

〔論文〕

なぜ動物は不合理な行動をとるのか？

柴 崎 全 弘

名古屋学院大学国際文化学部

要 旨

従来、ヒトは合理的に行動する生き物であると考えられていたが、行動経済学を中心とする意思決定研究は、ヒトの不合理な行動を次々と明らかにしている。では、ヒト以外の動物はどのようなのだろうか？自然淘汰の原理に基づいて考えると、不合理な行動をとる動物は合理的に行動する動物に比べて適応度が低くなるため、長い進化の過程で淘汰されていくはずである。行動経済学の分野で動物を対象とした研究が行われることは少ないが、比較認知科学（かつて比較心理学と呼ばれていた学問）の分野では動物の選択行動に関する研究が盛んに行われており、ヒト以外の動物にも不合理な行動が観察されることが明らかにされつつある。本稿では、ヒト以外の動物（主にハト）を対象に行われてきた研究を概観し、不合理と思われる行動の中にも合理的な側面が潜んでいる可能性について考察する。

キーワード：ギャンブル課題，確率学習，合理性，衝動性，進化的適応環境

Why do animals behave irrationally?

Masahiro SHIBASAKI

Faculty of Intercultural Studies
Nagoya Gakuin University

ハトはアタリの少ないクジを好む？

ヒトが示す不合理な行動には様々なものがあるが、ギャンブルにのめり込んでしまうというのも問題視されることが多い行動の1つである。負けが続いてもギャンブルをやめられなくなる理由については、部分強化消去効果と呼ばれる現象を例に挙げて説明されることが多い。これは主に動物の行動研究を通じて明らかにされてきた行動法則であり、簡単に説明すると、ある反応を遂行するたびに必ず報酬を受け取っていた場合（連続強化）よりも、反応を遂行してもたまにしか報酬を受け取れなかった場合（部分強化）のほうが、報酬がまったく与えられなくなっても反応が消去されずに持続しやすくなるという現象を意味する。ギャンブルというのはまさに部分強化そのものであり、低頻度でしかアタリが得られないものだからこそ、ハズレが続く状況でもやめられなくなるのである（Horsley, Osborne, Norman, & Wells, 2012）。部分強化消去効果に関する研究は、ハズレが続く状況下における反応の持続傾向（消去抵抗と呼ばれる）を指標にした研究であるが、最近、ケンタッキー大学の Zentall 教授率いる研究グループは、主にハトを対象にして、アタリの確率（強化率）が低い選択肢と高い選択肢を設けた選択行動研究を精力的に行っており、興味深い成果をいくつも挙げている。

Roper and Zentall (1999) はハトを被験体として次のような実験を行った。反応キーが3つ付いたオペラントボックスで、最初に左右の反応キーが白く点灯し、例えばハトが左のキーをつつくと、同じキーが50 %の確率で赤、50 %の確率で緑に変化した。赤に変化した場合は、それをつつくと100 %の確率で餌が与えられたが、緑に変化した場合にはつついても餌は与えられなかった。このことから、左のキーは50 %の確率で強化される（餌が与えられる）選択肢であった。一方、ハトが右のキーを選択した場合は、50 %の確率で青、50 %の確率で黄に変化し、どちらの場合もキーをつつくと50 %の確率で餌が与えられた。つまり右のキーも50 %の確率で強化される選択肢であった（図1を参照）。左右どちらを選んでも強化率は50 %なのだから、選択率に差は生じないと考えられるが、実験の結果、ハトは有意に高い確率で左のキーを選択した。Gipson, Alessandri, Miller, and Zentall (2009) はさらに驚くべき研究結果を報告している。左のキーは Roper and Zentall (1999) と同じだったが、右のキーに対しては青または黄への反応に対する強化率が75 %に変更された。これにより、左のキーに対する強化率は50 %のままであったのに対し、右のキーに対する強化率は75 %に増加した。そのため、従来の連合学習理論に基づいて考えると、ハトは強化率の高い右のキーをつつくようになるはずであるが、実際は強化率の低い左のキーを有意に多く選択したのである。あらゆる動物は最も効率のよい採餌行動を進化の過程で身に付けているものと考えられているが、ハトは明らかに効率の悪い採餌行動を示したため、この結果は驚きをもって受け入れられた。

衝動性の高いヒトほどギャンブルにのめり込みやすいことが知られているが（Nower, Derevensky, & Gupta, 2004）、ハトではどうなのだろうか？ Laude, Beckmann, Daniels, and Zentall (2014) は即時小報酬と遅延大報酬との選択課題によって被験体のハトを衝動性の高い群（即時小報酬を选好）と低い群（遅延大報酬を选好）に分け、Gipson et al. (2009) と同様の実験を行った結果、衝動性の高いハトほど強化率の低い選択肢を選ぶことが確認された。ヒトもハトも衝動性が高くなるほど、負けるリスクを恐れずに大きな勝ちを求めて行動する傾向が強くなるといえる。

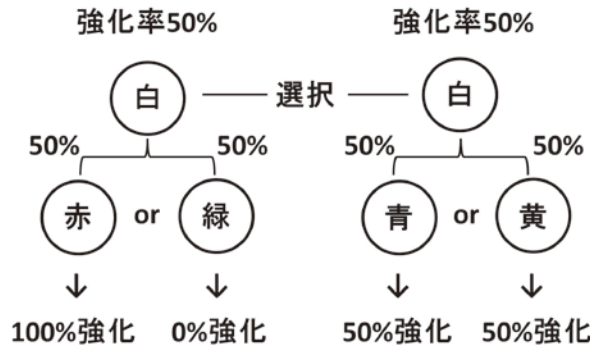


図1 Roper and Zentall (1999) の実験の模式図

Laude, Pattison, and Zentall (2012) はハトを被験体とした研究において、食餌制限によって体重を通常時の 75 % に落とした群と 90 % に落とした群に対して Gipson et al. (2009) と同様の課題を与えて比較した。その結果、75 % の群のほうが強化率の低い側を選択する率が高まった。つまり空腹のハトほどギャンブルに出るというわけである。デンマークで行われた調査では所得の低いヒトほどギャンブルに多くのお金を使っているという結果が得られており (Lyk-Jensen, 2010), またアメリカにおける調査でも所得の低いヒトほど宝くじを多く買っていることが明らかにされている (Haisley, Mostafa, & Loewenstein, 2008)。このことから、蓄え (ハトにとっては体重, ヒトにとっては所得) が少なくなるほど一か八かのギャンブルに走りやすくなる性質がハトやヒトには備わっているようである。蓄えが少ないときにはリスクを冒してでも大きな報酬が得られる可能性のある選択肢を選ぶという性質は動物の採餌行動研究においても多く観察されており, 少なくともヒト以外の動物の生活場面では, この性質が適応度を高めるのに重要な役割を果たしているのではないかと考えられる。

