動物における刺激等価性

慶應義塾大学 山崎由美子¹

Stimulus equivalence in nonhuman animals

YUMIKO YAMAZAKI

Department of Psychology, Keio University, Minato-ku 108-8345

Abstract The purpose of this paper is to review the researches on stimulus equivalence in nonhuman animals, based on the formulation by Sidman. Among the behavioral properties that he proposed as essential elements of stimulus equivalence, “reflexivity” has been confirmed in various species, and the evidence of “transitivity” has also been obtained in pigeons. However, “symmetry” seems much more difficult to be formed, and specifically, “equivalence” was shown only in a sea lion. On the other hand, stimulus equivalence also has been examined using procedures other than traditional conditional discrimination, or by many-to-one (MTO) matching-to-sample and Pavlovian conditioning. Recently, positive evidence was obtained in budgerigars, based on the interpretation that behavior, in addition to stimulus, should be included as a member of an equivalence class. These new approaches in research have suggested that equivalence may not be a behavioral ability that enables us to use language, but a basic cognitive function common to other animals. This proposition, indicating that equivalence is apt for comparative study, implies that the conventional research methods should be reexamined.

Key words: stimulus equivalence, reflexivity, symmetry, transitivity, equivalence.

1. 刺激等価性とは？

1.1 刺激等価性の定義

刺激等価性 stimulus equivalence とは、広義には刺激の交換可能性 reversibility を指している (Green & Saunders, 1998)。この現象は、Hull (1939) の題名にもなっているように、古くから研究者たちの興味を引いてきたが、それについての広範な実験的事実の提出と研究枠組みの定式化は、1970 年代以降に、アメリカの心

理学者、Murray Sidman らによって行動分析学的な見地から推進されてきたものである。例えば、その初期の研究では、17 歳の小頭症の精神遅滞者 (Sidman, 1971)、ダウン症者 (Sidman & Cresson, 1973) において、音声反応、図形刺激、つづり単語の間に、直接訓練されない等価な関係が示されたことが報告された。そして、彼らは 1982 年 *Journal of the Experimental Analysis of Behavior* に掲載された 2 本の論文によって、刺激等価性がヒトに固有であり、言語的能力との深い関係が示唆されること (Sidman, Raizin, Lazar, Cunningham, Tailby, & Carrigan, 1982)、及び、刺激の等価関係の定義に数学的概念から引用された反射性・対称性・推移性の 3 条件が必要であるということ (Sidman & Tailby, 1982) を主張した。これ以後、刺激等価性という用語を含むほとんどの研究は、Sidman の定式化に従うか、或いはそれ

¹本論文を作成するにあたって、様々に御助言を頂いた慶應義塾大学渡辺茂教授、並びに、刺激等価性に対する関心へと導いて下さった佐藤方哉教授に、心より感謝申し上げます。また、改稿にあたりましては、まことに貴重な御意見を賜りました 2 名の審査者の方々、及び、詳細な査読をして頂いた草山太一氏に、この場を借りて御礼申し上げたいと思います。

との比較によって発展してきたといえる。

しかしながら、現在までのところ刺激等価性という用語が指す事実や定義に関して、研究者の間に明確な同意が得られているというわけではない。刺激等価性研究の祖ともいべき Sidman は、刺激等価性はその創発 emergence が観察されることによって定義されるのであり、強化随伴性によってもたらされるものではないと考えている (Sidman, 1994)。そのため、彼は「刺激等価性」という実体が存在するかどうかのような用語よりも、事実として観察及び操作的定義が可能であり、刺激のみならず行動も含むことのできるより広い意味での「等価関係 equivalence relations」という用語を用いている。一方、Hull (1939) においては、刺激等価性とは質的に同じ反応を喚起する様々な刺激の等価性を指すとし、その特徴的原理として、“部分的な物理的同一性”、“一次性般化 primary generalization”、“二次性般化 secondary generalization”の3つを挙げている。最近、刺激等価性の形成過程のモデル化を試みるため、再びこのような分類を採用する動きも見られるが (例えば Urcuioli, 1996; Astley & Wasserman, 1998), より一般的には、刺激等価性研究という場合、Sidman & Tailby (1982) の定式化に従うことが多い。そのため、本稿では基本的に後者の定式化に従って、刺激等価性研究が積み上げてきた事実やそれを取り巻く問題点に関して詳しく取り上げ、考察することにする。刺激等価性の定義については、後述の通り今なお異論が多いのであるが、山本 (1992) による次のような集約が一般に認められる定義に最も近いと思われる。すなわち、刺激等価性とは、(直接の訓練によって)「物理的類似性のない2つ以上の刺激間で機能的に同一であるとする反応が形成され、かつ、それらの刺激の間で直接訓練されていない派生的関係が成立する場合に、成立した2つ或いはそれ以上の刺激間の関係」を指している。

1.2 本稿の目的

このように、刺激等価性、或いは刺激等価関係とは、直接の訓練による以外に刺激—刺激間、刺激—反応間の関係が成立することを示した行動的事実である。このことは、少数の訓練によって、特定の刺激間の単なる「連合」のみならず、他の刺激間にも適用可能な「関係」が成立することを意味し、節約的により高次の機能が成立しうることを示唆している (山本, 1992)。とりわけ、刺激等価性が、ヒトにおいては子供や言語を含めた知的障害を持つ者にもその成立が認められたのに対し、アヌビスヒヒ *Papio anubis*, アカゲザル *Macaca mulatta* においては決して成立しなかったことから (Sidman, 1971; Sidman & Cresson, 1973; Sidman et al., 1982), Sidman は刺激等価性とはヒトにのみ成立し得る、これ以上還元不可能な基本的単位であるという主張を行っている (Sidman, 1990)。これ以後、刺激等価性自体の詳細な実験的分析のみならず、その枠組みを用いた言語的機能の訓練という応用可能性についての検討や、本当にヒトにのみ特異的に認められる事実であるのかどうか種間比較が活発に行われるようになっていった。これまでもヒト以外の動物を主な対象とした刺激等価性についての展望、或いは概説を行った論文がいくつかあるが (友永, 1990; Dube, McIlvane, Callahan, & Stoddard, 1993; 岩本・久能・北館・長谷部, 1993; 中島, 1995; Zentall, 1998), 本論文では、ヒト以外の動物における刺激等価性について、主に Sidman & Tailby (1982) の定式化に基づき、オペラント条件づけの枠組みによる先行研究から得られた知見と研究の動向を中心に概説を行う。初めに、等価性を構成する4つの特性のうち、反射性 reflexivity, 対称性 symmetry, 推移性 transitivity の3つについての先行研究を概説し、Sidman の提唱する刺激等価性の成立可能性を示すような証拠を提示する。続いて、Sidman らの研究と平行して長い間行われてきた共通符号化 common coding のアプローチからの等価関係の分析を取り

上げる。さらに、パプロフ型条件づけの枠組みによる解釈可能性も探ってみたいと思う。そして、刺激等価性を構成する残りの特性、すなわち、等価性 equivalence がヒト以外の動物で見出されたと報じた研究を個々に詳述するが、それらは、そもそも“刺激等価性の定義とは何か”という根本的な考え方についての再考を促すものであり、理論的な問題を含めて検討しようと思う。最後にまとめとして、最近ではさらなる分析を強力に導くような発見に乏しい等価性研究にどのような打開策が考えられるか、いくつかの可能性を提案してみたい。

2. Sidman により定式化された等価関係

Sidman & Tailby (1982) は、条件性弁別訓練によって刺激間の関係が成立された後、それらの間の派生的な等価関係を調べるためのテスト方法を定式化した。彼らは、等価関係の成立要件として3つの特性、すなわち反射性、対称性、推移性を挙げた。第1に、反射性とは、「A ならば A」という関係を訓練した後でこれが他の刺激に対しても転移することをいう。第2に、対称性とは、「A ならば B」という関係を訓練した後、「B ならば A」という双方向の関係が成立することをいう。第3に、推移性とは、「A ならば B」、「B ならば C」という2つの関係を訓練した後、「A ならば C」という関係が成立した場合をいう。さらに、Sidman, Wynne, Maguire, & Barnes (1989) では、第4の特性として等価性 equivalence を加えた。この等価性とは、「A ならば B」、「B ならば C」という2つの関係を訓練し、獲得した後、「C ならば A」という関係が成立したことを指すものである。すなわち、等価性の成立には、対称性と推移性の両方の成立が前提条件となっている。ここでは、以上の刺激等価性を構成する4つの特性のうち、反射性、対称性、推移性についての概説を行う。等価性については、ヒト以外の動物における報告数も少なく、それぞれが様々な議論を呼んでいるた

め、項を別にして後に詳述したい。

2.1 反射性

反射性とは「A ならば A」で表されるように、2つの刺激の“同じ”という関係の成立を指すため、マッチング概念 matching concept, 同一マッチング identity matching, 同一性概念 identity concept, 異同概念 same/different concept などと呼ばれることもある。この特性は、初めに同一見本合わせ課題が訓練され、その後、般性同一見本合わせ generalized identity matching-to-sample のテストを通過することによって確認される、刺激間の関係に基づいた制御を指している。般性同一見本合わせとは、それまでの訓練によって見本刺激と比較刺激の間の“同じ”という関係に基づく反応が、訓練刺激に特異的でなく、一般的な関係としてどのような刺激が用いられても示されることをいう (Dube, McIlvane, & Green, 1992)。それはまた、単語などの意味的対応が出現するための前提条件ともされており (Sidman, 1986)、潜在的な言語的能力の検討という観点からも、比較的多くの実験が鳥類や哺乳類を対象にしてなされてきている。他にも、提示される刺激の異同によって異なる反応を要求する異同報告課題があり、手続きは異なるが同じく“同じ”という関係の成立を対象としたものであるため、反射性の成立可能性を示す証拠として取り上げようと思う。なお、本論文では、刺激等価性の特徴の一つとして示された同一性を反射性と呼ぶが、同一性の獲得と般化を主な対象とした実験における反射性については、できるだけ元の論文に基づいた呼称として“般性同一見本合わせ”、或いは“同一性概念”という用語を用いることにする。

Wilson, Mackintosh, & Boakes (1985) では、ハト *Columba livia* とカラス科の3種、すなわちニシコクマルガラス *Corvus monedula*, カケス *Garrulus glandarius*, 及びミヤマガラス *Corvus frugilegus* において、課題間の転移の程

度についての比較検討を行った。転移の評価は次のような予測に基づいて行われた。例えば、第1訓練で同一見本合わせが訓練され、第2訓練でも刺激は異なるが同じく同一見本合わせが訓練された場合、第1訓練では恣意的見本合わせ、第2訓練では同一見本合わせを訓練された場合よりも、初めから正答率が高いか学習に節約が見られるかもしれない。また、異同報告課題が用いられた場合、初め、2つの刺激が同じであれば右のキー、違うならば左のキーという反応を訓練された後に、異なる刺激が用いられてその異同を知らせるキーの位置が逆転した訓練を受けた場合、第2訓練初期の正答率は著しく低いものとなるかもしれない。Wilson et al. (1985)では3つの実験でハトとカラス科の3種がそれぞれ比較された。用いられた課題は異なっていたが、一貫して示されたのは、カラス科の3種ではいずれも前の訓練課題が後の訓練課題と同じ場合、第2訓練セッションの初めから明確な転移効果が示された一方で、ハトでは前訓練の効果はほとんど見られないということであった。とりわけ、ハトにおいては、第1訓練と第2訓練の間で、課題特異的な転移がほとんど示されなかったため、特定の刺激を用いた同一見本合わせ訓練は一般性の“同じ”という関係の獲得を導かなかったといえる。また、Wright & Delius (1994)では、自然場面においてハトにとってよりオペラントレベルの高いと思われる反応、すなわち、砂利を掘り起こして餌を見つけ出すという行動を利用し、同一、及び非見本合わせ oddity matching を訓練し、新奇刺激への転移を検討した。食物の遮断化をほとんど必要としないようなこの手続きを用いることで、彼らは約27試行の訓練によって90%以上の正答率を得た。これは、通常のスキナー箱での訓練の獲得の速さの40から100倍であるという。しかし、このような際立った獲得の速さを示したにもかかわらず、転移テストで一般性の同一/非見本合わせを示した個体はなかった。しかし、これらの2つの実験において

同一性の転移が示されなかった理由として、前者ではハトが新奇な非見本刺激に対して選好を持っていたこと (Wilson et al., 1985)、後者では訓練刺激が2種類しかなかったこと (Wright & Delius, 1994) が寄与している可能性を排除できない。

実際、ハトにおいて一般性の同一性が示されたという報告も少なくない。例えば、Zentall, Hogan, & Edwards (1983)では、ハトを用いて、Wilson et al. (1985)と同様に先行訓練課題とテスト課題との一致・不一致に基づく評価法により同一性が検討された結果、転移が示された。しかし、一致群・不一致群間の正答率の差は小さかったため、刺激特異的なルールを基本とし、付加的に一般性同一見本合わせのルールを用いていることが示唆された。

ハトにおける同一見本合わせに影響を与えていると考えられる変数が、いくつか示唆されてきている。第一には、訓練フェイズで用いられる刺激数であり、これが多いほど示されやすくなるようである。Wright, Cook, Rivera, Sands & Delius (1988)では、それまでの同一見本合わせを検討した実験においては、テストにおいてのみならず訓練においても少数の刺激しか用いられていなかったことを指摘し、とりわけ訓練刺激の少なさは順向抑制 proactive interference を生み出していたに違いないと論じた。そこで、彼らは、毎試行異なる152種類の刺激によって訓練される trial-unique 群と、2種類の刺激しか含まれないセットによって訓練された群とを比較し、前者ではマッチングの転移が示されたが、後者では訓練基準達成さえできなかったことを報告した。これは、前者の手続きでは刺激特異的なルールが形成され得なかったため、と解釈できる結果であろう。また、Lombardi, Fachinelli, & Delius (1984)では、訓練刺激が160個と40個の群で新奇刺激への転移が比較され、どちらの群においてもチャンスレベルより有意に高い正答率が得られた。しかし、転移テストでは訓練刺激と似た刺激の方

