

# C57BL/6J 系マウスの複合弁別訓練 における手掛り次元の選択 (2)

—隠ぺい現象 (overshadowing) における  
試行数の影響<sup>(1)(2)</sup>—

石 井 澄

## 問 題

二次元の異なった刺激を同時に手掛り刺激として条件づけを行なうと、明瞭度の低い側の刺激に対する学習が、その刺激を単独で呈示した場合に比べ減弱する現象を隠ぺい現象 (overshadowing) と呼ぶ。この現象についてはすでに Pavlov (1927) が条件反射の実験において認めているが、条件刺激と無条件刺激の単なる対呈示が学習の成立にとって必ずしも十分条件とならないことを示しており、現在までに多くの研究がなされてきた。

overshadowing が生じる機制については、後に述べるようないくつかのモデルが提出されているが、それらとの関連において問題となった争点の一つは、overshadowing が条件づけ訓練の当初から生じるものか、あるいはある程度の訓練が経過した後に生じてくるものか、という点であった。しかしながら、この問いに対する実験結果は必ずしも一致してはいない。

たとえば Mackintosh and Reese (1979), そして James and Wagner (1980) は、共に単一の複合条件づけ試行後に overshadowing が見られることを示したが、一方では overshadowing の一種とみなされる blocking (Kamin, 1969) では、複合第1試行後にはその現象がみられないとする報告 (Mackintosh, Bygrave and Picton, 1977) がなされている。

ところで、これら多くの研究において示されてきた overshadowing を含むいわゆる「刺激選択」の現象は、すべて同一の機制により生じたものであろうか。これまでの学習理論はこれら広汎な現象を単一の機制に還元しようと努力してきたが、現象そのものは類似していても、刺激選択のメカニズムとしては異なったいくつかの型が存在する可能性はないのであろうか。

このような疑問は、ヒトの認知過程に関する諸研究により得られた知見 (cf. Neisser, 1967) を考えると当然出てくるべきものと思われる。すなわち、これらの研究の結果、ヒトの認知過程はいくつかの段階 (stage) に分かれ、それらの異なった stage の各々で環境についての情報

の選択や変換が行なわれていることが明らかにされてきたが、ヒト以外の動物においても、その認知過程について同様の考え方があてはまる可能性は十分あり、したがって異なった情報処理段階における刺激の選択の結果が、類似した行動となって現れることも当然予想されるのである。

そこで本研究では、このような可能性を探るための一つの手掛りを得ることを目的として、学習過程の異なった段階において、類似した刺激選択の現象が認められるか否かを実験的に考察することにした。より具体的には、マウスの複合刺激に対する弁別学習において、弁別の習得の程度について弁別完成以前、弁別完成の時点、および弁別完成後さらに過剰な訓練を与えた時点、の3段階を設け、各々の段階でどの程度の *overshadowing* が見られるかを検討することとした。刺激選択に関する従来の多くのモデルは、単一の機制のみを仮定するが故に、いずれも *overshadowing* の程度が訓練試行数の単調（増加あるいは減少）関数となることを予測する。したがって、本実験においてそのような単調的傾向が示されなければ、これら従来のモデルの妥当性に疑問が生じるとともに、刺激選択の現象について複数の異なった機制が関与している可能性が示唆されるであろう。

## 実 験

### 方法

- i) 被験体 C57BL/6J 系マウスの雄24匹。実験開始時に90~150日齢の個体を用いた。
- ii) 装置および弁別刺激 実験装置として Fig. 1 に示されたY字型弁別走路を用いた。装置の壁面（高さ20cm）は木製で、床は通電可能なアルミ格子（4mm間隔）となっている。スタートボックス（S. B）の出口とゴールボックス（G. B）の入口は、各々透明な樹脂板で走路部分と区切られている。床面は左右の刺激提示板の手前15cmのみ他の部分より2cm低くなっており、被験体は刺激提示板の下をくぐりぬけて G. B へ入る。左右の刺激提示板は光源箱（LB）により各々一様な照度で照明される。

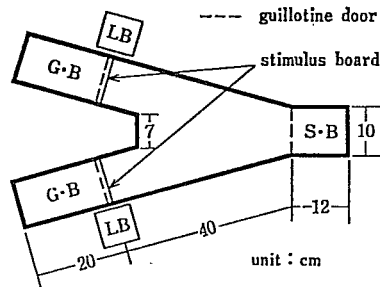


Fig. 1 Floor plan of apparatus

弁別刺激としては、左右の刺激提示板の一方を60lux、他方を5 luxの照度とする明暗次元と、左右いずれか一方の刺激提示板の手前約3 cmの位置で、天井から約10cmの長さのプラスチック製のくさり<sup>(3)</sup>を垂らし、その有無を弁別させる形態次元の2つの次元を用いた。なおすべての被験体に対し、明暗次元については60luxの側を、形態次元についてはくさりの提示された側を

