

後藤和宏 (京都大学生命科学系キャリアパス形成ユニット・脳機能総合研究センター特定研究員)
Kazuhiro Goto



るかを理解することであった。研究を進めるにつれて、ハトとヒトは同じものを見ていても、ものを見るための仕組みが違うことが明らかになり、ハトとヒトのもの見方がどのように違い、なぜそのような違いが生じるのかを明らかにするほうが面白くなってきた。現在では、研究の対象をヒト以外の霊長類にも広げ、ヒトとヒト以外の霊長類、霊長類と鳥類のもの見方にどのような違いがあり、なぜそのような違いが生じたのかを解明しようとしている。

見ることが生物に与えたインパクト

化石として発見されている最初の眼は、およそ5億4千万年前のカンブリア紀初期の三葉虫のものである。古生物学者のアンドリュー・パーカーは、カンブリア紀に化石として発見される生物の多様性が爆発的に増加した現象（カンブリア爆発）の説明として、「光スイッチ説」を提唱した。「光スイッチ説」とは、生物が光に対する感受性を獲得し、さらにその光を利用して物体を識別し、映像を形成する視覚情報処理系を獲得したことが、捕食者と被捕食者という熾烈な生存競争を引き起こし、カンブリア爆発の引き金になったという説である。眼の進化が進むにつれて、眼から入力される情報はより複雑になり、それぞれの種の生存にとってより有利な情報を効率よく処理するための視覚情報処理系を持つようになったと考えられている。

捕食者の視覚の進化と同時に、被捕食者には防衛戦略の必要が生じた。捕食の危険性を低下させるため、被捕食者は硬い殻で体を覆う、体液

に毒性を持つ、背景に自らを隠蔽するなどのさまざまな戦略で対抗したのである。これに対して、捕食者も多様な視覚情報処理系を進化させて、これらの防衛戦略に応じた。そういう意味では、「こころ」とは視覚から生まれたものであるといえるかもしれない。

これらの競争の結果、生物がどのような形態的進化を経たかは化石からある程度再構築することができる。しかし、「こころ」は化石になって残らないため、視覚情報処理系がどのような進化を経たかは推測するしかない。これを科学的に検証可能な方法で推測するアプローチが比較認知科学である。

比較から進化史を再構築する

比較認知科学は、現存する動物の「こころ」のあり方を比較して、「こころ」の進化史を再構築することを目的としている。ここでいう「こころ」とは、ヒトに限定されたものではない。もちろん、ヒトをチンパンジーやゴリラ、さらに他の霊長類と比較することで、ヒトの「こころ」の系統発生的な起源が、どの種との共通祖先にまで遡れるかを問うことはできる。しかし、進化は常にヒトを「自然の階梯」というピラミッドの頂点に据えた一方向的な変化ではない。進化とは、それぞれの動物がそれぞれの生活様式に最も適した形に変化する放散的なものである。ハトの視覚情報処理の研究とは、ヒトのもの見方とハトのそれを比べて優劣をつけることが目的ではなく、ハトとヒトの生活様式の類似点と相違点を比較することで、どの生活様式でどのようなものを見る仕組みがより適したものなのかを明らかにしていく試みである。

動物を対象にした心理学の研究をしているという、「動物のうち一番知能が高いのはどれですか？」と

私はこれまでの研究で、ハトの視覚情報処理の解明に取り組んできた。私の最初の興味は、ヒトのおよそ1000分の1の大きさしかない脳で、ハトはどのようにして、ヒトと同じような情報処理を実現してい

聞かれることがあるが、この問いはまさにヒト中心的で、不適切な問いである。「こころ」を高次情報処理過程として考えるならば、さまざまな種が、それぞれの環境に適応した「こころ」を獲得したと考えるべきであり、すべての種が、ヒトの「こころ」と同じ方向への進化をたどっているわけではない。逆に、生物学的類縁性は離れていても、ヒトと同じような環境に適応したのであれば、「こころ」のあり方はヒ

トに類似しているはずである。このように、ヒトの情報処理過程だけを「こころ」として考えず、より多様な「こころ」のあり方を受け入れることで、「こころ」の相同関係から進化史を再構築するという比較認知科学の意義が見えてくる。

ハトとヒトの共通点

では、なぜハトとヒトを比較するのか。比較には大きく2つの目的がある。第1の目的は、適応的進化の要因を探ることである。ハトとヒトはおよそ3億年前に共通祖先から分岐し、それぞれ独自の進化を経たにもかかわらず、ともに高度な視覚情報処理系を持っている。現存する哺乳類の祖先は、夜行性で穴居性という生活様式であったことから、これらの動物ではそれほど視覚が重要でなかったと考えられるが、ヒトや系統発生的にヒトに近い霊長類は、昼行性で樹間生活様式へ適応したために色覚や高度な視覚情報処理を持たなければならなかったのだろう。鳥