確実性効果とハト

100 % の確率で 5 ドル貰うのと 80 % の確率で 10 ドル貰うのとではどちらがいいかと尋ねると, 多くのヒトは 5 ドルを選ぶ。ところが, 50 % の確率で 5 ドル貰うのと 40 % の確率で 10 ドル貰うのとではどちらがいいかと尋ねると, 今度は 10 ドルのほうが多く選ばれるようになる。これには 100 % といいた確実性を重視する人間の心理が関係しているとされ, このような現象は確実性効果と呼ばれている (Shafir, Reich, Tsur, Erev, & Lotem, 2008)。Roper and Zentall (1999) や Gipson et al. (2009) の実験において, ハトは 100 % の報酬を約束する刺激が現れる側を好んで選択していたことから, ハトもヒトと同様に確実性を重視する性質をもっている可能性が考えられる。そのことを確かめるために Zentall and Stagner (2011) は 2 つの実験を行った。3 つの反応キーが付いたオペラントボックスにおいて, 左右の反応キーに円または十字の模様が呈示され, ハトにどちらかを選択させた。Roper and Zentall (1999) や Gipson et al. (2009) の実験では, 左右の反応キーを両方とも白にしており, 色や模様ではなく左右の位置によって選択させていたが, このやり方だと各被験体もっている位置偏向が選択に影響してしまうため, それを防ぐ目的で, 位置ではなく模様を頼りに選択を行わせる手

続きに変更された。ハトが十字を選択した場合は、そのキーが20%の確率で青、80%の確率で黄に変化し、どちらの色に反応しても50%の確率で餌が与えられた。つまり十字は強化率50%の選択肢になっていた。一方、ハトが円を選択した場合は、そのキーが20%の確率で赤、80%の確率で緑に変化し、赤の場合は確実に餌が与えられたが、緑の場合は餌が与えられなかった。つまり円は強化率20%の選択肢になっており、この実験では十字を選択するのが合理的な反応であったが、ハトは強化率の低い円を有意に多く選択するという不合理な反応を示した（以上が実験1）。円を選択すると、20%という低い確率ではあったが、確実な餌を保証する赤が呈示されたため、ハトは確実性効果の働きによって円を選択していた可能性が考えられる。そこで実験2では、赤に対する強化率を100%から80%に変更し、円は強化率16%の選択肢となった。また、十字を選んだ際に呈示される青または黄に対する強化率を50%から40%に変更し、十字は強化率40%の選択肢となった（図2を参照）。この変更によって、円を選択しても100%の確率で餌を呈示する刺激は呈示されなくなったことから、確実性効果が消えて円に対する選択率が低下する可能性が考えられた。ところが、このような変更を加えてもなお、ハトは円を有意に多く選択したことから、ハトの不合理な行動は確実性効果によって生じていたのではなかったことが明らかになった。

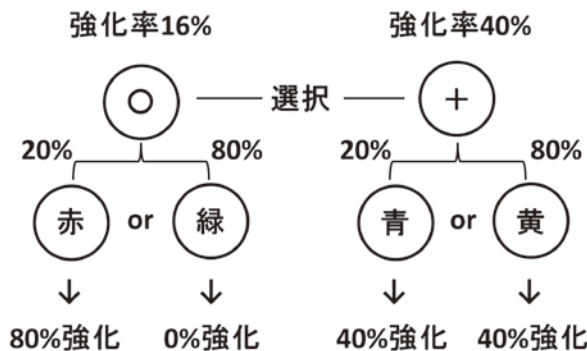


図2 Zentall and Stagner (2011) の実験2の模式図

アタリの頻度は無関係

Gipson et al. (2009) の研究により、ハトは強化率が75%の選択肢よりも50%の選択肢のほうを好むことが明らかにされた。強化率50%の選択肢はアタリ（赤）とハズレ（緑）の出る確率が50%ずつになっていたが、Zentall and Stagner (2011) の実験1では、円の選択肢を選んだ場合、アタリ（赤）の出る確率はわずか20%で、ほとんどはハズレ（緑）になる仕組みになっていた。それでもハトは強化率の低い円を選択したことから、ハトの不合理な選択にはアタリの頻度以外の要因が関係していることが示唆される。

強化率が50%と75%の選択場面（Gipson et al., 2009）よりも、20%と50%の選択場面（Zentall & Stagner, 2011）のほうが、強化率の低い選択肢を選ぶ割合が高まった（69.3% → 81.2%）という結果は、強化率の対比効果を想定すれば説明が付く。Gipson et al. (2009) の実験において、強化率

75 %である右端の反応キーは、青と黄のどちらに変わっても強化率は75 %のままであるが、強化率50 %である左端の反応キーは、赤（強化率100 %）に変わった場合には強化率が2倍に増えることになる（正の対比）。このように強化率の増加が生じる側の選択肢が選ばれると考えれば、Zentall and Stagner（2011）の実験1において、強化率の低い選択肢への強い選好がみられた理由を次のように説明できる。つまり、強化率20 %の選択肢を選んだ場合、もし赤（強化率100 %）に変化すれば強化率は5倍に増える。これはGipson et al.（2009）の実験のときの2倍よりも大きいため、強化率の低い側を選ぶ傾向がさらに強まったのだと考えられる。

アタリが出る頻度を減らしても、ハトがギャンブルに出る行動は減るどころか逆に増加することが確認された。ヒトの場合も、ギャンブル行動を支えているものは勝ったときの報酬の大きさであり、勝つ頻度の高さは重要ではないとされている（Breen & Zuckerman, 1999）。むしろ減多に勝てないからこそ、勝ったときの喜びが倍増し（正の対比）、ますますギャンブルにのめり込んでしまうのではないかと考えられる。

