

## ハトの系列正パターンニング課題における 刺激間間隙と特徴刺激単独呈示の効果

中 島 定 彦

かつて、動物の連合学習は低次の機械的な学習であるとみなされていたが、1960年代以降の研究の発展によって、少なくとも哺乳類や鳥類においては、連合学習に認知的な側面があることが明らかにされてきた (Hall, 2002; Miller & Escobar, 2002; Nakajima, 2004; Wasserman & Miller, 1997 などの展望論文を参照されたい)。そのような認知的連合学習のトピックの一つに「場面設定 (occasion setting)」と呼ばれる階層的刺激関係の学習があり、動物は、2つの刺激の連合学習だけでなく、3つ以上の刺激の連合関係を階層的に構造化できるという実験研究が数多く報告されている (中島, 1994 a)。

例えば、系列特徴正弁別 (serial feature-positive discrimination) 課題と呼ばれるものがある。この課題では、標的刺激の単独呈示試行 (A) では反応せず、特徴刺激呈示後に標的刺激が呈示された複合試行 (X→A) では反応するように求められる (A-, X→A+)<sup>(1)</sup>。つまり、標的刺激単独試行と複合試行との弁別が要求される。例えば、ラットを訓練する場合、音刺激呈示時 (単独試行) のレバー押し反応には餌が与えられないが、光刺激呈示後の音刺激呈示時 (複合試行) にはレバー押し反応が餌で強化されるといった手続きが用いられる。つまり、光刺激は、「音刺激のときに餌が与えられる」という場面を設定する働きを果たす。このような事態で訓練すると、ラットは複合試行でのみレバー押し反応を行うようになる (Ross & Holland, 1981)。このとき、ラットは、「[音刺激-餌] の関係は光刺激が先行した場合にのみ生じる」という [光刺激-[音刺激-餌]] 構造を学習したと考えることができる (階層的刺激

関係の学習以外の可能性については、中島、1994 a を参照されたい。

したがって、系列特徴正弁別課題の成績を向上させる手続きは「階層的刺激関係の学習を促進する手続き」とみなされ、実験の検討が進められている。そうした一連の実験的研究の中に、複合試行で特徴刺激と標的刺激の間に時間間隙 (**temporal gap**) を挿入した場合に、弁別成績が向上するという報告がある (Holland, 1986; Ross & Holland, 1981)。例えば、Holland (1986) は、5 秒間の特徴刺激と 5 秒間の標的刺激の間に、5 秒または 10 秒の間隙を設定してラットを訓練したところ、間隙を設定しなかったラットよりも成績が良かった。しかし逆に、間隙挿入によって成績が低下するというデータもラット (Davidson & Jarrard, 1989; Jarrard & Davidson, 1990) やハト (中島, 1994 b) で報告されている。

さて、系列特徴正弁別課題と類似した課題に、系列正パターニング (**serial positive patterning**) 課題と呼ばれるものがある。系列正パターニング課題は、系列特徴正弁別課題に特徴刺激の単独非強化試行を加えたものであり ( $A-, X \rightarrow A+, X-$ )、この場合にも、系列特徴正弁別課題と同様に、[特徴刺激 - [標的刺激 - 餌]] 構造の学習が行われると考えられている。Ross & Holland (1982) は、ラットを被験体として、この課題でも、複合試行 ( $X \rightarrow A$ ) において、特徴刺激と標的刺激の間に時間間隙を挿入すると、弁別成績が向上することを報告しているが、この結果の一般性についてはまだ検証されていない。そこで、本研究ではハトを被験体として系列正パターニング課題における間隙の効果を検討し、Ross & Holland (1982) の結果の一般性を吟味した。

なお、参考までに、系列特徴負弁別 (**serial feature-negative discrimination**) 課題に特徴刺激単独非強化試行を付加して訓練したハトについても、弁別獲得後の間隙挿入効果を同様に測定した。系列特徴負弁別課題では、系列特徴正弁別課題とは逆に、標的刺激の単独呈示試行 ( $A$ ) で反応し、特徴刺激呈示後に標的刺激が呈示された試行 ( $X \rightarrow A$ ) では反応しないように求められる ( $A+, X \rightarrow A-$ )。本研究では、この 2 種類の試行に特徴刺激を呈示するだけの単独非強化試行 ( $X-$ ) を加えて訓練 ( $A+, X \rightarrow A-, X-$ ) した<sup>(2)</sup>。こう

