

令和 2 年 5 月 25 日現在

機関番号：12501

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K12700

研究課題名(和文)メタ認知と衝動性の比較認知科学：メタ認知研究の新たな枠組みの提案

研究課題名(英文)Comparative cognitive science of metacognition and impulsivity

研究代表者

渡辺 安里依 (Watanabe, Arii)

千葉大学・大学院人文科学研究院・助教

研究者番号：90738949

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は衝動性などの行動特性に着目し、メタ認知行動との関係性を探ること
で、多様な種、多様な個体のメタ認知研究を可能にする手法を確立することだ。ハトを対象とした実験では、メ
タ認知行動には報酬率が関わっていることが示唆され、メタ認知行動が必ずしも最適な方略でない場合があるこ
とが分かった。その他、カテゴリ弁別課題や、イエネコを対象としたタッチスクリーン課題などを作成、実施
し、今後のメタ認知研究発展のためのベースとなる手法も検討した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

「ヒト以外の動物に意識はあるか？」という根源的なテーマに取り組む手段のひとつとして注目を集めているの
がメタ認知である。動物のメタ認知研究においては、特定の種がメタ認知行動をおこなうか否かが注目されがち
であるが、本研究ではどのような状況下、また、どのような行動特性を持った個体がメタ認知行動をおこなうか
を調べることで、メタ認知行動の本質に迫った。このようなアプローチでメタ認知の種間比較を進めていく
ことで、能力の進化的要因を解明するだけでなく、教育場面などへの応用も期待できる。

研究成果の概要(英文)：The aim of the current project was to study metacognition in various species
and individuals by focusing on its relationship with behavioral attributes such as impulsivity. In
an experiment using pigeons, we found that reward rate has a strong effect on whether or not an
individual shows metacognitive behaviours. In some situations, metacognitive behaviours are not
necessarily the best strategy for reward maximisation. In addition, we designed categorical
discrimination tasks for pigeons and touchscreen tasks for domestic cats so that they can be used as
the basis for future metacognitive research.

研究分野：比較認知科学

キーワード：メタ認知

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

「ヒト以外の動物に意識はあるか?」という根源的な問いは、意識の定義上、行動を扱う心理学では取り組むのが極めて難解なテーマのひとつである。しかし、この難解なテーマに取り組む手段のひとつとして注目を集めているのがメタ認知である。メタ認知とは、自分の思考や記憶といった認知状態を把握する能力である。難しい問題に対し、「分からない」という内省的反応、またはヒントになりそうな情報を探す行為などが典型例だ。この内省的な能力は、ヒトに限らず、一部の霊長類にも備わっていることを示唆する結果が国内外の研究室から近年報告されている (e.g., Fujita, 2009; Hampton, 2001)。

一般的なメタ認知研究の課題は、膨大なトレーニング要するため、その研究対象は霊長類など、トレーニングの容易な種がほとんどである。このような偏りは種間比較を困難にし、認知能力の進化的要因に関する考察に停滞を招いてきた。ひとつの解決策として、研究代表者は、学習時間を基準とした新たな手法を提案し、それによりアメリカカケスが自身の記憶に関するメタ認知能力を持っていることを突きとめた (e.g., Watanabe et al., 2013)。この実験では、2種類の難易度の違う記憶課題のうち、カケスはより難しい課題へ学習時間をより多く配分し、自らの認知状態をモニタリングすることを示した。

これまでのメタ認知実験では、個体差は平均化され、無視されてきた。しかし、個体差こそがメタ認知研究を次の段階へ進めるための鍵かもしれない。中でも注目すべきなのは、衝動性やリスク志向などの行動特性における個体差である。例えば、Beran et al. (2016) は、リスク志向の強い種は弱い種に比べて情報探求などのメタ認知行動 (メタ認知を有することを示唆する行動) を起こす確率が低いとし、リスクテイキング行動とメタ認知行動の関連性を指摘しているが、このような傾向は種間だけでなく個体間でも表れる可能性がある。リスク回避傾向が低い個体であれば、正答の確信が高い場合でも「念のため」メタ認知行動をとるであろう。逆に、リスク志向の高い個体であれば、確信度が低い場合でも「運に任せて」とりあえず回答し、メタ認知行動をとらないかもしれない。