アタリとハズレのインパクト比較

Gipson et al.（2009）の実験において、左のキーは100 %餌が与えられる赤に変化することもあるが（アタリ）、その反面、100 %餌が与えられない緑に変化する可能性（ハズレ）も含む選択肢である。にもかかわらずハトが左のキーを選んだということは、ハトにとってはハズレよりもアタリのインパクトのほうが大きかったということの意味している。このことを検討したのがLaude, Stagner, and Zentall（2014）の実験である。3つの反応キーが付いたオペラントボックスにおいて、左右の反応キーが緑と黄に点灯し、ハトにどちらかを選択させた。ハトが黄を選択した場合は、そのキーが20 %の確率で青、80 %の確率で白に変化し、どちらの色に反応しても3粒の餌が与えられた。つまり黄は確実に3粒の餌が与えられる選択肢になっていた。一方、ハトが緑を選択した場合は、そのキーが20 %の確率で赤、80 %の確率で黒地に白の縦線模様に変化し、赤の場合は10粒の餌、縦線模様の場合は0粒の餌が与えられた。つまり緑を選択した場合に受け取れる餌の期待値は2粒であり、この実験では黄を選択するのが合理的な反応であった。それでもハトは緑を好んで選択し、またもや不合理な反応が示されたが、この実験の目的はハズレ（餌0粒）のインパクトを調べることであった。緑を選択したときに80 %の確率で現れる縦線模様は、餌が貰えないハズレを意味するサインであるため、ハトにとっては嫌悪的な刺激（条件性制止子）になる可能性が考えられる。そこで、アタリのサイン（赤）とハズレのサイン（縦線）を合わせた刺激（赤地に白の縦線）を呈示すると、ハトはどう反応するのかがテストされた。プローブテスト（反応しても餌が与えられない試行）として、緑のキーへの反応に対して赤（アタリ）または赤地に白い縦線模様（アタリ＋ハズレ）を15秒間呈示し、反応率を比較したところ、訓練の初期（緑に対する有意な選好が表れていない段階）ではハズレのサインである縦線模様による制止効果が確認され、赤に白の縦線が加わると反応率は低下したが、緑に対する明確な選好が表れるようになる訓練後半では白の縦線が加わっても反応率は低下しなくなった。つまり、訓練初期では餌0粒というハズレはハトにとって嫌悪的なものであり、そのサインが表れると

ハトの反応は抑制されるが、長く訓練を受けているうちにハズレに対する嫌悪感が薄れ、アタリに対するインパクトだけが残りがちになることが明らかになった。ギャンブルにのめり込んでしまうヒトの場合も、始めたばかりの頃は負けることに對して強い負の感情が喚起され、それがギャンブル行動を抑止する働きをするが、長く続けているうちに負けることに對する嫌悪感が薄れていき、最終的にはいくら負けてもそれがギャンブル行動を抑止する力をもたなくなってしまう可能性が考えられる。また、カジノなどでは誰かが勝ったときには音や光などによる派手な演出が行われるが、負けたときにはそのような演出は行われない (Zentall, 2015)。その結果、利用可能性ヒューリスティック (Tversky & Kahneman, 1974) の働きにより、アタリに対するインパクトのみが強められてしまうのではないかと考えられる。

ハトのギャンブル課題をヒトにやらせると？

Molet et al. (2012) は、Zentall and Stagner (2011) の実験1と同様の課題をヒトに行わせたが、ハトの実験とまったく同じだと味気ないので、パソコンの画面上で行う宇宙戦争ゲームという設定を採用した。2つの惑星系ARTOとZORBがあり、どちらも2つの惑星を含んでいる。今、これらの惑星系をエイリアンが侵略しようとしており、被験者にはその侵略から惑星を守ることが求められた。例えばZORBを侵略してきたエイリアンを退治する条件では、画面上にエイリアンの乗った宇宙船が次々に現れ、それらを撃ち落とすことが求められたが(マウスのカーソルを宇宙船に合わせて左クリック)、宇宙船は必ずしもエイリアンが乗っているとは限らず、無人？の場合もあった。1試行は10秒間で、試行の最後には何体のエイリアンを退治できたかが表示された。ARTOとZORBのどちらの惑星系を守るかを最初を選択し (ハトが十字を選ぶか円を選ぶかに相当)、ZORBを選んだ場合、20%の確率でZORBの惑星Aが戦いの舞台になり、そこで10秒以内に5機以上の宇宙船を撃ち落とすと、エイリアンを9～11体(数値はランダムに変化) 退治したと表示された。残りの80%ではZORBの惑星Bが舞台になり、そこではいくら宇宙船を撃ち落ととしても退治できたエイリアンは常に0体と表示された(つまり惑星Bに登場する宇宙船はすべて無人)。ARTOを選んだ場合、20%の確率で惑星C、80%の確率で惑星Dが舞台になり、どちらの場合も宇宙船を撃ち落とすことにより退治できるエイリアンの数は2～4体(数値はランダムに変化) であった。期待値に基づいて考えると、ARTOを選んだほうが効率よくエイリアンを退治できるが、ZORBを選ぶと確率は低いが一度に多くのエイリアンを退治できるチャンスが含まれている(大当たり)。この実験ではあらかじめ行われた質問紙調査で、日常的にギャンブルをしている群とほとんどギャンブルをしない群とに被験者を分けており、それぞれの群で結果を比較したところ、ZORBの選択率は前者で56.5%、後者で23.0%となった。ハトの結果に比べると、期待値は低いが大当たりが出る側の選択率はそれほど高くはならなかったが、日常的にギャンブルをしている群とそうでない群との間に有意な差がみられたことから、ハトに対して実施されてきたギャンブル課題はヒトに対しても有効であることが確認された。

ギャンブルに走るという行為はリスク指向性と強い関連があるが、リスク指向性は自己制御力の低下によって引き起こされることが分かっている (Freeman & Muraven, 2010)。また、自己制御力は

なぜ動物は不合理な行動をとるのか？

有限であり、自己制御が要求される課題を経験すると、その後しばらくは自己制御力が発揮できなくなることが知られている (Baumeister, Vohs, & Tice, 2007)。そこで Molet et al. (2012) はこの性質を実験に組み込み、自己制御力を低下させたA群 (ギャンブル課題を行わせる前に7分間の音のない動画を見せ、画面の下にときどき呈示される単語は見たり読んだりするなどと指示する) とそのような処置を受けなかったB群 (同じ動画を見せるが何の指示も出さない) とを設けて実験1と同様の課題を行わせたところ、被験者は普段ギャンブルをしない人々であったにもかかわらず、ZORB (たまたま大当たりが出る選択枝) の選択率はA群が55%, B群が38%という結果が得られた。このことから、ヒトは何らかの理由で自己制御力が低下した状態に置かれると一時的にリスク指向性が高まり、ギャンブルに走りやすくなってしまふ可能性が示唆される。ハトを被験体として行われてきたギャンブル課題をヒトに適用した研究はこれまでのところ、この1例のみであるが、ハトのギャンブル行動を左右する要因とヒトのギャンブル行動を左右する要因は同じなのかどうかを調べるためには、この課題を用いたヒトの研究をさらに積み重ねていく必要があるだろう。

