

Preliminary evidence of abstract same/different discrimination learning in rats

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2017-10-02 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.24517/00000132

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 International License.



ラットにおける同異弁別学習の予備的証拠

上條 槇子^{1)a)} 下川 萌未¹⁾ 谷内 通¹⁾

Preliminary evidence of abstract same/different discrimination learning in rats

Makiko KAMIJO^{1)a)}, Megumi SHIMOKAWA¹⁾, and Tohru TANIUCHI¹⁾

Abstract Two rats were trained to discriminate stimulus sets that consisted of identical or different objects. Same-set stimuli consisted of four identical objects (AAAA, BBBB, etc.), while different-set stimuli consisted of four different objects (ABCD, CDBA, etc.). Same and different stimuli sets were placed on opposite sides of two compartments within a discrimination box. Staying on the same-set side (Rat 1) or the different-set side (Rat 2) was rewarded 60 s after the start of a trial. Rat 1 learned the acquisition task with three same-sets (AAAA, BBBB, and CCCC) and different sets but could not accomplish the four same-set tasks and was dropped from the experiment. Rat 2 accomplished the acquisition task with four different objects (A, B, C, and D) and responded significantly better than chance to stimulus sets with novel objects (E, F, G, and H). Rat 2 also learned to discriminate same- and different-sets with 8 different objects (A, B, C, D, E, F, G, and H) and showed reliable performance on test trials with novel objects (I, J, K, and L). These results are discussed in terms of quantitative entropy discrimination as well as qualitative relational same/different learning.

Keywords rat, same/different concept, relational concept, discrimination learning

William James (1892 今田訳 1992) は“同一感がわれわれの意識の骨髄である”と述べている。ここでいう同一感とは、時間や空間を隔てて経験した刺激同士が同じものであるか違うものであるかを感じるという感覚のことである。例えば、動物がある餌が有害であることを一度経験すれば、その後は匂いや形などを手がかりにその餌を避けることを学習する。しかし、以前に学習された刺激と完全に同一な刺激を再経験することはまれである。動物はある範囲内の刺激間の差異は差異として処理せず、同一の刺激として判断し、一定以上の差異を持つ場合に異なる刺激として判断する。このように同一性の感覚は以前の学習内容を活用したり修正したりする際に必要となるだろう。

様々な刺激間の抽象的な関係に関する規則性を獲得することを関係概念の学習という。中でも、2つまたはそれ以上の事象の同一性、相違性を処理する概念を同異概念という。同異概念とは、刺激の具体的な特徴

にかかわらず、刺激間の“同じ”や“異なる”といった抽象的な関係性を示す概念である。動物の関係概念は、主にこの同異の関係を対象として調べられてきた。

動物における同異概念に関する初期の研究は、見本合わせ課題を用いて行われた。見本合わせ課題では、初めに1つの見本刺激が提示された後に2種類の比較刺激が提示され、見本と同じ刺激を選択すると報酬が与えられる。抽象的な関係概念に基づく学習がなされれば、訓練により獲得された概念学習を新奇な刺激に対しても適用可能であるはずである。しかし、見本合わせ課題を用いた初期の研究では、訓練課題を習得することはできても、新奇刺激への学習の転移は示されなかった (Cumming & Berryman, 1961; Farthing & Opuda, 1974; Holmes, 1979; Santi, 1978; Wilson, Mackintosh, & Boakes, 1985)。特にハトを用いた研究では、限られた数の刺激例での見本合わせ訓練の後では、新奇刺激への転移が見られないことから、ハトはすべての刺激に共通して適用できる同異の概念を学習するのではなく、特定の見本刺激に対してどのように反応すべきかを個別に学習する条件性弁別学習を行

¹⁾ 金沢大学

Kanazawa University

a) E-mail: makiko.k@stu.kanazawa-u.ac.jp

うと考えられた (Carter & Werner, 1978)。

しかしその後、特定の刺激に対する条件性弁別の可能性を排除するために、訓練に多様な刺激を使用し、1セッション内に同じ刺激による訓練を行わないといった工夫を行うと、新奇刺激への転移が認められ、ハトにおける同異概念の獲得を示唆する証拠が示された (Santiago & Wright, 1984; Wright, Cook, Rivera, et al., 1988)。

Premack (1983) は、同異の概念を理解できる能力は霊長類とヒトに特有で、言語を獲得することのできる種のみが同異概念を学習できると主張した。この主張は、同異概念の理解は、対象刺激間の同一性と相違性の関係を表す記号の使用と、どの属性が異なるかが理解できる能力が必要であるという理由からであった。実際に霊長類や、言語を学習することのできたオウムに関する研究では、同異概念を獲得したことを示す研究がある (Pepperberg, 1999 渡辺他訳 2003; Truppa, Mortari, Garofoli et al., 2011)。また、見本合わせ課題の手続きでは、抽象的な同異概念を媒介することなく、見本刺激と後に提示される刺激との親近性 (familiarity) により課題が解決可能であると反論した。例えば、比較刺激を提示された際に、以前に提示された見本刺激と親近性を強く感じる方の比較刺激に反応すれば課題に正解することが可能である。この方略によれば、抽象的な同異概念を獲得しなくても、新奇刺激に対しても適切に反応し、転移が生じることが可能であると説明された。

