

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 5 月 24 日現在

機関番号：32707

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2010～2012

課題番号：22700271

研究課題名（和文）鳥類と霊長類の視覚における種差の解明

研究課題名（英文）An investigation of differences between bird and primate vision

研究代表者

後藤 和宏（GOTO KAZUHIRO）

相模女子大学・人間社会学部・講師

研究者番号：20546725

研究成果の概要（和文）：

霊長類および鳥類の視覚特性の違いを解明するため、全体と部分情報の利用、視覚的文脈効果に関する比較研究を実施した。写真別に関して、ヒトでは低空間周波数、ハトでは高空間周波数の除去が弁別を困難にした。また、パターン弁別に関して、霊長類では弁別とは直接関係のない文脈付加がパターン弁別を容易にするのに対し、鳥類ではパターン弁別が困難になった。霊長類が知覚する全体性を、鳥類は知覚していないことが示唆された。

研究成果の概要（英文）：

In order to examine species differences between bird and primate vision, I compared birds with primates in visual discrimination tasks. In a category discrimination task, effects of image manipulation were examined in pigeons and humans. The discrimination was disrupted when higher frequency information was removed in pigeons, whereas it was disrupted when lower frequency information was removed in humans. I also found differential effects of redundant contexts on pattern discrimination between birds and primates. The pattern discrimination became easier for primates when the pattern was embedded in certain contexts despite their redundancy. In contrast, it became difficult for birds when the patterns were embedded in the same redundant contexts. These results indicate that birds do not perceive the wholes that primates perceive.

交付決定額

（金額単位：円）

| | 直接経費 | 間接経費 | 合計 |
|--------|-----------|---------|-----------|
| 2010年度 | 1,100,000 | 330,000 | 1,430,000 |
| 2011年度 | 700,000 | 210,000 | 910,000 |
| 2012年度 | 700,000 | 210,000 | 910,000 |
| 年度 | | | |
| 年度 | | | |
| 総計 | 2,500,000 | 750,000 | 3,250,000 |

研究分野：認知科学

科研費の分科・細目：認知科学・比較認知心理学

キーワード：視覚、全体、部分、ゲシュタルト知覚、鳥類、霊長類

1. 研究開始当初の背景

鳥類と霊長類の共通祖先は、系統発生的にはおよそ3億年前まで遡る。しかし、昼行性と樹間生活という鳥類祖先と霊長類祖先に共

通する系統発生的随伴性のため、視覚処理に関して多くの類似点が知られている。かつてのハトを用いた比較研究は、ヒトの脳の1000分の1の大きさしかない脳で、ヒトと同じよ

うな視覚処理をどのように実現しているかを検討してきた。一方、近年、ハトとヒトの視覚処理がどう違い、なぜ違うのかに関する研究に注目が集まっている（後藤，2009）。

ヒトの視覚に関する理論の多くは、視覚における情報処理に関して、物体の全体的な特徴に関する処理（全体処理）とその物体のより細かい特徴に関する処理（部分処理）の2段階を想定している。グシュタルト心理学が全体性や構造に注目したように、全体性はヒトの視覚にとって優先順位の高い情報であると考えられる。一方、ヒト同様に視覚を主な感覚モダリティとするハトでは、複数の要素を1つのまとまりとして知覚すること（知覚的体制化）が、困難であることが次第に明らかになってきた（牛谷，2006）。

これらの先行研究で報告されているハトとヒトの種差は、鳥類と霊長類の視覚処理の差異であると考えられる一方、体系的な比較研究が少ないため、話はそれほど簡単ではない。例えば、知覚的体制化は、ハト同様、サルやチンパンジーでも困難であることが報告されているし、これらの知見からは、ヒトは霊長類の中でも特異な種である。一方、顔知覚における全体・部分処理に関する研究では、少なくとも霊長類において、眼、鼻、口などの顔の部分だけでなく、それらの空間配置を含む全体情報が重要であるという報告もある。さらに、鳥類と霊長類の種差に関する知見を概説すると、錯視に関する比較研究では、ポンゾ錯視では、ハト、サル、チンパンジーはヒト同様の錯視をする一方、エビングハウス錯視に関しては、ハト、ニワトリ、ギニアヒトにおいて、ヒトとは錯視の生じる向きが逆になることが知られている。

