シロイルカにおける刺激等価性に関する予備的研究¹

東京大学 村山 司²

鴨川シーワールド 鳥羽山照夫

Preliminary study on stimulus equivalence in beluga (*Delphinapterus leucas*)

TSUKASA MURAYAMA

TERUO TOBAYAMA

Department of Aquatic Bioscience, Faculty of Agriculture University of Tokyo, Bunkyo-ku, Tokyo 113

Kamogawa Seaworld, Higashi-machi

Kamogawa, Chiba 286

Abstract Dolphins are thought to possess high cognitive and intellectual skills. The present study investigated the early or spontaneous establishment of the stimulus equivalence in a beluga whale in order to gain insight into the cognitive process in dolphin. First, the subject participated in an object-naming task using conditional discriminations within a matching-to-sample paradigm. The beluga whale could name three objects with alphabet like letters. Next, the subject was trained in A → B and B → C matching and tested with B → A (symmetry), A → C (transitivity) and C → A (equivalence) relations in probe trials. The performance was low in both symmetry and equivalence relationships but high in transitivity relationships. This provides the first empirical evidences for a beluga whale to develop untrained relationships based on trained relationships of stimulus sets.

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

動物の有する認知機構を探る方策の一つとして、人工言語を介した認知機序の解明に関する研究が行われているが、言語機能の特性については大型類人猿(松沢, 1991 が概説, reviewed by Mazur, 1994), オウム (Pepperberg, 1983), アシカ (reviewed by Schusterman, Gisiner, Grimm, & Hanggi, 1993) など、いくつかの種で知見が得られている。

一般に、小型ハクジラ類(以下、イルカ類と表記)は高度な知的機構を有していると考えられており (Schusterman, 1986), その認知機構を理解するため、これまで多くの研究が行われて

いる(たとえば Herman, 1980, 1991; Herman, Pack, & Morrel-Samuels, 1993; Marten & Psarakos, 1994; Schusterman, Kastak, & Reichmuth, 1995; Harley, Xitco, & Roitblat, 1995; Murayama & Tobayama, 1995 ほか)。言語の習得についても多角的な検討がなされているが (reviewed by Herman, 1980, 1986; Herman Richards & Wolz, 1984), これらは主に音(聴覚信号)や人間のジェスチャーを用いて、条件性弁別課題を通して語や文法の理解について考察を施したものである。これに対して、鯨類は優れた視覚を有している(たとえば Dawson, 1980; 村山, 1991; Murayama, Somiya, Aoki, & Ishii, 1992, 1995 ほか)にもかかわらず2次元の刺激を媒体としたものは、視覚対象に音で命名したもの (Herman, 1980; Forestell & Herman, 1988) やテレビ画面の映像を用いた言語理解 (reviewed by Herman, Morrel-Samuels, & Pack, 1990; Herman et

¹本研究は平成7年度公益信託・成茂動物科学振興基金の助成および平成8年度国際海洋生物研究所研究助成により行われた。

²本研究の遂行に協力いただいた鴨川シーワールド海獣展示課係員の方々に感謝の意を表す。また、論文の審査にあたり、有意義な助言をいただいた匿名の審査者に感謝する。

al., 1993) などについて報告があるものの、文字や図形のみを媒体とした言語機能の追求に関しては十分な知見が得られているとは言い難い。

本研究では、イルカ類の言語機能を探る端緒として、まず、2次元の視覚刺激（平面図形）を介した対象物への命名の可否、すなわち事物を象徴する2次元の記号をいかに学習するかを調べ、さらに、イルカがそれらの対象・事象間に存在する特定の関係をもとにして構築し得る関係について、刺激等価性の点から検討を行った。