この Premack (1983) の指摘を受けて、親近性に基づく解決が可能な見本合わせ課題ではなく、複数の刺激を同時に提示する手続きを用いて実験が行われるようになった。例えば、Katz & Wright (2006) はハトを用いて、2つの写真を同時に提示する手続きを使用し同異弁別訓練を行った。ディスプレイ上に2枚の写真が上下に提示され、下の写真の右隣に白い四角図形が提示された。最初に観察反応として上の写真をつつくと、下の写真または隣の四角図形に対する弁別反応が許された。2枚の写真が同じものであれば下の写真に対する反応が強化され、異なる写真であれば白い四角への反応が強化された。まず8種類の刺激を用いて訓練を開始し、徐々に16, 32, 64, 128, 256, 512, 1024と刺激数を増加させながら新奇刺激への転移テストを繰り返した。その結果、256種類の刺激を用いて訓練した後では、ハトは新奇なテスト刺激に対して訓練試行と同程度の転移成績を示し、完全な転移が認

められた。霊長類での同様の手続きを用いた実験では、フサオマキザルやアカゲザルでは128種の刺激で訓練試行と同じレベルの転移成績を示した (Katz, Wright, & Bachevalier, 2002; Wright, Rivera, Katz, et al., 2003)。この実験手続きについては、Premack が指摘した刺激に対する親近性に基づく反応方略では解決が困難であると考えられる。これらの結果から、ハトでも抽象的な同異概念の獲得が可能であること、および霊長類のほうがより少ない訓練刺激で転移を確認することができることから、刺激間の抽象的關係性に対して敏感であることが示された。

このように、ハトを対象とした同異概念研究は、同時に提示した2刺激の同異関係にしたがった反応を求める条件性弁別法を用いて多くの検討が行われてきた (e.g., Wright & Katz, 2006)。これに対し、非霊長類のほ乳類として代表的な実験動物であるラットについては、複数の刺激の中で1つだけ異なる刺激を選択する特異性弁別を学習させた研究が比較的によく行われてきたが、抽象的な関係概念の獲得を示す新奇刺激への転移は示されていない (Koronakos & Arnold, 1957; Thomas & Noble, 1998; Wodinsky & Bitterman, 1953)。また、霊長類やハトと同様な2刺激間の同異関係を検討した研究もあるが (Siddik & Taniuchi, 2012)、少数の刺激を用いた場合の課題習得は示されたものの、関係概念の獲得を示す証拠は得られていない。

本研究では、ラットを用いて、物体刺激に対する同異概念の獲得の可能性について検討することを目的とした。ハトではディスプレイ上に2-16種類の刺激を同時提示して同異弁別を訓練すると、異刺激については刺激数が多くなるほど成績が良くなることが報告されている (e.g., Young & Wasserman, 1997)。そこで本研究では、異または同刺激を4つの刺激物体で構成した事態において、刺激がすべて同じか、すべて異なるかの弁別を求めることとした。また刺激の同異関係に関する条件性弁別を求める代わりに、同刺激セットと異刺激セットを同時提示し、一方の刺激セットへの反応を求める課題を新たに考案し、この課題の学習可能性を検討した。ラットは2つの区画のどちらかに同異の刺激セットがそれぞれ設置された装置内を探索することを許され、一定時間経過後の滞在选择反応とした (Figure 1を参照)。4種類の物体 (A, B, C, D) を用いた習得訓練後に、新奇な刺激 (E, F, G, H) セットを用いた転移テスト1を行った。さらに、訓練

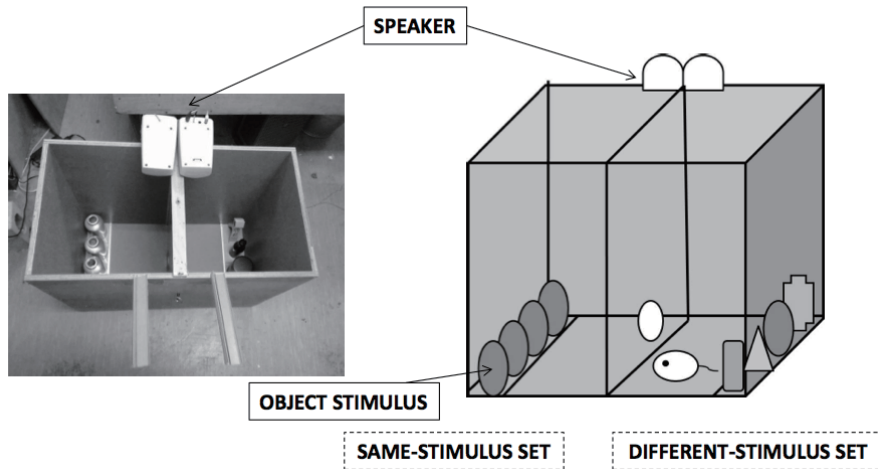


Figure 1 A photograph and diagram of the apparatus. Same and different stimuli sets were placed quasi-randomly in either of two compartments within the discrimination box. Rats were put in left compartment and could explore both compartments freely during a 60 s trial. A 10 s alarm sound was given from speakers 50 s after the start of each trial, and a guillotine door between the compartments was lowered when the alarm stopped.

