

事物の認知とカテゴリー化：比較心理学的アプローチ

実森 正子

千葉大学 文学部

〒263-8522 千葉市稲毛区弥生町

1. はじめに

動物の認知を行動的に明らかにしようとする研究領域は、一般に動物認知 (Animal Cognition) または比較認知 (Comparative Cognition) と呼ばれている。ヒト以外の動物がどのように彼らの環境世界を認知しているかを知ることは、それだけでも興味ある研究テーマではあるが、ヒトを含む現存する多様な動物種に見られる認知の種間共通性と種特異性を明らかにし、認知の生態学のおよび進化論的起源を査定しようとする場合は、特に比較認知の用語が用いられる。この場合は生物学をはじめとする近接領域との連携が不可欠であることから、近年では比較認知科学とも呼ばれるようになった。しかし、カテゴリー化に焦点をあてる本稿ではあえて限定的に「比較心理学的アプローチ」とした。心理学の領域でこれまでヒトについて蓄積されてきたカテゴリー研究の理論的および方法論的枠組みを背景として、ヒトとは遠い進化の道筋をたどった動物種のうちわずかにハトのみをヒトとの比較対象にする行動的研究に限定されるからである。実際、対象にできる動物種には限りがあるし、少なくともカテゴリーに関する比較研究にあっては、比較認知科学と呼べるほどユニークな研究方法が確立されたわけではない。しかしカテゴリー化は、ヒトやハトを含む多くの動物種の生存にとって必須の環境適応能力の1つであるには違いない。本稿では、自然カテゴリーに焦点をあてながら、ヒトとハトでの比較研究について概説する。なお、色や線分など物理的に異なる刺激間の機能的等価性 (Func-

tional Equivalence) や Sidman がヒトの言語機能と関連づけた推移律などの刺激等価性 (Stimulus Equivalence) については、他の解説書¹⁾を参照いただきたい。

動物における自然カテゴリーの実験的研究では、ヒトに対して用いられる言語的刺激やその実物を刺激として呈示することがもとより不可能あるいは困難なため、カラースライドやコンピュータ・モニタ上に呈示した2次元画像が用いられることが多い。また、行動研究の成果が蓄積されている実験動物の中でも特に視覚優位なハトが被験体として用いられてきた。2次元的な自然画像をハトに用いたことが後になっては、生態学的にヒトとは異なるハトにおける3次元物体とその写真との間の等価性 (Picture-Object Equivalence) や奥行き回転に不変な同一性 (Viewpoint Invariance) など、物体認知にかかわる研究を促進することになったが²⁾、それらについては本稿では割愛する。ただし、餌粒のような極めて単純な物を除けば、3次元物体をハトが2次元画像の中に認知しているという実証的証拠はない。したがって、自然物の2次元的な射影としての自然画像は、ハトにとっては2次元的な視覚的パターンとしてとらえることが妥当であり、それ以上でもそれ以下でもない。以下では、こうした自然画像のカテゴリー化、自然カテゴリーの構造、自然カテゴリーを模した人工カテゴリーについて紹介する。

2. 自然画像のカテゴリー化

Herrnstein らの先駆的研究³⁾によって、さまざまな背景に多種多様な「人」が写っているカ

ラースライドと「人」が写っていないカラースライドをハトが容易に弁別し、その弁別が同種の新しい写真にも転移することが示されて以来、「特定の人」、「ハト」、「鳥」、「魚」、「動物」、「樹」、「水」などの自然画像をハトがカテゴリー化することが明らかにされた。これらの研究では一般に、人の語彙カテゴリーによって定義されるターゲットを含むさまざまな自然画像には反応し、それを含まない自然画像には反応しない弁別訓練 (go/no-go 型継時弁別訓練) をあらかじめ行った後、同様に定義される新しい自然画像への弁別の転移がテストされる。一般に go/no-go 型継時弁別訓練では、go に対応する正刺激への反応には変動間隔強化スケジュールに従って報酬 (餌) が与えられ、no-go に対応する負刺激への反応は消去される。転移テストでは、さまざまな新しい刺激がフィードバックのない状態で呈示され、それぞれの刺激に対する反応率 (単位時間あたりの平均反応数) が測定される。このように、カテゴリー化は「カテゴリー間の弁別」と「カテゴリー内の般化」として行動的に定義され⁴⁾、ハトは人の語彙カテゴリーによく一致するカテゴリー化を行うことが明らかにされた。この事実は、同一のカテゴリーに属す多様な自然物の画像は、異なるカテゴリーに属す自然物の画像より、ハトにとっても知覚的に類似しており、自然物に見られるカテゴリー整合性 (categorical coherence) が、ハトのような動物においても成立していることを示唆した。

