

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 2 年 7 月 10 日現在

機関番号：32707

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K04507

研究課題名(和文) 情報希求パラダイムを用いたメタ認知の比較認知研究

研究課題名(英文) Comparative cognition of metacognition using information-seeking paradigms

研究代表者

後藤 和宏 (Goto, Kazuhiro)

相模女子大学・人間社会学部・准教授

研究者番号：20546725

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：メタ認知は、認知状態を把握するモニタリングと、モニタリングをもとに行動調整を行うコントロールという2つの機能に分けて理解することができる。本研究では、メタ認知的コントロールを解明するために、そのままでは正解を導くのは難しい状況において、反応コストがかかるけれども、選択肢を減らすことで正解を限定できる情報希求行動に注目し、その機序を明らかにすることを試みた。結果、3年間の計画において、実験系の確立や難易度操作可能な課題の作成などは達成できた一方、情報希求行動の解明までは到達しなかった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究計画の成果として以下のことが挙げられる。第1に、他の動物種では比較的確立されているタッチモニター上に課題を提示する実験系を、実験動物として汎用性の高いマウスで確立した。第2に、実験の難易度を体系的に操作できる視覚弁別課題を複数作成した。これらの課題は、それ自身が新しい研究成果であるとともに、それらの課題遂行中のマウスの確信度を調べるために有用なものである。第3に、メタ認知的コントロールを調べるための情報希求行動についての検討を始めた。情報希求行動については、本研究内でそのしくみが未解明に終わってしまったため、現在、研究を継続中である。

研究成果の概要(英文)：The study of metacognition can be divided into two broad areas; research on metacognitive monitoring and research on metacognitive control. In the present study, I focused on the latter area and examined information-seeking behaviors in mice. Information seeking behaviors allows animals to find the correct answer in given tasks but they are redundant if they knew the correct answers. In this study, I had first established a training protocol for mice acquiring visual discrimination. I had then created a number of visual discrimination tasks that allows us systematically manipulate task difficulties. Using these tasks, I have attempted to study information-seeking behaviors but its analysis has not yet completed.

研究分野：実験心理学、比較認知科学

キーワード：メタ認知 情報希求行動 げっ歯類 マウス

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

メタ認知とは、自分自身の思考内容に能動的にアクセスし、状況にあわせて行動を調整する能力である。自身の思考内容は客観的には観察することができない主観的なものであるが、ヒトを対象とする場合、言語報告や確信度評定をもとに実験的研究がされている。一方、ヒト以外の動物では言語報告ができないため、主観的な内観情報を手がかりにした行動調整がどのようにされているかを実験的に解明するのは容易ではない。

申請者は、動物におけるメタ認知研究を精査し、今後取り組むべき研究の方向性を検討した(中尾・後藤, 2015)。今後の研究の展開には大きく二つの方向性が考えられる。第一の方向性は、様々な動物種を対象にした研究を通じて、メタ認知を示す動物種に共通する系統発生的、適応的な進化要因を検討するものである。これまでの研究では、アカゲザル、チンパンジー、オランウータンではメタ認知を示すという報告が複数あり、とりわけアカゲザルでの報告数が多い。一方、霊長類でもフサオマキザルでは、アカゲザル同様の実験課題を用いても、メタ認知を支持する行動を示さないという報告数が多い。霊長類以外では、ハシブトガラスやハト、ニワトリ、ラットでメタ認知を示す事例が報告されているが、体系的な種間比較がなされていないこともあり、メタ認知を示すと考えられる動物種に共通する進化要因が何かを明言できる段階ではない。申請者は、哺乳類に共通する養育行動のような生活様式がメタ認知の基盤の一つであると考え、実験報告の少ない分類群での比較研究が必要とされている。