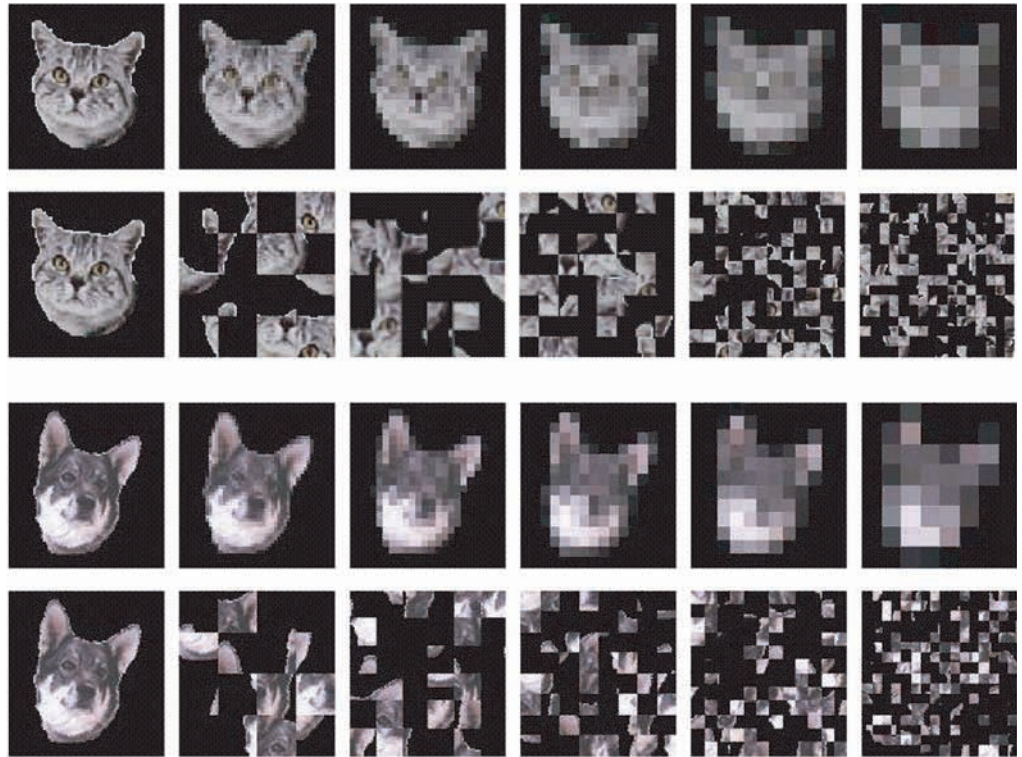


図1 犬と猫の顔を区別するような訓練をすると、ハトはモザイク処理を施した写真でも正しく分類ができ、パズルのようにでたらめに並び方を変えた写真でも、ある程度正しく分類できる。

類は、霊長類とは生物学的な類縁性が低い。霊長類と同じような環境要因があったために、色覚や高度な視覚情報処理系を持つに至ったと考えられる。

たとえば、ハトとヒトに共通する視覚情報処理として、自然界に存在するさまざまな事物を視覚的な特徴にもとづきカテゴリーに分類する能力がある。犬と猫はそれぞれさまざまな品種があり、どのような特徴を持っているれば犬であり、猫であるかということ言葉を説明するのは難しい。それにもかかわらずヒトが犬と猫を容易に区別することができるのは、たくさんの「犬」と「猫」という事例を学習し、「犬」「猫」それぞれのカテゴリー事例に共通する視覚情報を抽出し、そのカテゴリーらしさに基づく分類をしているからである。

ハトも同じようにカテゴリーの分類ができる。犬と猫の顔の写真を見せて、犬が写っている写真をついたときだけ餌を与えるように訓練す

ると、犬の写真だけを区別してつくことを学習する。また、この学習が進むと、訓練で使用していない初見の写真も正しく区別できるようになる。つまり、ハトは単に訓練に用いられた写真を覚えて、どの写真をつければ餌がもらえるかを暗記したわけではなく、「犬」や「猫」のカテゴリーを特徴づける情報が何であるかを学習したのである。また、ハトはモザイク処理を施した写真でも正しく分類し、パズルのようにでたらめに並び方を変えた写真でもある程度正しく分類できる(図1)。このことは、カテゴリーの学習ができてしまえば、写真に含まれる情報の質が低下しても正しく認識する柔軟性があることを示している。