が、全く異なる刺激よりも正答率が高かったことから、刺激般化の可能性が指摘されている (Roitblat & von Fersen, 1992)。著者らは訓練と似ていない刺激での正答率が高いことは刺激般化では説明できないと主張しているが (Delius, 1994)、この結果は、前述のようにハトが般性同一見本合わせを必ず適用させるのではなく、刺激の類似性によって解決できるような課題の場合は即座にそちらを採用するということを示唆しているように思われる。また、異同報告課題を用いた Wasserman, Hugart, & Kirkpatrick-Steger (1995) でも、モニター上に同一の刺激が 16 個並べられる “same” 刺激と、互いに異なる刺激が 16 個並べられる “different” 刺激の数が 8 対 8 で訓練されたときよりも、16 対 16 で訓練された後の方が、新奇刺激に対するより大きな転移が見られたことを報告している。

課題の性質もまた、同一性の成立に影響を与えるようである。Edwards, Miller, & Zentall (1985) では 2 つの色刺激のみを用いるという訓練事例の少ない手続きを用いたにもかかわらず、同一見本合わせの転移が示された。この実験では、同一見本合わせ課題と非見本合わせ課題を同時に行わせるということを要求していたため、これが丸憶えによる反応を困難にさせ、各条件に適切なルールの獲得を促進させていたと考えられる。同様に、単純な色刺激ではなく複雑な刺激を用いた場合や (Cerella, 1979; Delius & Nowak, 1982)、訓練時に同一刺激に対する反応を訓練するだけでなく、同一刺激が存在しないときに一時的に反応を控えるという試行を混ぜた場合 (Zentall & Hogan, 1978; Pisacreta, Redwood, & Witt, 1984)、或いは、同時弁別よりも継時弁別を用いた場合 (Urcuioli & Nevin, 1975; Pisacreta, 1990) にも、転移の促進が見られたという報告がある。

このように、ハトにおける同一性成立の報告は多くなされてはいるものの、いずれの報告でも転移場面における正答率は訓練時と同等に高

いとはいえないことが多い。そこで、ハトにおいては、般性同一見本合わせと刺激特異的なルールの使用は互いに排他的でなく、同じ事態でも両方を用いている可能性が示唆される (Roitblat & von Fersen, 1992)。一般にハトは、擬似概念弁別 pseudo concept discrimination の実験が示したように刺激の丸憶えが非常に優れているため (例えば Vaughan & Greene, 1984)、訓練刺激数が少ない場合のように、特定の刺激に対して特定の反応をするだけで解決できるような課題設定による訓練は般性の“概念”を形成できないという指摘 (Pisacreta & Witt, 1983) は極めて妥当であると考えられる。事実、Farthing & Opuda (1974) においては色刺激と形刺激が用いられて同一マッチングが訓練されたが、ハトはそれぞれに対して異なった反応、すなわち、形刺激に対してより多くつつき反応を示していたことが観察された。つまり、訓練において刺激特異的な刺激-反応連鎖が形成されていた可能性が考えられる。そして、結果としても、課題間の獲得における促進は見られたものの、新奇刺激に対しては全くチャンスレベルの反応が示されている。

ヨウム *Psittacus erithacus* の “アレックス” を被験体とした Pepperberg (1987) では、ハトにおいてしばしば用いられているものとは異なった手続きによる異同概念が報告されている。アレックスはこの実験が行われる前に 80 以上の様々なものに対してラベルをつけることが可能であった。お手本-ライバル法 model/rival (M/R) approach と名づけられた観察学習理論に基づく実験事態には、アレックスの他に訓練者と、お手本と同時にライバルになる人の 2 人が参加していた。初め、アレックスはこの 2 人の会話から、色、形、ものの 3 つの次元に関して同じか異なるかの判断を学習することが求められた。例えば、訓練者はお手本となる人に対し、色は同じだが形もものの次元において異なる 2 つのものを見せて、「何が同じですか?」と尋ねる。この時、ライバルが正しく「色

です」と答えられれば誉められ、間違えると叱られた。このような実験が進むにつれ、アレックスは次第にこの2人の会話に参入し、質問に答えるようになっていった。そして、新奇なものを呈示されても正答できたため、アレックスはものが属する3つの次元についてのカテゴリー弁別と般化とを示し、かつ、異同概念に基づいて反応していたと論じられた。ここで用いられた手続きは、見本合わせ手続きに比べて、異同関係のみならずそれに対応するシンボルの使用が可能であるかどうか(“同じ”という言語に対して正しく反応できるかどうか)、ということをも評価しており、Pepperbergによれば、このような見本合わせよりも抽象性の高い課題に正答できることは、異同概念の理解能力がハトにおける同一見本合わせや非見本合わせでのパフォーマンスを超えているという。しかし、のように論じるためには、ヒトと同様に、異同関係を示すシンボルとものの属性との間の両方向性、すなわち対称性が示される必要があるだろう。

霊長類における反射性の報告はフサオマキザル *Cebus apella* (D'Amato & Colombo, 1985; D'Amato, Salmon, & Colombo, 1985), アカゲザル (Wright, Shyan, & Jitsumori, 1990; Washburn, Hopkins, & Rumbaugh, 1989), チンパンジー *Pan troglodytes* (Nissen, Blum, & Blum, 1948; Oden, Thompson, & Premack, 1988) においてなされてきている。とりわけ、フサオマキザルにおいては新奇刺激を忌避する傾向があるといわれているにもかかわらず、D'Amato et al. (1985) では、転移テストの第1セッション目から高い正答率を示す個体があったことが報じられ、同一性成立の確実性の高さが保証されるとしている。

アカゲザルを用いた Wright et al. (1990) でも、前述のハトを被験体とした実験(Lombardi et al., 1984)と同様、訓練で用いられる刺激数が般性同一見本合わせテストに影響を与えることを示唆する結果が得られている。この実験で

は聴覚刺激が用いられたが、38のセットで訓練された結果、般性同一見本合わせが示された。対照的に、フサオマキザルという異なる種ではあるが、同様に聴覚刺激が用いられた実験では (D'Amato & Colombo, 1985), 訓練には2刺激しか用いられなかったにもかかわらず、8頭中4頭において同一性が示されている。

Oden et al. (1988) では年少のチンパンジーが用いられ、同一性のテスト試行では約80%の正答率が示された。この実験では Wright et al. (1988) とは正反対に訓練刺激は1つであったが、テスト刺激に事前に慣れさせておいたことが同一性の転移に寄与していたと考えられる (Roitblat & von Fersen, 1992)。

霊長類以外の哺乳動物ではカリフォルニアアシカ *Zalophus californianus* (Pack, Herman, & Roitblat, 1991; Kastak & Schusterman, 1994), タイセイヨウバンドウイルカ *Tursiops truncatus* (Herman & Gordon, 1974; Herman, Hovancik, Gory, & Bradshaw, 1989) において、反射性が示されている。Pack et al. (1991) では遅延見本合わせ手続きによって2つの刺激セットによって訓練された後に反射性が示されたが、一般にはアシカではハトと同様に、訓練において用いられる刺激セットの数が少ない場合、刺激特異的なルールを採用する傾向があるという (Roitblat & von Fersen, 1992)。

Chausseil (1991) は食肉目のアライグマ科に属するハナグマ *Nasua* が、同一性概念を有するという報告した。この実験での手続きは、ハトなどで多く用いられている見本合わせとは異なっており、2つの刺激を含むカードが2枚同時に呈示され、そのいずれかを選択するというものであった。訓練には、同じ円が2つ描かれているカードと、大きさの異なる円が2つ描かれているカードの2枚が用いられた。被験体は、装置上で同じ2つの円が描かれているカードの方に進んでいくと、カードの背後にあるバナナを食べることができた。この一対の刺激カードを用いた訓練の後、転移テストとして18対の新

奇カードを呈示したとき、被験体はほとんどの対において 80% に近い正答率で反応することができた。この実験では、同じ形が複数描かれているカードをそうでないカードに対して選択することを同一性に基づいた反応としているようであるが、各新奇刺激セットが有する規則は一定にされておらず、被験体が実験者の意図するルールによって選択したかどうか結論づけることはできないように思われる。ハトにおける異同手続き、すなわち、2 刺激が同じならば左のキー、異なるならば右のキー、といったラベリングを要求しているわけではないので、何らかの刺激パターンのルールを用いて反応していた可能性も十分に考えられる。

このように、動物における反射性或いは同一性に関する研究では、手続き上の問題点の克服が重要な課題となっている。近年、反射性を報告した研究のいくつかについて、方法論上の問題点を含んでいたことが分析されてきている

(Dube et al., 1992; Kastak & Schusterman, 1994)。第 1 に、いくつかの般性同一見本合わせテスト手続きは、排他による選択の可能性を含んでいた。排他とは、「A ならば B」という関係が獲得された後に示され得る「A でないならば B でない」というルールである。排他による選択のテストは、典型的には、新奇な見本刺激が呈示された後、選択場面において比較刺激として訓練済みの刺激と新奇な刺激とが共に呈示される。この選択場面において、関係がすでに成立された訓練済みの刺激を避け新奇な刺激を選んだ場合、排他による選択であるとされる (Tomonaga, 1993 を参照)。タイセイヨウバンドウイルカを用いた Herman et al. (1989) では、排他が可能な同一見本合わせテストと不可能なテストとが比較され、排他が可能なテストにおける方が正答率がより高いことが示された。

第 2 に、試行毎に異なる刺激が呈示されるような手続きによっては、単純弁別による可能性を排除できないことがある。Wright et al.

(1988) における、毎試行異なる刺激を用いた手続きは、見本刺激による単純弁別の制御が獲得されただけで、刺激が S+ と S- のどちらにもなるような条件性の制御が獲得されたかどうかはわからないという (Dube et al. 1992)。

こうした先行研究の方法論上の問題点を改善して、アシカにおいて般性同一見本合わせを示したのが、Kastak & Schusterman (1994) である。彼らは、テスト試行では新奇刺激どうしを対にすることで排他による選択を不可能とし、非常に多くの種類の刺激を訓練に用いることで新奇刺激に対して馴れさせ、テストで反射性の転移が見られなかった場合そこで用いられた刺激対をベースラインに組み込み再度次のテストを行う、などの、いくつかの手続き上の改変を行った。その結果、初めのテストでは 2 頭の被験体ともチャンスレベル程度であったが、続くテストセッションで徐々に高い正答率で反射性の転移を示すようになっていった。これらの 2 頭のうち 1 頭では刺激等価性の成立が報告されていたため (Schusterman & Kastak, 1993)、等価性の要件のうち反射性を満たすことが改めて示されたわけである。

これらの現在までの知見を合わせると、手続きの詳細に関する問題点はあるものの、反射性は用いられた鳥類、霊長類、アシカなどの哺乳動物といった比較的広範な種において確認できる可能性があるといえる。中でも、鳥類、とりわけハトは他の哺乳動物に比べて、可能であるならば同一性よりも刺激特異的ルールを利用する、すなわち丸覚え方略を用いる傾向がより強いことが示されている。一方、霊長類やアシカが用いられた 2, 3 の実験において速やかな転移が示されたことは、反射性に基づく行動が他の動物よりも準備されている、すなわち、反射性がそれらの活動において何らかの機能的な意味をすでに有していることを示唆しているのかもしれない。そして、反射性は形式的には刺激等価性の前提条件である刺激の関係の制御であるため、これがヒト以外の様々な種で確認可能

であるとすれば、それは、ヒトとヒト以外の動物とが刺激等価性の成立に関してある部分までを共有していることを意味する、と考えることができるだろう。

2.2 対称性

Sidman の定義による刺激等価性を構成する第2の特性である対称性は、刺激等価性研究の隆盛以前には逆向連合 backward association として研究されていた。これは、2つの事象間の連合は2つの成分、すなわち、順向連合と逆向連合から成っているという想定に基づいた検討であった (Hogan & Zentall, 1977)。そのような文脈からの研究として、Gray (1966) では、ハトを用いて遅延時間なし (0-delay) の象徴的見本合わせ課題を訓練し、見本刺激と比較刺激の呈示順を交換した逆向連合のテスト試行において64%の正答率が示された。しかし、順向連合課題における正答率はそれよりもはるかに高い86%であったため、逆向連合が順向連合と同じ強度で成立したわけではなかったと論じられている。同じくハトを用いた Rodewald (1974) における逆向連合テストでの正答率も70%前後であり、通常の同時弁別課題での90%以上の正答率との間にはかなりの差が示された。

また、Hogan & Zentall (1977) ではハトにおいて、順向連合訓練後に逆向連合の獲得過程を評価するという学習転移パラダイム transfer-of-learning paradigm を用いた検討が行われたが、刺激として色・形のどちらを用いても確実な逆向連合は見出されなかった。同様な方法を用いた Richards (1988) でも、弱い両方向性が示されたのみであった。以上のように、ハトにおける逆向連合は弱くしか生じない上、簡単に改変されてしまうものであることが示されてきた。