刺激を 8 種類 (A, B, C, D, E, F, G, H) に増加して訓練した後、新奇刺激 (I, J, K, L) による転移テスト 2 を検討した。ラットが物体刺激間の抽象的な関係性に基づいて刺激セットを弁別した場合には、新奇な刺激から構成される刺激セットに対しても弁別反応を示すことが予測される。

方 法

被験体 株式会社紀和実験動物研究所から購入した実験経験のない約 80 日齢の Long-Evans 系ラットのオス 2 匹を用いた。実験期間を通して、実験で与えられる報酬以外の飼育飼料を 1 日に 16 g とする食餌制限下で飼育した。動物の飼育は、金沢大学動物実験委員会の承認を受けた施設と管理マニュアルの下で行われた。

装置 Figure 1 に装置の写真と概要を示した。装置は、長さ 35 cm、幅 63 cm 高さ 50 cm の木製の箱であり、艶消しの灰色に塗られていた。装置の中央には塩化ビニール板の仕切りが設置され、二つの区画に分けられていた。仕切り板には直径 6 cm の穴があり、ラットはこの穴を通して両区画を探索することが可能であった。

実験に使用した物体刺激を Figure 2 に示した。茶

色のビン、ペットボトル、緑色の洗濯バサミ、半透明のプラスチックボトル、黒い茶筒、白いプラスチックカップ、金属製のボトル、金属製のカクテルメジャー、プラスチック製の透明四角柱、金属製の四角柱、金属製の漏斗、プラスチック製の透明カップの 12 種類の刺激を用いた。刺激物体は長さ 8 cm、幅 8 cm、厚さ 1 mm の灰色の塩化ビニール板に接着して使用した。物体刺激の訓練刺激への割り付けは被験体間で相殺した。報酬刺激として、約 30 mg の米爆ぜ菓子を使用した。

手続き 予備訓練として、毎日 3 分間のハンドリングを 7 日間行った。同時にホームケージ内で 10 粒の米爆ぜ菓子を提示して馴致した。8 日目に、装置の自由探索を 10 分間行わせた。自由探索時には、左右の区画の床にそれぞれ 5 粒の米爆ぜ菓子を置いて食べさせた。9 日目には同じ手続きによる装置探索を、1 回 5 分間で 1 日に 2 回与えた。

10 日目から習得訓練を開始した。まず、刺激 A, B, C, D を用いた訓練を行った。同一の刺激を 4 個並べた刺激セットを同刺激、異なる 4 種の物体を 1 つずつ並べた刺激セットを異刺激とした。左右区画の片側の端には同刺激を配置し、もう一つの区画には異刺激を配置した。同・異刺激セットの左右区画への配置は、



Figure 2 A photograph of object stimuli (A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, and L). Each object was fixed on a gray PVC board.

試行ごとに Fellows 系列 (Fellows, 1967) に従って疑似ランダム順で変更した。実験者がラットを片側の区画に投入することで 60 秒間の試行を開始した。50 秒が経過すると試行の終了を予告する 10 秒間のアラーム音が提示された。アラーム音は、周波数 1000 Hz と 4000 Hz の 2 種類の純音を交互に 500 ms ずつ提示することでアラーム音となるよう構成した。アラーム音の停止と同時に仕切り板のギロチンドアを閉じ、区画間を往来できないようにした。ドアが閉鎖された時点でラットが滞在していた区画を選択反応とした。ラット 1 は同刺激、ラット 2 は異刺激が提示された区画への滞在を正反応とした。正反応の場合には米爆ぜ菓子 3 粒を装置の上部に取り付けられたプラスチック製のパイプを通じて装置内に散布して食べさせた。誤反応の場合には、無報酬のまま 20 秒間留めた後に装置から取り出して試行を終了した。1 日に 1 セッション 24 試行を行った。異刺激 ABCD と同刺激 AAAA を用いた訓練から開始し、2 セッション連続で 75% 以上の正反応率を学習基準とした。学習基準を達成すると、同刺激に BBBB を加えて訓練を行った。1 日に 1 セッション 24 試行を行い、同刺激として AAAA を 12 試行、BBBB を 12 試行ずつ、2 試行毎に無作為化した順序で提示した。学習基準を達成すると、CCCC を加えて訓練を行った。1 日に 1 セッション 24 試行を行い、同刺激として AAAA、BBBB、CCCC を 8 試行ずつ、3 試行毎に無作為化した順序で提示した。さらに学習基準を達成すると、DDDD を加えて訓練を行った。1 日に 1 セッション 24 試行を行い、同刺激として

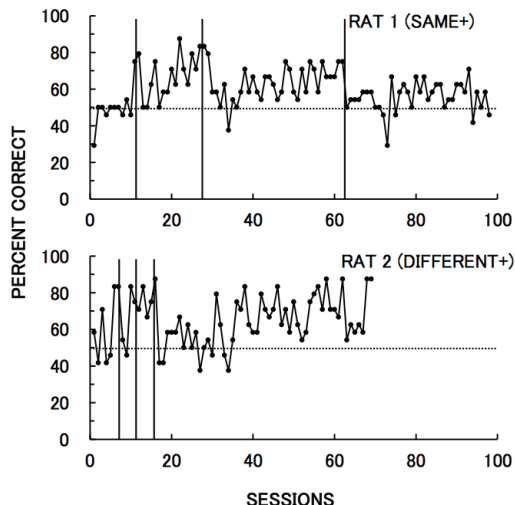


Figure 3 Percent correct responses during acquisition training with objects A, B, C, and D. First, rats were trained to discriminate AAAA from different-sets (ABCD, CADB and so on), and sets BBBB, CCCC, and DDDD were added to training, one after another, when rats attained learning criterion. Solid lines represent the addition of a new same-set in training. Dotted lines represent chance level (50%).

