

認知的メタプロセスの比較認知科学的検討

岩崎 純衣

目次

要旨 3

第 1 章 メタ認知の比較研究における問題点 11

- 1-1. 認知的メタプロセスとは 11
- 1-2. 従来 of 認知的メタプロセスに関する比較認知研究 13
- 1-3. 比較認知におけるメタ認知研究の問題点と解決策 17

第 2 章 鳥類における長期記憶課題を用いたメタ認知研究 21

- 2-1. 鳥類におけるメタ認知の証拠の弱さと課題の作業記憶負 21
- 2-2. 実験 1 : 課題遂行時におけるメタ認知の検討 25
- 2-3. 実験 2 : 課題遂行前におけるメタ認知の検討 48
- 2-4. 2 章のまとめ 60

第 3 章 将来の心的状態を見越した準備的情報希求行動 63

- 3-1. 現在の心的状態の認知と将来の心的状態への準備的行動 63
- 3-2. 実験 1 : 将来の心的状態に向けた準備的行動 66
- 3-3. 実験 2 : 将来の準備的情報希求行動の方向性の有無 76
- 3-4. 3 章のまとめ 85

第 4 章 ヒト幼児における自己の経験に基づいた他者の行動予測 87

4-1. 自身の経験や獲得した知識へのアクセスを必要とする

他者の行動予測 87

4-2. 実験 1：一般的経験に基づく他者の行動予測 89

4-3. 実験 2：具体的経験に基づく他者の行動予測 95

4-4. 実験 3：ヒトがいる場面の観察経験に基づく

他者の行動予測 99

4-5. 4章のまとめ 101

第 5 章 総合考察 104

5-1. 本研究で明らかになったこと 104

5-2. 系統発生的視点からみたメタ認知能力の発達 108

5-3. 個体発生的視点からみたメタ認知能力の発達 110

5-4. 展望 112

引用文献 116

本論文と研究業績の対応 125

研究業績 126

謝辞 134

要旨

ヒト成人は外部から得られる情報のみならず、自身の内的な認知活動をも情報処理の対象とすることができる。例えば自身に欠けている知識や能力を認識し、それに基づいて必要な情報を収集したり、適切な訓練を自らに課したりする。この高次の認知活動はメタ認知と呼ばれ、知識の不足を適切にモニタリングすることによって学習の効率性を向上させるなど行動の適応度を飛躍的に高めるための能力として、ヒトでは幅広い分野において精力的に研究されてきた。

メタ認知を自身の内的な表象への積極的なアクセスであると定義すると、単に自分自身の記憶や知識状態などをモニタリングする能力のみならず、過去の経験を積極的に想起するエピソード記憶、将来生じうる出来事に向けた準備的行動、自身の行動傾向をシミュレーション的に利用した他者の行動予測といった幅広い能力も、広い意味でメタ認知の一種だと考えることができる。本論文ではこれらの認知過程を「認知的メタプロセス」と呼ぶ。

こうした高次の認知過程は、なぜ、いかにして発生したのであるうか。またヒト成人が持つような複雑で洗練された認知的メタプロセスの能力はどのような要因によって進化してきたのであろうか。本論文では、比較認知科学的アプローチによって認知的メタプロセスの適応的意義を検討することにより、これらの問いに答えようとした。

今日までに、ヒト以外の霊長類や齧歯類、クジラ類などのいくつかの動物種が、メタ認知を有することが示唆され始めている。しかしこれらの研究のほとんどは、当該の動物種がメタ認知を持つか否かという問題を扱った離散的な検討にとどまっており、いまだ認知的メタプロセスの適応的意義の解明につながっていない。本論文では、認知的メタプロセスの適応的意義を解明するため明らかにすべき大きな2つの問題を指摘し、検討を行った。

1つ目の問題は、認知的メタプロセスの発生につながった選択圧の解明である。認知的メタプロセスの適応的意義を解明するためには、どのような選択圧がかかってきた結果、それが獲得されてきたのかを考察することが不可欠である。しかし従来の研究では、この問いがほとんど問題にされてこなかった。

この問題を解決するための手がかりとして、本論文では、外的な情報の処理に関しては高度な能力を発揮することが知られている鳥類が、内的情報の処理を行うためのメタ認知に関しては弱い証拠しか得られていないことに着眼した。もしこれら2つの能力の乖離が事実だとすれば、これらの能力は異なる選択圧によって発達したと考えられる。しかし過去の研究を精査すると、別の原因として、作業記憶負荷の問題が浮上した。メタ認知を同定しようとする場面で用いられてきた基礎課題は、それ自体が複雑で作業記憶資源を大量に消費するものであることが多く、鳥類にとってメタ認知活動に割り振る資源が残されていなかったという可能性も考えられる。鳥類

においてメタ認知の弱い証拠しか得られなかった理由を探ることは、メタ認知の選択圧の問題について議論するうえで重要である。よって第2章では、作業記憶負荷が比較的低いと考えられる長期記憶課題を用いて鳥類におけるメタ認知について検討した。

実験1では、基礎課題として、長期記憶課題である反応系列学習を用いた。ハトに対してこの課題遂行中に、課題遂行のヒントを要求するかどうかを選択させた。ヒントを求めることには余計な反応が必要であり、自身で課題を遂行できる場合にはヒントを希求することなく課題を遂行することがハトにとって有益である。するとハトは、見慣れた課題より新奇な課題を遂行している時により多くヒントを希求した。この結果は、ハトが自身の知識状態に応じた行動を行うことが出来る可能性を示すものである。

しかしこの実験では課題の遂行中にメタ認知判断を行わせている特性上、メタ認知以外の手がかりを使用した可能性を棄却できない。例えば、自身の反応の滑らかさやためらいなどの行動や提示された刺激そのものを手がかりにした可能性、さらにためらう間に、課題解決と競合関係にあるヒント希求用のキーにつづく反応が出現した可能性（反応競合）が残される。そこで実験2では、見慣れた課題が出現するか新奇な課題が出現するかを示す手がかりを課題遂行前に提示する手続きを用いて、課題遂行前にヒント付き課題とヒントなし課題を選択させた。その結果、ハトは実験1同様に、自身の知識状態に応じた情報希求行動を示した。

実験 2 において出現した行動は、課題遂行前にメタ認知判断をさせているため、自身の反応時間や環境手がかりなどメタ認知以外の手がかりによって生じた可能性は低いと考えられる。この一連の実験によって、従来の鳥類のメタ認知研究において弱い証拠しか得られていなかったのは、基礎課題の遂行に使用される作業記憶資源が多く、メタ認知を行う余裕がなかったためであることが示唆された。これらの結果は、内的情報の処理を行うためのメタ認知能力と外的情報を処理する認知能力が進化するためにかかった選択圧は、異なるものではないという仮説を支持するものである。

2 つ目の問題は、認知的メタプロセスの個体発生過程の解明である。幼児や学童における従来のメタ認知の発達研究は、学習を効率的に進めることを目指した応用的な研究が多数を占め、このプロセスがどのような道筋を通過して成人が有するようなものへとつながっていくのかが明らかになっていない。この点を明らかにすることは認知的メタプロセスとそれ以外の認知能力との関係性を示唆することにつながり、進化的視点とあいまって、メタ認知の適応的意義を考察するうえで重要な知見を提供するであろうと思われる。また現在の心的状態をモニタリングするという認知的メタプロセスの能力はヒトにおいて 3 歳半までに出現することが明らかになっているが、一方ヒト成人は現在の心的状態に縛られず、将来の心的状態を予測してそれに応じた準備的行動も行うことができる。しかし後者の能力の発達過程は明らかになっていない。

そこで第 3 章では、こうした自身の将来の心的状態を見越した準備的行動の発達過程について検討した。実験 1 では、子どもに透明あるいは不透明のカップの下に隠されたシールを見つけるゲームを行わせた。実験者がシールを隠している間、子どもがおこなう禁止された覗き見行動を分析した。その結果、5 歳児は、隠し場所が分からなくなる不透明カップ条件で、より多く覗き見行動をすることが示された。一方、4 歳児ではこうした分化した行動は示されなかった。すなわち未来志向的な準備行動は 5 歳以降に出現することが明らかになった。

しかしこれは漠然とした不安等が要因となった行動に過ぎないかもしれない。そこで続く実験 2 において、透明カップにシールを隠している部屋と不透明カップに隠している部屋のどちらをよりモニタしようとするかを検討した。その結果、一部の 5 歳児で方向性のある予見的情報希求行動が示されたものの、多くの参加児ではそうではないあいまいな行動が示された。すなわち実験 1 で確認された行動は、将来不足しそうな情報の内容までを認識した行動ではない可能性が示された。不足しそうな情報の内容を認識した顕在的な準備的情報希求は 5 歳よりも後に発達する能力なのかもしれない。

また、自身の経験や知識に対して能動的なアクセスを行う認知的メタプロセスは、他者の行動を正確に予測する際に役立ち、社会的な場面においても適応的な機能を有すると考えられる。第 4 章では、競合場面における経験や知識に能動的にアクセスし、それを他者の

行動予測に利用する能力の発達過程について検討した。子どもが物体を不透明のバケツに隠し、それを実験者が見つけ出すゲームを行った。子どもがシールを隠している間、実験者はカーテンで仕切られた隣室で待機した。まずこのゲームを行い、実験者に隠し場所を当てられることを経験させた後、カーテンには穴が開いており、そこから隠している場所が見えることを教えた。この経験の後、もう一度子どもが物体を隠す際、どれほどカーテンの穴を気にするかを分析した。これは他者の行動を予測した防衛行動だと考えられる。その結果、5歳児はカーテンから見える隠し場所の風景などの一般的知識を獲得するだけで、他者の行動を推測しカーテンの穴を気にするようになるが(実験1)、4歳児はカーテンから他者が物体を隠しているところを見た場合、すなわち自己が経験した行動が、同じ状況下で他者が行う可能性が一致している場合のみ、カーテンを気にした(実験2、3)。これは自身の経験を他者の行動予測に用いることのできる年齢が4歳以降であることを示唆し、この年齢はちょうど心の理論が成立し始めると言われている時期と一致する。しかし、4歳児の行動予測は具体的なものであり、環境から自身が経験しなかった行動が生起する可能性を予測することができないことも明らかになった。

第5章では、本研究の成果をとりまとめるとともに、認知的メタプロセスの系統発生過程と個体発生過程をこれまでの関連研究を考慮に入れながら論じた。系統発生面では、今回の鳥類で得られた

肯定的結果や他の分類群で近年示唆されつつある結果を考慮すると、
思いのほか、多様な分類群の動物にある程度のメタ認知的機能が存
在する可能性が考えられる。このことから自身の内的情報に関する
処理に対しても、環境状況の処理と同様に、それへの選択圧があっ
た可能性が推測される。他方、個体発生に関しては、メタ認知を用い
た他者の行動予測の開始が心の理論成立時期と符合していることか
ら、メタ認知が社会的場面において適応的意義を持つものとして選
択されてきた可能性が示された。将来、さらに多様な分類群で認知
的メタプロセスの可能性を探り、その環境情報処理能力や社会性
との関連を探ることと、個体発生に過程において他の認知能力との関
連性を同定していくことが、今後の課題であることを論じた。そし
て、それは意識や内省の本質といった困難な問題へのアプローチに
もなることを論じた。

第 1 章 メタ認知の比較研究における問題点

1-1. 認知的メタプロセスとは

動物は外界の情報を感覚器によって取得し、その情報を処理し、そしてその結果をうけて自身の行動を制御している。例えば、動物は太陽の位置や磁場、環境内の視覚的手がかりを帰巢時に利用できる (e.g., Budzynski, Dyer, & Bingman, 2000; Gagliardo, Ioale, Savini, Lipp, & Dell'Omo, 2007)。また獲得した複数の二者間順序関係から、直接明示されていない関係を推論できることも多くの動物において報告されている (e.g., McGonigle & Chalmers, 1977; 岩崎, 上野, & 谷内, 2010)。動物が持つ、外界からの情報を処理するこうした能力は、多様な側面から検討が行われてきている。しかし少なくともヒト成人は、外部から得られる情報のみならず、自身の内的な認知活動をも情報処理の対象とすることができる。この高次の認知活動はメタ認知 (metacognition) と呼ばれており、その機能について Nelson (1996) は、内的に生じた表象をモニタリングし、表象をコントロールすることであると記述した。ヒトにおけるメタ認知研究の一つの現在の関心は、この認知機能を活用することにより認知活動の遂行レベルをあげることである。この観点から研究を進めることにより、メタ認知によって社会適応力や学習成績、教授スキルを上昇させたり、障害を補償したりする方法を提案することが期待される (三宮, 2008)。そして文章理解や数学的思考などの教

育場面において、どのようにメタ認知を利用することによって学習成績を向上できるかが研究されてきている。

メタ認知に関してこれまで主に研究の対象とされてきたのは、自分自身の判断、推理、記憶や知識状態などのモニタリングであった。しかし、メタ認知を自身の内的な表象への積極的なアクセスであると定義すると、ある出来事に対する個人的な体験を積極的に想起しようとするエピソード記憶、未来に向けた準備や計画（これらエピソード記憶および未来志向的な行動を含んだ機能を「心的時間旅行」と呼ぶ）も広い意味でメタ認知と言えよう。藤田（2010）は、このような広義のメタ認知と従来研究されてきたメタ認知を合わせた認知過程を「認知的メタプロセス」と呼ぶことを提案している。本論文では、この認知的メタプロセスに焦点を当て研究を進めていく。

この認知的メタプロセスを有することで、少なくともヒト成人において、自身の行動の適応度を向上させていると考えられる。例えば、現在不足する知識や確信がもてない情報を認識することで、それらを効率的に補うことを可能にするだろう。また個人的な過去の記憶を思い出すことは、現在おける意思決定の際、利用できる情報量を増やしていると考えられる。さらに、自身の経験や知識に能動的にアクセスしそれらをシミュレーションに利用することが出来れば、推理や推測の幅が広がり柔軟で自由な思考を可能にするかもしれない。たとえば我々は現在の心的状態に縛られず、将来の心的状態を予測してそれに応じた準備的行動を行うことができる。日常生

活において、我々は忘れそうな事柄をメモしそれを目に付くところに貼りつけておいたり、見知らぬ地域に旅行に行く前にあらかじめその土地の情報を取得したりするだろう。またそれだけではなく、自己の経験に基づき他者の行動を推測することもできる。このように認知的メタプロセスは様々な場面に利用されうる重要な能力である。

それではこのような高次な認知過程は、なぜ、いかにして発生したのだろうか。またヒト成人が有するような複雑で洗練された認知的メタプロセスはどのような要因によって進化してきたのだろうか。これを明らかにするためには、どのような系統種またはどのような環境に生息する動物種がメタ認知を有するのかを、体系立てて比較認知科学的検討を行うことが不可欠である。しかし現段階ではこれらメタ認知の適応的機能に関する実証的な検討が十分に行われておらず、認知的メタプロセスにはどのような適応的機能があるかは明らかになっていない。

1-2. 従来の認知的メタプロセスに関する比較認知研究

それでは、比較認知科学においてはこれまでどのようにして認知的メタプロセスの検討がなされてきたのだろうか。まず、ヒト以外の動物におけるメタ認知を検討した先駆的研究として、Smith et al. (1995)によるものが挙げられる。この研究では、ハンドウイルカ (*Tursiops truncatus*)に音の高さ弁別課題を課した。イルカは、提

示された音が 2100Hz であれば「高い音レバー」に反応することが、それ以外の低い音(1200-2099Hz)であれば「低い音レバー」に反応することが求められた。その上で彼らはその 2 つの反応レバーに加え、現在遂行中の試行をキャンセルし容易な課題に移行できる 3 つ目のレバーを設け、イルカがどのようなときにこの回避レバーに反応するかを分析した。すると興味深いことに、イルカは音の弁別が困難な場面において回避レバーに反応していた。さらに、この研究では、報酬獲得率を最大限になる最適化モデルを用いてシミュレーションを行ったところ、イルカが実際に試行を一番多くキャンセルした場所とは異なる部分にキャンセルのピークがきたことが示された。このことは、イルカが報酬を多く得るために、単なるレバー選択とその結果（報酬）との連合的学習をしたわけではないことを示唆している。では、この実験でイルカが示した反応はどんな認知活動を反映しているのだろうか。Smith et al. (1995)は、同様の実験をヒト(大学生)においても実施しており、実験後になぜその選択肢を選んだのかをインタビューした。すると「高い音」「低い音」を選択したときは音の高さなど刺激の特性について言及したのに対し、試行をキャンセルするものを選択したときは自身の心的状態について言及した。このことからイルカは、自身の心的状態(確信のなさ)に従って行動を柔軟に変化させていたのではないかと推測される。この研究を皮切りに、類人(Call, 2010; Call & Carpenter, 2001)、アカゲザル(Beran, Smith, Redford, & Washburn, 2006; Hampton,

2001)、フサオマキザル(Fujita, 2009)、ラット(Foote & Crystal, 2007)などのヒト以外の動物におけるメタ認知について検討が進められてきている。

これらの研究において、これまで留意されてきた重要な対立的可能性がある。それは、一見するとメタ認知的に思われる行動が、実際はメタ認知以外の手がかりを利用して行われたという可能性である。Morgan の公準では、もしある一つの現象を説明する仮説が 2 つある場合は、より簡潔に説明できる仮説を採用するべきであるとされている。Hampton (2009)は、実験で観察されたメタ認知行動に関して、考察すべきメタ認知以外の手がかり利用の可能性を 3 つ挙げている。1 つ目は環境手がかりであり、メタ認知行動を出現させるか否かは、自身の心的な状態ではなく、その時の環境(刺激など)を手がかりにして決定されているという可能性である。例えば、音弁別や大きさ弁別など刺激を変化させることによって課題の難易度を操作している場合、提示された刺激そのものを手がかりにし、課題を遂行するか回避行動をとるかを決定することもできる。2 つ目は自身の行動手がかり(自身の反応時間)である。例えば、難しい問題に直面すると回答までの反応時間が延びるだろうし、また回答をためらうことによって生起する行動(困惑によって生じる揺れなど)も存在する。つまり、このような反応時間やまごつく行動なども、メタ認知的反応を決定する手がかりになっている可能性があるのである。3 つ目は反応競合であり、これはある試行において動物が課

題を選択するか回避するかは、2つの反応のうち出現しやすいほうが反応として現れているという仮説である。課題が易しい時は、動物は餌と強く結びついている刺激（正刺激）を選択もしくは問題解決を行う傾向が強い。その時も回避するなどのメタ認知的反応も一定レベルで常に存在するが、課題を選択する傾向が強いのでその反応が出現する。それに対して課題が難しい時は、刺激を選択するという動物の反応の出現率が低くなる。そのような場合、常に一定レベル存在するメタ認知的反応が相対的に出現しやすくなる。つまりそれぞれの反応の出現しやすさだけで、メタ認知的反応が説明できてしまうのである。このため従来の比較認知科学におけるメタ認知研究では、一見メタ認知的な反応が出現したとしても、それ以外の説明が可能か否かを慎重に考察することが重要視されてきた。

また、メタ認知を広い意味で捉えた際に含まれる心的時間旅行に関しても、比較認知研究によりヒト以外の動物種もその機能を有することが示されてきている。まず心的時間旅行の一つであるエピソード記憶に関しては、貯食を行うカケス類や一部の齧歯類などの種で「何が(When)」「どこで(Where)」「いつ(When)」という3つの情報を統合できるということが報告されている(e.g., Clayton & Dickinson, 1998)。またエピソード記憶には、1回きりの出来事に関して予期しない質問をされた場合、その出来事を想起することが出来るという機能もある（偶発的記憶）。この偶発的記憶の証拠は、ハト(Zentall, Singer, & Stagner, 2008)、イヌ(Fujita, Morisaki,

Takaoka, Maeda, & Hori, 2012)、ラット(Zhou & Crystal, 2011)において示されている。さらに、これら 2 つは相反する機能ではなく、2 つの機能を同時に用いることができる種もいる (ハタネズミ, Ferkin, Combs, delBarco-Trillo, Pierce, & Franklin, 2008)。また将来に向けた心的時間旅行については、現在の状況というよりはむしろ将来自身が置かれる状況に向けて準備的行動を行うか否かによって検討されている。その結果、カケスは翌朝の食物状況に応じた貯食を行うこと(Raby, Alexis, Dickinson, & Clayton, 2007)、類人や就学前児は未来の環境に対して道具を用意することが明らかになった(Osvath, 2009; Osvath & Osvath, 2008; Russell, Alexis, & Clayton, 2010)。

1-3. 比較認知におけるメタ認知研究の問題点と解決策

ここまで紹介してきたように、メタ認知や心的時間旅行など認知的メタプロセスに関する研究は多数行われてきている。ヒト以外の霊長類や齧歯類、クジラ類などのいくつかの動物種が、その認知過程を有することが示唆され始めている。しかし現在これらの研究のほとんどは、当該の動物種がメタ認知を持つか否かという問題を扱った離散的に検討が行われているのみで、いまだこの認知機能の適応的意義の解明につながっていない。本論文では、認知的メタプロセスの適応的意義を解明するため明らかにすべき大きな 2 つの問題を指摘し検討することにより、この問いに答えようとした。

1 つ目の問題は、認知的メタプロセスの発生につながった選択圧の解明である。認知的メタプロセスの適応的意義を解明するためには、どのような選択圧がかかってきた結果、それが獲得されてきたのかを考察することが不可欠である。しかし従来の研究では、この問いがほとんど問題にされてこなかった。

この問題を解決するための手がかりとして、本論文では鳥類において内的情報の処理を行うためのメタ認知について弱い証拠しか得られていないことに着眼した。その一方で外部環境の情報を処理する能力に関しては、鳥類においてもほ乳類同様の高度な能力を発揮することが知られている(e.g., Miyata, Gajdon, Huber, & Fujita, 2011; Taylor, Hunt, & Gray, 2012)。もし鳥類のもつ外部環境情報を処理する認知能力と、自身の内的情報を処理するメタ認知能力の間の乖離が真実であるならば、これら 2 つの能力を発達させた選択圧は異なるものであることが示唆される。そしてメタ認知を進化させてきた選択圧を考察する際に、外的刺激を処理する能力を進化させてきた要因とは異なる選択圧を提案する必要がある。しかし別の原因として作業記憶負荷の問題も考えられる。メタ認知を同定しようとする場面で用いられてきた基礎課題は、それ自体が複雑で作業記憶資源を大量に消費するものであることが多く、鳥類にとってメタ認知活動に割り振る資源が残されていなかったという可能性も考えられる。鳥類においてメタ認知の弱い証拠しか得られなかった理由を探ることは、メタ認知の選択圧の問題について議論するうえで

重要である。第 2 章では、比較的作業記憶負荷が低いと考えられる長期記憶課題を用いて鳥類におけるメタ認知を検討した。この実験において、鳥類のメタ認知研究で得られてきた証拠が弱い理由が、鳥類がほとんどメタ認知能力を有していないからか、従来の課題の作業記憶負荷が高すぎたためなのかを明らかにする。そしてここで得られる知見は、メタ認知能力の進化にかかった選択圧を考える際の一助になるだろう。

2 つ目の問題は、認知的メタプロセスの個体発生過程の解明である。幼児や学童における従来のメタ認知の発達研究は、学習を効率的に進めることを目指した応用的な研究が多数を占め、このプロセスがどのような道筋を通過して成人が有するようなものへとつながっていくのかが明らかになっていない。この点を明らかにすることは認知的メタプロセスとそれ以外の認知能力との関係性を示唆することにつながり、進化的視点とあいまって、認知的メタプロセスの適応的意義を考察するうえで重要な知見を提供するであろうと思われる。また現在の心的状態をモニタリングするという認知的メタプロセスの能力はヒトにおいて 3 歳半までに出現することが明らかになっているが、一方ヒト成人は現在の心的状態に縛られず、将来の心的状態を予測してそれに応じた準備的行動も行うことができる。しかしこの未来志向的な情報希求行動がどのような発達過程を経るかについては明らかになっていない。そこで第 3 章では、将来の心的状態を見越した準備的情報希求行動の発達過程について検討した。

また、自身の経験や知識に対して能動的なアクセスを行う認知的メタプロセスは、他者の行動を正確に予測する際に役立ち、社会的な場面においても適応的な機能を有すると考えられる。例えば、社会性が複雑な種においては、自身の経験から得た知識を利用し他者の行動を正確に推測することによって、自身を有利な立場に身を置くことが可能になるだろう。第4章では、競合場面における経験や知識に能動的アクセスし、それを他者の行動予測に利用する能力の発達過程を明らかにした。さらにこの章で得られた結果と心の理論を持ち始めるとされる時期とを比較し、そしてメタ認知的機能と心の理論との関連性についても考察した。

本論文では大きくこの2つの問題について検討し、5章では一連の研究から得られた結果をまとめ、本研究の成果をとりまとめるとともに、認知的メタプロセスの系統発生過程と個体発生過程をこれまでの関連研究を考慮に入れながら論じた。そして今後比較認知科学の立場からどのようなアプローチによって認知的メタプロセスの適応的意義を明らかにしていくべきか述べた。

