

(千葉大学大学院学位申請論文)

Cueing パラダイムを用いた視覚的注意の比較認知科学的研究

2011 年 1 月

千葉大学大学院融合科学研究科

情報科学専攻

知能情報コース

08YD1313

関口勝夫

## 目次

第 1 章 視覚的注意のダイナミズム .....	1
1.1 ヒトの注意研究 .....	2
1.2 比較認知科学的な注意研究 .....	10
第 2 章 文脈手掛かりを用いたハトにおける階層的刺激処理 .....	17
2.1 ヒトの全体優先処理効果とハトの部分優先処理効果 .....	18
2.2 実験 1-1 .....	28
2.2.1 方法 .....	30
2.2.2 結果と考察 .....	35
2.3 実験 1-2 .....	38
2.3.1 方法 .....	42
2.3.2 結果と考察 .....	45
2.4 実験 1 の総合的考察 .....	49
第 3 章 視覚探索課題を用いたヒトとハトにおけるプライミング効果 .....	53
3.1 刺激駆動型と予期効果に基づく 2 つのプライミング効果 .....	54
3.2 実験 2-1 .....	59
3.2.1 方法 .....	59
3.2.2 結果と考察 .....	64
3.3 実験 2-2 .....	68

3.3.1 方法 .....	68
3.3.2 結果と考察 .....	71
3.4 実験 2 の総合的考察 .....	74
第 4 章 総合的考察 .....	83
謝辞 .....	94
文献 .....	95
著者研究業績目録 .....	106

## 要約

視覚的注意 (visual attention) の進化的基盤に関して、ヒトと同様に視覚優位な鳥類の中でも特に行動的知見が蓄積されているハトを用いて、ヒトとの比較研究を行った。実験 1 では部分—全体からなる階層的刺激処理に見られる階層的優位性、実験 2 では視覚探索課題におけるプライミング効果について検討した。

実験 1 では、部分と全体のどちらの階層の処理が要求されるかを指示する文脈手掛かりにかかわらず、ヒトとは逆にハトは部分優位性を示すことが 2 つの実験によって明らかになった。ハトで得られた結果は、個々の要素や事物からなる全体より、どのような全体にあっても不変な要素や事物を効率的に処理する注意機構を反映していると考えられる。

実験 2 では、標的刺激を妨害刺激の中から探し出す視覚探索課題において、標的刺激や妨害刺激を探索課題に先行して予告的に呈示した。標的刺激を先行呈示すると、ヒトでは探索に要する時間が短くなるプライミング効果が見られたが、ハトでは逆に探索時間が長くなった。この実験では、先行呈示された標的刺激にハトが反応しても報酬として餌 (強化) が与えられず、探索画面だけが呈示された。反応しても強化されなかった標的刺激の検出を抑制するという注意機能は、自然場面における採餌行動においては適応的に働くだろう。ハトとヒトに見出されたこうした種間相違は、それぞれの種に特異的な注意機構の進化的基盤を示唆するものと考えられる。

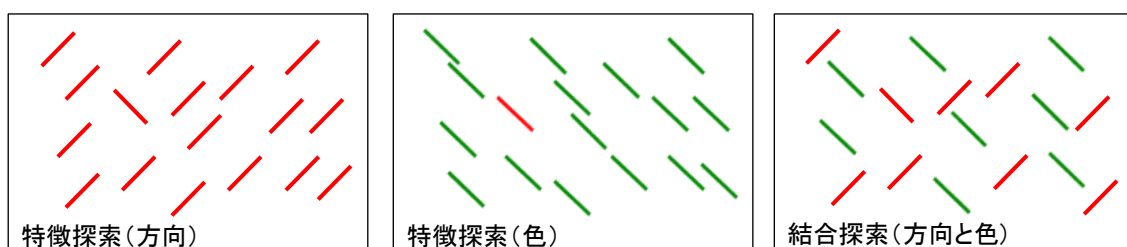
## 第1章

### 視覚的注意のダイナミズム

## 1.1 ヒトの注意研究

我々の網膜には、絶えず外界からの入力がある。しかし、同時に処理できる容量には限界があるため、必要な情報を選択的に処理しなければならない。このような視覚情報を取捨選択する機能を視覚的注意 (visual attention) という。例えば、日常生活において我々は必要に応じて時計の針を見たり、信号機の色を見たり、本の中のある行の文字を見たり、視覚世界の様々な物体の中から、ある特定の物体やその物体の特定の特徴に関する情報を選択的に処理することが求められる。こうした視覚情報の選択的処理は、必要な情報を効率的に処理するために不可欠な認知的機能である。

これまでのヒトにおける視覚的注意の実験室的研究では、視覚探索課題が多く用いられてきた。視覚探索課題では、ディスプレイに呈示された複数の刺激項目の中に予め定められた特定の刺激項目 (標的刺激) が存在するかの判断や、標的刺激ではない刺激項目 (妨害刺激) の中から標的刺激を選択することが求められる。Figure 1-1 に示したように、赤の右上がり斜線の



**Figure 1-1.** 方向次元と色次元の特徴探索と結合探索の例。一般に、特徴探索よりも結合探索のほうが、標的刺激を探し出すのが難しい。

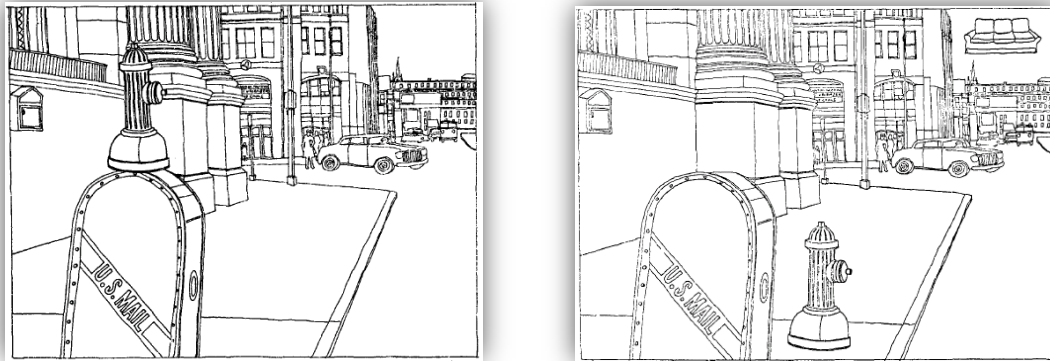
中から赤の左上がり斜線を探索する場合や、緑の左上がり斜線の中から赤の左上がり斜線を探索する場合は、いずれも、斜線の方向や色といった特徴次元によって標的刺激が定義されているので、特徴探索 (feature search) と呼ばれる。また、緑の左上がり斜線と赤の右上がり斜線の中から、赤の左上がり斜線を探索する場合は、色 (赤) と方向 (左上がり) の 2 種類の特徴次元によって標的刺激が定義されるので、結合探索 (conjunction search) と呼ばれる。一般に、単一の特徴次元で標的刺激が定義される特徴探索は、妨害刺激の数を操作しても探索時間への影響はないが、複数の特徴次元で標的刺激が定義される結合探索は、妨害刺激の数に比例して探索時間が上昇することが知られている。これを説明するために、Treisman and Gelade (1980) は特徴統合理論 (feature integration theory) を提唱した。この理論によれば、視覚探索が行われる時、最初に、探索画面内の各刺激について、形、色など複数の特徴が独立して並列的に処理され、それら特徴ごとのマップ (特徴マップ) が形成される。単一特徴によって標的刺激が定義される特徴探索では、単一の特徴マップを参照すればよいので、標的刺激の探索時間は妨害刺激の数によらず一定になると考えられる。一方、結合探索の場面では、標的刺激が複数の特徴次元の組み合わせで定義されるので、特徴ごとのマップが形成された後に、焦点的注意 (focal attention) を用いて複数の特徴マップを照合しながら、刺激の 1 つ 1 つを同定していく必要がある。そのため、探索は系列的になり、標的刺激の探索時間は、同時に呈示される刺激の数に比

例すると考えられる (ディスプレイサイズ効果)。

しかし、視覚探索の際、注意が無作為な空間に誘導されるのではなく、注意を向ける対象について予め与えられている情報や対象が存在する位置や方向などの手掛かりによって効率的に誘導されることが報告されている (Shaw & Shaw, 1977)。また、特徴の孤立性や顕著性 (Treisman & Gelade, 1980)、探索画面内の新たな位置に対する標的刺激の呈示 (Yantis & Jonides, 1984)、標的刺激と妨害刺激を区別できる単一特徴の有無 (Treisman & Souther, 1985)、標的刺激と妨害刺激の共通特性 (Wolfe, Cave, & Franzel, 1989)、特定の標的刺激と妨害刺激の組み合わせを長期間練習することによって生じる自動性効果 (Schneider & Shiffrin, 1977)、標的刺激の新奇性効果 (Johnston, Hawley, Plew, Elliott, & DeWitt, 1990)、標的刺激や妨害刺激の親近性効果 (Wang, Cavanagh, & Green, 1994; 例えば S を様々な角度に回転した場合よりも、正立した S の方が探索が容易) など、多くの要因によって注意はダイナミックに変容する特性をもっている。

Biederman (1972) や Biederman, Mezzanotte, and Rabinowitz (1982) は、ヒトの視覚探索に文脈が強く影響することを提唱した。例えば、動く物体は日常場面に多く存在するが、人間は空を飛ぶことはなく、また自動車が歩道を走ることもないように、文脈とは、対象と環境の間に存在している時間的、あるいは空間的規則性に関する情報である。彼らは、Figure 1-2 のような日常場面を描いた線画刺激を用いた。刺激内にある特定の対象が、日常経験とは



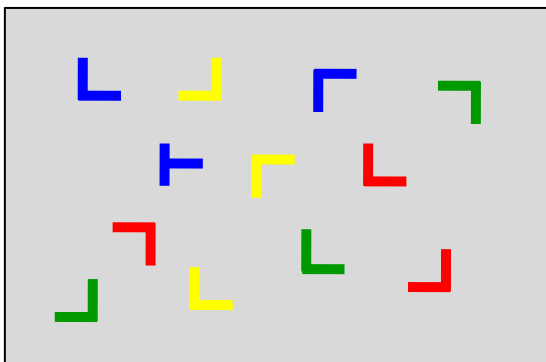


**Figure 1-2.** Biederman, Mezzanotte, & Rabinowitz (1982) が用いた線画刺激のスライドの例。消火栓の検出は、ポストの上にある場合（左）のほうが、歩道の上にある場合（右）よりも遅れる。右のスライド内右上隅にある宙に浮いたソファは、街頭場面に合致しておらず、空間的な配置も、日常経験するものとは異なる。

異なる位置に配置されていたり（具体的には、路肩にあるべき消火栓が、歩道にある郵便ポストの上に置かれている）、異なる大きさと呈示されたり、その場面につり合わない事態（具体的には、室内にあるべきソファが街頭に置かれている）では、当該の対象を検出することが著しく困難になることを報告している。これは、視覚環境内に同時に存在する他の対象や背景との関係によって定義される空間的な文脈手掛かり（contextual cueing）が視覚的注意に及ぼす効果といえる。同様に、時間的な文脈手掛かりが、ヒトの認知行動に強く影響を与えることも知られている（Logan, 1988）。

これらの研究を背景として、Chun and Jiang (1998) は、視覚的文脈を繰り返し経験することによってヒトの認知行動がどのように変容するのかを視覚探索課題における cueing パラダイムを用いて検討した。彼らの実験では、

Figure 1-3 に示すような視覚探索課題において、標的刺激と妨害刺激の呈示位置が異なった 12 パターンが繰り返し呈示される条件 (Old 条件) と、標的刺激の呈示位置のみが 12 ヶ所のいずれかに固定され、妨害刺激の呈示位置はランダムに変化する条件 (New 条件; 標的刺激の各呈示位置は Old 条件と同じ頻度で用いられた) の 2 条件が設けられ、標的刺激の探索時間が条件間で比較された。その結果, Old 条件における標的刺激の探索時間は, New 条件に比べて短く, 各パターンが反復して呈示される回数の増加に伴って徐々に短縮した。この結果から, 空間的に固定された妨害刺激を反復して経験することによって, 空間的な配置情報が文脈手掛かりとして学習され, その文脈手掛かりが標的刺激の位置へ空間的注意を誘導したと考えられた。また, 実験参加者は, 位置を固定された刺激項目が実験を通じて反復呈示されていたことに気づかなかったことと, 探索課題終了後に 12 種の固定パターンを用いて行われた刺激配置の再認実験で得られた再認率がチャンスレベルであることから, 視覚的な文脈手掛かりの学習は潜在的なものであると



**Figure 1-3.** Chun & Jiang (1998) が用いた視覚探索課題の例。90 度 (180 度) に回転した T 字が標的刺激で, 0 度 (90, 180, 270 度) の L 字が妨害刺激。妨害刺激の呈示位置が固定されると, 探索時間が短くなる。

考えられた。一方、Chun and Jiang (1999) では、刺激項目として何種類かの無意味図形が用いられ、刺激項目の配置ではなく標的刺激と妨害刺激として呈示される無意味図形の組み合わせが実験を通して一貫している条件 (Old 条件に対応) と組み合わせが試行ブロックごとに異なる条件 (New 条件に対応) が比較された。その結果、刺激項目の呈示位置が毎試行異なっても、無意味図形が同じ組み合わせの Old 条件で探索時間が短くなる文脈手掛かり効果が示された。これらの研究では、文脈手掛かりとして日常経験における規則性、標的刺激と妨害刺激の空間配置、標的刺激と妨害刺激の組み合わせなどによる効果が検討された。

一方、文脈手掛かり効果に関連して、プライミング (priming) による促進効果に関する多くの検討が行われた。プライミングとは、先行刺激を呈示してから後続刺激の処理をおこなう実験パラダイムであり、先行刺激が後続刺激の処理に影響を及ぼすことをプライミング効果 (priming effect) という。例えば、「しんりがく」と「心理学」のいずれかを呈示してから「し\_\_り\_\_く」の語彙完成課題をおこなうと、前者のほうが反応時間が短くなる (太田, 1991)。先行刺激が意味するものは同じであるため、形態的特徴や音韻的特徴がプライミング効果に影響を及ぼしているといえる。これは、同じ刺激が繰り返されているという意味で広義に直接プライミング (direct priming) と呼ばれ、特に意味的処理を受ける以前の知覚的要因による効果であることから、狭義に知覚的プライミング (perceptual priming) と呼ばれることもあ

る。プライミング効果は、認知科学、心理学のみならず、神経科学の分野においても、研究対象とされてきた。知覚的プライミングの神経科学的生起メカニズムとして、反復抑制 (repetition suppression) と呼ばれる脳内の神経活動の減少が挙げられる (Wiggs & Martin, 1998)。ある対象を同定するために神経細胞は、刺激特性を信号するのに必要な発火をするが、刺激を繰り返し処理することによって、それ以外の神経細胞は反応する必要がなくなり、それらの神経細胞との結合も次第になくなる。つまり、対象を同定するための最低限の神経活動が生じるようになり、それ以外の神経活動は抑制されることによって、対象に対する反応が促進されると考えられる。

このように、限られた認知処理能力の中で、外界の情報を効率的に処理するための仕組みがヒトには備わっており、注意メカニズムがその役割を担っている。視覚的注意には、重要な情報に対する処理を促進し、重要でない情報を抑制するという特性があり、本節で述べたように、種々の外的要因に影響されることが知られている。

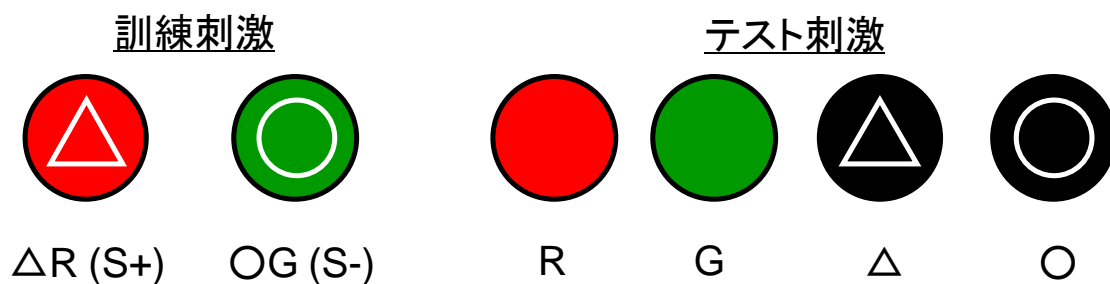
また、視覚的注意は、ヒト以外の動物がそれぞれの環境に適応して、生存するために必要不可欠である。例えば、食物を獲得したり、捕食者から逃避したり、繁殖したり、環境との相互作用のために注意システムを進化させてきた。環境に不適応な機能をもつ種はやがて絶滅し、環境に適応的な機能をもつ種が生存することができる。そのため、ヒトの注意メカニズムをより理解するためには、ヒト以外の動物と比較し、進化的観点から考察することが

重要である。

## 1.2 比較認知科学的な注意研究

比較認知科学は、ヒトとヒト以外の動物の認知機能を比較し、その共通点ないし、類似点、もしくは相違点を明らかにすることで、ヒトの認知機能の特徴とその起源を系統発生的視点から解明しようとする領域である。そのため、ヒトと近縁である大型霊長類のチンパンジー (*Pan troglodytes*), ヒヒ (*Papio papio*) などのサル類との比較の他、ヒトとは遠縁だがヒトと同様に視覚系が優位な鳥類との比較も多く行われている。鳥類の中でも、ハトは実験室的な行動的研究で古くから用いられ、その行動特性がよく知られているためハトを用いた比較認知研究は多い。

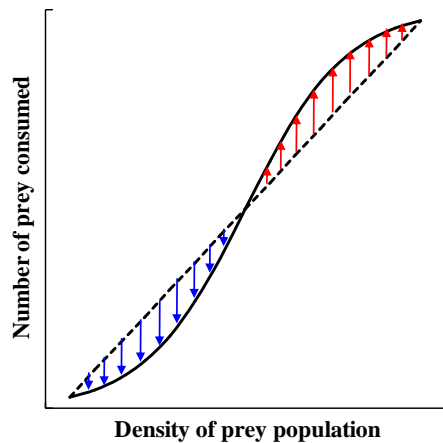
刺激による反応の制御という観点で、注意に関する行動的研究がハトを用いて古くからおこなわれた。最初の行動的研究として、Reynolds (1961) が挙げられる。赤の背景に白の三角 ( $\Delta R$ ) を正刺激とし、緑の背景に白の円 ( $\circ G$ ) を負刺激として (Figure 1-4 の訓練刺激), 正刺激が呈示された試行で



**Figure 1-4.** Reynolds (1961) がハトに呈示した刺激。「S+」は反応に対して餌が随伴する正刺激, 「S-」は反応に対して餌が随伴しない負刺激を表している。

ハトが反応すると餌が与えられる継時弁別訓練をおこなった。色と形のいずれを手掛かりとしても弁別は可能で、このような刺激を複合刺激という。弁別学習が完成した後、赤の背景のみ (R)、緑の背景のみ (G)、白の三角のみ ( $\Delta$ )、白の円のみ (O) を呈示した (Figure 1-4 のテスト刺激)。その結果、あるハトは赤の背景 (R)に、他のハトは白の三角 ( $\Delta$ )に対してのみ高い反応率を示した。前者のハトは形次元、後者のハトは色次元によって反応が制御されていたことから、Reynolds はこの結果を複合刺激に対する選択的注意 (selective attention)と関連づけて解釈した。

一方、比較行動学 (ethology) や行動生態学 (behavioral ecology) の分野においては、その後の比較認知科学における視覚的注意の研究に大きな影響を与えた野外研究が行われた。Tinbergen (1960) は自然場面において、ヨーロッパカラス (European tits) の採餌行動を観察し、巣に持ち帰る餌の種類と順番を記録した。その結果、Figure 1-5 に示すように餌密度と摂取量の間にはシグモイド関数が成立し、密度の高い種類の餌をより多く摂取し密度の低い餌をより少なく摂取することが明らかにされた。同じ種類の餌を連続して採取することで、同種の餌を検出する能力が高まることが指摘され、同一の標的刺激の認知的表象である“探索像 (search image)”が形成されることが提唱された。この探索像は、目立つ刺激に対してだけ形成されるのではなく、保護色のような隠ぺい的な特徴 (cryptic coloration) をもつ被捕食者のイメージも探索像として形成されることが知られている。例えば、見つけやすい



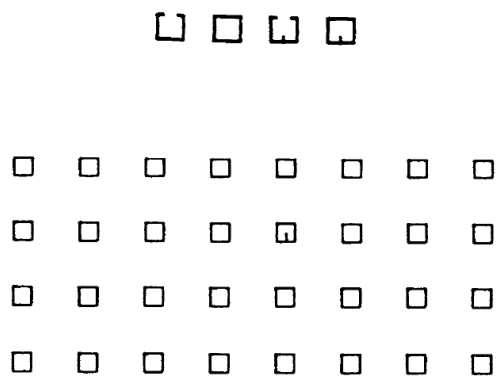
**Figure 1-5.** 実線は餌の密度と摂取量のシグモイド関数。餌の密度が低い場合には、摂取量がより低く、高い場合には、より高くなる。破線は、密度にしたがって一定の割合で摂取量が線型的に多くなる場合。

餌と見つけにくい餌が餌場（パッチ; patch）に同時に存在していても、見つけにくい餌の密度が高い場合は、見つけやすい餌より多く採取するという実験結果が得られている（Bond, 1983）。見つけにくい餌に対する検出力が高まるのは、他の餌に対する検出力が低下したためだと考えられた。一方、Royama (1970) はシジュウカラ（great tits）の採餌行動を観察し、巣に持ち帰る餌の種類が、時期や餌場によって異なることを示した。シジュウカラは、餌の種類やその入手可能性を、餌場の視覚刺激や空間情報など多くの手掛かりを用いて判断し、各餌場で最も効率的に採餌していると考えられる。時期や餌場に応じて、最も採取しやすい餌を探索し、ある程度、採餌行動をして餌がなくなったら、次の餌場に移動することで、結果的に効率的な採餌行動が可能になる。餌場に関する環境的手掛かりに基づいて、各餌場で特定の餌を探索していることから、ある一定の空間内に存在する餌に対して“予期（expectation）”が生じていると考えられた。Kamil and Bond (2006) は、探