刺激等価性については Sidman & Tailby (1982) がヒトにおいて反射性、対称性、推移性、等価性に区分しているが、これまでヒト以外の動物においても知見が得られている。まず対称性についてはハト (Hogan & Zentall, 1977; D'Amato, Salmon, Loukas, & Tomie, 1985)、アカゲザル (Sidman, Rauzin, Lazar, Cunningham, Tailby, & Carrigan, 1982)、フサオマキザル (D'Amato et al., 1985)、チンパンジー (Kojima, 1984; Yamamoto & Asano, 1995)、アシカ (Schusterman & Kastak, 1993) など調べられているが、自発的な成立に関しては、アシカを除いていずれも否定的な結果である。また、推移性については、フサオマキザル (D'Amato et al., 1985)、チンパンジー (Kojima, 1984; Yamamoto & Asano, 1995)、アシカ (Schusterman & Kastak, 1993) など自発的な成立が認められている。なお、言語の訓練を介したものではないが、ハトも同じような推移的推論ができることが知られている (Von Fersen, Wynne, Delius, & Staddon, 1991)。等価性に関しては、ヒト (Lazar, Davis-Lang, & Sanchez, 1984; Sidman, Kirk, & Willson-Morris, 1985) でみられる以外は、ほとんど成功していない。そこで本研究は、シロイルカにおける対称性、推移性および等価性についての生得的・自発的な形成の有無に焦点をあてて検討することとした。

実験 1

イルカ類における2次元の刺激による言語機能の特性を検討するうえでの初歩的段階として、文字による対象物の象徴化（命名）の過程を追跡した。

方法

被験体・実験場所 実験は、鴨川シーワールド（千葉県鴨川市）において飼育されている健康なオスのシロイルカ (*Delphinapterus leucas*) 1 個体（体長 333 cm, 体重 455 kg, 推定年齢 11 歳）を用いて、鴨川シーワールド内の屋内水槽で行った。

刺激 実験に用いた物は水泳用ゴム製足ヒレ（以下、「足ヒレ」と表記）、水中メガネ、およびシリコン製の目隠し（以下、「目隠し」と表記）である (Figure 1-①, ②, ③)。これらは水族館の公開展示において人間やイルカ自身が使用していて、被験体にとっては日常的に目にしているものである。

また、Figure 1-a, b, c に示したようなターゲットを作製した。これは、30センチ四方の白いアクリル板（厚さ 3 ミリ）に、黒のカッティングシートからアルファベットの T を逆にした“⊥”, R, E の各文字を切り抜き、貼りつけたものである。なお、使用したこれらの文字については、字体の類似性によって学習に影響が生じるのを防ぐため、チンパンジー (Matsuzawa, 1990) やハト (Blough, 1982) における知見に準拠し、互いに類似性の低いと考えられる文字を採用した。さらに、3つの文字を重ねた場合の重なる面積を最小にすることにより類似性をさらに低くするため、T を逆にした“⊥”の記号を採用した。なお、これらは被験体は初めて経験する図形（文字）である。

呈示方法 物や文字などの見本刺激はすべて、プールサイドにおいて水面上から実験者 A が呈示し、その際、A は視線による誘導を防ぐためサングラスを着用した。また、見本刺激の

Figure 1. Stimuli used in the present study.

呈示者（実験者 A）と比較刺激の呈示者（実験者 B）を異ならせ、この両者が互いに正答を知らない状況を設定し、回答を誘導することのないようにした。さらに、ターゲットの呈示角度や位置については実験者 C による厳密な監視とビデオによる確認が行われた。

なお、実験に先立ちシロイルカは空気中ではエコーロケーション（音の反響によって対象物を探知する能力）によって対象物を識別する能力が低いことが確認されている（庵地，1997）ことから、被験体は空気中で呈示された物やターゲット中の文字を視覚によってのみ探知するものと考えられる。

手続き まず、条件性弁別課題により足ヒレと水中メガネの命名について調べた。プールサイドにおいて、見本として足ヒレ (Figure 1-①) を呈示し、その後、比較刺激として ⊥ と R の描