2. 研究の目的

本研究には、メタ認知研究発展のための2つの目的があった。

1つ目は、メタ認知行動を取る個体の特性や、関連する状況を調べることだ。今回は、中でもメタ認知行動と深い関わりがあるとされているリスク志向や衝動性に注目した。メタ認知は認知負荷が高く、処理時間によって生じる遅延が個体の行動選択に大いに影響を与えると思われる。衝動性やリスク志向が高い個体は、メタ認知能力を持っていたとしても、それを使わずに即座に回答することで、報酬までの時間を最短に抑えようとする可能性がある。本研究では、リスク志向が高いとされているハトに注目することで、メタ認知行動との関係を解明する。

2つ目は、新たなメタ認知実験課題を提案し、妥当性を検討することだ。これまでのメタ認知課題は単純な記憶課題や知覚課題が多かった。そのような課題では、メタ認知行動がみられても、内省的な手がかりを使用しているのか (メタ認知)、特定の視覚的特徴の有無を手がかりとしているのか (非メタ認知)、判断が難しい。そこで、視覚的特徴の有無だけでなく、カテゴリ概念を要する課題などから、メタ認知研究のベースとして使用できる課題を探るため、それらの判断時に手がかりとして使われている特徴を調べる。また、幅広い種でのメタ認知研究を可能とすることを旨とし、最小限のトレーニングを必要とする実験課題や手法も検討する。

3. 研究の方法

本研究の目的は多様な種、多様な個体のメタ認知研究を可能にする手法を確立することである。新たなメタ認知実験課題の提案と妥当性の検討をおこなうため、複数のアプローチを使い、研究を進めた。

(1) ハトにおける予見的メタ認知行動に関する研究

ハトを対象とした新たなメタ認知課題の提案と検討をおこなった。具体的には、位置見本合わせ課題をベースとした記憶課題を作成し、各個体の学習時間を計測することで、メタ認知行動を調べた。この位置見本合わせでは、見本として複数の白枠が呈示され、そのうちの1枠 (ターゲット) のみ、色がついていた。ハトが、見本の隣に呈示された円刺激 (「続行」キー) に反応すると見本が消え、画面の違う位置に白枠のみで構成された比較刺激が呈示された。比較刺激上で、ターゲット位置に対応する個所へ反応すると正答となり、餌が与えられた。見本刺激が呈示されてから「続行」キーをつつくまでの時間を観察時間、比較刺激が呈示されてからそれに反応するまでの時間を反応時間とした。訓練ではまず、枠が1つで構成された低難易度課題 (チャンスレベル: 100%) のみ呈示し、次に枠3つの中難易度 (チャンスレベル: 33%)、最後に枠5つの高難易度 (チャンスレベル: 20%) が追加された。一般的に、メタ認知行動をとる動物においては、課題の難易度があがるほど確信度が下がるため、それを補うために観察時間 (学習時間) が増えるとされている。

(2) カテゴリ弁別課題においてハトが使用する手がかりの検討

トポロジー弁別

ハトにおいて、トポロジーを手がかりとした視覚弁別能力の有無を検討した。基本的には、

様々な形の図形を呈示し、ハトがそれに反応すると、左右に赤と緑のキーが呈示された。図形に対応するカテゴリを正しく選択すると餌が与えられた。弁別の際、トポロジーの違いを手がかりにしているのか、刺激を暗記することによって弁別しているのかを区別するため、被験体を、トポロジー（穴の有無）を基準としたカテゴリを使用した topology 群と、同じ図形がランダムにカテゴリ分けされた pseudocategory 群に分けた。後者の群においては、カテゴリを弁別するための視覚的手がかりが無いいため、正答は完全に暗記によるものとなる。つまり、訓練後に2群の正答率に違いが表れた場合、topology 群の優位性はトポロジーを手がかりにしているためといえる。

水の有無の弁別

ハトにおいて、画像に写ったの水の有無を判断する際に使用される手がかりについて検討した。具体的には、水を含む風景写真（水刺激）とそうでない風景写真（非水刺激）を呈示し、弁別させ、正答率が特に高かったものと低かったものの特徴を比較した。さらには、それらの特徴を操作した画像をも弁別させた。

(3) イエネコにおける新課題の提案

飼いネコを対象とした、視覚刺激課題の検討をおこなった。具体的には、記憶課題等に効果的な餌以外の報酬を探るため、感覚性強化に最適な視覚刺激を調べた。タブレット PC の画面上に3種類の運動刺激（速度が一定のもの、速度が規則的に変化するもの、速度がランダムに変化するもの）を呈示し、ネコがいる部屋の床に配置した。画面に対する反応を複数の角度から撮影し、接近や接触などの行動を分析した。さらに、ネコの性格調査票（Bennette, 2017 の日本語訳）を作成し、飼い主に記入してもらい、行動と性格特徴の関係性も調べた。