動物はモンティ・ホール問題が解けるか？

「確率学習」は動物の学習能力に関する比較研究において古くから使用されてきた課題である。例えば2つの選択枝AとBがあり、Aを選ぶと70%の確率で餌が貰えるが、Bを選ぶと30%の確率でしか餌が貰えないとする。この課題が繰り返し行われる場合の最適な方略は常にAを選び続けることである。この方略はマキシマイジングと呼ばれており、通常、ラットやアカゲザルの実験ではマキシマイジングが確認されている (Macphail, 1982; Wilson, Oscar, & Bitterman, 1964)。しかし、例えばキンギョを被験体とした実験ではマキシマイジングはみられず、Aを70%, Bを30%の割合で選択するというように、強化率と選択率との間に対応関係がみられ、この現象はランダムマッチングと呼ばれている (Bitterman, 1975)。ランダムマッチングの場合、58%の餌しか受け取れなくなってしまうため ($0.7 \times 0.7 + 0.3 \times 0.3 = 0.58$)、これは適応的な方略とはいえない。ヒトを対象とした確率学習の研究では、3〜6歳の子供ではマキシマイジングが観察されたが、それ以上の年齢になるとランダムマッチングが観察されている (Derks & Paclisanu, 1967)。マキシマイジングだと70%の報酬は確保できるものの、30%の報酬は諦めなければならない。しかし、残る30%の報酬もなんとかして確保する方法はないものかと試行錯誤を繰り返しているうちにランダムマッチングになってしまうのではないと思われる。

このように、確率学習のような単純な学習課題の成績は必ずしも知能を反映した結果になるとは限らず、ヒトよりも動物のほうがよい成績を収める場合もある。例えばヒトが苦手としている課題に「モンティ・ホール問題」と呼ばれるものがある。これはテレビのクイズ番組において行われていたゲームであり、3枚の扉のうちの1枚に隠されている景品を当てるというものである。参加者が1枚を選んだ後、正解の位置を知っている司会者が、選ばれなかった2枚の扉のうち、ハズレのほうの扉を開けてみせる。このとき、参加者は最初に選んだ扉を開けるか、残されたもう1枚の扉を開けるかの選択を迫られる。参加者の多くは、扉が2枚になった時点でどちらを選んでも景品が当たる確率は

50 %だと考えてしまい、最初に選んだほうの扉を開けてしまう。しかし、実際に景品が当たる確率は、選択を変えなかった場合は33 % (1/3) だが、選択を変えた場合は67 % (2/3) となるため、選択を変えるのが正しい方略である。Herbranson and Schroeder (2010) は、このモンティ・ホール問題をヒトとハトに解かせて結果を比較している。ハトの実験では、オペラントボックス内の3つの反応キーが白く点灯して試行が開始され、ハトがどれか1つを選択するとすべてのキーが1秒間だけ消灯し、その後、最初にハトが選んだキーと、残り2つのキーのうちの1つが緑に点灯した。このとき、最初に選んだキーを再び選択すると強化率は33 %となるが (Stay)、他方のキーに選択を変えると強化率は67 %となる (Switch)。訓練は1日に100試行で30日間続けられたが、ハトが選択を変えた (Switch) 割合は、初日は36.33 %であったのに対して最終日には96.33 %となり、ハトはモンティ・ホール問題において最適な方略をマスターできることが示された。一方、ヒトの実験ではハトの実験とほぼ同様の手続きでポイントを稼ぐことが課せられたが、正しい選択 (Switch) をとった割合は、全200試行のうち最初の50試行では56.67 %であり、最後の50試行では65.67 %となった。しかし、いずれの結果もチャンスレベル (50 %) との間に有意な差はみられなかった。つまり、ヒトは200回モンティ・ホール問題を経験しても最適な方略を見出すことはできないことが明らかとなった。ハトとヒトでは受けた試行数が大きく異なるものの、モンティ・ホール問題においてハトは最終的に選択を変える反応 (Switch) をとり続けるというマキシマイジングを示したのに対し、ヒトはランダムマッチングという最適とはいえない反応を示した。この結果は、ハトとヒトは異なる理屈で意思決定を行っている可能性を示唆している。では、ヒトにあってハトにはない理屈とはどのようなものだろうか？

モンティ・ホール問題と所有効果

ヒトは自分が所有しているものに高い価値を置き、それを手放すことに抵抗を感じる性質をもっていることが、次のような実験によって明らかにされている。学生を2つのグループに分け、Aグループにはマグカップを与えてBグループには何も与えないようにする。ここで、Aグループにはそのマグカップを売るとしたらいくらで売るかを尋ね、Bグループにはそのマグカップを買ってもいいと思える値段を尋ねた。その結果、Aグループは平均5.25ドルという値段を付けたのに対し、Bグループは平均2.75ドルなら買ってもいいと答えた (Kahneman, Knetsch, & Thaler, 1990)。このように、自分の所有物になったものに対してはそれを手放すことで損をしたくないという気持ちになり、適正価格よりも高い値段を付けてしまいがちになるのである。この現象は所有効果と呼ばれるが、これがモンティ・ホール問題にも関係していることを示唆する研究がある。Granberg and Dorr (1998) はヒトを対象としたモンティ・ホール問題の研究において、最初の選択を被験者が自ら行った群と第三者に選択を委ねた群を比較した結果、最終的なパフォーマンスには群間差は生じなかったものの、第三者に選んでもらった群のほうが訓練のより初期の段階で最適な反応 (Switch) をとるようになった。つまり、ヒトは最初に選んだ扉を手放すことに抵抗を感じるために Stay という間違った選択をしてしまうことが多いが、最初の選択を第三者に行ってもらうことで所有効果が働きにくくなり、最適な

反応に気が付きやすくなるのだと考えられる。ハトはヒトよりも速やかにモンティ・ホール問題における最適な方略を学習するという事実は、ハトはヒトと違って所有効果を示さない可能性を示唆するものであるが、ハトを被験体とした所有効果の研究はいまだ行われていない。