正刺激とした。

iii) 手続き 弁別訓練開始の前日に一匹あたり30分間の装置内自由探索を行なわせた後、被験体を以下に述べる stage 1 での訓練手続きにより 4 群 (各群 6 匹) に分割した。

① 基準達成群 (CR 群) : 明暗と形態の複合刺激に対する弁別訓練を, 習得基準 (10試行を 1 ブロックとし, ブロック内で 9 試行以上の正反応が出現すること) に達するまで行なう。

② 過剰訓練群 (OT 群) : 複合刺激の弁別訓練を習得基準到達後さらに160試行行なう。

③ 基準未達成群 (PC群) : 複合刺激の弁別訓練を50試行のみ行なう。

④ 対照群 (CN群) : この群の被験体は stage 1 で明暗次元のみを呈示され, 習得基準に達するまで弁別訓練を行なう。

stage 1 での上記の訓練が終了した後, 各群の被験体に対して明暗と形態の各次元を単独で呈示し, 各々の次元に対して弁別がなされるか否かを各10試行の消去テストにより判定した。

さらに, このテストで習得基準以上の正反応率が示されなかった刺激次元を, つぎの stage 2 で単独呈示して訓練を行ない, 習得基準に到達するまでの試行数を測定した。

弁別訓練は1日あたり40試行 (ただし初日のみ20試行) 行ない, 正刺激の位置は試行毎にゲラマン系列により変化させた。

各回の試行は以下の手続きで進めた。被験体を S. B へ入れ, 5~10秒後の被験体が刺激呈示方向に頭を向けている時点でギロチンドアを開けた。それから5秒後に正刺激側の G. B を除くすべての床面に AC25~30V の電撃を与えた。被験体が最初から正刺激の G. B へ走行した場合は正反応とみなし, 試行をその時点で終了した。他方, 被験体が最初に負刺激側の G. B へ入った場合は誤反応とみなし, あらためて正刺激側の G. B に入るまで電撃を与え続けた (自己矯正法)。試行間間隔は約30秒とした。

## 結果

stage 1 において弁別習得基準に達するまでに要した平均試行数は, CR 群が 103.3, OT 群が 101.7, CN 群が 92.5 であり, 群間に有意差は認められなかった。

stage 1 の後のテストでは, 上記の 3 群はいずれも明暗次元に対してほぼ完全な弁別行動を示す一方, 形態次元に対する正反応率は約50%であった。このことから, これら 3 群では明暗次元のみが弁別手掛りとして習得されたと考えられる。また PC 群では当然のことながら, どちらの刺激次元についても弁別行動は全く示されなかった。

つぎに, テストにおいてすべての群が形態次元に対する弁別行動を示さなかったため, stage 2 では形態次元のみを単独で呈示して, 各群が習得基準に達するまでの試行数を測定した。結果は Table 1 に示されている。CR 群が他の 3 群に比べ 30 試行以上少ない試行数を示している

(U検定の結果, 他の3群のいずれに対しても5%水準で有意差が認められた)。

Fig. 2 は, stage 1 (複合訓練) と stage 2 (形態次元のみに対する弁別訓練) の各々で習得基準に達するまでに要した試行数を加算して, 形態次元の弁別完成に要した総試行数を群毎に図式的に表したものである。なお (C) 群は, 別の実験で当初から形態次元のみの弁別訓練を行なった群で, 比較のために参考として図の中に含めた。ここでは, OT 群が他の群に比べ, 総数で2倍近くの試行数を要していることが注目される。

Table 1 Mean number of trials of each group to reach the criterion in stage 2

groups	trials
CR	153.3
OT	186.7
PC	196.7
CN	195.0

討論

はじめに, Fig. 2 に基づいて, 今回の実験結果から導かれる知見を要約すると以下のとおりとなる。

1. 明暗と形態の複合訓練を, 習得基準に達するのに必要な試行数の半ば (50試行) まで行なった時点では, 形態次元に対する学習はほとんど生じていない。何故なら PC 群では, その後の stage 2 で形態次元のみについて弁別訓練を行なうと, 習得基準に達するまでの所要試行数が, stage 1 で形態次元について学習の機会がなかった統制群 (CN 群) とほぼ等しいからである。
2. 複合訓練を習得基準到達まで行なった CR 群は, その後の形態次元の弁別完成に要した試行数が CN 群よりも有意に少なかった。したがって, この群では複合訓練の終了時点で形態次元についての学習がある程度進行しており, それにより stage 2 における所要試行数が節約され