“逆向連合”とは、連合という名が指すように、見本刺激と比較刺激の順序を持った関係が

訓練されると、同様な関係が逆の向きにも形成されることを示す用語であった。それに対し、Sidman の刺激等価性の枠組みにおける対称性とは、その成立の背景に等価な刺激クラスの形成が含意されている。つまり、対称性とは、順序を伴った刺激間の結びつきを指しているのではなく、形成された等価クラスの成員間に示される交換可能性という特性を指しているのである。後述するが、対称性が等価クラスをもたらずのではなく、等価クラスが成立したならば対称性が示されるはずなのである²。

Lipkens, Kop, & Matthijs (1988) では、ハトを被験体として、視覚刺激を用いた条件性弁別課題獲得後に対称性と推移性の成立がテストされた。その結果、どちらについてもチャンスレベルの50%を有意に上回る成績は示されず、テスト時の誤答はハトがキーの位置を手がかりにして反応していたことを示唆していた。しかしながら、この実験では各刺激クラスごとに刺激が呈示されるパネルが決められていたので、このような明瞭な場所との対応関係が、実際の弁別刺激である視覚刺激を手がかりとした反応に対して何らかの影響を与えていた可能性がある。

通常の条件性弁別課題を用いた場合、ハト以外の種においても対称性の成立は非常に困難なようである。これまでに、アカゲザルとアヌビスヒヒ (Sidman et al., 1982)、フサオマキザルとハト (D'Amato, Salmon, Loukas, & Tomie, 1985)、シロイルカ *Delphinapterus leucas* (村山・鳥羽山, 1997) において、対称性の不成立が観察されている。

しかしながら、チンパンジーを対象とした実験では、矛盾した結果が得られている。Dugdale & Lowe (1990) では、キーボード上のレキシグラムを用いて意志伝達が可能であったチンパンジーに、4つの刺激を用いて2セットのAB条件性弁別を訓練した後、BA対称性テストを12セッションにわたり非強化で行った。その結果、ベースライン試行では90%であった正答率が、

²Murray Sidman 1999年2月 (私信)

対称性テスト試行では50%であった。そこで、AとBについて同一見本合わせを行い、対称性テスト前にAが比較刺激として、Bが見本刺激として呈示される経験をさせた。さらに、テスト試行でも正解には強化するという手続きに変えて再びテストを行ったが、それでも正答率はチャンスレベルの50%であった。最後に再び強化つきのテストを行ったが、合計144試行のテストですべてチャンスレベルのパフォーマンスが示され、これは2頭の被験体で同様な結果であった。

一方、長期にわたり言語習得訓練を受けてきたチンパンジー、“アイ”においては、Dugdale & Lowe (1990) とはいくらか異なる結果が得られている。Kojima (1984) では実際の“もの”に対してレキシグラムで答えるという言語の産出的使用 productive use と、“もの”に対して単語を選択するという受容的使用 receptive use とのいずれか一方を訓練した後、両者の双方向への転移が検討された。3回のテストが行われ、初めのテストでは転移は全く見られなかったものの、2回目には産出から受容の方向において、そして3回目には双方向において転移が確認された。また、Yamamoto & Asano (1995) では、横一列に三枚並べられた比較刺激の下にある溝に、対応する見本刺激を入れるという課題において、レキシグラム、色、漢字各3つずつから成る刺激セットが3つが用意された。これら3つの各刺激セットで1対ずつ対称性テストを行い、対称性が示されない場合には訓練し、他セットへの般化を順次評価していくという手続きが採用された。その結果、初めの2つの刺激セットにおいては対称性の転移は全く示されなかったが、第3の刺激セットの最初のセッションでは対称性テストにおいて平均78%の正答率が示された。これらの報告は、様々な見本刺激を使って対称性を直接訓練することが、刺激による関係の制御の成立に効果がある可能性を示唆しているといえる（同様な主張は Schusterman & Kastak, 1993 にも見られる）。

このような説明を受け入れるならば、Dugdale & Lowe (1990) での一貫した対称性不成立も、刺激数の少なさによるものと考えることができる。

他にも、対称性が認められたという報告がいくつかあるが、いずれも典型的な条件性弁別訓練にいくらかの改変を加えた手続きを用いている。Tomonaga, Matsuzawa, Fujita, & Yamamoto (1991) では、1頭のチンパンジーにおいて、それほど高い正答率ではないが統計的に有意な結果が得られた。そして、その正答率は同一クラスの見本刺激と比較刺激に分化的な刺激を随伴させることによってさらに上昇することを見出した。また、カニクイザル *Macaca fascicularis* において、同じクラスの見本刺激と比較刺激に同じ反応型を要求することによって、対称性の創発が示されたという研究がある (McIntire, Cleary, & Thompson, 1987)。後述するが、これには方法論上の問題が指摘されており (Saunders, 1989)、未訓練刺激対における対称性の創発であるかどうかは、刺激等価性の定義と関連する問題としていまだに議論が分かれたままとなっている。

現在までのところ、典型的な条件性弁別訓練手続きを用いて対称性が示されたということの最も確実な報告は、カリフォルニアアシカを用いた Schusterman & Kastak (1993) であろう。彼らは、見本刺激が比較刺激の選択時に呈示されつづけているという同時見本合わせ手続きを用い、30対という通常の実験で用いられるよりもはるかに多い刺激対について条件性弁別課題を訓練した。課題獲得後、そのうちの一部の対について対称性、推移性、等価性のテストと訓練とを繰り返し行った結果、未訓練刺激対においてそれぞれの関係の転移が見られた。チンパンジーのアイにおける結果を合わせて考えると、この結果もまた、ヒト以外の動物で対称性が示されなかったのは、視覚という同一モダリティ内の刺激間の両方向的関係について、強化履歴がなかったことに原因があるという可能性

を示唆している (Yamamoto & Asano, 1995)。

以上のように、いくつかの実験はヒト以外の動物においても強化履歴が与えられれば対称性が成立し得ることを報告しているが、ヒトの実験でしばしば見られるように、条件性弁別訓練後に即座に高いレベルで対称性が成立するわけではないことは明らかである。ヒトの生活環境における対称性の経験可能性は当然考えるべき問題ではあるが、他に対称性成立に影響を与える可能性のある要因として、排他による選択が可能かどうかということが挙げられる。条件性弁別訓練のうち、「AならばB」「BならばC」は論理的には「AならばC」を内包しているが、「AならばB」は「BならばA」を内包してはおらず、これが内包されるためには排他的な関係で「AならばB」が成立していなければならないという (Stromer & Osborne, 1982; Yamamoto & Asano, 1995)。対称性が成立しなかった Yamamoto & Asano (1995) のチンパンジーでは排他による制御は見られなかったが、対称性が示されたチンパンジーや (Tomonaga, 1993)、刺激等価性を示したアシカ (Schusterman, Gisiner, Grimm, & Hanggi, 1993) においては排他による選択が可能であったこと、及び、ヒトにおいては排他は子供でも容易に示され得ること (Dixon, 1977; Dixon & Dixon, 1978) を合わせ考えると、排他と対称性との相互の関係についての実験的な解明が強く望まれる。

伝統的な考え方として、逆向連合は偶然に、独立して、順向連合よりも非常に弱く形成されるというものがあった (Cason, 1926)。また、連合とはそもそも予測的な時間関係を含んでおり、一方向的であると主張する見解もある (Rescorla, 1967)。この見解によると、第1事象は第2事象を予言するが、その逆はなく、むしろ、第2事象は、第1事象がないことを予言するものである、という。しかしながら、前述のチンパンジーにおける訓練可能性や、カリフォルニアアシカにおける成功例は、これらの

解釈が必ずしも常に妥当であるわけではないことを例証したといえる。

友永 (1991) は、ヒト以外の動物において対称性の成立が非常に困難であることを、Sidman (1986) で分析された“四項随伴性”という観点から考察している。“四項随伴性”とは、「見本刺激—比較刺激—反応—結果」という、条件性弁別訓練で獲得される関係の概念化である。そして、この枠組みの中で交換可能なのは見本刺激と比較刺激ではなく、機能的に等価な見本刺激どうし、或いは比較刺激どうしであり、見本刺激と比較刺激を逆転させる形での対称性の不成立とは矛盾しない、という。このような、機能により着目した分析は、後述の機能的等価性と刺激等価性との関係の解明へとつながる可能性を提供している。さらに、逆向連合の枠組みにおいて、食物の呈示を刺激とするようなパプロフ型条件づけにおいてポジティブな結果が得られていることは (Hearst, 1989)、対称性が生ずる環境要因としてパプロフ型の条件づけ過程を考慮しなければならないことを示唆している。対称性に関し、多くの不成立の報告がある一方で、成立の報告が少ないながらも存在する以上、今後は、こうした理論的基盤を与えた上での分析がますます必要とされるに違いない。

2.3 推移性

この項での推移性とは、「AならばB」「BならばC」という訓練の後、「AならばC」という関係が成立することにより示される推移性を指している。まれに、推論的推移性 *inferential transitivity* との区別のため、連合的推移性 *associative transitivity* と呼ばれることもある (D'Amato et al., 1985)。

ここで、等価性の枠組みにおける推移性と、推論的推移律課題によって示される推移性との違いを明らかにしておきたいと思う。推論的推移律課題においては、一般に、価値の異なる刺激間の関係が問題となる。典型的には $A+B-$ 、 $B+C-$ 、 $C+D-$ 、 $D+E-$ ($+$ は強化、 $-$ は非強

化を示す) という関係が訓練によって初めに与えられ、テストではこれまで呈示されたことのない BD 対に対する反応が評価される。ここで、前訓練での関係に基づいて B を選んだ場合、推論的推移律に基づいて反応した、とされる。これまでに推論的推移律は 4 歳の子供で確認されたほか (Bryant & Trabasso, 1971), チンパンジー (Gillan, 1981), リスザル *Saimiri sciureus* (McGonigle & Chalmers, 1977), アカゲザル (Treichler & Van Tilburg, 1996), ラット *Rattus norvegicus* (Davis, 1992) においても示されてきている。この推論的推移律についての説明として、順序を持つ項目の空間的表象を利用できることが必要であるとの説や (D'Amato, 1991), 課題の空間的処理を強調した空間的符号化仮説 spatial coding hypothesis (Davis, 1992) など様々な解釈が出されているが、現在最も注目を浴びているのが von Fersen, Wynne, Delius, & Staddon (1991) が提出した価値転移説 (Value Transfer Theory: VTT) であろう。一方では、そのような特別な理論化は必要ではなく、連合論だけで説明可能であるという立場もある (Couvillon & Bitterman, 1986, 1992)。

推論的推移律と刺激等価性の推移性とは、あるいくつかの刺激間関係を直接訓練し、その後、訓練していない対を呈示して創発的な関係的制御を評価するという点では似ている。しかし、両者の違いを挙げれば次のようなものがある。第 1 に、等価性実験での推移性テストはクラス間のテストであり、推論的推移律実験におけるテストはクラス内の刺激間関係を問題としている (Higa & Staddon, 1993)。第 2 に、等価性実験での推移性が同値刺激間の関係 (例えば $A=B=C$) における特性であることとは異なり、推論的推移律課題では何らかの次元において順位を含んだ異なる項目間の関係 (例えば $A>B>C$) に焦点が当てられている。つまり、前者では全く任意に等価なものとして関係づけられた刺激間の関係における推移性を指すのに対し、後者ではある次元軸に沿った項目間の順

位を含んだ推移性を指している。従って、推移性が示されるために必要な条件が、前者では刺激間の等価関係の成立であり、後者においては次元軸に基づいて項目を並べる表象能力であるとするれば、これらを可能にする認知的要因が完全に一致するとは思われない。また、前述のように、推論的推移律の成立に関して強化率のみによる説明ができる可能性があることも (Couvillon & Bitterman, 1986, 1992), 等価性実験における推移性が前提となる「A ならば B」, 「B ならば C」という関係が与えられた後に創発的に成立する特性であることに比べれば、両者は根本的に異なるものであるとするのが妥当であろう。

等価性の枠組み内での、ヒト以外の動物における推移性については、対称性よりも多くの研究でその成立が報告されている (Premack, 1976)。同じ研究内でも対称性は示されなかったが推移性は示されたという報告もいくつかある (D'Amato et al., 1985; Yamamoto & Asano, 1995; 村山・鳥羽山, 1997)。また、推移性は概念的には等価性の成立の前提条件に含まれているが、これを支持するように、等価性の成立が報告された Schusterman & Kastak (1993) のアシカも、推移性の成立を示している。

ハトにおける推移性については不成立と成立という両方の結果が得られている。D'Amato et al. (1985) では、1 セッション 48 試行で約 170 から 190 セッションの訓練がなされたが、ハトは対称性も推移性も示さなかった。一方、成立を報告した研究として、Kuno, Kitadate, & Iwamoto (1994) では、標準的な 3 キーでの見本合わせ訓練が行われたが、この実験では見本刺激は 3 つのキーのいずれかにランダムに呈示された。これは、見本刺激が中央キーにのみ呈示されることがほとんどであった先行研究に比して特徴的な点である。もう一つの特徴は、1 セッション 72 試行で AB, BC 関係を約 160 という非常に多いセッション数にわたって訓練していたことで、これは、同様にハトを被験体と