した訓練においても、ハトは〔特徴刺激－〔標的刺激－餌〕〕構造の学習を行うとされている。ただし、この場合は、〔〔標的刺激－餌〕〕の関係は特徴刺激が先行した場合には成立しない」というタイプの階層的刺激関係の学習となる。

## 実 験 1

### 方 法

〔被験体〕 実験歴のない 8 羽のハト。実験中は配合飼料自由摂食時体重の 75% に統制した。

〔装置〕 幅・長さ・高さともに 32 cm の実験箱 1 台。実験箱の壁と天井はアルミニウム、床は金属製の網であった。正面パネルには 8 つの反応キーが取り付けられていたが、中央キー以外は灰色の粘着テープで塞ぎ、使用しなかった。中央キーは直径 2.3 cm で、床から 17.5 cm に位置し（キー中央部までの距離）、裏側に設置された 2.6 W の電球によって青色光が呈示可能であった。中央キーの下には、幅 4 cm × 高さ 8 cm の開口部（下端が床から 2 cm）があり、内部に取りつけられた 2.6 W 電球の点灯とともに麻の実の入った餌箱を呈示することができた。餌箱の下には市販の電気ブザー（鎌田信号機株式会社、Star Co. SMB-24）があり、低周波の音刺激を呈示可能であった。ブザーの音圧は抵抗器を使用して、実験箱中央で 75 dB になるよう調節した。天井中央には室内灯として 2.6 W 白色電球が取り付けられており、餌呈示時以外は常にセッション中点灯されていた。この室内灯と背面パネルとの間には 6 W の白色点滅灯（太陽技研株式会社、Sun Beamer BC-100）が設置されており、1.67 Hz の閃光刺激を呈示可能であった。外部音を遮蔽するため、実験箱は換気扇のついた木製の箱に入れられていた。また、実験室の壁に取りつけられたスピーカーから白色雑音（実験箱中央で 70 dB）を常時流して、遮音効果を増大させた。実験の制御および記録は実験室内に設置されたマイクロコンピュータ（Panasonic MSX 2+）を用いて行い、セッション中、実験者は実験室外にいた。

[手続き] 半数のハト (**Positive, P 群**) には系列正パターンニング課題 (**A-**, **X→A+**, **X-**), 残りのハト (**Negative, N 群**) には系列特徴負弁別課題に特徴刺激単独非強化試行を付加した課題 (**A+**, **X→A-**, **X-**) を 1 日 1 セッション訓練した<sup>(3)</sup>。いずれも, 特徴刺激は 5 秒間の閃光, 標的刺激は 5 秒間の青色キー光であった。強化試行 (**P 群** においては **X→A** 試行, **N 群** においては **A** 試行) では, 試行終了後に餌箱を 5 秒間呈示した。標的刺激単独試行 1 回, 複合試行 1 回, 特徴刺激単独試行 2 回の合計 4 試行を 1 ブロックとし, 12 ブロック, 合計 48 試行を 1 セッションとした (試行の呈示順序はブロックごとにタンダム化し, ブロック系列についてもセッションごとにランダム化した)。複合試行では特徴刺激呈示終了と同時に標的刺激が呈示された。試行間間隔は, 標的刺激の呈示終了から 5 秒経過した時点 (強化試行では餌箱呈示終了時, 非強化試行では餌箱呈示に相当する 5 秒経過時) から次の試行で最初に呈示される刺激の開始までとし, 平均 60 秒 (範囲: 30~90 秒) であった。