かれたターゲット (Figure 1-a, b) を、見本刺激に対して被験体の左方 3 メートルの位置に呈示した。そこで、被験体が ⊥ に吻先でタッチした場合を正答とし、実験者 C が正答を意味するホイッスルを吹き、報酬（約 5 センチ角の魚の切り身 2 個）を与えた。また、水中メガネ (Figure 1-②) を見本にした際には、R のターゲットに吻先でタッチした場合を正答とした。一方、不正答であった場合にはターゲットを呈示位置から消去し、新たに次の試行に移った。

以上のようにして、30 試行を 1 セッションとして、1 日 1 セッションを行い、物に対応した文字を正しく選択した確率、すなわち正答率を各セッション毎に求めた。そして、選択時の行動が安定し、2 つの物のそれぞれについて 80% を超える正答率が 2 セッション続いた時点物を物に対応した文字を習得した基準とし、それまでの

試行回数を求めた。

次に、3番目の見本として目隠し (Figure 1-③) を追加した。すなわち、目隠しにはアルファベットの E (Figure 1-c) が対応することとし、目隠しを見本として呈示した後、アルファベットの E と、R または $\perp$ のいずれかのターゲットを呈示し、被験体が E に吻先でタッチした場合に正答とした。正答の場合の処置は上述した水中メガネや足ヒレの場合と同様である。実験では、見本として足ヒレ、水中メガネ、目隠しのいずれかを呈示し、それぞれに対応した文字を正しく選択した確率 (正答率) を求めた。そして、原則として 25—30 試行を 1 セッションとして、水中メガネ・足ヒレだけの場合と同じく、選択時の行動が安定し、3つの見本のすべてについて 80% を超える正答率が 2 セッション以上続いた時点までの試行回数を求めた。

なお、上記のいずれの実験においても、水中メガネ、足ヒレ、目隠しの呈示順序および比較刺激のターゲットの左右の位置はランダムとし、試行間間隔は原則として 5 秒とした。

結果と考察

まず、見本が足ヒレと水中メガネだけの場合の正答率の変化は Figure 2-a のようになった。実験開始当初は選択時に左右のターゲットを頻繁に見比べるなどの行動が見られ、正答率も低い値を示した。しかし、試行回数 (セッション数) の増加に伴い次第に正答率が上昇し、選択が迅速になり、行動も安定した。そこで、2つの見本のいずれについても 80% を超える正答率が 2 セッション以上続いた時点までの試行回数を求めたところ、180 試行 (第 6 セッション) であった。

次に、見本が水中メガネ、足ヒレ、目隠しの 3 つになった場合の正答率は Figure 2-b のとおりである。実験開始時は、足ヒレ、水中メガネについては安定して正解していたものの、目隠しの場合には選択の際に混乱して左右のターゲットを何度も見比べる行動が頻出した。しかし、2 セッション目には混乱した行動は激減し、正答率は上昇した。これらの結果から、3つの見本のすべてについて 80% を超える正答率が 2 セッション以上続いた時点までの試行回数を求めると 112 試行 (第 4 セッション) であった。

Figure 2. Changes in percentage of correct responses on object naming tests. a, naming test of mask and fin; b, naming test of mask, fin and eyecup.

以上のことから、シロイルカは少なくともここに挙げた3つの物について、2次元の視覚刺激で命名すること、換言すれば、対象物を文字によって表出することが可能であることが明らかとなった。これまで、バンドウイルカで音やジェスチャーによる表出について検証されているが (reviewed by Herman, 1980, 1986)、本実験からシロイルカにおいて文字 (平面図形) が語の表出の媒体となり得ることが示唆された。

次に、習得するまでの所要試行回数についてみると、見本が2種類 (水中メガネと足ヒレ) の場合は基準に達するまで180試行を要したのに対して、3つ目の目隠しについては約4割少ない112試行で達していた。すなわち、対象物によって物体名の習得速度に差があることが示唆された。しかし、この差が“後出の物になるほど学習が容易”といった学習の順序に依存したものなのか、単に3番目の物 (ここでは目隠し) が学習しやすかったからに過ぎないのかは、本実験だけでは不明である。