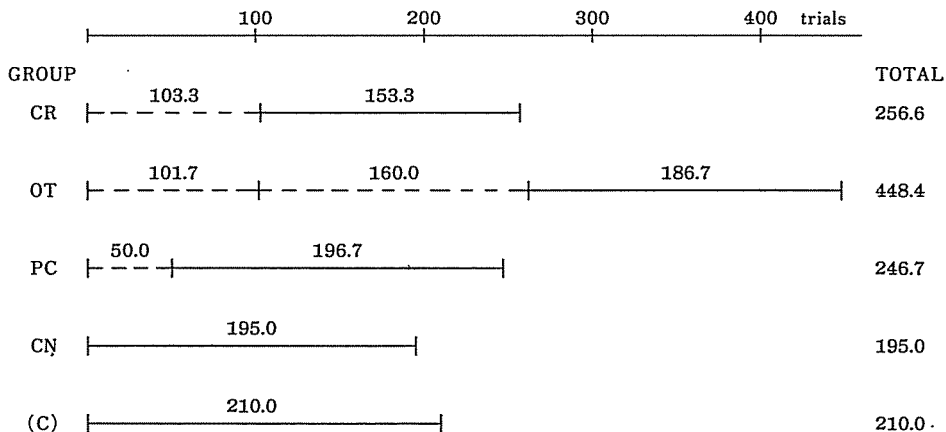


Fig. 2 Mean number of trials of each group to reach the criterion in stage 1 (continuous lines) and in stage 2 (dash lines)

たと推測される。

3. 複合訓練を習得基準到達後さらに 160 試行行なった OT 群は, stage 2 での所要試行数において CN 群と差がなかった。この群は CR 群と同様に stage 1 で習得基準に達しており, したがってその時点では形態次元に対する学習がある程度生じていたと考えなければならない。だとすれば, この群では 160 試行の過剰訓練中に一たん生じた学習が消失したと考えなければならない。

さて, このような結果は刺激選択に関してこれまで提出されてきた多くのモデルからの説明が困難なものである。

何故 *overshadowing* が生じるかについては, いくつかの型のモデルが提出されている。第 1 のものは, いわゆる選択的注意モデルと呼ばれるものである (たとえば, Lovejoy, 1968 ; Sutherland and Mackintosh, 1971)。これらのモデルは細部において互いに異なっているが, 弁別学習を当該刺激次元への注意を増大させる過程と, その刺激次元に対して適切な反応を付加 (*attach*) させる過程の 2 つから成るものとする点で共通している。ここで刺激に向けられる注意の総量は常に一定であり, ある刺激次元への注意の増大は, 必然的に他の次元への注意の減少を招くと仮定されている。

このモデルでは *overshadowing* の現象は以下の如く説明される。明瞭度の低い刺激次元 A がより高い次元 B と共に弁別手掛りとして呈示されると, 訓練試行の経過と共に注意は B に集中し, 逆に A に対する注意は (注意の総量が一定であるため) 低下する。このような注意の低下が *overshadowing* の原因である。したがって, *overshadowing* の現象は複合訓練の試行数が増加するにつれ顕著に見られるようになる。

しかし, 本実験の結果はこのような説明と合致しない。すなわち, 明瞭度の低い形態次元について生じた学習の程度は, 試行数の逆 U 字型関数となることを実験結果は示しており, 選択的注意理論から予測されるような単調関数とはなっていない。

Rescorla and Wagner (1972) は, 選択的注意の概念を用いずに, 連合学習についての一つのモデルを提出した。彼らのモデルは複数の手掛り刺激に対する学習の進行過程を以下の等式で表している。

$$\Delta V_x = \alpha_x (\lambda - V_x) \quad (1)$$

ここで  $\alpha_x$  は刺激 X の明瞭度により規定される係数であり,  $V_x$  はその試行において呈示されているすべての刺激のもつ連合強度の総和である。また  $\lambda$  は一定の強化子により生じ得る連合強度の最大値を表す。