弁別成績は, 餌の得られる標的刺激呈示試行でのキーつき反応数 ( $\alpha$ ) と, 餌の得られない標的刺激呈示試行でのキーつき反応数 ( $\beta$ ) を比較することで示される。この 2 つの値の要約表示として,  $\alpha/(\alpha+\beta)$  の比を求めてパーセンテージにした弁別指数を求めることにした。つまり, **P 群** では, **X→A+** 試行での **A** への反応数を, その数と **A-** 試行での **A** への反応数の合計で割ったパーセントであり, **N 群** では, **A+** 試行での **A** への反応数を, その数と **X→A-** 試行での **A** への反応数の合計で割ったパーセントとなる。2 種類の試行 (**X→A** と **A**) をまったく弁別できていなければ, 弁別指数は 50% となり, 完全に弁別できていれば 100% となる。

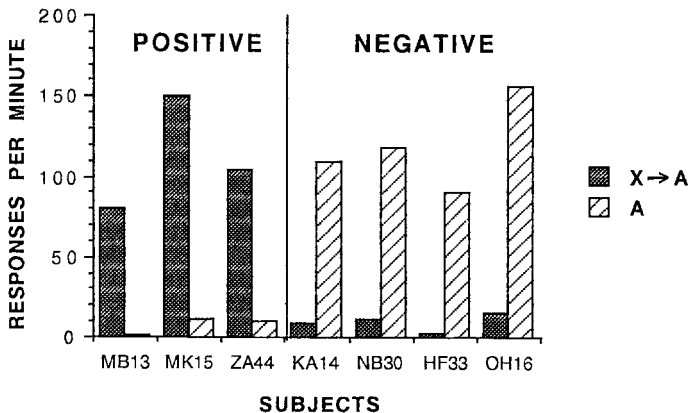
弁別指数が 90% を越えた翌日, 間隙挿入効果を検討するテスト・セッションを行った。テストは, 標的刺激の単独試行と複合試行からなっており, 複合試行では特徴刺激と標的刺激の間に 0 秒 (訓練時と同じで間隙なし), 1 秒, 3 秒, 5 秒, 8 秒のうちいずれかの値を取る間隙を挿入した。以上 6 種類の試行型 (単独試行 1 種 + 複合試行 5 種) を 1 ブロックとし, 6 ブロック, 合計 36

試行を行った（試行の呈示順序はブロックごとにタンダム化した）。なお、テストでは餌は一切呈示しなかった。

## 結果と考察

P 群のうち 1 羽については 25 セッションを経過してもキーつき反応率が極端に低かったため、訓練を途中で打ち切った。残り 7 羽の 90% 弁別基準達成までのセッション数は以下の通りである。P 群：16 (MB 13), 13 (MK 15), 12 (ZA 44), N 群：16 (KA 14), 18 (NB 30), 20 (HF 33), 36 (OH 16)。基準達成セッションでのキー光へのつき反応率を Fig. 1 に示す。P 群, N 群ともに課題を解決していることがわかる。なお、弁別訓練初期の数セッションには特徴刺激や試行間間隙中に若干の反応が観察されたが、それ以後は、特徴刺激呈示中や試行間間隙中のキーつき反応はほとんど観察されなかった。

テスト・セッションの結果は Fig. 2 に示されている。間隙挿入は両群とも



**Fig. 1** Responses per minute to the target keylight at the end of discrimination training. Three birds of Group Positive (A-, X→A+, X-) pecked on A in the X→A trials more than in the A-alone trials, while 4 birds of Group Negative (A+, X→A-, X-) showed the opposite pattern.