ヒトは選択を変えずにいたことでハズレを経験するよりも、選択を変えたことによってハズレを経験するほうがより強い後悔を感じることが次のような研究で明らかにされている。「ポール氏はA社の株をもっている。1年前、B社の株に買い換えようかと思ったが、結局やめにした。今調べると、もし買い換えていたら今より1200ドル儲かっていたことが判明した。」「ジョージ氏はB社の株をもっていた。1年前、A社の株に買い換えた。今調べると、B社の株をもち続けていれば今より1200ドル儲かっていたことが判明した。」ポール氏とジョージ氏では、どちらのほうが強い後悔を感じるだろうか？ ポール氏はやらなかったことを後悔し、ジョージ氏はやったことを後悔することになるわけだが、調査の結果、ジョージ氏の感じる後悔のほうが強いとする回答が多くなった。つまり、多くのヒトにとって、何かをやらなくて失敗するより、やって失敗するほうが、後悔が強くなるのである (Gilovich, Medvec, & Chen, 1995; Kahneman & Miller, 1986)。モンティ・ホール問題の場合、Stayを選んでハズレたときと、Switchを選んでハズレたときとでは、後者の場合のほうが後悔は強くなるため、このこともヒトがSwitchを選bitがらない原因の1つになっていると考えられる。

衝動性がもたらす不合理性

2つの選択肢AとBがあったとする。Aを選択すると選択肢Bは消失し、Aに対する報酬が与えられて試行は終了するが、Bを選択すると、Bに対する報酬が与えられるだけでなく、選択肢Aも残り続けるため、次にAを選択すればAに対する報酬も受け取ることができる。これは一過性報酬課題 (Ephemeral reward task) と呼ばれているもので、当然のことながらBを選択するのが正解である。しかし、これまでに様々な動物種を対象に実験が行われた結果、種によって反応パターンに大きな違いがみられることが明らかになった。この課題で比較的速やかに正解のBを選ぶことを学習する動物はクリーナー・フィッシュ (ホンソメワケベラ) とオウムであり、なかなか正解を選ぶことのできない動物はハト、ラット、アカゲザル、フサオマキザル、オランウータン、チンパンジーであった (Pepperberg & Hartsfield, 2014; Prétôt, Bshary, & Brosnan, 2016; Salwiczek et al., 2012; Zentall, Case, & Berry, 2017a; Zentall, Case, & Luong, 2016)。この問題でAを選択すると、Aに対する報酬が受け取れるため、Aと報酬との間には連合が形成される。一方でBを選んだ場合は、まずBに対する報酬が受け取れるため、Bと報酬との間に連合が形成されるが、次にAを選ぶことでAに対する報酬も受け取れるため、AとBのどちらを選んでもAに対する報酬を受け取ることになる。そのため、BよりもAのほうが報酬との間に強い連合が形成される結果、Aのほうを選んでしまうという可能性が考えられる。Zentall et al. (2016) はハトに対して青い反応キー (Aに該当) と黄色い反応キー (Bに該当) を使った実験を行った結果、ハトは青色の反応キーを有意に多く選択することが確認された。この結果が、黄色と報酬との連合強度よりも、青色と報酬との連合強度のほうが強くなったことによるものなのかを検討するために、黄色の反応キーをつつくと青いキーが赤色に変化するように手続き

を変更した実験が行われた。こうすることで、黄色を選択したときに青いキーをつつくことがなくなり、青と黄色との間に生じていた報酬との連合強度差をなくすことができた。その結果、青色に対する有意な選好がみられなくなったため、やはり色と報酬との連合強度が影響を及ぼしていたことが確認されたが、それでもなお、最適な選択肢（黄色）に対する有意な選好はみられなかった。

ハトに限らず、動物の反応はその直後にどういう結果がもたらされるかによって、その後も反応が持続するか消去されるかが決まるとされている（スキナー, 2003）。Zentall et al. (2016) の実験では、青と黄色のどちらを選んでも即時に1つめの報酬が得られるようになっていた。黄色を選べば青から赤へと変化したキーをつついて2つめの報酬を手に入れることができるが、最初に黄色を選んでから2つめの報酬を受け取るまでの間には時間的な遅延が生じることになるため、そのことが最適な選択反応を妨げている可能性が考えられる。ハトの自己制御に関する研究によると、2秒後に得られる小報酬と6秒後に得られる大報酬では2秒後の小報酬が有意に多く選択される（衝動性選択）が、それぞれを18秒延ばし、20秒後の小報酬と24秒後の大報酬の選択に変更すると、ハトは24秒後の大報酬を選ぶようになる（自己制御選択）と報告されている（Green, Fisher, Perlow, & Sherman, 1981）。そこで、Zentall, Case, and Berry (2017b) は青と黄色のどちらのキーを選んでも即時に報酬を与えるのを止め、選択してから20秒後（FI20s）に報酬を与える手続きに変更して同様の実験を行った（黄色を選んだ場合、黄色に対する報酬だけでなく、のちに青に対する報酬も受け取ることができたが、青に対する報酬は1回のつつき反応によって与えられた）。その結果、ハトは最適な選択肢である黄色を有意に多く選択するようになった。このことから、最初の報酬を受け取るまでの時間を延ばすことでハトの衝動性を抑制しておけば、2つめの報酬が伴う選択肢の価値を正しく評価できるようになることが明らかになった。しかし、このような手続きをとった場合でも、ハトはクリーナー・フィッシュやオウムほど速やかに正反応を学習することはできなかった。

採食パターンが形成する衝動性

餌の価値はそれが手に入るまでの時間間隔によって変化し、手に入るまでの時間間隔が長くなればなるほど餌の価値は低下していく。この現象は遅延価値割引と呼ばれている。将来手に入る大きな報酬のために目先の小報酬を我慢できるかどうかには衝動性の高低が深くかかわっているが、動物の採食パターンの違いが遅延による価値の割引率に影響することを示した研究がある（Stevens, Hallinan, & Hauser, 2005）。南米に生息する霊長類であるタマリンとマーモセットに対して、すぐに貰える2粒の餌とX秒後に貰える6粒の餌という2つの選択肢を呈示した。Xの値を0秒からスタートして徐々に長くしていき、すぐに貰える2粒の餌とX秒後に貰える6粒の餌の主観的価値が等しくなるポイントを調べた結果、タマリンが平均8秒であったのに対してマーモセットは平均14秒となり、マーモセットのほうが遅れてやってくる報酬を辛抱強く待てることが示された。このような差を生じさせる原因として、タマリンとマーモセットの採食パターンの違いを挙げることができる。タマリンは主に昆虫を餌にしており、森の中を広範囲に歩き回って採食している。一方、マーモセットは主食が樹液であり、木の皮に傷を付けてそこから樹液が滲み出してくるのを待つ習性をもっている。このような