索像による採餌行動は連続プライミング (sequential priming) に対応し、予期による採餌行動は連合プライミング (associative priming) に対応していると論じている。連続プライミングとは、視覚探索課題において、複数種の標的刺激がランダムな順番で出現する場合に比べて、単一種の標的刺激が連続して出現する場合のほうが、探索が促進されるというものである。連続プライミングは、アオカケス (Pietrewics & Kamil, 1977, 1979, 1981) やハト (Blough, 1989) を用いて実験室的研究が行われ、探索像仮説を支持する結果が得られている。一方、連合プライミングは、特定の標的刺激の出現を予告する別の刺激 (先行刺激または、プライム刺激) が呈示され場合は、先行刺激が呈示されない、あるいは1つの先行刺激が複数種の標的刺激を予告する場合に比べて、標的刺激の探索が促進されるというものである。ハトを用いて実験室的に検討されており (Blough, 1989)、先行刺激による探索の促進が確認されている。このように、自然場面で観察された採餌行動を説明する仮説として探索像仮説と予期仮説が提唱され、これらに対応するようにして、それぞれ実験室的なプライミング研究がおこなわれてきた。2つのプライミングの関係については議論され続けているが、明らかになっていないことも多い。しかし、自然場面においては、特定の餌を信号するような一定の空間範囲内では、当該の餌が連続して出現する傾向があると考えられるため、これら2つのプライミングが、相互作用を及ぼしながら採餌行動が効率的に行われている可能性が論じられている (Kamil & Bond, 2006)。

これらの採餌行動に見られるように、ヒトを含む動物にとって、生存に必要な対象を複雑な環境から探し出す認知的能力は重要である。近年では、動物においてもより詳細なプライミング効果の検討が行われるようになった。Blough (1993) は Figure 1-6 に示した刺激項目を用いて実験し、妨害刺激が標的刺激に関する情報を与えているとハトの探索時間が短くなることを報告している。ある試行では、四角形の上辺に隙間がある刺激 (□) が標的刺激で、完全な四角形である刺激 (□) が妨害刺激であり、別の試行では、四角形の底辺中央に縦線がある刺激 (□) が標的刺激で、完全な四角形である刺激 (□) が妨害刺激であった。これらの組み合わせは標的刺激と妨害刺激が入れ替わって呈示されることもあった。この時、両者の試行の頻度を操作している。前者のほうが後者よりも高い頻度で呈示されると、二つの組み合わせが同頻度で呈示される時に比べ、前者は探索時間が短くなり、後者は長くなった。Blough は、単に、出現頻度が多い標的刺激の探索が促進されたの



**Figure 1-6.** Blough (1993) が用いた探索項目と視覚探索課題の例。標的刺激と妨害刺激の組み合わせを固定したり、刺激の出現頻度を操作して実験をおこなった。

ではなく、特定の妨害刺激 (□) と同時に呈示される確率の高い標的刺激の探索が促進された可能性を提案しており、標的刺激と妨害刺激の随伴関係に基づいた一種のプライミング効果であると論じている。これは、空間内の複数の刺激関係を学習している点で、上述したヒトの空間的な文脈手掛かり効果と類似した現象だと考えられる。

こうした研究を背景として、本研究の実験 1 では、ハトを被験体に用い視覚的注意における文脈効果について検討した。すでに述べたように、プライミング効果に関して「探索像」と「予期」の 2 つの対立するメカニズムが提唱されている。実験 1 では、この 2 つを明確に分離することを意図して、Figure 1-7 に示すような階層刺激を用いた。「部分」あるいは「全体」のどちらを手掛かりとして反応すべきかを指示する文脈において、文脈依存的に「部分」または「全体」が優先処理されるのか否かを、検討した。文脈によってプライムされるのは、連続プライミングのように特定の刺激ではなく、「部分」か「全体」かの階層であり、もし文脈効果が見出されれば、その効果は「探索像」ではなく処理すべき階層への「予期」によって説明すること

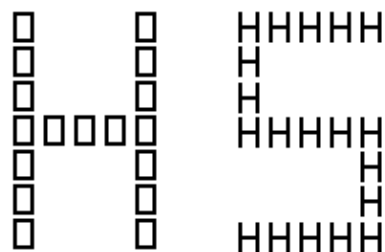


Figure 1-7. 階層的刺激の例 (Navon, 1977)。部分 (local) のアルファベットによって全体 (global) のアルファベットが構成されている。左の階層的刺激は、部分は「O」であるが、全体は「H」である。

ができる。

実験2では、これまで多くの視覚探索課題を用いた研究で検討された連合プライミングではなく、標的刺激と同一の刺激をプライム刺激として先行提示する直接プライミングの効果について検討した。直接プライミングでは、先行刺激と同一の刺激を標的刺激として探索することが求められるので、先行刺激は標的刺激を「予期」させるだけではなく、「探索像」を形成することも考えられるが、ハトなどの動物ではヒトで最初におこなわれたような直接プライミングの研究は見当たらない。実験2の序論で詳しく述べるように、もし「探索像」に基づく刺激駆動型のプライミング効果が生じるなら、「予期」を形成するのに必要な長期訓練をしなくても、自動的かつ即時的なプライミング効果が得られるものと考えられる。こうした2つの異なるアプローチを用いて、本研究では、視覚的注意に関してヒトとハトを比較し、その系統発生的メカニズムについて考察する。

## 第2章

### 文脈手掛かりを用いた ハトにおける階層的刺激処理

## 2.1 ヒトの全体優先処理効果とハトの部分優先処理効果

ヒトや多くの動物の環境は多様な物体でみちている。そうした環境に適応するためには、生体にとって意味のある物体をそれぞれの観察場面で効率的に検出し、検出した物体が何であるかを正確に同定し、適切に行動することが求められる。鳥類は、霊長類と同様に活動性が高く、視覚優位な動物である。しかし、霊長類を含む哺乳類の大脳皮質が層構造をもつものに対して鳥類の大脳は核構造をもつ (e.g., Shimizu & Karten, 1993) など、脳構造には系統発生的な相違が見られる。また、ハトなどの鳥類は、遠くの物体に対しては単眼による側方視、近くの物体に対しては両眼による前方視を用いると考えられ (Catania, 1964)、側方視解像度が最も高い中心窩 (central fovea) の他に、網膜背側野に前方視解像度が最も高い部位 (area dorsals) をもつことが知られている (Binggeli & Paule, 1969)。Blough (1973) は、観察距離を 13 cm から 73 cm に変化し、ハトの視力を測定した。測定値の個体差は大きかったが、視力は観察距離に従って低下した後、観察距離が更に長くなると上昇する傾向がみとめられた。Bloch and Martinoya (1982) は、特殊な刺激呈示方法 (Figure 2-1) と巧みな行動実験法を用いて前方視と側方視を分離して分析することに成功した。ハトの視力は観察距離が最も短かった 10 cm の前方視で最も高く側方視で最も低かったが、観察距離が長くなるに従って前方視では視力が低下し、逆に側方視では視力が上昇することが確認された (Figure 2-2)。比較的狭い視野内にある雑多な物の中からトウモロコシを

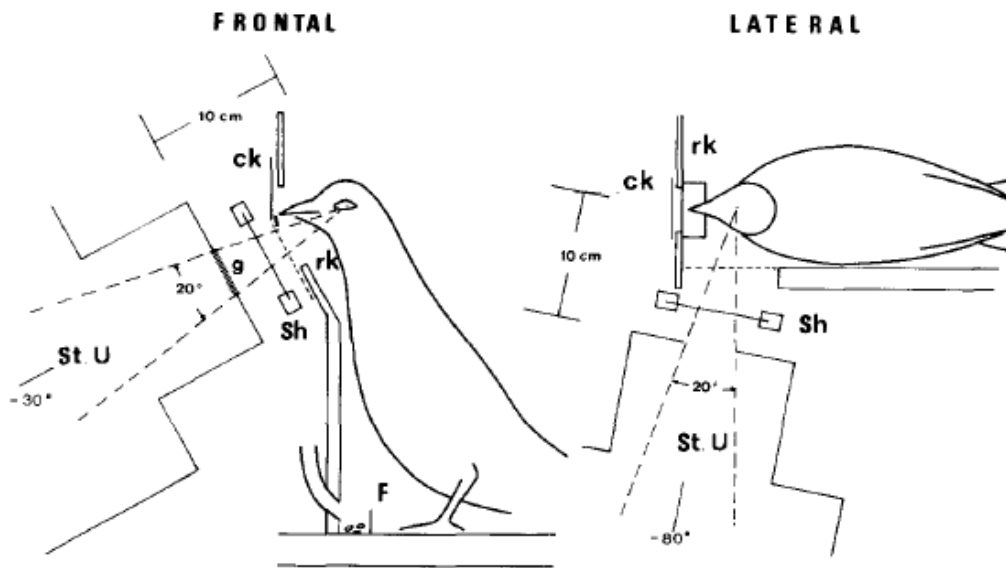


Figure 2-1. Bloch and Martinoya (1982) が用いた特殊な実験装置の模式図。左の図は前方視のテストを表し、装置の左方向から描かれた。右の図は側方視のテストを表し、装置の上方向から描かれた。

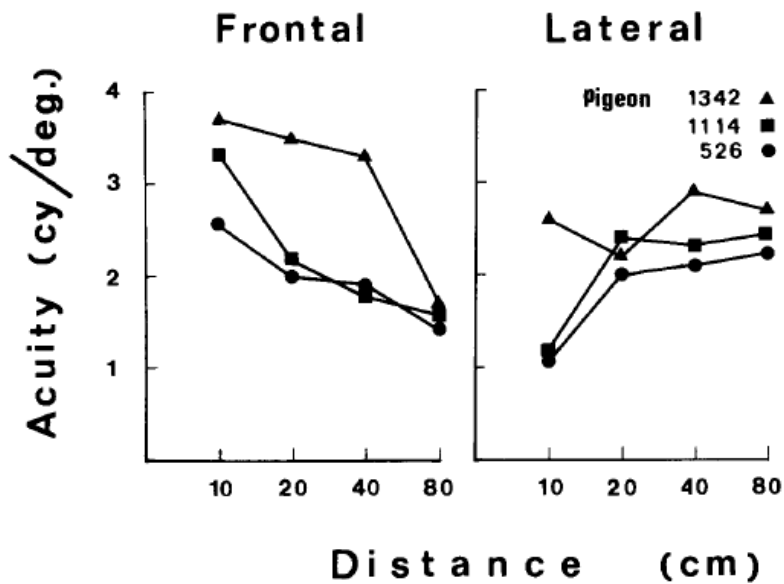


Figure 2-2. ハトの前方視 (左) と側方視 (右) の個体別視力。前方視は、観察距離が長くなるにつれて視力が減少したが、側方視は長くなるにつれて視力が増大した。

見つけて正確についばむなどの採餌行動には、色や形や細部に基づく詳細な物体の同定と、物体までの正確な奥行知覚が要求される。こうした詳細な情報処理やハトが目標地点に正確にランディングするためには、両眼（立体視）による前方視が有効である。一方、比較的広い視野内の遠くにいる捕食者らしい物体（必ずしも詳細な同定を必要としない）をすばやく発見するためには、単眼による側方視が有効である。ハトなどの鳥類が自然場面で適応的に行動するには、こうした両方の情報処理と注意焦点の柔軟な切り替えが必須であると考えられる。

一般的なオペラント実験箱で呈示される刺激をハトが正確に弁別するためには、主として両眼による前方視が関与すると考えられる。従って、上述したような前方視と側方視の注意焦点の切り替えを検討することは困難だが、注意焦点の柔軟な切り替えを実験室的に検討する方法の 1 つとして、Navon (1977) がヒトに用いたのと同様の階層刺激（第 1 章, Figure 1-7）を動物にも適用して検討しようとする試みがある。Navon は、例えば要素 S が集まって全体として H を構成する階層刺激に対して、ヒトは課題に応じて柔軟に注意焦点を切り替えることができるが、部分としての要素よりも全体の形を認識する時間が速く、また全体から部分への一方向的な妨害効果が起きることを示した。全体指示条件では、被験者に階層的刺激の全体が H であるか S であるかを答えさせ、部分指示条件では、部分が H であるか S であるかを答えさせた。こうした課題で、階層的刺激の全体と部分のアルファベ



ットの関係を操作した。具体的には、全体と部分のアルファベットが同じである条件（一致条件）、異なる条件（不一致条件）、全体と部分の一方が O である条件（中立条件；H であるか S であるかを答える課題であるため、O は課題に無関連な文字）を刺激条件として設けた。その結果、いずれの刺激条件においても全体指示条件のほうが一貫して反応時間が短く、部分指示条件内では、不一致条件の反応時間が他の刺激条件に比べて長くなった。これらの結果から、ヒトは課題に応じて柔軟に注意焦点を切り替えることができるが、部分としての要素よりも全体の形を認識する時間が速く、また全体から部分への一方向的な妨害効果が起きることが示された。こうした全体優先処理効果（GPE: global precedence effect）は、ヒトがもつ本質的な視知覚特性（ゲシュタルト知覚）に由来すると考えられたが（Navon, 1977, 1981）、網膜上の刺激位置（e.g., Lamb & Robertson, 1988）や大きさ（e.g., Kinchla & Wolfe, 1979）、要素の密度や数（e.g., LaGasse, 1993）、空間周波数（e.g., Lamb & Yund, 2000）などの刺激特性によっても影響を受けることが明らかにされた。例えば、Kinchla and Wolfe (1979) は、階層的刺激の大きさを操作し、階層処理をするのに最適な大きさがあることと、その最適な大きさに近いものから徐々に階層処理が行われると主張している。しかし、刺激条件が同じならば、ヒトは一般的に GPE を示すことが知られている（Hoffman, 1980; Kimchi, 1988; Martin, 1979; Miller, 1981; Navon & Norman, 1983; Peressotti, Rumiati, Nicoletti, & Job, 1991）。

その一方で、刺激条件が同じであるにもかかわらず、ヒトの GPE が部分優先処理効果 (LPE: local precedence effect) に転じる実験結果も報告されている。Ward (1982) は、階層的刺激の全体と部分のいずれかのアルファベットについて同定課題をおこなった。各試行において階層的刺激が 2 回呈示され、それぞれ順番に同定課題を連続しておこなった。全体 (1 回目)-全体 (2 回目) 試行、全体-部分試行、部分-全体試行、部分-部分試行の 4 条件をおこない、試行内 2 回目の同定課題において反応時間を比較した。その結果、部分-部分試行の反応時間が、部分-全体試行の反応時間よりも短くなった。これは、同じ階層の処理を繰り返すことによる準備性効果であると結論づけている。このようにヒトでは、階層的刺激の処理において、注意が刺激以外の要因によってダイナミックに変化することが分かっている。

Fagot ら (Deruelle & Fagot, 1998; Fagot & Deruelle, 1997; Fagot & Tomonaga, 1999) は、視覚探索課題を用いて、ヒトは標的刺激の要素より全体の形が妨害刺激と異なる場合に探索が速い GPE を示すが、同一課題を用いたチンパンジーでは差がなく、ギニアヒヒでは逆に LPE が見られたと報告している。彼らは、ヒト以外の霊長類は複数の要素を 1 つのまとまりとして知覚する知覚的体制化が困難で、全体処理に強力な注意制御を必要とするためだとしている。

以下に述べるように、ハトでは 2 つの異なる方法を用いて相反する結果が得られている。なお、以下では global を「全体」、local を「部分」とするが、

Navon (1977) のようにゲシュタルトを含意するものではなく、物理的な刺激がもつ2つの階層についての記述用語として使用する。また、刺激画面上の場所探索 (e.g., Legge, Spetch, & Batty, 2009) や複数物体が同時呈示されるような弁別課題 (e.g., Lazareva, Vecera, & Wasserman, 2006) では、刺激呈示画面の比較的広い範囲の視覚情報を手掛かりにする場合は global (大域) 処理、狭い範囲の情報を手掛かりにする場合は local (局所) 処理と呼ばれるが、階層刺激に焦点を当てた本稿では「全体」と「部分」に用語を統一する。この場合の「全体」とは、後藤 (2009) が定義しているように、複数の部分が集まることで有効になる情報 (部分の空間配置など) を指し、注意範囲の広さを強調するものではない。

Cavoto and Cook (2001) は、要素 O からなる T, N, X, H を全体刺激、全体として O をつくる要素 T, N, X, H を部分刺激とし、T, N, X, H に対応する比較刺激を選択させる強制選択法でハトを訓練した (Figure 2-3)。弁別の手掛かりが一方の階層だけにあるので、各試行では全体または部分の弁別が要求されるが、刺激に応じて両方の処理を切り替えなければならない。訓練過程では刺激サイズを組織的に変化したが、刺激サイズにかかわらずハトは頑強な LPE を示した。全体弁別を集中訓練した後、刺激サイズを調整して全体と部分の弁別難易度を等しくし、全体が T で部分が N などの conflict 刺激を呈示すると、ハトは部分を手掛かりとして反応する LPE を示した (この場合は N と反応)。また、conflict 刺激の呈示時間を 0.25 ~ 5 秒に変化すると、2

羽が 5 秒で LPE から GPE にシフトした (Figure 2-4 の個体別グラフ)。一貫して LPE を示した他の 2 羽は、訓練に用いた階層刺激に弁別とは無関係な要素 O がある時だけ、全体処理に切り替えていたと考えられた。個体差が

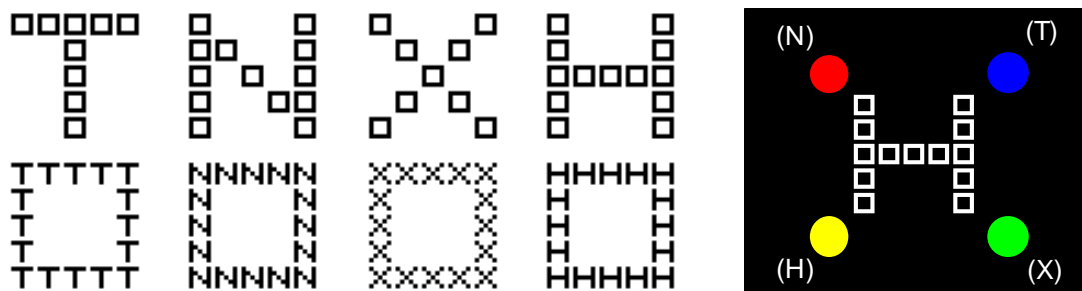


Figure 2-3. Cavoto & Cook (2001) が訓練で用いた階層刺激 (左) と訓練試行の例 (右)。上段の階層刺激は全体弁別が求められる全体刺激、下段の階層刺激は部分弁別が求められる部分刺激。訓練試行において、階層刺激が画面中央に呈示され、階層刺激の四隅に比較刺激が呈示された。図中の例では、全体である “ H ” を弁別する全体試行。括弧内のアルファベット文字は実際には呈示されない。

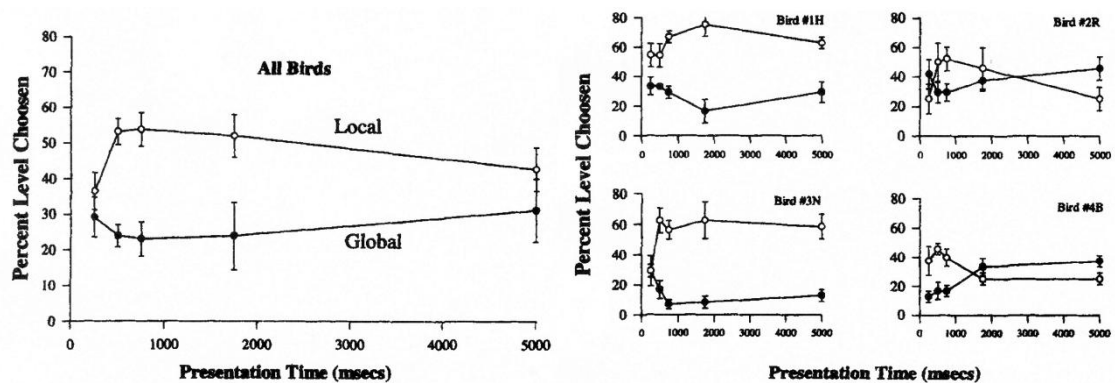


Figure 2-4. 階層的刺激の呈示時間に伴う選択率の変遷 (Cavoto & Cook, 2001, Experiment 4)。左側のグラフは、全個体平均の選択率で、右側のグラフは個体別の選択率を示す。刺激呈示時間が短い条件では、一貫して部分の選択率が高いが、長くなるにつれて、4 羽中 2 羽で全体の選択率が上昇した。

あるものの、部分を時間的に優先して処理する LPE が示された。

Fremouw, Herbranson, and Shimp (1998) は, Cavoto and Cook (2001)と同様に片方の階層だけに手掛かりをもつ刺激を用いたが, 全体弁別が 85%の試行で求められる全体セッション (残る 15%の試行は部分弁別) と, その逆の部分セッションを 3セッションずつ交互に実施した。全体か部分かの文脈にかかわらず, どちらの階層でも高い正答率が得られたが, 正しい比較刺激に反応するまでの時間がその階層の弁別が頻繁に求められるセッションで短くなるプライミング効果が示された (Figure 2-5)。また, どちらの階層に手掛かりがあるかを 85%の試行で予測するプライム刺激を試行ごとに呈示した Fremouw, Herbranson, and Shimp (2002) でも同様の効果が見られた。これらの結果から, 注意焦点の柔軟な切り替えがハトにも可能で, ハトで見られたプライミング効果は階層についての知覚的期待 (local/global perceptual expectancy) で説明できると考えられた。ただし, 全体をプライムすると全

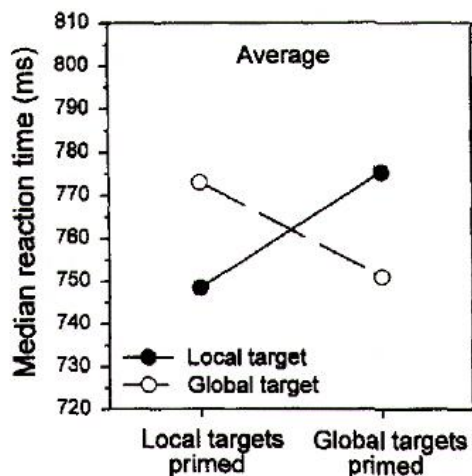


Figure 2-5. プライミング条件ごとの平均反応時間 (Fremouw, Herbranson, & Shimp, 1998)。全体弁別 (○---○) の反応時間は全体プライミングで短くなり, 部分弁別 (●—●) の反応時間は部分プライミングで短くなった。