実験 2

イルカ類がカテゴリー内の刺激の特定の関係にもとづいて構築し得る刺激間の関係について考察するため、刺激等価性の成立に関して検討した。ここではまず、自発的な対称性の成立に着目し、実験1において習得された「物—文字」の関係を用いて可逆的な関係の可否について調べた。

方法

被験体・実験場所 被験体および実験場所は実験1と同じである。

刺激 使用した物および文字は、足ヒレ、水中メガネ (Figure 1-①, ②) および⊥, R (Figure 1-a, b) である。

呈示方法 呈示方法は実験1と同様である。

訓練 実験に先立って下記のような訓練 (条件づけ) を行った。すなわち、被験体に見本と

して足ヒレ、水中メガネを呈示し、次いで比較刺激の⊥とRを示した。そして、足ヒレ、水中メガネに対してそれぞれ⊥, Rを選択するようにした。

訓練は12—17試行を1セッションとして行ない、90%を超える正答率が3セッション以上続き、行動も安定した時点で条件づけが完了したと判断し、実験に移行した。

手続き 条件づけで用いられた足ヒレ、水中メガネに対してそれに対応する文字を選択させる試行 (強化試行) に混ぜて、プローブ試行として、見本に⊥またはRを呈示後、比較刺激として足ヒレまたは水中メガネを呈示して、文字に対応した物を選択させる実験を行った。プローブ試行では、正否にかかわらず、ホイッスルや報酬などは一切与えず、次の試行に移った。

プローブ試行は30試行行い、呈示した物に対応した文字を正しく選択した確率を求めた。なお、強化試行とプローブ試行は原則として4:1の割合で行った。また、足ヒレと水中メガネや⊥とRの呈示順序および左右の呈示位置等はランダムとした。

結果と考察

強化試行とプローブ試行の結果を Figure 3 に示す。強化試行では回答時の行動も安定し、いずれの物の場合でも90%以上 (平均94.7%) の高い正答率を示した。これは、実験中は物に対応した文字 (語の表出) について被験体は十分習得していたことを示している。

一方、プローブ試行においては、選択肢 (足ヒレ、水中メガネ) の両方を頻繁に見比べたり、タッチまでに長時間を要するなど、明らかに混乱した行動がみられた。足ヒレと水中メガネで正答率に差があったが、いずれも強化試行に比して正答率は著しく低かった (平均60.0%)。二項検定から、二者択一の30試行の場合には識別可能と判断される限界の正答率は66.7% ($p < 0.05$) であるので、強化試行の対象律である「文字から物の選択」においては正答率は閾値以下

Figure 3. Changes in percentage of correct responses on symmetry tests.

の値まで低下したことになる。

以上より、シロイルカでは、文字と物のあいだの関係について一方向のみを習得しても可逆的な関係は理解できず、自発的な対称性は成立していないと考えられた。

実験 3

次に、独立した 2 つの事象間の関係から、両者の関連性を推論できるかどうか調べるため、推移性および等価性について検証を行った。

方法

被験体・実験場所 被験体、実験場所は実験 1 と同じである。

刺激 使用した物は足ヒレ、水中メガネ (Figure 1-①, ②) である。また、図形文字として Figure 1-a, b, c, d に示したターゲットを使用した。ターゲットの仕様は実験 1 と同じである。

呈示方法 見本や比較刺激の呈示方法は実験 1 と同様である。

訓練 実験に先立って、以下の 2 種類の訓練を行った。すなわち、足ヒレ、水中メガネに対

してそれぞれ $\perp$, R を選択するように条件づけをし、またそれとは別に、 $\perp$, R を見本として、それぞれギリシャ文字の Σ , π を選択するように訓練した。

これら 2 つの訓練は独立して行い、それぞれ 17–22 試行を 1 セッションとして、いずれの訓練でも 90% を超える正答率が 3 セッション以上続き、行動も安定した時点で条件づけが完了したと判断し、実験に移行した。