ハトとヒトがこのように共通する視覚情報処理系を獲得したのは、現存する鳥類と霊長類の祖先が独自の進化を経ながらも、ともに昼行性であり、樹間生活をしてきたという共通の生活様式による収斂進化によるものであると考えられる。

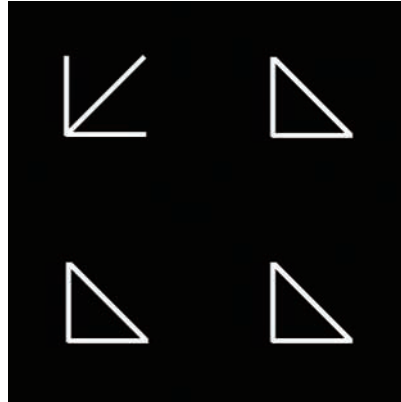
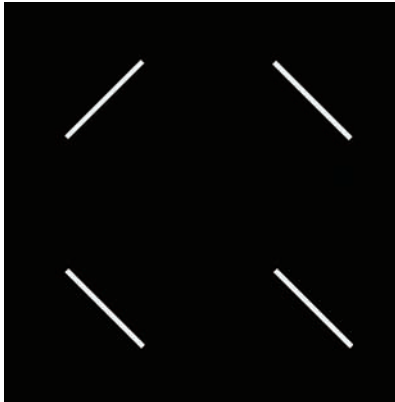


図2 全体とは、部分と部分を足し合わせたものではない。ヒトを含む霊長類は表示された4つの斜線のうち、傾きの異なるもの1つを選ぶとき、左の画面よりも右の方が簡単に見つけられる。一方、ハトは、右よりも左の画面で簡単に見つけられる。

ハトとヒトの相違点

もう1つの比較の目的は、ヒトの視覚が何を得意としていて、何を苦手としているかを考察することである。ヒトの視覚はすべての状況において最も優れた情報処理系というわけではない。ハトとヒトの視覚情報処理を比較することで、ヒトがハトよりも得意とする処理、ハトがヒトよりも得意とする処理が明らかになり、はじめてヒトらしさとは何かを理解できるのである。

両者の視覚情報処理に関して決定的に違うのは、全体と部分のどちらを先に見るかという点であると、私は考えている。ヒトの視覚処理では、ものを認識するときに、まず全体に注意を向けて大まかな特徴を把握し、その後、注意を部分へと向けて、より細かい特徴処理をされると考えられている。言い換えると、私たちは先に森を見てから、その森にどのような木が生えているかを認識する。面白いのは、ヒトが全体を、単純に部分を足し合わせたものとしては認識していないということである。つまり、単に木をたくさん集めても森にはならないのである。

では、このように全体が部分の単なる総和ではないということ、どのような実験で示すことができるだろうか。1つは、斜線の方向（部分）

を区別するとき、斜線だけを区別する場合よりも、斜線に弁別とは直接関係のない余分な情報（部分）を組み合わせた場合のほうが簡単に区別できることを示すことである（図2）。この場合、部分を足し合わせたものを全体とするのならば、1つの部分を処理するよりも2つの部分を処理するほうが簡単であるという奇妙なことが起きてしまう。全体が部分の単なる足し算ではなく、部分の組み合わせによって何か新しいもの（心理学ではゲシュタルトという）が見えるため、簡単になるのである。また、このような部分の組み合わせによって生じるゲシュタルトが、ヒトだけでなく、チンパンジーやフサオマキザルなど他の霊長類にも同じように生じることが分かってきた。

一方、同じ図形の識別をハトにさせると、ヒトや他の霊長類とは逆の結果が得られる。つまり、ハトにとっては、斜線だけを見せられた場合のほうが、斜線に余分な情報が組み合わせられた場合よりも簡単なのである（図3）。このことは、同じ画像を見ているにもかかわらず、ハトとヒトをはじめてする霊長類では異なるものを見ていることを示している。ハトが何をみているのかを理解することは一筋縄ではいかないが、地道な実験の積み重ねから、推理を交えて読み解いていくしかない。

ヒトらしさとは何か

さて、ハトとヒトのものの見方がどのように違うかということのほかにも、もう1つ考えなければならないことが残っている。それは、なぜ違うのだろうかということである。

原因の1つとして考えられるのは、移動速度の違いである。ハトは空を飛び、高速移動をするために、全体を見渡すよりも、瞬時に断片的にもものを見ることを優先する処理に適応したと考えられる。これに対して、ヒトはハトのような高速移動ができないために、断片的にもものを見るよりも、まず全体を見るということ優先させる処理に適応したと考えられる。