した Lipkens et al. (1988) などよりもはるかに多い数である。また、カニクイザルを被験体とした McIntire et al. (1987) とは異なり、ヒトにおけるネーミングに相当するとされる分化反応を要求せずとも推移性が示されたことから、著者らは、ヒト以外の動物における刺激等価性は言語とは直接関係ないという主張を行っている。両報告とも1クラス2刺激ずつ計6種類の刺激が用いられたが、このような矛盾する結果が得られた原因として考えられるのが、前者ではAB関係獲得後にBC関係が訓練されたが、後者では前提となる条件性弁別訓練がすべて同じセッション内に現れるという手続きを採用していたことである。しかしながら、Kuno et al. (1994) の成立報告の後、新たな刺激を用いて追試を行ったところ、6羽中1羽のみにおいて統計的に有意な結果が得られたものの、他個体においてはすべてチャンスレベルのパフォーマンスにとどまったため(久能・岩本, 1995)、その一般性について疑問視されている。ところで、D'Amato (1991) では、推移性が示されるのは最初の刺激Aの呈示によって活性化された刺激Bの表象が、該当するC刺激の表象の選択を媒介し、テスト試行においてこれらの刺激が機能上は見本刺激となったからである、とする連合学習的な解釈を行っている。彼はまた、ハトにおいて推移性が示されなかったことは、これを行うための高度に統合された見本刺激の表象が形成されなかったからであるとし、この能力は脳の皮質構造における違いに依存するという推測を行っている。しかしながら、このような表象による説明を受け入れずとも、同じセッション内でAB, BC関係の4種の試行すべてが訓練された場合、クラスBは見本刺激と比較刺激の両方として登場していたため、この履歴が推移性成立に寄与していたと考えられる。従って、D'Amato et al. (1985) の3羽の被験体中1羽においては推移性を示唆する正答率が示されていることや、一般性は乏しいとはいえ、Kuno et al. (1994) において推移性が示されて

いることから、不成立の原因を脳の根本的な器質的相違に帰するのは時期尚早であるかと思われる。

3. 多対一 (many-to-one : MTO) 見本合わせ

刺激等価性の定義を“刺激間の交換可能性”に広げるならば(例えばGreen & Saunders, 1998)、刺激クラスを形成するための手続きは「AならばB」、「BならばC」の条件性弁別に限られてはいない。Zentall, Urcuioli らによってハトを用いて多く報告されてきた多対一見本合わせはその一例で、ここでの刺激クラスの形成過程は共通符号化 common coding と呼ばれている。共通符号化とは、ある共通の刺激との連合が与えられることによって発達してきた、刺激間の関係のことをいう(Zentall, Sherburne, & Steirn, 1993)。これは文字通り、複数の見本刺激に対して共通の比較刺激の選択が要求されるという見本合わせ手続きであるが、刺激クラスが形成されたかどうかを評価するために、次に挙げるようないくつかの方法が用いられている(Zentall, 1996)。

3.1 訓練の転移による評価

典型的には、訓練フェイズ1で符号化された2つの刺激のうち、一方に対してフェイズ2では異なる刺激が伴われるという訓練がなされる。そして、続くテストにおいて、他方の対に対する転移を評価するというものである。Urcuioli, Zentall, & DeMarse (1995) では、フェイズ1でのMTO見本合わせにおいて十字と青色に対して垂直線、四角と白色に対して水平線の選択が訓練され、その後のフェイズ2では比較刺激を共有する2つの見本刺激のうち、一方に新しい比較刺激が伴われた。すなわち、十字に対して赤色、四角に対して緑色の選択が訓練された。すると、続くテストにおいて、他方の刺激の下でも同じ刺激を選択すること、つまり、青色に対して赤色、白色に対して緑色

の選択が示された。さらに、この手続きを拡張した実験として、Wasserman, Devolder, & Coppage (1992) は、ハトを被験体として、花、椅子、人、自動車の4つのカテゴリーからなる刺激を用い、これを2つずつ2対に分け、各対のカテゴリー刺激に対して共通の位置のキーに反応することが訓練された。その後、各対の一方のカテゴリー刺激に対して新しいキー位置への反応を訓練すると、対になっている別のカテゴリー刺激の下でも、反応位置における転移が見られた。また、Astley & Wasserman (1998) では Wasserman et al. (1992) と同様なデザインによって、カテゴリー間だけでなくそのカテゴリー内の既訓練刺激から未訓練刺激への般化を示している。

3.2 遅延時間中の刺激挿入の効果による評価

Zentall, Sherburne, & Urcuioli (1993) では、フェイズ1でMTO見本合わせ訓練がなされた後、フェイズ2において、一方の見本刺激呈示の終了と比較刺激呈示までの間に遅延時間が入れられた。続くテストでは、遅延時間中にフェイズ1で比較刺激を共有していたか、或いは共有していなかった見本刺激のいずれかが挿入された。その結果、フェイズ1での学習が速かった群では、比較刺激を共有していた見本刺激の挿入により遅延見本合わせにおける正答率の上昇が促進され、共有していなかった見本刺激の呈示は正答率に妨害的に作用した。一方、フェイズ1での学習が遅かった群では、挿入された見本刺激の特性にかかわらず両方とも妨害的に働いた。このことは、後者では、もとの訓練場面において共通符号化がなされていなかったか、或いは非常に困難であったため、テストで挿入された刺激が新奇刺激として扱われたためと考えられる。

3.3 部分的反転対全反転による評価 partial versus total reversal design

この評価法は、例えば、2つの比較刺激に対

してそれぞれ2組ずつのMTO見本合わせが訓練された後、各組の一方の比較刺激が他方のそれと交換され(反転)、その後の再学習の速さによって初めのフェイズにおける共通符号化を推測するというものである。Zentall, Steirn, Sherburne, & Urcuioli (1991) では、見本刺激としての2種の色と2種の線分に対し、比較刺激として2種の形が用いられるという共通符号化の手続きが含まれた4種の象徴見本合わせが訓練された。そして、フェイズ2で被験体は次のような3群に分けられた。“色”群では2種の色見本刺激に対する比較刺激が交換され、“線分”群では同様に2種の線分刺激に対する比較刺激が交換され、“色—線分”群では両方の属性の組み合わせとも交換された。つまり、前者の2群では、一方の属性を含む見本合わせの組み合わせしか比較刺激が交換されておらず、他方の属性の組み合わせは温存されていた。その結果、前者の2群(色群, 線分群)の方が、色—線分群よりも、比較刺激交換後の課題獲得が遅いことが示された。つまり、符号化がなされたと考えられる両方の対でそれぞれ比較刺激が交換される方が、一方の対のみ交換される場合よりも再学習が速かったのである。中でも、反転が色見本刺激の組み合わせでなされる群の方が速く再学習していたことから、ハトが、形見本刺激を、比較の手がかりとして用いやすい色見本刺激によって符号化していたと解釈できる(Zentall, 1996)。また、同様な論理により、Nakagawa (1999) ではラットを被験体として、Y字型迷路を用いた弁別訓練において、過剰訓練が行われた全反転群でのみ刺激クラスの形成を示唆する結果を得ている。

3.4 課題間の転移の速さによる評価

もし、刺激クラスが形成されていれば、転移の程度はクラスの成員とそうでないものの間におけるよりも、クラス内の成員間の方が大きいことが予測される(Zentall, 1996)。この予測に基づき、Kaiser, Sherburne, & Zentall (1995)

ではハトにおいて、MTO 見本合わせの訓練後に単純な継時弁別訓練を行った。ここで、同じ比較刺激の選択を訓練された見本刺激に同じ結果（例えば餌）が伴われると、そうでない場合に比べて弁別学習の習得が有意に速いことが示された。これも、初めの MTO 訓練において共通の比較刺激による符号化がなされていたと解釈できる結果である。

3.5 保持曲線の傾きによる評価

Urcuioli, Zentall, Jackson-Smith, & Steirn (1989) では、色と形を用いて、見本刺激と比較刺激の数がそれぞれ 2-2, 2-4, 4-2, 4-4 の遅延見本合わせを行う 4 群が設けられた。このうち、4-2 群でのみ共通符号化が可能な MTO 手続きとなっている。その結果、4-2 群でのみ、見本刺激が色であるか形であるかに関わりなく、比較刺激を共有する対では同様な保持曲線が示され、他方、他の群では一貫して色見本刺激の保持の方がよいことが示された。もし、遅延見本合わせにおいて展望的 prospective、或いは回顧的 retrospective な符号化がなされていれば、それぞれの属性に異なる曲線が描かれることが予測されるが、4-2 群で属性に関わりなく同様な曲線が示されたことは、両方の属性の刺激を同じものとするような符号化がなされていたことを示唆している。

3.6 共通の履歴による符号化

Zentall らによる共通符号化の研究文脈とは少し離れるが、ハトを用いた Vaughan (1988) においては、任意に分けられた 2 群の刺激に対して、強化、或いは非強化といういずれかの結果が伴われ、正答率が高くなるとそれまでの随伴性が逆転されるという手続きが繰り返された。その結果、逆転後少数の刺激を経験するだけで、同じ群の他の刺激に対してもその時の随伴性に適切に反応するようになることが示された。Zentall (1996) は、これは、強化・非強化という結果を共有することで符号化がなされ、

刺激クラスが形成されたものとして解釈している。なお、Vaughan (1988) に関する議論は、等価性成立の項で再び詳述することにする。

こうした一連の共通符号化の手続きは、共通の比較刺激で結びつけられた見本刺激間の機能的等価性を生み出すと論じられている (Urcuioli & Zentall, 1993)。また、それは、一般的な条件性弁別による検討というよりもパプロフ型条件づけにおける感性的前条件づけ sensory preconditioning の手続きに類似していることから、オペラント条件づけを用いて成立した等価関係に含まれる、パプロフ型条件づけの要素の分析へと近づける可能性を持つ枠組みであると期待される。

4. パプロフ型条件づけによる等価性の成立

本稿では Sidman を中心に進められきたオペラント条件づけの枠組みでの等価性研究を中心に紹介してきたが、一方では初めに紹介した Hull (1939) の伝統を受け継いだパプロフ型条件づけの枠組みによる等価性研究もなされてきている。この研究分野も独自の長い歴史を有しているため、本稿では、パプロフ型条件づけの枠組みによって見出されたいくつかの現象は、これまで見てきたオペラント条件づけの枠組みによる等価性研究に対して別の観点からの示唆を与え得る、という可能性の紹介をするにとどめたいと思う。

4.1 感性的前条件づけ

オペラント条件づけの枠組みでの等価性に対応するパプロフ型条件づけによる知見として、代表的には前項で触れた感性的前条件づけが挙げられよう。典型的には、まず、フェイズ 1 において刺激 A と刺激 B が対呈示される。次に、フェイズ 2 では刺激 B にのみ無条件刺激が対呈示されるという条件づけがなされる。フェイズ 3 ではテストとして、刺激 A のみが呈示される。このとき、刺激 A に対してもフェイズ 2 で

獲得された条件反応が生じたならば、フェイズ 1 において刺激 A と B が等価なものとされたためである、と解釈される (Hall, 1990)。

このような感性的前条件づけ過程によって、刺激等価性の典型的訓練、すなわち、「A ならば B」、「B ならば C」の条件性弁別訓練後の「A ならば C」という推移性についての分析が可能である。つまり、「A ならば B」という条件性弁別訓練によって A は B の表象を活性化できるようになり、かつ、刺激 B の下で適切な行動 (例えば選択反応) が喚起されるようになったとき、推移性が示されることが形式的には同じく予測できる。

Brogden (1939) による最初の報告以来、感性的前条件づけ手続きは初期訓練 (フェイズ 1) において 2 つの刺激 A と B が継時的に呈示されることが多かったが、同時に呈示されたときも同様な効果が見出され (Rescorla & Cunningham, 1978)、さらにはその方が効果的であるということも報告されている (Rescorla, 1980)。

Hall (1990) によれば、A → B の順で継時的に呈示される感性的前条件づけの手続きはある結論を引き出すことを可能にするような 1 つの前提条件を作り出すものであるが、A と B が同時に呈示される場合を含めて考えると、「A は B と一緒である：A and B go together」という情報が初期訓練で獲得されると考える方が妥当であるという。一方、Rescorla (1981) などの解釈では、刺激が同時呈示されることにより、対称的リンクの形成が可能になり、その結果、A は B、B は A の表象を興奮させることができるようになるとしている。つまり、同時呈示手続きの場合、被験体は刺激の要素ではなく、複合刺激のある未分化な表象を形成していると仮定され、感性的前条件づけとは刺激間の等価性が成立したことを示す事実ではなく、AB 複合刺激の下での学習が知覚的に類似する A 或いは B に般化したものであるとも考えることができるのである。この解釈は、等価関係の成立

を可能にさせている要因の 1 つを考えると、考慮すべき問題なのではないだろうか。

4.2 獲得性の等価性 acquired equivalence

獲得性の等価性とは、古くは、Miller & Dollard (1941) が推論の説明に用いた概念である。そこでは、ある共通の言語ラベルを複数の対象に対してつけると、つけられた全対象内に共通の手がかりが生み出され、その手がかりを持つ別の対象に対しても同じ言語ラベルをつける行動が転移するという事実が指摘されているが、これはまさに、共通のネーミングをすることにより成立した刺激間の等価性を示すものであると言えよう。

獲得性の等価性についての代表的実験として、Honey & Hall (1989) では次のような手続きが用いられた。この実験では 3 つの聴覚刺激 A, B, C が用いられ、まず、一方の群では (A+B+C-群) A と B の下では餌が得られるが C の下では得られず、他方の群では (A-B+C-群) B の下でのみ餌が得られ、A と C の下では餌が得られないという学習がなされる。つまり、前者では A と B、後者では A と C の結果が共通になっている。次のフェイズでは両群とも A に対してのみフットショックが対呈示され、これにより A は条件性恐怖反応を喚起するようになる。そして、テストとして、B と C の下でのレバー押し反応の抑制を評価すると、各群は初めのフェイズで同じ処置をされた刺激、すなわち、A+B+C-群では B、A-B+C-群では C の下でより反応が抑制されることが見出された。この現象は、次のように解釈される。初めのフェイズにおいて A と B の間に共通の条件反応の生起を通じた交換可能な関係が形成され、第 2 フェイズにおいて A に対してショックが呈示されたとき、A が導く条件反応によって誘発されたなんらかの手がかり刺激がショックと連合する。そして、テストにおいて A と同じ結果によって連合していた刺激の下でも、A に対する反応が喚起されるということになる。つ

