの領域の間に結びつきを見出し, 問題を解決する。2年間保存されているジャムの瓶を見て, 砂糖を加えて真空パックで保存する方法を知り, 懸案だったミルクの保存法を発見した事例がある (Poze,1984)。

$T [C, D, \dots] \Rightarrow S [A, B, rx (A, B)] \Rightarrow S [A, B, rx (A, B)] :: T [C, D, \dots] \Rightarrow S [A, B, rx (A, B)] \text{ to } T [C, D, rx (C, D)]$

(4) N. 発見-拡散機能のアナロジー思考

特徴: 最初は, 構造もS領域との関係性ryも未知である。既存のアナロジーから, T領域に対する新奇なアナロジーとなるS領域が形成され (ryの発見), 新奇なrxが発見される。学習の過程では, S領域とT領域という新しい構成要素を組みこんだ新しい規則が形成される。

領域の拡張によるrxとryの発見 (Ueda,1997) : S領域とT領域の関係づけは行っていたが, それでは不十分なため, (時間をかけて) S領域の特徴や新たな情報を収集し, それらの情報を組み合わせることによって新たなrxに基づくS領域を形成する。そのS領域をT領域に写像し, T領域について明らかでない特徴について, T領域の仮説として生成する。

$S [A_1, B_1, rx_1 (A_1, B_1)] :: (ry_1) T [C_1, D_1, rx_1 (C_1, D_1)] \Rightarrow S [A_1, B_1, rx_2 (A_1, B_1)] :: (ry_2) T [C_1, D_1, rx_2 (C_1, D_1)]$

新たなアナロジーの創造 (ryの発見) によるrxの発見 (構成による発見; Holyoak & Thagard, 1995) : T領域及び既有知識とは, はるかにかけ離れた仮説の生成である。T領域とS領域と既有知識を利用して, T領域を理解できる特別な構造を含んだ新たなS領域を組み立て, アナロジー思考により新たな仮説を生成する。パネ問題のプロトコル③のように, 水平棒から四角形のコイル (さらには六角形のコイル) というS領域 (ry) を発見することによって, ねじれという規則 (rx) を発見する場合が相当する。

$S_1 [A_1, B_1, rx_1 (A_1, B_1)] :: (ry_1) T [C_1, D_1, rx_1 (C_1, D_1)] \Rightarrow S_2 [A_2, B_2, rx_2 (A_2, B_2)] :: (ry_2) T [C_2, D_2, rx_2 (C_2, D_2)]$

3節 創造的思考の研究に向けて

前節では, 四つのアナロジー機能ごとに先行研究を整理し, 思考の特徴を精緻した。

アナロジー思考は, 単なる発見ではなく, 創造の過程にも関連する。パネ問題にみる多角形コイルの発見は, 隠れていた構造が立ち現れてくることによる主観的な新奇性を主体に引き起こしただけではない。既存概念を新鮮かつ有意義な形相に置き換えることによって, 問題解決に適用可能で対象の理解に本質的な構造を見出している。その意味で, この発見は創造である。

Clement (1988) 以降も, 創造性研究の中でアナロジーに関する研究は行われてきた (Ueda,



1997 ; Dunbar,1997)。しかし、先行研究の整理 (Table 2) からわかるように、これまでは説明－収束機能のアナロジー研究が大半である。

本節では、先行研究における説明－収束機能のアナロジー思考と発見機能のアナロジー思考の比較から、創造的思考に求められる条件を考察する。それは、創造的思考におけるアナロジーを研究する上で、方法論上求められる前提条件でもある。

### (1) 拡散的過程

バネ問題でねじれ概念が洞察される一連の過程から、創造的思考にはアナロジーの拡散的過程を伴う可能性が示唆される。バネ問題の事例では、思考の初期に対象に内在する「伸びる」という特徴を手がかりにして説明アナロジーが生成された。そのアナロジーを対象であるバネと突き合わせながら構造を探っていた。そして、その中で生じた不十分な側面を補おうと別の説明アナロジーを記憶から連想し、思考を深めていった。このような説明－拡散機能のアナロジー思考を経て、創造的なアナロジーが発見され、対象の理解に至った。