第二の方向性は、動物の意思決定場面で、確信や知識の有無というメタ認知手がかりをもとに行動調整が生じることが考えられる課題を考案し、その行動調整においてメタ認知の機能的役割を解明するものである。メタ認知研究でよく用いられるパラダイムは、第一課題として知覚弁別課題や記憶課題を、第二課題として第一課題を回答するか、回避するかを選択を組み合わせるものである。第二課題では、第一課題に正解し「確信あり」を選択すれば、大きな報酬が与えられるが、第一課題に不正解の場合、大きなペナルティが与えられる。一方、第二課題で「確信なし」を選択した場合、第一課題の正解・不正解に関わらずペナルティはなく、小さな報酬が与えられる。第二課題の選択に関して、第一課題の難易度が高い試行や不正解試行で「確信なし」が選択されるのであれば、メタ認知手がかりによることが考えられる。ただし、この行動調整において、メタ認知以外の手がかり(環境・行動手がかり等)が利用されている可能性をいかに排除するかがメタ認知を示すうえで重要な問題になってくる(Goto & Watanabe, 2012; 後藤, 2012)。

2. 研究の目的

本研究では、メタ認知研究の二つの研究の方向性での検討を進めた。比較研究という方向性に関して、霊長類以外の哺乳類の中でも最も汎用性の高い実験動物であるマウス(C57BL/6 系統)を研究対象として、メタ認知による行動調整のしくみを明らかにする。また、メタ認知の機能的側面のうち、コントロールと呼ばれる行動調整のしくみに注目し、これまでに考案されたメタ認知研究のパラダイムのうち、比較的多くの動物種において、すでに知見の得られている情報希求課題を用いた(中尾・後藤, 2015; Goto, 2016)。情報希求とは、苦手な科目は予習をして授業に臨む、はじめて訪問する土地を旅行するときには地図を見るなど、自分の知識が不確かさや、十分な知識を持ち合わせているかをもちに、目的達成のための情報を収集する行動調整のことである。本研究の期間内に以下のことを目的とした。

1. これまで霊長類や鳥類では、オペラント箱を用いた実験系において、メタ認知が検討されてきた。それらの動物で用いられたのと同様の課題手続きを用いるために、マウスでもオペラント箱を用いた実験系での行動形成手法を確立する。
2. 情報希求課題では、第一課題として、難易度調整が可能な弁別課題を用いる。そのため、視覚刺激を用いて難易度の調整が可能な弁別課題を複数作成する。
3. 第二段階として、第二課題として導入する情報希求パラダイムにおける情報希求行動の反応形成を行う。
4. ある課題場面において獲得された情報希求行動について、他の課題場面への般化が生じるかを検討しながら、情報希求行動がメタ認知手がかりに基づくものか、メタ認知以外の環境や行動手がかりに基づくものか検討する。

3. 研究の方法

まず、げっ歯類用のタッチモニターを取り付けたオペラント箱を作製し、モニター上に提示した課題を解答するための反応形成を確立した。さらに、情報希求パラダイムにおける、主課題として用いる弁別難易度が体系的に操作可能な課題を作成した。そのうえで、情報希求を反応形成し、主課題を実施中の情報希求行動を分析した。

4. 研究成果

反応形成手法の確立

まず、実験装置を作製した実験装置において、マウスの反応形成の手法を確立した。反応形成は、マガジントレーニング、連続強化(2-3 段階)、弁別課題というように逐次接近法を用いることで、ほぼすべての個体が訓練できるようになった。弁別課題を訓練するまでの予備訓練は 20 セッション程度で完了できるようになった(図 1)。