まり、彼らの説明は、共通の結果が伴われる刺激どうしは、等価なものとして扱われるということであり（これを支持する結果として Colwill & Rescorla, 1988 などがある）、オペラント条件づけの枠組みによる Vaughan (1988) や McIntire et al. (1987) の結果にも適用可能なことになる。

パプロフ型条件づけにおける推移性と解釈できる実験として、Holland & Straub (1979) では、初めのフェイズ1ではノイズをCS、餌をUSとしたパプロフ型条件づけがなされ、条件反応として餌への接近行動が訓練された。続いて、フェイズ2で餌を食べた後に塩化リチウムが注射されると、その後のテストにおいては、ノイズの下での接近行動が減少した。三段論法的に書けば、これは、「ノイズならば餌」「餌ならば吐き気」の後に、「ノイズならば吐き気」という推移性に基づいた行動が示されたものであるとされる。

4.3 連合学習理論による等価性の解釈

以上のように、パプロフ型条件づけの枠組みのいくつかの実験では、オペラント条件づけの枠組みによるものと類似する結果が得られていることがわかる。

刺激の対呈示が刺激表象の活性化へと導くとする考えによれば、とりわけ推移性の成立は彼らの予測を満たすものであろう。Hall (1996) はAB訓練によって、AはBの表象を活性化するようになり、同様に続くBC訓練においてBはCの表象を活性化ようになる。その結果、テストにおいてAが呈示されたとき、比較刺激の選択前にAはBの表象を活性化しているので、この表象がCの選択を導くと考えられる。つまり、連合学習が推移性の形成を説明するのに十分であるとする。そうすると、Kuno et al. (1994) のハトにおける成功についても、刺激に対して10回の反応を要求するという手続き上の特徴が、見本刺激による比較刺激の表象の活性化をより強力にさせたためと解釈することが

可能になる。

また、Hall (1996) の解釈によれば、Sidman (1971) において用いられた訓練手続き、すなわち、AB、AC訓練後のBC関係の成立というタイプの手続きにおける成功も、同様に解釈できることになる。すなわち、AB訓練によってAはBの表象を活性化させ、AC訓練によってAがCの表象を活性化ようになる。これにより、Aが呈示されたとき、BまたはCの表象が喚起され、それがそれぞれC、或いはBの正しい選択を導く。このような表象—正反応関係がBCの等価関係を可能にさせるというのである。

しかし、これは1つの刺激に2つの刺激を結びつける Sidman (1971) で用いられたタイプの等価性成立を解釈することはできても、AB、BC訓練後のBA及びCB対称性、CA等価性の成立をうまく説明できない。なぜならば、そこには逆向連合の成立を含めなければならないからである。Hall (1996) は後者の手続きによる等価性成立が動物で非常に成立しにくいことを挙げて、動物は連合学習に大きく頼る一方で、ヒトには別の学習過程が存在するのではないかと述べている。

他にも、最近、等価性の理解を深めるにあたって、刺激クラス形成におけるパプロフ型条件づけの媒介的な役割の可能性を強調したり (Urcuioli & DeMarse, 1997)、パプロフ型条件づけ後の条件刺激と無条件刺激間の条件性弁別テストを考案したり (Sidman, 1994)、オペラント条件づけとパプロフ型条件づけの間に引かれた区別の妥当性を見直そうとするなど (Rehfeldt & Hayes, 1998)、両条件づけ過程を包含した等価性理解の試みがなされ始めている。互いの枠組みによって得られた知見間の類似性を見ると、等価性をどのように捉えるかといった方法論についての根本的な見直しはもちろんのこと、等価性という現象についての概念的分析、とりわけ最も基礎的な過程からの分析もまた、ますます必要とされてきたように思われる。

5. 等価性成立の報告とその問題点

この項では、ヒト以外の動物において等価性が示された、とされる研究を取り上げるが、後述の通り、それらのすべてに、等価性の成立についての同意が得られているわけではない。ここでは、どのような手続きを用いて等価性が得られたとされ、それがどのような議論を引き起こしているかを紹介する。

5.1 ネーミング行動のモデル化—McIntire, Cleary, & Thompson (1987)

ヒトの見本合わせなどの実験事態においては、ある刺激の下で特徴的な反応型、例えばネーミングなどを自発することが可能である。そこで、McIntire et al. (1987) では、刺激等価性の形成において、このような分化した反応型を自発することが刺激等価性を確立する上で機能的に重要であるのかもしれないという可能性を検討するために、カニクイザルを用いて2種の分化反応を要求する色刺激の見本合わせ課題を考案した。3種の色刺激からなる2つの刺激セットが設けられ、いずれかのセットから見本刺激が呈示されると、それに対しセット内の刺激に共通の分化反応—3.5秒間キーを押したままにするか、キーに対する8回の反応—が要求された。これが満たされると両セットから1つずつ比較刺激が呈示され、見本刺激と同じセットの比較刺激に対し、再び共通の分化反応をすると正答とされた。このような訓練の後、彼らは見本刺激と比較刺激との間の創発的な関係として対称性、推移性、等価性をテストし、すべてにおいて高い正答率が得られたことを報告した。そして、このような等価性の創発は、ネーミング行動がセット内の刺激を機能的に相互に結び付けたためであると主張した。

さて、Sidman & Tailby (1982) の定式化による刺激等価性では、関心の対象となる関係は直接訓練されていないことが前提となる。ところが、McIntire et al. (1987) の問題点とは、

2つの刺激セット内の見本刺激と比較刺激それぞれに対して異なる分化反応が訓練された上、テスト場面でその分化反応を自発することが強制されていたのである。しかも、この実験では通常のAB、BCの条件性弁別訓練の他、AAという反射性の訓練も含まれていたため、形式的には一見等価性テストに見えるテスト(CA)でも、前提となる構成要素はすべて訓練されていた、という指摘がなされたのである(Saunders, 1989)。すなわち、ここでは見本刺激・比較刺激のそれぞれに対して訓練された共通の分化反応が、訓練時のみならずテスト時にも要求されているので、その分化反応自体が弁別刺激となって反応が行われている可能性がある(山本, 1992)。Saundersはさらに、McIntire et al. (1987)がヒトにおけるネーミングを分化反応によってモデル化したことに関して、ヒトを用いた実験、とりわけ、テスト前の条件性弁別訓練で話し言葉が見本刺激とされ、被験者があるクラスの刺激群に自発的にネーミングを行い等価性が成立することがあるが、この場合、刺激等価性とネーミングは訓練手続きによって出現したものであり、刺激等価性がネーミングにより結果としてもたらされたとするのは節約的な解釈ではない、と論じている(Saunders, 1989)。

5.2 機能的等価性—Vaughan (1988) による問題提起

いくつかの刺激がある機能を共有するとき、それらの刺激は“機能クラス”を構成しているといい、それらの刺激は機能的に等価な関係にあるという。この、“機能的等価性”と見本合わせによって創発された等価性とは、どのような関係にあるのだろうか？

Vaughan (1988) はこれらの関係についての問題提起を行った最初の研究である。彼は、ハトを被験体としたこの研究において、刺激セットが包含する等価関係について、反射性、対称性、推移性、及び等価性とは別の指標、“分割partition”という特性を示すことによって証明

する試みを行った。もし、刺激クラスが数学的な“集合”という概念と対応しているとすれば、クラス内の要素間には何らかの等価関係が成立しているということになる。また、集合は分割可能であり、分割された集合間にも等価関係が存在するはずである。そこで、彼は、任意の20枚のスライドを1セットとしてこれを2セット作成し、各セットを構成する刺激に対する反応はすべて強化或いは非強化のどちらかであるような継時弁別課題を用いて訓練を行った。つまり、刺激クラスAとBが設けられ、クラスA内の刺激への反応がすべて強化されるとすれば、クラスB内の刺激への反応はすべて消去となった。この弁別訓練においてある基準以上の成績が示されると、次のセッションからは各セットに対する結果、すなわち強化・非強化が逆転され、再び基準に達するまで訓練される。その後もこのような逆転が何度も繰り返されるというこの手続きは、反復逆転手続き repeated reversal procedure と呼ばれる。このような逆転を繰り返していくうちに、逆転後の正答率の上昇が急激になっていき、数試行を経験するだけで、つまり、各クラスのいくつかの刺激にさらされるだけで、同じ機能（強化か非強化か）を持つクラス内の他の刺激に対しても適切に反応できるようになっていった。この実験は、逆転手続きを用いている点では、チンパンジーにおいて学習セットの形成を検討した Harlow (1949) と同じである。しかし、これと異なるのは、Vaughan (1988) の被験体は、変化された随伴性を検出するために類似性などの知覚的特性を手がかりとすることはできなかったことである。つまり、刺激を、もたらされる結果に基づいて2クラスに分類することが訓練されていたのであり、もし、一方のクラスのいくつかの刺激の機能、強化か非強化かを知ることによって、クラス内の残りの刺激に対しても適切に反応できれば、それらの刺激は互いに機能的に等価な関係の制御下に置かれている、すなわち、機能的等価性が成立していたと考えられた

(Vaughan, 1988)。彼はまた、ヒトで証明され、ハトでは証明されていなかった等価関係を示すのにこのような異なる手続きが必要であるということは、それぞれにおいて異なる行動のプロセスが作用しているのではないかという疑問を呈し、そのことはまた、言語と等価性との間の関係、或いはハトのパフォーマンスと言語的技能との関係についての理論化に修正すべき点があるという指摘も行っている。

Vaughan (1988) の手続きと結果は非常に明らかであり、Sidman 自身もその後の論文においてかなりの影響を受けたことを認めている (Sidman, 1994)。そのことはまた、刺激等価性を研究する者の間に、等価性の定義についての根本的な一致が得られていないという現状を浮き上がらせることにつながった。

ところが、Hayes (1989) は手続き上の問題から、Vaughan (1988) の結果は刺激等価性を示すものではないという指摘をしている。Vaughan が設定した刺激クラスは、類似性を共有しない任意に分けられたメンバーから成っていたので、その形成は直接訓練によってのみ可能になる。しかし、Hayes (1989) にとって、刺激等価性とは前提となる刺激間関係の直接訓練の後、他の関係が訓練せずに導出されることによって示されるものでなければならぬようであり、直接訓練が与えた共通の機能によって定義された刺激クラス内のメンバーは等価関係にあるとはいえない、と主張したのである。

これに対し、Vaughan (1989) はその回答において、等価関係の定義の仕方には、Sidman & Tailby (1982) による反射性・対称性・推移性からの定義の他、前述のような分割という特性を示す方法がありうるとしている。彼は刺激等価性が言語的能力の基礎であるとの主張に否定的であり、ある単語とその指示対象が等価セットを構成しているとする見方に対しても（例えば Wulfert & Hayes, 1988）、もしそうならば、各クラスのメンバー間に等価関係が示されなければならないが、このような関係が一般に存在

するとは思われないとしている。

定義に関する理論的問題点以外にも、この実験の被験体は等価クラスを形成してそれに応じた反応を示したのではなく、むしろ、個々の刺激に対する反応を数試行の逆転を手がかりに反転させる、という学習セットを獲得しただけであったかもしれない、という指摘もなされている(坂上・山本・実森, 1994)。同様に、機能クラスについての検討を行った Tomonaga (1999) では、1頭のチンパンジーにおいて、2刺激に対する系列的な反応パターンの逆転学習手続きによって、各刺激に対する反応順序に基づいた機能クラスが形成されることを報告したが、厳密な意味での機能クラスの創発とするためには、異なる課題間での転移を見る必要があると考察している。

数学的には、等価関係と分割は同じ構造内の異なる特質を指す用語であるが、両者の行動的対応に関してはいまだ意見の一致はなされていないようである。事実、Sidman et al. (1989) では、3人の被験者中1人において刺激間に機能的等価性が成立しても等価性が成立しなかったことが示されている。Sidman (1994) ではこの不成立は消去テストが理由であると推測されているが、組織的な反復実験がなされるまで、両者の関係、つまり、刺激クラスの論理的特性は、その行動的特性と十分に一致していると仮定されてはならないようである (Catania, 1992)。

5.3 Schusterman & Kastak (1993)

前述の通り(対称性の項を参照)、Schusterman & Kastak (1993) のカリフォルニアアシカを被験体とした刺激等価性の実験は、今までで最も確実な動物における刺激等価性成立の証拠として同意されている報告であろう。なぜならば、彼らが用いたのは標準的な条件性同時弁別訓練であり、得られた結果も未訓練対における等価性の創発という、Sidman & Tailby (1982) の定式化による等価性の要件を

満たすものだからである。この実験が他と異なる点とは、その訓練刺激対の際立った多さである。つまり、非常に多くの例を用いて条件性弁別を訓練し、さらに一部についてはすべての関係を成立させ、その後未訓練対において対称性、推移性、等価性のテストをしたのである。彼らはそれぞれ30種類の任意の図形刺激を含む A・B・C の3つの刺激セットを設け、AB 関係、BC 関係についてはそれぞれ30対すべてを訓練し、その後の対称性、推移性、等価性の訓練は30のうち12対のみを用い、残りの18対は未訓練のまま残しておいた。結果として被験体の1頭のアシカ、リオは十分に高い正答率で等価性テストをパスしていったのである。それでは、もし、この成立が訓練履歴及びテスト経験に決定的に依存していたとするならば、これを説明する行動的原理とは何であろうか？