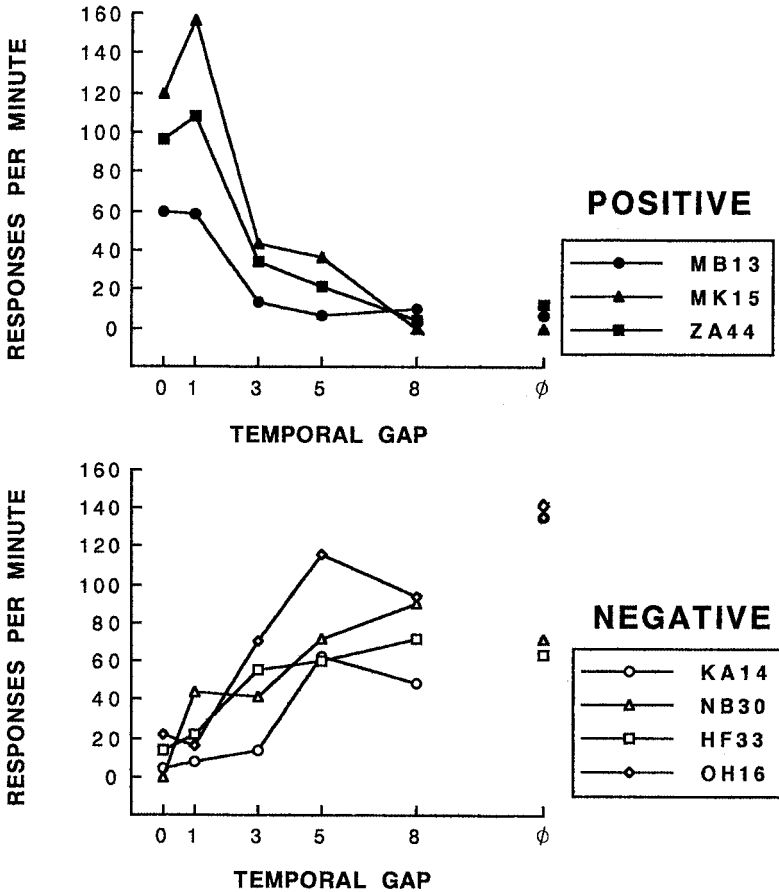


Fig. 2 Responses per minute to the target keylight in the test with the gap inserted between the feature (X) and the target (A) in the X→A compound trials. The duration of the inserted gap is shown on the abscissa. The unconnected data presented at the symbol phi ( $\phi$ ) indicate the responding in the A-alone trials.

に弁別を悪化させた。挿入間隔が長くなるにつれ、P 群では標的刺激への反応率が低下し、N 群では上昇して、標的刺激単独呈示試行 (図中  $\phi$ ) での反応率に近づいている (ただし、P 群の 2 羽は 0 秒間隙よりも 1 秒間隙において、やや成績がよい)。なお、特徴刺激呈示中、間隙中、そして試行間隔中のキ

一つつき反応はほとんど観察されなかった。

## 実 験 2

実験1では、複合試行において間隙を挿入するテストを行うと、獲得していた系列正パターンニング課題の成績が低下することが示された。いっぽう **Ross & Holland (1982)** は、5秒または10秒の間隙を有する複合試行で訓練したラットでは、間隙なしの複合試行で訓練したラットよりも系列正パターンニング課題の獲得成績が良いことを報告している。そこで、実験2では、5秒間隙条件で30セッション訓練して、成績が向上するかどうかを検討した。たとえ実験1のテスト成績が悪くても、5秒間隙条件で訓練を継続することによって成績が向上し、間隙なし条件よりも成績が良くなる可能性があるからである。

なお、参考までに、N群についても同様に訓練して、5秒の間隙があった場合にも課題が獲得できるかどうか検討した。

### 方 法

[被験体] 実験1で用いたハトのうち、6羽(P群, N群, 各3羽)。N群から除外した1羽(OH 16)は実験1で弁別獲得が最も遅かった個体である。実験1終了後1~3か月(その間、飼育室で自由摂食時体重の90%に維持)後に開始した。各個体の開始時期は、以下の通り。P群: 59日後(MK 15), 25日後(MB 13), 92日後(ZA 44), N群: 63日後(KA 14), 56日後(NB 30), 40日後(HF 33)。実験中は自由摂食時体重の75%に統制した。

[装置] 実験1と同じ。

[手続き] 実験1と同じ手続きで両群を90%弁別成績まで再訓練した後、複合試行で特徴刺激と標的刺激の間に5秒間の間隙を挿入した課題を30セッション行った。

結果と考察

90% 弁別基準達成に要したセッション数は、P 群：7 (MK 15), 3 (MB 13), 6 (ZA 44), N 群：7 (KA 14), 20 (NB 30), 3 (HF 33) であった。