体弁別と部分弁別の反応時間に差がないが、部分をプライムすると全体弁別が遅くなるなど、LPEを示唆する傾向もみとめられた。

Fremouw らの実験では、全体だけに手掛かりをもつ訓練刺激と部分だけに手掛かりをもつ訓練刺激への反応時間を比較し、Cavoto and Cook (2001) のような conflict 刺激でテストしていないので、Cavoto and Cook (2001) がハトの視覚処理メカニズムの本質的な特性だと考えた LPE をテストできる実験デザインにはなっていなかった。そのため、全体がプライムされたことによって全体への知覚的期待が生じたとしても、conflict 刺激のように部分にも手掛かりがある場合は、部分が全体より不可避免的に優先処理される可能性を排除できない。一方、Cavoto and Cook (2001) における conflict 刺激テスト場面では、部分テストと全体テストの比較刺激が同一であったため、例えば全体が T で部分が N の conflict 刺激に対して “N” の比較刺激を選択すると “T” の比較刺激は選択できない。見掛け上、実際よりもはるかに頑強な LPE が得られた可能性がある。本研究は、こうした問題を解決するために計画された。

本研究では、両方の階層に手掛かりがある複合刺激を、Fremouw et al. (1998) が用いたような文脈プライミングでテストする方法がとられた。そのため、まず実験 1-1 では、部分テストと全体テストにそれぞれ異なる比較刺激を用いた弁別課題を訓練し（従って、部分と全体は conflict しない）、ハトが階層的複合刺激を部分と全体に分離して知覚し、部分と全体のそれ

ぞれを手掛かりとして利用できることを確認した。実験 1-2 では、実験 1-1 と同様の弁別課題を用いて、全体だけに手掛かりがある全体試行または部分だけに手掛かりがある部分試行だけを行うセッションを 1 日交替で行った。こうした文脈に加えて、階層を指示するプライム刺激も各試行で呈示した。訓練完成の後、両方の階層に手掛かりがある複合刺激を少数の試行で呈示し、文脈とプライム刺激が指示する階層だけに手掛かりがある訓練刺激（文脈一致条件）およびそれらが指示しない階層だけに手掛かりがある訓練刺激（文脈不一致条件）への選択反応と複合刺激への選択反応を比較した。こうした比較によって、文脈非依存的に部分が全体より不可避免的に優先処理されるかを検討した。

なお、刺激呈示時間は Cavoto and Cook (2001) でハトが GPE を示した 5 秒以上とした。また、これまでの研究では、刺激が呈示される前面パネル上の予告刺激にハトが反応すると刺激が呈示された。本研究では、できるだけ離れた位置から階層刺激全体を見やすくさせることを意図して、背面パネルに設置したリアキーへの反応で前面パネルに刺激を呈示した。全体処理を促進する可能性があるこうした操作を加えてもなおハトは頑強な LPE を示すのか、あるいは全体処理にプライミング効果が見られるのかが、実験 1-2 で問われた。

## 2.2 実験 1-1

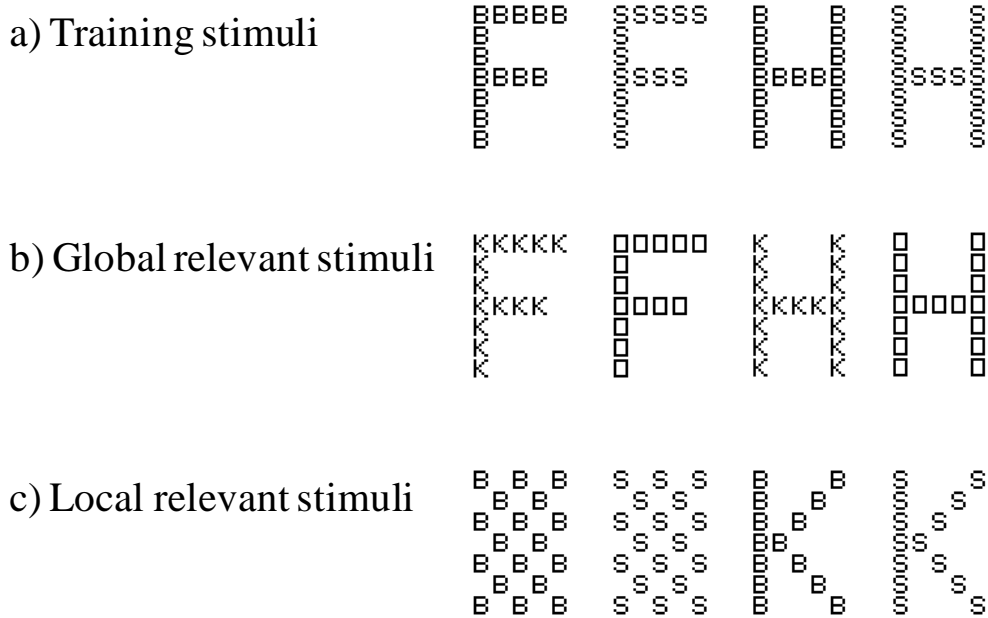


Figure 2-6. 実験 1-1 の訓練で用いられた階層的複合刺激(a), および、テストで用いられた全体刺激(b)と部分刺激(c)。これらの刺激は、黒色の背景に白色で描かれた。

訓練刺激として、Figure 2-6a の階層刺激（全体/部分が、F/B, F/S, H/B, H/S）を用いた。全体試行では、F/B と F/S に対して F に対応する比較刺激、H/B と H/S に対して H に対応する比較刺激を選択する弁別訓練を行った。部分試行では、F/B と H/B に対して B に対応する比較刺激、F/S と H/S に対して S に対応する比較刺激を選択する訓練を行った。このようにして、それぞれの階層刺激を、全体と部分に対応する 2 種類の比較刺激と結びつける訓練が行われたが、プライム刺激として刺激呈示領域を色つきの枠（全体試行では赤、部分試行では緑）で囲み、どちらの階層の弁別が求められるかを指示した。



弁別訓練完成の後、Figure 2-6b と 2-6c に示す新奇刺激への転移テストを行った。新奇刺激は全体または部分のいずれか片方の階層だけに弁別の手掛かりをもつので、訓練に用いた個々の刺激パターンをそれぞれ2種類の比較刺激と結びつける学習（合計8種の条件性弁別）をしていたのであれば、転移は生じない。一方、階層刺激を全体と部分に分離して知覚し、全体と部分の両方をそれぞれ別個に弁別の手掛かりとして利用していたなら、新奇刺激に対して訓練刺激と同様の高い弁別の転移が見られるだろう。この時、部分が全体より弁別の手掛かりとして利用しやすいなら、部分にBまたはSをもつ新奇刺激に対して、全体にFまたはHをもつ新奇刺激よりも高い弁別の転移が生じることが予想される。

被験体として本実験と同様の弁別訓練を経験したことがあるハトを用いたが、前実験では実験者の制御プログラムのミスで、半数のハトが左右に呈示される比較刺激への反復反応、他半数のハトが交替反応の傾向を示すようになった。本実験では、正しい比較刺激の左右位置をゲラマン系列(Gellermann, 1933)で決定して再訓練したが、訓練期のデータは分析の対象としなかった。

## 2.2.1 方法

### 2.2.1.1 被験体

本実験と同様の弁別訓練を約 1 ヶ月前まで受けていたデンショバト 4 羽 (動物商から購入した 2 - 6 年齢のオス 2 羽とメス 2 羽) を用いた。自由摂食時安定体重の 85% に体重統制したが、水と鉱物飼料は個別飼育ケージで自由に摂取できた。個別飼育ケージは屋外に設置された十分な換気と太陽光が得られる鳩舎内に置かれ、明暗サイクルや温度は統制していない。

### 2.2.1.2 装置

同一仕様のハト用実験箱 (幅 29 × 奥行 36 × 高さ 36 cm) を 2 台用いた (Figure 2-7)。各実験箱の前面パネルの床から 10cm のところにある開口部 (23×18 cm) に接して、反応検出用のタッチパネル (Carroll Touch) を装着した液晶モニタ (SHARP, LL-T1510R) を設置した。背面パネル床上 16 cm にあるリアキー (直径 3 cm) 上に、白熱球 (2 W) でキーライトを呈示した。このリアキーはスタートキーとして用い、被験体が反応すると試行が開始した。このように、背面パネルのリアキーに反応することで、ハトは離れた位置からでも画面に呈示した視覚刺激を観察することができた。実験箱床下にある給餌器 (三双製作所, CJ-4 型) が作動し給餌器照明 (3 W) が点灯すると、前面パネル中央から 4 cm 離れた床面開口部 (1.5 × 3 cm) に混合飼料が呈示された。天井中央に箱内照明として白、熱球 (3 W) を取り付け、試行間間隔

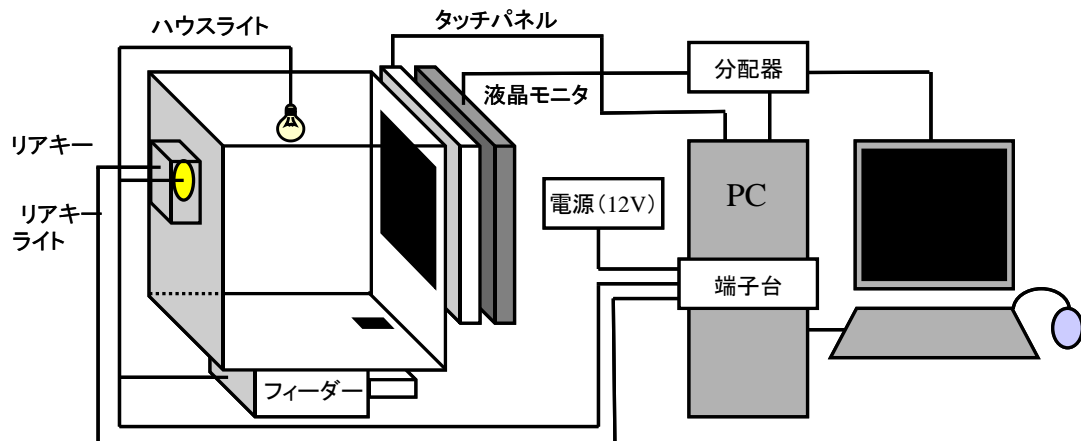


Figure 2-7. 実験 1-1 で用いた装置の概要。

(intertrial interval; ITI) 中に点灯した。

実験制御とデータの記録はパーソナルコンピュータ (DELL, DIMENSION 2400, Windows XP) で行い, 制御用プログラムは Visual Basic 6.0 (Microsoft) で作成した。

### 2.2.1.3 刺激

訓練刺激として, 全体 (F または H) と部分 (B または S) の 2 水準からなる階層刺激 (Figure 2-6a) を用いた。刺激呈示用モニタ上で  $4 \times 3$  mm ( $14 \times 11$  pixels) の B または S を 7 行  $\times$  5 列のマトリックス (実験中は非呈示) 上に配して F または H を作成した。要素間距離は, 縦方向で 1 mm, 横方向で 0.5 mm, 階層刺激全体の大きさはモニタ上で  $30 \times 20$  mm ( $110 \times 71$  pixels) であった。テスト刺激として, 新奇な要素 K または □ から同様にして作成した

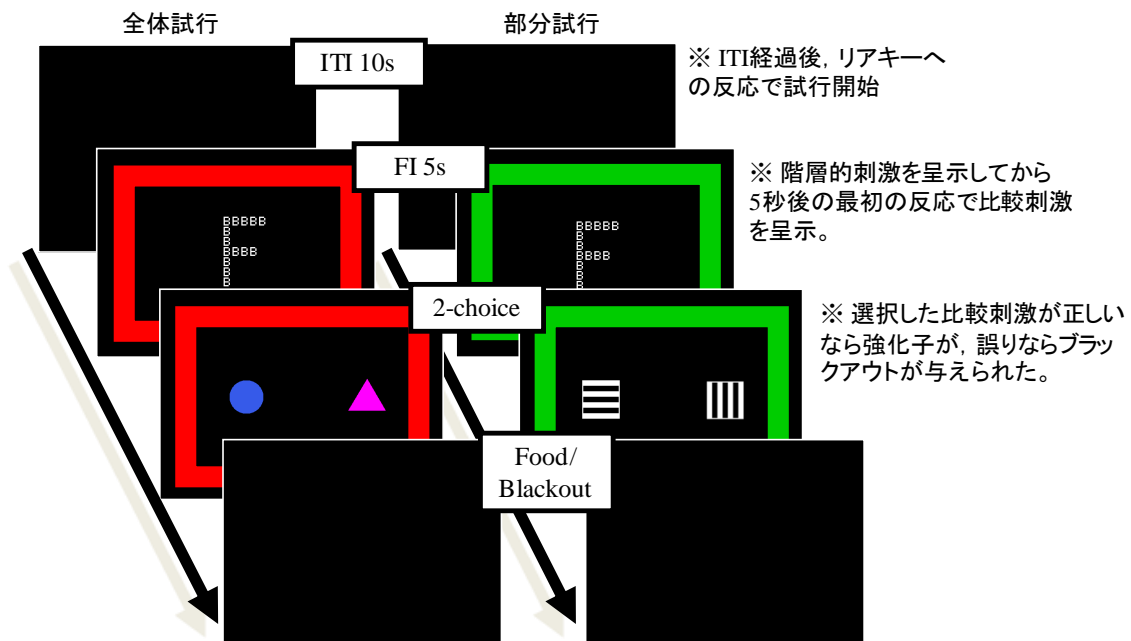
全体刺激 F と H (Figure 2-6b), 新奇な斜め格子状の全体または K を要素 B または S から作成した部分刺激 (Figure 2-6c) を用いた。これらの刺激は黒色の背景に白色で描かれ, モニタ上で前面パネル開口部中央に位置する場所に呈示された。

比較刺激として青色の ● (直径 2.1 cm) とマゼンタ色の ▲ (一辺 2.1 cm) の組み合わせと, 白色線 4 本を垂直または水平に配した図柄 (2.1 × 2.1 cm) の組み合わせを用いた。2 羽のハトには前者を全体弁別の比較刺激, 後者を部分弁別の比較刺激とし, 各階層における個々の刺激との対応を個体間で逆転した。階層と比較刺激の組み合わせを逆にした他 2 個体でも, 同様にした。2 つの比較刺激は階層刺激を中心として左右に 5 cm 離れた位置に呈示された。

全体弁別または部分弁別のプライム刺激として幅 6 mm の赤または緑の線からなる指示枠 (10 × 18 cm) を, 階層刺激と左右の比較刺激呈示位置を囲むように呈示した。

#### 2.2.1.4 手続き

すでにハトは, 訓練刺激として用いる階層刺激の弁別訓練を経験していたので, 実験開始後ただちに 16 試行 (4 刺激 × 2 階層 × 2 選択刺激配置) を 1 ブロックとする 64 試行 (試行間間隔は 10 秒) からなる訓練セッションを開始した。各試行の流れを Figure 2-8 に示す。試行開始と同時に点灯したり



**Figure 2-8.** 実験 1-1 でおこなった訓練試行の概要。左側に全体試行, 右側に部分試行の例を示す。

アキーに 1 回反応すると, 前面パネルに刺激と指示枠が呈示された。刺激に対する 5 秒後の最初の反応で刺激が消え, 指示枠が指定する階層の比較刺激が呈示された (0 秒遅延)。どちらかの比較刺激に 1 回反応すると指示枠と比較刺激が消え, 選択反応が正しかった場合は 3 秒間給餌器が作動して強化が, 誤反応の場合は 3 秒間天井光が消えてブラックアウトが与えられた。誤反応の後には, 正反応が得られるまで矯正試行を繰り返したが, 矯正試行のデータは分析に用いなかった。なお, 部分試行と全体試行のそれぞれが 4 試行以上連続しないという制約の下で, 正しい比較刺激の左右呈示位置をグラマン系列で定めた。全体試行と部分試行の両方で 80% 以上の正答率が 2 セッ

ョン連続して得られるまで訓練した。

テストセッションは、訓練期と同様の訓練試行 48 試行 (4 刺激 × 2 階層 × 2 選択刺激配置 × 3 ブロック) 中にプローブ試行 16 試行を挿入した計 64 試行からなる (プローブ試行を各ブロックに 5 または 6 試行挿入)。プローブ試行では、選択反応の正誤にかかわらず餌で強化した (全強化法)。訓練刺激とテスト刺激との類似性が比較的低いので、全消去法を用いると両者の弁別を獲得してテスト刺激への観察反応が消失する危険性があったからである。一般に、観察反応と選択反応からなる反応連鎖では、1 次性強化子から遠い観察反応が消去されやすい (例えば, Mazur, 1998 磯・坂上・川合訳, 1999)。たとえプローブ試行で観察反応が生じて比較刺激が呈示された試行でも、テスト刺激を手がかりとする選択反応 (刺激性制御) が崩壊して、位置偏好が出現しやすくなる。全強化法を用いる場合は、プローブ試行で誤反応を強化することはテスト刺激への転移を低下させるかもしれないが、転移を促進するアーチファクトにはならない。一方、プローブ試行での正反応は全体または部分だけがもつ手掛かりに対応する正しい選択反応とみなすことができるので、刺激性制御を維持しながらテストを行うことができる。

半数のプローブ試行では 4 種類の訓練刺激のそれぞれを全体試行と部分試行で 1 回ずつ呈示した。他半数のプローブ試行では、新奇な 4 種類の全体刺激と 4 種類の部分刺激をそれぞれ 1 回ずつ呈示した (全体刺激には全体試行の比較刺激, 部分刺激には部分試行の比較刺激が呈示された)。訓練試行

と同様に，すべてのプローブ試行で比較刺激と一致する指示枠を付加した。テストは8セッション行われ，プローブ試行における各刺激に対する正しい比較刺激の左右位置を，連続する2セッションで均等にした。それ以外の手続きの詳細は，訓練期と同様であった。

### 2.2.2 結果と考察

訓練完成時点における最終2セッションの平均正答率は，全体試行で86%，部分試行で89%であり，条件間に有意な差はなかった（対応のある両側  $t$  検定； $t(3) = 0.715, p = .526$ ）。Cavoto and Cook (2001) でハトは頑強なLPEを示したが，本実験ではFremouw et al. (1998, 2002) と同様に全体と部分のいずれの試行でも高い正答率が得られた。

Figure 2-9 では，プローブ試行における訓練刺激と新奇なテスト刺激への正答率を階層ごとに比較した。訓練最終段階と同様に，いずれの階層がテストされてもハトは訓練刺激に高い正答率を示し，平均正答率は全体試行で96%，部分試行で91%であった。テスト刺激に対する平均正答率は，全体刺激で83%，部分刺激で81%であった。階層（全体と部分）と刺激（訓練刺激とテスト刺激）を被験体内要因とする2要因分散分析を行ったところ，刺激の主効果のみに有意傾向がみとめられ [ $F(1,3) = 7.258, p = .074$ ]，階層の主

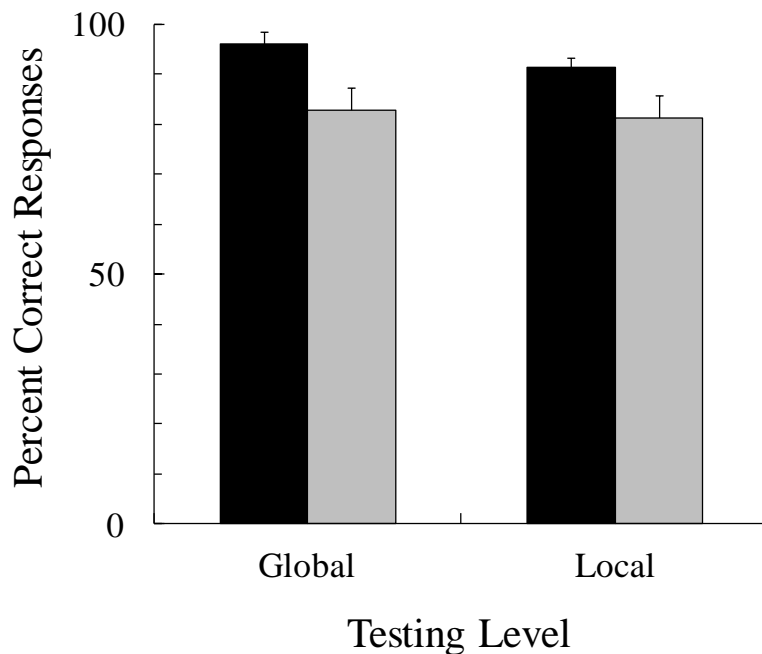


Figure 2-9. 実験 1-1 のテストにおける訓練刺激（黒色）とテスト刺激（灰色）の平均正答率。エラーバーは標準誤差を表す。

効果 [ $F(1,3) = 1.263, p = .343$ ] と交互作用 [ $F(1,3) = 0.162, p = .714$ ] は有意ではなかった。すなわち、訓練刺激に比べて新奇なテスト刺激では正答率が低減する傾向があるものの、訓練刺激やテスト刺激への弁別精度は弁別が要求される階層による効果を受けない。また、テスト刺激に対するチャンスレベルをはるかに超える高い正答率（チャンスレベルとの 1-sample  $t$  テスト：全体刺激は  $t(3) = 7.275, p = .003$ ；部分刺激は  $t(3) = 6.794, p = .003$ ）は、ハトは新奇な部分によって構成される F や H および新奇な全体を構成する B や S を容易に弁別できることを示している。この結果は、ハトが 8 種類の条



件性弁別を個々に学習したのではなく、訓練に用いた階層刺激を部分と全体に分離して知覚し、そのそれぞれを弁別の手掛かりとして利用できることを示している。

同様の目的で、Cavoto and Cook (2001, Experiment 2) と Fremouw et al. (1998, Experiment 2) も新奇刺激への転移テストを行っている。いずれの場合も片方の階層だけに弁別の手掛かりがある階層刺激を用いて、全体と部分を別個に手掛かりとする直接訓練の後に、手掛かりにならない階層が新奇な刺激への転移テストが行われた。高い弁別の転移が生じたことから、彼らもハトは階層刺激を部分と全体からなる刺激として階層的に知覚していたと結論づけている。本実験では、部分と全体の両方に手掛かりがある複合刺激のそれぞれに2種類の比較刺激を結びつける訓練だけをした。本実験でハトが示した新奇刺激への優れた転移は、ハトは複合刺激を部分と全体に分離して知覚し、そのそれぞれを弁別の手掛かりとして利用できることを強く示唆するものである。ただし、指示枠に従って選択的注意が部分または全体に向けられたのか否かは、指示枠を取り除いたテストや指示枠に反する比較刺激を呈示するテストを行っていないので、不明である。

