

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年 5月25日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(S)

研究期間：2008～2012

課題番号：20220004

研究課題名（和文） 意識・内省・読心—認知的メタプロセスの発生と機能

 研究課題名（英文） Awareness, self-reflection, and mind-reading:
Genesis and functions of cognitive meta-processes

研究代表者

藤田 和生 (FUJITA KAZUO)

京都大学・大学院文学研究科・教授

研究者番号：80183101

研究成果の概要（和文）： 意識や内省と呼ばれる自身の心の内部への能動的アクセス、及び読心と呼ばれる他者の心的状態の理解の発生過程、ならびにそれらの相互関連性を、広範な種比較と発達比較を通じて多面的に検討した。その結果、霊長類のみならずイヌや鳥類にもこれらの認知的メタプロセスが存在することが明らかになった。また霊長類は自身の利益には無関係な第三者の評価をおこなうなど、優れた他者理解機能を持つことを示した。さらに、他者理解は対応する自己経験により促進され、自己理解と他者理解に確かに関連性があることを示した。

研究成果の概要（英文）： We studied evolution and development of (a) active meta-access to agents' own mental states referred to as awareness and self-reflection, (b) understanding of others' mental states often labeled mindreading, and (c) interrelationship of the two by phylogenetic and ontogenetic comparisons. We have found that species including primates, dogs, and birds share such cognitive meta-processes. Nonhuman primates have been found to show excellent understanding of others as shown by their evaluating third-party interactions that have no value to themselves. We have also found that understanding others is enhanced by corresponding experience of the agents. This suggests strong relationship between understanding self and understanding others.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	39,300,000	11,790,000	51,090,000
2009年度	25,700,000	7,710,000	33,410,000
2010年度	25,700,000	7,710,000	33,410,000
2011年度	25,700,000	7,710,000	33,410,000
2012年度	26,900,000	8,070,000	34,970,000
総計	143,300,000	42,990,000	186,290,000

研究分野： 総合領域

科研費の分科・細目： 情報学・認知科学

キーワード： 進化・発達、メタ認知、意識、内省、読心、心の理論

1. 研究開始当初の背景

(1) 意識や内省と呼ばれる自身の心の内部への能動的アクセス—認知的メタプロセス—は、成人において最高度に発達した高次認知機能である。そうした心への能動的アクセスは他者にも向けられ、読心や心の理論と呼ば

れる他者理解の機能を実現する。これらの高度な営みは40億年にわたる進化史と20年に及ぶヒトの生育史を背景に形成される。

(2) 近年の比較認知科学の発展により、心的機能の進化的連続性と多様性が示されてきた。代表者も、ヒトを特徴づけると考えられ

た推論、計画性、因果認識、欺き、協力、思いやりなどが、霊長類を初めとする諸動物にも見られること、他方、知覚的補間や錯視などの基礎的環境認識においては顕著な種差が見られることを示してきた。

(3) こうした心の連続性と多様性の中でヒトの心を位置づけるためには、ヒトにおいて最高度に発達した認知的メタプロセスの発生的起源を明らかにすることが不可欠である。

2. 研究の目的

(1) 多様な認知的メタプロセスの発生過程を、広範な種比較と発達比較により実証的に検討し、自己理解機能の発生過程を解明する。

(2) 同時に多様な他者理解機能の発生過程を、同様の種比較と発達比較により、実証的に明らかにする。

(3) 自己理解機能と他者理解機能の相互関連性を明らかにする。特に自己理解が他者理解のための要件であるとの仮説を検証する。

3. 研究の方法

(1) 霊長類、齧歯類、イヌ、鳥類など多様な動物と多様な発達段階にある乳幼児を対象に、4に述べるような多様な認知的メタプロセスを検討し、その性質を明らかにした。種と年齢に関しては、それぞれの機能に応じて選択し、手法についても柔軟に調整した。

(2) 同時に霊長類とヒト乳幼児の多様な他者理解機能を検討し、その性質を明らかにした。

(3) 自己の経験と、それに対応した他者の行為の理解が関連しているか否かを検討する課題を、主にヒト乳幼児を対象におこなった。

4. 研究成果

以下に主要な成果を述べる。

(1) 項目3-(1)に係るもの

①フサオマキザルのメタ記憶

短期記憶課題(遅延見本合わせ)において、遅延時間経過後に記憶テストを回避できる選択肢を与えると、フサオマキザルはこれを適切に利用し、自らが記憶テストを選択した場合には、それを強制された場合よりも高い正答率を示すことを明らかにした。すなわちこのサルは、自らの記憶痕跡の確かさをモニターできることがわかった。