AAAA, BBBB, CCCC, DDDD をそれぞれ 6 試行ずつ、4 試行毎に無作為化した順序で提示した。異刺激の ABCD については、4 種の刺激の 4 つの位置への配置が 24 通りあるため、各配置を 1 日に 1 回ずつ使用した。4 種の刺激を用いた訓練で、2 セッション連続で 80% 以上の正反応率を学習基準とし、達成すると転移テストへ移行した。

習得訓練完了の翌日から転移テスト 1 を行った。転移テスト 1 は刺激 A, B, C, D による訓練内に、新たなテスト刺激 E, F, G, H に基づく刺激セットをプロブ試行として挿入した。1 日に 28 試行を行い、第 9, 14, 19, 24 試行にテスト試行を挿入した。テスト試行に使用した刺激セットは、同刺激が EEEE, FFFF, GGGG, HHHH, 異刺激が EFGH の刺激配置を換えたものであり、4 種類の同刺激を 1 セッションにそれぞれ 1 回ずつ使用した。テスト刺激に対する反応は、計画では反応の正誤に関わらず報酬を与える全強化テストを行う予定であったが、実験者のミスにより訓練刺激と同様に正反応のみを強化した。このテストを 6 セッション行った。

転移テスト1の終了後、刺激A, B, C, D, E, F, G, Hを用いて再度訓練を行った。再訓練では、同刺激にAAAA, BBBB, CCCC, DDDD, 異刺激にABCDの刺激配置を換えたものを組み合わせた試行と、同刺激にEEEE, FFFF, GGGG, HHHH, 異刺激にEFGHの刺激配置を換えたものを組み合わせた試行を別々に行った。1日に24試行を行い、A, B, C, Dを用いた刺激セットでの訓練試行を12試行、E, F, G, Hを用いた刺激セットの試行を12試行、2試行毎に無作為化した順序で提示した。連続した2セッションで、同刺激にA, B, C, Dを用いた試行、E, F, G, Hを用いた試行、それぞれが正反応率70%以上を学習基準とした。学習基準を達成すると、続けて8種類の刺激を混合させた刺激セットを用いて訓練を行った。8種の刺激を用いた訓練では、同刺激は8パターン、異刺激は8種の物体の組み合わせが70パターンある。さらに異刺激の70パターンについて物体刺激の配置をランダム化した。このような同刺激と異刺激をランダムに組み合わせて訓練を行った。連続した2セッションで、同刺激にA, B, C, Dを用いた試行、E, F, G, Hを用いた試行、それぞれが正反応率70%以上となることを学習基準とした。学習基準を達成すると、転移テスト2を行った。転移テスト2は、8種の物体を組み合わせた刺激セットによる訓練試行5試行ごとに、I, J, K, Lという新奇な4種の刺激からなる刺激セット(IIII, JJJJ, KKKK, LLLL対IJKL)を用いたテスト試行を1試行挿入した。1日に28試行を行い、第6, 12, 18, 24試行にテスト試行を行った。転移テスト2では、同刺激と異刺激のどちらへの反応も強化する全強化テストを行った。テスト試行は1セッションに4試行を行い、4種の同刺激を1回ずつ提示した。15セッションを行い、計60試行のテストを行った。

結 果

Figure 3は習得訓練において同刺激を1種類から4種類へと増加させた過程での正反応率を示している。ラット1は、1種類の同刺激を用いた訓練を12セッション、2種類の同刺激を用いた訓練を16セッション、3種類の同刺激を用いた訓練を34セッションで学習基準に到達した。しかし、同刺激を4種に増加させた訓練では36セッションの訓練を行っても学習を獲得することはできなかったため訓練を打ち切った。ラット2は1種類の同刺激を用いた課題は7セッション、



Figure 4 Percent correct responses for Rat 2 on training and test stimuli sets in Transfer Test 1. The dotted line represents chance level (50%).

2種類の同刺激を用いた課題は4セッション、3種の同刺激を用いた課題は5セッション、4種の同刺激を用いた課題は53セッションで学習基準を達成した。

Figure 4にラット2の転移テスト1の結果を示した。ラット2は、訓練刺激 ($p < .001$, 二項検定, 片側) だけでなく、新奇なテスト刺激に対しても、2区画を無作為に選択するチャンスレベル50%を有意に超える遂行を示した ($p = .011$, 二項検定, 片側)。また、テストセッションにおける正反応率はテスト試行で75.00%, 訓練試行は79.17%であり、有意な差は認められなかった ($\chi^2(1) = .21, ns$)。

転移テスト1の終了後、8種の刺激を用いた再訓練で、A, B, C, Dを組み合わせた刺激セットと、E, F, G, Hを組み合わせた刺激セットを別々の試行として行った段階では、ラット2は47セッションで学習基準を達成した。さらに、続けて行った8種類の刺激を混合させた刺激セットによる訓練では、84セッションで学習基準を達成し、全体では131セッションを要した。学習基準に到達した最終2セッションの正反応率は、同刺激にA, B, C, Dを用いた試行が70.83% (17/24), E, F, G, Hを用いた試行では87.50% (21/24)であり、平均値に差が認められたが、統計的には有意ではなかった ($\chi^2(1) = 2.02, ns$)。

Figure 5に、A, B, C, D, E, F, G, Hを用いた再訓練後に行った転移テスト2の結果を示した。ラット2の正反応率は新奇な刺激を用いたテスト試行において61.67%であり、チャンスレベルよりも有意に優

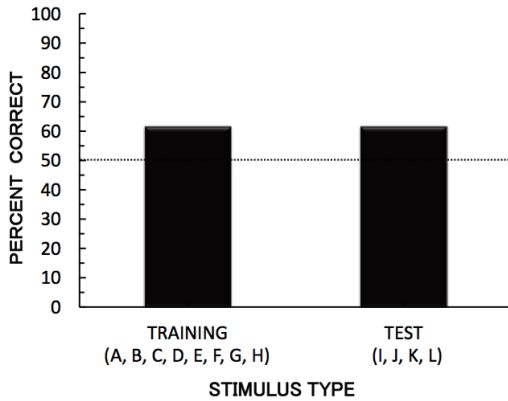


Figure 5 Percent correct responses for Rat 2 on training and test stimuli sets in Transfer Test 2. The dotted line represents chance level (50%).