2006 年冬季大会ミニシンポジウムでは、1) ハトは自然画像に含まれる多様なターゲットをさまざまな背景から抽出してカテゴリー化の手がかりに使用できる⁵⁾、2) 少なくとも 320 枚程度の複雑な自然画像を 3 年以上は記憶できる⁶⁾、3) 自然画像の正立/倒立弁別学習に用いる訓練刺激数を増やして記憶負荷をかけていくと、暗記学習から成立/倒立のカテゴリー学習へと決定方略が移行する (すなわち、各画像の呈示方向を訓練時とは逆に呈示してテストしても、正しく正立/倒立弁別を行えるようになる⁵⁾、4) ハ

トでは画像の「要素」や「部分」が主要な手がかりになるが、課題に応じて部分からなる「全体」の布置も手がかりに利用できる⁷⁾、5) 運動刺激に対してハトにも共通運命のゲシュタルト法則が成立する、などもトピックスとして取り上げたが、その詳細は本稿では省略する。

3. Convergent Evolution

自然事物の属性は無秩序ではなく、相互に正または負の相関をもって生起する傾向がある。この属性相関が、現実世界の無限の多様性に構造を与え、カテゴリー整合性を生み出すとする仮説は、カテゴリーの構造を実在する現実世界の構造 (観察主体が認知することによってのみ知りうる仮説的な現実世界ととらえても、以後の議論になんら不都合は生じない) との対応において明らかにしようとした Rosch の研究に見られる。

ヒトやハトのカテゴリー認知が、進化の過程で環境への適応として形成されたのであれば、その認知システムの基礎的構造は実在する環境世界の連続的および非連続な構造と部分的であれ一致しているだろう。なぜなら、そうした一致こそが、生存を可能にするからである。こうした考え方は、進化論的認識論にも見られるが、自然画像のカテゴリー化におけるヒトとハトとの類似性は、自然物の基礎的構造としてのカテゴリー整合性に少なくとも部分的に一致するような共通の基盤をもつ認識システムを、これら二つの種が進化の過程で獲得したことを示唆するものである (図 1 の上向きの矢印)。ヒトのカテゴリー化は知覚的類似性だけでは帰結しえないし、顕在的な知覚特性はヒトとハトで異なることも知られているが、自然物のカテゴリー整合性が、その 2 次元的射影である自然画像をヒトの語彙カテゴリーと一致する形でカテゴリー化することをハトに可能にさせた (図 1 の下向きの矢印) と考えることは、それほどの外的わけではないように思える。系統発生的に獲得された形質は個体レベルでは生得的に発現するので、同様の議論は奥行き知覚やゲシュタルト知覚

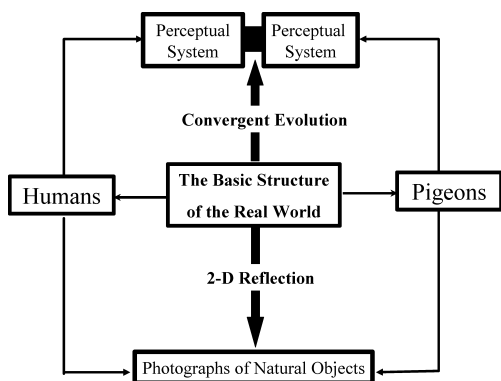


図1 なぜハトは自然画像を人の語彙カテゴリーとよく一致する形にカテゴリー化できるのか？

などを含む初期知覚にも成り立つと考えられるが、それらについて本稿では触れない。

4. 自然カテゴリーの構造

カテゴリーの古典的アプローチでは、カテゴリーは2項対立的な必要十分な属性群によって定義された。したがって、そのようなカテゴリーがひとたび学習された後には、多様な刺激は明確な境界によって、あるカテゴリーに属するか属さないか1/0的に2分される。このようなアリストテレス流の古典的カテゴリーにおいては、すべての成員は等しくそのカテゴリーに帰属する。これに対して、多くの自然カテゴリーは、以下のような構造をもつことが知られている⁸⁾。

