資 料

他の個体の行動を手掛りに用いたラットの弁別学習

同志社大学 青 山 謙二郎

同志社大学 岡 市 広 成

A rat can use another rat's behavior as a discriminative stimulus

KENJIRO AOYAMA and HIROSHIGE OKAICHI

Department of Psychology, Doshisha University

ヒトが営む様々な相互作用の基礎的な過程の解明に、動物の相互作用の分析が有効であると期待される。そこで、ラットに相互作用を営ませるための基礎として、他のラットの行動を弁別刺激として利用する刺激統制の研究がいくつか行われてきた。Husted & McKenna (1966) は他のラットが存在するときをS+, しないときをS-としてラットの行動を統制することに成功した。Hake, Donaldson, & Hyten (1983) は、協同のような社会的相互作用の分析における基礎的な単位は、他の動物の特定の行動であって他の動物の単なる存在ではないとして、他のラットのキーへの反応を弁別刺激として用いた。そこでは、刺激となるラット(リーダー)が上下のキーのどちらを押したかを弁別刺激として、もう1匹のラット(フォロワー)に上下2つのキーの選択を行わせ、90%以上の正反応率を得ることに成功した。しかし Hake *et al.* の研究では、いくつかの手続き上の不備が見られる。その第一は、リーダーの行動が統制されておらず、リーダーが、先ず下のキーを押して正答でなければ上のキーを押すという固定的な反応パターンを示したことである。実際、フォロ

ワーも下のキーに高い偏向を示した。第二は、リーダーがキーを押す音がしてからフォロワー側のキーが点灯するまでの時間間隔が弁別刺激として利用可能であったこと、第三は、フォロワーへの修正手続きが導入された時には lose-shift 方策が利用可能であったことである。2匹のラットの間に不透明な仕切りを導入しても正反応率がチャンスレベルを上回っていたことは、上記のような、リーダーの行動を弁別刺激として利用する以外の方策が用いられていた可能性を強く示唆している。

本研究ではリーダーの行動を統制し、実験1ではT迷路でのアーム選択、実験2ではオペラント箱でのレバー選択という異なる課題を用いて、他個体の行動を弁別刺激とするラットの行動の統制がどの程度可能であるかを検討する。

実 験 1

Gardner, Corbin, Beltramo, & Nickell (1984) は、二つのT迷路を組み合わせた装置を用いて、囚人ジレンマゲーム事態におけるラットの行動を検討している。しかし、彼らの実験では、ラットが他のラットの行動に応じて

自分の行動を変化させる能力を有しているか否かについて直接の検討はなされていない。本実験では、Gardner *et al.*と同様の装置を用いて、他個体の行動を弁別刺激とするラットの行動の統制を試みる。

方 法

被験体：日齢 65 (±2) 日の実験経験のない Wistar 系雄アルビノラット 18 匹を用いた。実験開始時の体重は 280 g から 309 g であった。動物は個室に入れられ、7:00 AM を起点とする 12 時間ごとの明暗サイクルの部屋で飼育された。15 匹を課題遂行ラットとして、S(same) 群、O (opposite) 群、C (control) 群の 3 群に 5 匹ずつ分配し、残る 3 匹をモデルラットとして用いた。

装置：Fig. 1 に示すように、二基の高さ 43 cm の木製高架式 T 迷路を対面する形で組み合わせた。T 迷路間の仕切りには、高さ 30 cm の透明なアクリル板を用いた。課題遂行ラット用 T 迷路は、左右のアームを有し、アームの中間に出発箱を備えていた。出発箱のギロチンドアは透明なアクリル製であり、ラットは出発箱の

中から前および左右を見ることができた。モデルラット用 T 迷路は、左右のアームと各アームに対応した出発箱を備えていた。右の出発箱は右のアームに、左の出発箱は左のアームにのみ通じていた。左右の出発箱のギロチンドアは連続した一枚の木製板であり、出発箱のギロチンドアが開けられるまでは課題遂行ラットはモデルラットの姿を見ることはできなかった。すべてのアームの両端に直径 1.2 cm の浅い穴を設け餌皿として使用した。