これまで、新世界ザルは複数のメタ認知課題で失敗することが報告されていたが、本研究は世界で初めて新世界ザルが明瞭なメタ認知能力を持つことを示した。これは霊長類におけるメタ認知の進化史を塗り替える成果である(Fujita 2009)

②鳥類における確信度のメタ認知とリスク選択

ハトとニワトリに、まず1つだけ色の異なる標的をつつく視覚探索課題をおこなわせ

た。反応後、画面に「リスク」アイコンと「安全」アイコンを提示し、選択させた。「リスク」アイコンを選ぶと、視覚探索反応が正答であれば確実な報酬が与えられるが、誤答であるとタイムアウトが与えられた。他方「安全」アイコンを選ぶと、視覚探索の正誤によらず、報酬がより低い確率で与えられた。被験体は、視覚探索の正答率が低いときに、「安全」アイコンをより多く選択した。この行動は、探索刺激の色を換えても、明るさの異なる刺激にしても、模様異なる刺激にしても維持され、1羽のハトでは、線分長を分類するという全く異なる課題でも維持された。

ハトは、複数の実験でメタ認知に失敗することが報告されていたが、こうした直前の弁別行動の精度に関するメタ認知は、鳥類にも可能であることが世界で初めて示された(Nakamura et al. 2011)。

③ハトの情報希求行動

同時に提示された3つの刺激を、定められた順序でつづく系列反応課題をハトに訓練した。通常の試行では試行錯誤で正しい順序を見つけ出すしかない。しかし半数の試行で、次につづくべき刺激をハトに教える「ヒント」キーを提示すると、ハトは、新奇系列の学習開始直後にはこの「ヒント」キーをよくつつくが、学習が進むと、その反応が減ることを示した。つまりハトは、つづくべき刺激順序に関する自身の持つ知識の確かさによって、「ヒント」希求を変えたということがができる(Iwasaki et al. 2012)。

本研究は、ハトが自身の知識に対するメタ認知を持ち、行為遂行中に、適切に必要な情報を求めることを示した世界初の研究である。

④ハトにおける予見的情報希求行動

上記同様の系列反応課題で、課題前に既知課題かより新奇性の高い課題のいずれが出現するか情報を与え、この時にハトがヒントつき課題かヒントなし課題のいずれを選ぶかを検討した。ハトは新奇性の高い課題が予測されるときに、あらかじめヒントつき課題を選ぶことが明らかになった。

これは、ハトが行為開始前にこのような予見的なメタ認知的行動を取ることを示した世界初の研究である(Iwasaki et al. 準備中)

⑤イヌにおける偶発的記憶の利用

エピソード記憶には重要な2つの要素がある。1つはそれが what-where-when という3つの要素を統合した記憶であること、もう1つは偶発的記憶であることである。第1点はこれまでも検討がおこなわれているが、第2点に関しては、ほとんど研究がない。事前の訓練は一切せず、イヌを餌や石ころが入った複数の餌場に誘導し、うち何カ所かだけ餌をとらせた。十分な時間経過後、再び餌場を訪れさせると、イヌはただ一度の経験

を利用して、適切に餌場の訪問順序を変えた。これは、種特異的な行動を用いず、動物に **what** と **where** を統合した偶発的記憶の利用が可能であることを、世界で初めて明瞭に示した研究である (Fujita et al. 2012)。

⑥ 幼児の予見的情報希求行動

透明あるいは不透明のコップの中に隠されたシールを探すゲームを幼児に行わせた。その結果、5歳児は課題難度に応じた情報の盗み見をすることがわかった。本実験は未発表につき詳細は割愛 (Iwasaki et al. 未発表)。

(2) 項目 3-(2) に係るもの

① 霊長類における他者の感情的反応の利用

フサオマキザル 2 個体を、箱をはさんで対面させ、一方の個体にのみ箱の内容を見せた。他方の個体は箱の内容は見ることはできないが、相手の反応は見ることはできた。こうした操作の後、箱に対する観察者個体の反応を調べた。その結果サルは、相手個体の感情的反応を利用して接近/回避を調節することが分かった (Morimoto & Fujita 2011; 2012)。

霊長類が、他者の感情的反応から、その原因となる物体を推理できることを示した実験的研究はほとんどなく、重要な成果である。

② 霊長類における他者の福祉と労働に対する感受性

2 つの餌箱を挟んでフサオマキザルを 2 頭対面させ、1 頭 (操作者) が一方の餌箱を操作することにより、自身と相手に報酬がわたる場面を作った。自身が手にする餌はいずれの箱を選んでも同じだが、相手にわたる餌の質が箱によって異なる時、サルは低順位の個体に対して高質な餌を与えることが分かった (Takimoto et al. 2010)。