1. カテゴリー成員性を規定する必要十分な属性は存在しない。例えば、「飛ぶ」という属性は、その属性をもつ刺激が「鳥」としてカテゴリー化される蓋然性を高めているに過ぎない。このような属性からなる刺激は、多型的 (polymorphous) と呼ばれる。
2. 多型的な刺激は、ファジー (fuzzy) または不明瞭 (ill-defined) な境界からなる開放された (open-ended) カテゴリーを形成する。ペンギンやダチョウも100%「鳥」には違いないので、「鳥」カテゴリーが他のカテゴリーと交わることはないが、「鳥」に含むことができる事例の範囲をあらかじめ明確に定

めることはできない。

3. カテゴリーの成員はそのカテゴリーを等しく代表しない。すなわち、カテゴリー典型性には勾配が見られる。
4. 典型性が高いと判断される成員ほど、そのカテゴリーの他の成員と共有する属性が多く、対立する他のカテゴリーの成員と共有する属性が少ない。
5. 属性自体にも多くの場合典型性が見られる。飛べない鳥もいるが、飛ぶことができる鳥でも、どれくらいの速さでどれくらいの距離をどのように飛ぶかは多様で、典型的な飛び方は、典型的な鳥によって例示されている。すなわち、自然カテゴリーは回帰的である。
6. 典型性が異なる多様な事例は、Wittgensteinのいう家族的類似性 (family resemblance) または交叉類似性 (criss-crossing similarity) と呼ばれる類似性ネットワークによって結びついている。ペンギンやダチョウやエミューはそれぞれ相互に類似してはいないし、コマドリなどの典型性が高い鳥とも類似しない。しかし、それらの鳥がもつさまざまな属性をそれぞれ部分的に共有する他の多種多様な鳥が存在することによって、それらを同じカテゴリーの成員として位置づけることができる。

5. 人工カテゴリーを用いた構成的アプローチ

自然画像のカテゴリー化を学習したハトが、どのような視覚的特性を手がかりにしているかを探索しようとした分析的研究は、ことごとく失敗したといっても過言ではないだろう。なぜなら、ハトは多型的な性質をもつ自然画像を優れて柔軟にカテゴリー化し、手がかりにしている物理的な特性を分析して特定するのが困難だったからである。こうした多くの分析的研究の失敗を背景として、自然カテゴリーの構造を模した人工カテゴリーを構成し、ハトのような動物に見られるカテゴリー化の様相を明らかにしようとする構成的アプローチ⁹⁾が始められた

ことは、むしろ当然の帰結であった。こうした研究の流れは、ハトにとって生態学的にほとんど意味のない、そして自然画像と比べるとはるかに単純な、人工的な視覚的パターンを刺激として用いることを余儀なくしたが、実験者が物理的に定義できる複数の視覚特性がどのようにカテゴリー化に寄与しているかを明らかにしようとする研究を飛躍的に促進した。

5.1 ポリモルファス刺激のカテゴリー化

ポリモルファス刺激を用いた最も単純なカテゴリー弁別では、一つのカテゴリーが (110, 101, 011, 111)、それと対立する他のカテゴリーが (001, 010, 100, 000) のような人工カテゴリーが用いられる。ここで、1や0は三つの特性次元の各次元がとりうる値である。それぞれの特性次元における1または0の値（例えば、「赤または緑」や「○または△」など）は、カテゴリー成員性を1/0的に決定することがなく、それぞれの事例がどちらのカテゴリーに所属するかの蓋然性を高めるだけである。いくつかの例外的な研究を除いて、各特性は1または0の2値しかとらず、またすべての特性は相互に独立に操作されたので、上記の自然カテゴリーの構造を完全に再現するものではないが、分析を容易にするためにこのような最も単純なカテゴリーが用いられた。なお、ハトは膨大な視覚的パターンを丸暗記学習できることが知られているため、関連する3特性以外にいくつかの無関連特性を加えて作成した多数の訓練刺激が用いられることもある。