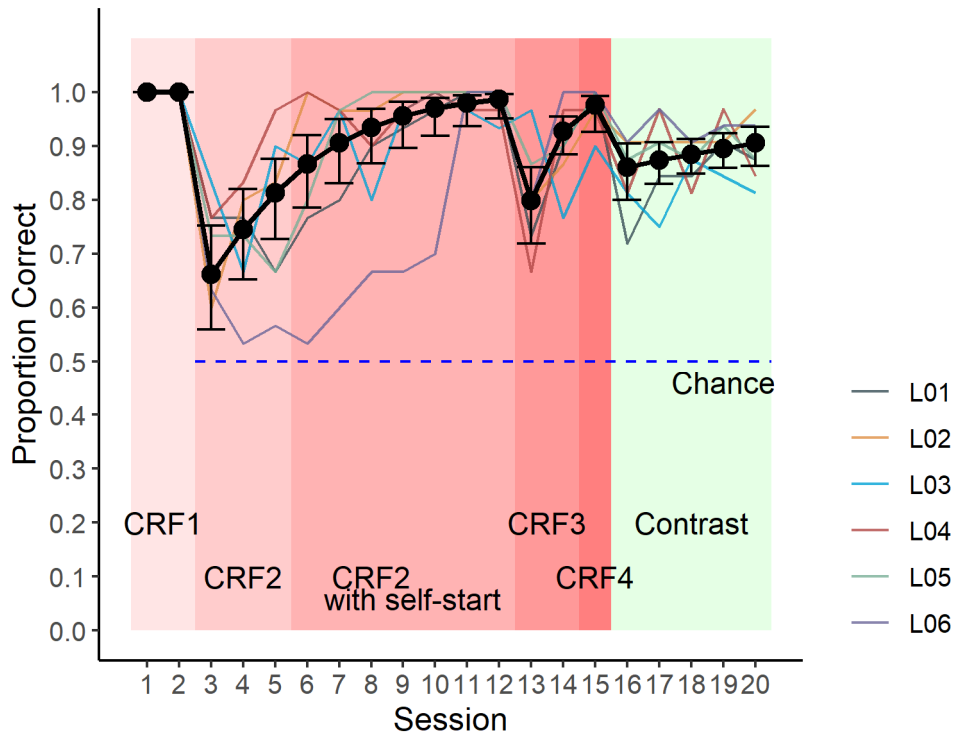


図1. 予備訓練段階における正答率の推移。L01-L06 は、個体番号を示す。黒線は一般化線形混合モデルによる予測値と 95%信頼区間を示し、CRF1-CRF4 は連続強化の訓練段階を示す。Contrast は弁別課題の一例として実施されたコントラスト弁別セッションの正答率を示す。

視覚弁別課題の作成

次に、主課題として用いる視覚弁別課題として、明るさ、大きさ、数量の3課題を作成した。これらの課題では、刺激強度(マグニチュード)差を操作することで弁別難易度を操作することができる(図2)。

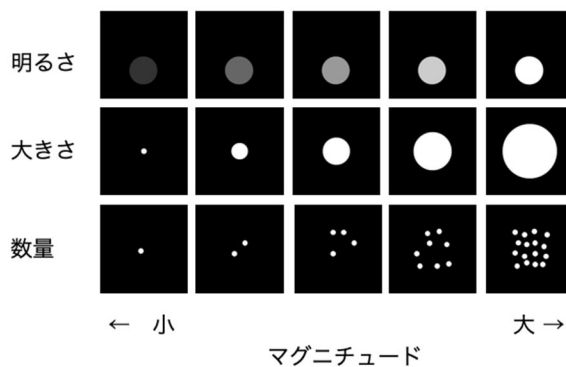


図2. 弁別課題に用いる刺激セット。連続的にマグニチュードを変化させることで、難易度を調整できる。

図2に示した刺激のうち、数量弁別の弁別正答率を示す(図3)。この実験では、8個と4個の白点の弁別を訓練し、その後、様々な数量の相対的大小に対する般化テストを実施した。結果、マウスは、マグニチュード差が大きいほど弁別正答率が高くなり、その正答率はウェーバーの法則にしたがうことが確認された。また、図2に示した刺激以外に輝度操作を加えた刺激に関しても、般化を見せたことから、マウスは相対的な数量差を手がかりとした弁別をしていることが確認された。