また相手に箱を開けるための操作の一部を分担してもらうと、相手の順位にかかわらず、高質な餌を与えることが多くなった (Takimoto & Fujita, 2011)。しかし、自身の手に入れる餌を犠牲にして他者により餌を与えることはなかった (Takimoto & Fujita, 準備中)。

これらは新世界ザルが持つ他者の福祉と労働に対する感受性を巧妙な実験で実証したものであり、こうした他者との関わりを制御する能力の進化に新たな視点を与えるものである。

③ 霊長類における第 3 者の感情的評価

2 人の演技者のうち 1 人 A が、サルにとって無意味な物体の入った透明の入れ物を開けようとするが、うまく開けられないところをフサオマキザルに見せた。A はその後もう 1 人の演技者 B に援助を求めた。それに対して B はふた開けを援助するか、あるいは拒絶した。その後、A と B は同時にサルに対して餌を差し出した。するとサルは、B が拒絶し

たときに限り、B からの餌の受け取り回数を減少させた (Anderson et al. 2013a)。

また類似した事態で、A と B がサルにとって無価値な物体を交換する場面を見せた。すると、一方の演技者が、公平な交換が可能であるにもかかわらずそれをしない場合にだけ、サルは当該人物からの餌の受け取り回数を減少させた (Anderson et al. 2013b)。

つまりサルは自身には関係のない第 3 者間の相互交渉から、他者の何らかの属性あるいはその時点における当該人物の気分、といった情報を抽出し、感情的な他者評価をすることが示唆された。単なる報酬との連合によっては説明できない他者の「値踏み」の存在が例証されたのは本研究が初めてであり、他者理解やヒトに見られる協力社会の進化を解明する上で、極めて重要な成果である。

④ イヌにおける他者の信頼度の理解

実験者が 2 つの箱のうち一方を指さすと、イヌはすぐに指さされた方を選択し、隠された餌を取ることが知られている。第 1 フェイズでこれを確かめた後、第 2 フェイズで、イヌに餌の在りかをあらかじめ見せてから、実験者はあえて逆の箱を指さした。この欺瞞的な指さしのあと、第 3 フェイズで普通の指さしに戻すと、イヌは有意にその当該人物の指さしに従わなくなった。別人物の場合にはそのようなことはなく、第 2 フェイズにおける欺瞞がその原因だと考えられる。すなわちイヌは他者の信頼度のようなものを他者の行為から読み取って、柔軟に応答を変えることがわかった (Takaoka et al. 準備中)

(3) 主として項目 3-(3) に係るもの

① 乳児において自身の視覚経験が他者の目的的行為の理解に及ぼす効果

8 ヶ月齢、12 ヶ月齢の乳児に、ジュースをコップに注ぐ、コップを積み上げるなどの行為の映像を見せ、その間の注視時間を測定した。行為の主体者は目隠しをしている場合としていない場合があり、行為には成功する場面と失敗する場面があった。目隠しを経験しない乳児では、目隠しをした演技者が行為に成功する場面と失敗する場面で注視時間に差は見られなかったが、目隠しを経験させると、12 ヶ月齢の乳児では、不可能な行為に対する注視が長くなった。すなわちこの月齢の乳児では、状況による自身の視覚的経験の変化を経験することが、当該状況におかれた他者の行為の理解を促進することがわかった (Myowa-Yamakoshi et al. 2011)

② ヒト乳児とチンパンジーにおける他者の行為への注意と目的理解

演技者がジュースをコップに注ぐなどの目的を持った行為をおこなっているビデオを乳児とチンパンジーに見せ、その間の視線を解析した。ジュースを注ぐ行為を自身で行

える成人、チンパンジー、及び 12 ヶ月児では、ジュースがコップ（目標物体）に注がれる前に予期的な視線移動が目標物体に対し生じたが、これを自身で行えない 8 ヶ月児では視線移動はジュースが注がれた後だった。

すなわち、他者の行為の目標の認識には、自己に同じ動作ができることが重要な影響を及ぼすことが分かった。しかし、こうした映像観察中の演技者の顔への注視時間はチンパンジーでのみ非常に短く、チンパンジーは行為者よりも行為の対象物により注意を向けるという種差も示された（Myowa-Yamakoshi et al. 2012）。