第2章 鳥類における長期記憶課題を用いたメタ認知研究

2-1. 鳥類におけるメタ認知の証拠の弱さと課題の作業記憶負荷

これまで非言語的手続きを用いたメタ認知研究によって、幾種かのほ乳類がメタ認知能力を有することが示されてきた(e.g., Foote & Crystal, 2007; Fujita, 2009; Hampton, 2001; Smith et al., 1995)。それに対して、鳥類におけるメタ認知の証拠は弱い。例えば Inman and Shettleworth (1999)は、遅延見本合わせ課題中、記憶痕跡によってハト(*Columba livia*)の課題回避反応がどのように変化するかを調べた。遅延見本合わせ課題では、ハトは提示されたサンプル画像を記憶し、ある程度の遅延時間の後、複数の選択肢の中から先ほど提示されたサンプルを選択することが要求された。この課題に正解するとハトは大きな報酬が得ることができたが、誤反応の場合は罰としてタイムアウトが与えられた。さらにこのうちいくつかの試行では、テストを受けることを回避することができた。このようなメタ認知課題をハトに課すと、ハトは遅延時間が長い試行、つまり課題が難しいときに回避オプションを多く選択した。さらに強制的に課題を遂行させたときより、回避することができるにも関わらずあえて課題を選択したときの正答率が有意に高かった。このような課題は、課題と回避オプションが同時に存在しているので、後に Terrace and Son (2009)はこの種の課題を同時的メタ認知課題(concurrent metacognition)と呼んだ。さらに Inman and

Shettleworth (1999)は、続く実験において、課題に先行して回避オプションを利用するかを選択させた。しかし先ほどのような難易度に応じた反応の変化は確認されなかった。また彼らの後の実験 (Sutton & Shettleworth, 2008)では、ハトに回避オプションを選択する場面を課題遂行前、遂行中、遂行後と様々に変化させて検討したが、繰り返し肯定的な証拠は得ることができなかった。またカラス (*Corvus macrorhynchos*)は予見的メタ認知課題ではメタ認知行動を示さなかったが、課題遂行後に自身の反応の自信度¹を判断させた場合はメタ認知行動を示した (Goto & Watanabe, 2012)。ちなみに課題前にメタ認知課題を行わせる課題は予見的メタ認知課題 (prospective metacognition test)、課題後に行わせる課題は回顧的メタ認知課題 (retrospective metacognition test) と呼ばれる (Terrace & Son, 2009)。

このように遅延見本合わせ課題を基礎課題としたメタ認知研究では、鳥類におけるメタ認知の証拠は弱い。自身の記憶に対する能動的アクセスを必要とする心的時間旅行の能力に関しても、一部の鳥類が有することは報告されているが、それらの鳥類はすべて貯食という特殊な特性を持つ種であるため記憶に対する能動的アクセスというより実はヒューリスティックな方略を取っているだけではないかという批判もある (Premack, 2007)。しかしこれまでのメタ認知以

¹ 本論文では、課題遂行後において自身の反応の正誤に関する判断は自信度 (confidence) と呼び、課題遂行前や遂行中におけるメタ認知判断は確信度 (certainty) と呼ぶ。

外の外的刺激を処理する能力に関する研究では、鳥類が高度な知性を要する様々な課題を解決できることが示されてきている。例えば、ニューカレドニアガラス (*Corvus moneduloides*) やミヤマオウム (*Nestor notabilis*) は、複雑な課題を遂行できるほどの因果推論能力を有していることが報告されている (e.g., Miyata et al., 2011; Weir, Chappell, & Kacelnik, 2002)。また Miyata and Fujita (2011) はハトにコンピュータ迷路課題を課し、課題遂行時にハトが一手先の反応を計画していることを発見した。さらにハトは、「覚える／忘れる」という外的な手がかりに従って、自身の記憶方略をコントロールすることもできる (Maki, Olson, & Rego, 1981)。このように鳥類は外界の手がかりによって自身の行動をコントロールする能力は非常に長けている。もし鳥類が外界の手がかり利用はできるが、メタ認知などの内的手がかりの利用ができないのであれば、この2つの進化には異なる選択圧が存在したことが示唆される。

しかし著者は、そのように結論付けるのは時期尚早だと考える。なぜならば、これまでの鳥類におけるメタ認知研究は、基礎課題として複雑な条件性課題を用いているものしかないからだ。これらの課題では、参加個体は前の試行における表象を忘れ、新しい見本刺激の表象を保持しなければならない。つまりこの条件性弁別課題はワーキングメモリ資源が多く必要な課題であると考えられる。一方、メタ認知を行うためにもある程度ワーキングメモリ資源が必要である。例えば、ヒトを対象とした Schwartz (2008) は、課題遂行中の

ワーキングメモリ負荷が課題の正誤には影響を与えなかったが、メタ認知判断には影響を与えたことを報告した。このことから鳥類はその資源を多く必要とする基礎課題を遂行することによって、メタ認知を遂行する資源の余裕がなくなってしまう可能性が考えられる。このため、ワーキングメモリ負荷の低い課題において検討することが重要である。

この点に着眼するきっかけになった研究として Nakamura, Watanabe, Betsuyaku, and Fujita (2011)を挙げる。この研究は、知覚課題である視覚探索課題を用いてハトやチャボ (*Gallus gallus domesticus*)の数個体がメタ認知能力を示すことを明らかにした。この実験では、参加個体には複数の円の中からある色の標的刺激に反応することが要求された。そして課題遂行後、先ほどの自身の反応に対する自信度判断を求められた。選択できるアイコンには2種類あり、1つは反応が正反応だった場合は報酬を得ることができるが、誤反応の場合はタイムアウトが与えられる「risk-icon」であった。もう一つは、自身の反応の正誤に関わらず常に一定の割合で報酬が与えられる「safe-icon」であった。そしてこのようなメタ認知課題では、ハトやチャボは、自身の反応が正反応の時より間違っているときに多く「safe-icon」を選択した。その後、新奇な色、模様の刺激を用いたテストを行ったところ、数個体はメタ認知的反応を般化させた。さらに1個体においては、全く異なる新奇課題（長さ弁別課題）にその反応を般化させた。このワーキングメモリ負荷の

低い基礎課題を用いた実験によって、ハトが自身の自信度を適切に判断できることが示された。しかしこの研究からだけでは、メタ認知行動が出現した理由が、この課題特異的な要因か、ワーキングメモリ負荷の要因なのか特定することは出来ない。

本研究では、知覚課題以外のワーキングメモリ負荷の低い課題を基礎課題として鳥類のメタ認知を検討した。今回の基礎課題には、長期記憶を必要とする系列課題を用いた。この課題では、画面に提示された複数の刺激に対してある順序で反応することが求められる。ここでは複数の試行を通して反応すべき順序は一定であり、試行ごとに記憶を解放する必要がないので、ワーキングメモリ負荷が低い課題であると考えられる。Kornell, Son, and Terrace (2007)は、アカゲザルが(4項目)系列学習課題中に自身の知識状態に応じた情報希求を行ったことを示した。今回は、Kornell et al. (2007)の手続きを改変し、ハトにおける自身の知識状態の認知について検討した。

2-2. 実験1：課題遂行時におけるメタ認知の検討

実験1-1 3項目系列学習課題遂行時における情報希求行動

方法

参加個体

本実験には、オスの成体ハト4個体(*Columba livia*)が参加した。実験開始時の年齢は、Claraが13歳、Georgeが5歳、Neonが11歳、Rokiが13歳であった。これらの個体は様々な課題経験があっ

たが、系列学習課題を経験していた個体はいなかった。Neon は、以前に視覚探索課題を基礎課題としたメタ認知実験に参加した経験があり、その課題ではメタ認知的行動を示したうえに、最初の般化テストにおいてもメタ認知を示唆する行動を示した。しかし続く 2 回目の般化テストではそのような行動を示さなかった。本実験に参加した個体は、実験期間中、体重が自由摂食時の 85-90%になるように調整されていた。また水および鉱物飼料に関しては、ホームケージにおいて自由に摂取できた。

装置

本実験の装置は、立方体オペラント箱(35×35×35cm)を用いた。側面の一部に長方形(幅 20cm×高さ 16cm)の穴が開いており、その穴の背後に LCD モニタを設置した (George に対しては Sharp, LLT1520、Clara, Neon, Roki に対しては EIZO, FlexScan L357 を用いた)。さらにモニタには赤外線タッチセンサ (Touch Panel Systems, UniTouch) が装着されていた。フィダーはモニタに向かって左側面に設置されており、これは BTO 方式のコンピュータによって制御されていた (George に対しては CPU: Intel Pentium 4, 2.60 GHz、Clara, Neon, Roki に対しては Intel Core2 Duo, 2.93 GHz の性能の機器を使用した)。プログラムは Microsoft Visual Basic 6.0 を使用した。また実験実施中はホワイトノイズを流していた。

刺激

刺激として、Microsoft Word のクリップアートをペイントによって編集した色付きの 45 ピクセル正方のイラスト(本実験における画面上の大きさ : 13.4×13.4mm)を用いた。それぞれの刺激は色と形が異なるものを選出し、ヒトにおいては容易に弁別することができた。これらの刺激 3 つから 1 つのリストを作成した。また“ヒント”アイコンとして 70 ピクセル正方のイラスト(画面上の大きさ : 20.8×20.8mm)を用いた。

手続き

Phase 1 : 初期訓練

まず参加個体に、3 秒の試行間隔後、画面中央に出現したセルフスタートキーへ反応することを課した。セルフスタートキーの大きさは 45 ピクセルの青色正方形であった。このアイコンに 2 回反応することで、参加個体はフィダーから餌を、2.5-3.0 秒間食べることができた。1 セッションは 60 試行で構成されており、すべての参加個体は 2-3 セッションでこの反応を獲得した。

Phase 2 : 基礎課題 (同時系列学習課題)

この段階では、ハトに 3 項目同時系列課題を訓練し、さらにこの課題の学習セットを獲得させた。まず、セルフスタートキーに反応後、刺激として項目リストのうち 1 つだけを出現させ、その刺激に

反応することを訓練した。刺激は、画面の右上、左上、右下、左下の4つの領域のうち1つの場所に、ランダムに提示された。この刺激に反応することで、参加個体は報酬を得ることができた。この行動を獲得した後、次の段階に移行した。

次の段階では、セルフスタートキー反応後、項目リストのうち2つの刺激が出現した。参加個体が一番目に反応すべき刺激に反応すると、その刺激は消失した。そして残っている刺激に反応することができれば、参加個体は報酬を得ることができた。しかし最初に2番目に反応すべき刺激にハトが反応した場合、その反応は誤反応とみなし、20秒間のタイムアウトを与えた。この段階では常に同じ2つの刺激を使用し、この2項目系列学習課題の正答率が2日連続で75%以上になるまで訓練した。この段階において、すべての参加個体は4-7セッション(中央値：5.5セッション)で学習基準に達した。

最後の段階では、項目リストの3つすべての刺激を出現させた。ここでは、参加個体が規定の順序で刺激に反応した場合を正反応とみなし、そうでない場合を誤反応とした。ただし1回反応した刺激に繰り返して反応した場合は、反応すべき順番は守っているため、誤反応とはみなさなかった。(例えば、1(番目の刺激)→2→2→3、1→2→1→3と反応しても正反応とみなした。)この3項目リストにおいて、参加個体の正反応率が2日連続で70%になるまで訓練を続けた(チャンスレベル：16.7%)。刺激は試行ごとにランダムな位置に提示した。この3項目リストにおいて、正反応率が学習基準に達す

ると、他の 3 項目リストにおける系列学習課題を課した。ここで用いた 3 項目リストを構成する刺激には、以前に訓練した 3 項目リストに使われていたものとは全く異なる刺激を用いた。最初は、正解刺激に反応すると、その刺激は消失した。この段階で正反応率が 2 日連続で 70% 以上になったところで、反応後刺激が消失する時間を徐々に短くしていった。最初は 5,000ms から始め、1,000ms、500ms と短くし、最終的には反応後刺激が消失する時間が 100ms でも 70% 以上の正答率になるように訓練した。各個体は、5-8 つの項目リストを経験することで、3 項目系列学習課題の学習セットを獲得するところできた。Clara、George、Neon、Roki は、それぞれこの学習セットを獲得するまでに、72、92、153、159 セッションかかった。

Phase3 : ヒント機能の学習

本実験でのヒントとは、中央に出現する刺激(ヒントアイコン)に反応すると、次に反応すべき刺激の周りに点滅する白枠(ヒント枠)が出現することであった。この段階では、「ヒントアイコンへの反応促進」と「ヒント枠が付いている刺激に反応すること」を参加個体に訓練した。まずは、1 番目もしくは 2 番目の刺激に反応する前にヒント枠がその刺激の周辺に出現するので、その該当刺激への反応を訓練した。このセッションは、ヒント枠が出現する 40 試行とそれが出現しない(通常試行)20 試行の計 60 試行から構成されていた。さらにヒント枠が最初の反応時に出現するか、2 番目に出現するか

は、実験者が任意に決定した。あるセッションにおいてこのヒント枠が付いた刺激に 90%以上の確率で反応することができるまで、この訓練を続けた。

ヒント枠への反応が確立された後、ヒントアイコンへの反応を促す訓練を行った。この訓練におけるセッションは、通常試行 30 試行とヒントアイコンだけが出現する試行 30 試行から構成されていた。ヒントアイコンのみが提示された試行では、参加個体はそのアイコンに反応すると、100%の確率で報酬を得ることができた。この訓練は 1 セッションだけ行い、このような訓練を挿入することで、参加個体がテスト時にヒントアイコンを無視しないようにした。

Phase 4: ヒント機能が利用可能な系列学習課題

この段階では、ハトが系列学習課題中にヒント機能をどのような場面で利用するかをテストした。1セッション（60 試行）は、普通の 3 項目系列学習課題（通常試行）30 試行とヒント機能が付いた 3 項目系列課題（ヒント付き試行）30 試行から構成されていた。ヒント付き試行では、リストを構成する 3 つの刺激に加え、画面中央にヒントアイコンを提示した。参加個体がこのヒントアイコンに反応すると、次に反応すべき刺激の周囲にヒント枠が出現した。このようなヒント機能は、1 試行につき最大 3 回（1 つの刺激に 1 回ずつ）利用することができ、また 1 度も利用しなくてもよかった。もし参加個体がある試行において 1 回でもヒント機能を利用して正解した

場合、George, Neon, Roki には報酬率(PFR)を 100%にした。一方 Clara においては報酬率を 100-50%で変動させ、最終的には 75%でテストを行った。本課題の流れを図 2-1 示した。

参加個体は新奇の 3 項目リストの学習課題を課せられ、その項目リストにおける正答率が 2 日連続 70%以上になるまで、もしくは 12 セッション実施するまで同一リストの系列学習を続けた。ある項目リストの学習が終了すると、次のセッションからは新たな 3 項目リストの系列課題を参加個体は課せられた。最終的に George、Neon は 6 つのリストを遂行し、Roki は 4 つ目と 5 つ目のリストにおいて 12 セッション以内に正答率が 70%まで上昇しなかったため 5 つのリストのみしか行わなかった。Clara においては、ヒント機能利用時

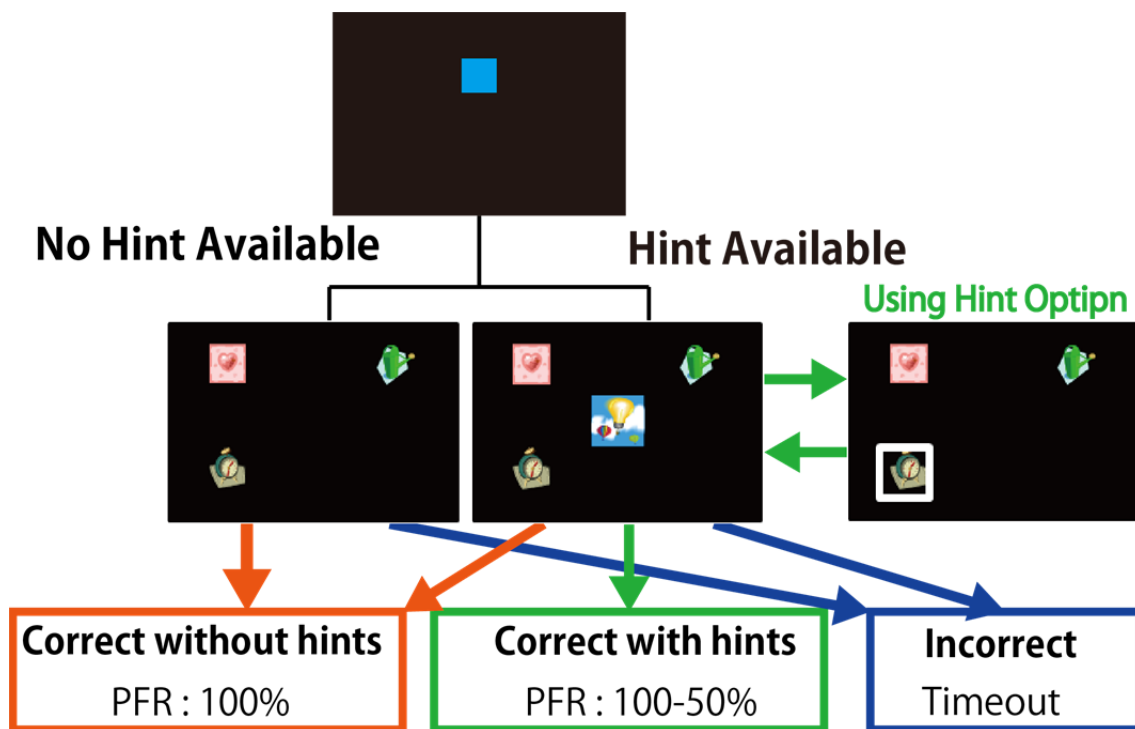


図 2-1. 実験 1 で用いたテスト課題の流れ。PFR は報酬率を示す。

の報酬率が100%の場合、ほとんどの試行でヒント機能を利用した。そのため、ヒント機能利用時の報酬率を100-50%で変動させ、39セッション行ったところで報酬率を75%に決定した。その時点から、Claraは6つのリストを遂行した。

予測

もし参加個体が内省的に自身の知識状態をモニタリングしヒント機能の利用をコントロールしているのであれば、あるセッションにおける通常試行の正答率とその同一セッションにおけるヒント機能利用率には負の相関があると予想される。さらにリストの学習初期では、学習が進んだ後期よりヒント機能を多く希求すると予測される。

結果と考察

まず個体別に、各セッションの通常試行における正反応率とヒント付き試行におけるヒント希求率の相関をみた(図2-2)。その結果、Clara($r = -0.391, P = 0.001$)、George($r = -0.495, P = 0.007$)、Neon($r = -0.295, P = 0.025$)において通常試行の正答率とヒント付き試行時のヒント希求率に有意な負の相関があった。しかしRokiにおいては有意な相関は見られなかった($r = 0.082, P = 0.57$)。

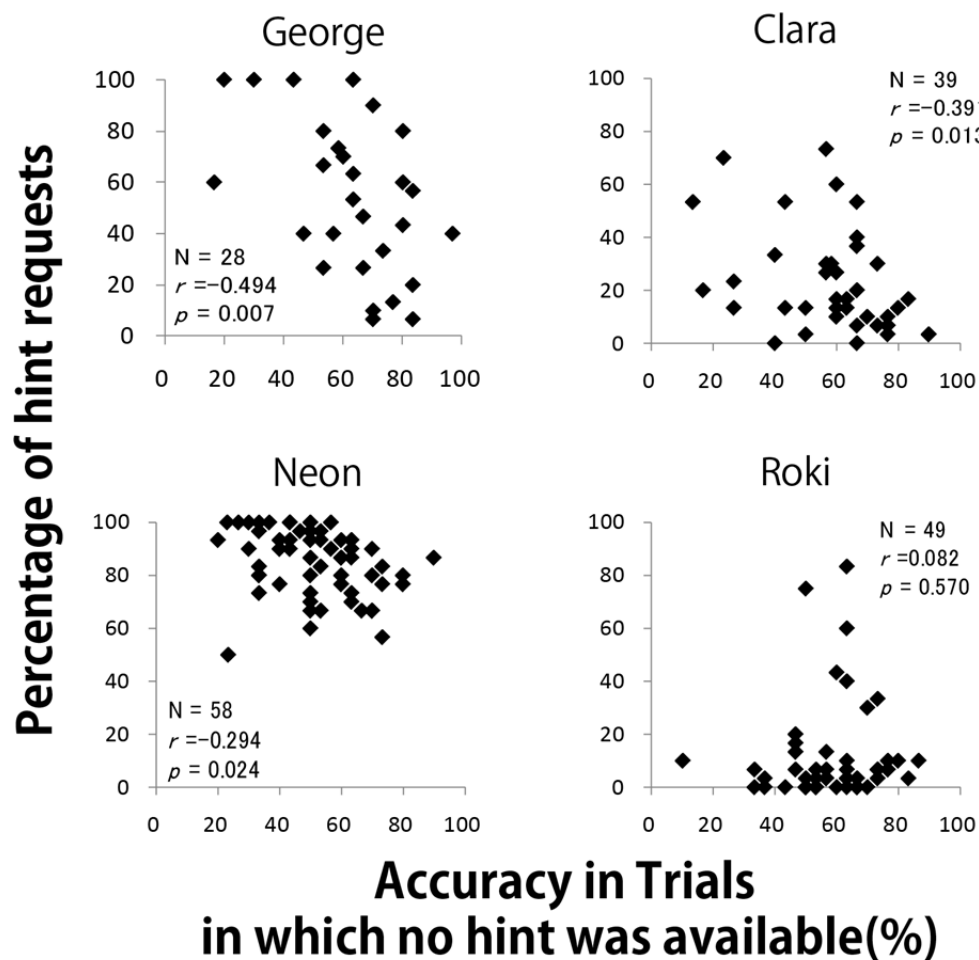


図 2-2. 各セッションの通常試行における正反応率とヒント付き試行のヒント希求率の相関。

図 2-3 には個体別のリストごとの通常試行における正反応率とヒント付き試行におけるヒント希求率の推移を示した。それぞれの個体において最初のセッションと最後のセッションのヒント希求率を比較したところ、George と Clara の 2 個体は第一セッションでより多くヒントを希求していた (George $t(5) = 4.197$, $P = 0.008$, paired t test; Clara $t(5) = 5.291$, $P = 0.003$, paired t test)。この結果は、この 2 個体は見慣れないリストにおいてヒントを多く希求していたということを示唆する。しかし、Neon と Roki はそのような行動を

示さなかった (Neon, $t(5) = 0.749$, $P = 0.48$, paired t test; Roki, $t(4) = 0.749$, $P = 0.15$, paired t test)。

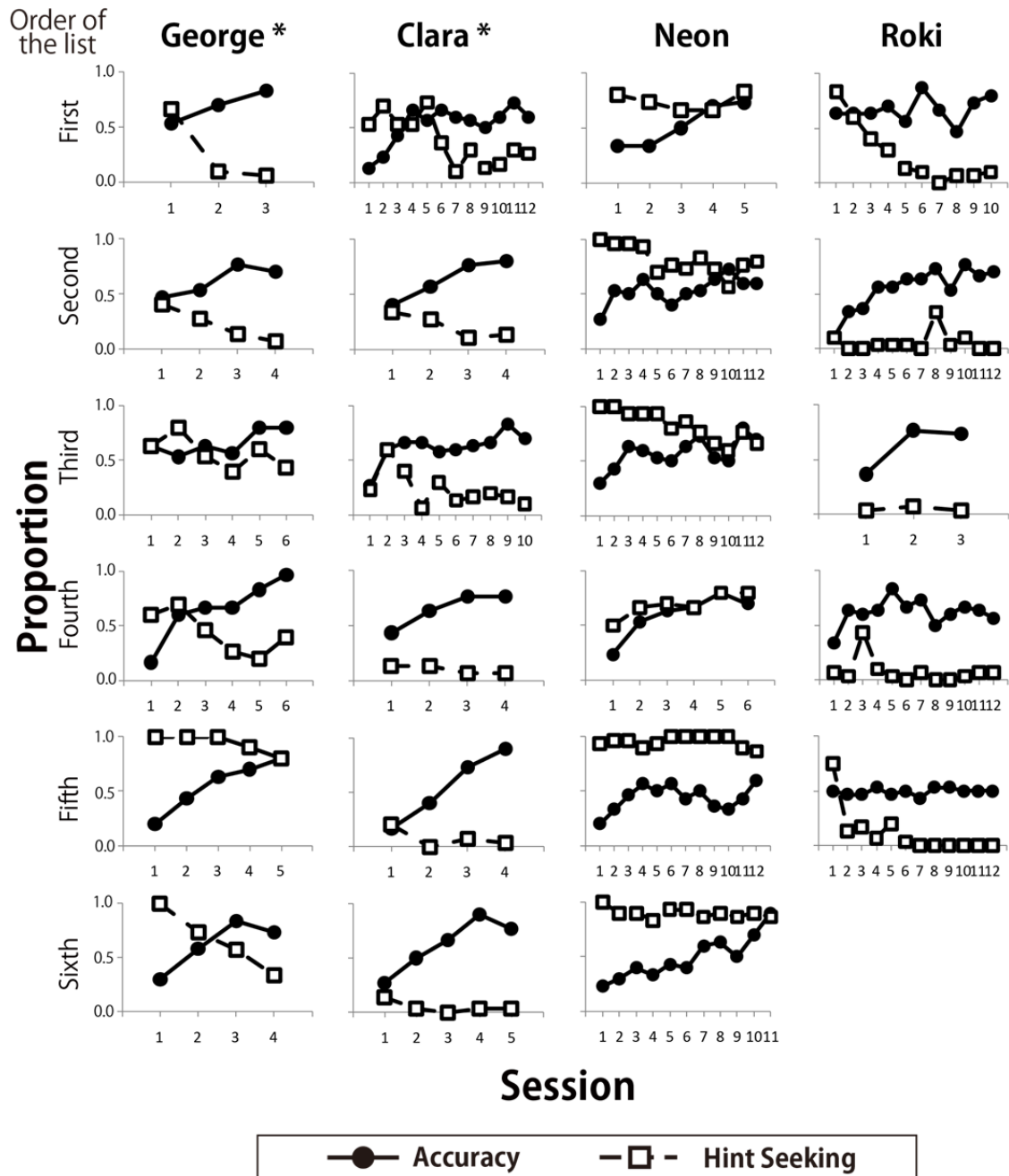


図 2-3. 各個体におけるそれぞれのリストの通常遂行時の正反応率、およびヒント付き試行遂行時のヒント希求率。*が付いている個体は最初のセッションと最後のセッションとを比較した際に有意な差があった個体である。