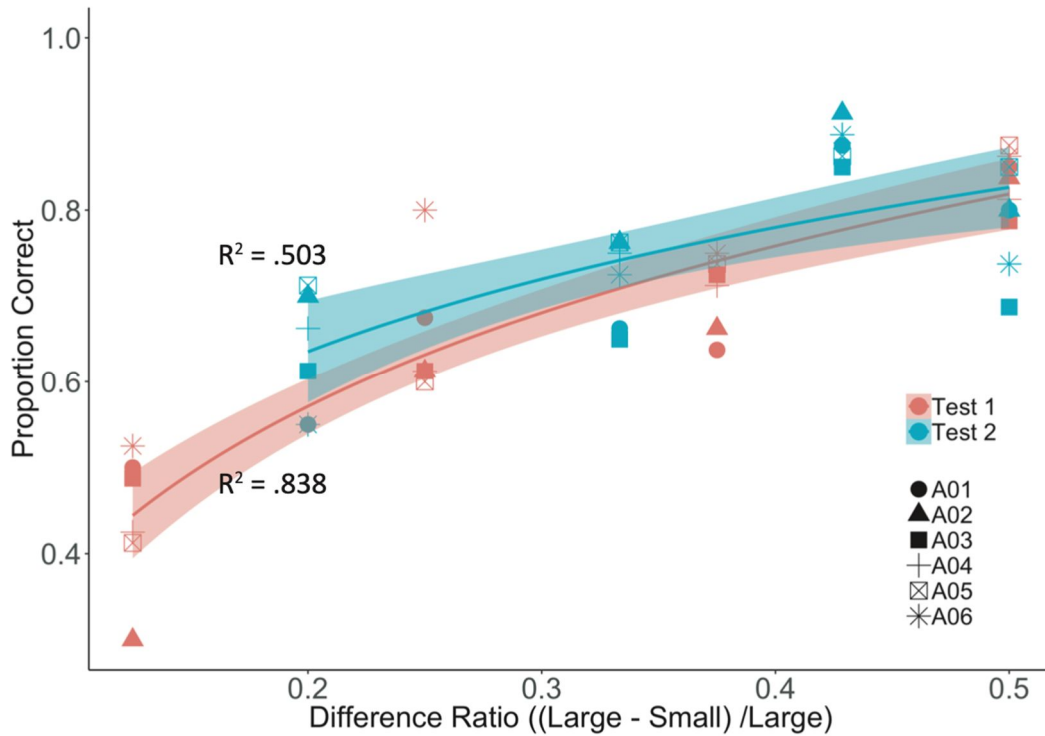


図 3. 刺激の相対的な数量差ごとの正答率。A01-A06 は、個体番号を示す。青線および赤線は Test1 と Test2 は、異なる数量差のテスト刺激対の正答率を示す。

情報希求行動の形成

図 4 に情報希求課題の概要を示す。本研究では、不確実な選択肢を提示されたときに、同時に提示されている情報希求選択肢に対して反応することで、不正解選択肢を取り除くという行動の形成を試みたが、結果的に情報希求行動が形成できなかった。現在、実験変数を調整することで、情報希求行動の形成について再検討中である。