手続き 2 つの強化試行に混せて、プローブ試行として、水中メガネまたは足ヒレを見本にした後、ギリシャ文字を比較刺激として呈示して、見本 (物) に対応した文字を選択させる試行 (推移性についての試行) と、その逆の、ギリシャ文字の呈示後、対応した物が選択できるかどうか (等価性についての試行) に関する実験を行った (Figure 4)。これらのプローブ試行では回答の正否にかかわらず、ホイッスルや報酬などは一切与えなかった。プローブ試行はそれぞれ 20 試行, 12 試行行い、対応した文字あるいは物を正しく選択した確率 (正答率) を求めた。

Figure 4. Transitivity and equivalence tests paradigm.

Figure 5. Changes in percentage of correct responses on transitivity and equivalence tests.

結果と考察

結果は Figure 5 のとおりである。まず、強化試行はともに高い正答率を示したことから、実験中は「物に対応したアルファベット文字」「アルファベットに対応したギリシャ文字」のいずれの選択についても条件づけが維持されていたと考えられる。

プローブ試行のうち、物から直接ギリシャ文字を選択させる推移性の実験では、正答率はいずれの物についても 80%以上 (平均 85.0%) と高い値を示し、選択の際も混乱した様子はほとんどみられなかった。二項検定より 20 試行において識別できると考え得る限界の正答率は 75.0% ($p < 0.05$) であるので、この閾値より顕著に高い正答率である。このように、訓練 (条件づけ) では行っていない「物からギリシャ文字の選択」について正しく反応できたことは、被験体が条件づけられた 2 つの関係、すなわち「物—アルファベット」、「アルファベット—ギリシャ文字」から、直接、物とギリシャ文字を関連づけたためであると推察される。

一方、逆にギリシャ文字から対応する物を選択させた場合 (等価性の実験) には、タッチするまで長時間を要したり、両方の選択肢に交互に触れるなど、混乱した行動が頻出し、正答率も平均 58.3% と有意に (二項検定, $p < 0.05$) 低い値であった。この等価性の試行は上述した推移性とは対称性の関係になり、実験 2 においてみられた対称性の不成立の結果を裏づけるものと考えられる。

以上のことから、シロイルカでは刺激間の関係について自発的な推移性は成立しているものの、等価性は成立していないことが明らかとなった。

総合考察

イルカ類における人工言語を用いた「語」の理解については、前述したようにバンドウイルカを対象として音やジェスチャーを用いた解析が行われているが、本研究は人工言語として 2

次元の視覚刺激のみを採用したものである。すでに大型類人猿 (松沢, 1991 が概説) では図形文字を用いた認知研究が数多く行われているが、それらと同様に、本研究において、シロイルカが文字を媒体として対象を記号化すること、換言すれば物や事象を示すのに 2 次元の抽象的符号を学習・使用することが可能であることが示唆された。

命名に関しては、同じ手続きを用いた実験であったにもかかわらず、対象物によって習得速度に差がみられた。チンパンジーにおいても、命名する物の数が増えるにつれて習得速度 (セッション数) が速く (少なく) なることが報告されている (Asano, Kojima, Matsuzawa, Kubota, & Murofushi, 1982) が、本研究では、習得速度の差が学習順序に依存したものか、対象物の特性そのものによるのかは断言できない。また、チンパンジーの知見では習得速度に個体差も認められており、今後は本種においても、対象物や被験体の数を増やし、命名過程、語の表出における特性に関してさらに検討する必要がある。

刺激等価性の検証においては、ハト、フサオマキザル、チンパンジーなどの動物の知見 (前述) と同様、推移性は成立したが、対称性や等価性は認められないという結果が得られた。このことは、動物にとって推移性のような一方向性の関係は双方向性のそれよりも学習が容易である (友永, 1990) ことを裏づけるものと言える。しかしながら、チンパンジーでは個体によって対称性の自発的成立がみられたり (Tomonaga, Matsuzawa, Fujita, & Yamamoto, 1991)、訓練を積むことによって次第に自発的な対称性の発達が起きている (Kojima, 1984; Yamamoto & Asano, 1995)。また、Schusterman & Kastak (1993) は生態的にイルカ類と共通点の多いアシカで 30 種の刺激を用いて実験を行い、対称性も推移性も認められることを報告しており、多くの刺激を用いた訓練・経験を重ねることによって自発的な