れていた ($p = .046$, 二項検定, 片側)。また, テスト期間内における訓練試行の正反応率も 61.67%であり, 訓練試行とテスト試行の正反応率には差が認められなかった ($\chi^2(1) = 0, ns$)。

考 察

本研究では, ラットにおける物体刺激セットを用いた同異の弁別学習の成立と新奇刺激への転移について吟味することにより, げっ歯目における抽象的な同異概念の獲得可能性について検討した。その結果, ラット 1 では 3 種の同刺激を用いた弁別学習が可能であった。ラット 2 においては 4 種または 8 種の刺激を用いた訓練において, 同異の弁別学習が成立することが確認された。さらに, ラット 2 では新奇な物体を用いた刺激セットによる 2 回の転移テストにおいて, 訓練刺激と同程度でチャンスレベルを有意に超える正反応率が示された。

4 種の物体刺激を用いた訓練を学習することができなかったラット 1 では, 特定刺激への接近または回避による解決が可能であった。たとえば, 3 種類の同刺激を用いた訓練に用いられる刺激セットは, 異刺激は ABCD であり, 同刺激は AAAA, BBBB, CCCC である。ラット 1 では同刺激への反応が正反応であるため, 物体 D に対する回避反応を学習することでこれらの課題を解決可能である。これに対し, 同刺激に DDDD を加えると, 特定の刺激に対する接近または回避による解決が不可能になる。DDDD を訓練

刺激として加えた最初の 4 セッションにおいて, 4 種の同刺激を用いた試行の正反応率は, AAAA 試行が 79.17%(19/24, $p = .007$, 二項検定, 両側), BBBB 試行が 58.33%(14/24, $p = .541$, 二項検定, 両側), CCCC 試行が 58.33%(14/24, $p = .541$, 二項検定, 両側), DDDD 試行が 25.00%(6/24, $p = .007$, 二項検定, 両側)であった。DDDD 試行における成績が有意にチャンスレベルを下回ったことは, ラット 1 が刺激 D に対する回避傾向を持ち, 刺激 D が 1 つ含まれる負刺激の ABCD よりも 4 つ含まれる正刺激の DDDD を避けたことによって説明が可能である。したがって, この結果は, ラット 1 が第 3 段階までの習得訓練において, 異刺激セットの中で同刺激には含まれない刺激を回避する方略を用いたことを強く示唆するものである。AAAA 対 ABCD の段階では刺激 B, C, D が, AAAA, BBBB 対 ABCD の段階では刺激 C または D, AAAA, BBBB, CCCC 対 ABCD の段階では刺激 D を回避することで課題遂行が可能であった。これに対し, 刺激 A は最初の AAAA 対 ABCD の訓練段階から同刺激と異刺激の両方に用いられたことから, 他の刺激と異なり, 回避の対象として学習されなかったと考えられる。このように同刺激が AAAA の場合の正反応率が高かった原因としては, 特定の刺激を回避する学習方略において, 刺激 A が回避の対象とならなかったことが原因であると説明することができる。また, AAAA 対 ABCD の弁別は訓練の最初の段階から用いられたため, 他の刺激を用いた試行 (BBBB, CCCC, DDDD 対 ABCD) よりも多くの訓練が行われた。ラット 1 の場合, DDDD 刺激を導入した時点において AAAA 対 ABCD 試行は計 752 試行を行っていた。この訓練試行数の差が学習の獲得の度合いに影響し, 刺激種ごとの成績の違いに関与していた可能性も考えられる。

ラット 1 は, 特定刺激に対する回避反応という方略を用いて 3 種類の同刺激を用いた課題までを習得することができたが, 4 種の刺激を同刺激に用いた段階では 36 セッションの訓練期間内に, 特定刺激に対する回避反応に基づかない学習方略へ移行することができなかったと考えられる。これに対し, ラット 2 が 4 種類の同刺激を用いた習得課題を学習可能であったという結果は, 特定の刺激への反応に基づかない方略による弁別学習を獲得することが可能であったことを示すものである。ラット 2 において DDDD を訓練刺激として加えた最初の 4 セッションでは, 4 種

の同刺激に用いた試行の正反応率は、AAAA 試行が 87.50%(21/24, $p < .001$, 二項検定, 両側), BBBB 試行が 66.67%(16/24, $p = .152$, 二項検定, 両側), CCCC 試行が 33.33%(8/24, $p = .064$, 二項検定, 両側), DDDD 試行が 12.50%(3/24, $p < .001$, 二項検定, 両側)であった。DDDD 試行における成績が有意にチャンスレベルを下回った結果は、ラット 2 も刺激 D を導入した初期の段階では、ラット 1 と同様に特定刺激への接近・回避反応により課題を遂行した可能性を強く示唆するものである。しかし、ラット 2 は 53 セッションの訓練の間に 4 種の同刺激を用いた訓練の学習基準を達成し、さらに転移テスト 1 と転移テスト 2 において新奇刺激に対してチャンスレベルを超える遂行を示した。この結果はラット 2 が特定の刺激への接近反応という方略から、刺激間の抽象的な同異関係に基づいた弁別の学習へと方略を移行したことを示すものである。