2つの刺激AとBが複合呈示される学習事態では、第2試行以降において(1)式の $(\lambda - V_S)$ の値が単一の刺激のみが呈示される事態よりも小さくなり、したがって個々の刺激の獲得する連合強度の増加速度が遅くなる。さらに $V_A$ と $V_B$ の和、つまり $V_S$ が $\lambda$ の値と等しくなると、それ以後の試行ではいずれの刺激に対しても連合強度の増加は生じなくなるが、その時の $V_A$ および $V_B$ の漸限值は、どちらも単一刺激としての条件づけでとり得る値よりも小さくなる。そしてその差は、明瞭度が相対的に低い側の刺激においてより大きなものとなる。これが彼らのモデルによる **overshadowing** の説明である。

このように彼らのモデルでは、**overshadowing** は明瞭度の低い刺激に対する学習の進行速度および連合強度の漸限值の低下によるものであり、同一条件で訓練を続ける限り、刺激が獲得した連合強度の絶対値が減少することはあり得ない。しかし本実験での OT 群の結果は、学習行動を規定する要因は連合強度のみであるとする彼らのモデルからは、試行の増加に伴って形態次元の獲得した連合強度が減少したとみなされなければならない。したがって、Rescorla and Wagner のモデルは本実験の結果を整合的に説明し得ないと言える。

さらに、刺激選択に関する他の一つのタイプのモデルと考えられる Mackintosh (1975) の理論も、本実験の結果を説明することが困難である。Mackintosh によれば、複合刺激の条件づけにおいて個々の手掛り刺激について生じる連合強度の変化は、Rescorla and Wagner のモデルとは異なり、その刺激を単独で呈示した場合と同様の等式で表わされる。すなわち、

$$\Delta V_A = \alpha_A (\lambda - V_A) \quad (2)$$

しかし、動物は訓練試行の経過と共に、複数の刺激の中で強化について最も有効 (valid) な刺激以外は、全て無視することを学習すると仮定される。この考えを Mackintosh は以下の等式(3)で表した。

$$\left. \begin{array}{l} V_A > V_X \text{ なら } \alpha_A \text{ は増加} \\ V_A \leq V_X \text{ なら } \alpha_A \text{ は減少} \\ (0 \leq \alpha_A \leq 1) \end{array} \right\} \quad (3)$$

ここで $V_X$ は、ある試行において刺激A以外に存在するあらゆる刺激の持つ連合強度の中で最大のものを指す。刺激Aがより明瞭な刺激Bと共に手掛りとして呈示されると、試行が経過するにつれ $V_B > V_A$ となり、したがって $\alpha_A$ は減少し始める。 $V_A$ の値そのものは(2)式にしたがって $\alpha_A = 0$ となるまで増大するが、 $\alpha_A$ 、すなわちAに対する注意の量が(3)式により減少すれば、 $V_A$ の大小に関わらず学習行動の生起確率は小さくなる。何故なら彼のモデルでは、 $\alpha$ の値は行

動を直接規定すると考えられているからである。

すなわち Mackintosh のモデルでは、overshadowing は連合強度の変化ではなく注意の減少によるものとみなされる。そしてこのような説明からは、 $\alpha_A$  の減少が著しいほど、次の段階でAを単独呈示される条件づけ事態へ移行した際に、その習得が遅れることが予測される。

しかし本実験では、stage 2 において習得基準に到達するまでに要した試行数は、複合訓練の試行数の逆U字型関数であり、彼のモデルに即して言えば、CR 群の  $\alpha_A$  は PC 群の  $\alpha_A$  よりも大きかったことを示唆している。これは予測とは逆の結果である。

このように、本実験の結果は従来の代表的なモデルのほとんどにおいて説明が不可能なものであり、これらの知見の整合的な説明のためには、刺激選択に関する新たな仮説が必要となる。本論文では未だ十分完成されたモデルの提出は不可能であるが、少なくとも刺激選択には情報処理の異なった段階における2つの機構が関与することを仮定する必要がある。

第1は刺激情報処理過程の初期の段階における、いわゆる「選択的注意」と一般に呼ばれている機構である。本実験のように、電撃の回避を限られた時間内に、かつ適切な刺激の呈示された方向に向かって行なうことは、下等哺乳類にとってかなり困難な課題である。このような事態のもとでは、動物の情報処理能力に限界があることを示す知見がいくつか示されている (cf. Riley and Leith, 1976)。本実験においても、PC 群で形態に対する学習が全く生じていなかったことについては、このような選択的注意の過程によるものであると解釈することが可能である。すなわちこの群では、50試行の複合訓練の終了時に被験体の注意が特定の当該手掛りに集中せず、非当該手掛りを含む明瞭度の大きないくつかの刺激次元に分散していたため、明瞭度の小さい形態次元に対しては注意がほとんど配分されなかったという説明が成り立つ。