4 個体中 3 個体において、通常試行の正答率とヒント機能の利用率には負の相関があり、さらにそのうち 2 個体においてはリストの学習初期に学習が進んだ後期よりヒント機能を多く希求する行動が見られた。この結果は、これらの個体が自身の知識状態をモニタリングし、柔軟に行動をコントロールしている可能性を示している。つまりメタ認知能力は、ほ乳類のみならず、鳥類もそれを有しているのかもしれない。

しかし前述したように、一見メタ認知行動に見える反応に対しても、メタ認知を用いない説明が可能であるかもしれない。メタ認知を用いない説明の一つとして、ハトはそもそもヒントアイコンもリストを形成する刺激の一つと単に認識していただいただけという可能性が挙げられる。もしこの可能性が正しければ、ハトはヒントアイコンも含めた 4 つの刺激に対してランダムな反応を行うと予想される。つまり一番目にヒントアイコンへ反応するチャンスレベルが 0.25、二番目には 0.33、三番目には 0.50 となる。しかし、実際のヒントアイコンに対する反応率はそれに反するものであった(図 2-4)。むしろ George という 1 個体においては、系列学習の初期では、3 番目より 1 番目にヒントアイコンに刺激に反応することが多かった。新奇リスト提示時において確信のなさが一番強いと思われるのは 1 番目の刺激であり、George の結果は、ヒントアイコンをリストの一刺激とみなしていたというより、自身の確信のなさをモニタしていた可能性を支持するものである。

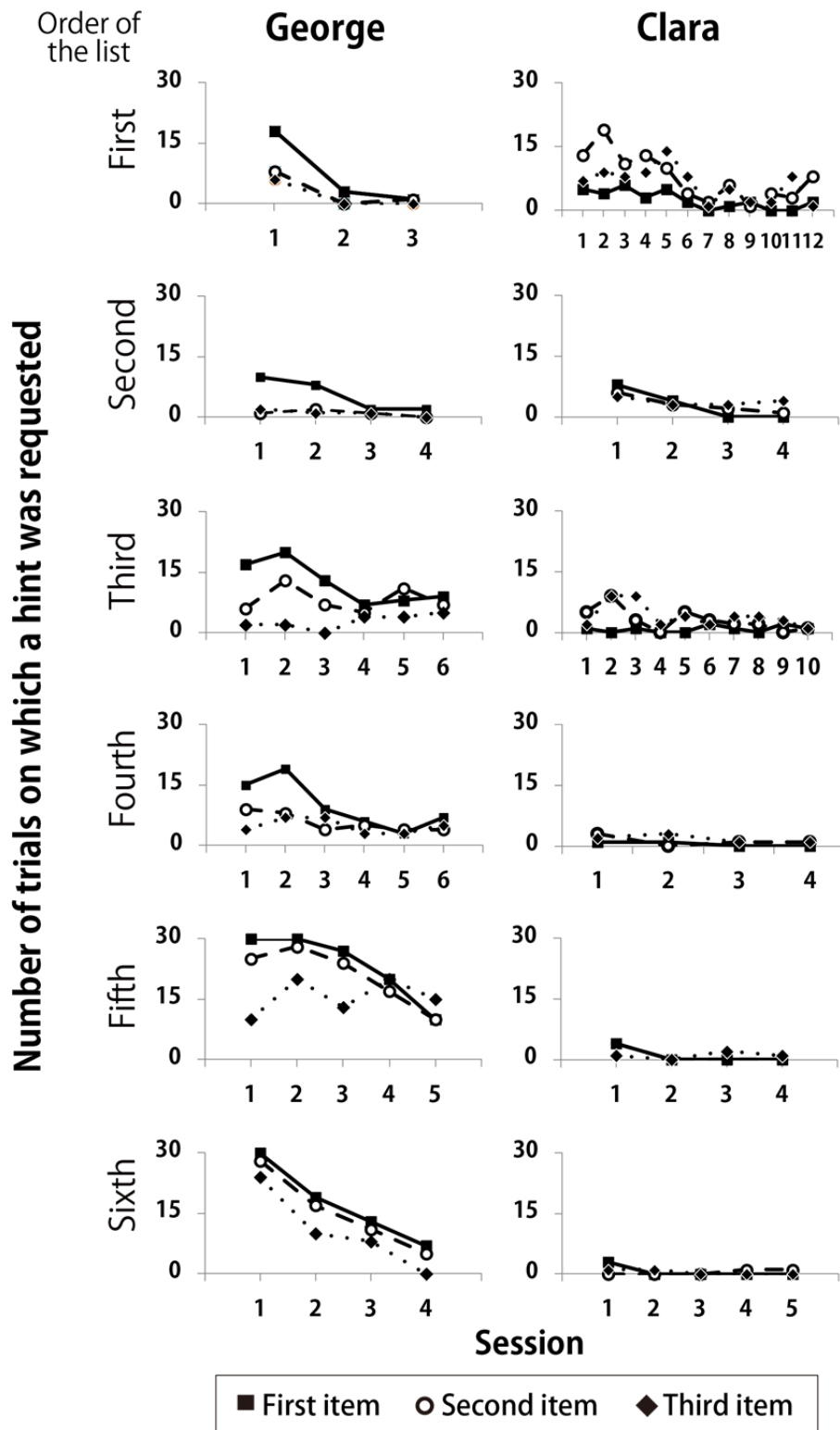


図 2-4. George と Clara における 1 番目・2 番目・3 番目の刺激に反応する前にヒントを希求した試行数。

別のメタ認知を用いない説明は、新奇なリスト（刺激）が出現した場合、少しでも見慣れたヒントアイコンに反応するという行動を学習した可能性である。しかし本実験では参加個体は6リストというごくわずかなテストしか経験しておらず、この間に反応を形成した可能性は低いと思われる。

実験 1-1 では、4 個体中 2 個体 (George, Clara) が自身の知識状態に応じた適切なメタ認知行動を示した。実験 1-2 では、このメタ認知的行動が外的な手がかりではなく心的状態を手がかりにしているということをより強く主張するために、異なる状況にもこの行動が般化するかを検討した。実験 1-2 の基礎課題として、Nakamura et al. (2011) で使用された視覚探索課題を用いた。この課題では、複数の刺激の中ならある色の標的刺激を選択するというものであった。この刺激は、実験 1-1 の長期記憶課題と同じように作業記憶負荷の低い課題と考えられるが、課題としては全く異なる認知活動が必要とされる。この全く異なる課題に、適切な情報希求行動が般化することが示されれば、ハトが自身の心的状態に応じて行動を調整していることを強く主張することが出来ると考えられる。

2-2-2. 実験 1-2：視覚探索課題への情報希求行動の般化

方法

参加個体

本実験には、実験 1-1 において情報希求行動を示した George と Clara が参加した。どちらの個体も Nakamura et al. (2011)には参加していなかった。

装置

本実験の装置は、実験 1-1 と同じものを用いた。

刺激

本実験では、Nakamura et al. (2011)で用いられた刺激と同じものを使用した。刺激は、XGA(1024×768)の LCD モニタ上では直径 13.4mm(45 ピクセル)になる色つき円であった。色は RGB(R=赤、G=緑、B=青)で指定した。(例えば、白を RGB で示すと(R-value, G-value, B-value) = (255, 255, 255)となり、黒は(0, 0, 0)となる。)

図 2-5a は、実際に本実験で使用した刺激の例を示している。刺激探索課題における標的刺激は、紫((R, G, B) = (188, 128, 188))の円であった。また妨害刺激として 6 種の色の円を用意した。そのうち 3 つは R-value が 188 よりも高く設定したものであり((R, G, B) = (248, 128, 128), (228, 128, 148),(208, 128, 168))、残りの 3 つは 188 よりも低く設定したものであった((R, G, B) = (168, 128, 208),

(148, 128, 228),(128, 128, 248))。さらに George にはほとんどヒトの目には色の違いが分からない 2 種類の色の妨害刺激((R, G, B) = (189, 128, 187),(187, 128, 189))を加えた。これらの刺激を提示した場所は個体によって異なっており、George に対しては、画面の右上、右下、左上、左下のそれぞれの場所に 1 つの標的刺激と 3 つの妨害刺激を提示した。Clara に対しては画面の中央付近に刺激が出現する可能性がある 8 つの場所があり (図 2-5 に具体的な場所を図



図 2-5. A には実験 1-2 で用いた刺激を、b には刺激提示位置の例を図示した。Clara の刺激提示位置の例において番号が記載してある箇所は、刺激が出現する可能性がある 8 つの場所である。実際の課題では、この図に記載した白色格子および数字は表示していない。

示した)、そのうちの4つに標的刺激と妨害刺激を提示した(図 2-5b)。ヒントアイコンとして用いたイラストは、実験 1-1 と同じものであった。またそのアイコンが提示される位置は、George に対しては実験 1-1 と同様に真面中央、Clara に対しては画面中央下部であった。

手続き

Phase 1 : 基礎課題 (視覚探索課題)

Phase 1 では、参加個体に基礎課題である視覚探索課題を訓練した。まず 3 秒の試行間隔の後、George に対しては画面中央に、Clara に対しては画面中央より 50 ピクセル下部に、セルフスタートキーが出現した。セルフスタートキーに 2 回反応することによりスタートキーは消失し、その直後に標的刺激のみが提示された。この試行を 60 試行(1セッション)のみ行った。

このセッションの後の段階では、セルフスタートキーの消失後に 1 つの標的刺激と 3 つの妨害刺激を提示した。それぞれの刺激の提示される場所は、George においては四隅、Clara においては刺激出現する可能性がある 8 つの場所のうちランダムに選択された 4 か所であり、刺激と場所の組み合わせがランダムになるように設定した。参加個体が標的刺激に 1 回反応すると、即座に報酬を得ることができた。しかし妨害刺激に反応すると、20 秒のタイムアウトが与えられた。この訓練初期では、オレンジと青((R, G, and B) = (248, 128, 128) or (128, 128, 248))の 2 種類の妨害刺激のみを用いた。どの妨

害刺激が出現するかは、ランダムに決定された。この訓練を、参加個体の正答率が2日連続で90%以上になるまで続けた。学習基準の達成後、使用する妨害刺激を6種類に増やした。これらの刺激も、それぞれが同頻度かつランダムに提示された。ここでは参加個体の1セッションにおける正答率が60%以上になった時点で訓練を終了し、続くテストを実施した。GeorgeはPhase 1を10セッション、Claraは13セッションで完遂した。

Phase 2: ヒント機能が利用可能な視覚探索課題

この段階では、セッションの半数の試行において課題遂行時にヒント機能を使用することができた。1セッションはPhase 1と同様に60試行から構成されていた。30試行はPhase 1と同じ視覚探索課題であった。残りの30試行はヒント機能が利用可能な視覚探索課題であり、この試行では、通常の視覚探索課題に加え、画面中央にヒントアイコンが提示された。参加個体はそのアイコンに反応すると、実験1-1と同様に正解刺激の周辺にヒント枠が出現し、正解刺激を知ることができた。ヒント機能使用時の報酬率は、実験1-1と同じ割合に設定した（Georgeは100%、Claraは75%）。

このPhaseでは、それぞれの個体に非常に難しい試行を課すことがあった。Georgeに対しては、少なくともヒトには弁別が付かないほど標的刺激と色が似ている妨害刺激(R, G, and B) = (189, 128, 187), (187, 128, 189)を提示する試行がそれにあたる。一方、Clara

に対しては、標的刺激が存在せず、明らかに標的刺激と色が異なる4つの妨害刺激(オレンジもしくは青)が提示される試行を課した。Clara に対するこの試行における正解刺激は実験者が任意に決定した。これら非常に難しい試行における参加個体の正反応率は、チャンスレベル(25%)と同程度になると予測される。

予測

本実験でのヒントなし試行では、標的刺激と明らかに色が異なる妨害刺激が提示された試行において正答率が高く、標的刺激と妨害刺激の色が似れば似るほど正答率が低くなると予想される。そして一番難しい試行では正答率はチャンスレベルにまで落ちるだろう。もし実験 1-1 におけるヒント希求行動を新奇な課題に般化できるのであれば、正答率が高い妨害刺激提示時よりも正答率が低い妨害刺激提示時に多くヒント希求を行うだろうと予測される。

結果と考察

まず妨害刺激の色によって課題の難易度が変化したかを確認した。ヒントなし試行において、標的刺激(紫)と色が異なる妨害刺激を用いた場合(例えば青やオレンジ)、George や Clara の正答率はほぼ 100%であった(図 2-6 の白抜きバー)。それに対して、標的刺激と妨害刺激の色の違いがほとんどない場合(George)や標的刺激を提示しなかった場合(Clara)では、正答率はチャンスレベルの 25%

とほぼ同程度であった ($P_s > 0.05$; Fisher's exact test)。この結果から、妨害刺激の色や有無によって課題の難易度が変化したことが示された。

次に、先ほど確認した課題の難易度に応じて、それぞれの個体のヒント機能使用率つまりヒント希求率が変化したかを分析した(図 2-6)。しかしそれぞれの妨害刺激に対する正答率とヒント希求率には有意な相関は見られなかった(George, $r = 0.54$, $P = 0.15$; Clara, $r = -0.66$, $P = 0.07$, Pearson's product-moment correlation test)。George は課題の難易度に応じたヒント希求を行ったとは言えず、この個体は実験 1-1 のヒント希求行動を新奇な課題に般化させなかったと考えられる。一方、Clara は課題が一番難しい(標的刺激が存在しない)場合にのみヒント希求を行った。この Clara の結果は、標的刺激が存在しない難しい状況に対してヒント希求行動を般化させたように解釈することもできる。しかし確固とした結果を述べるにはヒント希求を行った回数が少なすぎるため、Clara においても新奇な課題にヒント希求行動を般化できたと明言することはできない。

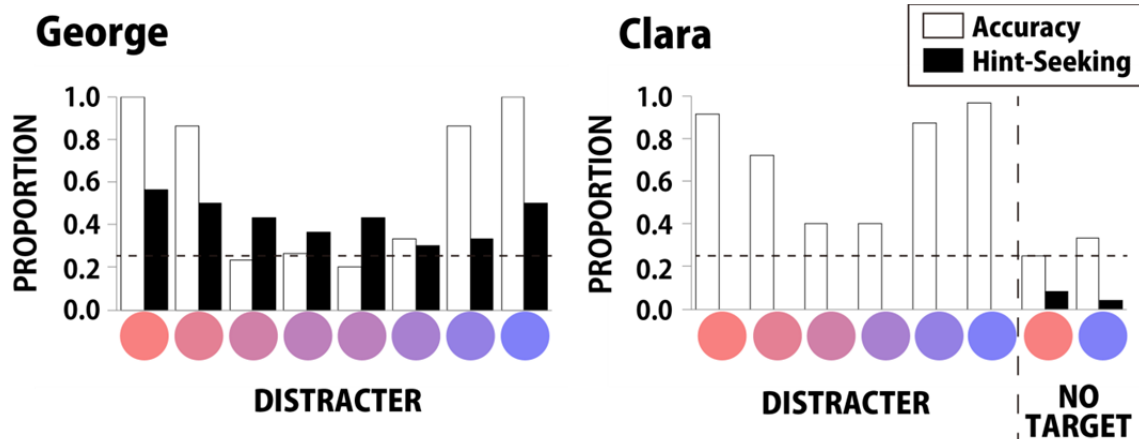


図 2-6. 各個体におけるヒントなし試行時の正反応率とヒント希求率。白抜き棒はヒントなし試行における正反応率、黒塗り棒はヒント利用可能試行におけるヒント希求率を示している。破線はチャンスレベル(25%)を示している。

本実験の結果は、実験 1-1 での知識状態に応じたヒント希求行動が新奇な課題に般化しなかったことを示す。このため、この実験からは、実験 1-1 で出現したヒント希求行動がメタ認知を用いていなかったという可能性を棄却できなかった。しかしこの般化テストには留意しなければならない点が 2 点あった。1 点目は、実験 1-1 と実験 1-2 の課題が全く異なるため、実験 1-2 において参加個体がヒント希求をできる状況だと認識していなかった可能性がある。Nakamura et al. (2011) はハトの課題遂行後における自信度判断について検討し、8 個体中 1 個体が視覚探索課題における自信度判断行動を全く異なる課題（条件性弁別課題）に般化させたことを示した。この実験では、ほとんどの個体は最初の視覚探索課題では難易度に応じた自信度判断を行っており、さらに数個体は標的刺激を

変更しただけの視覚探索課題に対しては行動を般化させていた。2点目は、実験 1-1 と実験 1-2 で検討したメタ認知の質が異なった可能性である。実験 1-1 では長期記憶課題における自身の知識状態をメタ認知させたが、実験 1-2 では目の前に提示された課題の確信のなさを判断させた。これら 2 つのメタ認知過程は、ともに自身の内的状態をモニタしているという点では共通しているが、モニタする対象が異なるためメタ認知過程が異なる可能性もある。今後、モニタする対象によってメタ認知の質が変化するのか、またそれらの関係性はどのようなものかを検討していく研究も必要だろう。

実験 1 の考察

実験 1 では、鳥類であるハトが自身の知識状態に応じた情報希求行動を行うことができるかを検討した。実験 1-1 では、同時系列学習課題を基礎課題とした同時メタ認知課題をハトに課した。その結果、4 個体中 2 個体が正答率の低い学習初期でヒントを多く希求し、それと比較して成績がある程度高くなった学習後期ではヒント希求率を低下させた。つまりハトは自身の知識状態をモニタすることができたと言えるだろう。メタ認知、少なくとも情報希求能力に関しては、ほ乳類種のみならず鳥類も有している能力なのかもしれない。

実験 1-2 では、先の実験 1 において適切な情報希求行動を示した 2 個体のハトを参加個体に、全く異なる新奇課題（視覚探索課題）に行動が般化するかを検討した。しかし、2 個体ともににおいて情報

希求行動は新奇課題に般化しなかった。しかし我々は、この結果には注意が必要だと考える。これらの結果は、ハトのメタ認知能力の欠如の可能性以外に、実験 1-2 の考察に述べたような問題点も考えられる。つまりハトが情報希求行動を般化させることができなかったことは、実験 1-1 で出現した行動がメタ認知によるものではなかったことを必ずしも意味するものではない。

本実験で最も特筆すべき点は、ワーキングメモリ負荷の低い課題を用いることによって、メタ認知的な反応が出現した点である。この結果から、ハトのメタ認知に関する先行研究においてメタ認知の証拠が示されていなかったのは、基礎課題に要するワーキングメモリ負荷が高いと考えられる遅延見本合わせ課題を用いたためであると考えられる (e.g., Inman & Shettleworth, 1999, Experiment 2; Sutton & Shettleworth, 2008)。これまで多くの先行研究で用いられてきた遅延見本合わせ課題では、ハトは試行ごとに提示された刺激を覚え、さらに次の試行ではその記憶課題をリフレッシュすることが求められる。このためメタ認知に使用できるワーキングメモリ資源が不足し、ハトはメタ認知反応を行えなかった可能性がある。この可能性は、ハトが視覚探索課題を用いた回顧的メタ認知課題においてメタ認知的反応を示した Nakamura et al. (2011)とも一致するものである。本実験で基礎課題として使用した同時系列学習課題は、セッションを通して 3 つの刺激に対する同じ順序での反応が求められるため、ワーキングメモリ負荷の低い課題

だと考えられる。そのため、課題遂行中でもメタ認知を行うことができたのであろう。実験 1-1 においてメタ認知反応を示した 2 個体は、3 項目同時系列学習の学習セットを早く獲得した。つまりこれらの個体は、他の個体よりも基礎課題を学習することが容易で、メタ認知を利用した方略を適用しやすかったのかもしれない。

しかし、実験 1-1 では課題遂行中にメタ認知判断を行わせるという課題の特性上、メタ認知を用いない、反応競合仮説による説明が可能である。これはメタ認知を想定しなくとも、それぞれの反応の出現しやすさだけでメタ認知的反応が説明できてしまうという説である。反応競合という観点から見ると、動物は課題が易しい時、餌（強化子）と強く結びついている刺激（正刺激）を選択もしくは問題解決を行う傾向が強く、それに対して課題が難しい時は、そのような刺激がないため動物の課題を遂行するという反応は低くなると予想される。そして、どちらの場合にも課題を回避するなどのメタ認知的反応は一定頻度存在していると仮定する。このような場合、易しい課題に対しては課題解決を多く行い、課題が難しい時には相対的にメタ認知的反応が多く行われる。この反応競合仮説を棄却するためには、課題遂行前もしくは課題後にメタ認知判断を行わせることが有効だとされている (Hampton, 2009)。

実験 2 では、ハトにおける予見的メタ認知を検討することにより、鳥類のメタ認知能力の有無についてより深く検討した。

2-3. 実験 2：課題遂行前におけるメタ認知の検討

3 項目系列学習課題遂行前における情報希求行動

実験 1 では、ワーキングメモリ負荷の低い課題を用いることによって、鳥類においてもメタ認知的な反応が出現した。しかし課題遂行中にメタ認知判断を行うという課題の特性上、メタ認知以外の手がかりを使用した可能性を棄却できない。

序論でも述べたが、従来のヒト以外の動物におけるメタ認知研究では、一見したところメタ認知的な行動が実験によって示されたとしても、メタ認知以外の手がかりを利用して行われる可能性を慎重に考察してきた。Hampton (2009)は、これらの考察すべき可能性として、「環境手がかり」、「行動手がかり」、「反応競合」の 3 つを挙げている。さらに彼は、これらの可能性を極力棄却するための検討方法として、予見的メタ認知課題を用いることを提案している。予見的メタ認知課題では、刺激を見る前にメタ認知判断（回避オプション選択）を行うので、刺激手がかりや自身の反応時間を用いることが不可能で、かつ課題遂行とメタ認知反応が同時に存在していないため反応競合という可能性も棄却できる。

しかし基礎課題に遅延見本合わせ課題を用いた従来のメタ認知研究では、鳥類において予見的メタ認知を示した研究はない(e.g., Goto & Watanabe, 2012; Inman & Shettleworth, 1999; Sutton & Shettleworth, 2008)。実験 2 では、ワーキングメモリ負荷の低い課題を基礎課題に用い、ハトの予見的メタ認知行動を検討した。

方法

参加個体

参加個体は、実験 1 に参加したオスの成体ハト 4 個体 (*Columba livia*) であった。本実験開始時の各個体の年齢は、Neon が 13 歳、Clara と Roki が 15 歳、George が 7 歳であった。食餌制限等の飼育環境は実験 1 と同じであった。

装置

本実験で使用した装置は実験 1 と同様のものを使用した。

刺激

刺激には 45×45 ピクセル(画面上での大きさ 13.4×13.4 mm)の色がついたイラストを使用した。このようなイラスト 3 つから 1 つの項目リストを構成した。ヒントアイコンには、80×80 ピクセル(画面上での大きさ 24×24 mm)の色がついたイラスト 2 種を用いた。どちらのイラストも、実験 1 でヒントアイコンとして使用したイラストとは完全に異なるものを用いた。刺激として用いたイラストは、すべて Microsoft Word のクリップアートをペイントで編集したものであった。本実験を通して、合計 126 のイラストを使用した。

手続き

前訓練

まず参加個体に 3 項目の系列学習課題を訓練した。3 秒の試行間隔の後、画面中央にセルフスタートキーの青四角形（45×45 ピクセル）が出現した。ハトがこのキーに 2 回反応することで、キーは画面から消失し、代わりに 3 つの刺激が画面に出現した。これらの刺激は、モニタの四隅（右上、右下、左上、左下）のうち 3 か所に試行間でランダムに提示された。参加個体が 3 つの刺激に正しい順序で反応することができれば、ホッパーが 2.8-3.5 秒間上がり、食物を食べることができた。しかし誤反応だった場合は、20 秒のタイムアウトが与えられた。あるリストにおいて 2 日連続で正答率が 70% 以上になるまで訓練を続け、学習基準に達したところで新奇なリストに移行した。この手続きを 4 リスト繰り返し、4 リストを完遂するまでに、Clara、George、Neon、Roki はそれぞれ 72、35、43、60 セッションを要した。