手続き：訓練開始の 10 日前より食餌制限を施し、各被験体の体重を自由摂食時の 85% に減量した。実験期間中この水準の体重を維持するのに必要な量の餌を 1 日の実験終了後にホームケージ内で与えた。訓練開始の 3 日前から各被験体に 5 分間のハンドリングを施し、訓練開始の前日に各被験体ごとに 10 分間の装置馴致を行った。訓練は 1 日 10 試行で 20 日間行い、3 日間の休憩の後、さらに 4 日間の再訓練を行った。

試行は、モデルラットと課題遂行ラットをそれぞれの出発箱に入れた後に、モデルラット側のギロチンドアを開けることにより始まる。モデルラットの四肢が出発箱から出るとギロチン

Fig. 1 Diagram of the jointed T-mazes. Painted parts indicate start boxes, and unpainted parts indicate arms (Experiment 1).

ドアを閉じ、その3秒後に課題遂行ラットの左右のギロチンドアを同時に開ける。課題遂行ラットが左右どちらかのアームに入ることにより選択反応が生じたとしてギロチンドアを閉じ、約10秒後にケージに戻すことによって試行を終了する非修正法をとった。

S群ではモデルラットの走行方向と同側のアーム、O群では反対側のアームを選んだときを正反応として報酬を与えた。C群ではモデルラットの走行方向に関係なくランダムに正反応の位置が交代した。濃度23.1%の蔗糖液0.2ccを報酬とし、試行開始の直前に正反応側の餌皿に注入した。モデルラットには、毎試行報酬を与えた。各試行の終了毎にぬれた布ですべての餌皿を拭った。

3匹のモデルラットを毎日交代でランダムに3つの群の内の1つに割り当てた。1つの群では、1日の全試行(10試行×5匹)を同じモデルラットで行った。

結 果

各群ごとの平均正反応率の推移を、20試行を1ブロックとしてFig. 2に示す。各群とも最初のブロックでの正反応率はほぼチャンスレベルであった。訓練に伴ってS群とO群はともに成績が向上してゆき70%程度に達したが、C群では訓練の全期間を通じてチャンスレベルに留まった。平均正反応率について群(S群、O群、C群)を被験体間要因、訓練ブロック(第1ブロックから第10ブロック)を被験体内要因とする二要因の分散分析を行なったところ、群($F = 10.73$, $df = 2/12$, $p < .01$)と訓練ブロック($F = 3.32$, $df = 9/108$, $p < .01$)の主効果が有意であったが、交互作用は有意ではなかった。群の主効果についてのNewman-Keuls法による多重比較の結果、S群とC群、O群とC群の間にそれぞれ1%水準で有意差が認められたが、S群とO群の間には認められなかった。

再訓練期間を通じての各群の平均正反応率は、S群が72.5%、O群が69.5%、C群が

Fig. 2 Mean percentage of correct response for each group (Experiment 1).

49.5%であり、休憩直前の水準がそのまま維持されていた。再訓練の4日間の平均正反応率について群(S群, O群, C群)を被験体間要因, 訓練ブロック(第11ブロックから第12ブロック)を被験体内要因とする2要因の分散分析を行ったところ, 群の主効果のみが有意であった($F=8.75$, $df=2/12$, $p<.01$)。群の主効果について Newman-Keuls 法による多重比較を行った結果, S群とC群, O群とC群の間にはそれぞれ1%水準で有意差が認められたが, S群とO群の間には認められなかった。

考 察

実験1では, ラットが左右のアーム選択という課題において, 他のラットの移動という行動的刺激を弁別刺激として用いることが可能であることが示された。ただし平均正反応率はS群, O群の両実験群とも70%程度に留まった。

また, ラットは単にモデルラットに追従するだけでなく, モデルラットと反対側のアームを選択することも可能であることが示された。このことは, ラットが行動的刺激を物理的刺激と同様にかなり柔軟に利用できる可能性を示唆するものである。

実 験 2

実験2では序で述べた Hake *et al.* (1983) の問題点を改めるため, 彼等の実験方法についていくつかの変更を行う。第一に, 操作体への偏向を少なくするため, 操作体の配置を水平に変更する。第二に, リーダーの固定的な反応パターンの出現を防ぐために, モデルとなる動物の行動の統制を行う。これによって, 他個体の行動を弁別刺激として用いる以外の方策が使用される可能性をできるだけ排除した。

Fig. 3 Diagram of two-compartment chamber (Experiment 2). Experimental chamber for Model (upper), operant chamber for performer (lower).