③乳児における他者の行為の目標の予測

テーブル上に置かれた 2 つの物体の一方に向けて腕あるいはマジックハンドが伸び、物体に触れる映像を乳児と成人に見せ、その際の視線移動を測定した。成人では手の向き（手の甲か手のひらか）によらず、またマジックハンドについても、物体にそれらが到達する前に、そこへの予期的な視線の移動が見られた。物体へのリーチング運動の可能な 6 ヶ月齢以上の個体では、手の甲を上に向けた手の動きに対して、予期的な視線移動が生じた。しかし 4 ヶ月児ではこれはみられなかった。すなわち、他者の行為の目標の帰属は、自己の可能な行為についてのみ生じることが示唆された（Kanakogi & Itakura 2011）

④幼児における他者の覗き見行動の予測

カーテンで仕切られた部屋の一方で、幼児と実験者が宝探しゲームをした。幼児が入れ物にシールを隠し、隣室にいる実験者がやってきて隠し場所を当てるゲームであった。このゲームのあと、幼児を隣室に誘導し、実はカーテンに穴が開いていて、部屋の様子が見えることを教えた。その後もう一度宝探しゲームをさせたところ、5 歳児はカーテンの穴を気にし、場合によっては穴の様子を見に行く行為をした。4 歳児ではこの効果は部屋で誰かが宝を隠す行為をしている場面を見た場合だけ生じた。3 歳児では全く効果は見られなかった。すなわち、幼児は自身の経験から他者の行為を予測できるが、4 歳児ではそれは場面特異的であり、5 歳になって初めてそれが別場面に応用可能になることがわかった（Kuroshima et al. 準備中）

⑤イヌと幼児における他者の動作からの環境の推理

実験者が重い扉と軽い扉を開けて、報酬を取り出すところを 3 歳児とイヌに見せた。その後、自身で扉を選択させたところ、実験者の行為の効果は見られなかった。しかし、自身で扉の重さを経験させてから同様の行為を見せると、イヌも 3 歳児も、軽い方の扉を選択することがわかった。すなわち、自身の経験した行為に関しては、他者の行為から、当該環境に関する推理が可能であることが

わかった（Nabeoka et al. 準備中）

このように本研究は、多様な認知的メタプロセスがヒト以外の動物に共有されていることを示した。特にこれまで不可能だとされてきた鳥類にもそれが可能であったことは重要である。これはこの高次認知過程が思いのほか広範囲の動物に分有されていることを示唆し、このプロセスが非常に高い適応的価値を持つことを示唆している。

同時に本研究は、霊長類やイヌの高い他者理解能力を示した。特にチンパンジーにも勝るフサオマキザルの他者の行動に対する感受性は特筆される。これはヒトに向けた直線的向上進化という陥りがちなものに対する強い警鐘である。また、このサルに第 3 者の感情的評価が可能なることを示したことは、ヒトの協力社会を可能にする行動要素が、決してヒト特有のものではないことを意味し、協力社会の進化のストーリーを書き換えることを要求するものである。

さらに(3)の①～⑤の結果は、行為や認知対象によりそれが可能になる月齢や年齢は異なるが、いずれも自身の行為の経験が、対応する他者の行為の予測や理解を促進することを一貫して示している。またそれは乳幼児だけではなく、少なくともイヌと同様の効果が見られている。これは自己理解が他者理解の必要条件であるという仮説に合致した結果と言える。

今後は、認知的メタプロセスの動物界における分布をより広範囲の動物種を対象に明らかにしていく作業と、その適応的価値を、読心以外のさらに多様な認知的行動に探っていくことが、重要な課題である。

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計 129 件）【査読誌のみ】

1. Anderson JR, Kuroshima H, Takimoto A, & Fujita K (2013)a Third-party social evaluation of humans by monkeys.

Nature Communications, 4: 1561.

(doi: 10.1038/ncomms2495)

2. Anderson JR, Takimoto A, Kuroshima H, & Fujita K (2013)b Capuchin monkeys judge third-party reciprocity. *Cognition*, 127, 140–146.