2.3 実験 1-2

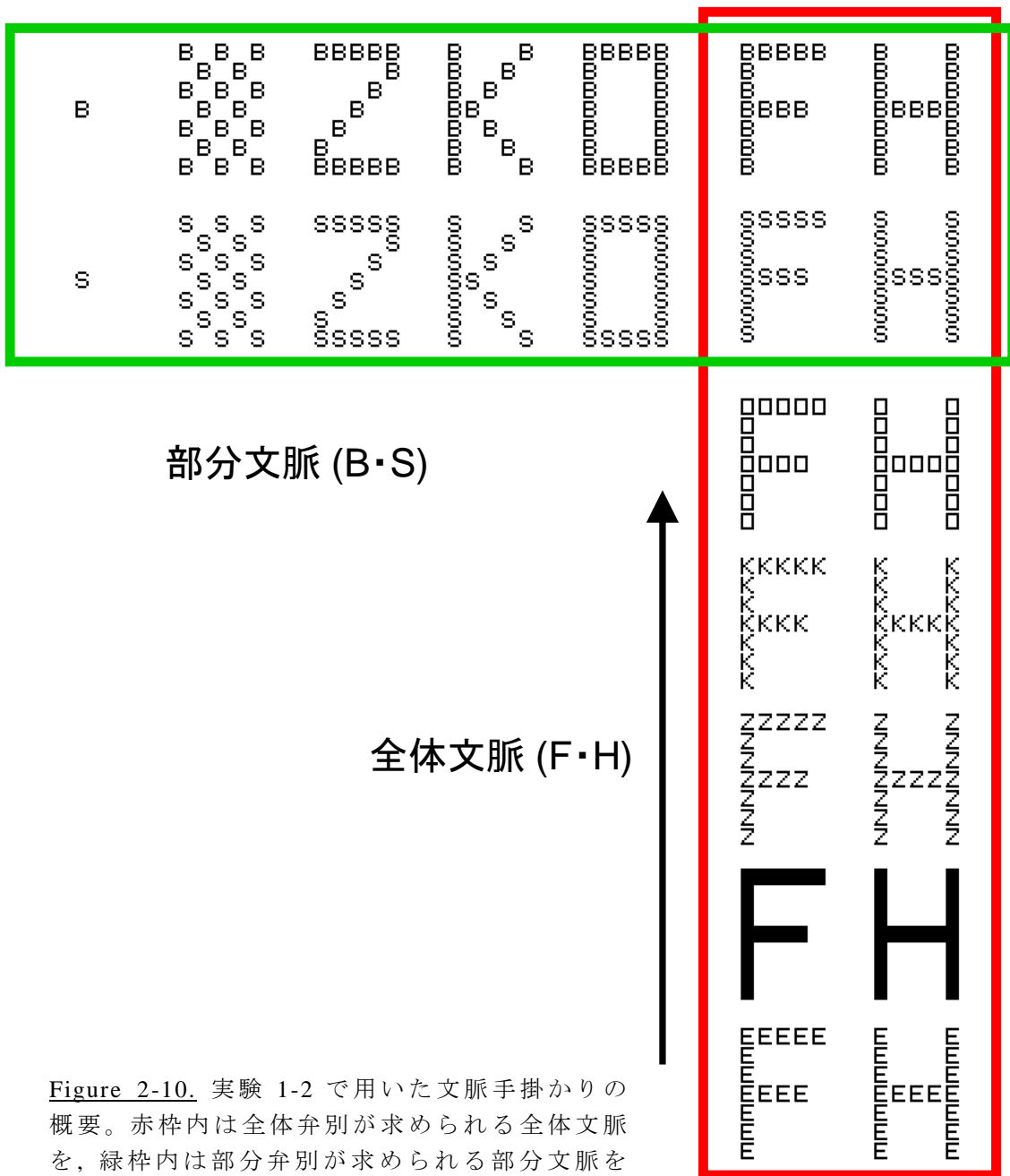


Figure 2-10. 実験 1-2 で用いた文脈手掛かりの概要。赤枠内は全体弁別が求められる全体文脈を，緑枠内は部分弁別が求められる部分文脈を表す。右上に描かれた 4 種は，複合刺激。

実験 1-1 でハトは全体弁別と部分弁別のいずれの場合も高い正答率を示し，Cavoto and Cook (2001) で得られた頑強な LPE は見いだされなかった。しかし，両方の階層に弁別の手掛かりがある複合刺激を用いて全体弁別と部分

弁別を訓練したため、ハトは全体と部分の両方を並列的に処理し、続いて呈示された比較刺激に応じてどちらか一方の情報に基づいて反応していた可能性がある。そのため、Cavoto and Cook (2001) が見出したような LPE が隠ぺいされたと考えられる。

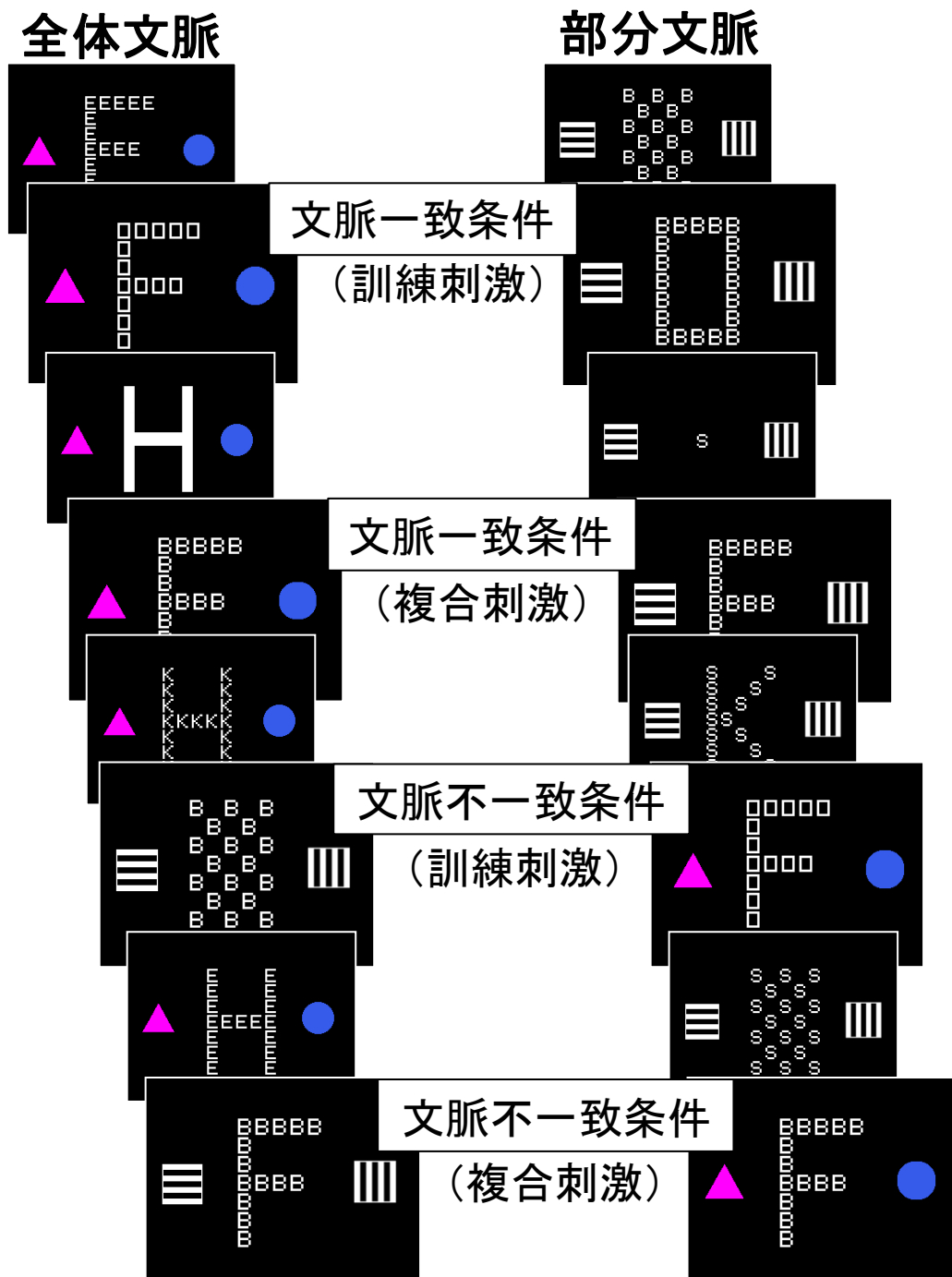
実験 1-2 では、ハトが柔軟に注意をシフトできることを示した Fremouw et al. (1998, 2002) と同様に全体弁別と部分弁別を訓練した場合においても、Cavoto and Cook (2001) がハトの視知覚系の本質的な特性であると考えた LPE が見られるか否かを検討した。基本的には、Figure 2-10 に示すように、例えば下から上に刺激を見ていく場合と、左から右へ見ていく場合とで、右上の複合刺激の「部分」や「全体」が文脈依存的に優先処理を受けるのか、あるいは文脈にかかわらず「部分」が優先処理されるのかを検討した。実際の実験では以下のような手続きを用いた。

全体 (F または H) だけが弁別の手掛かりになる刺激が呈示される全体文脈 (比較刺激は F と H に対応) と、部分 (B または S) だけが弁別の手掛かりになる刺激が呈示される部分文脈 (比較刺激は B と S に対応) を用いて、1 日交替で訓練した。訓練完成の後、少数のプロープ試行で①当該セッションの文脈と一致する訓練刺激 (比較刺激も一致)、②一致しない訓練刺激 (比較刺激も不一致)、③両方の階層に手掛かりがある複合刺激 (比較刺激は文脈一致)、④同様の複合刺激 (比較刺激は文脈不一致) を呈示した (Figure 2-11 にテストセッションの概要を示した)。

なお、実験 1-1 と同様に 0 秒遅延を用いたので、比較刺激が呈示された時には、弁別すべき刺激は除去されている。また、文脈や指示枠と一致しない比較刺激が突然出現する場合、その妨害効果によって訓練刺激でも複合刺激でも一律に成績が低下する可能性が見込まれる。そのため、文脈一致条件（上記①と③）と文脈不一致条件（上記②と④）のそれぞれで、訓練刺激と複合刺激への正答率を比較した。

文脈一致条件では、以下のことが予測された。文脈依存的に選択的処理が起きるなら、複合刺激の正答率はいずれの文脈においても訓練刺激と同様に高い。一方、文脈非依存的に部分が優先処理を受けるなら、複合刺激の正答率は部分文脈では訓練刺激と同様に高いが、全体文脈では低減する。

文脈不一致条件では、以下のことが予想された。訓練刺激は、文脈と一致しない階層だけに弁別の手掛かりがあるので、複合刺激と比べて文脈不一致による妨害効果を受けにくいだろう。この時、文脈依存的に複合刺激が選択的処理を受けるなら、正答率はいずれの文脈においても訓練刺激より低減する。一方、文脈非依存的に複合刺激の部分が優先処理を受けるなら、全体文脈での部分弁別は訓練刺激の部分弁別に比べて低減しないが、部分文脈での全体弁別は訓練刺激の全体弁別に比べて低減する。すなわち、複合刺激では部分弁別と全体弁別に差が見られるが、一方の階層だけに手掛かりがある訓練刺激ではそうした差が見られない。



**Figure 2-11.** 実験 1-2 におけるテストセッションの文脈一致条件と文脈不一致条件。左が全体文脈セッション、右が部分文脈セッション。1つのスライドが1試行に相当する。簡略化のため、図中の階層刺激と比較刺激が同時に描かれているが、実際は、階層刺激が消えてから比較刺激が呈示された。図中の全体試行は▲と●の比較刺激に対応し、部分試行は水平線と垂直線の比較刺激に対応している。拡大表示されたスライドはプローブ試行で、その他のスライドは、訓練試行である。

### 2.3.1 方法

#### 2.3.1.1 被験体と装置

階層刺激や2選択強制選択課題の実験経験がない，実験 1-1 で用いたものとは異なるデンショバト 4 羽（動物商から購入した 2 - 7 年齢のオス 3 羽とメス 1 羽）を用いた。体重統制などの飼養条件と装置は実験 1-1 と同様であった。

#### 2.3.1.2 刺激

訓練刺激として 10 種の全体刺激 (Figure 2-12a) と 10 種の部分刺激 (Figure 2-12b)，テスト刺激として 4 種の複合刺激 (Figure 2-12c) を用いた。大きさなど刺激の詳細，指示枠，比較刺激は実験 1-1 と同様だった。また，比較刺激と各階層刺激との対応づけも実験 1-1 と同様に 4 個体でカウンターバランスした。

#### 2.3.1.3 手続き

反応形成を含む予備訓練の後，全体試行からなる全体文脈訓練と部分試行からなる部分文脈訓練を 1 日交替で行った。全体試行と部分試行の基本的な手続きは実験 1-1 と同様だったが，実験 1-1 で 0 秒遅延を用いたのに対して，訓練の第 1 段階では，選択反応が生じるまで階層刺激を呈示し続けた。各セッションは 60 試行（10 刺激 × 2 比較刺激配置 × 3 ブロック）からなり，

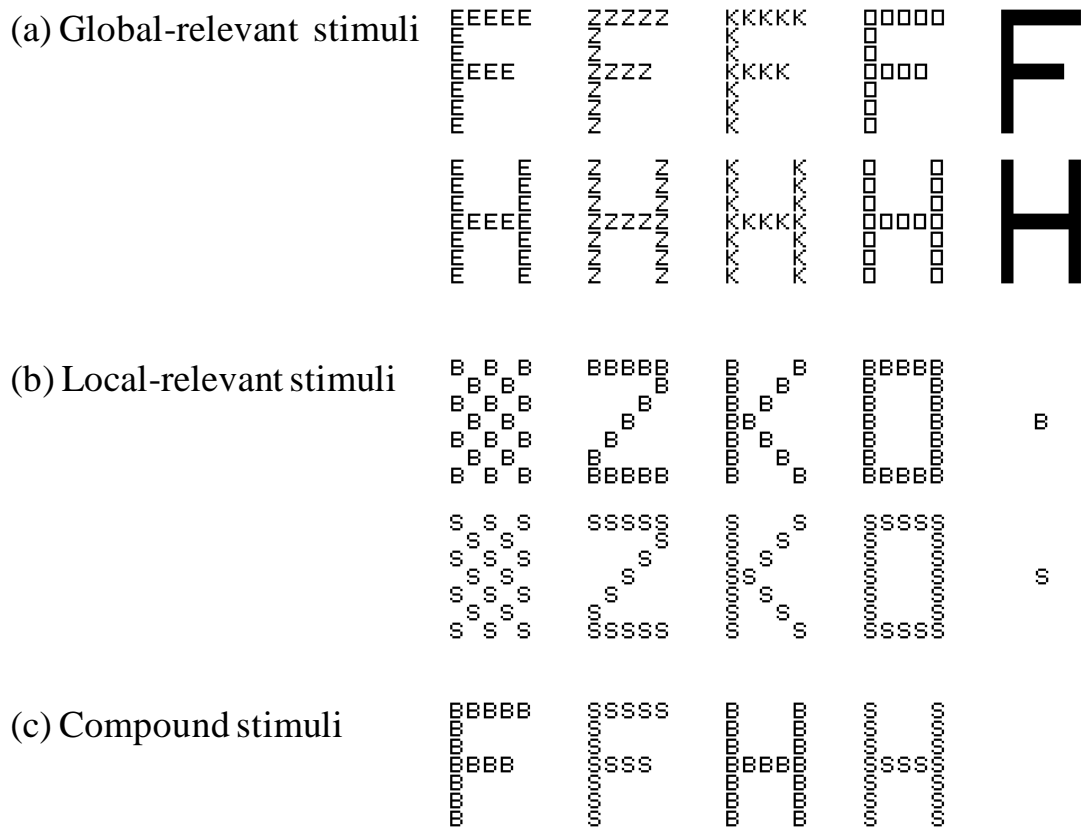


Figure 2-12. 実験 1-2 の訓練から用いた各 10 種の全体刺激(a) と部分刺激(b), および, テストから用いた 4 種の複合刺激(c)。これらの刺激は, 黒色の背景に白色で描かれた。

4 セッション (全体と部分文脈でそれぞれ 2 セッション) 連続して 80% 以上の正答率が得られるまで訓練した。その他の詳細は, 実験 1-1 と同様であった。

訓練の次の段階から, 0 秒遅延を導入した。また, 1 セッションあたりの試行数が 100 試行 (10 刺激 × 2 比較刺激配置 × 5 ブロック) になるまで, 徐々に試行数を増加した。この間, 選択反応に強化もしくはブラックアウトが随伴する試行数を 60 に固定し, それ以外の試行では選択反応と同時に試行間

間隔に入った。訓練最終段階で上記の学習完成基準に達するまで訓練した。

テストセッションの初めの1ブロック20試行を練習試行とし、当該セッションの文脈と一致する10種の訓練刺激を2回ずつ呈示した(強化率は60%であった)。正答率が80%に達しなかった場合は、それ以後の試行で訓練最終段階と同様の訓練を行った。練習試行で80%以上の正答率が得られた場合だけ、テストセッションを続行した。いずれの場合も、訓練期と同様に1日交替で文脈を変化し、各文脈でそれぞれ4セッション分のテストデータが得られるまでセッションを繰り返した。

テストセッションは、練習試行20試行を含む訓練試行100試行(10刺激×2比較刺激配置×5ブロック)に、16プローブ試行を挿入して行われた(練習試行以外の4ブロックで4試行ずつ挿入)。当該テストセッションの文脈にかかわらず、プローブ試行は、4種類の全体刺激(全体/部分がF/Z, F/□, H/Z, H/□の訓練刺激)を1回ずつ呈示する全体試行、4種類の部分刺激(全体/部分がZ/B, □/B, Z/S, □/Sの訓練刺激)を1回ずつ呈示する部分試行、4種類の複合刺激(全体/部分がF/B, F/S, H/B, H/Sのテスト刺激)を1回ずつ呈示する全体試行と部分試行からなっていた(ここに示した以外の訓練刺激はプローブテストに使用しなかった)。従って、各テストセッションで、文脈一致条件と文脈不一致条件のそれぞれで、訓練刺激と複合刺激がテストされた。プローブ試行では、選択反応と同時に試行間間隔に入った(全消去法)。全強化法を用いた実験1-1とは異なり、テストに用いる階層刺激は訓練



刺激と同様の部分と全体を同時にもっているため、消去法によって観察反応が消失する可能性が低かったからである。また、文脈と一致しないプローブ試行でテスト刺激への正反応（例えば、全体セッションで F/B が提示され、部分がテストされたとき、正しく “ B ” の比較刺激を選択）を強化してしまうと、文脈依存性が崩壊する危険があったからである。その他の詳細は、実験 1-1 のテストと同様だった。

### 2.3.2 結果と考察

4羽のハトは、全体文脈では平均 63 セッション、部分文脈では平均 26 セッションで初めて 80%以上の正答率を達成した。部分文脈で全体文脈より学習がはやく、対応のある両側  $t$  検定で所要セッション数に有意差がみとめられた ( $t(3) = 3.478, p = .040$ )。訓練最終段階では、全体文脈最終 2 セッションの平均正答率は 89%、部分文脈最終 2 セッションの平均正答率は 84%で、Fremouw et al. (1998, 2002) と同様にいずれの文脈でも高い正答率が得られた。

Figure 2-13a では、文脈一致条件プローブ試行における訓練刺激と複合刺激の正答率を、全体弁別が求められた試行（全体文脈における全体試行）と部分弁別が求められた試行（部分文脈における部分試行）ごとに比較した。複合刺激の平均正答率は、部分文脈では訓練刺激と同様に高かったが（図中  $\triangle$ ----- $\triangle$ ）、全体文脈では訓練刺激に比べて低減した（図中  $\bullet$ — $\bullet$ ）。刺激

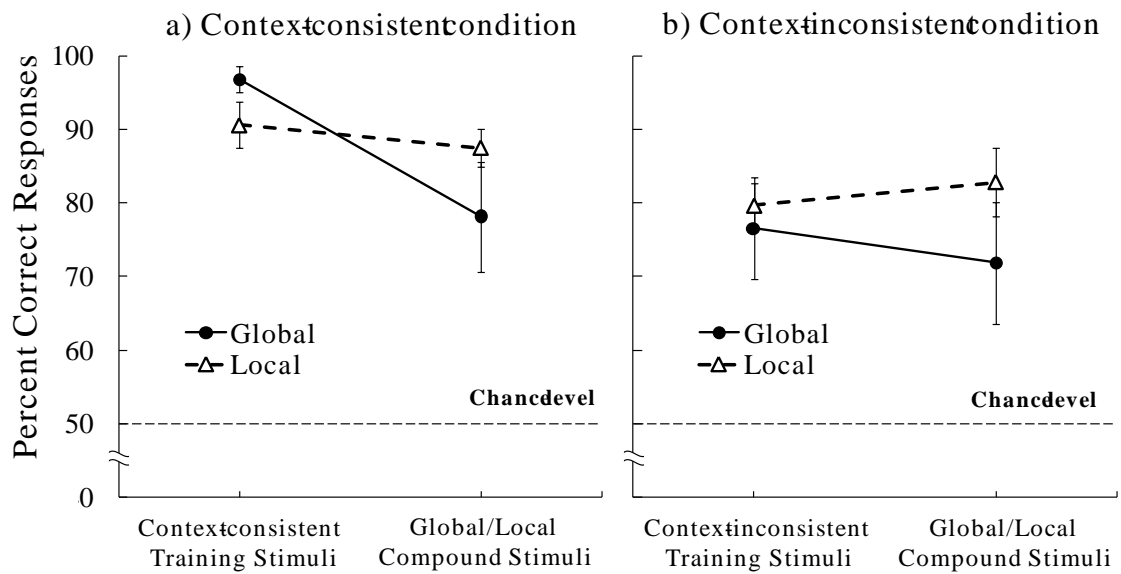


Figure 2-13. 実験 1-2 におけるテストの文脈一致条件 (a) と文脈不一致条件 (b) の平均正答率。エラーバーは標準誤差を表す。

(訓練刺激と複合刺激) と階層 (全体と部分) を被験体内要因とする 2 要因分散分析をおこなったところ、刺激の主効果 [ $F(1,3) = 8.647, p = .060$ ] と交互作用 [ $F(1,3) = 8.333, p = .063$ ] に有意傾向がみとめられた。階層の主効果 [ $F(1,3) = 0.053, p = .833$ ] は有意ではなかった。そこで、刺激の単純主効果について下位検定をおこなったところ、全体試行 [ $F(1,6) = 24.000, p = .003$ ] でのみ有意で、部分試行 [ $F(1,6) = 0.667, p = .445$ ] では有意ではなかった。これらの結果は、文脈非依存的に部分が優先処理を受けたことを示している。

Figure 2-13b では、文脈不一致条件プローブ試行における訓練刺激と複合刺激の正答率を、全体弁別が求められた試行 (部分文脈における全体試行)