5 秒間隙挿入後の弁別指数を個体別に Fig. 3 に示す (各パネルの左端「With

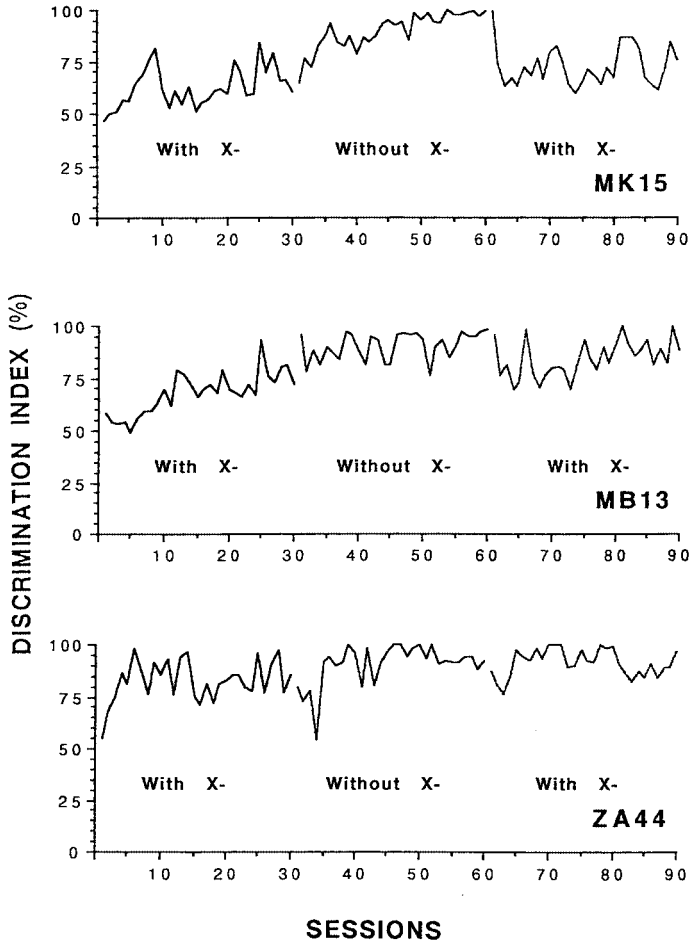
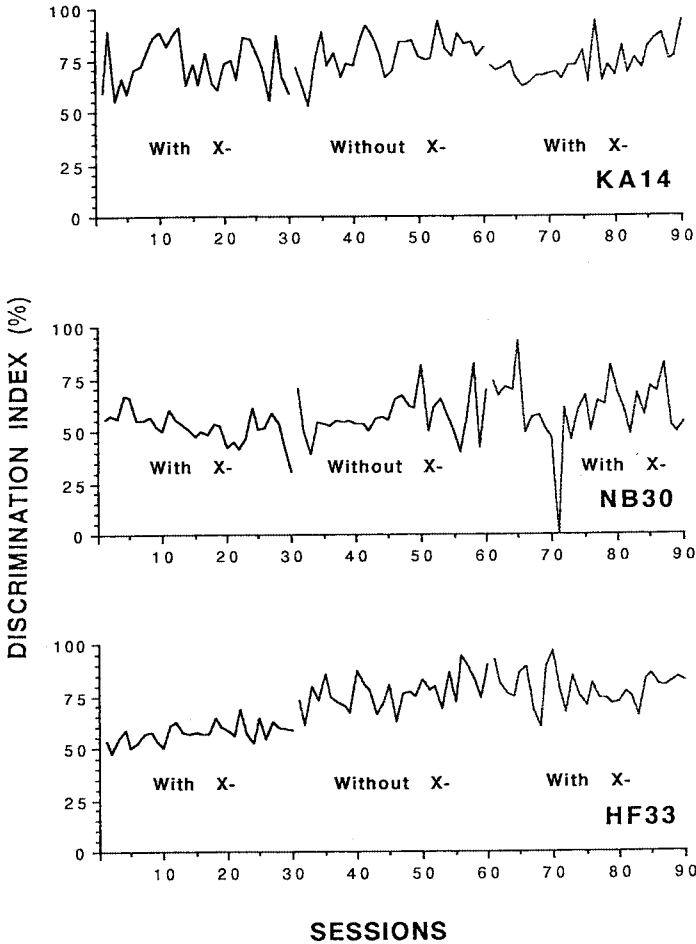