これらのことをまとめると、ヒトとハトで見られる差異は、鳥類型、霊長類型の視覚処理の特性なのか、それともヒトの特異性によるものか、鳥類でもハトのように飛行し高速移動する種とそうでない種で差があるのか、カラス科の鳥のように比較的大きく脳を発達させた種とそうでない鳥類とで差があるのかは明らかではない。

2. 研究の目的

前述の研究背景をふまえ、本研究では、複数の種において、同じ課題手続きを用いた体系的な比較研究を実施することで、鳥類と鳥類の視覚に関する差異を解明することを目的とした。最初の実験として、研究代表者のこれまでの研究の中から、写真を用いたカテゴリー弁別のデータを再分析し、ハトとヒトで弁別手がかりに違いがあるかを検討した。

さらに、本研究ではパターン優位性効果（Pomerantz et al., 1977）に注目し、より体系的な比較研究を実施した。パターン優位性効果とは、視覚弁別において、弁別とは直接関係

のない視覚的文脈を付加することで、弁別が容易になることをいう。ヒトでは、様々な幾何学図形の弁別においてパターン優位性効果が見られるが（Pomerantz, 2003）、ハトではヒトとは逆に文脈付加が幾何学図形の弁別を困難にすることが明らかになっている（Donis et al., 1993; Kelly & Cook, 2003）。本研究では、様々な図形を用い、従来比較研究されてきた、ヒトやハトに加え、チンパンジー、フサオマキザル、ハシブトガラスなどより多くの種において体系的に比較することで、鳥類と霊長類の視覚における差異、ヒトとそれ以外の霊長類における差異を検討した。

3. 研究の方法

(1)ハトとヒトを対象に、写真弁別における画像操作の影響を検討した。ハト12個体とヒトの実験参加者12人を対象に、モニター上に呈示される写真がイヌかネコかを継続的に弁別することを訓練した。ハト6個体はイヌが呈示されたときにはそれに反応すると時折餌が与えられ、ネコに反応しても餌がもらえなかった。残り半分のハトは、その反対の随伴性で弁別を訓練された。

ヒトの実験参加者6人は、イヌが呈示されたときにボタンを押し、ネコが呈示されたときにはボタンを押しなことを訓練された。残り6人は、その反対の随伴性で弁別を訓練された。弁別を獲得した後に、写真にモザイクをかけ高空間周波数成分を除去した画像、配置をでたらめにして低空間周波数成分を除去した画像を作成し、それらの画像に対する般化を検討した（図1）。

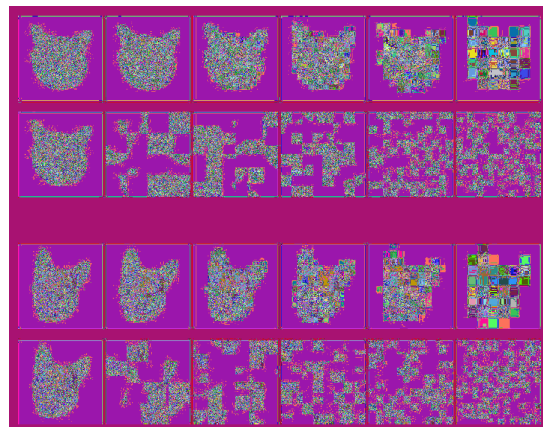


図1. モザイク操作，配置をでたらめに操作したテスト画像

(2)ヒト成人を対象に、視覚弁別における文脈効果を検討した。タッチモニター上に呈示されるスタートキーを押すと課題画面が呈示された。課題画面には複数の図形が呈示され、これらのうち他とは異なる図形を選択すると正解であった。課題呈示時間は最大5秒であり、この制限時間内に反応がない場合、

その試行は不正解だとみなされた。

実験では、まず Pomerantz et al. (1977) 同様、線分を刺激として用いた。呈示される4つの線分のうち1つが他の3つとは90度異なる傾きであった。線分の傾きは弁別難易度を操作するため、水平垂直から11.25度ずつ時計回りに5段階あった。文脈条件は線分だけ（文脈なし）、L字が付加されるもの（調和文脈条件）、コの字が付加されるもの（不調和文脈条件）の3条件であった（図2）。