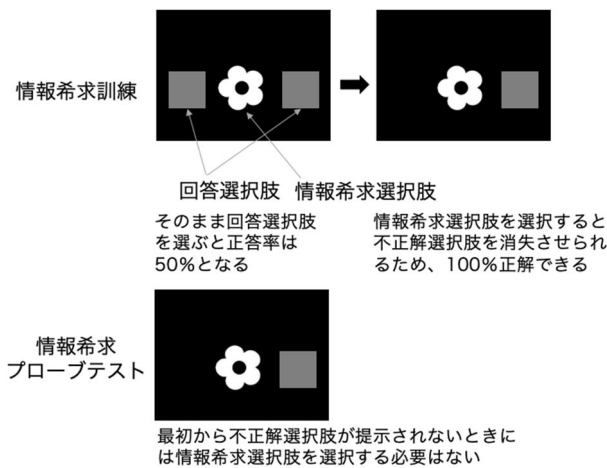


図 4. 情報希求行動の検討。情報希求をすることで、弁別課題の正解を絞り込むことができる。正解が自明な事態で情報希求が生じても、それによるペナルティはない。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 5件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 後藤和宏・幡地祐哉	4. 巻 70
2. 論文標題 タッチモニタを用いたマウスにおける視覚弁別の訓練手続き	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 動物心理学研究	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2502/janip.70.1.2	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Goto, K. & Watanabe, S.	4. 巻 48
2. 論文標題 The whole is equal to the sum of its parts: pigeons (<i>Columba livia</i>) and crows (<i>Corvus macrorhynchos</i>) do not perceive emergent configurations	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Learning & Behavior	6. 最初と最後の頁 53-65
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3758/s13420-020-00413-w	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Goto, K., & Watanabe, S.	4. 巻 48
2. 論文標題 The whole is equal to the sum of its parts: pigeons (<i>Columba livia</i>) and crows (<i>Corvus macrorhynchos</i>) do not perceive emergent configurations.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Learning & Behavior	6. 最初と最後の頁 53-65
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3758/s13420-020-00413-w	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 後藤和宏・幡地裕哉	4. 巻 -
2. 論文標題 タッチモニタを用いたマウスにおける視覚弁別の訓練手続き	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 動物心理学研究	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2502/janip.70.1.1	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 後藤和宏	4. 巻 68
2. 論文標題 J-STAGEのアクセス統計データから見た「動物心理学研究」	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 動物心理学研究	6. 最初と最後の頁 131-134
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2502/janip.68.2.1	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計9件(うち招待講演 4件/うち国際学会 1件)

1. 発表者名 後藤和宏
2. 発表標題 採餌行動の認知機構と被食者の形態の適応進化
3. 学会等名 日本人間進化学会第12回大会(招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Miku Kimura, Kazuhiro Goto
2. 発表標題 Discrimination of relative numerosity in mice
3. 学会等名 第78回日本動物心理学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 後藤和宏, 木村みく
2. 発表標題 マウスにおける相対的数量弁別
3. 学会等名 第37回日本基礎心理学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 後藤和宏
2. 発表標題 マウスは数をどう認識しているか
3. 学会等名 第2回犬山認知行動研究会議
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 後藤和宏
2. 発表標題 比較認知：心理学と生物学が会うところ
3. 学会等名 第33回関西学院大学応用心理科学研究センター研究会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kazuhiro Goto, Miku Kimura
2. 発表標題 Discrimination of relative numerosity and assessment of the SNARC effect in mice
3. 学会等名 The 26th International Conference on Comparative Cognition（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 後藤和宏
2. 発表標題 マウスにおけるゲシュタルト知覚の検討
3. 学会等名 行動2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 後藤和宏
2. 発表標題 海馬神経回路から脳の左右差を考える
3. 学会等名 第1回犬山認知行動研究会議
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 後藤和宏
2. 発表標題 海馬神経回路の左右差とその機能的意義
3. 学会等名 第34回行動科学学会ウィンターカンファレンス(招待講演)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計4件

1. 著者名 日本基礎心理学会 監修/坂上貴之・河原純一郎・木村英司・三浦佳世・行場次朗・石金浩史 責編	4. 発行年 2018年
2. 出版社 朝倉書店	5. 総ページ数 608
3. 書名 「基礎心理学実験法ハンドブック」項目執筆(「意識・内省に関わる方法」および「系統発生・行動生態学的研究」)	

1. 著者名 齋藤 慈子、平石 界、久世 濃子、長谷川 真理子	4. 発行年 2019年
2. 出版社 東京大学出版会	5. 総ページ数 336
3. 書名 正解は一つじゃない 子育てする動物たち	

1. 著者名 一般社団法人日本行動分析学会	4. 発行年 2019年
2. 出版社 丸善出版	5. 総ページ数 768
3. 書名 行動分析学事典	

1. 著者名 後藤和宏	4. 発行年 2018年
2. 出版社 東京大学出版会	5. 総ページ数 15
3. 書名 ベーシック発達心理学 第12章	

〔産業財産権〕

〔その他〕

相模女子大学 実験心理学研究室 https://sites.google.com/view/gotoccl/
--

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