Fig. 3 Discrimination indices during Experiments 2 and 3. The data of Groups Positive and Negative are shown in the left and right panels, respectively. The birds were trained with a 5-s inter-stimulus ↗



X-」で示した部分)。いずれの個体も間隙を挿入すると、それまで **90%** 以上であった弁別指数が低下した(第 **1** セッション)。つまり、実験 **1** と同様に、間隙なしで訓練後に間隙を導入すると **P** 群、**N** 群ともに弁別成績が低下した。

**P** 群のすべての個体で、**30** セッションの訓練によって成績向上が見られた。



↘ gap throughout the sessions depicted here. The X-alone trials were omitted from the training in the second phase of each panel.

これは、5秒の間隙が設定されていても系列正パターンニング課題は獲得可能であることを示している。しかし、間隙なしの条件での最終成績である90%以上に達することができたのは3羽中2羽だけであり、うちMB 13は25セッション目に1回到達したのみ、ZA 44は6セッション目に到達しているものの成績に変動が見られる。したがって、5秒間隙条件では間隙なし条件よりも獲得成績がよくなるというRoss & Holland (1982)の結果は、本実験では追認できなかった。むしろ、5秒間隙条件では獲得成績が悪くなると結論すべきだろう。

N群においては、KA 14がセッションによっては高い弁別成績を示したが、成績のセッション間変動が大きく、安定した学習を示したとは言いがたい。また、HF 33は若干の成績向上が伺えるが、訓練終盤でも60%前後の成績にとどまった。

なお、実験を通して、特徴刺激呈示中や間隙中、試行間間隔中のキーつつき反応はほとんど観察されなかった。

### 実 験 3

ハトの系列特徴正弁別の獲得成績を検討したNakajima (1993)は、5秒間隙条件でも弁別獲得が容易であることを報告している。しかし、本研究の実験2において、系列パターンニング課題の場合、5秒間隙条件で弁別獲得が困難であった。系列特徴正弁別課題(A-, X→A+)と系列正パターンニング課題(A-, X→A+, X-)の違いは、後者が特徴刺激単独非強化試行(X-)を有しているという点である。この試行の付加によって、特徴刺激の心理的明瞭さが失われ(特徴刺激への馴れが進んで、注意が払われなくなり)、特徴刺激の機能(複合試行での標的刺激への反応促進)を弱めた(Rescorla, 1991)ことが考えられる。そして、この効果は、特徴刺激と標的刺激の間に間隙があって、特徴刺激の働きがあまり強くないときに、顕著に見られると思われる。

そこで、実験3では、実験2の終了直後に、特徴刺激単独非強化試行を取

り去り、系列特徴正弁別課題に転換して 30 セッション訓練することで、この操作が弁別成績を向上させるかどうかを検討した。また、この操作の可逆性を検討するために、特徴刺激単独非強化試行を再び加えて、系列正パターンニング課題に戻し、さらに 30 セッション訓練した。

なお、参考までに、N 群についても同様に訓練して、特徴刺激単独非強化呈示が特徴刺激の働き（複合試行での標的刺激への反応減少）を弱めるかどうか検討した。

## 方 法

[被験体] 実験 2 で用いたハト。実験中の飼育条件、体重統制はこれまでの実験と同じであった。

[装置] 実験 1・2 と同じ。

[手続き] 実験 2 の翌日から、特徴刺激単独非強化試行 (X-) を 5 秒間のダミー試行に変えた課題を 30 セッション行った。ダミー試行では一切の刺激が呈示されず、その前後の試行間間隔と刺激状況は変わらない。この手続きにより、標的刺激単独試行と複合試行の時間的配置、餌呈示間隔などを実験 2 と同様に保った上で、P 群と N 群をそれぞれ、通常の系列特徴正弁別・特徴負弁別課題に移行させることが可能となった。最後に、再び実験 2 と同じように特徴刺激単独試行を加えて 30 セッション訓練した。