電気回路の理解では、電気回路の構造が水流モデルか群移動モデルのどちらか一つに関係づけられることで思考は終了する。特定の領域に対して一つの領域を対応づける説明－収束機能のアナロジー思考では、十分理解していない電気回路の構造を明らかにする創造には至らない。

この対比から、創造的思考において、説明－拡散機能のアナロジー思考が重要になるといえる。説明アナロジーによる思考がターゲットである対象に関する何らかの示唆をもたらし、その示唆が新たなアナロジーを生むという連鎖の中で、知識の活性化や体制化、再構造化が生じる基盤が作られるのである。

それでは、創造に至る拡散的過程は何の制約もなしに展開するのだろうか。創造的思考における拡散機能のアナロジー思考の特質とは何か。次に、説明－収束機能のアナロジー思考と対比しながら考える。

### (2) 主体のイメージとアナロジーの連続性

第一に、創造的思考においては、アナロジーと主体のイメージが連続している。

バネ問題での主体は、「伸びる」というイメージに基づいて生成したアナロジーを用いて、バネという対象に対するメンタルモデルを彫琢していた。一方、電気回路の実験2や物語の想起では、想起あるいは写像の対象となるアナロジーが実験者によって予め設定されている。

バネ問題では、主体が対象に対するメンタルモデルを構成していく過程でアナロジーが生成されるので、アナロジーと主体のイメージは連続している。それゆえ、アナロジーによって対象に対するメンタルモデルが構築される。そのメンタルモデルが、対象に対して未開拓のイメージを掘り起こす媒介となり、思考を拡張する基盤となる。対して、説明－収束機能の一部のみられるアナロジーは、人間の思考過程を経て抽出され対象化されたモデルであり、そのモデルが固定されて主体におしつけられる。その場合、電気回路の実験2についてGentner自身が考察しているように、主体のイメージとアナロジーが遊離している可能性が大きく、アナロジーは主体のメンタルモデルを広げる道具になりにくい。創造的思考を導くアナロジー思考には、ア

ナロジーと主体のイメージとの内面的連続性、一貫性が求められるのである。

### (3) 対象とアナロジーの緊張

第二に、創造におけるアナロジー思考は、アナロジーと問題となる対象との緊張の中で展開する。ターゲットがソースに従属するのではなく、互いを触発しあう中で思考されるのである。

具体的に見てみよう。バネ問題にみる主体は、アナロジーを対象（バネ）と突き合わせて、アナロジーとして利用することの適切さを問いながらアナロジー思考を行い、対象の構造を探った。対象の性質が示唆されれば、それが対象の本質的な構造であるかを問い、十全でないと感じた場合、別のアナロジーを用いて新たな構造の探究を試みた。それによって、思いつきや即自的な直観を限定し、より深い構造へと彫琢し、対象の本質に迫る構造を創造した。

電気回路の実験1では、アナロジーは主体のイメージにもとづいて生成される。しかし、水流モデルにしても群移動モデルにしても、一方のモデルでは電気回路を十分に理解できるとはいえないのに、最初の即自的なアナロジーにとどまる。また、実験2では、アナロジーとなるモデルの構造がすなわち対象の構造だと捉えられている。ソースとなるアナロジーのターゲットへの写像を重視するあまり、ターゲットすなわち電気回路という対象が軽視されている感がある。アナロジーの構造を無批判的に対象に写像するという一方が他方を支配する一方向性の思考では、一方の構造の写像に思考は止まり、思考が拡散していく可能性はない。

創造的思考において重要なことは対象とそれに含まれる事実を重視することである。それは、開かれていくリアリティーの重視である。創造的思考では、即自的なアナロジーで対象の表面をかいなでにするのでなく、アナロジーと対象の緊張関係の中で対象の内部へとくいこんでいく思考が求められる。アナロジーと対象の関係を批判的に吟味する正当化や、適切な構造を読み取る学習の過程が重要になるといえる。

### (4) 主体と対象とアナロジーの緊張から相即へ

創造的思考に求められる条件として、アナロジーの拡散にみる多様な解釈、アナロジーと主体との連続性、アナロジーと対象との結びつきの三つが考えられた。一言でいえば、主体のイメージと対象とアナロジーが重なり合う緊張である。