食性の違いが価値割引の実験における割引率の違いとして表れたのだと考えられる。また、採食の際の活動範囲も両種に違いがみられ、タマリン（7.8～10ha）のほうがマーモセット（0.5～5ha）よりも広い。そこで、近くに置かれた2粒の餌と遠くに置かれた6粒の餌のどちらを選択するかを調べた結果、タマリンのほうがより遠くまで餌をとりに行くことが明らかになった（Stevens, Rosati, Ross, & Hauser, 2005）。このように、人工的な環境下におけるパフォーマンスには動物の知性がストレートに表れるとは限らず、それぞれの動物がもっている野生下における習性が強い影響を及ぼすこともある。一過性報酬課題においてクリーナー・フィッシュがハトよりもよいパフォーマンスを示したのも、このサカナがもっている野生下での習性が関係していると考えられる。クリーナー・フィッシュは自分よりも大きいサカナの口の中に入っていく、そこに付いている寄生虫や古くなった細胞などを餌にしているが、大きいサカナの口の中に入っていくことには大きなリスクが伴う。そのため、このサカナは非常に用心深く、目の前に餌があってもすぐに飛びついたりはしない。一過性報酬課題は衝動性の高い動物ほどパフォーマンスが下がってしまう性質をもつものであるため、衝動性の低いクリーナー・フィッシュのほうがハトよりも高いパフォーマンスを示すことができたのだと考えられる。

結論

様々な課題において動物が不合理な行動をする事例をみてきたが、野生下では最小のコストで餌の獲得量を最大化するように振る舞っているはずの動物が、なぜ実験室では効率の悪い採食パターンを示すのだろうか？この問題には、被験体にされた動物が本来の生息環境で求められる最適な反応と、実験室という人工的な環境で求められる最適な反応とのズレが関係していると考えられる。例えば野生下では常に飢えの危険や捕食者の危険につきまといられることになるため、それらの危険に対処できるように行動しなければならないが、実験室ではそれらの危険は存在しないため、獲得する餌の量を最大化することだけを考えて行動すればよい。ところが、実験室に置かれた動物にはそのことが分からないため、野生下と同じように捕食者や飢えの危険を避けるように行動しようとしてしまう（Houston, McNamara, & Steer, 2007）。その結果として、被験体が生ずる振る舞いは実験室における最適な反応から外れていってしまうことになるのである。例えば2つの選択肢AとBがあり、Aを選ぶと70%の確率で餌が貰えるが、Bを選ぶと30%の確率でしか餌が貰えないという状況では、Bを選ぶことで得られる餌は諦めてAのみを選択し続ける（マキシマイジング）のが餌の獲得量を最大化する最良の選択であるが、これは実験室に限った話であり、野生下では必ずしもマキシマイジングが最適な方略であるとは限らない。というのも、Aの餌場のほうがBの餌場よりも餌を見つけやすいからといってすべての個体がAに殺到すると、1個体当たりが獲得できる餌の量は逆に少なくなってしまうかもしれないからである。実験室では他個体と競合する可能性は排除されているため、強化率の高いAのみを選択し続けることが合理的とみなされるが、野生下では同種他個体や他の動物との競合を避けるために、時間帯によって餌場を変えたりする必要が出てくる。また、季節によって最適な餌場が変化することもあるため、1つの餌場のみを訪れるという方略は、自然環境下では合理的とはいえない。

ないだろう。このように考えると、マキシマイジングを示すラットやサルは逆に不合理な振る舞いをしていることになるのではないかと思えてくるが、ラットやアカゲザルは常にマキシマイジングをするわけではなく、時にはランダムマッチングのような反応を示すこともある (Hickson, 1961; Wilson, Oscar, & Bitterman, 1964)。しかし、それはサカナが示すランダムマッチングとは異なり、前試行で強化を受けたか否かによって次の反応を変えるという方略で、システマティック・マッチングと呼ばれている。ラットが何に基づいてマキシマイジングとシステマティック・マッチングとを使い分けているのかについてはいまだに明らかにされていない。オオカミとイヌとを比較した選択行動研究から、オオカミは確率が低くても大報酬が得られる可能性のある選択肢を選ぶが(リスク追求型)、イヌは得られる報酬が少なくても確実に手に入る選択肢を選ぶ(リスク回避型)ことが明らかにされている (Marshall-Pescini, Besserdich, Kratz, & Range, 2016)。確率学習の実験に用いられているラットは野生のドブネズミから長い年月をかけて家畜化された実験動物であるが、もしかすると野生動物のほうが野生下において合理的な反応(システマティック・マッチング)をとりやすく、逆に家畜化された動物は人工的な実験環境において合理的な反応(マキシマイジング)をとりやすいといった違いが認められる可能性が考えられる。

レバー押しによって餌をとる訓練を受けているラットに対し、餌の入った皿をケージ内に置いたところ、コストをかけずに餌が手に入るようになったにもかかわらず、レバー押しによって餌をとる行動が残り続けたという報告がある (Jensen, 1963)。このように、楽に手に入る餌があるにもかかわらず、わざわざコストをかけて餌をとろうとする行動は昔から多くの動物種で確認されており、コントラフリーローディング (Contrafreeloading; CFL) と呼ばれている。なぜCFLが生じるのかについてはいくつかの仮説が提唱されているが、その中で最も有力視されているのが、動物は周囲の環境に関する情報を集めるために、わざわざコストのかかる採食方法をとっているとする考え方である (Inglis, Forkman, & Lazarus, 1997; Inglis, Langton, Forkman, & Lazarus, 2001)。自然環境においては、最適な餌場は1カ所であるとは限らず、また現在において最適な餌場が今後もそうであり続けるという保証はない。Melcer and Timberlake(1985)は十字迷路を使って次のような実験をラットで行った。十字迷路の各アームの先端には給水器が取り付けられており、3カ所では水、1カ所ではサッカリン溶液が飲めるようになっていた。ラットがサッカリン溶液を飲んだ後、吐き気を催させる毒物である塩化リチウムを注射すると、ラットはサッカリン溶液の摂取を控えるようになり、味覚嫌悪学習が確認された。しかし、その後もサッカリン溶液が飲めるアームへの進入は続き、あるとき、サッカリン溶液を水に換えると、再びその場所で水を飲むようになった。つまり、ラットは安全に水が飲めるアームを見つけた場合でも、常に他のアームへも進入して情報を収集することで、環境の変化を迅速に感知することができたのである。このように動物にとって最適な餌場は時々刻々と変化するものであるため、現時点において低コストで餌が食べられる場所を見つけるだけでは不十分であり、常にその他の餌場に関する情報を収集しておく必要がある。このことが実験場面においてCFLを生じさせているのであり、一見するとコストの浪費と思われる行動も、実は適応的な意味をもっているのである。