## 結果と考察

実験結果を Fig. 2 に引き続き示す。特徴刺激単独非強化試行を取り去ると、P 群の 2 羽 (MK 15 と MB 13) で弁別成績が明らかに向上した (各パネルの中央「Without X-」で示した部分)。再び、特徴刺激単独非強化試行を加えると、この 2 羽の弁別成績が低下した (各パネルの右端「With X-」で示した部分)。したがって、この 2 羽については特徴刺激単独非強化試行の付加が特徴刺激の働き (標的刺激への反応促進) を弱めていたと考えられる。ただし、P 群の残り 1 羽は、特徴刺激単独非強化試行を取り去ったときに若干の

弁別成績向上を見たが、この高成績は特徴刺激単独非強化試行を再度加えても維持されており、この実験操作の効果は明白でない。

また、N群については、特徴刺激単独非強化試行を取り去ることでHF 33の成績が向上したが、特徴刺激単独非強化試行を再度加えても、引き続き同程度の成績を示しており、特徴刺激単独非強化呈示の効果は明らかでない。N群のほかの個体については、特徴刺激単独非強化呈示の効果は全く見られなかった。

なお、実験を通して、特徴刺激呈示中や間隙中、試行間間隔中のキーつつき反応はほとんど観察されなかった。

## 総 合 考 察

ハトに系列正パターンニング課題を学習させた後、複合試行において特徴刺激と標的刺激の間に間隙を挿入するテストを行うと、弁別成績が低下した（実験1）。複合試行で特徴刺激と標的刺激の間に5秒間の間隙を挿入した条件で30セッションの訓練を行った結果、系列正パターンニング課題は獲得されたが、間隙なしの条件よりも成績が悪かった（実験2）。これらの結果は、時間間隙を挿入すると、系列正パターンニング課題の成績が向上するというラットでの研究（Ross & Holland, 1982）とは一致しない。しかし、系列特徴正弁別課題（中島, 1994 b）をはじめ、階層的刺激関係の学習が行われていると推定されるさまざまな課題をハトに学習させた場合にも間隙挿入による弁別成績低下が報告されている（例えば、Honig & Wasserman, 1981; Looney, Cohen, Brady, & Cohen, 1977; Nakajima, 1992; Nelson & Wasserman, 1978, 1981）。また、本研究では系列特徴負弁別課題に特徴刺激単独非強化試行を付加して訓練したハトについても、間隙挿入によって弁別成績が低下し（実験1）、5秒間隙条件は訓練成績が悪かった（実験2）。これらの結果を総合して考えると、少なくともハトにおいては、複合試行において刺激間に間隙を挿入することで階層的刺激関係の学習が進む可能性はあまりないと思われる。

実験3では、系列正パターンニング課題から特徴刺激単独非強化試行を取り去って、系列特徴正弁別課題に移行したところ、3羽すべてで弁別成績が向上し、再び特徴刺激単独非強化試行を加えて系列正パターンニング課題に戻すと、そのうち2羽で弁別成績が低下した。このことから、特徴刺激単独非強化試行の付加は特徴刺激の働き（標的刺激への反応促進）を弱め、階層的刺激関係の学習を阻害すると考えられる。

序論で述べたように、動物は、2つの刺激の連合学習だけでなく、3つ以上の刺激の連合関係を階層的に構造化できるという見解が、連合学習研究者の常識となりつつある。しかし、どのような条件で、階層的刺激関係の学習が進むのか、あるいは阻害されるのかはまだあまり明らかになっていない。また、そうした条件が動物種によって異なる可能性についてはほとんど検討されていない。今後さらなる実験的研究が求められる。