対称律が獲得されることを示唆している。これらのことから、本研究で不成立であった対称性については、被験体の経験や訓練の履歴によって規定されていた可能性も考え得るが、その一方で、Suzuki & Matsuzawa (1997) は十分に訓練や経験を積んだチンパンジーでも必ずしも完全な対称性には至らないことや課題そのものに対する被験体の嗜好性について示しており、今後は刺激の数および個体数を多様にして実験を行い、訓練や経験、刺激の種類などの要因が刺激等価性の成立にどの程度寄与し得るかについて調べることが必要である。また、それらの特性が基本的な認知機序として生得的なものか、あるいは環境やその動物の生態に由来して経験的・後天的に発達したものなのかを理解することによって、イルカ類における言語使用の可能性について考察することが肝要である。

引用文献

- Asano, T., Kojima, T., Matsuzawa, T., Kubota, K., & Murofushi, K. 1982 Object and color naming in chimpanzees (*Pan troglodytes*). *Proceedings of the Japan Academy*, **58 (B)**, 118-122.
- Blough, D. S. 1982 Pigeon perception of letters of the alphabet. *Science*, **218**, 397-398.
- 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.
- Dawson, W. W. 1980 The cetacean eye. In L. M. Herman (Ed.), *Cetacean behavior: Mechanisms and functions*. New York: Wiley-Interscience. Pp. 53-100.
- Forestell, P. H., & Herman, L. M. 1988 Delayed matching of visual materials by a bottlenosed dolphin aided by auditory symbols. *Animal Learning & Behavior*, **16**, 137-147.
- Harley, H., Xitco, M. J., Jr., & Roitblat, H. 1995 Echolocation, cognition, and the dolphin's world. In R. A. Kastelein, J. A. Thomas, & P. E. Nachtigall (Eds.), *Sensory systems of aquatic mammals*. Worden: De Spil. Pp. 529-542.
- Herman, L. M. 1980 Cognitive characteristics of dolphins. In L. M. Herman (Ed.), *Cetacean behavior: Mechanisms and functions*. New York: Wiley-Interscience. Pp. 363-429.
- Herman, L. M. 1986 Cognition and language competencies of bottlenosed dolphin. In R. J. Schusterman, J. A. Thomas, & F. G. Wood (Eds.), *Dolphin cognition and behavior: A comparative approach*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum. Pp. 221-252.
- Herman, L. M. 1991 What the dolphin knows, or might know, in its natural world. In K. Pryor, & K. S. Norris (Eds.), *Dolphin societies: Discoveries and puzzles*. Oxford: University of California Press. Pp. 349-363.
- Herman, L. M., Morrel-Samuels, P., & Pack, A. A. 1990 Bottlenosed dolphin and human recognition of veridical and degraded video displays of an artificial gestural language. *Journal of Experimental Psychology: General*, **119**, 215-230.
- Herman, L. M., Pack, A. A., & Morrel-Samuels, P. 1993 Representational and conceptual skills of dolphins. In H. L. Roitblat, L. M. Herman, & P. E. Nachtigall (Eds.), *Language and communication: Comparative perspectives*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum. Pp. 403-442.
- Herman, L. M., Richards, D. G., & Wolz, J. P. 1984 Comprehension of sentences by bottlenosed dolphins. *Cognition*, **16**, 129-219.
- Hogan, D. E., & Zentall, T. R. 1977 Backward associations in the pigeon. *American Journal of Psychology*, **90**, 3-15.