4. 研究成果

(1) ハトにおける予見的メタ認知行動に関する研究

一部の個体では、課題難易度が高いほど見本刺激への観察時間が短くなる傾向がみられた（図1）。一方、比較刺激への反応時間に関しては、課題難易度が高いほど長くなる傾向があった。これらのことから、ハトにおいて、各難易度の報酬率が観察時間と反応時間の重要なファクターになっていることがわかった。報酬率が高い条件において、観察時間中に、dwell time と呼ばれる滞留時間が発生している可能性も示唆された。ハトにおける dwell time はこれまでほとんど注目されてこなかったが、視覚刺激を使用した場合に高い頻度で起きる反応なのであれば、メタ認知課題に限らず、行動実験全般に大きな影響を与えていることになる。

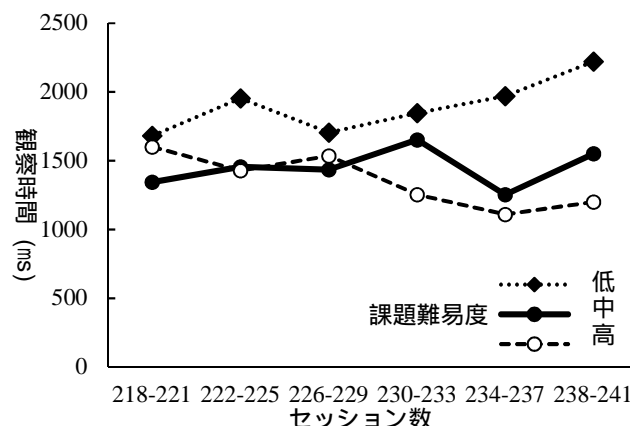


図1 各難易度における観察時間（1個体の例）

今回の実験では比較的短期間の訓練の後、ほぼすべての個体が基準値に達し、本課題へと移行することが可能であった。これまでのメタ認知研究の課題は、膨大なトレーニングを要するため、その研究対象は霊長類など、トレーニングの容易な種がほとんどであったが、本研究で発案した学習時間を基準とした課題を使用することで、ハトだけでなく様々な種を対象とすることができる。このような種間比較の可能性を広げることは、すなわち、メタ認知の進化的要因への更なる理解へと繋がるだろう。

ハトがメタ認知行動を取らなかった今回の結果は、リスク志向の強い種はメタ認知行動を起こす確率が低いという Beran et al. (2016) の指摘に沿ったものになった。しかし、今回はメタ認知行動をとらないことで報酬率をあげることに成功しているため、難易度の高い課題においては、むしろメタ認知行動を取らないことでリスクを回避しているとも考えられる。このように、「メタ認知ができる・できない」と「メタ認知行動をとる・とらない」を別個に検討し、選択された行動の結果を考慮することの重要性が明らかになった。本実験の結果は国内学会で発表済みだが、今後はえられた行動データを使い、更なる分析等をおこなった後、国際学術誌への論文投稿を予定している。

(2) 視覚弁別課題においてハトが使用する手がかりの検討

ハトのメタ認知課題において、ほとんどの個体がメタ認知や単純な報酬率で完全に説明できない行動をとったため、メタ認知行動の複雑さが明らかになった。そこで、引き続きハトを用い、行動に影響を与えている要因を検討した。具体的には、ハトの視覚刺激弁別に関する研究をおこなった。これらの結果は、それぞれ分野においても貴重な発見だが、今後メタ認知課題のベースとなる認知課題や個体差指標を検討する際にも重要な役割を担う。

トポロジー弁別

セッションが進むにつれ, pseudocategory 群の正答率はチャンスレベルと変わらないままだったのに対し, topology 群の正答率は上昇していった(図2)。このことから, ハトはトポロジーでの図形のカテゴリ化が可能なのことがわかった。図形ごとの特徴と正答率を分析すると, topology 群の学習過程では, 面積や on-off 特徴など, 複数の視覚手がかりを使っていることが明らかになった。ハトのトポロジー知覚を示した研究は本研究がはじめてである。この実験からえられた結果は国際学術誌に掲載された(Watanabe et al., 2019)。