転移テスト 1 では、実験者のミスにより、正反応に対する分化強化を行った。そのためテスト期間にテスト刺激に対する反応を即座に学習した可能性が排除できない。実際に、24 試行のテスト試行の成績を前半と後半の 12 試行ずつに分けて分析すると、前半が 66.67% であるのに対し後半が 83.33% であり、有意な差は認められなかったものの ($\chi^2(1) = .89, ns$), 成績の上昇が見られた。しかし、前半 12 試行についても、統計的に有意ではないものの (8/12, $p = .194$, 二項検定, 片側), チャンスレベルを上回る傾向が示された。さらに、転移テスト 1 では 24 試行のテスト試行を行ったが、24 試行は、訓練量としては、習得訓練の 1 セッション分に相当する。ラット 2 が 4 種類の物体刺激による学習を獲得するのに計 69 セッションもの訓練を要したことを考慮すると、新奇な刺激に対してテスト期間内で新奇な刺激セットに対する学習を即座に獲得することが可能であったとは考えにくい。したがって、転移テスト 1 におけるテスト刺激に対する優れた成績は、テスト試行における分化強化による学習ではなく、訓練刺激とテスト刺激に共通する手がかり、すなわち刺激間の抽象的な同異関係の学習を示唆する結果であると考えられる。

転移テスト 2 では、テスト試行での正反応、誤反応どちらも強化を行い、テスト試行内での学習の可能性を排除した。もしラットが同異の概念を獲得しておらず、テスト試行における強化随伴性に基づいて反応した場合には、正反応率はチャンスレベルの 50%を示

すはずである。しかし、転移テスト 2 では、新奇なテスト刺激に対する正反応率は 61.67%(37/60) を示し、同じテスト期間内の訓練試行における正反応率の 61.67%(222/360) と同じであった。この結果は、ラット 2 が刺激間の抽象的な同異関係を弁別手がかりとして学習したことを支持するものである。

このように、本研究の結果から、ラットにおける刺激間の同異関係を学習した可能性が強く示唆された。しかしながら、いくつかの検討すべき点が残されている。第 1 に、本研究では 2 匹のラットを用いたが、新奇刺激への転移は、1 匹だけにおいて確認されたものである。ラット 1 は同刺激、ラット 2 は異刺激が正刺激であった本研究の手続きでは、同刺激を強化される場合は、最初の習得訓練において新奇な同刺激が加えられるたびに、新しい刺激に対する接近を学習する必要があるが、異刺激を強化される場合には 1 セットの異刺激に対する接近を学習するだけで獲得することが可能であった。このように同異どちらの刺激を強化するかにより、学習獲得に要する期間に差が出た可能性が考えられる。また、異刺激を正刺激として訓練した場合の方が成績が優れていたという結果は、特徴正值効果 (feature positive effect) として知られる現象からも理解できるかも知れない。すなわち、一般に XX+ 対 XY- の弁別よりも、XX- 対 XY+ という特定の特徴 (Y) の存在を正刺激とする弁別の方が学習の獲得が早くなることが知られている。異刺激に含まれる特定の刺激の“不在”に対して接近することを求められたラット 1 よりも、異刺激内の特定の刺激の“存在”に対して接近することを求められたラット 2 の習得が速やかであった可能性がある。しかしながら、本研究では同・異刺激を正刺激とする各条件に 1 匹ずつだけが割り付けられたため、このような条件間の成績の違いが実験条件によるものなのか、または被験体の個体差によるものであるのかを特定することは困難である。同異弁別における特徴正值効果等の関与については今後、被験体数を増やし、同・異条件間の成績を比較する必要があるだろう。

また、同・異刺激セットの同時弁別学習では、同刺激セットと異刺激セットそれぞれについて接近反応を学習したのか、回避反応を学習したのかを特定することが困難である。この問題については、提示された 1 つの刺激セットに含まれる同異関係に基づいた選択肢への反応を求める条件性弁別課題を用いることによって、ラットが同・異のそれぞれの刺激にどのように反

応するのかをより詳細に特定できると考えられる。

第2に、転移テスト1の後で訓練刺激種8種に増加させ、転移テスト2を検討したが、訓練試行における遂行成績が60%程度にまで低下した。霊長類や鳥類を用いた同異概念学習の研究では、訓練刺激数を増加させることで、抽象的な同異概念の形成を促進することが示されている(Katz et al., 2002; Katz & Wright, 2006; Wright et al., 2003)。転移テスト2においても、テスト刺激に対する遂行成績はチャンスレベルを上回ったものの、転移テスト1よりも低下した。また、4種類の刺激を用いた習得訓練は69セッションで完了したのに対し、8種類の刺激を用いた習得訓練には131セッションを要した。この成績低下や習得訓練に要するセッション数の増加の原因としては、2つの可能性が挙げられる。1つは、ラット2が転移テスト2の終了段階まで完全に抽象的な同異概念を用いて課題を遂行しなかった可能性である。もし、抽象的な概念による学習を行ったならば、刺激例数が増加してもすべてに共通した単一概念で課題を遂行することが可能である。しかし、それぞれの刺激に対して特異の手がかりを用いた学習が行われた場合には、刺激例数が増加するにつれて学習に必要な記憶負荷は増加する。そのため、刺激物体の種類を8種類に増加させたことにより、学習が困難になったとも推察できる。しかし、完全に刺激特異的な学習を行った場合には、新奇な刺激に対する転移は生じないはずである。サルやハトを対象とした研究では、同異概念に基づく学習が行われた場合にはテスト刺激に対する正反応率が訓練刺激と等しくなるが、テスト刺激に対する反応がチャンスレベルを上回るものの訓練刺激よりも劣る場合には、抽象的な同異関係だけでなく、刺激特異的な手がかりが部分的に関与していることが指摘されている(Wright & Katz, 2006)。本研究では、8種類の物体を用いた訓練後の転移テスト2においても、訓練刺激と等しい水準でテスト刺激の正反応率が示されたものの、刺激特異的な学習方略と抽象的な同異概念に基づく学習とが併存していた可能性も考えられる。サルやハトを対象とした研究と同様に、ラットにおける同異概念の学習を媒介する学習方略の規定因と方略間の関係性についてさらに検討を行う必要がある。