Phase 1：セルフスタートキーによる「知っているリスト」と「新奇なリスト」の弁別

Phase 1 では、これから参加個体が遂行する課題が「既知リスト」か「新奇リスト」かを、セルフスタートキーの種類によって弁別できることを訓練した。セルフスタートキーが緑の三角形だった場合、本実験を通してある 3 つの刺激が常に提示された（これら 3 つの刺

激から構成されるリストを、今後「既知リスト」と呼ぶ)。これに対して、セルフスタートキーが赤い円だった場合、毎セッションごとに異なるリストが提示された（このリストを今後「新奇リスト」と呼ぶ）。ほとんどの試行では、セルフスタートキーは緑の三角形か赤い円のどちらかしか提示されなかったが、選択試行として緑の三角形と赤い円が画面の左右に提示されることがあった。参加個体がこれらセルフスタートキーの機能の違いを学習したのであれば、赤い円より緑の三角形をより選択すると予想される。1セッションは既知リスト 54 試行、新奇リスト 54 試行、選択試行 12 試行から構成されており、それぞれの試行がランダムに出現した。この訓練を、参加個体が既知リストにおいて正答率 70%以上であり、さらに選択試行において 2 セッション連続で 10 回以上緑の三角形アイコンを選択するまで続けた。Clara、George、Neon、Roki は、この段階をそれぞれ 18、7、21、8 セッション繰り返すことで、学習基準をクリアした。

Phase 2 : ヒント付き試行とヒントなし試行の弁別

この段階では、ハトが青いセルフスタートキーに反応すると、系列課題遂行時にヒントが利用できることを示すアイコン（ヒント利用アイコン）、もしくはヒントが使えないことを示すアイコン（ヒントなしアイコン）のどちらかが提示された。さらに参加個体がこれらの刺激に反応すると、既知リストもしくは新奇リストがランダム

に出現した。系列課題前の段階でハトがヒント利用アイコンに反応していた場合、次に反応すべき刺激の周りにフリッカーする白枠（ヒント枠）が提示された。ハトはこのヒント枠に従って反応するだけで、課題を解決することができた。しかしヒントを利用して正解した場合、参加個体はある割合で餌と条件性強化子（ライト）の両方を与えられることもあったが、それ以外の時は条件性強化子のみしか与えられなかった。餌を得られる確率は、最初のテスト時の訓練では 60%で、2 回目のテスト時の訓練では 75%に設定した。1 セッションは、ヒント利用アイコン試行とヒントなしアイコン試行がともに 60 試行ずつから構成されていた。この訓練は、どの個体においても 4 セッション行った。

コンビネーションテスト

テストでは、Phase1 と Phase2 を組み合わせた(図 2-7)。半数の試行では既知リストの出現を示す緑スタートキーが中央に出現し、残りの試行では新奇リストの出現を示す赤スタートキーが出現した。提示されたスタートキーにハトが反応すると、確信のなさ判断フェーズに移行した。このフェーズでは、参加個体は「ヒント利用アイコン」か「ヒントなしアイコン」を選択したり、強制的に一方のアイコンを選択させられたりした。1 セッションは 120 試行であった。そのうち 72 試行は、参加個体が「ヒント利用アイコン」か「ヒントなしアイコン」を選択することができた。また 36 試行はヒント

なしアイコンしか使用できず、さらに残りの 12 試行はヒント利用アイコンを強制的に選択した。テストにおいて、ヒントを利用せず課題に正解した場合、個体は常に報酬を得ることができた。しかしヒントを利用した場合は 60%しか食物を得ることができなかった。また誤反応だった場合は、ヒントの利用に関わらず、タイムアウトが与えられた。このようなテストセッションを、各個体 4 回繰り返した。この後、ヒント利用、ヒントなしアイコンの画像を変えた同様のテストを行った。この 2 回目のテストでは、ヒント利用時の一次強化率を 75%に設定した。

Training: Learning of the rules



Combined Test (x 4session)

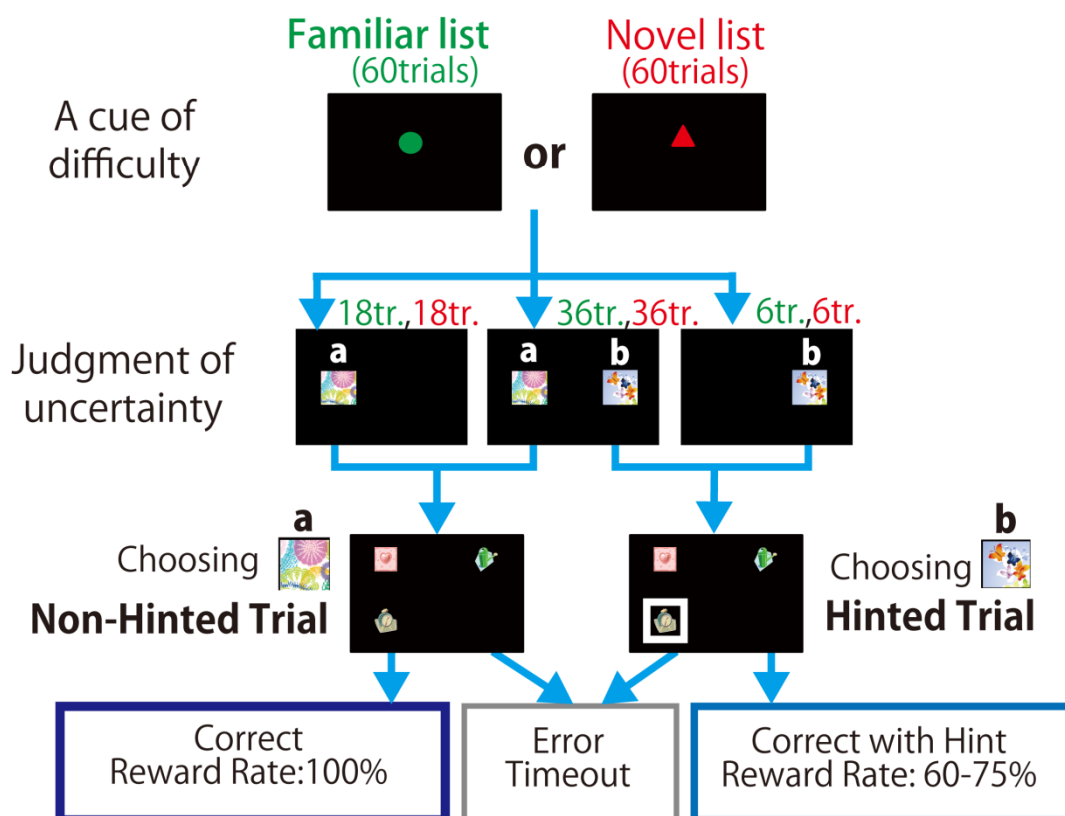


図 2-7. 実験 2 における訓練において学習したこと及びテストの流れ。

結果

本実験では、ハトが確信のなさ判断段階でヒント利用試行とヒントなし試行を選択できるとき、どのくらいヒント利用試行を選択したかを分析した。もし参加個体が、予見的に自身の認知状態を適切にモニタできているのであれば、既知リストよりも新奇リストにおいてよりヒント利用試行を選択すると予測される。図 2-8 に、既知リストおよび新奇リストにおけるヒントアイコン選択率を示した。最初のテスト（ヒント利用試行における報酬率が 60%）では、Clara と Neon は新奇リストにおいてより多くヒントアイコン選択を選択し (Clara $P=0.02$; Neon $P<0.001$, Fisher's exact test)、また George は同様の傾向があった ($P=0.06$)。さらにテストにおけるヒントアイコン選択数をセッションごとに細かく分析したところ、Neon は第 1 セッションから新奇リストにおいてより多くヒントアイコン選択を選択していた ($P=0.004$, 図 2-9)。しかし Roki は既知リストと新奇リストにおけるヒントアイコンの選択率は同程度であった ($P=0.902$)。

最初のテストではヒント利用試行における報酬率を 60% に設定して行ったが、その場合 George と Clara のヒントアイコン選択率が全体的に低かった (図 2-8)。そのためヒント利用試行における報酬率を 75% に引き上げ再度テストを行った。その結果、4 個体中 3 個体が既知リストよりも新奇リストにおいて有意に多くヒントアイコン選択を選択した (Clara, $P=0.007$; George, $P=0.001$; Neon, $P<0.001$,

図 2-8)。また Roki においても同様の傾向がみられた ($P=0.071$)。さらに Neon においては前のテスト同様最初のセッションからその行動がみられ ($P=0.004$)、Clara もそのような傾向があった ($P=0.08$)。

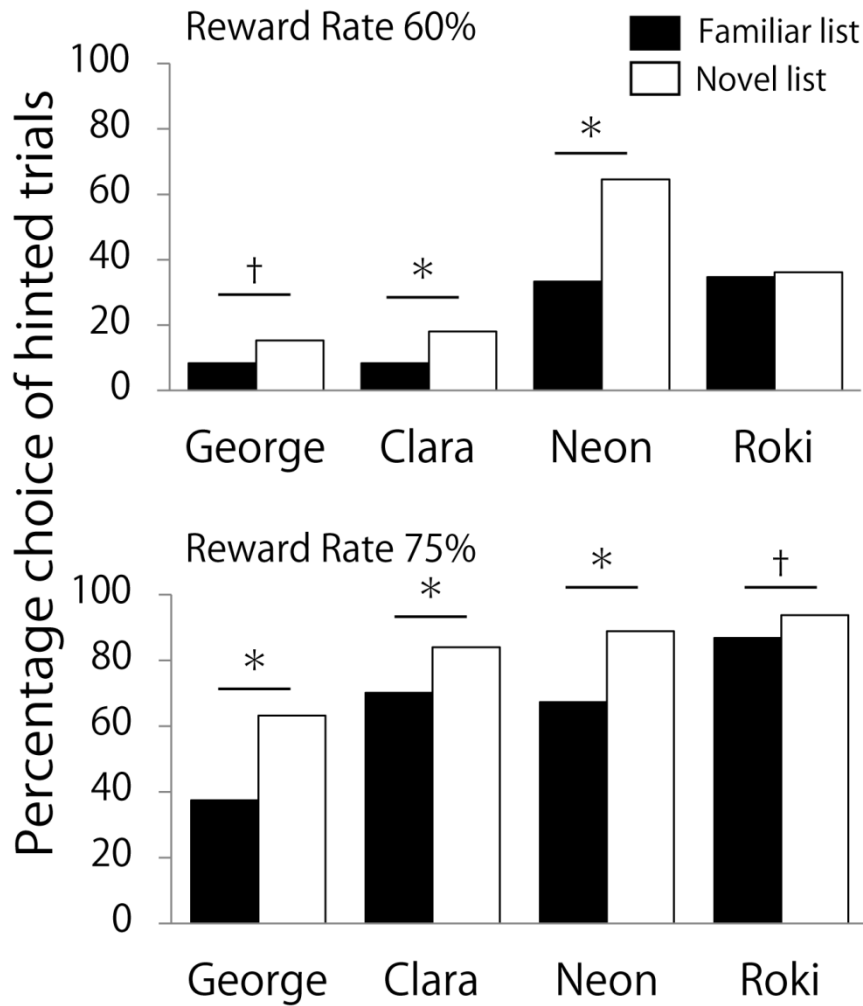


図 2-8. 既知リスト時と新奇リスト時のヒントアイコンを選択した割合。*はヒントアイコン選択率が既知リスト時と新奇リスト時において有意に異なっていたことを ($p < 0.05$)、†は有意傾向 ($p < 0.1$)を示す (Fisher's exact test)。

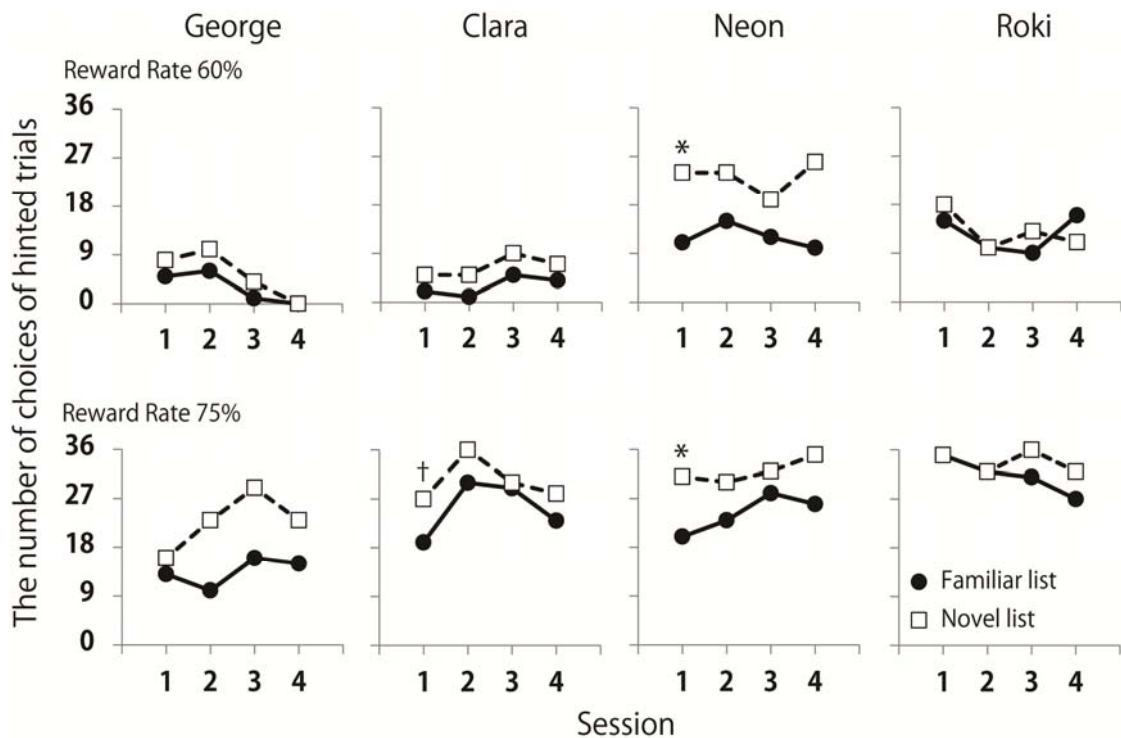


図 2-9. セッションごとのヒントアイコン選択率の推移。

考察

本実験では、ハトが長期記憶課題遂行前に自身の知識状態に応じた情報希求行動を行うかを検討した。その結果、4個体中3個体が、既知リストと比較して知識がない新奇リストでより多くヒントを希求した。さらに、Neonは2つのテストにおいて第1セッションからヒントの使用の仕方が異なっていた。この結果は、ハトが予見的に自身の知識状態を判断していたことを強く支持する。

ここで、本実験で示された予見的メタ認知行動はメタ認知を仮定しないと説明できない行動か否かを考察する。まず Hampton (2009) が提唱した、自身の反応時間を利用した可能性や反応生起確率が異

なる 2 つの反応が競合することで出現した可能性（反応競合）について考える。本実験では実際に課題を遂行する前にメタ認知判断を行う予見的メタ認知課題であったため、先述したメタ認知以外の手がかりは利用できない。したがって本実験では自身の反応時間の利用や反応競合の可能性はないと考えられる。それ以外の可能性としては、新奇リスト課題と“ヒント利用”をオペラント学習したことが挙げられる。この可能性を完全に棄却することはできないが、訓練において参加個体に新奇リスト課題と“ヒント利用”を連合する機会を与えられておらず、両者の関連についてオペラント学習が成立していたとは考えにくい。本実験の訓練段階では、これから遂行するリストの手がかりとなるアイコンの弁別(Phase1)と、ヒント利用に関するアイコンの学習(Phase2)は個別に訓練された。そのため、テスト段階では、参加個体は訓練で得た知識をもとに、どのようにヒントを希求するかは推論しなければならない。図 2-9 を見ると、George の 2 度目のテスト以外は、どの個体もセッションを通してヒント利用の仕方は変化しなかった。つまり、学習によってメタ認知的な行動が獲得された可能性は低いと考えられる。さらに Neon においては、1 セッション目という非常に早い段階から、既知リストよりも新奇リストにおいてヒント利用アイコンを多く選択した。また図 2-10 にはヒントあり試行を選択した時の報酬獲得率とヒント試行選択率を示した。もしテスト中において選択と報酬の関連性について学習が進んだとすれば、両者に正の相関がみられるはずであ

る。しかし驚くべきことに、Neon において両者の相関は見られなかった。このことは、少なくとも Neon はテスト試行を通して単にオペラント学習したわけではないことを示しているのかもしれない。一方、他の 3 個体に関してはヒントあり試行を選択した時の報酬獲得率とヒント試行選択率に高い正の相関が確認されたことから、オペラント学習の可能性を完全には排除することはできない。

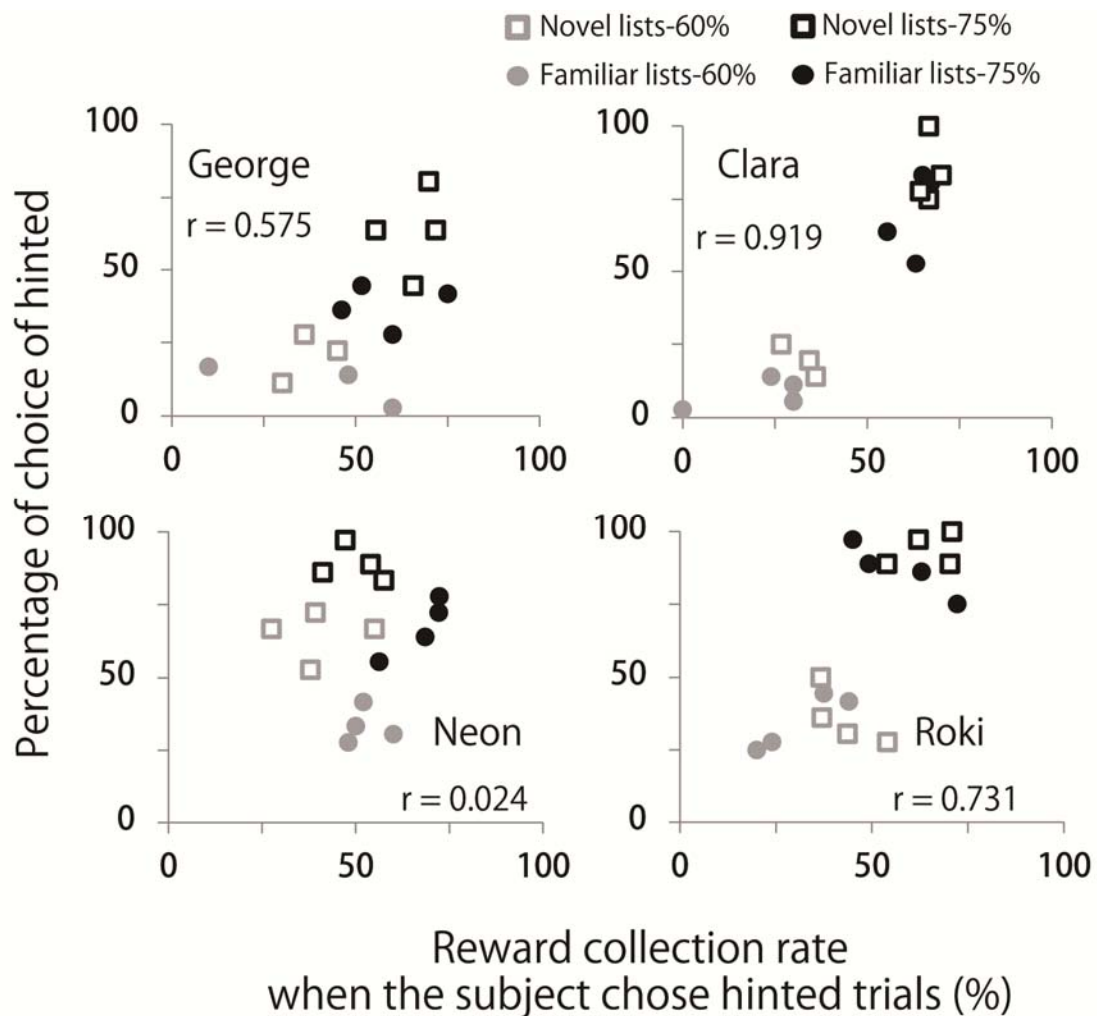


図 2-10. ヒントアイコン選択時の報酬獲得率とヒントアイコン選択率。報酬獲得率は、ヒント選択時の正答率 × 報酬率 (60%, 75%) によって算出した。

2-4. 2章のまとめ

本研究では2つの実験によって、鳥類においてこれまでメタ認知の存在を示唆する証拠が弱かった理由が、ワーキングメモリ資源の不足によるものか、それとも鳥類のメタ認知に対してかかった選択圧によるものかを明らかにしようとした。従来の鳥類のメタ認知研究における基礎課題には、遅延見本合わせ課題がよく用いられてきた。この遅延見本合わせ課題はワーキングメモリ資源を多く必要とするものである。本研究では、それよりもワーキングメモリ負荷の低いであろうと考えられる長期記憶課題(系列学習課題)を用いて、先述の問題を解決しようとした。実験1では、ハトが3項目系列課題遂行中にどのような情報希求行動を示すかを検討した。するとハト2個体は学習の初期で多くヒント(情報)を希求していたが、系列学習が進むにつれてヒントの希求頻度は少なくなった。このことから、ハトが自身の知識状態に応じ行動を柔軟に変化させる可能性が示された。さらに実験2では、3項目系列課題試行前にメタ認知判断をさせた。すると4個体中3個体が、既知リストよりも新奇リスト時に、予見的にヒントアイコンを利用した。これはハトも予見的に自身の知識状態に応じた情報希求行動を行うことができることを示すものである。この両実験の結果から、これまで鳥類のメタ認知研究において弱い証拠しか得られなかったのは、複雑な条件性弁別課題が基礎課題として用いられていたため、実験参加個体にメタ認知を実行するワーキングメモリ資源が不足していたことが原因

だと推測される。

また近年の研究からは、この可能性を支持する証拠が得られている。例えば **Castro and Wasserman (2013)** は、ハトが視覚弁別課題において難易度に応じたヒント希求行動を行ったことを示した。ここで用いられたのは同異弁別課題のことであり、2つの刺激群が画面の左右に提示され、背景色に従って同じ刺激で構成されている刺激群、もしくは異なる刺激で構成されている刺激群を選択するというものであった。この基礎課題では試行ごとに記憶を解放する必要がないため、ワーキングメモリ負荷は低いと考えられる。また、**Smith, Coutinho, Church, and Beran (2013)** は、基礎課題の認知負荷がアカゲザルのメタ認知パフォーマンスに影響を与えることを示した。彼らはアカゲザルにランダムドットの密度を弁別する課題を行わせる際に、その課題を回避するオプションも併せて与えた。そして **Smith et al. (2013)** は、サルがその回避オプションをどのように使用するかを調べた。するとアカゲザルは、密度弁別が困難な場合に多く回避反応を行うというメタ認知行動を示した。しかしその密度弁別課題と遅延見本合わせ課題を交互に行わせ、作業記憶認知負荷を上げた課題を遂行させるとメタ認知行動は劇的に減少した。

本研究の結果からは、従来その証拠が弱いと言われてきた鳥類もメタ認知能力を有している可能性が示された。このことは自身の心的状態にアクセスする能力は、ほ乳類種のみならず鳥類を含めた幅広い種が有している可能性があることを意味している。また、メタ

認知などの内的手がかりにアクセスする認知と外的手がかりを利用する認知が発達するためにかかった選択圧は、異なるものではないという仮説を支持するものかもしれない。

第 3 章 将来の心的状態を見越した準備的情報希求行動

3-1. 現在の心的状態の認知と将来の心的状態への準備的行動

メタ認知は、自身に不足する情報や確信のなさを認識し、情報を希求するなどその状況に即した行動を行うことを可能にする。このメタ認知能力は、先行研究や本論文第 2 章から、ほ乳類から鳥類まで幅広い動物種が有している可能性が明らかになっている。しかしヒト成人が有するような認知的メタプロセスは、現在の心的状態に縛られず、将来の心的状態を予測してそれに応じた準備的行動を行うことをも可能にする。こうした将来の心的状態を見越した準備的行動の具体例としては、忘れそうな事柄をメモして目に付く場所に張り付けておくことや、見知らぬ土地に行く前にあらかじめその土地の情報を取得することなどが挙げられるだろう。最近の研究によって、アメリカカケス (*Aphelocoma californica*) は将来の課題解決を見越して事前に必要になる情報を収集することが明らかになっている (Watanabe, Grodzinski and Clayton, in press)。しかし、現在の心的状態に縛られず、将来の認知状態に向けて現在の行動を制御するという複雑で高次の認知能力が、ヒトにおいてどのような発達過程を経て獲得されるのかについては明らかになっていない。この問いを解決することは、認知的メタプロセスの個体発生過程の解明に対してひとつの知見を提供するだろう。