(doi: 10.1016/j.cognition. 2012.12.007)

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

(doi: 10.1007/s10071-012-0566-y)

4. 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. *Animal Cognition*, 15, 1055-1063.
(doi: 10.1007/s10071-012-0529-3)
5. Morimoto Y, & Fujita K (2012) Capuchin monkeys (*Cebus apella*) use conspecifics' emotional expressions to evaluate emotional valence of objects. *Animal Cognition*, 15, 341-347.
(doi: 10.1007/s10071-011-0458-6)
6. Myowa-Yamakoshi M, Scola C, & Hirata S (2012) Humans and chimpanzees attend differently to goal-directed actions. *Nature Communications*, 3: 693.
(doi:10.1038/ncomms1695)
7. Takimoto A, & Fujita K (2011) I acknowledge your help: capuchin monkeys' sensitivity to others' labor. *Animal Cognition*, 14, 715-725.
(doi: 10.1007/s10071-011-0406-5).
8. Kanakogi Y, & Itakura S (2011) Developmental correspondence between action prediction and motor ability in early infancy. *Nature Communications*. 2: 341.
(doi: 10.1038/ncomms1342)
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. *Developmental Psychology*, 47(4), 1042-1049.
10. Morimoto Y, & Fujita K (2011) Capuchin monkeys (*Cebus apella*) modify their own behaviors according to a conspecific's emotional expressions. *Primates*, 52, 279- 286.
(doi: 10.1007/s10329-011-0249-3)
11. Nakamura N, Watanabe S, Betsuyaku T, & Fujita K (2011) Do birds (pigeons and bantams) know how confident they are of their perceptual decisions? *Animal Cognition*, 14(1), 83-93.
(doi: 10.1007/s10071-010-0345-6)
12. 藤田和生 (2010). 比較メタ認知研究の動向. *心理学評論*, 53(3), 270-294.
13. Takimoto A, Kuroshima H, & Fujita K (2010) Capuchin monkeys (*Cebus apella*) are sensitive to others' reward: An experimental analysis of food-choice for conspecifics. *Animal Cognition*, 13(2), 249-261.
(doi: 10.1007/s10071-009-0262-8)
14. Fujita K (2009) Metamemory in tufted capuchin monkeys (*Cebus apella*).

Animal Cognition, 12(4), 575-585.
(doi: 10.1007/s10071-009-0217-00)

[学会発表] (計 120 件) 【主発表のみ】

1. Itakura S (2012) Understanding infants' mind through a robot: Challenge of Developmental Cybernetics. Invited talk at: *International Society on Study of Behavior and Development*, July 10, Alberta, Canada
2. Fujita K (2012) A search for metacognition in avians. Invited talk at: *The 9th International Conference on the Evolution of Language (Evolang IX)*. March 14, Campus Plaza Kyoto.
3. Fujita K, Nakamura N, Iwasaki S, Watanabe S, & Betsuyaku T (2011) Are birds metacognitive? Invited Talk at the *Satellite Symposium of the 15th annual meeting of the Association for the Scientific Study of Consciousness*. June 8, Inamori Center, Kyoto University

[図書] (計 51 件)

1. Fujita K, Nakamura N, Iwasaki S, Watanabe S (2012) Are birds metacognitive? In: Beran M et al (eds.), *Foundations of metacognition*. Oxford University Press. pp.50-61.
2. 藤田和生 (2011) 比較行動学—ヒト観の再構築. 放送大学教育振興会. 255pp.

[産業財産権]

- 出願状況 (計 0 件)
- 取得状況 (計 0 件)

[その他]

ホームページ等

http://www.psy.bun.kyoto-u.ac.jp/kiban_S_fujita/

紹介記事等

4-(2)-□ フサオマキザルの第3者評価に関する紹介記事

(国内)

2013年3月6日~7日にかけて、日経新聞、朝日新聞、毎日新聞、京都新聞、中日新聞、読売新聞、東京新聞他にて紹介記事

http://www.nikkei.com/article/DGXNASDG0504X_W3A300C1CR0000/

<http://www.kyoto-np.co.jp/top/article/20130306000023>

(国外)

<http://www.bbc.co.uk/news/uk-scotland-tay-side-central-21683054>

<http://scientificchicago.com/2013/03/06/capuchin-monkeys-hold-grudge/>

<http://www.topnews.us/content/253781-monkeys-repel-bad-people>

<http://www.livescience.com/27637-monkeys-shun-selfish-others.html>

http://www.kyoto-u.ac.jp/ja/news_data/h/h1/news6/2012/130306_2.htm

http://www.kyoto-u.ac.jp/en/news_data/h/h1/news6/2012/130306_2.htm

他

6. 研究組織

(1)研究代表者

藤田 和生 (FUJITA KAZUO)

京都大学・大学院文学研究科・教授

研究者番号：80183101

(2)研究分担者

板倉 昭二 (ITAKURA SHOJI)

京都大学・大学院文学研究科・教授

研究者番号：50211735

明和 政子 (MYOWA MASAKO)

京都大学・大学院教育学研究科・准教授

研究者番号：00372839

平田 聡 (HIRATA SATOSHI)

京都大学・霊長類研究所・特定准教授

研究者番号：80396225

(3)連携研究者

なし