ハトのみならずアカゲザルやヒヒなどの動物では、このようなカテゴリー弁別は極めて容易で、111や000の理想事例を訓練に用いたか否かにかかわらず、テスト場面における反応率は正特性の数に対応して線形的に増加し（各特性次元における1が正特性の場合は000>001, 010, 100>110, 101, 011>111）、理想事例で最も優れた弁別が見られる。一方、課題解決が要求される実験場面では、このような刺激のカテゴリー化はヒトにはむしろ困難で、丸暗記学習ないしは訓練刺激だけに適合するような頑強かつ

複雑な“if, then, and, or, else”などからなる決定規則を発見して新しい刺激に対してもそれに従って反応するため、訓練に用いなかった理想事例では弁別が崩壊する。ヒトは言語的な処理によって、本来曖昧なカテゴリーを定式化し、カテゴリーに正確な境界を与えようとする傾向があることは、よく知られている。ハトなどの動物が示したカテゴリー化は、動物はカテゴリー特性を分析的に抽出し、それらを加算的に統合するような仕方では反応していると考えられたが、GCMモデルのようなカテゴリーの事例モデルによっても説明することができる⁹⁾。

5.2 家族的類似性

家族的類似性をもつ最も単純な人工カテゴリーは、事例AB, BC, CDからなるカテゴリーである。A, B, C, Dはカテゴリー特性を表し、例えばABは特性Aと特性Bをもつ事例である。両端にある周辺事例ABとCDは共通するカテゴリー特性をもたないが、その各々と特性を一つ共有するBCを介して連結することができる。この場合、中心事例BCは最も典型性が高いプロトタイプの事例である。特性レベルでいうなら、ある刺激がBをもてばその刺激はAかCももち（Bをもてば必ずAをもつとか必ずCをもつわけではないことに注意）、CをもてばBかDももつが、AとDの間にはこのような相関の関係は成り立たない。BとCはそのカテゴリーの多くの成員が共有するプロトタイプの特性であり、AとDはそれぞれの周辺事例にユニークな特性である。したがって、BCのようなプロトタイプの事例（群）は、アリストテレス流の古典的カテゴリーのように固定的で多くの属性を共有するが、BCが新たな事例BEやBFやCEやCFなどをカテゴリー内に取り込むことを可能にするように、プロトタイプの事例（群）が存在することによってカテゴリーの柔軟性が保障される。このように、家族的類似性で構造化されるカテゴリーは、カテゴリーの安定性を維持しながら、柔軟にカテゴリーを拡張することができる。