#### 注

- (1) +は餌の与えられる強化試行、-は餌の与えられない非強化試行を示す。
- (2) この課題は系列負パターンニング課題とは呼ばれない。この名称は系列特徴負弁別課題に、特徴刺激単独強化試行を付加したもの（A+, X→A-, X+）に対して与えられているからである。
- (3) 序論に述べたように、N群は参考までに設定したものであり、P群とN群で成績を直接比較する群間実験ではない。

#### 引用文献

- Davidson, T. L., & Jarrard, L. E. (1989). Retention of concurrent conditional discriminations in rats with ibotenate lesions of hippocampus. *Psychobiology*, *17*, 49–60.
- Hall, G. (2002). Associative structures in Pavlovian and instrumental conditioning. In R. Gallistel (Ed.), *Stevens' handbook of experimental psychology (3rd ed.)*, Vol. 3: *Learning, motivation, and emotion* (pp. 1–45). New York: John Wiley & Sons.
- Holland, P. C. (1986). Temporal determinants of occasion setting in feature-positive discriminations. *Animal Learning & Behavior*, *14*, 111–120.
- Honig, W. K., & Wasserman, E. A. (1981). Performance of pigeons on delayed

- simple and conditional discriminations under equivalent training procedure. *Learning and Motivation*, *12*, 149–170.
- Jarrard, L. E., & Davidson, T. L. (1990). Acquisition of concurrent conditional discriminations in rats with ibotenate lesions of hippocampus and of subiculum. *Psychobiology*, *18*, 68–73.
- Looney, T. A., Cohen, L. A., Brady, J. H., & Cohen, P. S. (1977). Conditional discrimination performance by pigeons on a response-independent procedure. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, *27*, 363–370.
- Miller, R. R., & Escobar, M. (2002). Learning: Laws and models of basic conditioning. In R. Gallistel (Ed.), *Stevens' handbook of experimental psychology (3rd ed.)*, Vol. 3: *Learning, motivation, and emotion* (pp. 47–102). New York: John Wiley & Sons.
- Nakajima, S. (1992). The effect of temporal relationship of stimulus compound on ambiguous discrimination in the pigeon's autoshaping. *Behavioural Processes*, *27*, 65–74.
- Nakajima, S. (1993). Asymmetrical effect of a temporal gap between feature and target stimuli on Pavlovian serial feature-positive and feature-negative discriminations. *Learning and Motivation*, *24*, 255–265.
- 中島定彦 (1994 a). バヴロフ型条件づけにおける階層的刺激関係の学習. 心理学評論, *37*, 44–71.
- 中島定彦 (1994 b). バヴロフ型系列特徴正弁別・特徴負弁別に及ぼす刺激間隙の非対称的效果—個体内比較—. 基礎心理学研究, *12*, 99–103.
- Nakajima, S. (2004). Associative learning in animals: A selective review of recent topics and contribution of Japanese researchers. *Japanese Psychological Research*, *46*, 141–153.
- Nelson, K. R., & Wasserman, E. A. (1978). Temporal factors influencing the pigeon's successive matching-to-sample performance: Sample duration, inter-trial interval, and retention interval. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, *30*, 155–162.
- Nelson, K. R., & Wasserman, E. A. (1981). Stimulus asymmetry in the pigeon's successive matching-to-sample performance. *Bulletin of the Psychonomic Society*, *18*, 343–346.
- Rescorla, R. A. (1991). Separate reinforcement can enhance the effectiveness of modulators. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, *17*, 259–269.
- Ross, R. T., & Holland, P. C. (1981). Conditioning of stimulus and serial feature-

positive discriminations. *Animal Learning & Behavior*, 9, 293–303.

Ross, R. T., & Holland, P. C. (1982). Serial positive patterning: Implications for “occasion setting.” *Bulletin of the Psychonomic Society*, 19, 159–162.

Wasserman, E. A., & Miller, R. R. (1997). What’s elementary about associative learning? In J. T. Spence, J. M. Darley, & D. J. Foss (Eds.), *Annual review of psychology* (Vol. 48, pp. 573–607). Palo Alto, CA: Annual Reviews Inc.

——文学部助教授——