ヒトにおいて現在の心的状態に応じた行動を行えるようになるの

は、おおよそ3歳前後であるという報告がされている。例えば Call and Carpenter (2001)は、2歳半の幼児が自身の知識状態に応じた情報希求行動を行ったことを示した。この実験では、参加児に複数の筒の中から報酬が隠されているものを当てることが求められた。すると参加児は、報酬を隠す場面を見ていたときはすぐさま報酬の入った筒を選択したが、隠し場所を知らない時やその記憶が弱い時には報酬の場所を確認した後で筒を選択した。つまりこの結果は、幼児は自身の知識状態に応じ柔軟に情報希求行動を変化させたことを示す。また Balcomb and Gerken (2008)では、3歳半の幼児が自身の記憶状態に応じた課題の回避行動を行うことが示された。これらの先行研究の結果から、ヒトではおおよそ3歳ごろに現在の心的状態に対するメタ認知が出現するのではないかと考えられる。

それでは自身の将来の心的状態に応じた行動はいつから出現するのであろうか。この点に関する研究は行われていないが、就学前児が将来の環境に向けた準備的行動を行うことを報告した研究はある。Russell et al. (2010)は、3・4・5歳児における将来の環境に対する道具の準備行動について検討した。この実験では、翌日あるゲームをする際に必要な道具を準備させた。すると3歳児は適切な未来志向的準備行動を行うことはなく、4歳児は他者が将来(翌日)どんな道具を必要とするかは回答できたが、自分自身に必要な道具は選択できなかった。そして5歳児になると、翌日必要になる道具を適切に選択することができるようになることが示された。この結果

は、未来志向的行動を行うことができるようになるのは5歳以降であることを示す。これらの先行研究から、将来の心的状態に応じた行動も5歳ごろに出現すると予想した。

本実験では、将来の心的状態に向けた準備的行動の発達過程を検討した。本実験の手続きには Call and Carpenter (2001)の手続きを改変したものをを用いた。彼らの実験では報酬の場所の回答と情報希求行動を同じフェーズで行うことが可能だったが、今回の実験では報酬を隠した場所の回答の前に一定時間のみしか情報希求を行える機会を与えなかった。このような場面を設定することによって、将来の心的状態に向けた事前の情報希求を検討することが可能になる。本実験における将来の心的状態の操作は、異なる性質を持つ2種類のカップに報酬を隠すことによって行った。その一つは報酬を隠されるとその在りかが分からなくなる不透明カップで、もう一方は隠した後も報酬の在りかが分かる透明カップであった。情報希求行動が可能なフェーズでは、どちらのカップの条件でも参加児はどこに報酬を隠してあるのか分からない状態にあるので、この行動が両条件間で変化しないのであれば参加児は現在の心的状態に応じた情報希求行動をとったことになる。一方でもし不透明カップで透明カップより覗き行動の増加が見られれば、将来の心的な状態を推測していたことが示唆される。まず実験1では、将来の道具の準備行動が出現し始める4、5歳児を対象に、将来の心的状態に向けた準備行動が出現する時期を検討した。

3-2. 実験 1：将来の心的状態に向けた準備的行動

参加児

本実験では 4 歳、5 歳の誕生日から前後 3 か月以内の子どもをそれぞれ 4 歳児、5 歳児とし、各年齢群各 16 人(男児 8 人、女児 8 人)が参加した。

実験室セッティング

本実験は、隣接した 2 つの部屋(隠し部屋と待機部屋)において実施した(図 3-1)。これらの 2 つの部屋は、一部に穴が開いた可動式障壁によって区切られていた。シールを隠すものとして、青色の不透明紙コップ(直径 7cm×高さ 8cm) 5 個と透明なプラスチック製コップ(直径 7cm×高さ 8cm) 5 個を用意した。またそれらのカップを待機部屋から穴を覗いた際に、どこにシールを隠したかが観察できるような配置で並べた。待機部屋にはカメラ(SONY HDR-CX590)を 2 台設置し、1 台は可動式障壁周辺が、もう一台は待機部屋全体が映るようにセッティングした。

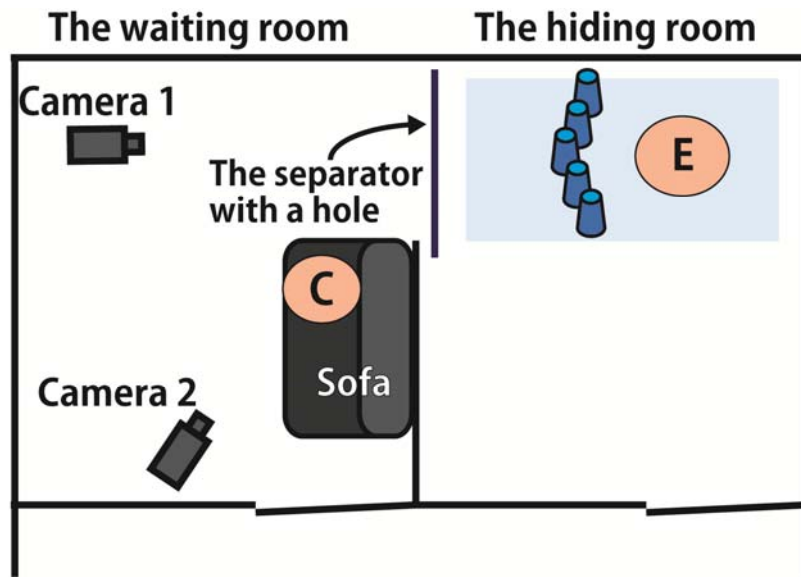


図 3-1. 実験 1 の実験室の様子 (30 秒の待機時). E は実験者を、C は実験参加児を表している.

手続き

前訓練

本実験ではテスト前に、参加児に 2 つの経験させた。1 つ目の体験は、障壁に開いた穴から隣の部屋を覗くことである (図 3-2 ①)。実験者は、待機部屋側の穴から隣の隠し部屋を覗くよう参加児に促した。2 つ目の体験は、カップに隠されたシールを発見することである。ここでは先ほど覗いていた部屋(隠し部屋)に参加児を移動させ、実験者はこれからシール探しゲームを行うことを伝えた。実験者は、参加児の目の前で見かけが同じ 5 つのカップのうち 1 つにシールを隠し、その直後に参加児にシールが隠されているカップを選択させた。実験者は不透明カップ、透明カップの両方で、この

隠し行動を1試行ずつ行った。この経験を通し、参加児に、不透明カップではシールがどのカップに隠されているかがわからないが、透明カップではシールの在りかが見えることを確認させた。

テスト

テストでは、まず実験者はその試行で使用するカップ(不透明カップもしくは透明カップ)を参加児に見せながら、「これからこのカップに隠すよ」と言った(図 3-2②)。その後、参加児を待機部屋に移動させ、ソファーに座っているように教示した。この声掛けによって暗に覗く行動を禁止し、この操作により覗き行動の出現率における天井効果のため条件間に差が出ないことを回避した。参加児がソファーに座ったことを確認した後、実験者は障壁で部屋を仕切り、隠し部屋にて「どこに隠そうかな」と言いながら、シールを隠す動作を30秒間続けた(その時の待機部屋の様子を図 3-2③に示した)。30秒後、実験者は障壁を取り外し参加児にシールを見つけるよう促した(図 3-2④)。不透明カップおよび透明カップにおいて②～④をそれぞれ交互に3試行ずつ行った。どちらの種類のカップから開始するかは、参加児間でカウンターバランスをとった。

もし子どもが未来志向的な準備行動を行えるのであれば、隠されるとシールの在りかが分からなくなる不透明カップの方が、透明カップの時よりも、覗き行動の生起が多く、さらに覗いている時間も長くなるだろうと予測される。一方、現在の心的状態によって情報

希求を行うのであれば、不透明カップ時と透明カップ時における覗きの生起の仕方は変化しないだろうと予測される。

コーディング

本実験では、障壁によって隠し部屋と待機部屋を区切った時点を開始点とし、そこから30秒間(図3-2③)における参加児の隣の部屋を覗く行動(覗き行動の生起、覗いていた時間、覗きが生起するまでの潜時)を分析の対象とした。覗き行動とは、顔が隠し部屋を向いており、さらに視線が障壁の隙間を見ているものと定義した。つまり今回の実験では、穴から隠し部屋を覗く行動だけではなく、障壁の下



図 3-2. 実験中の様子. ①前訓練において参加児が待機部屋から隠し部屋の様子を覗き見することを体験している場面、②テスト試行において隠すカップの教示をしている場面、③シールを隠し終わるまで参加児が待っている場面、④実際にシールを回収している場面.

や横に開いた隙間から覗く行動も、覗き行動としてコーディングを行った。分析は実験者が行ったが、全体の 25%の動画について条件設定を知らない人に参加児が覗いていた時間をコーディングしてもらったところ、相関係数は 0.974 であった。

結果

本実験では、4 歳児および 5 歳児が、30 秒間にそれぞれどのような覗き行動を生起させたかを分析した。4 歳児の場合、隠すカップが不透明カップであろうと透明カップであろうと、覗き行動が出現した人数に違いはなかった ($P_s > 0.05$; fisher's exact test)。さらに、覗いていた時間および覗き行動までの潜時においてカップの種類 (2) × 試行 (3) の反復測定分散分析を行ったところ、カップの種類、試行の主効果およびそれらの交互作用は見られなかった。それに対して 5 歳児においては、覗き行動を出現させた人数にはカップの種類による違いは見られなかったものの ($P_s > 0.05$; fisher's exact test)、覗いていた時間にはカップの主効果が見られた ($F(1,15) = 12.036$, $P = 0.003$) (図 3-3)。さらに覗き行動までの潜時については、カップの種類的主効果 ($F(1,15) = 6.885$, $P = 0.019$) および試行の主効果 ($F(2,30) = 3.773$, $P = 0.034$) が見られた (図 3-4)。

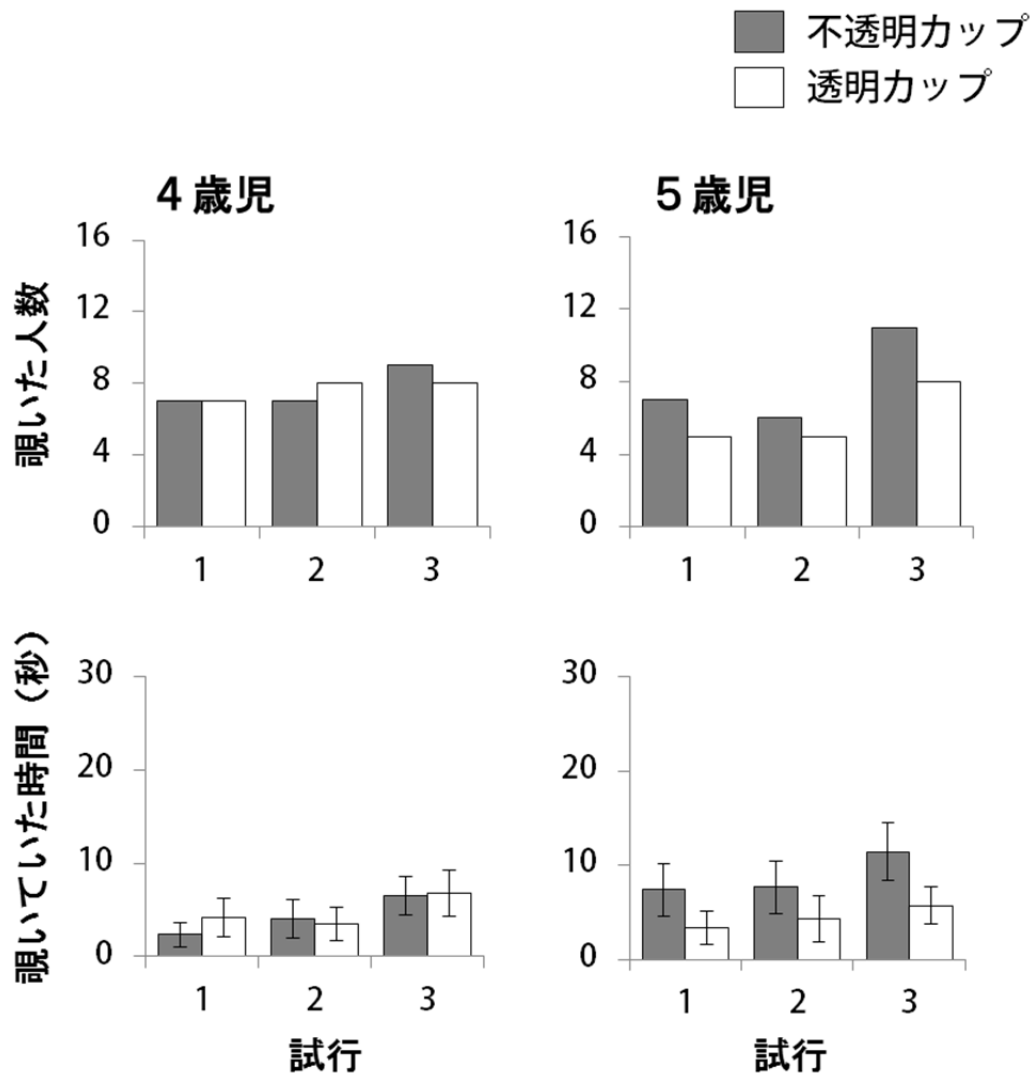


図 3-3. 各年齢における 30 秒間の待機時間中に隠し部屋の様子を覗いた人数（上段）および覗いていた時間（下段）。塗りつぶし棒は不透明カップ条件、白抜き棒は透明カップ条件を示している。

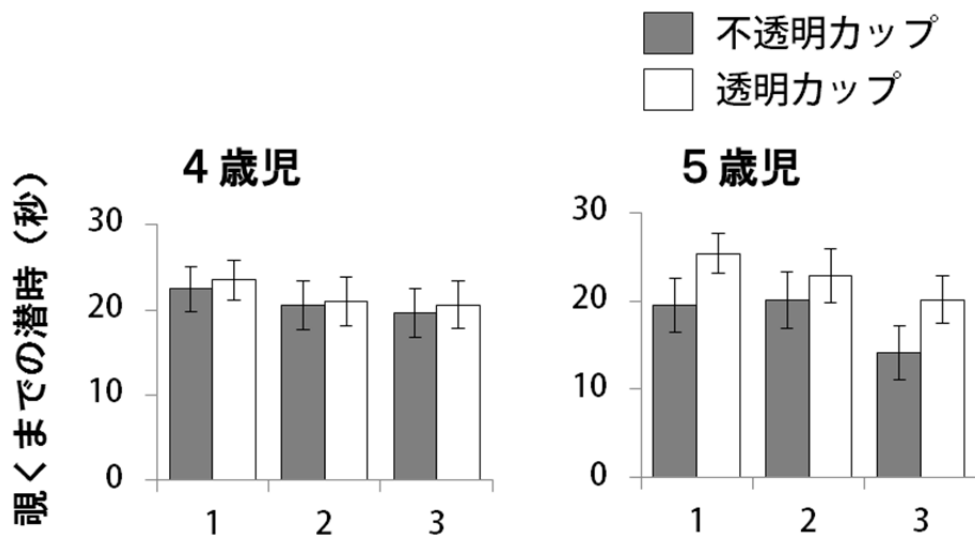


図 3-4. 各年齢における隠し部屋の様子を覗き始めるまでの潜時. 塗りつぶし棒は不透明カップ条件、白抜き棒は透明カップ条件を示している.

最後に、覗き行動によって実際に正解カップの選択率が上昇していたかを分析した(図 3-5)。透明カップにシールを隠している際は、覗き行動に関わらず正答率は 100%であった。それに対して、不透明カップを用いた場合に覗き行動を行わないと正答率はチャンスレベルと同程度であった(4歳 $P=0.617$; 5歳 $P=0.452$, binomial test)。これに対し数秒でも参加児が覗き行動を行うと、正答率はチャンスレベルよりも有意に高くなった(4歳, 5歳 $P_s < 0.001$, binomial test)。つまり本実験で出現した覗き行動は、自身の遂行成績を向上させる機能を有していたと言える。

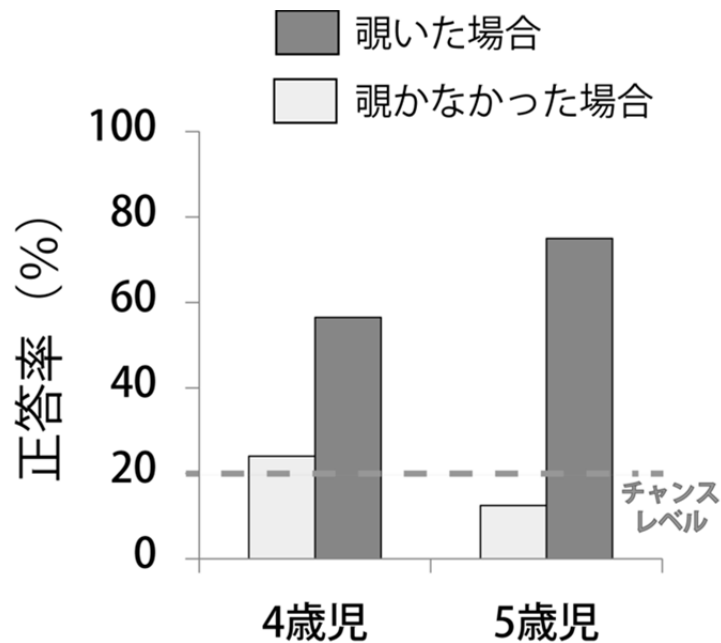


図 3-5. 不透明カップにシールを隠している間、覗きが生じた場合と生じなかった場合の正答率. 破線はチャンスレベル 20% (1/5)を示す.

考察

本実験では、就学前児における未来に向けた情報希求行動について検討した。その結果、4歳児の覗き行動は、シールの在りかが分かる透明カップに隠しているときとシールの在りかが分からなくなる不透明カップに隠すときにおいて差異はなかった。一方、5歳児は、透明カップよりも不透明カップにシールを隠しているときにその様子を長く覗いていた。この結果から、将来の心的状態に向けた準備的行動は、おそらく5歳児以降から出現するのであると考えられる。この結果は、将来の外的環境に対する準備行動を検討した先行研究の結果(Russell et al., 2010)とも一致する。

ここで、本研究における準備的行動が、将来の心的状態を推測することを必要としない別の要因によって生起する行動である可能性について考察する。まず、参加児が効率的な方略を学習した可能性が挙げられる。つまり参加児は将来における自身の心的状態を推測していたわけではなく、不透明カップでは覗く行動をすると報酬が多く得られる、もしくは透明カップであればリスクをかけてまで(言いつけを破ってまで)覗く必要がないということを単に学習しただけなのかもしれない。しかし本実験の5歳児の結果からは、カップの種類と試行の間には交互作用が見られなかったことから、カップの種類によってどのような覗き行動を生起すべきか試行を通して学習した可能性は低いと考えられる。さらに他の可能性としては、不透明カップ条件において覗き始めたときにどこにシールがあるか分かりにくかったため、覗く時間が長くなったという可能性が考えられる。透明なカップではいつ覗いても常にシールがどこにあるか分かる状態にあるので、短い覗き時間で十分である。一方、不透明なカップにおいてカップがシールを完全に覆い隠した瞬間に覗き始めた場合、どこにシールがあるか分からないので、しばらく覗き続けなくてはならない。このような違いが覗き時間に影響を与えた可能性がある。しかし、もしその可能性が正しいのであれば覗き始めるまでの潜時は等しくなるはずだが、実際には不透明なカップの時に透明カップよりも潜時間が短かった。つまりシールの場所の確認のしやすさが覗く時間に影響を与えた可能性はなく、参加児は何かしら

将来に関する予期をしていたのではないかと推測できる。以上のことから、本研究における準備的行動は、単なる方略の学習や外的な環境要因によって生じたものではないことが示唆される。

本実験の結果から、5歳児は将来に対して何かしらの予期を行っていることは示されたが、では彼らは一体何を認識して情報希求行動を行ったのであろうか。言い換えると、5歳児が示した準備的情報希求行動は、将来分からない情報を得ようとして出現した行動(顕在的な行動; *explicit information-seeking behavior*)なのであろうか。それとも将来分からなさそうだという漠然とした不安や困惑からじっとしていられず生じた副次的な行動(潜在的な行動; *implicit information-seeking behavior*)だったのであろうか。続く実験(実験2)では、5歳児が顕在的な情報希求行動を行うのか、潜在的な行動を行うのかを検討した。この実験では、実験1と同様に参加児はシール探しゲームを行った。異なる点は、不透明カップと透明カップにシールが隠される場面が同時並行的に存在し、そのどちらかを観察するかを5歳児自身が選択できることである。もし彼らが将来分からなくなる情報を認識しているのであれば、不透明なカップに隠す様子をよく観察するだろう(これを方向性のある観察と呼ぶ)。しかし将来不足する情報の内容を認識しておらず、漠然とした不安によって単に活動量が増えただけであれば、どちらかの隠す様子を長く観察するという選好は見られないはずである(これを方向性のない観察と呼ぶ)。

3-3. 実験 2：将来の準備的情報希求行動の方向性の有無

方法

参加児

本実験には 5 歳児 17 人(男児 8 人、女児 9 人)が参加した(4y10m-5y2m: median=5y1m)。

実験セッティング

本実験は、実験 1 と同じ調査室で行った。実験室は小さな部屋 2 つと大きな部屋 1 つの、3 つの部屋から構成されていた(図 3-6)。2 つの小さな部屋はそれぞれ「パンダさんの部屋」、「おサルさんの部屋」と呼び、これらの部屋において演技者(E2, E3)がそれぞれシールを隠した。隠す際に使用するコップは 2 種類あり、一つは透明なカップ 5 つ、もう一つは不透明なカップ 5 つであった。2 つの小部屋に隣接する大きな部屋は観察部屋とし、この部屋において参加児はそれぞれの部屋の様子をモニタによって観察できた。小さな部屋にはそれぞれビデオカメラ(SONY HDR-CX590)が設置されており、映像は観察部屋のモニタ(Panasonic TH-L19C5-K)に接続されていた。どちらの部屋の様子を見るかは、スイッチ(ビデオセレクター(audio-technica AT-SL33AV))を操作することで決定できた。スイッチの切り替えボタンの 1 つにはパンダのシールが、もう一つにはサルのシールが貼ってあり、これらのボタンはそれぞれの部屋

の観察に対応していた。テスト中、参加児がどちらの部屋の様子を確認していたかは、コンピュータ(CPU: Corei7-3520(2.90GHz))によって自動で計測された。

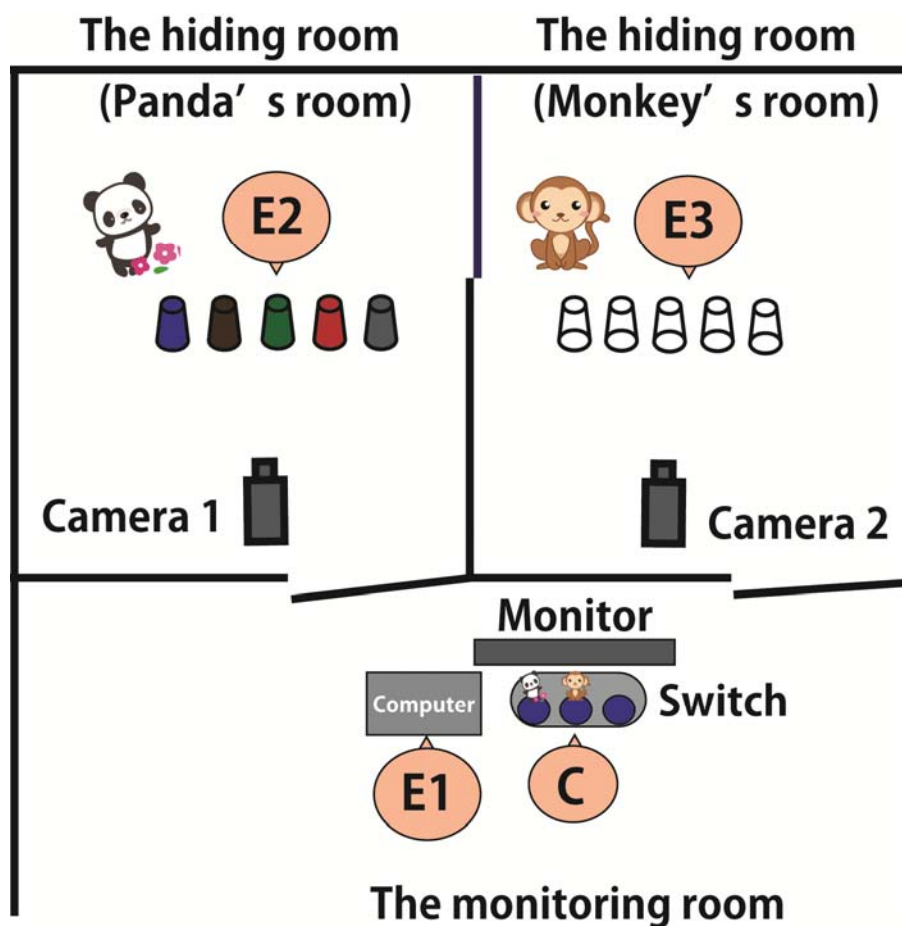


図 3-6. 実験 2 の実験セッティング。C は参加児を表し、E1 は教示者（実験者）、E2、E3 は演技者（実験者）を表している。それぞれの隠し部屋のカメラは観察部屋のモニターに接続されており、スイッチを操作することによって、どちらか一方の隠し部屋の様子を確認することが出来た。