図2は、人の顔画像をMorphingで合成する

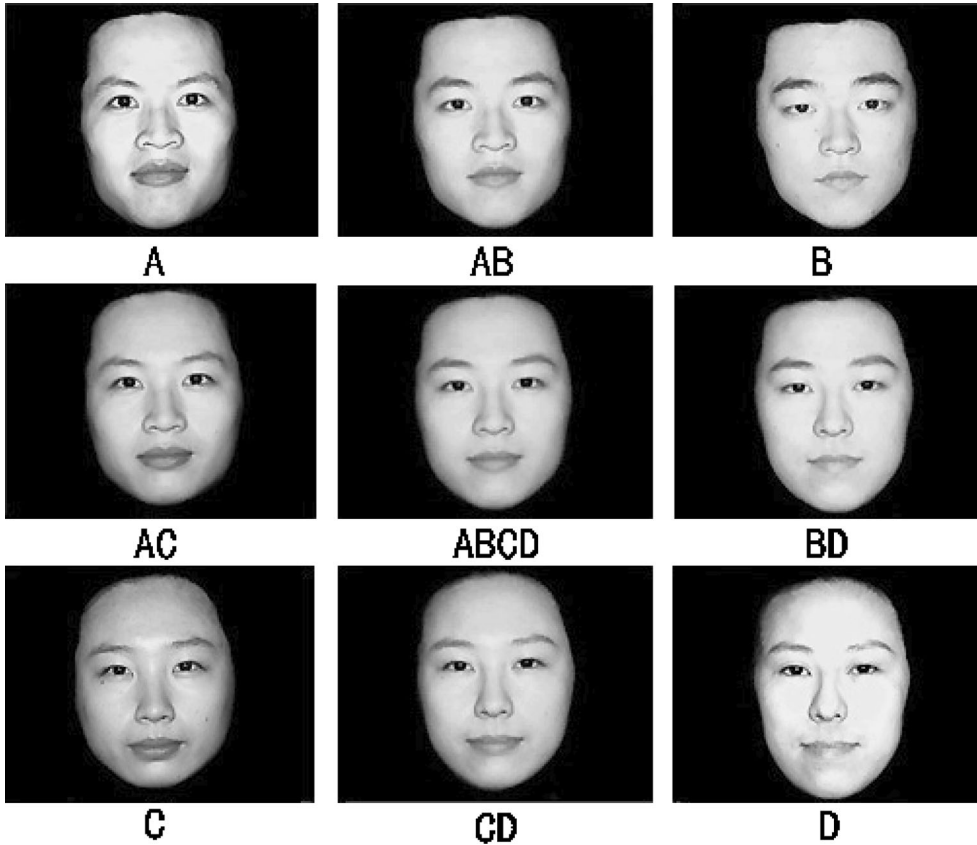


図2 人の顔合成画から作成した人工カテゴリー。A, B, C, D,は原画；AB, AC, CD, BD はそれらの50% 合成画（AD とBC は図中に表示しない）, ABCD は4つの原画の25% 合成画。牧野・実森（2000）¹⁰⁾より転載。

ことによって作成した人工的なカテゴリーである¹⁰⁾。たとえば、ABは顔Aと顔Bの50%合成画である。無作為に選ばれた原画A, B, C, Dは典型性が低い周辺事例、50%合成画AB, AC, AD, BC, BD, CDは典型性が高い中心的な事例、AとBとCとDの25%合成画ABCDはプロトタイプ的事例に対応する。同様にして無作為に選ばれたE, F, G, Hから対立カテゴリーを作成して、中心的な事例のみを用いて前記のgo/no-go型の弁別訓練をハトに行った。その後、訓練に用いた50%合成画も含めながら周辺事例やプロトタイプ的事例への転移テストを行うと、プロトタイプ的事例ABCDとEFGHに対しては訓練に用いた中心的事例とほぼ同じかあるいはそれ以上の精度の高い弁別が見られた。また、無作為に分けた周辺事例A, B, C, DとE, F, G, H

にも有意な弁別の転移が起きた。前者のプロトタイプ効果は事例学習によっても説明が可能で、後者の周辺事例への転移は訓練に使用した中心的な事例（周辺事例の50%合成画）からの知覚的類似性による般化と考えられる。しかし、この実験結果が示す最も重要な点は、ハトのような動物でも、少数の中心的な事例を学習しただけで、プロトタイプ的事例のみならず多様な周辺事例にまで容易にカテゴリーを拡張できることにある。だが、このカテゴリー構造では、新たな事例AXやXを学習してカテゴリー内に取り込むと、カテゴリー成員の平均値として定義されたプロトタイプ的事例まで変化してしまうため、自然カテゴリーに見られるカテゴリーとしての安定性が失われてしまうという欠点がある。この欠点を補うには、周辺事例の

表 1 カテゴリー 1 における訓練事例と各事例の family resemblance score および overlap score.

訓練事例	Family resemblance score	Overlap score	訓練事例	Family resemblance score	Overlap score	訓練事例	Family resemblance score	Overlap score
A1B1A2	18	11	B1C1A2	23	11	C1D1A2	18	11
A1B1B2	18	16	B1C1B2	23	16	C1D1B2	18	16
A1B1C2	18	16	B1C1C2	23	16	C1D1C2	18	16
A1B1D2	18	11	B1C1D2	23	11	C1D1D2	18	11
A1B1N	18	9	B1C1N	23	9	C1D1N	18	9

A1, B1, C1, D1 はカテゴリー 1 のカテゴリー特性； A2, B2, C2, と D2 はカテゴリー 2 のカテゴリー特性； N はカテゴリー 1 と 2 に等頻度で出現するニュートラル特性.

Makino & Jitsumori (in submission)¹³⁾ より改定.