第2は、ラット2は抽象的な同異概念を学習したものの、実験の長期化に伴うラットの老齢化が遂行成績全体に悪影響をおよぼした可能性である。本研究のラットは実験開始時に80日齢であり、実験開始から

最終的に実験を終えた段階まで約1年が経過していた。ラットは霊長類や鳥類と比較するとかなり寿命の短い動物であり、長期に渡る学習訓練を行った場合には、老齢化による認知能力の低下が遂行成績に影響する可能性がある。放射状迷路を用いた遅延非見本合わせ課題において、6, 12, 18ヶ月齢のラットを比較した研究では、18ヶ月齢で保持期間の増加に伴い成績が低下することが示されている(Chrobak, Hanin, Lorens et al., 1995)。また、6, 11, 14, 17, 20, 26ヶ月齢のラットをバーンズ迷路による空間学習課題を用いて比較した研究では、6ヶ月齢においてすべてのラットが最も短期間で課題を学習可能であるが、14ヶ月齢から成績の低下が生じることが示されている(Barrett, Bennie, Trieu et al., 2009)。本研究において転移テスト2を行った時点で、ラット2は約14か月齢であった。このように、ラット2が同異概念を学習した一方で、老齢化が遂行成績全体に悪影響をおよぼした場合には、同異概念の獲得を示す訓練刺激とテスト刺激の成績の等しさと、遂行成績全体の低下を説明可能であるように思われる。老齢化の影響を排除するためには、1日の訓練数を増やすなど、より短期間に実験を進める必要があるだろう。

また、本研究において用いられた実験手続きでは、試行間の刺激の変化が反応の手がかりとして学習された可能性も考えられるかもしれない。本研究においては、特にA, B, C, D刺激を用いた課題では、同刺激は4試行毎に4種類の刺激セットのいずれか1種類を提示されたが、異刺激は毎試行A, B, C, Dという同じ刺激セットで配列順序のみを変更した刺激が提示された。このため、同刺激については試行間での刺激セットの変更が原因となり低い親近性が生じ、異刺激については配列の変更のみが原因となり、同刺激よりも高い親近性が生じた可能性がある。すなわち、刺激セット内の抽象的な同異関係と言うよりも、刺激セットに対する親近性の高低が弁別の手がかりとして機能したのかもしれない。一方で、転移テストにおけるテスト刺激(E, F, G, HまたはI, J, K, L)は訓練試行の間に低頻度で挿入された。このため、テスト刺激については同刺激も異刺激も親近性は低くなるはずであり、試行間での刺激セットの変更に伴う親近性は有効な弁別刺激としては機能しなかったと言える。このように、本研究における同異弁別には刺激セットが持つ親近性が影響した可能性が挙げられるが、転移テストにおける有意な遂行は、ラットが少なくとも親近

性のような非概念的な手がかりだけでなく、物体間の抽象的な関係性に基づく学習を行ったことを示唆している。また、前述の1試行に1種類の刺激セットを提示する条件性弁別課題では、同・異刺激どちらか一方しか提示されないため、このような同・異刺激間での相対的な親近性の差異は縮小すると考えられる。今後の検討では、試行間での刺激セットの変更に伴う親近性についても統制する必要がある。

本研究では物体刺激の同異の弁別学習の成立と新奇刺激に対する転移が示され、ラットが抽象的な同異概念を学習可能であることが示唆された。しかし、ラットが物体刺激の“質的な”同異判断をしていたかどうかについてはさらなる検討が必要である。例えば、Young & Wasserman (1997) は、ハトを中心とした数種の動物における同異弁別に対する量的な手がかりの関与を示している。この研究では、スクリーン上に16個のアイコンを並べ、同刺激はすべて同じ16個のアイコンで構成し、異刺激はすべて異なる16個のアイコンで構成した。この場合、アイコンがすべて同じである同刺激は刺激の多様性の量的指標であるエントロピー値が最少になり、16個すべて異なるアイコンが並んだ異刺激はエントロピー値が最大となる。この2種類の刺激を用いて同異弁別の訓練を行った後に、同異の刺激を構成するアイコン数を操作した。アイコン数を変化させると、同刺激のエントロピー値はアイコン数に関わらず一定であるが、異刺激ではアイコン数に比例してエントロピー値も増加する。ハトの正反応率はエントロピー値の変化に従った反応が示された。すなわち、ハトは刺激セットを同異の2つに質的に分類するというよりも、エントロピー値で記述される多様性の程度にしたがって同異反応を行ったと考えられる。同様な結果は、ヒヒ (Wasserman, Fagot, & Young, 2001) やヒトを被験体とした実験 (Young & Wasserman, 2001) でも一部の参加者で示されている。刺激セットのエントロピーの学習は、新奇刺激に対する転移も説明可能である。もし刺激セットのエントロピーを手がかりとした学習が獲得されていれば、新奇な刺激であってもエントロピー値で記述される多様性の知覚は生じると考えられるので、テスト刺激についても多様性の水準に従った適切な同異反応が可能である。このように、本研究のラット2が質的な同異概念を学習したのではなく、エントロピーで示される刺激の多様性という抽象的ではあるが量的な手がかりを学習した可能性も十分に考えられる。この可能性を