手続き

前訓練

本実験に入る前に、実験者（E1）は参加児に観察部屋のモニタによって隠し場所の情報を取得できること、さらにスイッチの切り替え方法を教えた。まず実験者は参加児の注意をモニタに引き付けた。そのモニタには観察部屋において参加児の真横に配置された5つの不透明なカップが映し出されていた。実験者は参加児の注意がモニタに向けられていることを確認した後、カップの一つにクリップを隠した。その後、参加児をカップの前に移動させ、クリップの隠されている場所を選択させた。隠す際モニタを見ていなかった場合や誤選択だった場合はこの試行を繰り返した。正しくクリップの在りかを選択できたら、透明カップにおいても同様の試行を行った。

次に、参加児にスイッチの切り替えの仕方を教え、自身で好きな部屋を観察できるように学習させた。それに加え、この段階では、モニタの映像がライブ映像であることも確認させた。まず、実験者（E1）が参加児に任意の部屋（例えば、パンダさんの部屋）のボタンを押すように教示した。参加児がボタンを押し、パンダさんの部屋の様子がモニタに映し出されたら、演技者（E2）が参加児の目の前でパンダさんの部屋に入った。そして E2 はビデオカメラに手を振るなどして参加児とコミュニケーションを取った。その後、E1 は参加児にもう片方の部屋（おさるさんの部屋）のボタンを押すよう促した。そして E2 と同様の方法で、参加児にもう一人の演技者（E3）

が部屋に入室したことを確認させた。E2、E3の入室完了後、E1は「〇〇の部屋を見て」と参加児にスイッチ操作を促し、どのボタンを押すと、どの部屋の様子が確認できるかを学習させた。さらに部屋の確認のたびに、その部屋の演技者とじゃんけんをして、画面で起こっていることが実際に起きている出来事であることを体験させた。それぞれの部屋の演技者と2回ずつコミュニケーションをとった後、テスト試行を行った。

テスト試行

テスト試行では、演技者は透明か不透明のどちらかのカップにシールを隠した。一方の部屋では必ず透明なカップを使用し、もう一方の部屋では不透明なカップを使用した。各テスト試行の前には、参加児にそれぞれの部屋でどちらの種類のカップにシールを隠すかを確認させるため、参加児自身にスイッチ操作をしてもらい、それぞれの部屋で演技者がカップを並べているところを映像で見せた。この確認が終わった後、実験者（E1）はモニタを暗転させ、参加児に実験者の合図で好きにスイッチを操作するよう教示した。E1はパソコンの開始音に従い、参加児に合図を行った。開始音から15秒間は、参加児は自由にスイッチを操作しどちらかの部屋の様子を観察した。演技者（E2,E3）は、開始音を合図に一つのコップの下にシールを15秒間絶えず隠し続けた(図 3-7)。15秒後の終了音とともに、E1はモニタを強制的に暗転させた。

観察終了後、E1は参加児にどちらの部屋からシールを回収するかを選択させた。そして参加児が選択した部屋において、まずシールを回収させた。参加児が最初に触ったカップを選択したカップとみなし、正解した場合、参加児はシールを得ることができたが、不正解だった場合、シールはお預けとされた。回収後、もう一方の部屋においてシールを同様に回収させた。両方の部屋でシール探しを行った後、各部屋で使用するカップの種類のみを変更した試行を同様の手続きで行った。それぞれの部屋の名前やその部屋にいる演技者はテスト試行を通して変化しなかった。この2試行を1ブロックとし、3ブロック行った。

Panda' s room



Monkey' s room



図 3-7. テスト試行中（15 秒間）の演技者の様子。それぞれの部屋には対応する絵を設置し、参加児は現在どの部屋を見ているか知ることができた。ここでの例として、パンダさんの部屋では不透明カップに、おサルさんの部屋では透明カップにシールを隠している様子を示した。

結果

まず 5 歳児全体の傾向を分析した。参加児ごとに、各ブロックにおける透明、不透明カップの部屋の総観察時間(最大 15 秒)の平均を算出した(図 3-8)。その結果、1 ブロック目における総観察時間は、透明カップの部屋も不透明の部屋もほぼ同等であった($P=0.930$, Wilcoxon signed-rank test)。しかし 2 ブロック目、3 ブロック目では、透明カップに隠している部屋よりも不透明カップに隠している部屋の方を長く観察していた(2 ブロック目 $P=0.002$; 3 ブロック目 $P<0.001$, Wilcoxon signed-rank test)。つまり試行を繰り返す間に、5 歳児は不透明カップにシールを隠している部屋をより長く観察するようになった。

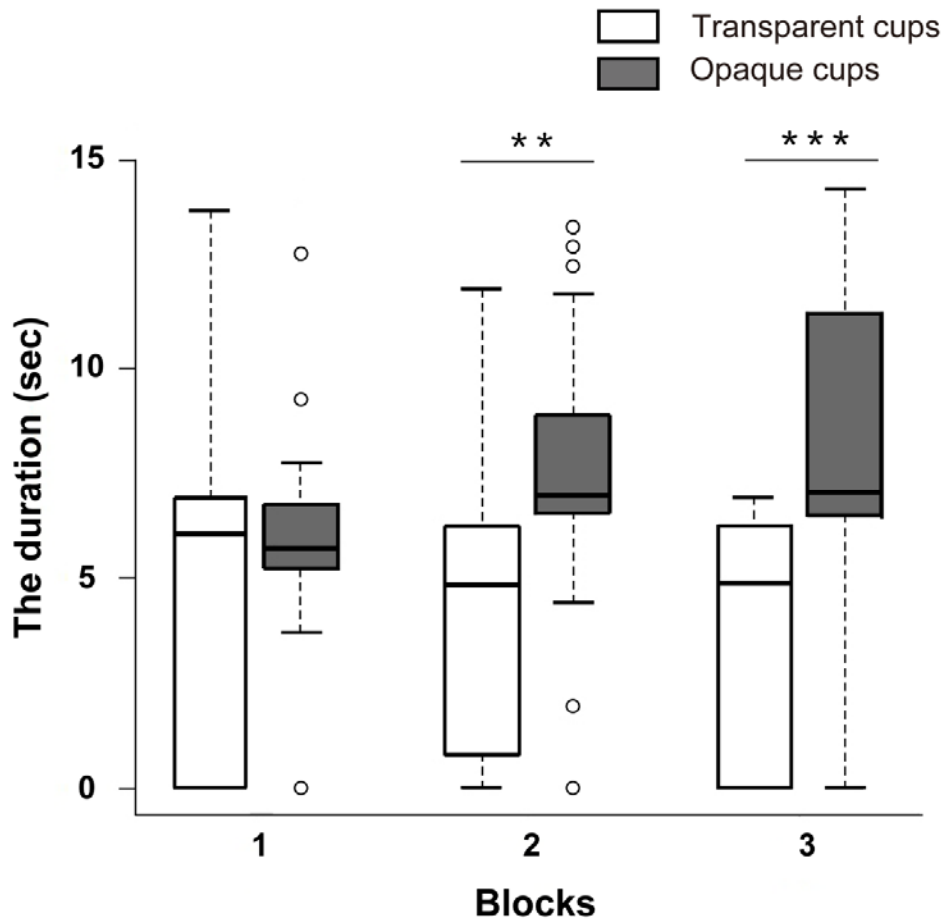
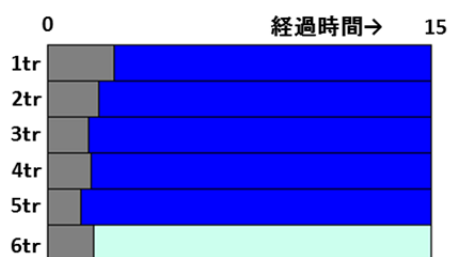


図 3-8. ブロックごとの透明・不透明カップ部屋の総観察時間. 白抜き棒は透明カップ、色塗り棒は不透明カップを示している。*は、ブロックごとにウィルコクソン符号化順位検定を行ったところ、有意な差があった部分である。 ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$

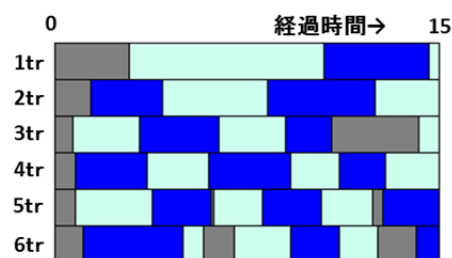
次に、カップを隠している様子の観察パターンを分析した。参加児は 15 秒間自由に隠す様子を観察することができたが、その観察の仕方には大きく 4 つのパターンがあった(図 4-9)。1 つ目のパターンは、最初から不透明カップをより長く観察するパターンである。1・2 試行目、さらに全体の 5 試行以上において不透明カップ部屋を

より長く観察した参加児をこのグループに割り当てた。このような観察を行った参加児は3人いた。2つ目のグループは、短い間隔で観察する部屋を交互に切り替えた参加児である。この観察方略を取ったもの2人いた。3つ目のグループは、1・2試行目には切り替える行動は見られなかったが、5・6試行目に不透明カップの部屋をより長く観察するようになった参加児である。このような参加児は5人いた。そして最後の4つ目のグループは、効率的な観察方略を終始行わなかった参加児である。このグループには、隠すカップの種類に関わらず一方の部屋だけを観察し続ける観察パターン、もしくは

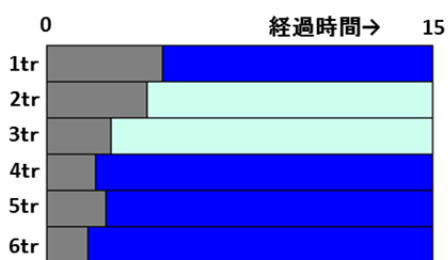
①初期から方向性のある観察(3人)



②頻繁に観察する部屋を切り替える(2人)



③方向性のある観察を学習(5人)



④効率的な観察方略を学習しない(7人)

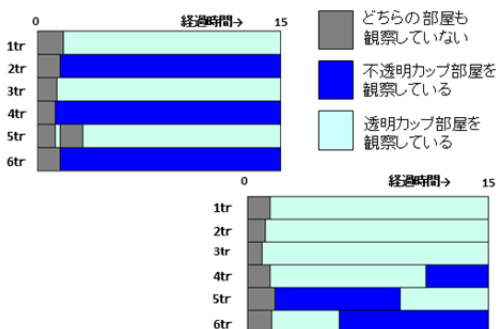


図 3-9. 4つの観察パターンの代表例。灰色はどちらの部屋も観察していない時間を、濃い青色は不透明カップを使用している部屋を観察している時間を、薄い水色は透明なカップに隠している部屋を観察している時間を示している。

は透明カップを使用している部屋を長く観察するパターンなどが含まれた。このグループには7人の参加児が当てはまった。

考察

この実験2では、実験1で出現した行動が将来不足する情報を補うために出現した顕在的な情報希求行動なのか、あるいは漠然とした不安や困惑などによって出現した潜在的な情報希求行動なのかという問題について検討した。本実験では観察する対象が同時に2つある場面を設定し、その際の参加児の観察行動を分析した。すると参加児全体では、最初は観察の仕方に方向性がないが、徐々に不透明な部屋を観察するといった方向性のある観察に変化していくことが明らかとなった。これはどの部屋をどのように観察するとシールが回収できたかもしくは回収できなかったかという、自身の経験を通して行動が変化していったためであると解釈できる。もし不足しそうな情報の内容を認識したうえで情報希求行動を行うことが出来るならば、最初から方向性のある観察が行えるはずであるが、そうはならなかった。つまり実験1で確認された行動は、方向性を持たない、まごつきなどの行動が要因で生じた可能性がある。しかし参加児ごとに観察のパターンを分析してみると、最初から方向性のある観察を行っていた参加児が3人いた。これら数人の5歳児は、将来不足しそうな情報を認識して準備的に情報希求を行っていたことが推測される。つまり5歳児における将来に対する準備的な情報希求

行動は、潜在的な情報希求行動である可能性は高いが、一部の 5 歳児は顕在的な情報希求行動を行えることを示している。

3-4. 3 章のまとめ

本実験では、将来の心的状態に向けた準備的行動の発達過程を検討した。その結果、将来の心的状態に対して準備的行動が出現し始めるのは 5 歳ごろであることが明らかになった(実験 1)。その行動は、必ずしも不足する情報の内容を認識して行われる情報希求であるわけではないことが明らかになった(実験 2)。しかし一部の 5 歳児では、方向性のある情報希求行動を行っていたことも事実である。これらの結果は、5 歳児が将来の心的状態に対する準備的行動の芽生えの時期にあるということを示唆しているのかもしれない。一方、現在の心的状態に応じたメタ認知はおおよそ 3 歳ごろに出現することが先行研究によって報告されている。つまりこの 2 つの能力が出現する時期は異なっており、現在の心的状態に即した行動を行うことができるようになった後、将来の心的状態に応じた準備行動を行うことができるようになると考えられる。

それでは現在の心的状態のみならず、将来の心的状態に応じた準備行動を行うためには、どのようなメタ認知能力が必要なのであろうか。将来の外的状況に対する準備的行動の芽生えの時期だと予想される 5 歳は、現在の状況に縛られず将来の環境に対して準備的行動が行える時期とちょうど一致している。このことから、現在の物

理的環境から切り離して将来の状態を予測(シミュレーション)する能力が、未来志向的な準備的情報希求行動に必要なのではないかと予想される。しかし Atance and Meltzoff (2006)は、5歳児であっても、将来における自身の欲求についての推測が現在の欲求から影響を受けることを報告した。この実験では、参加児に現在プリッツか水のどちらが欲しいか答えさせた。ほとんどの子どもは、何も操作をしない状態ではプリッツを好んだが、大量のプリッツを食べた後には水を選好した。このような2つの状態で、翌日はプリッツか水どちらが欲しいかを子どもに尋ねた。実験翌日にはのどの渇きは収まっているはずなので、どちらの条件でもプリッツを選択する方が好ましいが、大量のプリッツを食べた参加児の大半は水を選択した。興味深いのは、4・5歳児はすでに「明日」という概念を有しているのにもかかわらず(Atance & Meltzoff, 2005)、このような選択をしてしまうことである。この研究は、5歳児は状況によっては現在に縛られることを示唆しており、現実と切り離れたシミュレーションが完全に可能になるのはさらに遅い年齢なのかもしれない。

本章では、将来の心的状態を見越した準備行動が5歳児以降に出現する可能性を示した。自身の経験や自己が持つ知識にアクセスし予測するこうした能力は、他者の行動の正確な予測を可能にするものだと考えられ、社会的な場面においても適応的な能力だと予想される。第4章では、自己の経験の積極的なアクセスを必要とする他者の行動予測に関する発達過程を検討する。

第 4 章

ヒト幼児における自己の経験に基づいた他者の行動予測

4-1. 自身の経験や獲得した知識へのアクセスを必要とする他者の行動予測

自身の経験や自己が持つ知識にアクセスし推論する能力を有することは、物理的環境に対してだけではなく、社会的な場面においても大きなメリットがあると考えられる。例えば、競合者が不正を行える状況にいる場合、以前その場所で自身が体験したことを能動的に思い出すことにより、他者の不正を事前に阻止することが可能になるだろう。このように、自身の経験や知識に対して積極的なアクセスすることによって、他者の行動予測を正確に行うことが可能となり、ひいては自身にとって有利になる可能性が高まるだろう。

自己の経験が他者の行動の理解や予測に対して影響を与えることは、幼い月齢においても報告されている(e.g., Myowa-Yamakoshi, Kawakita, Okanda, & Takeshita, 2011)。例えば 3 か月児は、単に行為者がある物体に手を伸ばす場面を見せるだけでは行為者とその目的物とに関係性を形成することはないが、事前に行為者の行動を経験しているとその関係性を形成する(Sommerville, Woodward, & Needham, 2005)。また 18 か月児は、布を通して物体が見えることを事前に経験すると、布を単に見ていただけの群や布を通して物体が見えなかったことを経験した群よりも、布を通して奥を見てい

る行為者の視線によく追従した(Meltzoff & Brooks, 2008)。しかしこれらの変化は、自身の運動経験と観察された他者の行動が一致する場合に生じているため、ミラーニューロンシステム(e.g., Rizzolatti, Fogassi, & Gallese, 2001)などによって自動的に起こる現象であるのかもしれない。

このように自己の経験が他者の行動の理解や予測に影響することは幼い月齢でも確認されてきたが、では自身の経験や知識に能動的にアクセスし、それを他者の行動予測に利用できるようになるのはいつごろなのであろうか。またその発達過程で、他者の行動予測に利用できる情報はどのように変化するのでしょうか。

今のところ、自身の知識や経験への積極的なアクセスが必要になるような他者の行動予測が、どの程度の発達段階から可能になるのかという点に着目して行われた研究はない。しかしメタ認知を、自身の表象を自身の心的状態に帰属する能力だと考えると、他者の行動をその人の心的状態に帰属する「心の理論」と共通する基盤があると仮定できるかもしれない(Carruthers & Ritchie, 2012)。この「心の理論」研究では、他者が誤った信念を持ちうることを理解できるか否かを調査する「誤信念課題」を主に用い、3歳から5歳を対象に精力的に検討が行われてきた。そして課題に通過するのはおおよそ4歳半程度と報告されている(e.g., Callaghan et al., 2005)。この観点から、自身の知識や経験に対する能動的アクセスが可能になるのも、3歳から5歳の間ではないかと予想した。

本実験では、3・4・5歳児を対象に、他者と競合する場面において参加児間で異なる知識や経験を与え、その後の行動が変化するかを検討した。そして各年齢におけるアクセス可能な情報の種類やその発達過程を明らかにすることを目的とした。

4-2. 実験1：一般的経験に基づく他者の行動予測

方法

参加児

本実験には、3歳児、4歳児、5歳児(誕生日から前後2週間の子どもをその年齢群として割り当てた)、それぞれ32人ずつ(うち女児が16人ずつ)が参加した。

実験室セッティング

本実験は、隣り合っている2つの部屋(隠し部屋/待機部屋)において実施された(図4-1)。これらの部屋は、小さな穴の開いたカーテンによって区切られていた。このカーテンに開いた小さな穴を通して、片方の部屋(待機部屋)からもう一方の部屋(隠し部屋)を覗くことができた。しかし、このカーテンは穴の位置が異なる2枚が重なっている場合もあり、その時には穴を覗いても隣の部屋を見ることはできなかった。部屋を仕切っているカーテンが1枚か2枚重ねのどちらかであるかは、条件によって決定した。本実験では隠し場所当てゲームを行ったが、ゲーム中、物体を隠すときに使用する隠

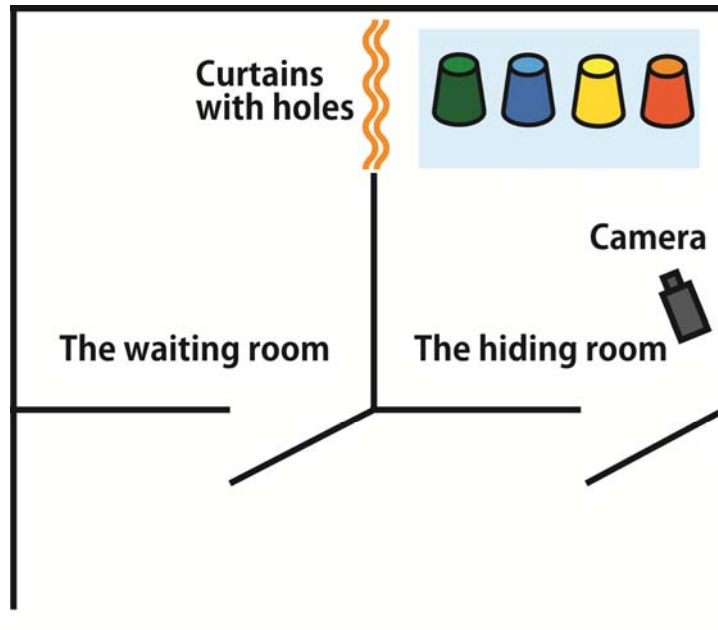


図 4-1. 実験 4 の実験室セッティング

し部屋には 4 つの異なる色のバケツ（青、黄、緑、オレンジ）を一列に配置してあった。また隠す物体として、レゴブロックの人形を使用した。実験中の様子はビデオカメラで記録した。

手続き

本実験は 3 つのフェーズから構成されており、参加児はそれぞれのフェーズを 1 回ずつ行った。

Phase1: カーテンを気にする行動に関するベースライン測定

まずこのフェーズでは、子どもが部屋の仕掛けについて何も知らない状態において、彼ら彼女らが人形を隠す時にどのくらいカーテ

ンの方を気にする行動を出現させるかを測定した(ベースライン)。

実験者 A はこれから隠し物ゲームを行うこと、そして最初は参加児が隠す係で実験者 B(以後、対戦者と呼ぶ)が見つかる係であることを伝えた。その後、対戦者は子どもの注意を引き付けながら待機部屋に入り、その部屋の戸を閉めた。続いて実験者 A は子どもを隠し部屋に誘導した。この隠し部屋にはバケツが 4 つ置いてあり、実験者 A はおもちゃを 1 つのバケツの下に隠すよう子どもに教示した。実験者は子どもが物体を隠し終わるまでにカーテンを気にする行動が出現するかを記録した。子どもが隠し終わり実験者 A を見たところで、実験者 A は「うまく隠せた？」と子どもに尋ねた。子どもが「うん」などの返事、もしくはうなずいたことを確認したら、その時点を隠し行動の終了とみなした。その後、実験者 A は待機部屋にいる対戦者におもちゃを探すように指示した。対戦者が隠し部屋に入室する際、実験者 A はこっそりおもちゃが隠してあるバケツを対戦者に教え、対戦者は必ず正解のバケツを選択した。これは、後に参加児が穴から隠し部屋を覗くことが出来ることを体験した際に、このフェーズにおいて隠す行動を対戦者が覗いていた可能性があったのにもかかわらず、正解できななかった場合に生じる不整合を防ぐためであった。

Phase2: 隠し部屋が覗ける／覗けないことの体験

このフェーズでは、参加児に待機部屋から隠し部屋が覗ける、も

しくは覗けないというどちらかの経験をさせた。Phase1の後、実験者Aと子どもは先ほどまで対戦者がいた待機部屋に移動した。待機部屋に入ると、実験者Aはカーテンに開いた穴を発見し、子どもをカーテンの付近まで呼び寄せた。そして実験者Aは子どもの目の前で穴を覗いてみせ、子どもにも穴を覗いてみるように促した。子どもが穴を覗き始めたところで、実験者Aは子どもに何が見えるか尋ねた。半数の子どもは、カーテンが一重であったため、穴から隠し部屋の様子を見ることができた(can see群)。残りの子どもは、カーテンが2重になっていたため、穴からはもう1枚のカーテン以外何も見ることはできなかった(cannot see群)。実験者Aの問いかけに対し、子どもが「見える」もしくは「見えない」などと返事をしたら、実験者Aは再度隠し部屋でおもちゃを隠すことを子どもに提案し、一緒に待機部屋を退出した。この操作の間、競合者は待機部屋の外にいた。

Phase3: 経験後における穴を気にする行動

このフェーズの流れは、ほぼPhase1と同様のものではあった。まず、子どもに対戦者が再び待機部屋に入室する様子を確認させた。その後、実験者Aは子どもに隠し部屋においておもちゃを隠すよう促した。ここで実験者Aは、子どもがカーテンを気にする行動を出現させるかどうかを観察した。子どもが実験者Aの方に振り返り、実験者Aの問いかけに対して肯定的な返事をしたら、その時点を隠

し行動の終了とみなした。その後対戦者が隠し部屋に入室し、おもちゃを探した。Phase3 では、対戦者は必ずおもちゃの入っていないバケツを選択し、子どもが勝って実験は終了した。

コーディング

実験者 A は、子どもがおもちゃを隠し終わるまでにカーテンの方を気にする行動が出現させたか否かをリアルタイムで記録した。カーテンを気にする行動とは、カーテンの方に顔を向ける行動と定義した。実験実施後、実験者 A とは別の人がビデオを見て、子どもがカーテンを気にしたか否かを評価したところ、実験者 A と一致した評価を行った。

結果と考察

実験 1 では、待機部屋から隠し部屋の風景が覗くことが出来るという経験が、その後の子どもの隠し行動に影響を及ぼすかを検討した。表 4-1 には、ベースラインおよび知識獲得後においてカーテンを気にする行動を行った参加児の割合を示した。まず 3、4 歳児では、隠し部屋を覗けたかどうかの経験に関わらず、カーテンを気にする行動が出現する割合はベースラインと変わらなかった ($P_s > 0.05$, McNemer 検定)。一方 5 歳児では、隠し部屋を覗けなかった cannot see 群はカーテンを気にする行動にベースラインとの差はなかったのに対し ($P = 0.250$, McNemer 検定)、隠し部屋を覗く