また、線分に加え、別の幾何学図形を用いた新たな刺激セットを作成し、パターン優位性を検討した。

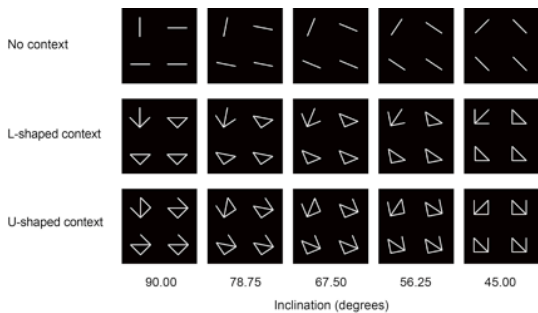


図2. パターン優位性効果を生じる刺激セット

(3) ヒト成人での実験に並行して、チンパンジー3個体を対象に、同様の実験を行った。正答反応に対し餌を呈示し、不正解反応に対しては、選択場所の偏好が助長されるのを防ぐため、選択された図形以外の図形を呈示して同じ試行を繰り返す矯正試行手続きを用いた。また、種に合わせ試行間隔を調整するなどした以外の課題手続きは同じであった。

(4) ハト、ハシブトガラスそれぞれ3個体を対象に、(1)、(2)同様の課題手続きを用いた比較実験を行った。

(5) 課題手続きを同時見本合わせ手続きに変更し、課題手続きがパターン優位性効果に及ぼす影響を検討するとともに、フサオマキザルにおいてパターン優位性効果を検討した。

4. 研究成果

(1) ハトはヒト同様にイヌとネコの写真弁別を学習できた。画像操作の程度の異なるモザイク画像でのテストでは、どちらの種でも画像操作の程度が大きくなるほど弁別率が低下した（図3）。同様に、配置をでたらめにした画像でのテストに関しても、どちらの種も画像操作の程度が大きくなるほど、弁別率が低下したが、全体的にモザイク画像よりも配置をでたらめにした画像での弁別率が低か

った（図3）。テストに用いた画像を解析した結果、後者の法が画像操作によって混入した高空間周波数ノイズの影響が大きいことが考えられた。何れにしても、本研究の結果から、ハトとヒトは、写真に含まれる高空間周波数成分、低空間周波数成分のどちらかだけを除去された画像を弁別する場合、弁別率は低下するものの、弁別ができなくなるわけではないことが明らかになった。

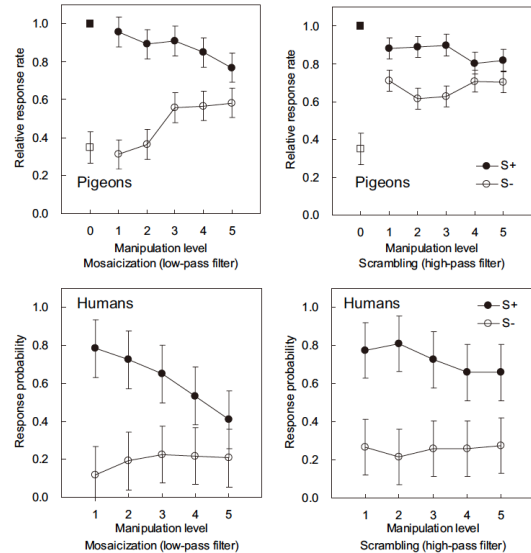


図3. モザイク画像、配置をでたらめにした画像を用いたテストでの弁別率

一方、続く実験でイヌとネコの顔をカテゴリー間で割合を変えて混合したキメラ画像を作成し、それらのテスト画像に対する弁別率を分析すると、ハトは高空間周波数成分の割合が大きいキメラ画像で、ヒトは低空間周波数成分の割合が大きいキメラ画像で弁別率が高くなった。これらの実験から、ハトとヒトでは、写真に含まれる空間周波数成分に対する感度が違い、ハトのほうが高空間周波数成分により高い感度を持っていることが示唆された。