バネ問題で、水平棒のアナロジーを用いているとき、主体は、まさに三者の緊張関係の中で思考していた。水平棒のアナロジーを対象であるバネに写像して満足することも、水平棒のアナロジーを完全に否定することもしなかった。主体は、棒の長さによって弾性が異なるという水平棒の構造には注目しつつ、円形という対象の特徴に対するイメージから、水平棒のアナロジーでは十分ではないとも考えた。

このような緊張過程の連鎖によって、ある瞬間、明らかにされてきた部分の相互作用の結果として、隠れていた新たな秩序、構造が立ち現れた。四角形あるいは六角形のコイルというアナロジーの創造がそれである。そして、ねじれという概念のもとに円形のバネの伸びに関するメンタルモデルが構築されたとき、主体のイメージと対象であるバネとアナロジーである六角形のコイルの間の緊張関係は解かれ、ねじれという概念のもとに三者は相即するのである。

創造的思考は、唯一の「正答」を基準として解釈をふるいわけるのでなく、主体の自由に任せて放任するのでもなく、対象に対する多様な解釈から出発し、異なる思考との緊張・交流をとおして、見えなかった対象の本質へと突き進む過程なのである。

### (5) 研究の課題

本論文では、思考過程におけるアナロジーの機能を考える枠組みとして、二つの軸を想定した。説明－発見機能の軸と収束－拡散機能の軸である。この二つの軸に照らしてみると、先行研究で扱われたアナロジーは圧倒的に説明－収束機能であった。一方で、アナロジーが発見機能をもたらすこと、そして創造的思考の過程においてアナロジーの説明－拡散機能が重要な役割を果たす可能性があることを論じた。創造的思考の研究に向けて、アナロジーの説明－収束機能の研究から説明－拡散機能の研究へと拡張していくことが求められるといえる。

では、そのために課題として考えられることは何か。

第一に、創造に関わるアナロジーの拡散的思考のプロセスやメカニズムについて、既存のアナロジー理論と関連づけて考えていくことである。過去の創造的思考を既存のアナロジー理論で説明していくGentnerら(Gentner, Brem, Ferguson, & Wolff, 1997)の研究は先駆的な試みとして重要である。多重制約理論(Holyoak & Thagard, 1995)は、創造を導くアナロジーの拡散的思考における制約を考える上で参考になるだろう。

第二に、創造的思考になぜアナロジーが重要なのかを問うていくことである。アナロジーは、ことばにならないイメージをメンタルモデルに作りかえていくときの媒介になると考えられる。アナロジー思考がメンタルモデルの構築並びに再構築にどのように関わるのかを検討することが求められよう。

第三に、創造的思考過程における説明－拡散機能のアナロジー思考と発見機能アナロジー思考との関連を探ることである。ターゲットの構造が明らかでない状況で、どのようにして、洞察的アナロジーが立ち現れてくるのか。その出現に、それ以前の既存の知識に基づく思考はどのように関わるのか。

これらの問いに答えるために、主体が対象に対して一貫したメンタルモデルを構築していく過程で、どのようなアナロジー思考がどのような機能を果たすのか、それによって主体の知識構造がどのように変化するかを観察していくことが必要である。

### 謝 辞

本論文の執筆にあたり、京都大学教育学研究科子安増生教授に丁寧なご指導を賜りました。同楠見 孝助教授から貴重なコメントを賜りました。記して感謝申し上げます。

### 引用文献

- Bassok, M. & Holyoak, K.J. 1989 Interdomain transfer between isomorphic topics in algebra and physics. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 15, 153-166.