表 4-1. 実験 1 で隠す際にカーテンを気にした参加児数. pre はカーテンに穴があることを知る前、post はその知識を獲得した後を示す. post の () 内の数は、pre では穴を気にしなかったが、Second では気にするようになった参加児の人数を示す。それぞれの年齢群・条件において First から Second に有意に行動が変化したところに * を付けた。(McNemar 検定 ; * $p < 0.05$)

	"can see" group		"cannot see" group	
	Pre (Base Line)	Post	Pre (Base Line)	Post
Experiment 1				
Three-year-olds	0/16	1 (1) /16	0/16	0 (0) /16
Four-year-olds	0/16	2 (2) /16	0/16	0 (0) /16
Five-year-olds	1/16	8 (7) /16 *	1/16	4 (3) /16

ことができた can see 群では、Phase3 においてカーテンを有意に高い割合で気にするようになった ($P=0.016$, McNemer 検定)。つまり、このような経験が他者の行動予測に影響を及ぼすのは、5 歳以降であることが明らかになった。

5 歳児では、待機部屋から隠し部屋の様子が覗けた経験に基づき、自分が隠しているときに他者がカーテンを覗くかもしれないという推測を行ったことが、彼らの行動の変化を生んだのかもしれない。しかし、5 歳児は自己の経験へ積極的にアクセスすることによって他者の行動予測を行っていたわけではなく、2 回目の隠し行動の際にはカーテンやそれに穴があることを知っていたので、単にそれらが気になってカーテンを見た可能性、もしくは先ほどまでカーテンの向こう側にいた経験を単に思い出したためにカーテンを見ただけである可能性などが考えられる。しかしこのような可能性が正しいのであれば、cannot see 群の子どもも can see 群と同様に待機部屋

において穴を覗くという経験をしていたので、cannot see 群においても有意な行動変化が確認されるはずである。このことから、本実験において子どもの行動に影響を与えた重要な要因は、穴から覗くことができた／覗くことができなかったという経験だということが示唆される。

本実験では、4歳以下の参加児では隠し部屋を覗くことができた経験が後の隠し行動に影響を及ぼさなかった。しかし彼らにとっては、風景を覗くことができるという知識だけでは、他者の行動予測を行うには不十分であった可能性がある。具体的にはバケツに物を隠す様子が隣の部屋から覗くことができるという、より直接的な体験でなければ、他者が行いそうな行為の予測が行えない可能性がある。そこで実験2では、子どもが覗き行動を経験する際に、部屋の風景に加え、実際に対戦者がおもちゃをバケツに隠す場面を観察させた。

4-3. 実験2：具体的経験に基づく他者の行動予測

方法

参加児

本実験には、3歳児32人、4歳児33人（誕生日前後3か月）が参加した。どの参加児も実験1には参加していなかった。

実験室セッティング

本実験は、実験 1 と同じ実験室セッティングで行った。

手続き

Phase1: ベースラインの測定

参加児が実験室の仕組みを知らない時に、カーテンをどのくらい気にするかを測定した。手続きは実験 1 と同様のものではあった。

Phase2: 他者が隠している様子が覗ける／覗けないという知識の獲得フェーズ

実験 2 では、子どもが待機部屋からカーテンの穴を覗くと、隠し部屋の様子に加えて対戦者が実際に物体を隠している様子が観察できた。

実験者 A は待機部屋に子どもを移動させる時に、次におもちゃを隠すのは対戦者で、子どもは待機部屋で隠し終わるのを待つ役割であることを伝えた。実験者 A は子どもと一緒に待機部屋に入室し、実験 1 と同様の方法で子どもの注意をカーテンの穴に向けさせた。その間、対戦者は隠し部屋でおもちゃを持ってバケツの前に待機した。実験者 A は子どもがカーテンの穴を覗いたのを確認したのち、「何が見える？」と子どもに声をかけた。それを合図に隠し部屋にいる対戦者は「どこに隠そうかな」と言いながら、おもちゃをゆっくり大きな動作でバケツの下に隠した。部屋を隔てるカーテンが 1

重の場合は、子どもは対戦者がおもちゃを隠している様子を見ることができた(**can see**群)。一方、カーテンが2重になっていた場合は、子どもは対戦者が隠している様子を観察することはできず、対戦者が隠す際に発している言葉、物体を隠す音しか聞くことができなかつた(**cannot see**群)。実験者Aの「何が見える？」という問いかけに対して、子どもが見えるもしくは見えないなどと返答するまで、子どもに穴を覗かせた。穴を覗く経験後、子どもは隠し部屋に移動して、実際に先ほど隠されたおもちゃを探した。子どもが最初に開けたバケツを選択したバケツとみなした。この際、隠し部屋から覗けたのにもかかわらず、おもちゃが入っていないバケツを選択した参加児は、もう一度このフェーズを繰り返した。

Phase3: 経験後の穴を気にする行動の測定

実験者Aは、再度子どもにおもちゃを隠すよう促した。以降の実験手続きは、実験1と同様であった。

結果と考察

実験2では、子どもがカーテンから隠し部屋の風景に加え、実際に対戦者がおもちゃをバケツに隠す様子を覗くことができる経験をすることで、その後のカーテンを気にする行動が出現するかどうか検討した。その結果、3歳児は、隠し部屋を覗くことができた群および覗くことができなかった群、両群においてカーテンを気にする

行動の出現頻度はベースラインと差はなかった ($P_s > 0.05$, McNemer 検定) (表 4-2)。一方、4 歳児において隠し部屋を覗くことができた群 (can see 群) は、ベースラインよりも多くカーテンの方を気にする行動を出現させた ($P = 0.004$, McNemer 検定)。しかし隠し部屋を覗くことができなかつた群 (cannot see 群) は、ベースラインと経験後のカーテンを気にする出現頻度に差がなかった ($P > 0.05$, McNemer 検定)。この結果は、4 歳児は他者が同じ状況下で行える行為と一致する経験をした場合に限り、その情報を他者の行動予測に利用することが出来ることを示唆している。

実験 2 の結果から、4 歳児では待機部屋から物体を隠している人を観察するという直接的な経験が他者の行動予測に影響を与えることが示された。実験 1 と実験 2 において参加児が経験した内容を比較してみると、「隠し部屋の様子 (バケツが配置されている風景)」は両経験から共通して得られる情報であるが、実験 2 の経験ではそれに加え「隠す行動」と「対戦者の存在」という 2 つの情報が増え

表 4-2. 実験 2 で隠す際にカーテンを気にした参加児数. pre はカーテンに穴があることを知る前、post はその知識を獲得した後を示す。post の () 内の数は、pre では穴を気にしなかつたが、Second では気にするようになった参加児の人数を示す。それぞれの年齢群・条件において First から Second に有意に行動が変化したところに * を付けた。(McNemar 検定; ** $p < 0.01$)

	"can see" group		"cannot see" group	
	Pre (Base Line)	Post	Pre (Base Line)	Post
Experiment 2				
Three-year-olds	1/16	5 (5) /16	0/16	4 (4) /16
Four-year-olds	0/17	9 (9) /17	**	1 (1) /16

ている。それでは、4歳児の行動予測には「隠す行動を見る」ことが重要なのか、それとも「風景の中に人がいる」という情報だけで十分推論を行えるのであろうか。この問題について検討するために、実験3では隠し部屋にいる人は見える（「対戦者の存在」は確認できる）が、その人が隠す行動とは全く異なる行動を行っている場面を見ることによって、その後の行動に変化があるかを調べた。

4-4. 実験3：ヒトがいる場面の観察経験に基づく他者の行動予測方法

参加児

本実験には、3歳児16人、4歳児16人（誕生日前後3か月）が参加した。どの参加児も実験1および実験2には参加していなかった。

実験室セッティング

実験室セッティングは、実験1、2と同様のものを使用した。

手続き

Phase1: ベースラインの測定

実験室の仕掛けを何も知らない状態において、子どもがおもちゃを隠すとき、どの程度カーテンの穴を気にするかを測定した。手続きは実験1、2と同様のものではあった。

Phase2: 本を読んでいる人が見えるという体験フェーズ

実験者 A は、実験 2 と同様の方法で、子どもを待機部屋に移動させた。その間に、実験者 B は隠し部屋に入り、素早く物体をバケツの一つに隠し、その後バケツが並んでいる列の前で雑誌を読み始めた。実験者 A は子どもにカーテンの穴を覗かせ、どの参加児もカーテンの穴から雑誌を読んでいる実験者 B が覗ける経験をした。実験者 A は子どもに何が見えるかを尋ね、子どもが実験者 B のことについて言及したら、続けてその人が何をしているかを尋ねた。すると子どもは「お本を読んでいる」などと返答した。この返答をもって Phase2 は終了した。

Phase3: 知識獲得後の穴を気にする行動の測定

実験者 A は、再度子どもにおもちゃを隠すよう促した。以降の実験の手続きは、実験 1 と同様であった。

結果と考察

3、4 歳児ともに、カーテンの穴から人がいる隠し部屋が見えることを経験しても、その後ほとんどの参加児はカーテンに注意を払う行動は見せなかった ($P_s > 0.05$, McNemer 検定) (表 4-3)。この結果は、4 歳児にとって、自身の経験を他者の行動予測に利用するためには、自己が経験した行動と他者が行う可能性がある行動とが一致している必要があることを示唆する。

表 4-3. 実験 3 で隠す際にカーテンを気にした参加児数. pre はカーテンに穴があることを知る前、post はその知識を獲得した後を示す. post の () 内の数は、pre では穴を気にしなかったが、Second では気にするようになった参加児の人数を示す. どの年齢群・条件においても First から Second に有意に行動は変化しなかった (McNemar 検定)。

	"can see" group	
	Pre (Base Line)	Post
Experiment 3		
Three-year-olds	1/16	2 (2)/16
Four-year-olds	0/16	1 (1)/16

4-5. 4 章のまとめ

第 4 章では、自己の経験や知識に積極的にアクセスし他者の行動予測に利用できるのはいつごろであるのか、そしてその推測に利用できる経験や知識の種類はどのような発達過程をたどるのかを検討した。第 4 章の一連の結果をまとめた表を表 4-2 に示した。実験 1 では、5 歳児は隣の部屋から隠し部屋の風景を観察できたという経験をするすることで、その後自身が隠し行動をする際にカーテンを気にするようになった。しかし 3、4 歳にはそのような行動の有意な変化は見られなかった。続く実験 2 および実験 3 では、4 歳児は同じ状況下で他者が行う可能性のある行動と同じ行動を行った場合に限り、その後のカーテンを気にする行動を行うようになることが明らかになった。一方、3 歳児は、実験 2 および実験 3 においても、経験後の行動は変化しなかった。これらの結果は、自己の経験や知識に積極的にアクセスし他者の行動予測に利用できるのは、4 歳児以

降だということを示す。さらに一連の実験からは年齢によって用いることができる経験の種類に違いがあることも示唆された。5歳児は、風景を覗くことができるという一般的な状態から、他者は自身が何をしている時にそれを覗くことができるということを推論できた。一方、4歳児において他者の行動予測に用いることができる経験は5歳児よりも限定的で、自己が経験した行動と、同じ状況下で他者が行う可能性がある行動とが一致している必要があった。このことは、他者の行動のシミュレーションに用いることのできる情報の種類が年齢によって異なることを示唆している。

本研究において、自己の経験や知識に積極的にアクセスし他者の行動予測に利用できるのは4歳児以降であることが示されたが、この年齢が誤信念課題に通過する年齢とほぼ一致していることは興味深い。このことは自己の経験や知識に対して積極的にアクセスするようなメタ認知能力が、他者の行動のシミュレーションを可能にしていることを示唆しているのかもしれない。実際、他者の心的状態

表 4-2. 第 4 章における実験結果のまとめ。○は経験から得られた知識によって隠し行動が変化したことを、×は行動が変化しなかったことを示す。

Age	The type of knowledge acquired through experience	
	The general knowledge (Experiment1)	The specific knowledge (Experiment2)
3 year olds	×	×
4 year olds	×	○
5 year olds	○	—

の推測とメタ認知は深く関連しているのではないかという理論を展開している研究者もいる。Carruthers and Ritchie (2012)は、心の理論課題では他者の行動をその人の心的状態に帰属することが要求され、メタ認知には表象を自己の心的状態に帰属することが必要であり、どちらの能力も心的状態を帰属することが必要であるため、これらの心的基盤は重複しているのではないかと提案している。本実験は、直接、心の理論の成績との関係性を検討したものではないが、メタ認知的機能と心の理論との関連を示唆する実験的証拠を含むものかもしれない。

第 5 章 総合考察

5-1. 本研究で明らかになったこと

ヒト成人は外部から得られる情報のみならず、自身の内的な認知活動をも情報処理の対象とすることができる。この認知活動はメタ認知と呼ばれているが、このメタ認知を自身の内的な表象への積極的アクセスであると捉えれば、自身の過去の出来事に関する記憶(エピソード記憶)、将来に向けた準備行動、他者の行動のシミュレーションが必要な他者理解なども広い意味で一種のメタ認知(認知的メタプロセス：藤田 (2010))であると言える。そしてこの認知的メタプロセスは、ヒトのみならずヒト以外の動物もそれを有していることが非言語的手続きを用いた実験によって明らかになってきた。それでは、こうした認知的メタプロセスはどのような適応的機能を有しているのだろうか。ここでこの問いについて検討するにあたって、まず解決すべき問題点が大きく分けて 2 つ存在していると考えた。まず 1 つ目は、認知的メタプロセスの発生につながった選択圧の解明である。認知的メタプロセスの適応的意義を解明するためには、どのような選択圧がかかってきた結果、それが獲得されてきたのかを考察することが不可欠である。しかし従来の研究では、この問いがほとんど問題にされてきていない。そして 2 つ目の問題は心的状態への能動的アクセスを必要とする推論能力の発達過程が明らかになっていない点である。この点を明らかにすることは認知的メタプ

プロセスとそれ以外の認知能力との関係性を示唆することにつながり、進化的視点と合わせて考察することで、メタ認知の適応的意義を考察するうえで重要な知見を提供するであろうと思われる。本論文では、メタ認知の適応的意義の解明に向けた方向性を示すため、この2つの問題を中心に検討した。

まず一つ目の問題を解決するために、本論文では、外的な情報の処理に関しては高度な能力を発揮することが知られている鳥類が、内的情報の処理を行うためのメタ認知に関しては弱い証拠しか得られていないことに着眼した。もしこれら2つの能力の乖離が事実だとすれば、これらの能力は異なる選択圧によって発達したと考えられる。しかし過去の研究を精査すると、別の原因として、作業記憶負荷の問題が浮上した。メタ認知を同定しようとする場面で用いられてきた基礎課題は、それ自体が複雑で作業記憶資源を大量に消費するものであることが多く、鳥類にとってメタ認知活動に割り振る資源が残されていなかったという可能性も考えられる。そこで第2章では作業記憶負荷が低いと考えられる長期記憶課題を基礎課題として鳥類におけるメタ認知を検討した。実験1では、長期記憶課題試行中にメタ認知判断（ヒント希求）を行わせた。するとハトは、見慣れた課題より新奇な課題を行う時により多くヒントを希求した。つまりこの結果は、ハトが自身の知識状態に応じた行動を行うことが出来る可能性を示す。しかし続く般化テストにおいては、そのようなメタ認知行動は全く異なる課題(視覚探索課題)には般化しな

った。実験 1 の結果だけでは、ハトがメタ認知以外の手がかりを利用して可能性を棄却できないため、続く実験 2 では見慣れた課題が出現するか新奇な課題が出現するかを示す手がかりを課題遂行前に提示する手続きを用いて、課題遂行前にヒント付き課題とヒントなし課題を選択させた。その結果、ハトは実験 1 同様に、自身の知識状態に応じた情報希求行動を示した。この実験 2 において出現したこの行動は、課題遂行前にメタ認知判断をさせているため、自身の反応時間や環境手がかりなどメタ認知以外の手がかりによって生じた可能性は低いと考えられる。この一連の実験によって、従来のメタ認知研究において鳥類で弱い証拠しか得られなかったのは、基礎課題に要する作業記憶負荷が高かったため、鳥類がメタ認知を行う余地がなかったためである可能性が示唆された。

2 つ目の問題である、心的状態への能動的アクセスを必要とする推論能力の発達過程を明らかにするために、2 つの実験を行った。第 3 章では、ヒト成人は現在の心的状態に縛られず、将来の心的状態を予測してそれに応じた準備的行動も行うことができるが、この認知能力の発達過程について検討した。実験 1 では、子どもに透明あるいは不透明のカップの下に隠されたシールを見つけるゲームを行わせた。実験者がシールを隠している間、子どもがおこなう禁止された覗き見行動を分析した。その結果、5 歳児は、隠し場所が分からなくなる不透明カップ条件で、より多く覗き見行動をすることが示された。一方、4 歳児ではこうした分化した行動は示されなか

った。すなわち未来志向的な準備行動は5歳以降に出現することが明らかになった。しかしこれは漠然とした不安等が要因となった行動に過ぎないかもしれない。そこで続く実験2において、透明カップにシールを隠している部屋と不透明カップに隠している部屋のどちらをよりモニタしようとするかを検討した。その結果、一部の5歳児で方向性のある予見的信息希求行動が示されたものの、多くの参加児ではそうではないあいまいな行動が示された。すなわち実験1で確認された行動は、将来不足しそうな情報の内容までを認識した行動ではない可能性が示された。不足しそうな情報の内容を認識した顕在的な準備的信息希求は5歳よりも後に発達する能力なのかもしれない。

また、自身の経験や知識に対して能動的なアクセスを行う認知的メタプロセスは、他者の行動を正確に予測する際に役立ち、社会的な場面においても適応的な機能を有すると考えられる。第4章では、競合場面において自身の経験や知識に能動的にアクセスし、それを他者の行動予測に利用する能力の発達過程を明らかにするとともに、そこで得られた結果と心の理論を持ち始める時期との関係について考察した。子どもが物体を不透明のバケツに隠し、それを実験者が見つけ出すゲームを行った。子どもがシールを隠している間、実験者はカーテンで仕切られた隣室で待機した。まずこのゲームを行い、実験者に隠し場所を当てられることを経験させた後、カーテンには穴が開いており、そこから隠している場所が見えることを教えた。

この経験の後、もう一度子どもが物体を隠す際、どれほどカーテンの穴を気にするかを分析した。これは他者の行動を予測した防衛行動だと考えられる。その結果、5歳児はカーテンから見える隠し場所の風景などの一般的知識を獲得するだけで、他者の行動を推測しカーテンの穴を気にするようになるが(実験1)、4歳児はカーテンから他者が物体を隠しているところを見た場合、すなわち自己が経験した行動が、同じ状況下で他者が行う可能性が一致している場合のみ、カーテンを気にした(実験2、3)。これは自身の経験を他者の行動予測に用いることのできる年齢が4歳以降であることを示唆し、この年齢はちょうど心の理論が成立し始めると言われている時期と一致する。しかし、4歳児の行動予測は具体的なものであり、環境から自身が経験しなかった行動が生起する可能性を予測することができないことも明らかになった。

次の節では、これまでの認知的メタプロセスに関する研究によって得られた知見と本研究の結果から示唆されたことを系統発生的視点と個体発生的視点に分け整理する。その後、認知的メタプロセスの適応的意義へのアプローチ法の提案につなげる。

5-2. 系統発生的視点からみた認知的メタプロセスの進化

本論文の第2章とこれまでの比較認知的研究によって得られている結果から、メタ認知は幅広い動物種が有している能力である可能性がある。ここで、動物においてこれまでどのような知見が得られ

てきたかについて整理してみたい。

まず、現在の心的状態に応じた行動を可能にするメタ認知は、幅広い種で確認されている。メタ認知以外の手がかりを利用している可能性も否定できないものの、例えば自身の確信のなさに応じて行動を変化させる行動は、昆虫であるハチにおいても示唆されている (Perry & Barron, 2013)。もしかすると自身の確信のなさに応じて適応的な行動を行うことができる種は、一部の魚類や昆虫などに至るまで、現在考えられているよりも幅広く存在しているのかもしれない。メタ認知以外の手がかりを利用している可能性が低いことが実験的に示されており、おそらく自身の記憶や知識度をモニタリングして適応的な行動を行っていると考えられる種としては、鳥類 (e.g., Goto & Watanabe, 2012; Nakamura et al., 2011; 本論文第 2 章)、サル (e.g., Beran et al., 2006; Fujita, 2009; Hampton, 2001)、類人 (e.g., Call, 2010; Call & Carpenter, 2001; Suda-King, 2008) などが挙げられる。またラットに関しては、行動実験からはメタ認知以外の手がかりを利用している可能性が否定できないメタ認知的行動 (Foote & Crystal, 2007) が報告されているのみであるが、神経科学の分野では、ラットの前頭葉の眼窩前頭皮質に確信のなさと相関して発火するニューロンの存在が明らかになっている (Kepecs, Uchida, Zariwala, & Mainen, 2008)。このことから、ラットも何かしら自身の心的状態をモニタリングできるのではないかと考えられる。

そして高度なメタ認知能力の一つである、現在の心的状態に縛られず将来の環境や心的状態に対する準備的行動は、カケスや類人において報告されている(e.g., Osvath & Osvath, 2008; Raby et al., 2007; Watanabe et al., 2013)。

このように概観してみると、現在の心的状態に応じた行動を可能にするレベルのメタ認知能力は非常に幅広い動物が有しているようだ。このことは、メタ認知の背景に自身の確信のなさを認識することにより適切な意思決定(情報収集)を行うことなど、広く動物が必要とする適応的機能が存在していることを示唆しているのかもしれない。この能力に対し、現在の物理的認知処理と切り離してシミュレーションを行うような能力は一部の限られた動物種しか有していないようだ。このことは認知的メタプロセスが高度に発達するためには何かしらの選択圧が必要であるということを示唆しているのかもしれない。ではその選択圧とはどのようなものであろうか。この問いに対する示唆は、認知的メタプロセスの個体発生的視点から整理することによって示したい。

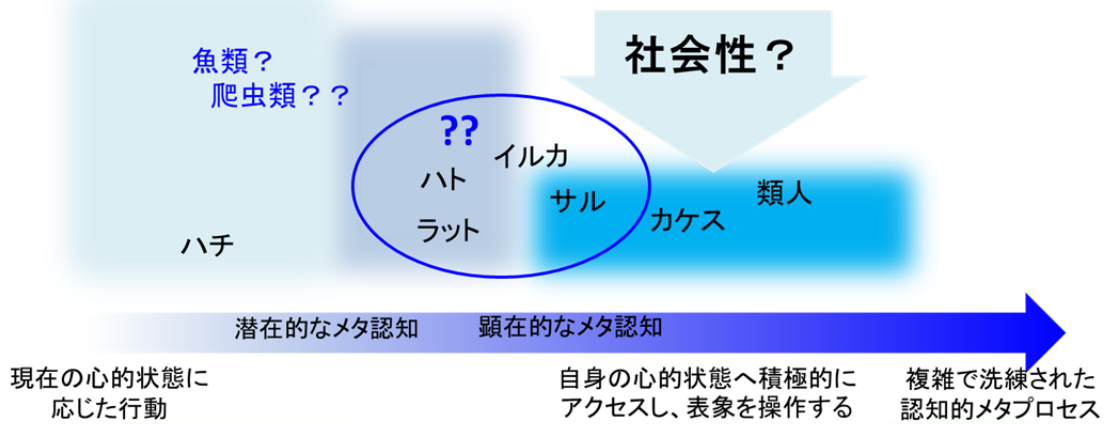
5-3. 個体発生的視点からみた認知的メタプロセスの発達

ヒトにおける認知的メタプロセスの発達過程に関してみると、現在の心的状態(記憶状態、知識状態)に応じた行動を可能にするメタ認知行動の表出時期は、幼児を対象に検討した研究が少ないためはつきりしたことは言えないが、おそらく3歳前後に出現するものだ

と推測される(Balcomb & Gerken, 2008; Call & Carpenter, 2001)。その後、自身の経験に積極的にアクセスし他者の行動をシミュレーションする能力が4歳から5歳にかけて発達し(本実験第4章)、現在の心的状態と切り離して将来の心的状態を予測する能力が5歳以降に出現すると考えられる(本実験第3章)。

さらに4章で示したように、自身の経験に積極的にアクセスし他者の行動を推論することができるようになると考えられる4歳という年齢は、いわゆる心の理論が出現する時期と一致している。この両者の関係について、Lockl and Schneider (2007)は3歳から5歳までの縦断研究により言語・心の理論課題・メタ記憶能力の関係を調査し、言語と心の理論が後のメタ認知成績をよく予測していることを示した。この結果は本実験によって得られた結果を裏づけるものであり、メタ認知能力と社会的認知能力が密接に関わって発達している可能性を示しているのかもしれない。

【系統発生的視点】



【個体発生的視点】



図 5-1. 高度な認知的メタプロセスへの進化に関するイメージ図。それぞれの動物種や各発達段階において有していると推測される認知的メタプロセスのレベルを図示した。本論文では高度な認知的メタプロセスの選択圧として社会性を提案する。それを検討するために、系統発生の側面からは多様な分類群で認知的メタプロセスの可能性を探り、その環境情報処理能力や社会性との関連を探ること、個体発生の側面からは認知的メタプロセスの発達と他の認知能力との関連性を同定していくことが必要である。