方 法

被験体：実験経験のない日齢 65 (± 2) 日の Wistar 系雄アルビノラット 5 匹を用いた。実験開始時の体重は 255 g から 304 g であった。ラットは実験 1 と同様の方法で飼育された。4 匹が課題遂行ラットに、1 匹がモデルラットに割り当てられた。

装置：Fig. 3 のように、幅 42 cm $\times$ 奥行 30 cm $\times$ 高さ 30 cm の 2 つのレバーを有する課題遂行ラット用オペラント箱に、45 cm $\times$ 30 cm $\times$ 30 cm のモデルラット用実験箱を組み合わせた。課題遂行ラット用オペラント箱は、前面と仕切り板が透明なアクリル製であり、残りの部分は木製であった。左右両側面の、仕切り板より前面側に 6 cm、底面より高さ 3 cm のところに幅 5 cm $\times$ 長さ 4 cm のレバーをそれぞれ 1 つずつつけた。2 つのレバー間の距離は 34 cm であった。各レバーと仕切り板の間に給餌口を 1 つずつ設置し、Gerbrands 社製の給餌装置 Model G 5100 よりエサを放出した。天井には中央に 25 w の白熱灯を取り付けた。モデルラット用実験箱は、前面の仕切り板が透明アクリル製で、残りの部分は木製であった。この箱の床面の上に透明アクリル製の板を敷き、板の上にモデルラットを入れるための透明アクリル製の直径 13 cm のアーチ状の筒を取り付けた。この板は装置の外側から動かすことが可能であり、それに伴って筒の中に閉じ込めたモデルラットを左右に移動させることができた。

手続き：課題遂行ラットには訓練開始の 9 日前より食餌制限を施し、被験体の体重を自由摂食時の 85% に減量した。実験期間中この水準の体重を維持するのに必要な量の餌を 1 日の実験終了後にホームケージ内で与えた。訓練開始直前の 3 日間に各被験体に 5 分間のハンドリングを行った。

課題遂行ラットのレバー押し行動は、実験に先立ってモデルラットのいない条件で形成された。レバー押し行動の習得後、モデルラットを

装置に入れた条件で、追従行動の訓練を 1 日 50 試行で 18 日間行った（訓練期；A）。

試行は、課題遂行ラット用オペラント箱の白熱灯が点灯し、同時にモデルラットの閉じ込めである透明な筒を左または右方向へ移動することにより始まる。課題遂行ラットがモデルラットの移動方向と同側のレバーを押した場合を正反応とし、報酬としてペレット 2 粒 (90 mg) を与え、その 5 秒後に白熱灯を消灯し、試行間隔に入る。課題遂行ラットがモデルラットの移動方向と反対側のレバーを押した場合、もしくは試行開始後 20 秒たってもレバーを押さなかった場合を誤反応とし、報酬を与えず、白熱灯を消し、試行間隔に入る。試行間隔は常に 20 秒であり、この間にモデルラットを中央に戻した。

続いて、正反応の方向を示す弁別刺激を排除して、1 日 50 試行の訓練を 5 日間行った。課題遂行ラット 4 匹のうち 2 匹（ラット 1、ラット 2）についてはモデルラットを除去して筒の移動も行わず、実験者が予め定めた方向のレバーを押した場合を正反応とした（テスト期モデル無し条件；TN）。残りの 2 匹（ラット 3、ラット 4）については、モデルラットの移動は行ったが、その移動方向に関係なく正反応の方向を試行毎にランダムに設定した（テスト期ランダムモデル条件；TR）。その他の手続きは訓練期（A）と同様であった。

テスト期（T）の終了後、再び訓練期（A）と同じ条件で 1 日 50 試行の訓練を 5 日間行った（再訓練期；A）。

最後に、モデルラットを装置に入れずに透明な筒のみを移動させる条件で 1 日 50 試行の訓練を 5 日間行った（ケース移動期；C）。ここでは筒の移動方向と同側のレバーへの反応を正反応とした。この期間では、他個体の移動を弁別刺激として用いることはできないが、ケースの移動を弁別刺激として用いることは可能であった。

以上のように、実験 2 は A—T（TN or

Fig. 4 Percentage of correct response for each rat (Experiment 2). Horizontal lines at 63.9% indicate significant percentage for χ^2 test ($\chi^2=3.84$, $df=1$, $p=.05$).