と部分弁別が求められた試行（全体文脈における部分試行）ごとに比較した。文脈一致条件で確認されたように、文脈非依存的に複合刺激の部分が優先処理を受けるなら、全体文脈での部分弁別は訓練刺激の部分弁別に比べて低減しないが、部分文脈での全体弁別は訓練刺激の全体弁別に比べて低減することが予想された。得られた結果はこうした予想に抵触しないものの、全体弁別における訓練刺激と複合刺激の正答率に顕著な差が見られなかった（図中●—●）。文脈不一致条件では訓練刺激の弁別も低下したため、複合刺激の正答率との明らかな差が検出できなかつたものと考えられる。部分弁別においても、Figure 2-13a の文脈一致条件に比べて、訓練刺激への成績が低下した結果は（図中△-----△）、このことを支持している。なお、刺激（訓練刺激と複合刺激）と階層（全体と部分）を被験体内要因とする 2 要因分散分析をおこなったところ、いずれの主効果も交互作用も有意ではなかった（刺激の主効果： $F(1,3) = 0.273, p = .638$ , 階層の主効果： $F(1,3) = 0.813, p = .434$ , 交互作用： $F(1,3) = 0.419, p = .564$ ）。

最後に、文脈不一致条件における複合刺激への正答率についてふれておこう。部分文脈の全体試行では平均正答率が 72%、全体文脈の部分試行では平均正答率が 83%で、どちらも 50%のチャンスレベルより有意に高かった（全体試行： $t(3) = 2.646, p = .039$ , 部分試行： $t(3) = 6.988, p = .003$ , いずれもチャンスレベルとの 1-sample  $t$  テスト）。この結果は、文脈や指示枠が指定する階層のみならず、もう一方の階層の情報も処理されていたことを明示

している。すなわち、ハトは文脈や指示枠に従って必要な情報を予期して、all-or-none 的に必要な情報だけ処理していたとは考えられない。こうした選択的処理がなかったにもかかわらず、文脈不一致条件のみならず文脈一致条件でもハトが複合刺激の全体弁別より部分弁別で高い正答率を示した本実験の結果は、Cavoto and Cook (2001) が提唱した LPE と合致する。

Fremouw et al. (1998, 2002) は、一方の階層だけに手掛かりをもつ訓練刺激への反応時間を分析し、部分と同様のプライミング効果が全体にも生じることを示した。本実験では、両方の階層に手掛かりがある複合刺激に対して、階層をプライムする文脈に非依存的に LPE が生じることが明らかになった。この結果は、Fremouw et al. (1998, 2002) が言うようにたとえ全体セッションで全体への知覚的期待が生じたとしても、部分にも手掛かりがある場合は、部分が全体より不可避免的に優先処理されることを示している。本実験では、階層刺激全体を見やすくするために、背面パネルに設置したリアキーへの反応で前面パネルに刺激を呈示した。それにもかかわらず LPE が生じたことは、LPE は実験箱内における観察距離に依存しないハトの視覚情報処理特性を反映しているものと考えられる。ただし、部分文脈の全体試行でチャンスレベルより有意に高い 70%以上の正答率がテストに用いた複合刺激で得られた本実験の結果は、LPE は Cavoto and Cook (2001) が考えたほど頑強なものではなく、部分文脈においてもハトは部分のみならず全体にも注意資源を配分していることを示唆している。リアキーを導入したことが全

体弁別をどの程度促進したかは比較実験をしていないので不明だが、全体文脈で部分文脈より顕著に学習が遅かった訓練期の結果から、たとえ促進効果があったとしてもその効果はきわめて小さかったと言える。全体弁別と部分弁別にそれぞれ異なる比較刺激を用いて複合刺激をテストしたことによって、両者に同一の比較刺激を用いて **conflict** 刺激をテストした Cavoto and Cook (2001) では検出できなかつた全体処理効果が検出されたものと考えられる。

#### 2.4 実験 1 の総合的考察

実験 1-1 では、ハトが複合刺激を全体と部分に分離し、それぞれ別個に弁別の手掛かりとして利用できることが示された。そうした複合刺激を実験 1-2 ではテスト刺激として用い、どちらか一方の階層だけに手掛かりをもつ訓練刺激との比較を文脈一致条件と不一致条件のそれぞれで行い、複合刺激の部分が全体より優先して処理されることを見出した。この結果は、Fremouw et al. (1998, 2002) が報告した注意シフトより、Cavoto and Cook (2001) が階層刺激を知覚する際のハトの視知覚系の本質的な特性だと考えた LPE に一致した。

Fremouw et al. (1998) において、当該セッションの 85%および 15%の試行で求められた階層の弁別は、本研究の文脈一致および不一致条件における

訓練刺激の弁別に対応する。反応時間が文脈依存的に変化したため、彼らは注意シフト説を唱えた。本研究では、それぞれの階層で異なる比較刺激を用いたので、文脈と一致しない比較刺激が突然出現することによる妨害効果を見込んで、2条件間の比較を行わなかった。実際、訓練刺激への正答率は全体弁別か部分弁別かにかかわらず、文脈不一致条件で低下した。Fremouw et al. (1998) では、例えば頻繁に出現する2つの全体刺激に対して右または左の比較刺激（ともに白い四辺形）へ反応することが求められているセッションで、突然出現する部分刺激にも同様に右または左の比較刺激に反応することが求められた。同様に Fremouw et al. (2002) では、プライム刺激が指示しない階層の弁別が少数の試行で求められ、プライム刺激は比較刺激へ選択反応が生じるまで呈示し続けられた。たとえ全体試行と部分試行の比較刺激が同じであっても、文脈や試行ごとのプライム刺激が指示しない弁別が求められる少数の試行で反応時間が長くなるのは、本研究で見られたような比較刺激の選択過程における妨害効果であり、Fremouw らが主張しているような情報の入力過程での注意シフトではない可能性を指摘しておきたい。Fremouw らが結論づけたように、文脈依存的にハトが注意をシフトし、部分より全体を優先処理できるのか否か、どのような条件の下でそれが可能なのか、更なる検討を要するだろう。

では、なぜハトは階層刺激に対して LPE を示すのだろうか？ 先に触れた Fagot らは、ヒト以外の霊長類で見られた LPE は、複数の要素を一つのまと

まりとして知覚する知覚的体制化が困難なためだと論じている。本研究の実験 1-2 では、全体文脈の文脈一致条件における複合刺激と訓練刺激への正答率が比較された(Figure 2-13a の●－●)。いずれの刺激でも、空間的に離れた要素からなる F または H の全体弁別が求められるので、知覚的体制化の難易度は等しい。それにもかかわらず、複合刺激で成績が低下したことは、少なくともハトにおける LPE は知覚的体制化の困難度由来のものではないことを示している (Cavoto & Cook, 2001 の同様の議論も参照のこと)。

他の可能性の 1 つとして、刺激サイズがあげられよう。すなわち、近いものを見る両眼視と遠いものを見る単眼視の 2 つの機能をもつハトにとって、せいぜい 40 cm 四方しかない狭い実験箱の中では、全体は部分より見え難いことが予想される。しかし刺激サイズを組織的に変化してこの可能性を検討した Cavoto and Cook (2001) は、LPE は刺激サイズによるものではないと結論づけている。本研究の実験 1-1 では、4 つの複合刺激のそれぞれを 2 種類の比較刺激に結びつける訓練が行われた。もし全体が見えにくいなら、要素 B や S だけを手掛かりにしても弁別は可能だった (例えば、B があれば B に対応する比較刺激、S があれば S に対応する比較刺激、B や S が一番下に 1 つだけあれば F に対応する比較刺激、そうでなければ H に対応する比較刺激を選択)。実験 1-1 の転移テストの結果は、ハトはそうした弁別方略を学習していなかったことを示している。また、全体を見やすくするためにリアキーを導入した本研究の実験 1-2 で明らかに示された LPE は、ただ単に全体が見に

くいために LPE が生じたわけではないことを支持している。

LPE をよく説明するものとして、以下の 2 つの可能性を提案する。第 1 に、本研究でも用いた一般的な実験箱内で、ハトは前方視で刺激弁別をしていると考えられるが、自然環境において前方視は、主として事物の詳細な同定に用いられる。一方、遠くに小さく見える捕食者を迅速に検出したり、はるか眼下にひろがる地形や山の稜線の知覚には、側方視が用いられるだろう。実験箱内でハトが示す LPE は、そうした生態学的な制約を反映していると考えられる。第 2 は、階層刺激に特異的な刺激構造にある。要素 B や S はどのような全体にあっても不変だが、全体刺激 F や H はそれを構成する要素によって変化する。要素 K からなる F と要素 Z からなる F は、同じ F でもハトにとって弁別可能な異なる視覚的パターンである。階層刺激の全体に基づく弁別は、それらを構成する要素に依存しない抽象化の認知過程を必要とし、ヒト以外の動物では、どのような全体にあっても不変な要素に基づく弁別より困難だと考えられる。全体弁別を学習できた後も、全体処理には部分処理より認知負荷を必要とするため、実験 1-2 のテスト場面で LPE が得られたものと考えることができる。この仮説は、全体弁別と部分弁別に等しく認知負荷がかかるような刺激や、部分を全体から切り離して処理するのが困難な刺激などを用いれば検討可能である。本研究で提案した 2 つの可能性について、今後、比較検討する必要があるだろう。



## 第 3 章

### 視覚探索課題を用いた ヒトとハトにおけるプライミング効果

### 3.1 刺激駆動型と予期効果に基づく2つのプライミング効果

視覚的注意の研究分野における重要な現象の1つとしてプライミング (priming) が挙げられる (Beller, 1971; Posner & Snyder, 1975)。Posner and Snyder (1975) は、呈示された2つのアルファベット (例えば, A A もしくは A B) が同じであるか異なっているかをヒトに判断させ、アルファベットが呈示されてからその同異判断をするまでの反応時間を測定した。この時、3種類の先行刺激条件が設けられた。先行刺激とは、2つのアルファベットの直前に呈示される視覚刺激である。プライミング条件では、後続する2つのアルファベットと同じアルファベット (A A が呈示される試行では A) が、ミスリード条件では異なるアルファベット (A A が呈示される試行では、例えば B) が、中立条件では、アルファベットではない刺激 (プラス記号) がそれぞれ呈示された。同時に、プライミング条件とミスリード条件の出現頻度 (先行刺激と後続刺激の一致率)、および、先行刺激が呈示されてから2つのアルファベットが呈示されるまでの時間間隔 (stimulus-onset-asynchrony; SOA) が操作された。ある被験者群では、ミスリード条件の試行の4倍の確率で、プライミング条件の試行がおこなわれた (high-validity group)。したがって、先行刺激によって同異判断に対する有効な予測をすることができる。別の被験者群では、プライミング条件の4倍の確率で、ミスリード条件が多く生じた (low-validity group)。この被験者群にとっては、先行刺激から後続する2つのアルファベットについて、うまく予測することは不可能である。

実験の結果、**low-validity group** の被験者において、中立条件よりもプライミング条件の反応時間が短くなった。これは、先行刺激の活性化によって、アルファベットの処理が促進されたことを示している。ミスリード条件の反応時間は中立条件のものと変わらず、ミスリード条件では、抑制が働いていないことが分かった。一方、**high-validity group** の反応時間は、中立条件よりもミスリード条件のほうが長くなり、同じプライミング条件でも、**low-validity group** のものより短くなった。つまり、**low-validity group** のプライミング条件でみられた刺激駆動型の促進効果 (**stimulus-driven facilitation**) に加えて、**high-validity group** のプライミング条件では、予期促進効果 (**expectation-based facilitation**) がみられた。

このような先駆的研究によって、心理学や神経科学の分野ではヒトのプライミング研究が膨大におこなわれたことと比べると、ヒト以外の動物を用いたプライミング研究は数少ない。例えば、**P. M. Blough (1989; D. S. Blough, 2000** も参照) は、先行刺激 (プライム刺激) によって、特定の標的刺激 (**Target**) の探索がハトにおいても促進されるかどうかを、ヒトの先行研究と同様の手続きを用いて検討した。ハトが、多くの英数字の中から、**A** または **L** を探索するように訓練される際、明るい線、暗い線、または、縞々の線のいずれかが画面の左右両側に、探索場面に先行して呈示された。明るい線が先行呈示された試行では、標的刺激が **A** であり、暗い線が先行呈示された試行では、標的刺激は **L** であった。つまり、明るい線や暗い線によって、

探索すべき標的刺激を正確に予測することができる。これに対し、縞々の線が先行呈示された試行では、そのうち半数の試行において標的刺激は A であり、残り半数の試行において標的刺激は L であった。このため、縞々の線からは、後続する標的刺激を予測することはできない。実験の結果、2 つの標的刺激を信号する先行刺激（縞々の線）が呈示された試行に比べて、特定の標的刺激を信号する先行刺激（明るい線、または暗い線）が呈示された試行のほうが、反応時間が短くなった。このように、ヒトでみられた予期促進効果がハトにおいても確認され、比較的長期間訓練することによって先行刺激が特定の標的刺激と関連付けられ、探索が促進されたと考えられた。先行刺激と標的刺激との連合が十分に獲得されるまでは、予期促進効果は働かない。Blough は、Posner and Snyder (1975) でみられた自動的な刺激駆動型のプライミング効果とは対照的に、先行刺激と標的刺激との間の連合学習の記憶過程に関連したプライミング効果であると論じた。

しかしながら、ハトの視覚的注意に刺激駆動型のプライミングが関与しているかどうかは明らかではない。Blough (1989) は、別の実験で、試行の連続の仕方を 2 種類に分けて比較している。1 つは、1 種類の標的刺激を探索する試行が連続し、もう 1 つは、2 種類の標的刺激のいずれかを探索する試行が、ランダムな順番でおこなわれた。その結果、後者よりも、前者で、反応時間が短くなった。Blough は、特定の標的刺激と連続して処理することが、当該の標的刺激へ注意を向けさせ、その処理を促進させる刺激表象が形成

されたと結論づけた。頻繁に処理した標的刺激の表象を“探索像 (search image)”と呼び、その概念は比較行動学 (ethology) の分野で Tinbergen (1960) によって提昌された仮説であったが、その後、実験室実験が繰り返しておこなわれた (P. M. Blough, 1991, 1992; P. M. Blough & Lacourse, 1994; Bond, 1983; Bond & Kamil, 1999; Langley, 1996; Pietrewicz & Kamil, 1979; Plaisted, 1997; Plaisted & Mackintosh, 1995; Reid & Shettleworth, 1992; Vreven & P. M. Blough, 1998; but see also D. S. Blough, 2002)。これらの先行研究にもかかわらず、探索像の機能やメカニズムについての詳細は、いまだに議論を呼んでいる。例えば、Plaisted (1997) は、試行間間隔 (intertrial interval; ITI) が短い時、探索が促進されたと報告をしているが、そのような ITI の効果は、他の研究では示されていない (例えば、P. M. Blough, 1991)。

本実験では、Posner and Snyder (1975)で示されたような刺激駆動型のプライミング効果がハトの注意過程にも示されるかどうかを直接検討するために、探索画面に先行して、標的刺激と同一の視覚刺激を先行刺激として呈示した。もし、刺激駆動型のプライミング効果が示されるのであれば、先行刺激と標的刺激との間の連合を形成するための長期間にわたる訓練をしなくても、探索が促進されるはずである。このことを検討するために、本実験では、ハトが先行刺激に反応した後、特定のアルファベット (標的刺激) を複数個の斉一なアルファベット (妨害刺激) の中から探索する課題をおこなった。標的刺激と妨害刺激に4つのアルファベットを用い、標的刺激がAで

ある時、妨害刺激は Y とし、標的刺激が E である時、妨害刺激は D とした。したがって、被験体は、四角形を先行刺激とする中立条件において、標的刺激である A もしくは E を探索することを初めに訓練された。その後のテストでは、2 条件の先行刺激が加えられた。Target-priming 条件では、後続する標的刺激と同一の視覚刺激が先行刺激として、Distractor-priming 条件では、後続する妨害刺激と同一の視覚刺激が先行刺激としてそれぞれ呈示された。もし、先行刺激と同一の刺激の処理が促進されるのであれば、Target-priming 条件の反応時間は短くなり、Distractor-priming 条件の反応時間は、長くなると予測できる。この時、プライミング効果が刺激駆動型であるなら、先行刺激と標的刺激（あるいは先行刺激と妨害刺激）との間の連合学習が獲得される以前に、Target-priming 条件の促進効果がテスト開始の初期段階から観察されるはずである。

一方、標的刺激ごとに妨害刺激が固定されているため（具体的には、標的刺激 A には妨害刺激 Y が、標的刺激 E には妨害刺激 D が割り当てられた）、先行刺激と標的刺激（あるいは先行刺激と妨害刺激）との間の連合が学習されるならば、テストの後期にプライミング予期効果が観察されることが予想される。特に、長いテスト期間で、妨害刺激が対応する標的刺激との連合を獲得することで、Target-priming 条件だけでなく Distractor-priming 条件においても標的刺激の処理が促進され、反応時間が短くなる可能性がある。ヒトでは直接プライミングの効果が繰り返し確認されている（例えば、Beller,

1971; Posner & Snyder, 1975)。そこで、同様の手続きでヒトを被験体とする実験をおこない、ハトと比較した。

## 3.2 実験 2-1

### 3.2.1 方法

#### 3.2.1.1 被験体と装置

本実験で用いたアルファベットの刺激や視覚探索課題を経験していないデンショバト 4 羽を用いた。体重統制などの飼養条件と装置は実験 1 と同様であった。

#### 3.2.1.2 刺激

縦 8 mm × 横 7 mm のアルファベット A, E, D, Y, および、縦 8 mm × 横 8 mm の正方形を用いた (Table 3-1 参照)。これらの視覚刺激は、モニタ上の黒色の背景に黄色で描かれた。観察距離は統制されていないが、ハトはおおよそ 5-10 cm の間で視覚刺激を観察した。7.5 cm を観察距離とすると、アルファベット刺激の視角は、縦 6.1° × 横 5.3° の大きさであった。刺激は、147 (横) × 85 mm (縦) (88.8 × 59.1°) の大きさのマトリクス (3 行 × 5 列) 内の各セルに呈示した。

**Table 3-1.** 実験 2-1, 2-2 の各条件で呈示された刺激, ならびにセッションあたりの試行数。

Condition	Stimuli			Number of trials in a session			
	Prime	Target	Distractor	Training		Testing	
				Humans	Pigeons	Humans	Pigeons
Neutral	■	A	Y	120 trials	160 trials	80 trials	80 trials
		E	D				
Target-priming	A	A	Y	—	—	80 trials	40 trials
	E	E	D				
Distractor-priming	Y	A	Y	—	—	80 trials	40 trials
	D	E	D				

各セルは 23 mm × 23 mm (17.4 × 17.4°) の大きさで, 隣接するセル間の距離は 8 mm であった。刺激は, 各セル内に無作為に配置し, 刺激の中央から 16 × 16 mm (12.2 × 12.2°) の範囲内で生起した反応を, 刺激に対する反応と定義した。

### 3.2.1.3 手続き

#### 3.2.1.3.1 予備訓練

フィーダー音に対する馴致訓練の後, モニタ上に呈示された刺激に対するハトのつつき反応を逐次接近法 (successive approximation) を用いて形成した。正方形, 標的刺激 (A または E) のそれぞれをモニタの中央に呈示し, 連続強化 (continuous reinforcement; CRF) を 1 セッション当たり 48 回おこなった。ハトが安定して反応するまで, 少なくとも 3 セッションをおこなった。



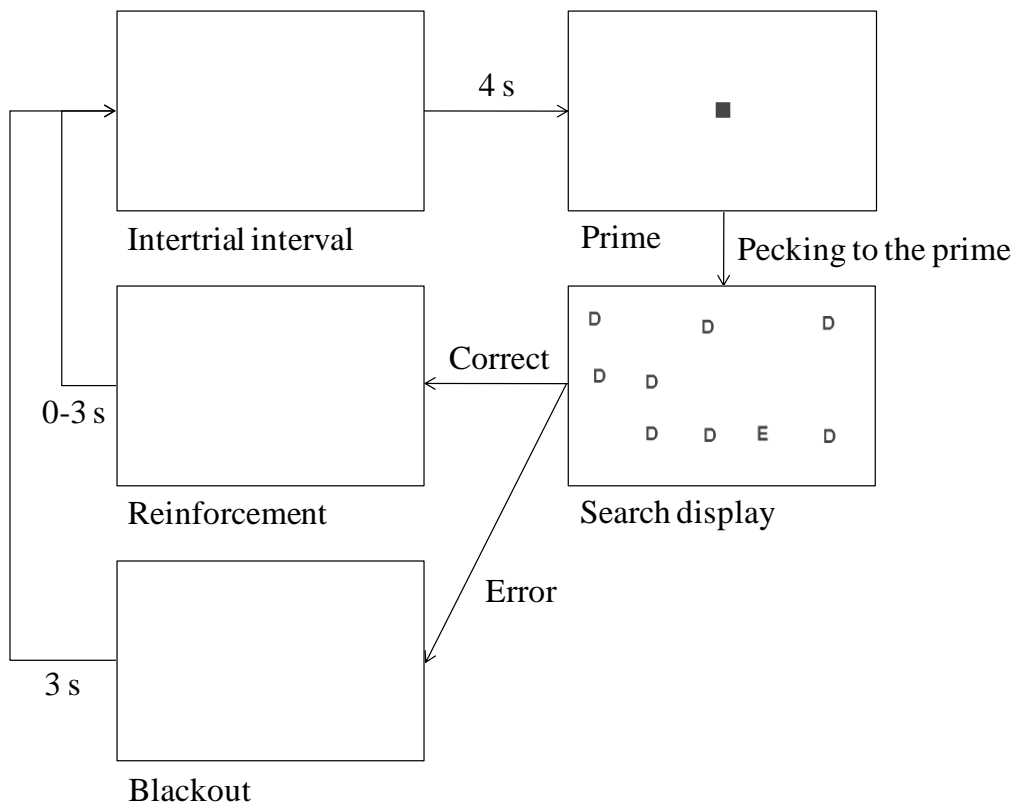
た。

その後のセッションでは、正方形に対して反応すると、後に標的刺激として用いる A または E が呈示され、これに反応する訓練をおこなった。ITI 4 秒の後、画面中央に正方形が呈示され試行が開始した。正方形に 1 回反応すると、正方形が消え、それと同時に マトリクス (3 行 × 5 列) の中央のセルを除く、14 個のいずれかのセルに標的刺激 A または E が呈示された。標的刺激に 1 回反応すると標的刺激が消え、3 秒間の強化子を与えた。なお、予備訓練では、妨害刺激となる Y, D は呈示されなかった。