進化心理学において重要視されている概念に進化的適応環境 (environment of evolutionary adaptation) というものがある。これは、動物の行動や学習メカニズムが自然淘汰によって形作られ

た時代にさらされていた本来の生息環境を指す言葉である（スタノヴィッチ，2017）。動物の示す行動はこの進化的適応環境においては合理的なものであるはずだが、それ以外の環境に置かれると、それらは不合理なものとなりかねない。ヒトが示す不適切な行動として問題視されることの多い「やるべきことの先延ばし」（やるべきことをせずに他のことをする）は、ヒトの進化的適応環境と現代人が暮らしている環境とのズレによって生じているとする考え方がある（スティール，2012）。「やるべきことの先延ばし」は、やるべきことではなく今やりたいことをやってしまうという「衝動性」が関係している。ではなぜヒトは不適応を招くほどの「衝動性」を身に付けてしまったのかというと、人類が狩猟採集生活を送っていた時代（この頃の環境こそがヒトにとっての進化的適応環境であると考えられている）にはそれが有益な性質であったからに他ならない。その時代にはテレビ、インターネット、SNS、雑誌などといった現代人の生活環境に溢れている様々な誘惑物が存在しておらず、「衝動性」は食料の確保や配偶者の獲得など、適応度を高める行動を起こさせる上で重要な役割を果たしていたと考えられる。しかし、今から約1万年前に農業が行われるようになると、秋に作物を収穫するために春に種まきをするといった具合に、半年後を見越した行動をとる必要が出てきた。4000年前の古代エジプト人が記した「先延ばし」を意味する言葉は農業に関する文脈で最も多く用いられているという。人類（ホモ属）が200万年の歴史をもっているとするならば、その大半を狩猟採集民として過ごしてきたわけで、それに比べれば農業をするようになってからの1万年などごくわずかな期間に過ぎない。進化が起きるためには長期間にわたって安定した環境が続くことが必要とされるが、農業が始まってからの1万年で、人間の生活環境はめまぐるしい変化を遂げてきた。そのため、ヒトの脳は依然として狩猟採集生活を送っていた1万年前までの環境に適応した作りのままだになっており（ボイド・シルク，2011）、そのことが現代人に不合理な行動をとらせる原因になっていると考えられている。

ヒトは不合理と思えるような行動を示すことがあるが、ヒト以外の動物で実験してもヒトと同様に不合理な行動を示すことが明らかになった。しかし、それらの行動は人工的な実験環境においては不合理であるかもしれないが、その動物が本来生息している環境では適応をもたらす行動なのかもしれない。そう考えると、ヒトが示す不合理な行動も進化的適応環境からズレた環境に置かれていることが原因で生じている可能性がある。ある環境で暮らしている動物をどういう実験環境に置くと不合理な行動を示すようになるのか、その関係性を調べる研究は、ヒトが不合理な振る舞いをしてしまいやすくなる環境条件を明らかにし、その改善策を見つけることに貢献するはずである。また、ある動物が示す不合理な行動が別の動物ではみられなかったという場合、それらの動物は進化的適応環境が異なっている可能性が考えられる。あらゆる動物は本来の生息環境で経験する様々な問題にうまく対処できるような性質を進化させてきているはずである。現代人が暮らしている環境や、動物が置かれた実験環境において観察される一見不合理な行動も、そのルーツを辿っていけば、本来の生息環境への適応に裏打ちされた合理性に行き当たるのではないだろうか。

引用文献

- Baumeister, R. F., Vohs, K. D., & Tice, D. M. (2007). The strength model of self-control. *Current Directions in Psychological Science*, 16(6), 351-355.
- Bitterman, M. E. (1975). The comparative analysis of learning. *Science*, 188(4189), 699-709.
- ボイド, R.・シルク, J. B. (2011) 『ヒトはどのように進化してきたか』 (松本晶子／小田亮監訳) ミネルヴァ書房.
- Breen, R. B., & Zuckerman, M. (1999). Chasing'in gambling behavior: Personality and cognitive determinants. *Personality and Individual Differences*, 27(6), 1097-1111.
- Derks, P. L., & Paclisanu, M. I. (1967). Simple strategies in binary prediction by children and adults. *Journal of Experimental Psychology*, 73(2), 278-285.
- Freeman, N., & Muraven, M. (2010). Self-control depletion leads to increased risk taking. *Social Psychological and Personality Science*, 1(2), 175-181.
- Gilovich, T., Medvec, V. H., & Chen, S. (1995). Commission, omission, and dissonance reduction: Coping with regret in the "Monty Hall" problem. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 21(2), 182-190.
- Gipson, C. D., Alessandri, J. J., Miller, H. C., & Zentall, T. R. (2009). Preference for 50% reinforcement over 75% reinforcement by pigeons. *Learning & Behavior*, 37(4), 289-298.
- Granberg, D., & Dorr, N. (1998). Further exploration of two-stage decision making in the Monty Hall dilemma. *American Journal of Psychology*, 111(4), 561-579.
- Green, L., Fisher, E. B., Perlow, S., & Sherman, L. (1981). Preference reversal and self control: Choice as a function of reward amount and delay. *Behaviour Analysis Letters*, 1, 43-51.
- Haisley, E., Mostafa, R., & Loewenstein, G. (2008). Subjective relative income and lottery ticket purchases. *Journal of Behavioral Decision Making*, 21(3), 283-295.
- Herbranson, W. T., & Schroeder, J. (2010). Are birds smarter than mathematicians? Pigeons (*Columba livia*) perform optimally on a version of the Monty Hall Dilemma. *Journal of Comparative Psychology*, 124(1), 1-13.
- Hickson, R. H. (1961). Response probability in a two-choice learning situation with varying probability of reinforcement. *Journal of Experimental Psychology*, 62(2), 138-144.
- Horsley, R. R., Osborne, M., Norman, C., & Wells, T. (2012). High-frequency gamblers show increased resistance to extinction following partial reinforcement. *Behavioural Brain Research*, 229(2), 438-442.
- Houston, A. I., McNamara, J. M., & Steer, M. D. (2007). Do we expect natural selection to produce rational behaviour?. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 362(1485), 1531-1543.
- Inglis, I. R., Forkman, B., & Lazarus, J. (1997). Free food or earned food? A review and fuzzy model of contrafreeloading. *Animal Behaviour*, 53(6), 1171-1191.
- Inglis, I. R., Langton, S., Forkman, B., & Lazarus, J. (2001). An information primacy model of exploratory and foraging behaviour. *Animal Behaviour*, 62(3), 543-557.
- Jensen, G. D. (1963). Preference for bar pressing over "freeloading" as a function of number of rewarded presses. *Journal of Experimental Psychology*, 65(5), 451-454.
- Kahneman, D., Knetsch, J. L., & Thaler, R. H. (1990). Experimental tests of the endowment effect and the Coase theorem. *Journal of Political Economy*, 98(6), 1325-1348.
- Kahneman, D., & Miller, D. T. (1986). Norm theory: Comparing reality to its alternatives. *Psychological Review*, 93(2), 136-153.