- Bassok, M., Wu, L.-L., & Olseth, K.L. 1995 Judging a book by its cover: Interpretative effects of content on problem-solving transfer. *Memory, and Cognition*, **23**, 354-367.
- Bernardo, A.B. 1994 Problem-specific information and the development of problem-type schemata. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, **20**, 379-395.
- Catrambone, R. 1996 Generalizing solution procedures learned from examples. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, **22**, 1020-1031.
- Catrambone, R. & Holyoak, K.J. 1989 Overcoming contextual limitations on problem solving transfer. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, **15**, 1147-1156.
- Clement, J. 1988 Observed methods for generating analogies in scientific problem solving. *Cognitive Science*, **12**, 563-586.
- Dunbar, K. 1997 How scientists think: On-line creativity and conceptual change in science. In Ward, T.B., Smith, S.M., & Vaid, J. (eds.), *Creative thought: An investigation of conceptual structures and processes*, Washington, DC: American Psychological Association, pp. 461-493.
- Gentner, D. & Gentner, D. 1983 Flowing waters or teeming crowds: Mental models of electricity. In Gentner, D. & Stevens, A.L. (eds.), *Mental models*, Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum, pp. 99-129. (ジェントナー, D. ・ジェントナー, D.R. 水の流れと群れの移動: 電気のメンタルモデル, 古川康一・溝口文雄(編) 1986 『メンタルモデルと知識表現』共立出版)
- Gentner, D., Ratterman, M.J., & Forbus, K.D. 1993 The roles of similarity in transfer: Separating retrievability from inferential soundness. *Cognitive Psychology*, **25**, 524-575.
- Gentner, D., Brem, S., Ferguson, R., & Wolff, P. 1997 Analogy and creativity in the works of Johannes Kepler. In Ward, T.B., Smith, S.M., & Vaid, J. (eds.), *Creative thought: An investigation of conceptual structures and processes*, Washington, DC: American Psychological Association, pp. 403-459.
- 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.
- 羽野ゆつ子 1999 類推検索の競合事態での処理過程及び反省的推論と予期的推論の働き. *心理学研究*, **70**, 375-383.
- Holyoak, K.J. & Thagard, P. 1995 *Mental Leaps*. Cambridge, MA: MIT Press. (鈴木宏昭・河原哲雄 監訳 1998 『アナロジーの力』新曜社).
- 福田 健 1998 事象の想起における抽象化の効果 *認知科学*, **4**, 72-82.
- 子安 増生 1980 児童における比例概念の発達過程(1) 序論 *愛知教育大学教科教育センター研究報告*, **4**, 23-35.
- Novick, L.R. & Hmelo, C.E. 1994 Transferring symbolic representations across nonisomorphic problems. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, **20**, 1296-1321.
- Novick, L.R. & Holyoak, K.J. 1991 Mathematical problem solving by analogy. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, **17**, 398-415.
- Poze, T. 1984 Analogical connections: The essence of creativity. *The Journal of Creative Behavior*, **17**, 240-258.
- Reed, S., Ernst, G. & Banerji, R. 1974 The role of analogy in transfer between similar

- problem states. *Cognitive Psychology*, 6, 436-450.
- Ross, B.H. 1987 This is like that: The use of earlier examples and the separation of similarity effects. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 13, 629-639.
- 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, and Cognition*, 15, 456-468.
- Ross, B.H. & Kennedy, P.T. 1990 Generalizing from the use of earlier examples in problem solving. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 16, 42-55.
- Ross, B.H. & Kilbane, M.C. 1997 Effects of principle explanation and superficial similarity on analogical mapping in problem solving. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 23, 427-440.
- Sander, E. & Richard, J.F. 1997 Analogical transfer as guided by an abstraction process: The case of learning by doing in text editing. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 23, 1459-1483.
- Spiro, R.J., Feltovich, P.J., Coulspm, R., & Anderson, D.K. 1989 Multiple analogies for complex concepts: Antidotes for analogy-induced misconception in advanced knowledge acquisition. In S. Vosniadou & A. Ortony (Eds.), *Similarity and analogical reasoning*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Sternberg, R.J. 1977 Component processes in analogical reasoning. *Psychological Review*, 84, 353-378.
- 鈴木 宏昭 1996 『類似と思考』 共立出版.
- Terao, A., Kusumi, T., & Ichikawa, S. 1997 Solution compression in mathematical problem solving: Acquiring abstract knowledge that promotes transfer. In *Proceedings of the Nineteenth Annual Conference of the Cognitive Science Society*. Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum. pp. 733-738.
- Ueda, K. 1997 Actual use of analogies in remarkable scientific discoveries. In *Proceedings of the Nineteenth Annual Conference of the Cognitive Science Society*. Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum. pp. 763-768.
- Wharton, C.M., Holyoak, K.J., Downing, P.E., Lange, T.E., & Wickens, T.D. 1994 Below the surface: Analogical similarity and retrieval competition in reminding. *Cognitive Psychology*, 26, 64-101.
- Wharton, C.M., Holyoak, K.H., & Lange, T.E. 1996 Remote Reminding. *Memory & Cognition*, 24, 629-643.

(博士後期課程1回生, 教育認知心理学講座)