#### 3.2.1.3.2 探索訓練

上記の予備訓練の後、妨害刺激である複数の Y または D の中から、標的刺激 A または E に反応する視覚探索課題を訓練した。Figure 3-1 に試行の流れを示す。ITI 4 秒の後、画面中央に正方形が呈示され、これに 1 回反応すると正方形が消えるのと同時に探索画面が呈示された。正方形が呈示された中央を除くセルに、標的刺激と複数の妨害刺激を配置した。標的刺激が A である時は、妨害刺激は Y であり、標的刺激が E である時は、妨害刺激は D であった。標的刺激が妨害刺激として呈示されることや、妨害刺激が標的刺激として呈示されることはなく、また、同一試行内において妨害刺激である Y と D が同時に呈示されることはなかった。妨害刺激の総数を操作し、標的刺激を含むディスプレイサイズ (display size; 刺激項目数) を 5, 7, 9, 13 に設定し

た。標的刺激に 1 回反応すると、標的刺激と妨害刺激が消え、3 秒間強化子を与えた。一方、妨害刺激に 1 回反応すると、標的刺激と妨害刺激が消え、3 秒間のブラックアウトを与えた。誤反応の場合は、標的刺激へ反応するまで同一の試行が ITI をはさんで繰り返された (矯正法)。ただし、探索訓練開始から 6 セッション目までは、妨害刺激へ反応しても、ブラックアウトへは移行せず、標的刺激に反応するまで当該試行が続けられた。



**Figure 3-1.** 実験 2-1 でおこなわれた訓練試行の概要。図中の標的刺激は E。実際には、黄色の刺激が黒い背景に描かれた。

探索画面の順番は、ランダムブロック法 (random block procedure) によって決定した。1 ブロックは 4 (ディスプレイサイズ) × 2 (標的刺激) = 8 試行で構成され、6 ブロックで合計 48 試行のセッションを少なくとも 5 セッションおこない、セッション内の正答率が 90 以上になるまで訓練した。この完成基準を達成した後、セッション内の試行数を 48 試行から徐々に増やしていき、最終的に 160 試行から構成されたセッションを訓練した。ただし、各セッションでは標的刺激への反応が強化される試行数を 48 に固定し、それ以外の試行では、フィーダーライトが点灯するのみで強化子は呈示されなかった (条件性強化)。最終的に、160 試行のセッションを少なくとも 6 セッションおこない、セッション内の正答率が 2 セッション連続して 90% 以上になるまで訓練をおこなった。

#### 3.2.1.3.3 テスト

正方形を先行刺激とする Neutral 条件の訓練試行に、2 つの Priming 条件を加えて 24 セッションからなるテストをおこなった。Target-priming 条件では、直後の探索画面に含まれる標的刺激と同一の刺激が先行刺激として呈示され、Distractor-priming 条件では、妨害刺激と同一の刺激が先行刺激として呈示された。探索画面において、標的刺激や妨害刺激に対する行動随伴性は訓練と同様で、標的刺激 A または E への反応は 30% の確率で強化され、妨害刺激への反応でブラックアウトが与えられた。ただし、訓練とは異なり、

ブラックアウト後の矯正試行はおこなわれなかった。

探索画面の順番は、ランダムブロック法 (random block procedure) によって決定した。各ブロックの半数に当たる 16 試行で Neutral 条件をおこない、残りの 16 試行で、Target-priming 条件と Distractor-priming 条件を 8 試行ずつおこなった。Neutral 条件は、4 (ディスプレイサイズ) × 2 (標的刺激) × 2 (試行) = 16 試行で、Target-priming 条件と Distractor-priming 条件は 4 (ディスプレイサイズ) × 2 (標的刺激) = 8 試行でそれぞれ構成された。各セッション、32 試行を 5 ブロック (160 試行) おこない、テストは 24 セッション続けられた (51 項の Table 3-1 を参照)。

### 3.2.2 結果と考察

すべての被験体は探索課題を容易に学習し、標的刺激に対して正確に反応することができた (訓練の最終 2 セッションの平均正答率は 96%,  $SD = 3\%$ )。この正答率は、テスト期間中においても高いまま維持された (テストセッションの平均正答率は 97%,  $SD = 2\%$ )。これ以降の分析は、反応時間を用いておこなった。

分析は誤答した試行の反応時間を除外しておこなった。連続する 3 セッションを 1 ブロックとし、全 8 ブロックの各ブロックにおいて、ディスプレイサイズの条件内で標的刺激別に反応時間の中央値を算出した。ディスプレイサイズの効果を調べるために、ディスプレイサイズの条件ごとに 8 ブロック

の平均反応時間を算出した (Figure 3-2a)。

反応時間は、ディスプレイサイズを関数として増加する傾向がみられたが、Distractor-priming 条件の反応時間が Neutral 条件よりも短く、Target-priming 条件の反応時間が最も長くなった。Priming 条件とディスプレイサイズ条件において、対応のある 2 要因分散分析をおこなったところ、Priming 条件の主効果が確認され [ $F(2,6) = 6.125, p = .036$ ]、ディスプレイサイズ条件の主効果 [ $F(3,9) = 2.033, p = .180$ ] と交互作用 [ $F(6,18) = 0.620, p = .712$ ] は示されなかった。Priming 条件の 3 水準に対して、チューキーの HSD を用いた多重比較をおこなった結果、Target-priming 条件と Distractor-priming 条件との間に有意差がみとめられ ( $p = .030$ )、Target-priming 条件と Neutral 条件の有意差 ( $p = .231$ )、および Distractor-priming 条件と Neutral 条件の有意差 ( $p = .300$ ) は示されなかった。24 セッションのテスト経過に伴うプライミング効果を調べるため、各 3 セッションからなる 8 ブロックの反応時間を 2 ブロックごとに平均し (サブピリオド)、各 Priming 条件の平均反応時間を Figure 3-2b に示した。セッションを通して、反応時間のパターンは条件間でほぼ一貫していた。

対応のある 2 要因分散分析 (Priming 条件 × サブピリオド) をおこなったところ、Priming 条件の主効果 [ $F(2,6) = 6.125, p = .036$ ]、およびサブピリオドの主効果 [ $F(3,9) = 4.132, p = .042$ ] が確認され、交互作用 [ $F(6,18) = 1.150, p = .374$ ] は示されなかった。反応時間は、テストセッションを重ね

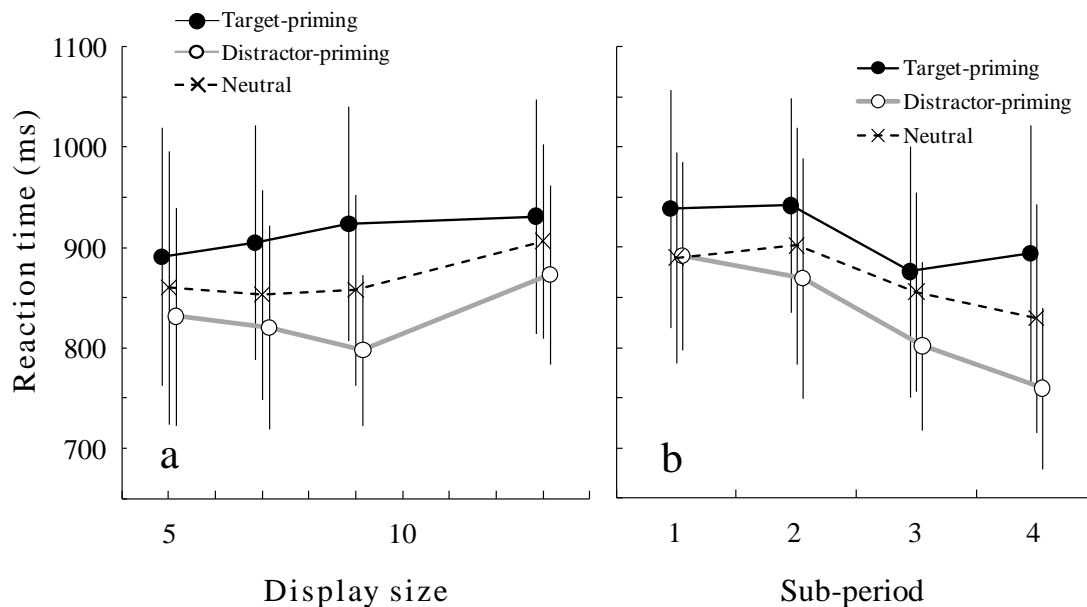


Figure 3-2. (a) ハトのディスプレイサイズごとの平均反応時間。(b) ハトのサブピリオドごとの平均反応時間。●—●は Target-priming 条件、○---○は Distractor-priming 条件、×—×は Neutral 条件を示す。エラーバーは標準誤差を表す。エラーバーが重ならないように Priming 条件の各ポイントを水平方向にわずかに移動させた。

るにつれて次第に短くなっていったが、実験を通して、Distractor-priming 条件のほうが Target-priming 条件よりも短かった。

ヒトでおこなった実験 2-2 では、ディスプレイサイズを 9 に固定したため、ヒトのデータと直接比較するため、ディスプレイサイズが 9 である反応時間に対して統計的分析をおこなった。対応のある 2 要因分散分析 (Priming 条件 × サブピリオド) により、Priming 条件の主効果 [ $F(2,6) = 8.238, p = .019$ ] が確認され、サブピリオドの主効果 [ $F(3,9) = 1.766, p = .223$ ] と交互作用 [ $F(6,18) = 0.789, p = .590$ ] は示されなかった。Priming 条件の 3 水準

に対して、チューキーの HSD を用いた多重比較をおこなった結果、Target-priming 条件と Distractor-priming 条件との間に有意差がみとめられ ( $p = .016$ )、Target-priming 条件と Neutral 条件の有意差 ( $p = .163$ )、および Distractor-priming 条件と Neutral 条件の有意差 ( $p = .213$ ) は示されなかった。Distractor-priming 条件の反応時間のほうが Target-priming 条件よりも短く、サブピリオドごとに統計的分析をおこなった結果と一致している。

ハトにとって本実験の課題は容易であったと考えられ、標的刺激と妨害刺激を混同したために誤反応が生じたとは考えにくい。ハトが衝動的に反応した結果、誤反応が生じた可能性がある。本実験で示された高い正答率から意味のある結論を導き出すことは難しいが、正答率と反応時間にトレードオフの関係があるか検討した。平均正答率は、Target-priming 条件で 96.5%、Distractor-priming 条件で 97.1%、Neutral 条件で 97.1% であった。Target-priming 条件が、他の条件よりもわずかに正答率が低かった。したがって、Target-priming 条件において、ハトが他の条件よりも注意深く標的刺激を探索したことによって反応時間が長くなったわけではないことが示唆された。

先行刺激が後続する標的刺激と同じである時のほうが、妨害刺激と同じである時よりも、標的刺激の検出が速くなると予測したが、ハトが示した結果と一致しなかった。Distractor-priming 条件のほうが Target-priming 条件よりも探索が速いということは、先行刺激と同一の刺激に対する処理が抑

制されたことを示唆している。すなわち, Target-priming 条件では, 標的刺激の処理が直接的に抑制されたことで, 探索が遅れ, Distractor-priming 条件では, 妨害刺激が先行呈示されたことによって, 後続する妨害刺激の処理が抑制され, その結果, 標的刺激の探索が相対的に促進されたと考えられる。

実験 2-2 では, ヒトを被験者にして同様の実験をおこない, 先行刺激による探索の抑制効果がハトに特異的なものかを調べた。

### 3.3 実験 2-2

#### 3.3.1 方法

##### 3.3.1.1 被験者

12名の大学生と大学院生が実験に参加した(女性7名, 男性5名; 20-23歳)。被験者の視力は正常か, もしくは矯正されていた。

##### 3.3.1.2 装置

実験 1 で用いたものと同様のコンピュータ, タッチパネル, モニタを用いた。

##### 3.3.1.3 刺激

実験 2-1 と同じ刺激を用いた。観察距離は統制されていないが, およそ 40



cm であり,  $7 \times 8$  mm のアルファベットは, 視角に換算すると  $1.0 \times 1.1^\circ$  であった。

#### 3.3.1.4 手続き

実験 2-1 と基本的に同じ手続きを用いた。被験者は, 暗い部屋で 1 名ずつ実験に参加した。

##### 3.3.1.4.1 訓練

被験者は, 訓練開始前に実験について簡単な説明を受け, モニタの前に座った。その後, モニタに教示文が呈示された。教示文の内容は以下のとおりである。“最初に一つ目の実験を行います。まず, 画面中央に四角形が呈示されますので, その四角形に直接, 指で触れてください。その後, 複数のアルファベットが呈示されます。その中に A または E が含まれていますので, できるだけ速く正確に触れてください。” この教示文の下には, スタートボタンが呈示されており, 被験者はいつでも訓練セッションを開始することができた。

各試行において, 四角形に触れると探索画面が呈示され, 標的刺激 (正答) もしくは妨害刺激 (誤答) のいずれかに反応すると試行が終了し, すぐに 3 秒の ITI に移行した (Neutral 条件)。いずれの選択反応に対しても正誤についてのフィードバックを与えず, 妨害刺激へ反応した後の矯正試行は

おこなわなかった。探索画面は、常に 1 項目の標的刺激と 8 項目の妨害刺激で構成された (ディスプレイサイズ 9)。訓練は 120 試行おこない、同じ標的刺激が 4 試行以上連続して出現しないよう、標的刺激 A と E が同じ頻度で疑似ランダムに呈示された。120 試行の訓練終了後、モニタ上で 90 秒間の小休止の指示と、小休止の後、2 つ目の実験をおこなうためにスタートボタンを押すよう教示をした。小休止の際は、1 つ目の実験と同様に、最初に画面中央に呈示されたアルファベットまたは四角形に指で触れ、次の画面の A または E にできるだけ速く正確に触れるように教示をおこなった。90 秒が経過するとテストを開始するためのボタンが表示され、ボタンを押してテストに移行した。

#### 3.3.1.4.2 テスト

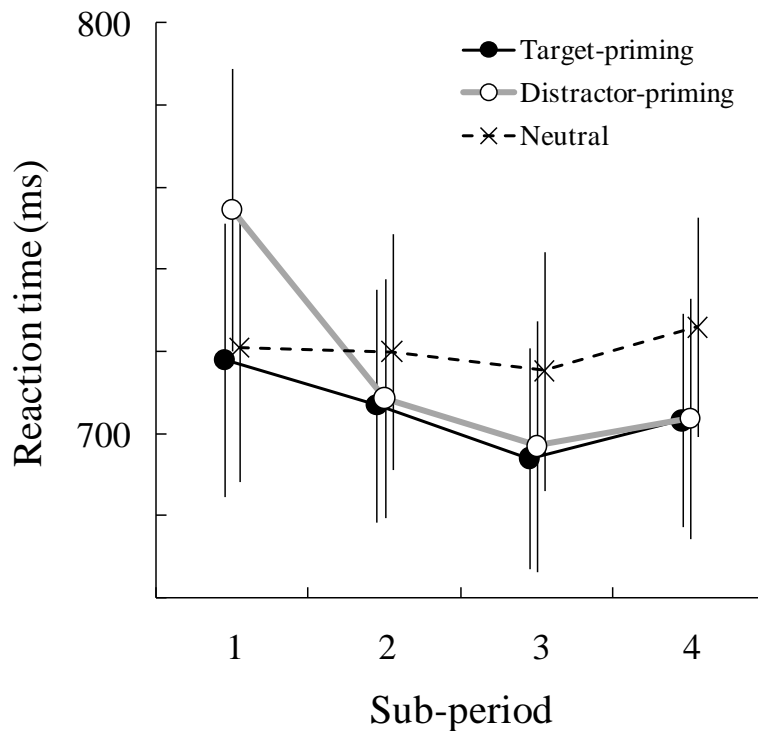
実験 2-1 のテストと同様に、訓練でおこなった Neutral 条件に 2 つの Priming 条件を加えてテストをおこなった。探索画面の順番は、ランダムブロック法 (random block procedure) によって決定した。1 ブロックは 30 試行からなり、Neutral 条件、Target-priming 条件、Distractor-priming 条件をそれぞれ 10 試行ずつおこなった。テストは 240 試行おこない、同じ標的刺激が 4 試行以上連続して出現しないよう疑似ランダムに呈示した。標的刺激 A と E は各条件内で同頻度に呈示された (59 項の Table 3-1 参照)。

### 3.3.2 結果と考察

平均正答率は 99.4% (標準偏差 = 0.3%, 範囲: 98.8 - 100%) で非常に高く、被験者にとって課題は容易であった。このように正答率は条件間の比較に適していないため、分析には反応時間を用いた。

誤答した試行の反応時間を分析から除外し、実験 2-1 の分析と同じように、連続する 2 ブロックを 1 サブピリオドとし、4 つの各サブピリオドにおいて、各条件内の標的刺激別に反応時間の中央値を算出した。全被験者の平均反応時間を Figure 3-3 に示した。反応時間は、明らかにサブピリオドによって異なっている。初めは Target-priming 条件と Neutral 条件の反応時間がほとんど同じで、Distractor-priming 条件の反応時間が他の 2 条件よりも長くなった。それ以降は、Target-priming 条件と Distractor-priming 条件の反応時間がほとんど同じになり、Neutral 条件の反応時間よりも短くなった。

対応のある 2 要因分散分析 (Priming 条件 × サブピリオド) をおこなったところ、Priming 条件の主効果 [ $F(2,22) = 2.685, p = .090$ ] とサブピリオドの主効果 [ $F(3,33) = 2.441, p = .082$ ] および、交互作用 [ $F(6,66) = 1.892, p = .095$ ] がそれぞれ有意傾向にあることが示された。Priming 条件の主効果が有意水準 5% に達しなかったのは、サブピリオドによって傾向が異なっていたためだと考えられる。交互作用が有意傾向にあるため、明らかに反応時間のパターンが異なっているサブピリオド 1 とサブピリオド 2~4 を分けて分析する必要がある。



**Figure 3-3.** ヒトにおけるサブピリオドごとの平均反応時間。●—●は Target-priming 条件，○---○は Distractor-priming 条件，×—×は Neutral 条件を示す。エラーバーは標準誤差を表す。エラーバーが重ならないように Priming 条件の各ポイントを水平方向にわずかに移動させた。

サブピリオド 1 において、対応のある 1 要因分散分析 (Priming 条件) をおこなったところ、Priming 条件の主効果 [ $F(2,22) = 4.070, p = .032$ ] が確認された。Priming 条件の 3 水準に対して、テューキーの HSD を用いた多重比較をおこなった結果、Target-priming 条件と Distractor-priming 条件との間に有意差がみとめられ ( $p = .044$ )、Neutral 条件と Distractor-priming 条件との差が有意傾向にあることが示された ( $p = .069$ )。Target-priming 条件と Neutral 条件との有意差は示されなかった ( $p = .975$ )。

サブピリオド2～4において、対応のある2要因分散分析(Priming条件×サブピリオド)をおこなったところ、Priming条件の主効果 [ $F(2,22) = 5.030, p = .016$ ] が確認され、サブピリオドの主効果 [ $F(2,14) = 0.869, p = .433$ ] と交互作用 [ $F(4,28) = 0.155, p = .959$ ] は示されなかった。Priming条件の3水準に対して、チューキーのHSDを用いた多重比較をおこなった結果、Target-priming条件とNeutral条件 ( $p = .023$ )、およびDistractor-priming条件とNeutral条件の間にそれぞれ有意差がみとめられ ( $p = .041$ )、Target-priming条件とDistractor-priming条件の有意差 ( $p = .963$ ) は示されなかった。

ハトで示されたデータとは対照的に、ヒトでは予測と一致する結果が得られた。特に、Target-priming条件では、標的刺激の処理が同一の先行刺激によって促進され、Distractor-priming条件では、妨害刺激の処理が促進されたことによって、標的刺激の探索が阻害された。このように、後続刺激に関する情報を予め与えることによって生じる刺激駆動型の促進効果は、Posner and Snider (1975) がおこなった先行研究のlow validity条件と一致している。Target-priming条件の反応時間が、Neutral条件よりもわずかしか速くなっていないことは予測とやや異なっているが、この結果は、テストで新たにPriming条件を導入したことによる新奇性の効果が働いた可能性がある。被験者は、Priming条件の先行刺激にすばやく慣れ、同時に先行刺激と標的刺激の連合を学習したと考えられる(すなわち、先行刺激AとYは標的刺激A

を、先行刺激 E と D は標的刺激 E をそれぞれ予測させた)。実際に、Target-priming 条件と Distractor-priming 条件の反応時間は、すぐに Neutral 条件の反応時間よりも速くなった。このようなプライミングによる予期効果は、ヒトの先行研究（例えば、Posner & Snyder, 1975 の high validity 条件）と一致しており、Blough (1989) がハトを長期間訓練したことで、先行刺激によって特定の標的刺激が予測できるようになり、探索時間が短くなったことと対応している。

実験 2-2 の結果から、ハトで観察された抑制効果が、本実験でデザインされたセッション構成や刺激のアーティファクトの要因によって生じたとは結論できない。なぜ、ハトとヒトで異なる結果が得られ、種差が生じたかについては、総合的考察で議論する。

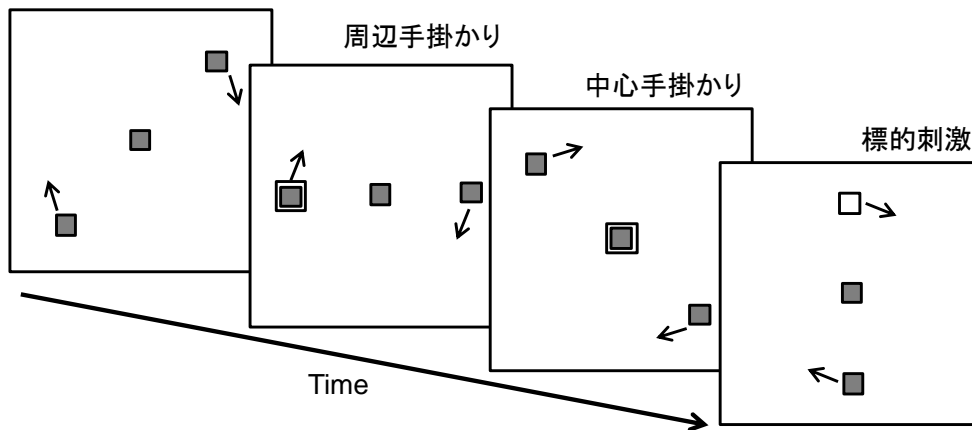
### 3.4 実験 2 の総合的考察

本研究の実験 2-1, 2-2 では、特定の刺激が先行呈示されることで、後続する視覚探索課題の同一刺激の処理が促進されるかについて、ハトとヒトで比較実験をおこなった。アルファベット A と E は標的刺激に、アルファベット Y と D は、それぞれ標的刺激 A と E の妨害刺激として用いられた。はじめにハトとヒトは、標的刺激を予測させない先行刺激に反応した後、標的刺激を探索する訓練をおこなった。テストでは訓練試行の先行刺激に加え、後続する探索画面の標的刺激、もしくは妨害刺激と同一の刺激が先行刺激と