検討するためには、Young & Wasserman (1997) のハトの研究のように、刺激セットを構成する物体数を変更するエントロピー値の操作を行い、弁別反応との関連を吟味することが必要である。

本研究ではラットにおける同異概念の獲得を示す予備的証拠が示された。しかし、ラットにおける同異概念の獲得をより明確に示すためには、個体間の一般性、複数の学習方略の使用、より高い水準での遂行成績と新奇刺激への転移、およびエントロピー値で規定される量的手がかりの学習可能性について検討する必要があるだろう。

引用文献

- Barrett, G. L., Bennie, A., Trieu, J., Ping, S., & Tsafoulis, C. (2009). The chronology of age-related spatial learning impairment in two rat strains, as tested by the Barnes maze. *Behavioral Neuroscience*, **123**, 533–538.
- Carter, D. E., & Werner, T. J. (1978). Complex learning and information processing by pigeons: A critical analysis. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, **29**, 565–601.
- Chrobak, J. J., Hanin, I., Lorens, S. A., & Napier, T. C. (1995). Within-subject decline in delayed-non-match-to-sample radial arm maze performance in aging Sprague-dawley rats. *Behavioral Neuroscience*, **109**, 241–245.
- Cumming, W. W., & Berryman, R. (1961). Some data on matching behavior in the pigeon. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, **4**, 281–284.
- Farthing, G. W., & Opuda, M. J. (1974). Transfer of matching-to-sample in pigeons. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, **21**, 199–213.
- Fellows, B. J. (1967). Chance stimulus sequences for discrimination tasks. *Psychological Bulletin*, **67**, 87–92.
- Holmes, P. W. (1979). Transfer of matching performance in pigeons. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, **31**, 103–114.
- James, W. (1892). *Psychology: Briefer Course*. (ジェイムズ, W. 今田寛 (訳)(1992). 心理学 岩波書店)
- Katz, J. S., Wright, A. A., & Bachevalier, J. (2002). Mechanisms of same/different abstract-concept learning by rhesus monkeys (*Macaca mulatta*). *Journal of Exper-*

- imental Psychology: Animal Behavior Processes*, **28**, 358–368.
- Katz, J. S., & Wright, A. A. (2006). Same/different abstract-concept learning by pigeons. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, **32**, 80–86.
- Koronakos, C. & Arnold, W. J. (1957). The formation of learning sets in rats. *Journal of Comparative & Physiological Psychology*, **50**, 11–14.
- Pepperberg, I. M. (1999). *The Alex studies: Cognitive and communicative abilities of grey parrots*. (ペッパーバーグ, I. M. 渡辺茂・山崎由美子・遠藤清香 (訳)(2003). アレックス・スタディーオウムは人間の言葉を理解するか— 共立出版株式会社)
- Premack, D. (1983). Animal cognition. *Annual Review of Psychology*, **34**, 351–362.
- Santi, A. (1978). The role of physical identity of the sample and correct comparison stimulus in matching-to-sample paradigms. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, **29**, 511–516.
- Santiago, H. C. & Wright, A. A. (1984). Pigeon memory: same/different concept learning, serial probe recognition acquisition, and probe delay effects on the serial-position function. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, **10**, 498–512.
- Siddik, M. A. B. & Taniuchi, T. (2012) Conditional discrimination learning of two-objects-pairs by rats. *Bulletin of Hokuriku Psychological Society of Japan*, **1**, 35–43.
- Thomas, R. K. & Noble, L. M. (1988). Visual and olfactory oddity learning in rats: What evidence is necessary to show conceptual behavior?. *Animal Learning & Behavior*, **16**, 157–163.
- Truppa, V., Mortari, E. P., Garofoli, D., Privitera, S., & Visalberghi, E. (2011). Same/different concept learning by capuchin monkeys in matching-to-sample tasks. *PLoS ONE*, **6**, 1–9.
- Wasserman, E. A., Fagot, J. & Young, M. E. (2001). Same-different conceptualization by baboons (*Papio papio*): The role of entropy. *Journal of Comparative Psychology*, **115**, 42–52.
- Wilson, B., Mackintosh, N. J., & Boakes, R. A. (1985). Transfer of relational rules in matching and oddity learning by pigeons and corvids. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, **37B**, 313–332.
- Wodinsky, J., & Bitterman, M. E. (1953). The solution of oddity problems by the rat. *American Journal of Psychology*, **66**, 137–140.
- 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., Rivera, J. J., Katz, J. S., & Bachevalier, J. (2003). Abstract-concept learning and list-memory processing by capuchin and rhesus monkeys. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior processes*, **29**, 184–198.
- Wright, A. A., & Katz, J. S. (2006). Mechanisms of same/different concept learning in primates and avians. *Behavioural Processes*, **72**, 234–254.
- Young, M. E., & Wasserman, E. A. (1997). Entropy detection by pigeons: Response to mixed visual displays after same-different discrimination training. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior processes*, **23**, 157–170.
- Young, M. E., Wasserman, E. A. (2001). Entropy and variability discrimination. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, **27**, 278–293.

(2013年7月11日受稿, 9月17日受理)