Sidman はこの報告に関し、アシカがサル・ヒヒ・ハトといった等価性の不成立が報告されている種と比べて、特別に等価関係の成立が可能な種とは思われないと論じている (Sidman, 1994)。その代わり、このアシカが最初の AB 関係成立後の BA 対称性テストにおいて、Sidman et al. (1982) のヒヒやサルと同様に対称性を示さなかったこと、また、3つに分けた刺激対のうち対称性訓練を受けたのはそのうちの1つだけであり、残りの2つについては訓練をしないまま等価性テストをパスしていたことに注目している³。つまり、12対においては直接 BA, CB 対称性が訓練されたが、他の対においては対称性についての直接訓練なしに推移性・等価性が示されたのである。Schusterman & Kastak (1993) は等価性成立に決定的であったのは対称性訓練にさらされたことであると論じている。これは、それまでの先行研究において推移性はしばしば報告されている一方で、対称性は非常に少なかったことを考えれば、妥当な推測ではある。しかし、本当に、刺激般化があ

³Murray Sidman 1999年2月(私信)

り得ない任意の刺激間に、強化随伴性にさらされることなく対称性という関係が転移され、その上、この経験が推移性と結合し、結果として等価性の成立を生みだし得るだろうか？

Sidman & Tailby (1982) の定式化による刺激等価関係とは、創発的成立が示されることが含意されていた。従って、Schusterman & Kastak (1993) におけるアシカの刺激等価性の出現についても、Sidman は著者たちが主張するような“多数の例を経験することによる成立”という解釈には同意しておらず、この解釈にはこれまでに見出されてきた行動原理によつては説明不可能な過程が含まれることになるとしている。そして、もしも多数の例の経験が何らかの役割を果たしているならば、これは、いまだ証明されていない般性対称性 *generalized symmetry* ともいべきものが基礎となっていると想定しているが、その実際の可能性については疑問視している (Sidman, 1994)。等価性が経験の産物によつては成立し得ないとする彼は、対称性訓練が等価性を生み出したのではなく、等価性の成立が対称性を生み出したと考えているのである⁴。

ここで、この等価性成立を解釈する手がかりとなるのは、Schusterman & Kastak (1993) のアシカにおいて、般性同一見本合わせ、つまり、反射性が確認されたことであろう (Kastak & Schusterman, 1994)。前述のように、反射性は条件性弁別訓練を用いた等価性の成立に不可欠な、行動的前提条件である。これまでの等価性実験においては、用いられた被験体において般性同一見本合わせが可能かどうか共に検討した研究は少なく、反射性が本当に等価性成立に必要なかどうかについても理論上論じられているだけであり、組織的な実験はまだなされていない。従って、反射性を訓練し、その成立を確認した個体における等価性の成立、或いはその逆が検討されれば、Sidman による数学的理論に

基づく等価性の定式化と、行動的等価性との関係、或いは妥当性がより明らかになるであろう。

5.4 Manabe, Kawashima, & Staddon (1995)

Manabe, Kawashima, & Staddon (1995) は、被験体にセキセイインコ *Melopsittacus undulatus* を用い、ヒトにおけるネーミングとの比較を試みた研究である。彼らはヒトにおけるネーミングの特徴として、次の4点を指摘している。第1に、ネーミングとは異なる刺激の下でトポグラフィーの異なる反応を自発することであり(刺激-反応結合)、第2に、ネーミングは普通、ネーミングされた事物とそのネームとが任意に関係づけられている(反応の任意性)。そして、第3にネーミングは対応する事物がないときにも用いることができ、最後に、同じネームが、物理的にも全く異なる事物に対して向けられるという創発的な使用がなされ得る、ということである。このような分析に基づき、彼らの実験では次のような手続きが用いられた(実験2)。まず、ある特定の見本刺激に対する特定の分化反応、例えば赤刺激の下では高い声、緑刺激の下では低い声でのさえずり(call)が強化される、という訓練がなされた(色-ネーミング)。また、1羽の被験体においては、色-ネーミングの後に、見本刺激と同じ色刺激を選ぶという、「色-色見本合わせ」が訓練された(実験2, 被験体4)。その後、被験体は見本刺激として新たに2種の図形刺激が呈示される試行を経験した。ここでは図形見本刺激に対して高低いずれかの声でのさえずりが要求されたが、どちらを自発するかは自由であった。つまり、被験体がどちらの分化反応を自発しても正誤には関係がなかったのである。これがなされた後、比較刺激として色刺激2種が呈示され、それぞれの図形刺激に対応した選択が強化された(図形-色見本合わせ)。1セッション中に色-ネーミング或いは色-色見本合わせと、図形-色見本合わせの2種の見本合わせが訓練された。すると、図形刺激に対して要求されたさえずりは分

⁴Murray Sidman 1999年2月(私信)

化的である必要がなかったにもかかわらず、訓練された色（赤/緑）—ネーミング（高/低のさえずり）関係に基づいた反応が示されるようになったのである。この実験について、Sidman (1994)は、初めの「色刺激—さえずり反応—強化」という三項随伴性を含む2種の条件性弁別と、その後に行われた「図形刺激—色刺激—選択反応—強化」という四項随伴性を含んだ条件性弁別において、共通の色刺激に基づいて刺激クラスの結合 class union が成立し、初めは色刺激に対してのみなされていたさえずり反応が、同じ刺激クラスの成員となった図形刺激に対してもなされるようになっていった、と解釈している。そして、この報告を、等価関係の成立には三項随伴性だけで十分であるということをも最も決定的に証明をした研究であると評した (Sidman, 1994)。Manabe et al. (1995) で得られた結果は、Dugdale & Lowe (1990) や Hayes (1989) のように、等価関係の形成には対称性についての強化履歴が必要であるとの主張に対する反証となり得る。また、別の実験ではさえずりという音声反応ではなく低反応率分化強化スケジュール (DRL)、固定比率スケジュール (FR) におけるスケジュールパフォーマンスを分化反応の指標として用いても同様な結果が得られたことから (Sidman, 1994)、等価関係の成立には音声反応による媒介が必要であるという主張に対する反証ともなったのである。

この実験では、McIntire et al. (1987) のように、分化反応が強制される事態ではないのに、被験体が自発するようになっていくところが非常に興味深い。すなわち、ネーミングが等価性を媒介する（例えば Dugdale & Lowe, 1990）のではなく、等価性の成立に伴いネーミングが発達していったのである。また、もしも等価クラスの形成がセキセイインコのネーミング出現率のように漸進的なものであるとすれば、以前の研究のように、訓練後数セッション内で数試行のテストを行うような手続きは、等価クラスの形成能力を過小評価していた可能性があること

ということにもなる。

ところが、最近、Saunders & Williams (1998) は、この実験中、同一見本合わせが訓練された個体における創発的なネーミングは、偶発的に強化されていた可能性を否定できないものであるとの指摘を行っている。実験2の被験体4を例にすると、まず、訓練において色刺激—発声—色刺激という連鎖が形成されたとする。この時点で、発声—色刺激のユニットが直接強化を受けて形成されていると考えられる。そして、その後のテスト事態において、色刺激の下で図形刺激の選択が分化強化された。このことは、すでに形成されていた発声—色刺激ユニットが偶発的に強化されていたことを示唆している。このように解釈すれば、セキセイインコが自発的に図形刺激に対応した発声を行ったのは、形成済みのユニットが色比較刺激の選択という反応とともに表出したことを明確に示す事実であったと考えることができるのである。

しかし、Saunders & Williams (1998) では、テストにおいて、見本刺激と比較刺激を同じとする同一見本合わせを行わせることによって評価するのではなく、比較刺激を今まで用いなかった新奇な刺激に置換えて象徴的な見本合わせにするだけで、偶発的な強化の可能性を排除できるような統制条件とすることができると提案している。Saunders (1989) の批判と同様、このような理論的な分析は手続きの洗練化になくしてはならないものであろう。

他にも、この Manabe et al. (1995) の手続きに関しては、パプロフ型条件づけの過程が含まれていたことも示唆されている。すなわち、1. 赤見本刺激—さえずり（低）、2. 図形見本刺激—赤、3. 図形見本刺激—さえずり（低）、が順次呈示されていったことになり、形式的にはパプロフ型二次条件づけの典型的な手続き、すなわち、初めに条件反応が獲得された条件刺激 (CS 1) に対して別の刺激 (CS 2) が共に提示された結果、CS 2 に対しても同様な条件反応が示されることと一致するからである。このよ

うに、前述のパプロフ型条件づけによる等価性研究から得られた知見が示すごとく、オペラント条件づけとパプロフ型条件づけの相互作用の可能性は、この報告により今後ますます考慮すべき理論的問題点となったように思われる。

なお、この Manabe et al. (1995) と同様の手続きを用い、Sidman はヒトにおいても反応が等価クラスの成員となることを支持する結果を得たという⁵。この実験は条件づけ過程の存在についての細かな分析を可能にさせるデザインであり、ヒトだけでなく様々な種を用いた組織的な反復確認が期待される。

6. 刺激等価性研究の今後

Sidman et al. (1982) の刺激等価性についての異種間比較以来、様々な種と、様々な手続きを用いた研究による知見が蓄えられてきた。また、近年では、上述の通りパプロフ型条件づけとの関連や、従来とは大幅に異なるような手続きを用いた研究が、少ないながらも提出されてきている。一方で、通常の条件性弁別手続きに様々な変形を加えたりすることによって、等価性が示された、示されないという議論が続けられている傾向があることも否定できない。これは、刺激等価性についての定義がいまだ広い同意を得ていないことにも起因しているのであろう (Hayes, 1989)。また、随伴性にさらされることなく新しい刺激間関係が創発することを可能にする行動的原理を特定する理論もない。そのため、標準的な条件づけ理論を超えた過程を想定するのは早いと警鐘を鳴らす立場もあるが (Hall, 1996)、いまだ納得の行く形で等価性の成立を説明できる理論は存在せず、Sidman による“これ以上還元不可能な行動的単位” (例えば Sidman, 1990) という説明を受け入れざるを得ない状況にあるとも思われる。

筆者は、今後の刺激等価性研究において以下の4点が不可欠であると考えている。第1に、

手続きの再検討である。これまでの研究では、手続き上の詳細が、動物の等価関係形成能力を過小評価してきていた部分が否めない。前述のように、Wright et al. (1988) は毎試行異なる刺激を用いた手続きによる同一見本合わせの獲得と般化を示し、Manabe et al. (1995) では被験体の行動を関係形成に取り入れることによって、セキセイインコによる創発的かつ自発的ネーミング行動の可能性を確認することができた。これらの事実が示すように、初期の、視覚刺激のみを用いた標準的条件性弁別手続きをすべての種に当てはめるだけでは不十分であることは、明らかである。さらに、パプロフ型条件づけにおいて刺激の同時呈示が双方向の関係を形成可能であるという事実も、ヒトとそれ以外の動物に用いられる手続きの公平性を期するために考慮すべき問題であろう (Hall, 1996)。また、革新的な手続きの考案が期待される一方で、同じ手続きを用いたヒトから動物、動物からヒト、という双方向からの異種間比較は、今後行われなければならない課題として残されている。

第2に、刺激等価性の形成についてヒトを含めて比較検証するならば、個体の強化履歴をより考慮すべきであろう。Schusterman & Kastak (1993) のアシカは、非常に多くの刺激セットによって訓練されたが、これらのセットがより決定的であったのか、あるいは彼らがそれまでに受けてきたジェスチャーなどのシンボル使用訓練における何らかの要素が、当該の訓練以上の強化履歴を与えてきたのかは不明である。また、前述のように、対称性についていくつかのテストと訓練を繰り返すことによって成立し得ることが、チンパンジーを用いた実験において示されている。限られた実験期間内でも次第に成立していくことは、環境内での対称性のメンテナンスの重要性を示唆する事実であり、もし、等価性の成立が系統発生的に連続するものであるとすれば、ヒトにおける幼児期からの成立は、環境の質的な違いに由来するも

⁵Murray Sidman 1999年2月 (私信)

のである可能性が高くなるといえよう。

第3には、他の認知機能との関係を明らかにすることである。Sidmanによる定式化を構成する3つの特性間の関連でさえ行動的には明らかになってはいない。そこで必要とされるのは、Vaughan (1988) が等価性の特性として、Sidman たちが提唱してきた4つの要件とは異なる“分割”という数学的概念からのアプローチを試みたような、抜本的な視点の転換である。また、近年、ヒトにおける刺激等価性の成立にはネーミングが決定的に重要な役割を果たしているという解釈が提出された (Horne & Lowe, 1996)。この解釈については賛否両論あるようであるが、言語に大いに依存する私たちにとっては自然と了解できる考え方であるように思われる。McIntire et al. (1987) の研究は、これと同じ想定でなされたものであり、前述のような問題点はあるものの、ネーミングのモデル化としては、他の種や他の刺激を用いた実験への適用可能性の高いデザインであるといえよう。しかし、前述のように等価関係がネーミングを促進させたという知見も得られているため (Manabe et al., 1995)、これをどの程度動物における等価性理解の参考にできるかは全く未知数であるが、記憶、カテゴリー化、内的表象の形成能力といった、異なるパラダイムにより研究されている知見との接点を見つけていく必要があるだろう。