- 庵地彩子 1997 シロイルカの視覚による物体認知の特性 東京水産大学 修士論文 (未公刊)
- 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.
- Lazar, R. M., Davis-Lang, D., & Sanchez, L. 1984 The formation of visual stimulus equivalences in children *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, **41**, 251-266.
- Marten, K., & Psarakos, S. 1994 Evidence of self-awareness in the bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*). In S. T. Parker, R. W. Mitchell, & M. L. Boccia (Eds.), *Self-awareness in animals and humans: Developmental perspectives*. New York: Cambridge University Press. Pp. 361-379.
- Matsuzawa, T. 1990 Form perception and visual acuity in a chimpanzee. *Folia Primatologica*, **55**, 24-32.
- 松沢哲郎 1991 チンパンジーから見た世界 東京大学出版会
- Mazur, J. E. 1994 *Learning and behavior*. 3rd Ed. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall. (磯博行・坂上貴之・川合伸幸 (訳) 1996 メイザーの学習と行動 二瓶社)
- 村山 司 1991 鯨類の視覚に関する研究 東京大学 博士論文 (未公刊)
- Murayama, T., Somiya, H., Aoki, I., & Ishii, T. 1992 The distribution of ganglion cells in the retina and visual acuity of minke whale. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **58**, 1057-1061.
- Murayama, T., Somiya, H., Aoki, I., & Ishii, T. 1995 Retinal ganglion cell size and distribution predict visual capabilities of Dall's porpoise. *Marine Mammal Science*, **11**, 136-149.
- Murayama, T., & Tobayama, T. 1995 Preliminary study of mental rotation in beluga. *Abstract of XXIV International Ethological Conference*.
- Pepperberg, I. M. 1983 Cognition in the African gray parrot: Preliminary evidence for auditory/vocal comprehension of a class concept. *Animal Learning & Behavior*, **11**, 179-185.
- Schusterman, R. J. 1986 Cognition and intelligence of dolphins. In R. J. Schusterman, J. A. Thomas, & F. G. Wood (Eds.), *Dolphin cognition and behavior: A comparative approach*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum. Pp. 137-139.
- Schusterman, R. J., Gisiner, R., Grimm, B. K., & Hanggi, E. B. 1993 Behavior control by exclusion and attempts at establishing semanticity in marine mammals using match-to-sample paradigms. In H. L. Roitblat, L. M. Herman, & P. E. Nachtigall (Eds.), *Language and communication: Comparative perspectives*. Hillsdale, NJ: Lawrence 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., & Reichmuth, C. 1995 Equivalence class formation and cross-modal transfer: testing marine mammals. In R. A. Kastelein, J. A. Thomas, & P. E. Nachtigall (Eds.), *Sensory systems of aquatic mammals*. Worden: De Spil. Pp. 579-584.
- Sidman, M., Kirk, B., & Willson-Morris, M. 1985 Six-member stimulus classes generated by conditional-discrimination procedure. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, **43**, 21-42.
- 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 versus matching to sample: An expansion of the testing paradigm. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, **37**, 5-22.
- 友永雅己 1990 リンゴが〔り・ん・ご〕なら〔り・ん・ご〕はリンゴか 別冊発達, **10**, 284-294.
- Suzuki, S., & Matsuzawa, T. 1997 Choice between two discrimination tasks in chimpanzees (*Pan troglodytes*). *Japanese Psychological Research*, **39**, 226-235.
- Tomonaga, M., Matsuzawa, T., Fujita, K., & Yamamoto, J. 1991 Emergence of symmetry in a visual conditional discrimination by chimpanzees (*Pan troglodytes*). *Psychological Reports*, **68**, 51-60.
- Von Fersen, L., Wynne, C. D., Delius, J. D., & Staddon, J. E. R. 1991 Transitive inference formation in pigeons. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, **17**, 334-341.
- Yamamoto, J., & Asano, T. 1995 Stimulus equivalence in a chimpanzee (*Pan troglodytes*). *The Psychological Record*, **45**, 3-21.
- (1997.4.30 受稿, 1997.8.27 受理)