各々の顔とプロトタイプ（原型）として定義した任意の一つの顔をさまざまな率で合成してカテゴリーを作ればよい. このようにして作られたカテゴリーは、安定した一つのプロトタイプを中心として、潜在的には無限に多様な中心的な事例や周辺的な事例にまで拡散することができる. こうしたカテゴリーの弁別訓練をハトに行ったら、訓練刺激の作成に使用しなかった新しい周辺事例とプロトタイプとの合成画にもカテゴリー化が極めて柔軟に転移した. これらの結果から、ハトのような動物でも、家族的類似構造をもつカテゴリーの少数の中心的な事例を学習しただけで、容易にカテゴリーを拡張できることが明らかにされた.

5.3 家族的類似性をもつポリモルファス刺激のカテゴリー化

ハトの顔を合成して作成したカテゴリーでは、ハトが実際にカテゴリー化の手がかりに使用する顔特性を事前に知ることができないので、ポリモルファスな刺激を物理的に定義することができなかった. また、同じ理由で、数理的なカテゴリーモデルを実際に適応することが困難であった. ハトが連続的な光のスペクトルを不連続な色のカテゴリーとして知覚し（筆者や他の研究者の実験結果から、ハトの色カテゴリーの境界は、少なくとも 430, 500, 540, 600 nm あたりにあることが推定される）、行動的な混色実験や生理学的な研究によってハトは 3 色型以上の少なくとも 5 色型程度の色覚をもつことが知

られているが、液晶モニター上に呈示される色をカテゴリー特性とする人工カテゴリーを使用すれば、個々のカテゴリー特性を物理的に定義することができる. また、Rosch がヒトに使用した人工カテゴリーに用いたのと同様の Family Resemblance Score や Overlap Score を特性頻度から求め、それらの値によって各事例を定義することができる.

表 1 は、このようにして作成したカテゴリーである. たとえば A1B1A2 で示される事例は、ハトにとって明らかに弁別可能な色をもつ三つの四辺形 A1, B1, A2 からなる刺激パターンである（各刺激を構成する三つの色四辺形の位置は毎回ランダムな並びで呈示）. また A1, B1, C1, D1 は表 1 に示したカテゴリー（カテゴリー 1）のカテゴリー特性であり、A2, B2, C2, D2 は対立するカテゴリー（カテゴリー 2）のカテゴリー特性である（各々の特性に対応する色は、カテゴリー内で知覚的に類似しないように二つのカテゴリーに割り振った）. N は二つのカテゴリーに等頻度で出現するニュートラルな特性である. Family Resemblance Score はカテゴリー内類似性を表わし、その値が高いほどカテゴリー内出現頻度が高い特性からなる事例である. Overlap Score はカテゴリー間類似性を表し、その値が高いほど対立カテゴリーにおける出現頻度が高い特性からなる事例である. たとえば、B1C1C2 は、カテゴリー 1 に高頻度で出現する特性 B1 と C1 および対立するカテゴリー 2 に高頻度で

出現する C2 からなるカテゴリー 1 の事例である。表 1 に示したカテゴリー 1 と同様の規則でカテゴリー 2 を作成すれば、ポリモルファスな刺激からなる家族的類似構造をもつ二つのカテゴリーを作成することができる。すべての特性は対立する二つのカテゴリーに出現し、また各カテゴリー内では例えば A1B1A2 や C1D1D2 のように特性を共有しない事例が存在するが、多様な事例は家族的類似構造によって連結することができる。

カテゴリー 1 と 2 の弁別訓練を行うと、ハトは極めて容易に学習する。ヒトでは学習が困難で、約半数の参加者は訓練を重ねても成績の向上が見られず、実験から脱落した。また、図 3 の横軸に示されるような Overlap Score が均一な刺激を呈示してテストすると、正刺激に対するハトの反応率は Family Resemblance Score が大きくなるに従って増加し、図中で * で示される訓練に使用した刺激よりむしろプロトタイプ的な新しい事例 ABC や BCD に頂点がある般化勾配 (図 3 の上段で黒丸を結んだ実線) が得られた。細かい説明は本稿では避けるが、2006 年度冬季大会ミニシンポジウムで紹介したように、決定規則を習得し同様の刺激を用いてテストされたヒトでは、このようなプロトタイプ効果は見られない (図 3 の中段と下段)。