(2) 標的検出の誤答率と反応時間を分析した結果、以下の結果が得られた（図4）。ヒトでは、線分のみが呈示された場合、水平垂直線分で誤答率が最も低く、反応時間も早かったが、線分の傾きが45度になるに従い、反応時間も遅くなった。線分にL字文脈が付加されると、文脈なしの場合よりも誤答率が低下し、反応時間は短くなった。また、反応時間は、線分の傾きによらず一定であった。一方、コの字文脈が付加されると、文脈なしの場合と比べ、誤答率が高くなり、反応時間も遅くなった。これらの結果から、ヒトは線分とL字の文脈から創発するゲシュタルトを知

覺し、そのゲシュタルトが前注意的な処理していることが示された。これらの結果は、線分以外の幾何学図形を用いた複数の刺激セットで同様の結果が得られた。

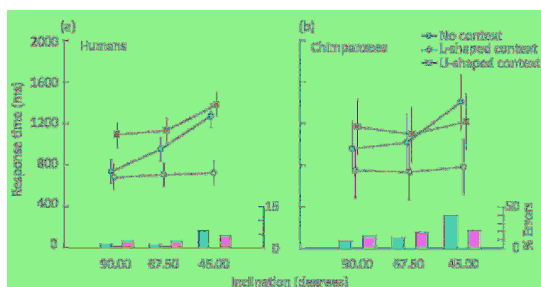


図 4. ヒトとチンパンジーの線分の傾きを検出する課題の誤答率と反応時間

(2) チンパンジーの結果をヒトと比較すると、全体的に誤答率が高いという点を除き、文脈付加の効果に関しては同じ傾向が見られた。これらの結果から、ヒト同様に、チンパンジーも図形と文脈から創発するゲシュタルトを知覚していることが示唆された。

(3) ハトとハシブトガラスはどちらも標的検出課題手続きを学習でしたが、文脈なし条件において、調和文脈を付加した条件よりも標的検出の誤答率が低かった。また、反応時間も文脈なし条件で調和文脈条件よりも早かった。また、他の幾何学図形を用いた刺激セットでも同様の結果が得られた。これらの結果は、ハトとハシブトガラスは、ヒトやチンパンジーが知覚するのと同じゲシュタルトは知覚しないことを示唆している。

(4) ヒトで見本合わせ課題を行った結果、誤答がほとんどみられなかったため (< 1%), 反応時間を分析の対象とした。実験で用いたどの刺激セットに関しても、文脈なし条件よりも調和文脈条で反応時間が短かった。したがって、視覚探索課題同様に、文脈付加によるパターン弁別を促進するパターン優位性効果が見られた。

フサオマキザルでは、ヒトとは異なり、反応時間では文脈付加の有無により反応時間に関して有意な差は見られず、正答率に関して条件間の違いが見られた。正答率は、文脈なし条件よりも調和文脈条件で高く、不調和文脈では文脈なし条件と違いが見られなかった。これらの結果から、フサオマキザルでもヒト同様に調和文脈の付加が弁別を促進させるというパターン優位性効果を示すため、弁別すべき図形と文脈とのまとまりから創発するゲシュタルトを知覚することが示唆される。

ハトでも、文脈付加の有無により反応時間

に関して有意な違いが見られず、正答率に関して条件間の違いが見られた。しかしながら、フサオマキザルとは異なり、正答率は、文脈なし条件で最も高く、調和、不調和どちらの文脈の付加によっても正答率が低下した。文脈の違いによる正答率の違いは見られなかった。これらの結果から、ハトはヒトやヒト以外の霊長類と異なり、弁別すべき図形と文脈が1つにまとまれば知覚されないことが示唆される。

本研究の結果を総合的に考察すると、鳥類と霊長類の視覚処理の違いの一つは、複数の視覚情報を1つのまとまりとして知覚するかどうかという点にあると考えられる。系統発生的な進化史を考えると、鳥類は、飛行という高速移動に適した情報処理系を発達させたため、視覚情報を断片的なまま知覚する系が進化したのではないかと推測される。一方、霊長類は社会生活を営むための顔を認識したり、道具使用などの複雑な運動制御をしたりするため、複数の視覚情報を1つのまとまりとして知覚する系が進化したのだろうと推測される。