Dube et al. (1993) によれば、刺激等価性がヒトにおいては認められ、ヒト以外ではほとんど見出されていないことについての2つの解釈があるという。一方は質的相違を仮定する解釈であり、ヒトとそれ以外の動物と神経システムが異なることを反映させている、とする主張である。今後、技術的な発展の助けを借りてこの分野からの発見は増大していくに違いなく、生理学的な基礎に由来する種特異性が明らかになる可能性は十分にある (例えば Bunsey & Eichenbaum, 1996)。そしてもう一方は量的相違を仮定する解釈である。これは、ヒト以外の

動物で刺激等価性が示されないのは、それに必要な行動的前駆反応を実験外で獲得する機会がない、あるいは少ないから、とする主張であり、行動分析学的研究においてしばしば主張される見解である。すなわち、刺激等価性は特定可能な行動的履歴から生じた行動であり、この見方は、前述の Schusterman & Kastak (1993) や Yamamoto & Asano (1995) の刺激等価性成立の報告や示唆によって一層可能性ある解釈となったと言えるだろう。

とりわけ、後者の観点から、テスト方法の改善が様々に図られ、刺激等価性に関連する実験手続きはより確実な証拠が得られるように洗練されてきたと思われる。反射性についての確実なテスト法の分析と提案は、その一例であろう (Dube et al., 1992; Kastak & Schusterman, 1994)。しかしながら、刺激等価性がヒトに特異的能力であるとの伝統的な主張に基づいて、ヒトで得られた事実を動物においても引き出そうという試みが必ずしも適当でないこともあるだろう。

そこで、筆者が等価性研究に不可欠と考える最後の点は、室伏 (1997) が論じたように、対象とする動物が刺激等価性のような行動をどのように利用しているのか、そして、その個体の生活にとってどんな意味があるのかを特定することである。近年、Schusterman & Kastak (1998) は、等価性の成立について興味深い説明を試みている。彼らが実験の対象としているカリフォルニアアシカでは、自然場面において、狩りから帰ってきた母親と子供との間で発声コミュニケーションが行われる。ここには、聴覚刺激、視覚刺激、嗅覚刺激などの複数のモダリティが含まれており、これらのいずれの手がかりを用いても互いの同定が可能であり、これが共通符号化を構成しているという。また、彼らは Cheney & Seyfarth (1980) によるベルベットモンキー *Cercopithecus aethiops* の例を、ヒト以外の動物における等価関係の成立として分析している。これは、ベルベットモンキーの子供

の叫び声をプレイバックして聞かせると、他個体がその子供の母親の方を向く、ということが見出された報告であり、Schusterman & Kastak (1998) によれば、「子供の叫び声—子供」「子供—母親」「子供の叫び声—母親」という3メンバーからなる等価性が成立している事実である、という。もちろん、これは理論的な分析にとどまっているが、刺激等価関係の成立を可能にする基盤として種特異的な社会関係を指摘したという点で、新しい見方を提供したといえる。他にも、社会的認知のような一見高次な認知機能を必要とするように見える現象も、刺激間の随伴性、或いは連合過程を想定することによって分析可能であるとの見解があることから（例えば Hayes, 1994）、動物の実際の社会的環境に目を向ける必要があることは明らかである。

そして一方では、等価性成立のための前提条件を探求するのみならず、ヒトでは等価性が示されるような事態においてヒト以外の動物がどのような論理で行動するか、あるいは等価性よりも優先させる方略があるとすればそれは何か、という観点も忘れてはならないであろう。前項で挙げたように、ヒト以外の動物において等価性が示されたとする報告はいまだ少ないが、今後様々な種を用いて検討されることがあれば、示された種と示されなかった種とでは進化的に何が共通し、何が異なっていたのかという巨視的な観点からの分析が可能となるだろう。

これまで、刺激等価性はヒトに固有の認知能力を示す事実として扱われることが多かった。等価性と言語との関係がしばしば強調されるのはその伝統に基づいているからである。しかし、多様な進化を遂げてきた動物の行動を、ヒトの論理から離れ、その動物の個体発生的或いは系統発生的な環境を重視した立場から眺めることによって、ヒトにおいても等価性がどのような必要に応じて獲得された行動的能力なのかについての理解を深めることができるのではないで

あろうか。そして、刺激等価性が様々な基本的認知機能と結びついているという主張を肯定するならば、その研究は、認知機能上の障害を持った個人についての深い理解や、機能再獲得、あるいは代替のための新しい視点を提供していく可能性を秘めている。刺激等価性とはヒトとそれ以外の動物とを分ける指標なのではなく、両者の進化的、行動的、認知的特性の共通点、相違点についての理解を深めるための手がかりなのである。

引用文献

- Astley, S. L. & Wasserman, E. A. 1998 Novelty and functional equivalence in superordinate categorization by pigeons. *Animal Learning & Behavior*, **26**, 125-138.
- Brogden, W. J. 1939 Sensory pre-conditioning. *Journal of Experimental Psychology*, **25**, 323-332.
- Bryant, P. E. & Trabasso, T. 1971 Transitive inferences and memory in young children. *Nature*, **232**, 456-458.
- Bunsey, M. & Eichenbaum, H. 1996 Conservation of hippocampal memory function in rats and humans. *Nature*, **379**, 255-257.
- Cason, H. 1926 Specific serial learning study of backward associations. *Journal of Experimental Psychology*, **9**, 195-227.
- Catania, A. C. 1992 *Learning*. 3rd ed. Englewood Cliffs, N. J.: Prentice-Hall.
- Cerella, J. 1979 Visual classes and natural categories in the pigeon. *Journal of Psychology: Human perception and performances*, **55**, 68-77.
- Cheney, D. L., & Seyfarth, R. M. 1980 Vocal recognition in free-ranging velvet monkeys. *Animal Behaviour*, **28**, 362-367.
- Chausseil, M. 1991 Visual same-different learning, and transfer of the sameness concept by coatis (*Nasua*, Storr, 1780). *Ethology*, **87**, 28-36.

- Colwill, R. M. & Rescorla, R. A. 1988 Associations between the discriminative stimulus and the reinforcer in instrumental learning. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, **14**, 155-164.
- Couvillon, P. A. & Bitterman, M. E. 1986 Performance of honeybees in reversal and ambiguous-cue problems: Tests of a choice model. *Animal Learning & Behavior*, **14**, 225-231.
- Couvillon, P. A. & Bitterman, M. E. 1992 A conventional conditioning Analysis of transitive inferences in pigeons. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, **18**, 308-310.
- D'Amato, M. R. 1991 Comparative cognition: Processing of serial order and serial pattern. In L. Dachowski & C. Flaherty (Eds.), *Current topics in animal learning: Brain, emotion, & cognition*. Hillsdale, N. J.: Erlbaum. Pp. 165-185.
- D'Amato, M. R. & Colombo, M. 1985 Auditory matching-to-sample in monkeys (*Cebus apella*). *Animal Learning & Behavior*, **13**, 375-382.
- D'Amato, M. R., Salmon, D. P., & Colombo, M. 1985 Extent and limits of the matching concept in monkeys (*Cebus apella*). *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, **11**, 35-51.
- D'Amato, M. R., Salmon, D. P., Loukas, E., & Tomie, A. 1985 Symmetry and transitivity of conditional relations in monkeys (*Cebus apella*) and pigeons (*Columba livia*). *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, **44**, 35-47.
- Davis, H. 1992 Logical transitivity in animals. In W. K. Honig & J. G. Fetterman (Eds.), *Cognitive aspects of stimulus control*. Hillsdale, N. J.: Erlbaum. Pp. 405-429.
- Delius, J. D. 1994 Comparative cognition of identity. In P. Bertelson, P. Elen, & G. d'Ydewalle (Eds.), *International perspectives on psychological science, 1*. Hove: U. K. Erlbaum. Pp. 25-40.
- Delius, J. D. & Nowak, B. 1982 Visual symmetry recognition in the pigeon. *Psychological Research*, **44**, 199-212.
- Dixon, L. S. 1977 The nature of control by spoken words over visual stimulus selection. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, **27**, 433-442.
- Dixon, M. H. & Dixon, L. S. 1978 The nature of standard control in children's matching to sample. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, **30**, 205-212.
- Dube, W. V., McIlvane, W. J., Callahn, T. D., & Stoddard, L. T. 1993 The search for stimulus equivalence in nonverbal organisms. *The Psychological Record*, **43**, 761-778.
- Dube, W. V., McIlvane, W. J., & Green, G. 1992 An analysis of general identity matching-to-sample test procedures. *The Psychological Record*, **42**, 17-28.
- Dugdale, N. & Lowe, C. F. 1990 Naming and stimulus equivalence. In D. E. Blackman & H. Lejeune (Eds.), *Behavior analysis in theory and practice: Contributions and controversies*. Hillsdale, N. J.: Erlbaum. Pp. 115-138.
- Edwards, C. A., Miller, J. S., & Zentall, T. R. 1985 Control of pigeons' matching and mismatching performance by instructional cues. *Animal Learning & Behavior*, **13**, 383-391.
- Farthing, G. W. & Opuda, M. J. 1974 Transfer of matching-to-sample in pigeons. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, **21**, 199-213.
- von Fersen, L., Wynne, C. D., Delius, J. D., & Staddon, J. E. R. 1991 Transitive inference formation in pigeons. *Journal of Experimental*

- tal Psychology : Animal Behavior Processes*, **17**, 334-341.
- Gillan, D. J. 1981 Reasoning in the chimpanzee : II. Transitive inference. *Journal of Experimental Psychology : Animal Behavior Processes*, **7**, 150-164.
- Gray, L. 1966 Backward association in pigeons. *Psychonomic Science*, **4**, 333-334.
- Green, G. & Saunders, R. R. 1998 Stimulus Equivalence. In K. A. Lattal & M. Perone (Eds.), *Handbook of research methods in human operant behavior*. New York, N.Y. : Plenum Press. Pp. 229-262.
- Hall, G. 1990 Reasoning and associative learning. In D. E. Blackman & H. Lejeune (Eds.), *Behavior analysis in theory and practice : Contributions and controversies*. Hillsdale, N. J. : Erlbaum. Pp. 159-180.
- Hall, G. 1996 Learning about associatively activated stimulus representations : Implication for acquired equivalence and perceptual learning. *Animal Learning & Behavior*, **24**, 233-255.
- Harlow, H. F. 1949 The formation of learning sets. *Psychological Review*, **56**, 51-65.
- Hayes, C. M. 1994 Social cognition in primates. In N. J. Mackintosh (Ed.), *Animal learning and cognition*. New York, N. Y. : Academic Press. Pp. 281-305.
- Hayes, S. C. 1989 Nonhumans have not yet shown stimulus equivalence. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, **51**, 385-392.
- Hearst, E. 1989 Backward associations : Differential learning about stimuli that follow the presence versus the absence of food in pigeons. *Animal Learning & Behavior*, **17**, 280-290.
- Herman, L. M. & Gordon, J. A. 1974 Auditory delayed matching in the bottlenose dolphin. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, **21**, 19-26.
- Herman, L. M., Hovancik, J. R., Gory, J. D., & Bradshaw, G. L. 1989 Generalization of visual matching by a bottlenosed dolphin (*Tursiops truncatus*) : Evidence of cognitive performance with visual and auditory materials. *Journal of Experimental Psychology : Animal Behavior Processes*, **15**, 124-136.
- Higa, J. J. & Staddon, J. E. R. 1993 Transitive inference in multiple conditional discriminations. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, **59**, 265-291.
- Hogan, D. E. & Zentall, T. R. 1977 Backward associations in the pigeon. *American Journal of Psychology*, **90**, 3-15.
- Holland, P. C. & Straub, J. J. 1979 Differential effects of two ways of devaluing the unconditioned stimulus after Pavlovian appetitive conditioning. *Journal of Experimental Psychology : Animal Behavior Processes*, **5**, 65-78.
- Honey, R. C. & Hall, G. 1989 The acquired equivalence and distinctiveness of cues. *Journal of Experimental Psychology : Animal Behavior Processes*, **15**, 338-346.
- Horne, P. J. & Lowe, F. 1996 On the origins of naming and other symbolic behavior. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, **65**, 185-241.
- Hull, C. 1939 The problem of stimulus equivalence in behavior theory. *Psychological Review*, **46**, 9-30.
- 岩本隆茂・久能弘道・北舘努・長谷部牧子 1993 見本合わせ法による動物における記憶とその保持構造の解析 心理学評論, **36**, 171-208.
- Kaiser, D. H., Sherburne, L. M., & Zentall, T. R. 1995 Common coding in many-to-one matching by pigeons as evidenced by reduced discriminability of commonly coded stimuli. Unpublished manuscript. (In T. R. Zentall & P. M. Smeets (Eds.), 1996. *Stimulus formation in humans and animals*. Amsterdam :