説明がやや煩雑になったかもしれないが、ミニシンポジウムでコメントいただいた知覚学習とも関連させながら、ハトで得られた結果を以下に考察したい。

6. カテゴリー化と知覚学習

図 3 上段に示したハトにおけるテスト結果は、プロトタイプモデルよりも、事例モデルに特性学習を組み込んだ数理的モデルの予測値と極めてよく一致した。すなわち、ハトで見られたプロトタイプ効果は、原型 (プロトタイプ) の抽出といった高次認知プロセスを仮定するまでもなく、少数の事例についての学習とそれとの類似性および事例を構成する特性についての学習によって説明することができた (事例 + 特性モ

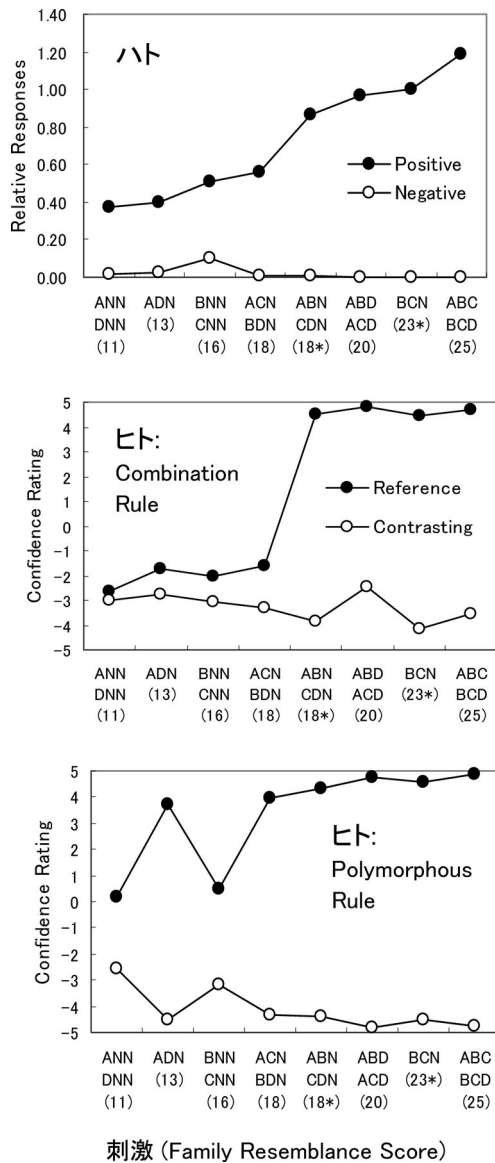


図 3 上段：ハトにおける正カテゴリーの新奇事例および訓練事例 (*) に対する反応率と負カテゴリーの新奇事例および訓練事例 (*) に対する反応率。中断：Combination ルールを獲得した人の確信度評定値。下段：Polymorphous ルールを獲得した人の確信度評定値。Makino & Jitsumori (in submission)¹³⁾ より改定。

デル)。

GCM モデルに代表されるような事例モデルは、プロトタイプモデルに対立する形でヒトにおけるカテゴリー研究で提唱され、特性学習や

プロトタイプ学習は事例学習に対立する形で動物におけるカテゴリー学習の研究で提唱されてきたが¹¹⁾、特性レベルと事例レベルおよびカテゴリーレベルでの学習が、相互に排他的である必要は全くない。家族的類似構造をもつカテゴリーでは、カテゴリー特性が相互にある程度の相関をもって生起するので、事例学習に特性学習が加わることによって、飛躍的に効率的なカテゴリー学習が可能になる。また、知覚的に相互に類似しないABやCDは、BCも含む類似性ネットワークに取り込まれることによって、認知的な類似性を獲得するかもしれない(ちなみに、ABとBCを機能的に等価にする学習とBCとCDを機能的に等価にする学習を連続逆転弁別学習の方法を用いて行くと、ハトはABとCD間にも機能的な等価関係を創発する。例えばABに新しい反応を結びつけるとその反応は即座にCDにも結びつき、CDに新しい反応を結びつけるとその反応は即座にABにも結びつく¹²⁾)。すなわち、ABとBCは知覚的に類似し、BCとCDも知覚的に類似しているので、知覚的に類似しないABとCDはBCを介して認知的な類似性を獲得するだろう。これはある種の知覚学習と言えるかもしれないが、このようなカテゴリーレベルでの学習によって、多様な事例を極めて節約的にカテゴリー化することが可能になる。ハトが示したプロトタイプ効果は、まさにこうした特徴をもつ家族的類似性によって構造化されたカテゴリーについての学習の結果であり、プロトタイプ理論に見られるような原型の抽出に基づくとは考えにくい。