TR) - A - C の実験計画で行われた。

結 果

各課題遂行ラットの1日ごとの正反応率の推移を Fig. 4 に示す。ラット 3, ラット 4 のテスト期ランダムモデル条件 (TR) については、モデルに追従した率と、反応が実験者がランダムに定めた正反応の方向と一致して報酬を得た率の両方を示す (前者を追従反応率, 後者を正反応率とする)。

訓練期 (A) においては、課題遂行ラットの正反応率は初日にはいずれも 50% を下回っていたが、訓練によってすぐに上昇し 60 から 70% 程度に達した。各ラットの訓練期 (A) 最後の 5 日間の平均正反応率はラット 1 から順に、70.2%, 66.4%, 61.8%, 70.2% であった。このことはラットが弁別行動を学習していたことを示している。

テスト期 (T) で正反応の方向の弁別刺激が排除されると、モデル無し条件 (TN), ランダムモデル条件 (TR) に関わらず正反応率は直ちにチャンスレベル付近にまで低下した。テスト期 (T) の 5 日間の各ラットの平均正反応率はラット 1 から順に、48.4%, 48.0%, 48.4%, 50.4% であった。このことは訓練期 (A) においてモデルラットの移動が弁別刺激として用いられていたことを示すものである。またランダムモデル条件 (TR) の 2 匹の追従反応率は、テスト期 (T) の初日には訓練期 (A) 最終日 (18 日目) の正反応率に近い値を示していたが (ラット 3 が 56%, ラット 4 が 66%), その後徐々に低下してゆき、最終的にはチャンスレベル付近にまで低下した (ラット 3 が 50%, ラット 4 が 46%)。テスト期 (T) の初めのうちはモデルラットの移動方向を弁別刺激として用いていたと考えられる。

再訓練期 (A) に入るとすぐに正反応率は向上し、5 日目までには訓練期 (A) の最終の水準まで回復した。再訓練期 (A) の 5 日間の各ラットの平均正反応率はラット 1 から順に、71.2%,

66.0%, 62.4%, 62.8% であった。

ケース移動期 (C) では正反応率は再び低下し、チャンスレベル付近に留まった。各ラットの 5 日間の平均正反応率はラット 1 から順に、51.6%, 48.4%, 48.0%, 49.6% であった。このことは訓練期 (A), 再訓練期 (A) において課題遂行ラットが弁別刺激として用いていたのはモデルラットであって、モデルラットを入れていた筒の移動ではなかったことを示している。なお Fig. 4 に示す通り、訓練日ごとの χ^2 検定の結果 5% 水準以上で有意にチャンスレベルを上回る正反応率を示したのは、各ラットとも訓練期 (A), 再訓練期 (A) に限られていた。

考 察

左右のレバーの選択という課題においても、ラットが他の個体の移動という行動的刺激を弁別刺激として用いることが可能であることが示された。しかし、正反応率は実験 1 と同様のレベルである 60 から 70% 程度に留まった。筒の移動を弁別刺激として利用可能な期間 (ケース移動期) も含めて、他個体の移動を弁別刺激として利用できない期間 (テスト期とケース移動期) では正反応率がチャンスレベルに留まったところから、Hake *et al.* (1983) と異なり、本実験ではラットが他個体の移動のみを弁別刺激として利用していたと考えられ、このような方法でのラットの行動の統制は、Hake *et al.* で示されたより実際はかなり困難であることが示された。但し、2 つのレバー間の距離が 34 cm と大きく、また給餌口がそれぞれのレバー付近に位置していたため、試行開始時に課題遂行ラットが中央にいないことが多く、これも正反応率の増加を妨げる原因になっていたと考えられる。これらの点を改良することにより、更に確実な行動の統制が可能となるであろう。

総 合 考 察

本研究で用いた、他のラットの移動という「行動的刺激」は、従来用いられてきた光や音など

の「物理的刺激」と、運動の伴う刺激—運動の伴わない刺激、生物の刺激—非生物の刺激という二つの要因で区別され得る。つまり、物理的刺激は運動の伴わない非生物の刺激、行動的刺激は運動の伴う生物の刺激と考えることができる。