しかし、このような機構を仮定するのみでは、OT 群においても同様に形態次元についての学習がほとんど生じていなかったことを説明できない。何故なら CR 群が示したような、弁別完成時には形態次元についてある程度の学習が生じていた、という事実は、OT 群にもあてはまることであり、したがって OT 群では、一たん生じた学習が再び消失したと考えなければならないが、その原因を選択的注意の機構の特性に求めることは不可能だからである。

そこで、第2の機構として Mackintosh (1975) が考えた、冗長な刺激を積極的に無視していく、というより能動的な過程の存在を認める必要性が生じる。つまり OT 群では、強化はすでに明瞭な手掛りである明暗次元により完全に予告されており、形態のもたらす情報は冗長なものでしかない。このような事態で動物が一種の思考経済、あるいはエネルギー節約の立場から、それら冗長な情報を無視していくことは十分考えられることである。他方 CR 群では弁別完成に至る直前まで、明暗次元は強化についての完全な予告子として習得されてはならず、したがって形態のもたらす情報を冗長なものとして無視することが困難であったため、形態についての学習が維持されていたものと説明される。

このように、動物の情報処理過程に2つの異なった機構を仮定することにより、本実験の結果は初めて整合的に説明される。換言すれば、現象としては同一に扱われる刺激選択も、その機構としては上述の機構のいずれが、あるいは双方が関与するかにより区別されるべきものと考えられる。そして、如何なる事態で各々の機構が関与するかについては、今後詳細な分析を行なう必要がある。

## 要 約

C57BL/6J系マウスを被験体として、二次元(明暗と形態)の複合刺激について同時弁別訓練を行ない、明瞭度の低い側の刺激(形態)について生じた学習の程度が、複合弁別訓練の進行に伴ってどのように変化するかを、複合弁別訓練の終了後に形態次元のみを弁別刺激として呈示し、その弁別完成に要する試行数を比較することにより検討した。その結果、形態についてなされた学習の程度は、複合弁別訓練を弁別完成時まで(約100試行)行なった時に最も大きく、弁別完成以前の段階(50試行)で複合訓練を打切った場合、あるいは弁別完成後160試行の過剰訓練を行なった場合には、形態についての学習はほとんどなされていないことが判明した。このような結果は従来の多くの学習理論では説明が不可能であり、刺激情報処理の過程において、選択的注意と冗長な刺激の無視という、異なった2つの機制を仮定することの必要性が示唆された。

## 引用文献

- James, J. H., and Wagner, A. R. One-trial overshadowing: Evidence of distributive processing. *Journal of Experimental Psychology: Animal behavior processes*, 1980, **6**, 188-205.
- Lovejoy, E. *Attention in discrimination learning*. San Francisco: Holden-Day, 1968.
- Mackintosh, N. J. A theory of attention: Variations in the associability of stimuli with reinforcement. *Psychological Review*, 1975, **82**, 276-298.
- Mackintosh, N. J., Bygrave, D. J., and Picton, B. M. B. Locus of effect of a surprising reinforcer in the attenuation of blocking. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 1977, **29**, 327-336.
- Mackintosh, N. J., and Reese, B. One-trial overshadowing. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 1979, **31**, 519-526.
- Neisser, U. *Cognitive psychology*. New York: Appleton-Century Crofts, 1967.
- Pavlov, I. *Conditioned reflex* (translated by G. V. Anrep). London: Oxford University Press, 1927.
- Riley, D. A., and Leith, C. R. Multidimensional psychophysics and selective attention in animal. *Psychological Bulletin*, 1976, **83**, 138-160.
- Rescorla, R. A., and Wagner, A. R. A theory of Pavlovian conditioning: Variations in the



effectiveness of reinforcement and nonreinforcement. In A. H. Black and W.F. Prokasy (Eds), *Classical conditioning II: current research and theory*. New York : Appleton-Century Crofts, 1972.

Sutherland, N. S., and Mackintosh, N. J. *Mechanisms of animal discrimination learning*, New York: Academic Press, 1971.

脚注

- (1) 本研究に関しては昭和57年度文部省科学研究費奨励研究(A) (課題番号57710040) の助成を受けた。
- (2) 本研究における実験結果は、日本心理学会第47回大会で発表された。
- (3) 形態次元のみの課題では、背景となる刺激表示板の照度を右左とも 30lux とした。