また別の原因として、摂食行動における違いが考えられる。ハトは、豆類、穀物を主な食物としている。一方、ヒトは雑食のチンパンジーとの共通祖先から、より肉食に適応する進化をしたといわれている。ヒトのように狩猟をするようになると、捕食される動物に動きをさとられないように、次に自分が起こす行動の結果、何が起きるかを把握するため、周りの状況全体を見る能力が必要となる。それに対して、ハトはそのような必要性があまりなかったのだろう。

さらに、本稿ではあまり触れていないが、ハトとヒトでは脳の構造が異なるために、脳というハードウェアによる制約が、処理様式の違いとしてあらわれていることも十分に考えられる。

現在分かっていることから推測してみても、どの説明が正しいのか、そもそも正解があるかどうかさえ明らかではないが、より多くの動物を比較することで、ハトとヒトのものを見る仕組みが違う理由が次第に明らかになっていくだろう。いずれにしても、「ヒトらしさとは何か」と



図3 見本合わせ課題に挑戦するハトとフサオマキザル。反応の仕方は違うが、同じ手続きを用いて課題を訓練し、比較することができる。

いう問いに対する答えは、ヒトや霊長類だけを研究しては導き出せないものだろうと私は思う。

社会性による収斂進化

ここまでは、視覚におけるハトとヒトの収斂進化という話題を取り上げてきた。しかし、鳥類と霊長類の収斂進化は視覚だけにとどまらない。最後にもう1つ、社会性という観点から鳥類と霊長類の収斂進化に関して述べておこう。

ヒトをはじめとする霊長類において見られる高度な知的能力は、大規模で複雑な駆け引きを必要とする社会性という生活様式に対する適応であると考えられている(マキャベリの知能仮説)。しかし、社会性は霊長類に限られたものではない。鳥類でも、たとえばカラス科、オウム科の鳥は社会性という生活様式を持ち、高度な知的能力を持つと考えられており、それらの動物における知性の研究が注目を集めている。

たとえば、アメリカカケスは、餌を隠していることを目撃された場合、自分が他個体の餌を盗んだ経験があると、あとでこっそり隠し場所を変えることができる。また、マツカケスは、他個体同士の喧嘩を観察し、どの個体がどの個体より強いかわるかという順位関係を推論するこ

とができる。このような社会的知性は、かつては霊長類に限定されたものだと考えられていたが、今やカラスなどの鳥類でも議論されることが当たり前になりつつある。

他個体との競争の中で獲得された社会的知性は、同時に自分自身を認識するためのものでもあるのだろう。動物で自己認知を検討する方法として、鏡の中の自己像を自分であると認識するかどうかというマークテストがよく用いられる。マークテストでは、まず対象とする動物に気づかれずに自分自身では見えない身体部位(たとえば顔など)に印をつける。そして、鏡を見せたときに、その印が自分の体についたのだということを理解し、自分の体に付けられた印を擦って取り除くなどの行動(自己指向性反応)が起きるかどうかを自己認知の指標とするのである。霊長類では、多くのサルは自己指向性反応を見せず、チンパンジーなどヒトと類縁性の高い類人だけが自己指向性反応を見せる。一方、イルカやゾウなどの哺乳類に加えて、鳥類でもカラス科のカササギが自己指向性反応を示すという報告があり、社会性の高いことと自己認知は無関係ではないと考えられる。

マークテスト以外にも、カラスは、自分自身の知識の状態を認識す

る能力(メタ認知)があることが報告されている。カラスに記憶テストを行わせ、回答後に「自信あり」か「自信なし」かの選択をさせる。「自信あり」を選択した場合、記憶テストに正解していれば、必ず餌がもらえるが、正解していなければ餌はもらえない。一方、「自信なし」を選択すると、記憶テストの正解、不正解にかかわらず、ある一定の確率で餌がもらえる。もしカラスが記憶テストの回答に対する自信を判断できるのであれば、テストに正解した場合は「自信あり」を選び、不正解の場合には「自信なし」を選ぶことが予想される。そして、実際にカラスは、そのような記憶テストに対する自信の有無に基づく選択をしたのである。

社会的知性や自己認知は、かつては霊長類、そしてヒトに特有の「こころ」であると考えられていた。しかし、カラスやオウムなどの鳥類のように、霊長類とは別個に進化して、社会性という生活様式を持つようになった種もいるのである。霊長類とこれらの鳥類との比較は、社会性がどのように知性に影響するかを明らかにするとともに、社会的知性や自己認知における「ヒトらしさとは何か」を教えてくれるだろう。