両刺激にこのような相違点が存在するにもかかわらず、特定の場面では行動的刺激は物理的刺激と同等の働きを示す。今回の実験で、行動的刺激が弁別刺激として利用可能であることが示されたのは、この一つの例である。特に、実験1において、他のラットの移動方向をS+としてもS-としても利用可能であったことは、行動的刺激が物理的刺激と同様にかなり柔軟に利用されうることを示唆するものである。

行動的刺激を弁別刺激とする行動の統制が可能であることを応用して、ヒトの社会的な行動を模式化しようとする試みが、サルやハトを被験体として行われている (Epstein, Lanza, & Skinner, 1980; Fushimi, 1990; Lanza, Starr, & Skinner, 1982; Lubinski & MacCorquodale, 1984)。そこではヒトの複雑に思われる行動も実際は、弁別刺激—反応—強化子の図式の中で扱い得るということが仮定されており、行動的刺激を物理的刺激と同等のものとして扱っている。一方、行動的刺激はラットに何らかの社会的行動を引き起こさせるという証拠がいくつか示されている (Church, 1959; Rice & Gainer, 1962; Timberlake & Grant, 1975; Tsuda, Tanaka, Ida, Tsujimaru, Ushijima, & Nagasaki, 1986)。行動的刺激特有の性質と、それが社会的行動に及ぼす影響をふまえた上で、行動的刺激を用いた刺激統制の応用を行ってゆく必要がある。

要 約

他者の行動を用いてラットの道具的行動の刺激統制を行うことが可能であるか否かが、2実験により調べられた。

実験1では、課題遂行ラットがモデルラット

のアーム選択を見ることができるよう2つのT迷路が組み合わされた (Fig. 1)。モデルラットを弁別刺激として利用可能であった実験群の課題遂行ラット (N = 10) の正反応率は70%程度にまで達したが、モデルラットを利用できなかった統制群の課題遂行ラット (N = 5) はチャンスレベルに留まった (Fig. 2)。

実験2では、2つのオペラント箱を組み合わせ装置として用いた (Fig. 3)。モデルラットが左右に移動させられ、課題遂行ラットが同じ側のレバーを押したときに報酬が与えられた。正反応率は60-70%程度にまで増加したが、課題遂行ラットがモデルラットを弁別刺激として利用できなかったときにはチャンスレベルに低下した (Fig. 4)。

以上の結果は、ラットが他のラットの行動を弁別刺激として利用可能であることを示している。

REFERENCES

- Church, R. M. 1959 Emotional reactions of rats to the pain of others. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, **52**, 132-134.
- Epstein, R., Lanza, R. P., & Skinner, B. F. 1980 Symbolic communication between two pigeons (*Columba livia domestica*). *Science*, **207**, 543-545.
- Fushimi, T. 1990 A functional analysis of another individual's behavior as discriminative stimulus for a monkey. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, **53**, 285-291.
- Gardner, R. M., Corbin, T. L., Beltramo, J. S., & Nickell, G. S. 1984 The prisoner's dilemma game and cooperation in the rat. *Psychological Reports*, **55**, 687-696.
- Hake, D. F., Donaldson, T., & Hyten, C. 1983 Analysis of discriminative control by social behavioral stimuli. *Journal of the Experi-*

- mental Analysis of Behavior*, **39**, 7-23.
- Husted, J. R., & McKenna, F. S. 1966 The use of rats as discriminative stimuli. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, **9**, 677-679.
- Lanza, R. P., Starr, J., & Skinner, B. F. 1982 "Lying" in the pigeon. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, **38**, 201-203.
- Lubinski, D., & MacCorquodale, K. 1984 Symbolic communication between two pigeons (*Columba livia*) without unconditioned reinforcement. *Journal of Comparative Psychology*, **98**, 372-380.
- Rice, G. E., & Gainer, P. 1962 "Altruism" in the albino rat. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, **55**, 123-125.
- Timberlake, W., & Grant, D. L. 1975 Auto-shaping in rats to the presentation of another rat predicting food. *Science*, **190**, 690-692.
- Tsuda, A., Tanaka, M., Ida, Y., Tsujimaru, S., Ushijima, I., & Nagasaki, N. 1986 Effects of preshock experience on enhancement of rat brain noradrenaline turnover induced by psychological stress. *Pharmacology Biochemistry & Behavior*, **24**, 115-119.