して呈示された。ヒトは、先行刺激が標的刺激と同一の時のほうが、妨害刺激と同一の時よりも反応時間が短くなった。しかし、テストが進むと標的刺激、および妨害刺激と同一の先行刺激によって、標的刺激の探索が促進された。一方、ハトはヒトと全く異なる結果を示し、先行刺激が妨害刺激と同一の時のほうが、標的刺激と同一の時よりも反応時間が短くなった。この傾向は、テストを通して一貫して変化しなかった。

ハトの先行刺激による抑制効果は予測しない結果だったが、先行刺激のように、後続する刺激に関する情報を予め与えることによって、抑制が生じる現象がヒトやヒト以外の動物でこれまでいくつか報告されている。例えば Tipper (1985) は、前の試行で反応することを拒否した刺激に対して、当該の刺激に対する反応が遅れたことを示している。以前に反応を拒否した項目に対する抑制は、“負のプライミング”(negative priming) と呼ばれており、ヒトのみならず (例えば DeSchepper & Treisman, 1996), ヒト以外の動物においても観察されている (チンパンジー: Tomonaga, 2001; ラット: Honey, Good, & Manser, 1998)。本研究では、先行刺激に対して即時強化をおこなわなかったため、“拒否した”先行刺激によって同一の後続刺激を抑制するのと同じように、先行刺激への反応を消去 (extinction) したことによって抑制が生じたと考えられる。

先行刺激による抑制効果は、復帰抑制 (inhibitory of return; IOR) の現象とも類似している。復帰抑制とは、手掛かり刺激 (先行刺激) が呈示されて



**Figure 3-4.** Tipper, Driver, & Weaver (1991) がおこなった実験の概要。中央の四角形を中心にして、その同心円上を2つの四角形が時計回りに移動した。四角形の周りにはある枠を手掛かりとし、手がかりが与えられた四角形が標的刺激（白い四角形）である場合は、検出が遅れる。

から標的刺激が呈示されるまでの時間（stimulus on asynchrony; SOA）が 300 ミリ秒付近の時、以前注意を向けた位置に注意が戻りにくい現象として報告されている（例えば Posner & Cohen, 1984）。以前探索した場所に注意が戻ることを抑制することによって、広い領域を効率的に探索することができる」と解釈されている。Tipper, Driver, and Weaver (1991; Tipper, Weaver, Jerreat, & Burak, 1994 も参照) は、復帰抑制が特定の位置だけでなく、特定のオブジェクトに対しても働くことを示している。Figure 3-4 にあるように、手掛かり刺激（先行刺激）が示した位置にあるオブジェクトが別の位置に移動した時、手掛かり刺激が示した位置ではなく、新しい位置にあるオブジェクトへの注意が抑制される。ハトにおいては、位置に基づく復帰抑制は確認されていないが（Gibson, Juricevic, Shettleworth, Pratt, & Klein, 2005）、ハトがオブジェクトに対する復帰抑制を示さないという証拠もまたない。一方、負の



プライミングや復帰抑制に加えて、視覚的印づけ (visual marking) のような、先行刺激による他の種類の抑制もヒトで報告されている (レビューとして Watson & Humphreys, 1997 を参照)。これら抑制効果の現象と共通のメカニズムが、本研究においてハトでも働いていたか否かは、さらに実験をおこなう必要がある。

ハトの実験結果を説明する他の可能性を示唆するものとして、Katz and Cook (2000) の研究が挙げられる。彼らは、Figure 3-5 にあるようなテクスチャ刺激を用いて、ある形の要素で構成された妨害領域によって囲まれた、別の形の要素で構成された標的領域を探索する訓練をハトにおこなった。標的領域の特性である特定の要素が繰り返し連続する試行で出現する時、正答率は増加すると期待された。標的領域の要素が繰り返し出現することによってその探索像が形成され、同一の要素である標的領域の探索が促進されると考えられたからである。しかし、ハトは、特定の要素が標的領域よりも妨害領域に繰り返し出現した時のほうが高い正答率を示した。Katz and Cook は、妨害領域から孤立している標的領域をハトが探索していたのではなく、妨害領域として用いられた特定の要素を回避することを学習したためであると結論づけている。妨害領域は標的領域よりも範囲が大きいため、ハトは標的領域の特徴よりも妨害領域の特徴を、試行開始後、最初に見る可能性が高い。ハトは最初に遭遇した項目 (多くの場合、妨害領域の構成要素) を回避することを学習し、その後、新しく遭遇した別の項目 (妨害領域の構成要

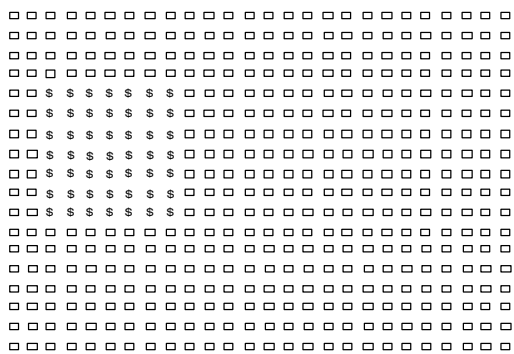


Figure 3-5. Katz & Cook (2000) が用いたテクスチャー刺激の例。標的領域である\$ (ドルマーク) は、妨害領域である□によって囲まれており、形次元で定義されている。標的領域や妨害領域の刺激特徴には、他に様々な幾何学図形や記号が用いられ、刺激特徴の繰り返し効果が検討された。

素に最初に遭遇した場合、標的領域の構成要素)に反応していたと考えられた。本実験では、一貫して妨害刺激が Y もしくは D であり、探索画面の広範囲にわたって散在していた。したがって、最初に遭遇したアルファベット (多くの場合、妨害刺激) を回避することは、標的刺激を正確に探索する際、効率的な方略であるといえる。テストにおいて、妨害刺激と同一の刺激が先行刺激として出現した時は、この方略と一致するが、一方、標的刺激と同一の刺激が先行刺激として出現した時は、この方略によって標的刺激の探索が妨げられる。その結果、Target-priming 条件の反応時間が長くなったと考えられる。先行刺激と同一の後続刺激を回避したとする説明が本課題でも妥当であるかは、今後検討する必要がある。

注意ではなく、学習によってハトの Target-priming 条件で探索が遅くなった可能性がある。Blough (2009) は、条件性弁別課題を用いて、ハトは強化率が低い条件性刺激よりも、強化率が高い条件性刺激に対して、当該の刺激の前面に長く留まり、より速く何度も反応することを示した (動因効果)。本実験では、標的刺激と同一の先行刺激 (Target-priming 条件) は、妨害刺激と

同一の先行刺激 (Distractor-priming 条件) よりも強化と強く結びついているので, Target-priming 条件の先行刺激に対して何度も繰り返し反応していた可能性がある。試行開始時, ハトのクチバシがタッチパネル上の先行刺激に接触したと同時に先行刺激が消えた。しかし, 先行刺激が消えた後も同じ位置に何度も反応し続けたため, 探索項目へのアプローチが遅れた結果, Target-priming 条件の反応時間が長くなったと考えられる。この動因効果仮説の利点は, ヒトの結果との相違を説明できることにある。ヒトは, 標的刺激への反応に対してフィードバックないしは強化子を与えられなかったため, 動因が生じないことになるからである。

一方, Wright and Delius (2005) は, 見本合わせ課題 (matching to sample task; MTS) と非見本合わせ課題 (odddity from sample task; OFS) を用いて, ハトの学習速度を比較している。見本合わせ課題では, 被験体は, 見本刺激 (先行刺激) と同一の比較刺激 (標的刺激) を選択し, 非見本合わせ課題では, 見本刺激と異なる比較刺激を選択しなければならなかった。ハトは一般に見本合わせ課題より非見本合わせ課題を容易に学習することが知られているが (見本刺激への反応は直接強化されず, 比較刺激だけが呈示される), 見本刺激への反応に強化を随伴させたところ, 非見本合わせ課題よりも見本合わせ課題のほうで学習が速いことが示された。本実験の Target-priming 条件では, 被験体は先行刺激と同じ刺激を選択し, Distractor-priming 条件では, 先行刺激と異なる刺激を選択する課題になっていた。つまり,

Target-priming 条件は通常の見本合わせ課題に対応し、Distractor-priming 条件は非見本合わせ課題に対応している。反応時間に差がみられた本研究の結果は、非見本合わせ課題が優位なこれまでの研究と類似している。ハトが win-shift/loose-stay 方略よりも、win-stay/loose-shift 方略を適用させる傾向があることが、いくつかの先行研究において報告されており (Randall & Zentall, 1997; Shimp, 1976; Williams, 1971a, 1971b), 見本刺激への反応を強化した Wright and Delius で見本合わせ課題が非見本合わせ課題よりも優位であるのは、ハトが直前に強化された項目を連続して選択する傾向 (win-stay) を反映している。本実験の結果は、直前に強化されなかった刺激を避ける傾向 (loose-shift) が、認知メカニズムの行動的側面においてのみ生じるのではなく、視覚の初期段階において働いていることを示している。したがって、本実験の結果が loose-shift によって説明できるのであれば、Wright and Delius のように先行刺激への反応に強化子を随伴させることで、Priming 条件の反応時間が逆転することが予想される (win-stay)。

本実験では、ヒトとハトで基本的には同じ実験をおこなったが、セッション数や試行数、各条件の割合、訓練の期間、教示、そのほかの様々な変数などの実験方法に違いがあった。標的刺激の探索に、ヒトよりもハトのほうが長い時間を要した。上述した復帰抑制は、一般に手掛かり刺激が呈示されてから、300 ミリ秒以上遅れて標的刺激が呈示される場合に観察される現象である (Posner & Cohen, 1984)。相対的に探索時間が長いハトにとって、結果

的にヒトよりも抑制効果が生じやすい条件であった可能性も考えられるが、これについてもさらなる研究が俟たれる。

最後に、教示が与えられたかどうか、ハトとヒトで異なる結果を生んだ可能性を指摘しておこう。ヒトの被験者は、最初に先行刺激に反応し、それから A または E を探索するよう明確に教示された。このように、標的刺激と先行刺激の関係を推測できるような教示がされたため、先行刺激による予期の促進効果が容易に発達したと考えられよう。ハトとヒトで観察された相違が、種差によるものなのか、それとも手続きの相違によるものなのかについては、さらなる研究が必要である。

ハトにおいて直接プライミングによる促進効果がみられなかったことは、予測しない結果であった。ヒトではプライミング促進効果が現れたのに対して、ハトでは抑制効果が実験を通して一貫して出現した。標的刺激と関連付けられた先行刺激によって予期が生じ、ハトによる探索が促進された Blough (1989) の研究では、探索画面から 5 秒先行して先行刺激が呈示された。一方、本研究では先行刺激が消えるのと同時に、探索画面が呈示された。空間的注意の研究では (Shimp & Friedrich, 1993), 刺激間間隔 (inter-stimulus interval; ISI) が 100 ミリ秒よりも長い時に、手掛かり刺激の効果が働くことが知られている。先行刺激による予期の促進効果が働くためには、比較的長い刺激間間隔が、少なくともハトにおいては必要であった可能性がある。本研究で観察された種差のメカニズムやハトの注意過程を理解

するためにも、今後、刺激間隔を操作した実験が必要である。

結論として、視覚探索課題を用いて、ヒトではみられなかった先行刺激による抑制効果がハトにおいてみられた。種差だけでなく、ハトの抑制効果に内在するメカニズムを理解するためには、刺激呈示の時間経過や他の変数を操作するなど、さらなる研究が必要である。

## 第 4 章

### 総合的考察

ヒトの視覚的注意は、処理容量が限られる一方で、様々な外的要因によってダイナミックに変化し、効率的に情報処理をするために、対象に関する予期的な手掛かり情報を用いているという研究結果がこれまで報告されてきた。これに対し、ヒト以外の動物の視覚的注意は、主に採餌行動を対象にして古くから野外研究が行なわれ、連続プライミングと連合プライミングという観点から実験室的に検証する試みがなされてきた。本研究では、文脈効果と視覚探索課題における刺激駆動型の直接プライミング及び長期的な学習の結果としての予期効果について検討した。

実験 1 では、小さい文字（部分）が大きい文字（全体）を構成するように配置された階層的刺激を用いて、部分と全体のいずれの階層が優先して処理されるのかを調べた。実験 1-1 では、実験 1-2 においてテスト刺激として呈示する複合刺激の全体と部分をハトが分離して処理するかを検討した。複合刺激を訓練刺激に用い、テストでは、一方の階層に弁別手掛かりが含まれない新奇刺激を呈示することによって反応の転移を調べた。その結果、ハトは、全体と部分を別個の弁別手掛かりとして用い、いずれかの階層に学習した手掛かりがあれば新奇な刺激にも弁別の転移が生じることが明らかになった。

実験 1-2 では、ハトが同一階層を繰り返し処理することによって、連続プライミングと同じように文脈手掛かりを与え、ヒトと同様に文脈依存的に同一階層の処理が優先されるようになるのか、それとも、ヒトとは異なり、



文脈非依存的に部分処理が不可避に優先されるのかについて検討した。全体文脈では全体処理を繰り返しおこない、一方、部分文脈では部分処理を繰り返しおこなうことによって、文脈手掛かりを形成した。実験 1-1 で用いた複合刺激をテスト刺激として呈示し、文脈一致条件と文脈不一致条件における訓練刺激と複合刺激の処理を、各文脈において比較した。その結果、全体文脈、部分文脈に限らず、訓練刺激と比べて複合刺激の全体処理は、正答率が低下したが、部分処理の正答率は訓練刺激と有意な差がみられなかった。このことから、ハトは階層的複合刺激において、文脈非依存的に部分処理を全体処理に優先しておこなっていることが示され、採餌行動で観察されるような予期効果は階層処理に対しては働かなかった。

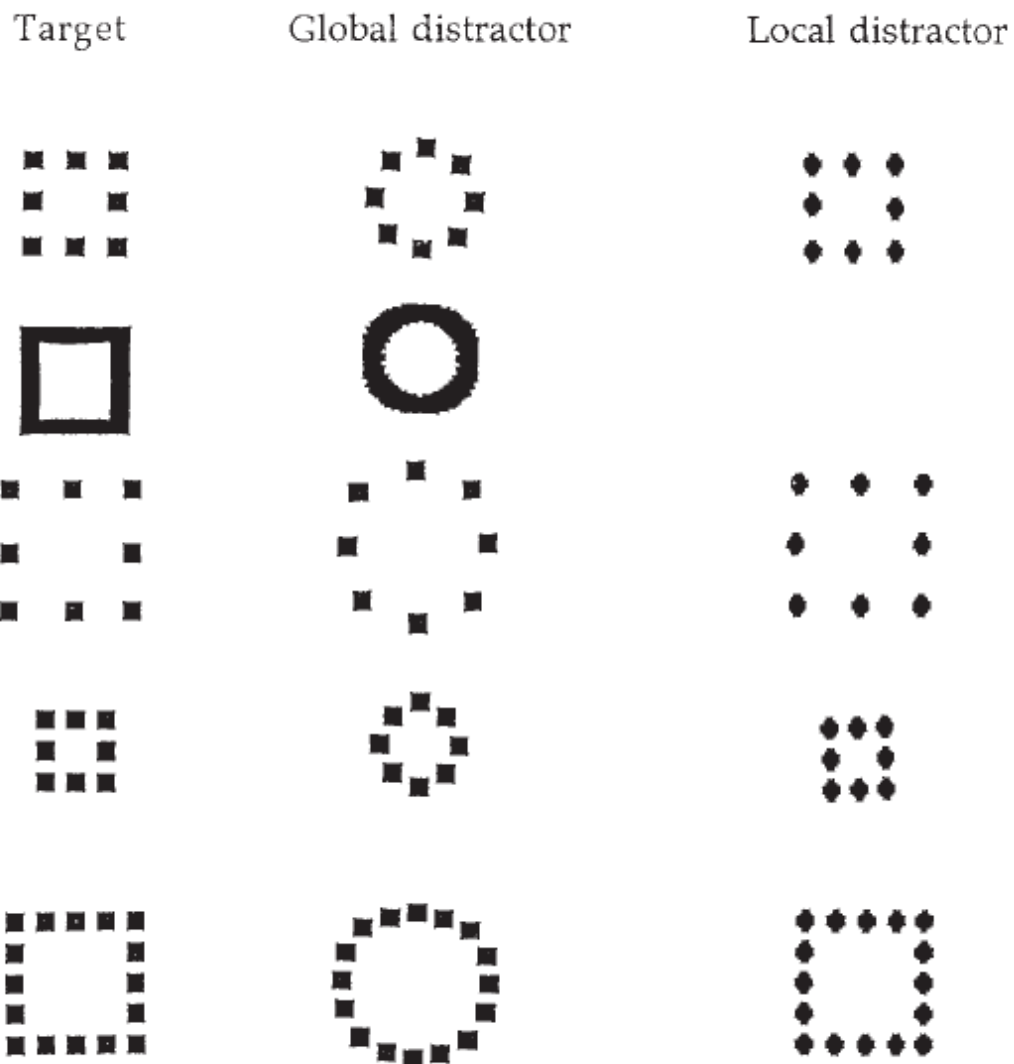
実験 2-1, 2-2 では、視覚探索課題において標的刺激や妨害刺激と同一の刺激を先行呈示することで、刺激駆動型と予期効果に基づくプライミング促進効果がみられるかを、ヒトとハトで種間比較をした。初めに、妨害刺激 D および Y の中から、標的刺激 A および E を探索する課題において、正方形が先行呈示される Neutral 条件を訓練した。その後、標的刺激と同一の刺激を先行呈示する Target-priming 条件、および、妨害刺激と同一の刺激を先行呈示する Distractor-priming 条件を新たに設け、標的刺激の探索が促進されるか調べた。その結果、テスト開始直後において、ヒトでは Target-priming 条件よりも Distractor-priming 条件のほうが反応時間が長くなり、Neutral 条件よりも Target-priming 条件のほうが反応時間はわずかに短くなった。しかし、

テスト試行が進むにつれて、Neutral 条件に比べ Target-priming 条件と Distractor-priming 条件反応時間がともに短くなった。この結果は、Target-priming 条件では、標的刺激の処理が同一の先行刺激によって促進され、Distractor-priming 条件では、テスト試行が進むと妨害刺激から予測可能な標的刺激の探索も促進されたことを示している。一方ハトでは、テストを通して、Distractor-priming 条件の反応時間は Neutral 条件よりも短くなり、Target-priming 条件の反応時間は Neutral 条件よりも長くなった。このことから、先行刺激と同一の後続刺激に対する処理の抑制が示唆された。

以上のように、ハトでは、文脈手掛かりの情報や先行刺激の情報が課題に有効に用いられることはなく、その意味で、視覚的注意が変容することはなかった。これは、ヒトでいわれている、過去の経験、現在置かれている状況での文脈についての知識などによって、入力情報に注意を向けるトップダウン処理 (top-down processing) が働いていなかったと考えられる。例えば、我々が暗闇の中で、何かの気配を感じて振り向いた時、なんらかの影のようなものが見えたと仮定する。もし、この辺では、オバケが出るらしいという情報を以前に聞いていれば、その影はオバケに見える。これに対して、この辺では、クマが出るらしいという情報を聞いていれば、その影はクマに見える。物理的には、どちらも同じ影であり、入力刺激も同じであるにもかかわらず、一方ではオバケ、もう一方ではクマ、と全く異なったものが見えてしまう。このようなトップダウン処理は、認知するヒトのこれまでの経験や、

その刺激が置かれた状況での文脈に対する知識などに大きく影響される。トップダウン処理は、概念や言語などに大きく左右され、言語を持たないハトでは、ヒトのように刺激に関する知識によるトップダウン処理が働かなかった可能性がある。特に階層処理の研究では、ヒトにとって familiar なアルファベット刺激が主に用いられ、階層処理の繰り返し効果に何らかの影響を及ぼしているとも考えられる。しかし、Fagot ら (Deruelle & Fagot, 1998; Fagot & Deruelle, 1997; Fagot & Tomonaga, 1999) が行った、ヒト、ヒヒ、チンパンジーの比較実験では、Figure 4-1 に示すように、階層刺激に幾何学図形を用いており、視覚探索課題において、ヒトでは全体優先処理効果が、ヒヒでは部分優先処理効果がそれぞれ示されている。したがって、アルファベット刺激が全体優先処理効果に影響しているとは考えにくい。

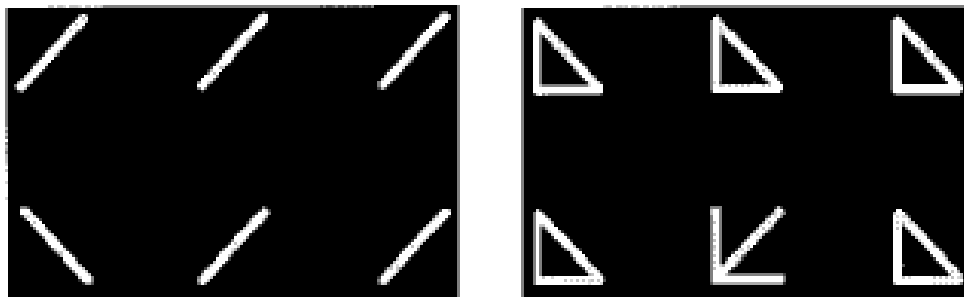
トップダウン処理がハトにおいては働いていない可能性を示す先行研究もある。ヒトでは、パターン優位効果と呼ばれる、それだけでは視覚探索に影響しない空間的文脈を付加させることによって標的刺激の検出が促進される現象が報告されている。しかし、Kelly and Cook (2003) は、ハトではそのようなパターン優位効果が示されないことを報告している。このパターン優位性効果は、Figure 4-2 に示したように、それまでは検出が困難であった線分の方向が、空間的文脈の付加によって、より立体的なオブジェクトとして知覚されるために生じる効果だと考えられている。すなわち、視覚的注意の処理過程が、部分の処理から全体を構成していくボトムアップ処理だけ



**Figure 4-1.** Deruelle & Fagot (1998) が用いた階層刺激。全体と部分が幾何学図形によって構成されている。視覚探索課題において、ヒトでは、全体優先処理効果が、ヒヒでは部分優先処理効果が示されている。

でなく、逆に全体から部分を推測していくトップダウン処理を必要とする。

同じ刺激が繰り返されることや、同じ空間的位置の処理が繰り返されたことによって生じる促進効果は、これまで確認されている。例えば、Blough & Lacourse (1994) は、視覚探索課題において、連続して同じ標的刺激が呈