5-4. 展望

本論文では、メタ認知が幅広い種に存在している可能性、ヒト成人が有するような高度な認知的メタプロセスまでには段階的な発達過程が存在する可能性、そして自身の経験に積極的にアクセスを行うような認知過程と高次な社会的認知とが関係している可能性を示した。それではこれらの知見をもとに、今後どのように認知的メタプロセスの適応的意義にアプローチしていけばよいであろうか。

まず、現在の心的状態に応じた行動制御を可能にするメタ認知が、

究極的にどの系統種にまで存在しているのかを明らかにすることが必要である。著者は、実際にはメタ認知は比較的単純なメカニズムで実現されており、非常に広い動物種がその能力を有するのではないかと予想している。メタ認知を有する系統種の範囲が明らかになれば、なぜメタ認知機能が発生してきたのかという問題について、適応的な観点から推測することができるだろう。

さらに、高度なメタ認知能力の進化的発達にはどのような要因が影響しているかを明らかにすることが必要である。本論文では認知的メタプロセスと高次な社会的認知能力が関係している可能性が示唆されたことから、その要因として社会性を提案したい。藤田(2010)も、複雑な社会においてはメタ認知を利用することによって他者に対して情報の提供を制御したり、感情の表出を制御したりすることが可能になるなどの理由からこの要因を挙げている。しかし現在、動物種の比較研究においては一部の実験室動物での検討しか行われていない。今後、動物の系統発生的背景と社会性に注目した比較検討を進めることによって、この問題を解決できると考える。

しかし仮に社会性が認知的メタプロセスの進化の背景にあるとすれば、ある動物種においてあるメタ認知能力が存在するか否かという、現在の比較認知研究における二値的な議論についても考え直す必要があるのではないかとと思われる。社会性を全く持っていない動物種はほとんど存在しないであろう。どんなに社会性の低い動物であっても、一頭だけで生活が完結しているわけではなく、どこか

で他個体と少なからず関わりあっている。そしてペアボンドを形成する種から大きな集団で暮らす種まで、その種が有する社会性にも程度が存在する。動物が有する社会性に段階的な程度があり、もし認知的メタプロセスが社会性と関わっているのであれば、この認知過程にも段階的な程度が存在しているのではないかと考えられる。

Perner (2012)は発達研究や比較認知研究においてメタ認知研究を進めるにあたって、物理的刺激の処理過程とヒトが有する再帰的なメタ認知(私は「私が知っていること」を知っている)の中間に最小限のメタ認知(minimally metacognition)が存在するという階層的モデルを提唱している。この最小限のメタ認知の中には、表象(記憶や知識)があるかを確かめるレベル、そして表象(記憶や知識)の内容にアクセスするレベルが含まれる。彼は再帰的なメタ認知でなければメタ認知として認めない立場をとっているが、この最小限のメタ認知モデルは複雑で洗練された認知的メタプロセスへの段階的な発達過程を推測するうえで有用だと考えられる。現在の心的状態に応じた行動制御を可能にするメタ認知であっても、その心的状態にあるか否かを判断するメタ認知(潜在的なメタ認知)と、その心的状態の内容にアクセスができるメタ認知(顕在的なメタ認知)とに分けられるかもしれない。こうしたメタ認知の段階的な発達過程とその種が持つ社会の複雑さに今後注目していくことによって、両者の関係を明らかにすることができるだろうと思われる。

一方で、発達研究においても現在、社会性と認知的メタプロセス

の関係を直接示す研究はない。これまで発達研究からは心の理論課題から潜在的な他者理解に至るまで、社会的認知に関する様々な知見が得られてきたが、一方で認知的メタプロセスの発達過程に関してはあまり研究が行われていないのが現状である。本論文では、自身の経験を他者の行動予測に用いることのできる年齢が4歳以降であることを示唆し、この年齢はちょうど心の理論が成立し始めると言われている時期と一致することを示したが、本実験のデータと心の理論課題の成績とが関係していることを直接示すものではない。今後、認知的メタプロセスの発達と社会的認知能力を直接比較する研究を行っていくことによっても、これら2つの関係性を明らかにすることができるかもしれない。

今後、比較認知研究と発達研究の両側面からの検討によって(図5-1)、高度な認知的メタプロセスがなぜ発生し、進化してきたかを明らかにすることができれば、意識や内省の本質を浮き彫りにすることができるかもしれない。

引用文献

- Atance, C. M., & Meltzoff, A. N. (2005). My future self: Young children's ability to anticipate and explain future states. *Cognitive Development, 20*, 341-361. doi: 10.1016/j.cogdev.2005.05.001
- Atance, C. M., & Meltzoff, A. N. (2006). Preschoolers' current desires warp their choices for the future. *Psychol Sci, 17*, 583-587. doi: 10.1111/j.1467-9280.2006.01748.x
- Balcomb, F. K., & Gerken, L. (2008). Three-year-old children can access their own memory to guide responses on a visual matching task. *Dev Sci, 11*, 750-760. doi: 10.1111/j.1467-7687.2008.00725.x
- Beran, M. J., Smith, J. D., Redford, J. S., & Washburn, D. A. (2006). Rhesus macaques (*Macaca mulatta*) monitor uncertainty during numerosity judgments. *J Exp Psychol Anim Behav Process, 32*, 111-119. doi: 10.1037/0097-7403.32.2.111
- Budzynski, C. A., Dyer, F. C., & Bingman, V. P. (2000). Partial experience with the arc of the sun is sufficient for all-day sun compass orientation in homing pigeons, *Columba livia*. *J Exp Biol, 203*, 2341-2348.
- Call, J. (2010). Do apes know that they could be wrong? *Anim Cogn, 13*, 689-700. doi: 10.1007/s10071-010-0317-x
- Call, J., & Carpenter, M. (2001). Do apes and children know what they have seen? *Animal Cognition, 3*, 207-220. doi:

10.1007/s100710100078

- Callaghan, T., Rochat, P., Lillard, A., Claux, M. L., Odden, H., Itakura, S., Tapanya, S., & Singh, S. (2005). Synchrony in the onset of mental-state reasoning: evidence from five cultures. *Psychol Sci*, *16*, 378-384. doi: 10.1111/j.0956-7976.2005.01544.x
- Carruthers, P., & Ritchie, J. B. (2012). The emergence of metacognition: affect and uncertainty in animals. In M. J. Beran, J. Brandl, J. Perner & J. Proust (Eds.), *Foundations of metacognition* (pp. 76-93): Oxford University Press.
- Castro, L., & Wasserman, E. A. (2013). Information-seeking behavior: exploring metacognitive control in pigeons. *Anim Cogn*, *16*, 241-254. doi: 10.1007/s10071-012-0569-8
- Clayton, N. S., & Dickinson, A. (1998). Episodic-like memory during cache recovery by scrub jays. *Nature*, *395*, 272-274. doi: 10.1038/26216
- Ferkin, M. H., Combs, A., delBarco-Trillo, J., Pierce, A. A., & Franklin, S. (2008). Meadow voles, *Microtus pennsylvanicus*, have the capacity to recall the "what", "where", and "when" of a single past event. *Anim Cogn*, *11*, 147-159. doi: 10.1007/s10071-007-0101-8
- Foote, A. L., & Crystal, J. D. (2007). Metacognition in the rat. *Curr Biol*, *17*(6), 551-555. doi: 10.1016/j.cub.2007.01.061
- 藤田 和生. (2007). 動物たちのゆたかな心. 京都大学学術出版会.

- Fujita, K. (2009). Metamemory in tufted capuchin monkeys (*Cebus apella*). *Anim Cogn*, *12*(4), 575-585. doi: 10.1007/s10071-009-0217-0
- 藤田 和生. (2010). 比較メタ認知研究の動向. *心理学評論*, *53*, 270-294.
- Fujita, K., Morisaki, A., Takaoka, A., Maeda, T., & Hori, Y. (2012). Incidental memory in dogs (*Canis familiaris*): adaptive behavioral solution at an unexpected memory test. *Anim Cogn*, *15*, 1055-1063. doi: 10.1007/s10071-012-0529-3
- Gagliardo, A., Ioale, P., Savini, M., Lipp, H. P., & Dell'Omo, G. (2007). Finding home: the final step of the pigeons' homing process studied with a GPS data logger. *J Exp Biol*, *210*, 1132-1138. doi: 10.1242/jeb.003244
- Goto, K., & Watanabe, S. (2012). Large-billed crows (*Corvus macrorhynchos*) have retrospective but not prospective metamemory. *Anim Cogn*, *15*, 27-35. doi: 10.1007/s10071-011-0428-z
- Hampton, R. R. (2001). Rhesus monkeys know when they remember. *Proc Natl Acad Sci U S A*, *98*, 5359-5362. doi: 10.1073/pnas.071600998
- Hampton, R. R. (2009). Multiple demonstrations of metacognition in nonhumans: Converging evidence or multiple mechanisms? *Comp Cogn Behav Rev*, *4*, 17-28.
- Inman, Alastair, & Shettleworth, Sara J. (1999). Detecting

Metamemory in Nonverbal Subjects: A Test With Pigeons.
*Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior
Processes* July, 25, 389-395.

岩崎 純衣・上野 糧正・谷内 通 . (2010). ラット (*Rattus
Norvegicus*)の推移的推論課題における推移反応と象徴距離
効果 . 動物心理学研究 , 60, 129-138. doi:
10.2502/janip.60.2.2

Kepecs, A., Uchida, N., Zariwala, H. A., & Mainen, Z. F. (2008).
Neural correlates, computation and behavioural impact
of decision confidence. *Nature*, 455, 227-231. doi:
10.1038/nature07200

Kornell, N., Son, L. K., & Terrace, H. S. (2007). Transfer of
metacognitive skills and hint seeking in monkeys.
Psychol Sci, 18, 64-71. doi:
10.1111/j.1467-9280.2007.01850.x

Lockl, K., & Schneider, W. (2007). Knowledge about the mind:
Links between theory of mind and later metamemory.
Child Development, 78, 148-167. doi:
10.1111/j.1467-8624.2007.00990.x

Maki, W. S., Olson, D., & Rego, S. (1981). Directed forgetting in
pigeons: Analysis of cue functions. *Animal Learning &
Behavior*, 9, 189-195. doi: 10.3758/BF03197819

McGonigle, B. O., & Chalmers, M. (1977). Are monkeys logical?
Nature, 267, 694-696. doi:10.1038/267694a0

Meltzoff, A. N., & Brooks, R. (2008). Self-experience as a

- mechanism for learning about others: a training study in social cognition. *Dev Psychol*, *44*, 1257-1265. doi: 10.1037/a0012888
- Miyata, H., & Fujita, K. (2011). Flexible route selection by pigeons (*Columba livia*) on a computerized multi-goal navigation task with and without an "obstacle". *J Comp Psychol*, *125*, 431-435. doi: 10.1037/a0024240
- Miyata, H., Gajdon, G. K., Huber, L., & Fujita, K. (2011). How do keas (*Nestor notabilis*) solve artificial-fruit problems with multiple locks? *Anim Cogn*, *14*, 45-58. doi: 10.1007/s10071-010-0342-9
- Myowa-Yamakoshi, M., Kawakita, Y., Okanda, M., & Takeshita, H. (2011). Visual experience influences 12-month-old infants' perception of goal-directed actions of others. *Dev Psychol*, *47*, 1042-1049. doi: 10.1037/a0023765
- Nakamura, N., Watanabe, S., Betsuyaku, T., & Fujita, K. (2011). Do birds (pigeons and bantams) know how confident they are of their perceptual decisions? *Anim Cogn*, *14*, 83-93. doi: 10.1007/s10071-010-0345-6
- Nelson, Thomas O. (1996). Consciousness and metacognition. *American Psychologist*, *51*, 102-116. doi: 10.1037/0003-066X.51.2.102
- Osvath, M. (2009). Spontaneous planning for future stone throwing by a male chimpanzee. *Curr Biol*, *19*, R190-191. doi: 10.1016/j.cub.2009.01.010

- Osvath, M., & Osvath, H. (2008). Chimpanzee (*Pan troglodytes*) and orangutan (*Pongo abelii*) forethought: self-control and pre-experience in the face of future tool use. *Anim Cogn*, *11*, 661-674. doi: 10.1007/s10071-008-0157-0
- Perner, J. (2012). MiniMeta: in search of minimal criteria for metacognition. In M. J. Beran, J. Brandl, J. Perner & J. Proust (Eds.), *Foundations of metacognition* (pp. 94-116): Oxford University Press.
- Perry, C. J., & Barron, A. B. (2013). Honey bees selectively avoid difficult choices. *Proc Natl Acad Sci U S A*, *110*, 19155-19159. doi: 10.1073/pnas.1314571110
- Premack, D. (2007). Human and animal cognition: continuity and discontinuity. *Proc Natl Acad Sci U S A*, *104*, 13861-13867. doi: 10.1073/pnas.0706147104
- Raby, C. R., Alexis, D. M., Dickinson, A., & Clayton, N. S. (2007). Planning for the future by western scrub-jays. *Nature*, *445*, 919-921. doi: 10.1038/nature05575
- Rizzolatti, G., Fogassi, L., & Gallese, V. (2001). Neurophysiological mechanisms underlying the understanding and imitation of action. *Nat Rev Neurosci*, *2*, 661-670. doi: 10.1038/35090060
- Russell, J., Alexis, D., & Clayton, N. (2010). Episodic future thinking in 3- to 5-year-old children: the ability to think of what will be needed from a different point of view. *Cognition*, *114*, 56-71. doi:

10.1016/j.cognition.2009.08.013

三宮 真智子. (2008). メタ認知研究の背景と意義. 三宮 真智子 (編), *メタ認知 : 学習力を支える高次認知機能*. 北大路書房. pp. 1-16.

Schwartz, B. L. (2008). Working memory load differentially affects tip-of-the-tongue states and feeling-of-knowing judgments. *Memory & Cognition*, *36*(1), 9-19. doi: 10.3758/mc.36.1.9

Smith, J. D., Coutinho, M. V., Church, B. A., & Beran, M. J. (2013). Executive-attentional uncertainty responses by rhesus macaques (*Macaca mulatta*). *J Exp Psychol Gen*, *142*(2), 458-475. doi: 10.1037/a0029601

Smith, J. D., Schull, J., Strote, J., McGee, K., Egnor, R., & Erb, L. (1995). The uncertain response in the bottlenosed dolphin (*Tursiops truncatus*). *Journal of Experimental Psychology: General*, *124*, 391-408. doi: 10.1037/0096-3445.124.4.391

Sommerville, J. A., Woodward, A. L., & Needham, A. (2005). Action experience alters 3-month-old infants' perception of others' actions. *Cognition*, *96*, B1-11. doi: 10.1016/j.cognition.2004.07.004

Suda-King, C. (2008). Do orangutans (*Pongo pygmaeus*) know when they do not remember? *Anim Cogn*, *11*, 21-42. doi: 10.1007/s10071-007-0082-7

Sutton, J. E., & Shettleworth, S. J. (2008). Memory without

- awareness: pigeons do not show metamemory in delayed matching to sample. *J Exp Psychol Anim Behav Process*, *34*, 266-282. doi: 10.1037/0097-7403.34.2.266
- Taylor, A. H., Hunt, G. R., & Gray, R. D. (2012). Context-dependent tool use in New Caledonian crows. *Biol Lett*, *8*, 205-207. doi: 10.1098/rsbl.2011.0782
- Terrace, H. S., & Son, L. K. (2009). Comparative metacognition. *Curr Opin Neurobiol*, *19*, 67-74. doi: 10.1016/j.conb.2009.06.004
- Watanabe, A., Grodzinski, U., & Clayton, N. S. (in press). Western scrub-jays allocate longer observation time to more valuable information. *Anim Cogn*. doi: 10.1007/s10071-013-0719-7
- Weir, A. A., Chappell, J., & Kacelnik, A. (2002). Shaping of hooks in New Caledonian crows. *Science*, *297*, 981. doi: 10.1126/science.1073433
- Zentall, T. R., Singer, R. A., & Stagner, J. P. (2008). Episodic-like memory: pigeons can report location pecked when unexpectedly asked. *Behav Processes*, *79*, 93-98. doi: 10.1016/j.beproc.2008.05.003
- Zhou, W., & Crystal, J. D. (2011). Validation of a rodent model of episodic memory. *Anim Cogn*, *14*, 325-340. doi: 10.1007/s10071-010-0367-0

本論文と研究業績の対応

第 2 章 実験 1

Iwasaki, S., Watanabe, S., & Fujita, K. Do pigeons (*Columba livia*) seek information when they have insufficient knowledge? *Animal Cognition*, **16**, 211-221, 2013

第 2 章 実験 2

Iwasaki, S., Watanabe, S., & Fujita, K. Pigeons know when they will need hints: prospective metacognition for their reference memory? (投稿準備中)

研究業績

学術雑誌等（査読あり）

- 1) 岩崎純衣・上野糧正・谷内通「ラット (*Rattus norvegicus*) の推移的推論課題における推移反応と象徴距離効果」動物心理学研究. 60, 129-138, 2010

- 2) Iwasaki, S., Watanabe, S., & Fujita, K. Do pigeons (*Columba livia*) seek information when they have insufficient knowledge? *Animal Cognition*, 16, 211-221, 2013

総説

- 1) Fujita, K. Nakamura, N. Iwasaki, S., & Watanabe, S. Are Birds Metacognitive? In: Beran M., Brandl, J. L., Perner, J., & Proust, J. (eds.), *Foundations of metacognition*. Oxford University Press. Pp. 50-61, 2012

国際会議における発表

(ポスター, 査読あり, 主発表者)

- 1) ○ Iwasaki, S. Watanabe, S., & Fujita, K. Hint Seeking in Pigeon. The 15th annual meeting of the Association for the Scientific Study of Consciousness (ASSC), P1-17, Kyoto, Japan, June, 2011

- 2) ○ Iwasaki, S. Watanabe, S., & Fujita, K. Pigeons (*Columba livia*) may monitor their own knowledge states and seek information. Behavior 2011, P258, Indiana, USA, July, 2011

(口頭発表, 査読なし, 主発表者)

- 3) ○ Iwasaki, S. & Taniuchi, T. Transitive responding and the symbolic distance effect in rats. The 15th Biennial Meeting of the International Society for Comparative Psychology (ISPC), Hyogo, Japan, May, 2010

(ポスター, 査読なし, 主発表者)

- 4) ○ Iwasaki, S. & Taniuchi, T. Concurrent acquisition of premises and the symbolic distance effect in transitive inference task in rats. The International Symposium HOPE-GM lectures on Primate Mind and Society, Kyoto, Japan, March, 2010
- 5) ○ Iwasaki, S. Watanabe, S., & Fujita, K. Hint Seeking in Pigeon. International Workshop for Young Researchers “Knowing self, Knowing others”, Poster No.13, Kyoto, Japan, January, 2011
- 6) ○ Iwasaki, S. Watanabe, S., & Fujita, K. Prospective metacognition on the reference memory task in pigeons (*Columba livia*). The 20th International Conference on Comparative Cognition, P56, Florida, USA, March, 2013

国内学会・シンポジウム等における発表

(口頭発表，査読なし，主発表者)

- 1) ○ 岩崎純衣・谷内通「刺激間に順序関係を導入した推移的推論課題におけるラットの遂行」. 北陸心理学会 43 回大会，富山大学，2008 年 10 月
- 2) ○ 岩崎純衣・谷内通「ラットの推移的推論における 7 項目間の前提課題の併行学習と象徴間距離効果」. 動物心理学会第 69 回大会，D11，岐阜大学，2009 年 9 月
- 3) ○ 岩崎純衣・渡辺創太・藤田和生「ハトにおけるヒント希求課題を用いたメタ認知の検討」. 動物心理学会第 70 回大会，B6，帝京大学，2010 年 8 月
- 4) ○ 岩崎純衣・渡辺創太・藤田和生「ハトにおける自身の知識状態の認知—課題遂行前のメタ認知判断を用いた検討—」. 関西心理学会第 123 回大会，京都学園大学，2011 年 11 月
- 5) ○ 岩崎純衣・渡辺創太・藤田和生「ハトにおける予見的メタ認知の検討—系列学習課題を用いて—」. 動物心理学会第 72 回大

会，OB-5，関西学院大学，2012年5月

6) ○岩崎純衣・渡辺創太・藤田和生「鳥類におけるメタ認知—長期記憶課題を用いた検討—」. 日本心理学会第76回大会，ワークショップ，専修大学，2012年9月

7) ○岩崎純衣・渡辺創太・藤田和生「ハトにおける予見的メタ認知行動の長期記憶課題から作業記憶課題への般化」. 関西心理学会第124回大会，滋賀県立大学，2012年10月

8) ○岩崎純衣・黒島妃香・藤田和生「ヒト幼児における将来に向けた情報希求行動」日本動物心理学会第73回大会，筑波大学，2013年9月

9) ○岩崎純衣・黒島妃香・藤田和生「ヒト幼児における将来を見越した情報希求行動」. 関西心理学会第125回大会口頭発表，2013年11月

(ポスター発表，査読なし，主発表者)

10) ○岩崎純衣・谷内通「ラットの推移的推論課題における前提課

題の併行学習の成立」。日本心理学会第73回大会，立命館大学，2009年8月

11) ○ 岩崎純衣・渡辺創太・藤田和生「ハトの系列課題におけるヒント希求」。日本心理学会第74回大会，1EV032，大阪大学，2010年9月

12) ○ 岩崎純衣・渡辺創太・藤田和生「ハトは自身の知識状態を認知できるか?」。日本心理学会第75回大会，1EV098，日本大学，2011年9月

13) ○ 岩崎純衣・渡辺創太・藤田和生「ハトは自身の知識状態に応じた情報希求行動を行うか」。Animal 2011，P1-C8，慶応大学，2011年9月

14) ○ 渡辺創太・岩崎純衣・中村哲之・藤田和生「ハトは鋭角を過小視するか」。Animal 2011，OA2-2，慶応大学，2011年9月

15) ○ 岩崎純衣・黒島妃香・藤田和生「ヒト幼児における将来の認知状態に向けた情報希求行動」。日本心理学会第77回大会，

札幌コンベンションセンター，2013年9月

- 16) ○別役透・都築茉奈・岩崎純衣・岡村淳・藤田和生「シリアン
ハムスターにおける偶発的記憶における偶発的記憶の検討」.

日本動物行動学会第32回大会，広島大学，2013年11月

受賞歴

- 1) **日本動物心理学会優秀発表賞** 岩崎純衣・渡辺創太・藤田和
生「ハトにおけるヒント希求課題を用いたメタ認知の検討」.
動物心理学会第70回大会口頭発表，2010年8月
- 2) **関西心理学会研究奨励賞** 岩崎純衣・黒島妃香・藤田和生「ヒ
ト幼児における将来を見越した情報希求行動」. 関西心理学会
第125回大会口頭発表，2013年11月

謝辞

まず本論文におけるすべての研究実施にあたり、京都大学文学研究科の藤田和生先生には、動物個体、実験環境、実験機器などにおいて充実した研究環境を提供していただきました。また指導教員として、実験計画の立案、データ分析やその考察、そして論文執筆に関して丁寧にご指導いただきました。ここに心より感謝の言葉を述べさせていただきます。また大学院での研究生活を送るにあたって様々な側面から手厚くサポートしていただきました文学研究科心理学教室の櫻井芳雄先生、板倉昭二先生、蘆田宏先生にも深謝いたします。

また本論文の試問審査員である文学研究科心理学教室の藤田和生先生、板倉昭二先生、教育研究科の明和政子先生におかれましては、お忙しい中、多くの時間と労力を本論文の審査のために費やしていただきました。深く御礼申し上げます。

本論文に掲載したハトを対象とした実験(2章)の実施に際し、大阪教育大学の渡辺創太博士には数多くの的確なご助言をいただきました。また幼児を対象とした実験(3章、4章)は藤田研究室の黒島妃香博士との共同研究であり、また実験の実施に際して、板倉研究室の周悦氏、藤田研究室の都築茉奈氏、荒堀みのり氏、前田朋美氏に演技者としてご協力いただきました。この研究にあたっては、京都

大学赤ちゃん研究室が管理する被験者プールを利用させていただき、多くのお子さんとそのご家族様に協力いただきました。さらに研究生活の面においては、藤田研究室の皆様、特に先輩方から有意なご助言、励ましをいただきました。厚く御礼申し上げます。

本論文の執筆にあたりましては、大阪教育大学の渡辺創太博士、藤田研究室の黒島妃香博士、そして心理学教室の矢追健博士に、本文の添削、推敲、ご助言をいただきました。大変ありがとうございました。

また、いつも温かく見守ってくれた両親、院生生活を楽しく充実したものにしてくれた同期の友人たちに心からの感謝を送りたいと思います。

本論文の研究は、日本学振興会科学研究費補助金(No. 255257、研究代表者：岩崎純衣；No. 20220004・25240020、研究代表者：藤田和生；No. 25245067、代表者：板倉昭二)、文部科学省グローバル COE プログラム(D07)の助成を受けました。

最後に、本論文内の動物を対象とした研究は京都大学文学研究科動物実験委員会の承認を得たうえで行い、子どもを対象とした研究は京都大学発達研究実施内規に従って行われたものです。