7. おわりに

本稿で紹介した人工カテゴリーを用いた一連の研究は、自然カテゴリーの構造により近い人工カテゴリーを構成する取り組みでもあった。前項5.1, 5.2, 5.3と研究が進展するに従って、カテゴリー構造はより複雑化した。それぞれの実験で用いたカテゴリー特性は異なるので直接的な比較はできないが、カテゴリーが複雑になるほどハトはより容易にカテゴリーを学習した。

18人中約半数の参加者が脱落した最後の実験では、訓練第1セッションのハトの弁別成績はチャンスレベルであったが、早くも3セッション後には(1セッションは60試行)、4羽のすべてのハトが70%以上の弁別精度を示した。この事実は、家族的類似構造によって、多様な事例が極めて効率的にカテゴリー化されることを示すものであり、これと同様のことは、言語習得前の子供が基礎カテゴリーを学習するプロセスにも当てはまるように思われる。

謝辞 2006年冬季大会ミニシンポジウム『知覚・認知の多様性』を企画し、講演の機会を与えて下さった木村英司先生、多くの有益なご意見をいただいた参加者の皆様に感謝申し上げます。なお、本稿の内容に関するお問い合わせは、masako@cogsci.L.chiba-u.ac.jpにお願いいたします。

文 献

- 1) M. Jitsumori: Categorization and formation of equivalence classes in animals: Studies in Japan on the background of contemporary developments. *Japanese Psychological Research*, **46**, 182–194, 2004.
- 2) M. Jitsumori and J. D. Delius: Object recognition and object categorization in animals. *T. Matsuzawa (Ed.): Primate Origins of Human Cognition and Behavior*: 269–293, Springer-Verlag, 2001.
- 3) R. J. Herrnstein and D. H. Loveland: Complex visual concept in the pigeon. *Science*, **146**, 549–551, 1964.
- 4) F. S. Keller and W. N. Schoenfeld: Principles of psychology. Appleton-Century-Crofts, New York, 1950.
- 5) M. Jitsumori and O. Ohkubo: Orientation discrimination and categorization of photographs of natural objects by pigeons. *Behavioral Processes*, **38**, 205–226, 1996.
- 6) W. Vaughan and S. L. Greene: Pigeon visual memory capacity. *Journal of Experimental*

- Psychology: Animal Behavior Processes*, **10**, 256–271, 1984.
- 7) A. Matsukawa, S. Inoue and M. Jitsumori: Pigeon's recognition of cartoons: Effects of fragmentation, scrambling, and deletion of elements. *Behavioural Processes*, **65**, 25–34, 2004.
 - 8) M. Jitsumori: The Structure of Categories and Typicality Effects. *W. A. Wasserman and T. R. Zentall (Eds.): Comparative Cognition: Experimental Exploration of Animal Intelligence*. 343–362, Oxford University Press, New York, 2006.
 - 9) S. E. G. Lea and C. M. E. Ryan: Unnatural concepts and the theory of concept discrimination in birds. *M. L. Commons, R. J. Herrnstein, S. Kosslyn and D. Mumford (Eds.): Quantitative Analysis of Behavior: Vol. 8. Behavioral approaches to pattern recognition and concept formation*. 165–185, Ballinger, Cambridge, MA, 1983.
 - 10) 牧野 浩, 実森正子: ハトにおける人の顔画像のカテゴリー学習とプロトタイプ効果. *心理学研究*, **71**, 477–485, 2000.
 - 11) M. Jitsumori: A prototype effects and categorization of artificial polymorphous stimuli in pigeons. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, **22**, 405–419, 1996.
 - 12) M. Jitsumori, N. Shimada and S. Inoue: Family resemblances facilitate pigeons to form and to expand functional equivalence classes. *Learning and Behavior*, in press.
 - 13) H. Makino and M. Jitsumori: Discrimination of artificial categories structured by family resemblances: A comparative study in people and pigeons, in submission.