- Elsevier, p. 21.)
- Kastak, D. & Schusterman, R. A. 1994 Transfer of visual identity matching-to-sample in two California sea lions (*Zalophus californianus*). *Animal Learning & Behavior*, **22**, 427-435.
- Kojima, T. 1984 Generalization between productive use and receptive discrimination of names in an artificial visual language by a chimpanzee. *International Journal of Primatology*, **5**, 161-182.
- Kuno, H., Kitadate, T. & Iwamoto, T. 1994 Formation of transitivity in conditional matching-to-sample by pigeons. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, **62**, 399-408.
- 久能弘道・岩本隆茂 1995 見本刺激提示位置のランダム化によるハトの等価性成立再考 動物心理学研究, **45**, 121 (抄録).
- Lipkens, R., Kop, P. F. M., & Matthijs, W. 1988 A test of symmetry and transitivity in the conditional discrimination performances of pigeons. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, **49**, 395-409.
- Lombardi, C. M., Fachinelli, C. C., & Delius, J. D. 1984 Oddity of visual patterns conceptualized by pigeons. *Animal Learning & Behavior*, **12**, 2-6.
- Manabe, K., Kawashima, T. & Staddon, J. E. R. 1995 Differential vocalization in budgerigars: Towards an experimental analysis of naming. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, **63**, 111-126.
- McGonigle, B. & Chalmers, M. 1977 Are monkeys logical? *Nature*, **267**, 694-696.
- McIntire, K. D., Cleary, J., & Thompson, T. 1987 Conditional relations by monkeys: Reflexivity, symmetry, and transitivity. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, **47**, 279-285.
- Miller, N. E. & Dollard, J. 1941 Social learning and imitation. New Haven, Conn.: Yale University Press.
- 村山 司・鳥羽山照夫 1997 シロイルカにおける刺激等価性に関する予備的研究 動物心理学研究, **47**, 79-89.
- 室伏靖子 1997 動物における刺激等価性・カテゴリ分類行動の再検討 立命館文学, **548**, 211-227.
- Nakagawa, E. 1999 A factor affecting stimulus classes formation in concurrent discrimination in rats. *The Psychological Record*, **49**, 117-136.
- 中島定彦 1995 見本合わせ法による動物の行動と認知の分析—岩本ら (1993) の論文に関する5つの問題— 心理学評論, **38**, 62-82.
- Nissen, H. W., Blum, J. S., & Blum, R. A. 1948 Analysis of matching behavior in chimpanzee. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, **41**, 62-74.
- Oden, D. L., Thompson, R. K., & Premack, D. 1988 Spontaneous transfer of matching by infant chimpanzee (*Pan troglodytes*). *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, **14**, 140-145.
- Pack, A. A., Herman, L. M., & Roitblat, H. L. 1991 Generalization of visual matching and delayed matching by a California sea lion (*Zalophus californianus*). *Animal Learning & Behavior*, **19**, 37-48.
- Pepperberg, I. M. 1987 Acquisition of the same/different concept by an African Grey parrot (*Psittacus erithacus*): Learning with respect to categories of color, shape, and material. *Animal Learning & Behavior*, **15**, 423-432.
- Pisacreta, R. & Witt, K. 1983 Same-different discriminations in the pigeon. *Bulletin of Psychonomic Society*, **21**, 411-414.
- Pisacreta, R., Redwood, E. & Witt, K. 1984 Transfer of matching-to-figure samples in the pigeon. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, **42**, 223-237.

- Pisacreta, R. 1990 Rudimentary rule-governed behavior in the pigeon. In M. L. Commons, R. J. Herrnstein, S. M. Kosslyn, & D. B. Mumford (Eds.), *Quantitative analysis of behavior, Vol. 8, Behavioral approach to pattern recognition and concept formation*. Hillsdale, N. J.: Erlbaum. Pp. 23-39.
- Premack, D. 1976 *Intelligence in ape and man*. Hillsdale, N. J.: Erlbaum.
- Rehfeldt, R. A. & Hayes, L. 1998 The operant-responder distinction revisited: Toward an understanding of stimulus equivalence. *The Psychological Record*, **48**, 187-210.
- Rescorla, R. A. 1967 Pavlovian conditioning and its proper control procedures. *Psychological Review*, **74**, 71-80.
- Rescorla, R. A. 1980 Simultaneous and successive associations in sensory preconditioning. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, **6**, 207-216.
- Rescorla, R. A. 1981 Simultaneous associations. In P. Harzem & M. D. Zeiler (Eds.), *Predictability, correlation, and contiguity*. Chichester: John Wiley. Pp. 47-80.
- Rescorla, R. A. & Cunningham, C. L. 1978 Within-compound flavour associations. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, **4**, 267-275.
- Richards, R. W. 1988 The question of bidirectional associations in pigeon's learning of conditional discrimination tasks. *Bulletin of Psychonomic Society*, **26**, 577-579.
- Rodewald, H. K. 1974 Symbolic matching-to-sample by pigeons. *Psychological Reports*, **34**, 987-990.
- Roitblat, H. L. & von Fersen, L. 1992 Comparative cognition: Representations and processes in learning and memory. *Annual Review of Psychology*, **43**, 671-710.
- 坂上貴之・山本淳一・実森正子 1994 実験の行動分析の展開—“選択”, “認知”, “言語”をめぐって— 心理学研究, **65**, 395-411.
- Saunders, K. J. 1989 Naming in conditional discrimination and stimulus equivalence. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, **51**, 379-384.
- Saunders, K. J. & Williams, D. C. 1998 Do parakeets exhibit derived stimulus control? Some thoughts on experimental control procedures. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, **70**, 321-324.
- Schusterman, R. J., Gisinier, R., Grimm, B. K., & Hanggi, E. B. 1993 Behavior control by exclusion and attempts at establishing semanticity in marine mammals using matching-to-sample paradigms. In H. Roitblat, L. Herman, & P. Nochtigall (Eds.), *Language and communications: Comparative perspectives. Comparative cognition and neuroscience.*, Hillsdale, N. J.: Erlbaum. Pp.249-274.
- Schusterman, R. J. & Kastak, D. 1993 A California sea lion (*Zalophus californianus*) is capable of forming equivalence relations. *The Psychological Record*, **43**, 823-839.
- Schusterman, R. J. & Kastak, D. 1998 Functional equivalence in a California sea lion: relevance to animal social and communicative interactions. *Animal Behaviour*, **55**, 1087-1095.
- Sidman, M. 1971 Reading and auditory-visual equivalences. *Journal of Speech and Hearing Research*, **14**, 5-13.
- Sidman, M. 1986 Functional analysis of emergent verbal classes. In T. Thompson & M. D. Zeiler (Eds.), *Analysis and integration of behavior units*. Hillsdale, N. J.: Erlbaum. Pp. 213-245.
- Sidman, M. 1990 Equivalence relations: Where do they come from? In D. E. Blackman & H. Lejeune (Eds.), *Behavior analysis in theory*

- and practice: Contributions and controversies*. Hillsdale, N. J.: Erlbaum. Pp. 93-114.
- Sidman, M. 1994 *Equivalence relations and behavior: A research story*. Boston, M. A.: Authors Cooperative.
- Sidman, M. & Cresson, O., Jr. 1973 Reading and crossmodal transfer of stimulus equivalences in severe retardation. *American Journal of Mental Deficiency*, **77**, 515-523.
- Sidman, M., Rauzin, R., Lazar, R., Cunningham, S., Tailby, W., & Carrigan, P. 1982 A search for symmetry in the conditional discriminations of rhesus monkeys, baboons, and children. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, **37**, 23-44.
- Sidman, M. & Tailby, W. 1982 Conditional discrimination vs. matching-to-sample: An expansion of the testing paradigm. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, **37**, 5-22.
- Sidman, M. Wynne, C. K. Maguire, R. W. & Barnes, T. 1989 Functional classes and equivalence relations. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, **52**, 261-274.
- Stromer, R. & Osborne, J. G. 1982 Control of adolescents' arbitrary matching-to-sample by positive and negative stimulus relations. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, **37**, 329-348.
- 友永雅己 1990 リンゴが〔り・ん・ご〕なら, 〔り・ん・ご〕はリンゴか?—「刺激等価性」の比較発達研究 浜田寿美男・無藤 隆・岩田純一・松沢哲郎 (編) 別冊発達10 発達論の現在 ミネルヴァ書房 Pp. 284-294.
- 友永雅己 1991 チンパンジーの条件性弁別における選択反応随伴刺激の効果についての予備的検討 行動分析学研究, **6**, 41-58.
- Tomonaga, M. 1993 Tests for control by exclusion and negative stimulus relations of arbitrary matching to sample in a symmetry emergent chimpanzee. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, **59**, 215-229.
- Tomonaga, M. 1999 Establishing functional classes in a chimpanzee (*Pan troglodytes*) with two-item sequential-responding procedure. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, **72**, 57-79.
- Tomonaga, M., Matsuzawa, T., Fujita, K., & Yamamoto, J. 1991 Emergence of symmetry in a visual conditional discriminations by chimpanzees (*Pan troglodytes*). *Psychological Reports*, **68**, 51-60.
- Treichler, F. R. & Van Tilburg, D. 1996 Concurrent conditional discrimination tests of transitive inference by macaque monkeys: List linking. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, **22**, 105-117.
- Urcuioli, P. J. 1996 Acquired equivalence and mediated generalization in pigeon's matching-to-sample. T. R. Zentall & P. M. Smeets (Eds.), *Stimulus class formation in humans and animals*. Amsterdam: Elsevier. Pp. 55-70.
- Urcuioli, P. J. & DeMarse, T. B. 1997 Further tests of response-outcome associations in differential-outcome matching-to-sample. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, **23**, 171-182.
- Urcuioli, P. J. & Nevin, J. A. 1975 Transfer of hue matching in pigeons. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, **24**, 149-155.
- Urcuioli, P. J. & Zentall, T. R. 1993 A test of comparison-stimulus substitutability following one-to-many matching by pigeons. *The Psychological Record*, **43**, 745-760.
- Urcuioli, P. J., Zentall, T. R., & DeMarse, T. 1995 Transfer to derived sample-comparison relations by pigeons following many-to-one versus one-to-many matching with identical

- training relations. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, **48B**, 158-178.
- Urcuioli, P. J., Zentall, T. R., Jackson-Smith, P., & Steirn, J. N. 1989 Evidence for common coding in many-to-one matching: Retention, intertrial interference, and transfer. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, **15**, 264-173.
- Vaughan, Jr., W. 1988 Formation of equivalence sets in pigeons. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, **14**, 36-42.
- Vaughan, Jr., W. 1989 Reply to Hayes. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, **51**, 397.
- Vaughan, Jr., W. & Greene, S. L. 1984 Pigeon visual memory capacity. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, **10**, 256-171.
- Washburn, D. A., Hopkins, W. D., & Rumbaugh, D. M. 1989 Video-task assessment of learning and memory in macaques (*Macaca mulatta*): Effects of stimulus movement on performance. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, **15**, 393-400.
- Wasserman, E. A., Devolder, C. L., & Coppage, D. J. 1992 Nonsimilarity-based conceptualization in pigeons. *Psychological Science*, **3**, 374-379.
- Wasserman, E. A., Hugart, J. A., & Kirkpatrick-Steger, K. 1995 Pigeons show same-different conceptualization after training with complex visual stimuli. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, **21**, 248-252.
- Wilson, B., Mackintosh, N. J., & Boakes, R. A. 1985 Transfer of relational rules in matching and oddity learning by pigeons and corvus. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, **37B**, 313-332.
- Wright, A. A., Cook, R. G., Rivera, J. J., Sands, S. F., & Delius, J. D. 1988 Concept learning by pigeons: Matching-to-sample with trial-unique video picture stimuli. *Animal Learning & Behavior*, **16**, 436-444.
- Wright, A. A. & Delius, J. D. 1994 Scratch and match: Pigeons learn matching and oddity with gravel stimuli. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, **20**, 108-112.
- Wright, A. A., Shyan, M. R., & Jitsumori, M. 1990 Auditory same/different concept learning by monkeys. *Animal Learning & Behavior*, **18**, 287-294.
- Wulfert, E. & Hayes, S. C. 1988 Transfer of a conditional ordering response through conditional equivalence classes. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, **50**, 125-144.
- 山本淳一 1992 刺激等価性一言語機能・認知機能の行動分析 行動分析学研究, **7**, 1-39.
- Yamamoto, J. & Asano, T. 1995 Stimulus equivalence in a chimpanzee (*Pan troglodytes*). *The Psychological Record*, **45**, 3-21.
- Zentall, T. R. 1996 An analysis of stimulus class formation in animals. In T. R. Zentall & P. M. Smeets (Eds.), *Stimulus class formation in humans and animals*. Amsterdam: Elsevier. Pp. 15-34.
- Zentall, T. R. 1998 Symbolic representation in animals: Emergent stimulus relations in conditional discrimination learning. *Animal Learning & Behavior*, **26**, 363-377.
- Zentall, T. R., & Hogan, D. E. 1978 Same/different concept in the pigeon: The effects of negative instances and prior adaptation to transfer stimuli. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, **30**, 117-186.
- Zentall, T. R., Hogan, D. E. & Edwards, C. A. 1983 Cognitive factors in conditional learning

- by pigeons. In H. L. Roitblat, T. G. Bever, & H. S. Terrace (Eds.), *Animal cognition*. Hillsdale, N. J.: Erlbaum. Pp. 389-405.
- Zentall, T. R., Sherburne, L. M., & Steirn, J. N. 1993 Common coding and stimulus class formation in pigeons. In T. R. Zentall (Eds.), *Animal cognition: A tribute to Donald A. Riley*. Hillsdale, N. J.: Erlbaum. Pp. 217-236.
- Zentall, T. R., Sherburne, L. M., & Urcuioli, P. J. 1993 Common coding in a many-to-one delayed matching task as evidenced by facilitation and interference effects. *Animal Learning & Behavior*, **21**, 233-237.
- Zentall, T. R., Steirn, J. N., Sherburne, L. M., & Urcuioli, P. J. 1991 Common coding in pigeons assessed through partial versus total reversals of many-to-one conditional and simple discriminations. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, **17**, 194-201.
- (1999. 5. 25 受稿, 1999. 10. 7 受理)