**Figure 4-2.** Kelly and Cook (2003) が用いた線分 (左) と文脈を付加した刺激 (右)。いずれも、孤立項目を標的刺激とする視覚探索課題であるが、冗長で、それだけでは弁別の手掛かりにはならない文脈 (すべての項目に L 字を付加) を加えると、ヒトでは線分の弁別が促進されることが知られている。

示されたり、標的刺激が連続して同じ空間的位置に呈示される実験条件で、ハトが連続プライミングの促進効果を示すことを報告している。本研究ではなぜ、繰り返しによる促進効果が確認されなかったのだろうか。実験 1 では、全体処理よりも部分処理が先行するという注意制御が、実験 2 では、先行刺激と同一の刺激を処理する際に抑制がはたらくという注意制御がそれぞれ働いていた。これらは、学習や経験による影響を受けない、ハトに生得的な強力なメカニズムであると考えられ、トップダウン処理がヒトに特有な優位特性である一方、ボトムアップ処理はヒト以外の動物では、むしろ自然環境に適応的であることを示唆するものである。また、ボトムアップによる処理がトップダウンの処理と競合したことによって、繰り返しによる促進が働かなかった可能性がある。認知的処理は、知覚表象と記憶表象の対応付け

を含むので、ボトムアップ的な処理，トップダウン的な処理，またはそれらの相互作用を明らかにすることは重要である。しかし，この 2 つの処理が，どのように協調，あるいは競合して，認知が成立するのかはヒトでも明らかになっていない。

実験 1 では，文脈手掛かり効果はみられなかったが，ハトにおける階層処理の優先効果が外因的要因によって変容し得るかについて研究することが重要であることには変わらない。環境に応じて注意資源の割り当てを柔軟に変化させることは，環境の変化に対する適応価を高めることになり，進化の過程を経て現存するハトやそれ以外の動物に当然備わっていてしかるべきだからである。しかし，単に同じ階層の処理を繰り返すのではなく，同じ階層の同じアルファベットを繰り返して処理する効果も同時に調べる必要があるだろう。例えば，同一刺激が繰り返し呈示されることで当該刺激の検出が促進されるのであれば，全体の階層には，連続する試行で同じアルファベットを呈示することで部分の階層よりも処理が促進されると予測できる。全体や部分の注意焦点の移動においては文脈効果が働かないが，各階層の個々の刺激に対しては文脈効果が働く可能性がある。もちろん，本実験で用いた弁別課題ではなく，視覚的探索などによって，より系統的に階層処理を調べることも必要であると考えられる。

ハト，ヒヒ，チンパンジーでは部分優先効果が示されており，全体優先効果はヒトに種特異的に働いている。全体優先処理効果がヒトに特異的に見ら

れ、それ以外の動物では部分優先処理効果が示されることから、部分優先処理効果が、適応的であったために進化的に維持され、ヒトで優先効果の逆転が生じたのではないだろうか。それは、自然場面において、部分優先処理のほうが処理効率が高いことが考えられるからである。全体処理よりは、高速かつ正確に様々な物体を検出するほうが自然場面での適応に適っていた。動物は、進化の過程で多くの注意機能を獲得していったと考えられる。捕食者からの逃避、採餌や捕食、繁殖のためにはパートナーの探索などの際に、適した注意機能をもった種が自然選択されていったと考えられる。例えば、空間移動するハトにとって、一定時間あたりの情報処理量は、空間移動しないヒトよりも多いと考えられる。そのため、各対象の多くの部分から構成される全体よりも少数の部分情報を選択的に処理する方が、認知的負荷が軽減され、効率的に部分処理が優先されるのだろう。特に、ハトなどの鳥類の場合は、部分優先処理が前方視の際の生態学的な方略特性である可能性がある。一方、種特異的に全体優先処理効果がみられているヒトでは、高速移動が制限され、多少の認知的負荷を犠牲にしても、対象の多くの情報が含まれた全体をまずおおまかに捉え、その後、部分情報を処理していくことで対象をより正確に認識できる視知覚特性を獲得したと考えられる。

また、反応しても強化されない（餌が得られない）先行刺激（標的刺激）を回避する傾向も自然場面での生存価を上げる適応的行動にほかならない。確かに、実験2ではハトにおけるプライミングの予期効果は示されなかった。

探索像仮説とは逆の結果ではあるが、矛盾するものではない。一度アプローチし、強化（餌）が得られた対象により注意を向け（探索像仮説）、得られなかった対象には注意を向けない（プライミング抑制効果）という点で、ハトの行動特性である「win-stay」と「loose-shift」をそれぞれ反映しており、いずれも適応価が高い。この行動特性が強く働いたことによって、先行刺激と同一の後続刺激を回避し、探索が促進されなかったのではないだろうか。自然場面での採餌行動では、特定の種類の餌の捕獲が実際の餌分布度から算出される割合よりも、高い確率で生起することが知られており、強化された餌は、また見つけやすくなる。そして、連続して同じ種類の餌が効率的に摂取されることによって、餌の探索やそのための移動で消費されるエネルギーコストも最小限になるだろう。結果的に多くの食物を獲得することにつながると考えられるので、プライミングの抑制効果は適応価が高いといえる。また、実験を通してプライミングの抑制効果が働いたことは、探索像が形成されていないことを必ずしも意味せず、ハトが回避する刺激が探索像として形成された可能性も考えられる。

このように、ハトが部分処理を優先させ、同一の後続刺激の処理を抑制したことは、自然環境に適応するために進化してきた認知的側面を反映していると思われる。しかし、前方視による階層処理や loose-shift の行動特性によって、実験室的な課題や刺激条件下では、文脈効果や予期による促進効果が抑制されたことも考えられる。そのため、側方視による階層処理との比較



や win-stay などの行動特性とプライミング効果を分離できる課題を用いた  
検討が今後必要である。

## 謝辞

研究や論文執筆にあたり，指導教官である実森正子先生から多大なる，そして惜しみないご支援をいただきました。5年もの間，頼りない私を忍耐強くご指導していただき，大変なご苦勞をおかけしました。また，牛谷智一先生には，親身になってお付き合いしていただき，特に学会発表のたびにご迷惑をおかけしました。御兩名に厚く御礼申し上げます。

研究員の中村哲之氏，大学院生の平井慎氏，大北碧氏，牧野公貴氏には，研究に際してはもちろん，公私に渡り有意義な時間を共有することができました。学部生や卒業生のみなさんからも，たくさんのご協力をいただき，特に澤井広海氏には，実験の遂行に大きく貢献していただきました。不甲斐ない院生である私に，皆あたたかく接してくださり，本当にありがとうございました。

最後に，私を理解し，応援，激励してくださった両親に感謝を申し上げます。

## 文献

- Beller, H. K., (1971). Effects of advance information on matching. *Journal of Experimental Psychology*, **87**, 176 – 182.
- Biederman, I. (1972). Perceiving real-world scenes. *Science*, **177**, 77 – 80.
- Biederman, I., Mezzanotte, R. J., & Rabinowitz, J. C. (1982). Scene perception: Detecting and judging objects undergoing relational violations. *Cognitive Psychology*, **14**, 143 – 177.
- Binggeli, R. L., & Paule, W. J. (1969). The pigeon retina: Quantitative aspects of the optic nerve and ganglion cell layer. *Journal of Comparative Neurology*, **137**, 1 – 18.
- Bloch, S., & Martinoya, C. (1982). Comparing frontal and lateral viewing in the pigeon. I. Tachistoscopic visual acuity as a function of distance. *Behavioural Brain Research*, **5**, 231 – 244.
- Blough, D. S. (2000). Effects of priming, discriminability, and reinforcement on reaction-time components of pigeon visual search. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, **26**, 50 – 63.
- Blough, D. S. (1985). Discrimination of letters and random dot patterns by pigeons and humans. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, **11**, 261 – 280.
- Blough, D. S. (2002). Measuring the search image: Expectation, detection and

- recognition in pigeon visual search. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, **28**, 397 – 405.
- Blough, D. S. (2009). Reaction times identify a Pavlovian component in a two-choice discrimination. *Behavioural Processes*, **81**, 195 – 204.
- Blough, P. M. (1973). Visual acuity in the pigeon II: Effects of target distance and retinal lesions. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, **20**, 333 – 343.
- Blough, P. M. (1989). Attentional priming and visual search in pigeons. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, **15**, 358 – 365.
- Blough, P. M. (1991). Selective attention and search images in pigeons. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, **17**, 292 – 298.
- Blough, P. M., & Lacourse, D. M. (1994). Sequential priming in visual search: Contributions of stimulus-driven facilitation and learned expectancies. *Animal Learning and Behavior*, **22**, 275 – 281.
- Blough, P. M. (1992). Detectability and choice during visual search: Joint effects of sequential priming and discriminability. *Animal Learning and Behavior*, **20**, 293 – 300.
- Bond, A. B. (1983). Visual search and selection of natural stimuli in the pigeon: The attention threshold hypothesis. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, **9**, 292 – 306.

- Bond, A. B., & Kamil, A. C. (1999). Searching image in blue jays: Facilitation and interference in sequential priming. *Animal Learning and Behavior*, **27**, 461 – 471.
- Catania, C. A. (1964). On the visual acuity of the pigeon. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, **7**, 361 – 366.
- Cavoto, K. K., & Cook, R. G. (2001). Cognitive precedence for local information in hierarchical stimulus processing by pigeons. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, **27**, 3 – 16.
- Chun, M. M., & Jiang, Y. (1998). Contextual cueing: Implicit learning and memory of visual context guides spatial attention. *Cognitive Psychology*, **36**, 28 – 71.
- Chun, M. M., & Jiang, Y. (1999). Top-down attentional guidance based on implicit learning of visual covariation. *Psychological Science*, **10**, 360 – 365.
- DeSchepper, B., & Treisman, A. (1996). Visual memory for novel shapes: Implicit coding without attention. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, **22**, 27 – 47.
- Deruelle, C., & Fagot, J. (1998). Visual search for global/local stimulus features in human and baboons. *Psychonomic Bulletin and Review*, **5**, 476 – 481.
- Fagot, J., & Deruelle, C. (1997). Processing of global and local visual information

- and hemispheric specialization in humans (*Homo sapiens*) and baboons (*Papio papio*). *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, **23**, 429 – 442.
- Fagot, J., & Tomonaga, M. (1999). Global and local processing in humans (*Homo sapiens*) and chimpanzees (*Pan troglodytes*): use of a visual search task with compound stimuli. *Journal of Comparative Psychology*, **113**, 3 – 12.
- Fremouw, T., Herbranson, W. T., & Shimp, C. P. (1998). Priming of attention to local or global levels of visual analysis. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, **24**, 278 – 290.
- Fremouw, T., Herbranson, W. T., & Shimp, C. P. (2002). Dynamic shift of pigeons local/global attention. *Animal Cognition*, **5**, 233 – 243.
- Gellermann, L. W. (1933). Chance orders of alternating stimuli in visual discrimination experiments. *Journal of Genetic Psychology*, **42**, 206 – 208.
- Gibson, B. M., Juricevic, I., Shettleworth, S. J., Pratt, J., & Klein, R. M. (2005). Looking for inhibition of return in pigeons. *Learning and Behavior*, **33**, 296 – 308.
- 後藤和宏 (2009). 視覚認知における全体処理と部分処理－比較認知科学からの提言－. *心理学研究*, **80**, 352 – 367.
- Hoffman, J. E. (1980). Interaction between global and local levels of a form.

*Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*,  
**6**, 222 – 234.

Honey, R. C., Good, M., & Manser, K. L. (1998). Negative priming in associative learning: Evidence from a serial-habituation procedure. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, **24**, 229 – 237.

Hopkins, W. D., & Washburn, D. A. (2002). Matching visual stimuli on the basis of global and local features by chimpanzees (*Pan troglodytes*) and rhesus monkeys (*Macaca mulatta*). *Animal Cognition*, **5**, 27 – 31.

Johnston, W. A., Hawley, K. J., Plew, S. H., Elliott, J. M., & DeWitt, M. J. (1990). Attention capture by novel stimuli. *Journal of Experimental Psychology: General*, **119**, 397 – 411.

Kamil, A. C., & Bond, A. B. (2006). Selective attention , priming and foraging behavior. In: E. A. Wasserman, & T. R. Zentall (Eds.), *Comparative Cognition: Experimental explorations of animal intelligence* (Pp. 106 – 126). Newyork: Oxford university press.

Katz, J. S., & Cook, R. G. (2000). Stimulus repetition effects on texture-based visual search by pigeons. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, **26**, 220 – 236.

Kelly, D. M., & Cook, R. G. (2003). Differential effect of visual context on pattern discrimination by pigeons (*Columba livia*) and humans (*Homo*

- sapiens*). *Journal of Comparative Psychology*, **117**, 200 – 208.
- Kimchi, R. (1988). Selective attention to global and local levels in the comparison of hierarchical patterns. *Perception & Psychophysics*, **43**, 189 – 198.
- Kinchla, R. A., & Wolfe, J. M. (1979). The order of visual processing: “Top-down,” “bottom-up,” or “middle-out.” *Perception & Psychophysics*, **25**, 225 – 231.
- LaGasse, L. L. (1993). Effects of good form and spatial frequency on global precedence. *Perception & Psychophysics*, **53**, 89 – 105.
- Lamb, M. R., & Yund, E. W. (2000). The role of spatial frequency in cued shifts of attention between global and local forms. *Perception & Psychophysics*, **62**, 753 – 761.
- Lamb, M. R., & Robertson, L. C. (1988). The processing of hierarchical stimuli: Effects of retinal locus, locational uncertainty, and stimulus identity. *Perception & Psychophysics*, **44**, 172 – 181.
- Langley, C. M. (1996). Search images: Selective attention to specific visual features of prey. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, **22**, 152 – 163.
- Lazareva, O. F., Vecera, S. P., & Wasserman, E. A. (2006). Object discrimination in pigeons: Effects of local and global cues. *Vision Research*, **46**, 1361 –



1374.

Legge, E. L. G., Spetch, M. L., & Batty, E. R. (2009). Pigeons' (*Columba livia*) hierarchical organization of local and global cues in touch screen tasks. *Behavioural Processes*, **80**, 128 – 139.

Logan, G. D. (1988). Towards an instance theory of automatization. *Psychological Review*, **95**, 492 – 527.

Martin, M. (1979). Local and global processing: The role of sparsity. *Memory & Cognition*, **7**, 476 – 484.

Mazur, J. E. (1998). *Learning and behavior*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall. [磯博行・坂上貴之・川合伸幸 (訳) (1999). *メイザーの学習と行動*. 二瓶社].

Miller, J. (1981). Global precedence in attention and decision. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, **7**, 1161 – 1174.

Navon, D. (1977). Forest before trees: The precedence of global features in visual perception. *Cognitive Psychology*, **9**, 353 – 383.

Navon, D. (1981). The forest revisited: More on global precedence. *Psychological Research*, **43**, 1 – 32.

Navon, D., & Norman, J. (1983). Does global precedence really depend on visual angle? *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and*

*Performance*, **9**, 955 – 965.

太田信夫 (1991). 直接プライミング. *心理学研究*, **62**, 119 – 135.

Peressotti, F., Rumiati, R., Nicoletti, R., & Job, R. (1991). New evidence for the perceptual precedence of global information. *Acta Psychologica*, **77**, 35 – 46.

Pietrewicz, A. T., & Kamil, A. C. (1979). Search image formation in the blue jay (*Cyanocitta cristata*). *Science*, **22**, 1332 – 1333.

Plaisted, K. C. (1997). The effect of interstimulus interval on the discrimination of cryptic targets. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, **23**, 248 – 259.

Plaisted, K. C., & Mackintosh, N. J. (1995). Visual search for cryptic stimuli in pigeons: Implications for the search image and search rate hypotheses. *Animal Behavior*, **50**, 1219 – 1232.

Posner, M. I., & Cohen, Y. (1984). Components of visual orienting. In: H. Bouma, & D. G. Bouwhuis (Eds.), *Attention and performance X* (Pp. 531 – 556). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Posner, M. I., & Snyder, C. R. R. (1975). Facilitation and inhibition in the processing of signals. In: P. M. Rabbitt, & S. Domic (Eds.), *Attention and performance V* (Pp. 669 – 682). London: Academic Press.

Reid, P. J., & Shettleworth, S. J. (1992). Detection of cryptic prey: Search image

- or search rate. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, **18**, 273 – 286.
- Reynolds, G. S. (1961). Attention in the pigeon. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, **4**, 203 – 208.
- Shaw, M. L., & Shaw, P. (1977). Optimal allocation of cognitive resources to spatial locations. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, **3**, 201 – 211.
- Shiffrin, R. M., & Schneider, W. (1977). Controlled and automatic human information processing: II. Perceptual learning, automatic attending and a general theory. *Psychological Review*, **84**, 127 – 190.
- Shimizu, T., & Karten, H. J. (1993). The avian visual system and the evolution of the neocortex. In H. P. Zeigler, & H.-J. Bischof (Eds.), *Vision, brain, and behavior in birds* (Pp. 103 – 114). Cambridge, MA: MIT Press.
- Shimp, C. P., & Friedrich, F. J. (1993). Behavioral and computational models of spatial attention. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, **19**, 26 – 37.
- Tinbergen, L. (1960). The natural control of insects in pinewoods. I. Factors influencing the intensity of predation by songbirds. *Archives Neerlandaises de Zoologie*, **13**, 265 – 343.
- Tipper, S. P. (1985). The negative priming effect: Inhibitory priming by ignored

- objects. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, **37A**, 571 – 590.
- Tipper, S. P., Driver, J., & Weaver, B. (1991). Object-centered inhibition of return of visual attention. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, **43A**, 289 – 298.
- Tipper, S. P., Weaver, B., Jerreat, L. M., & Burak, A. L. (1994). Object-based and environment-based inhibition of return of visual attention. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, **20**, 478 – 499.
- Tomonaga, M. (2001). Investigating visual perception and cognition in chimpanzees (*Pan troglodytes*) through visual search and related tasks: From basic to complex processes. In: T. Matsuzawa (Ed.), *Primate Origins of Human Cognition and Behavior* (Pp. 55 – 86). Tokyo: Springer-Verlag.
- Treisman, A., & Gormican, S. (1988). Feature analysis in early vision: Evidence from search asymmetries. *Psychological Review*, **95**, 15 – 48.
- Vreven, D., & Blough, P. M. (1998). Searching for one or many targets: Effects of extended experience on the runs advantage. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, **24**, 98 – 105.
- Wang, Q., Cavanagh, P., & Green, M. (1994). Familiarity and pop-out in visual search. *Perception and Psychophysics*, **56**, 495 – 500.

- Ward, L. M. (1982). Determinants of attention to local and global features of visual forms. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, **8**, 562 – 581.
- Watson D. G., & Humphreys, G. W. (1997). Visual marking: Prioritizing selection for new objects by top-down attentional inhibition of old objects. *Psychological Review*, **104**, 90 – 122.
- Wigg, C. L., & Martin, A. (1998). Property and mechanisms of perceptual priming. *Current Opinion in Neurobiology*, **8**, 227 – 233.
- Wolfe, J. M., Cave, K. R., & Franzel, S. L. (1989). Guided search: An alternative to the feature integration model for visual search. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, **15**, 419 – 433.
- Yantis, S., & Jonides, J. (1984). Abrupt visual onsets and selective attention: Evidence from visual search. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, **10**, 601 – 621.

## 著者研究業績目録

1. 論文 (著者名, 発表年, 題目, 雑誌名, 巻, 号, 頁)
  - 1.1 Sekiguchi, K., Ushitani, T., & Jitsumori, M. (2010). A slowing effect on visual search by advance information in pigeons (*Columba livia*): A comparison with humans (*Homo sapiens*). *Behavioural Processes*. **86**, 1, 81 – 87.  
Published online: Oct/28/2010; doi: 10.1016/j.beproc.2010.09.004.
  - 1.2 関口勝夫・牛谷智一・実森正子. ハトにおける階層的複合刺激の部分優先処理効果. **動物心理学研究**. (2010年12月28日受理, 印刷中).
2. 国際会議における発表 (著者名, 発表年, 題目, 会議名, 場所, 発表日, 発表番号等)
  - 2.1 Sekiguchi, K., Ushitani, T., & Jitsumori, M. (2008). Global and local processing of hierarchical visual stimuli in pigeons. *The 15th International Conference on Comparative Cognition*, Melbourne, Florida, USA, 19-23th March. (Abstract p. 6; Poster-27)
  - 2.2 Sekiguchi, K., Ushitani, T., & Jitsumori, M. (2010). Visual priming in pigeons and humans: A facilitating effect in humans and an inhibiting effect in pigeons. *15th Biennial Scientific Meeting of the International Society for Comparative Psychology*, Hyogo, Japan, 19-21th May. (Abstract p. 59; Poster-4)

3. 国内における学会発表（著者名，発表年，題名，会議名，場所，発表日，発表番号等）

3.1 関口勝夫・町田佳奈子・八木宏樹・永瀬英司（2006）. オープンフィールド課題を用いたハトの数的能力の検討. **日本動物心理学会第66回大会**，京都大学，10月14-15日. (**動物心理学研究**, **56** (2), p. 136, 口頭発表番号: OB-10).

3.2 関口勝夫（2007）. ハトにおける階層的刺激処理の検討. **日本動物心理学会第67回大会**，早稲田大学，10月7-8日. (**動物心理学研究**, **57** (2), p. 127, 口頭発表番号: OD-04).

3.3 関口勝夫・実森正子・牛谷智一（2008）. ハトの階層的刺激処理における文脈効果. **日本動物学会第68回大会**，常磐大学，9月13-15日. (**動物心理学研究**, **58** (2), p. 182, 口頭発表番号: OE-03).

3.4 関口勝夫・牛谷智一・実森正子（2008）. 視覚探索におけるプライミング効果—ヒトとハトの比較研究—. **日本基礎心理学会第27回大会**，仙台国際センター，12月6-7日. (**基礎心理学研究**, **27** (2), p. 173, ポスター発表番号: 1P-30).

3.5 関口勝夫（2009）. ハトにおける視覚探索のプライミング抑制効果. **日本動物心理学会第69回大会**，岐阜大学，9月26-27日. (**動物心理学研究**, **59** (2), p. 238, 口頭発表番号: B4).

3.6 関口勝夫（2010）. 文脈手がかりを用いたハトにおける階層的刺激処理

の検討. 日本動物心理学会第 70 回大会, 帝京大学, 8 月 28-29 日. (動物心理学研究, 60 (2), p. 190, ポスター発表番号: P1-13).