- Laude, J. R., Beckmann, J. S., Daniels, C. W., & Zentall, T. R. (2014). Impulsivity affects suboptimal gambling-like choice by pigeons. *Journal of Experimental Psychology: Animal Learning and Cognition*, 40(1), 2–11.
- Laude, J. R., Pattison, K. F., & Zentall, T. R. (2012). Hungry pigeons make suboptimal choices, less hungry pigeons do not. *Psychonomic Bulletin & Review*, 19(5), 884–891.
- Laude, J. R., Stagner, J. P., & Zentall, T. R. (2014). Suboptimal choice by pigeons may result from the diminishing effect of nonreinforcement. *Journal of Experimental Psychology: Animal Learning and Cognition*, 40(1), 12–21.
- Lyk-Jensen, S. V. (2010). New evidence from the grey area: Danish results for at-risk gambling. *Journal of Gambling Studies*, 26(3), 455–467.
- Macphail, E. M. (1982). *Brain and intelligence in vertebrates*. Oxford: Clarendon Press.
- Marshall-Pescini, S., Besserlich, I., Kratz, C., & Range, F. (2016). Exploring differences in dogs' and wolves' preference for risk in a foraging task. *Frontiers in Psychology*, 7, 1241.
- Melcer, T., & Timberlake, W. (1985). Poison avoidance and patch (location) selection in rats. *Animal Learning & Behavior*, 13(1), 60–68.
- Molet, M., Miller, H. C., Laude, J. R., Kirk, C., Manning, B., & Zentall, T. R. (2012). Decision making by humans in a behavioral task: Do humans, like pigeons, show suboptimal choice?. *Learning & Behavior*, 40(4), 439–447.
- Nower, L., Derevensky, J. L., & Gupta, R. (2004). The relationship of impulsivity, sensation seeking, coping, and substance use in youth gamblers. *Psychology of Addictive Behaviors*, 18(1), 49–55.
- Pepperberg, I. M., & Hartsfield, L. A. (2014). Can Grey parrots (*Psittacus erithacus*) succeed on a “complex” foraging task failed by nonhuman primates (*Pan troglodytes*, *Pongo abelii*, *Salapajus apella*) but solved by wrasse fish (*Labroides dimidiatus*)? *Journal of Comparative Psychology*, 128, 298–306.
- Prétôt, L., Bshary, R., & Brosnan, S. F. (2016). Factors influencing the different performance of fish and primates on a dichotomous choice task. *Animal Behaviour*, 119, 189–199.
- Roper, K. L., & Zentall, T. R. (1999). Observing behavior in pigeons: The effect of reinforcement probability and response cost using a symmetrical choice procedure. *Learning and Motivation*, 30(3), 201–220.
- Salwiczek, L. H., Prétôt, L., Demarta, L., Proctor, D., Essler, J., Pinto, A. I., Bshary, R. (2012). Adult cleaner wrasse outperform capuchin monkeys, chimpanzees, and orang-utans in a complex foraging task derived from cleaner-client reef fish cooperation. *PLoS One*, 7, e49068.
- Shafir, S., Reich, T., Tsur, E., Erev, I., & Lotem, A. (2008). Perceptual accuracy and conflicting effects of certainty on risk-taking behaviour. *Nature*, 453(7197), 917.
- スキナー, B. F. (2003) 『科学と人間行動』(河合伊六ほか訳) 二瓶社.
- スタノヴィッチ, キース. E. (2017) 『現代世界における意思決定と合理性』(木島泰三訳) 太田出版.
- スティール, ピアーズ (2012) 『ヒトはなぜ先延ばしをしてしまうのか』(池村千秋訳) 阪急コミュニケーションズ.
- Stevens, J. R., Hallinan, E. V., & Hauser, M. D. (2005). The ecology and evolution of patience in two new world monkeys. *Biology Letters*, 1(2), 223–226.
- Stevens, J. R., Rosati, A. G., Ross, K. R., & Hauser, M. D. (2005). Will travel for food: spatial discounting in two new world monkeys. *Current Biology*, 15(20), 1855–1860.
- Tversky, A., & Kahneman, D. (1974). Judgment under uncertainty: Heuristics and biases. *Science*, 185(4157), 1124–1131.
- Wilson, W. A., Oscar Jr, M., & Bitterman, M. E. (1964). Probability-learning in the monkey. *Quarterly Journal of*

- Experimental Psychology*, 16(2), 163–165.
- Zentall, T. R. (2015). When animals misbehave: analogs of human biases and suboptimal choice. *Behavioural Processes*, 112, 3–13.
- Zentall, T. R., Case, J. P., & Berry, J. R. (2017a). Rats' acquisition of the ephemeral reward task. *Animal Cognition*, 20(3), 419–425.
- Zentall, T. R., Case, J. P., & Berry, J. R. (2017b). Early commitment facilitates optimal choice by pigeons. *Psychonomic Bulletin & Review*, 24(3), 957–963.
- Zentall, T. R., Case, J. P., & Luong, J. (2016). Pigeon's (*Columba livia*) paradoxical preference for the suboptimal alternative in a complex foraging task. *Journal of Comparative Psychology*, 130(2), 138–144.
- Zentall, T. R., & Stagner, J. P. (2011). Sub-optimal choice by pigeons: Failure to support the Allais paradox. *Learning and Motivation*, 42(3), 245–254.