しかしながら、これらの結果は、鳥類と霊長類の視覚に関して一つの相違点を明らかにしたにすぎない。これまでに明らかになっている錯視や知覚的体制化、補完などの種差に観する知見と合わせ、視覚における種差の進化的背景を明らかにすることが今後の課題である。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 6 件)

- ① 後藤和宏 (2012). 比較認知科学は擬人主義とどうつきあうべきか. 動物心理学研究, 62, 49-57. (査読有)
- ② Goto, K., Imura, T., & Tomonaga, M. (2012). Perception of emergent configurations in humans (*Homo sapiens*) and chimpanzees (*Pan troglodytes*). *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 38, 125-138. (査読有)
- ③ Goto, K., & Watanabe, S. (2012). Large-billed crows (*Corvus macrorhynchos*) have retrospective but not prospective metamemory. *Animal Cognition*, 15, 27-35. (査読有)
- ④ Otaki, S., Goto, K., & Watanabe, S. (2011). Differential effects of spatial separation on visual feature binding by humans and pigeons. *Japanese Journal of Psychonomic Science*, 30, 145-146. (査読無: 2010年度日本基礎心理学会優秀発表賞 抄録)

- ⑤ **後藤和宏** (2011). こころの多様性. こころの未来, 6, 24-27. (査読無)
- ⑥ **Goto, K.**, Lea, S. E. G., Wills, A. J., & Milton, F. (2011). Interpreting the effects of image manipulation on picture perception in pigeons (*Columba livia*) and humans (*Homo sapiens*). *Journal of Comparative Psychology*, 125, 48-60. (査読有)

[学会発表] (計 9 件)

- ① **Goto, K.**, Otaki, S., & Watanabe, S., Effects of feature-based and spatial-based attention on pigeons' visual search behaviors. The 20th Annual Meeting of Comparative Cognition, 2013年3月7日, Melbourne, Florida.
- ② **後藤和宏**, 友永雅己 チンパンジーの顔認知における創発性の検討. 第72回日本動物心理学会, 2012年5月13日, 関西学院大学.
- ③ **後藤和宏** ゲシュタルト比較心理学: 創発性への挑戦. 第7回犬山比較社会認知シンポジウム, 2012年3月24日, 京都大学霊長類研究所.
- ④ **Goto, K.**, Fujita, K., & Watanabe, S. Perception of emergent configurations in capuchins and pigeons. The 19th Annual Meeting of Comparative Cognition, 2012年3月8日, Melbourne, Florida.
- ⑤ **後藤和宏**. 汎心論的科学思考: 擬人主義とどうつきあうか. 第71回日本動物心理学会, 2011年9月10日, 慶應義塾大学.
- ⑥ **後藤和宏**, 大瀧翔, 渡辺茂. ハトにおける視覚探索課題遂行中の注意の制御. 第71回日本動物心理学会, 2011年9月9日, 慶應義塾大学.
- ⑦ **後藤和宏**, 大瀧翔, 渡辺茂. ハトの視覚探索における注意の範囲の検討. 2011年6月24日. ニューロコンピューティング研究会. 琉球大学
- ⑧ **Goto, K.** Large-billed crows (*Corvus macrorhynchos*) have retrospective but not prospective metamemory. The 15th Annual Meeting of the Association for the Scientific Studies of Consciousness, 2011年6月11日, Kyoto, Japan.
- ⑨ **Goto, K.** & Watanabe, S. Large-billed crows (*Corvus macrorhynchos*) have retrospective but not prospective metamemory. The 18th Annual Meeting of Comparative Cognition, 2011年3月3日, Melbourne, Florida.

[その他]

ホームページ等

<https://sites.google.com/site/kazuhirogoto/>
<http://www.pri.kyoto-u.ac.jp/ai/ja/publication/monaga/Goto2012.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

後藤 和宏 (GOTO KAZUHIRO)

相模女子大学・人間社会学部・講師

研究者番号: 20546725