水の有無の弁別

訓練が進むにつれ, 弁別の成績が上昇した。さらに, 新規の刺激に対しても般化がみられた。このことから, ハトは風景写真に写る水の有無を弁別できることが分かった。その後の調整した写真を使用した実験では, ハトは水の有無のカテゴリ化において, 色や反射などの単純な特徴ではなく, 複数の特徴の組み合わせを手がかりとして使っていることが分かった。このような複雑なカテゴリ判断が要求される課題は, メタ認知研究で使われがちな単純な刺激弁別課題に比べ, 連合学習の影響を受けにくいとため, メタ認知課題に適しているといえる。これらの実験からえられた結果の一部は国内学会で発表された。

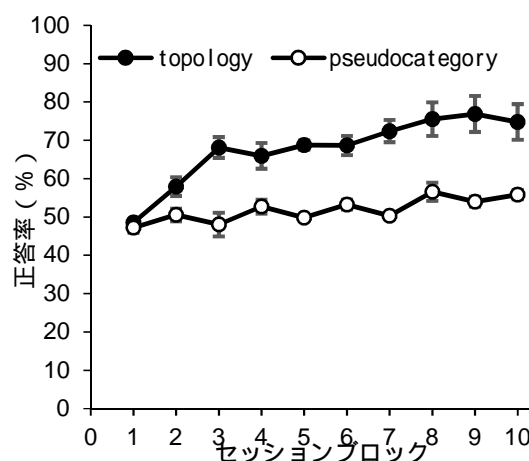


図2 各群の topology 弁別課題の正答率

(3) イエネコにおける新課題の提案

画面上の運動刺激に対する, 接近行動の有無, 接近までの潜時, 接触行動, などには個体差があることが分かり, 性格特性との関係性を示唆した。ハトを対象とするようなタッチスクリーンを使用した課題呈示がネコにも応用できることを示した本実験は, 往來の対面手法では難しかった様々な認知課題の作成の可能性を広げる。また, 今回えられた観察時間や接近行動のデータは, 個体ごとの詳しい性格特性と組み合わせることで分析することにより, メタ認知実験に限らず, イエネコを対象とした幅広い認知研究の発展に貢献できる。

<引用文献>

- Bennett, P.C., Rutter, N.J., Woodhead, J.K., & Howell, T.J. (2017). Assessment of domestic cat personality, as perceived by 416 owners, suggest six dimensions. *Behavioural Processes*, 141, 273-283.
- Beran, M.J. (2015). The comparative science of "self-control": what are we talking about? *Frontiers in Psychology*, 6, 51.
- Fujita, K. (2009). Metamemory in tufted capuchin monkeys (*Cebus apella*). *Animal Cognition*, 12, 169-180.
- Hampton, R.R. (2001). Rhesus monkeys know when they remember. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 98, 5359-5362.
- Watanabe, A., Grodzinski, U., & Clayton, N. S. (2014). Western scrub-jays allocate longer observation time to more valuable information. *Animal Cognition*, 17, 859-867.
- Watanabe, A., Fujimoto, M., Hirai, K., & Ushitani, T. (2019). Pigeons discriminate shapes based on topological features. *Vision Research*, 158, 120-125.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Watanabe, A., Fujimoto, M., Hirai, K., & Ushitani, T.	4. 巻 158
2. 論文標題 Pigeons discriminate shapes based on topological features	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Vision Research	6. 最初と最後の頁 120 ~ 125
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.visres.2019.02.012	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Watanabe Arie	4. 巻 68
2. 論文標題 Exploring the bird mind: A review of episodic memory and metacognition studies of western scrub-jays	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Animal Psychology	6. 最初と最後の頁 57-65
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2502/janip.68.1.4	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 0件／うち国際学会 0件）

1. 発表者名 Kurimoto, R., Muramatsu, K., Watanabe, A., & Ushitani, T.
2. 発表標題 Pigeons' discrimination between scenic pictures with and without water.
3. 学会等名 The 79th Annual Meeting of the Japanese Society for Animal Psychology
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Watanabe, A., Imamura, F., Shimada, K., & Ushitani, T.
2. 発表標題 Use of position-matching memory task for testing metacognition in pigeons
3. 学会等名 The 78th Annual Meeting of the Japanese Society for Animal Psychology
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Shimada, K., Ohkita, M., Watanabe, A., & Ushitani, T.
2. 発表標題 Investigation of visual short-term memory in pigeons (<i>Columba livia</i>) using a change detection task
3. 学会等名 The 78th Annual Meeting of the Japanese Society for Animal Psychology
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 渡辺安里依
2. 発表標題 アメリカカケスにおけるメタ認知とエピソード記憶
3. 学会等名 KOUDOU2017
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考