

令和元年6月7日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2014～2018

課題番号：26245069

研究課題名(和文) チンパンジーとボノボの道具的知性と社会的知性

研究課題名(英文) Material intelligence and social intelligence in chimpanzees and bonobos

研究代表者

平田 聡 (Hirata, Satoshi)

京都大学・野生動物研究センター・教授

研究者番号：80396225

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 31,400,000円

研究成果の概要(和文)：ヒトに最も近縁な現生種であるパン属2種のチンパンジーとボノボを対象とした比較研究をおこない、知性の進化的基盤に迫ることを目的とした。ボノボのほうがチンパンジーより他者の目をよく見ること、チンパンジーは他者の操作する対象物に強い興味を示すことが視線計測により明らかになった。彼らの社会性および道具使用の行動上の違いが内的な動機の違いに裏付けられていることが示唆された。また、両種とも同様に高い他者理解能力を備えており、他者の心的状態を理解していることが示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の主要な成果のひとつである他者の心的状態の理解についての研究は、2016年にサイエンス誌に掲載され、同誌が選ぶ2016年のトップ10論文のひとつに選出された。専門家だけでなく広く国際社会に影響を与える研究成果となったことを証左するものと言える。ヒトの高度な知性はヒトにおいて突然現れたものではなく、少なくとも類人猿との共通祖先の段階でその萌芽的能力が備わっていたことを示す研究であり、ヒトの心が生物学的基盤をもつものであることをあらためて考える必要があることを表している。

研究成果の概要(英文)：The present project aimed at investigating the evolutionary origin of intelligence through a comparative study of the two species of genus Pan, namely chimpanzees and bonobos, phylogenetically closest to humans. A series of eye-tracking studies revealed that bonobos look at eye region of another individual more often than chimpanzees, while chimpanzees paid more attention to target objects, which can be considered as underpinning factor for the species differences in sociality and tool use between them. Another series of studies suggested that they both have a sophisticated ability of understanding of others which entails comprehension of others' mental states.

研究分野：比較認知科学

キーワード：比較認知科学 道具的知性 社会的知性 チンパンジー ボノボ 進化

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

ヒトはなぜ賢くなったのか? この問いに対する答えとして、大きく2つの、拮抗する仮説がある。道具的知性仮説と、社会的知性仮説である。道具的知性仮説は、ヒトの高度な知性の由来を、道具使用行動に求める。ヒトは、言うまでもなく、多様な道具を使う。そして、初期人類の段階から、石を加工して石器を作っていた証拠が残されている。こうした道具を使うことは、初期人類の生存にとって極めて重要で適応的だったはずだ。道具を使うことの必要性が、ヒトの知性の進化を促したというのが、道具的知性仮説の骨子である。一方、社会的知性仮説は、高度な知性の由来を、社会性に求める。ヒトを含めた霊長類の仲間の多くは、複数の個体で集団を作って暮らしている。集団の中でうまく生き延びていくためには、他者を識別し、誰といつどんな社会交渉をおこなうべきかを判断する必要がある。このとき他者はいつも同様に振る舞うわけではなく、その状態は刻々と変化する。こうした複雑な個体間関係のなかで適切に行動するためには、高度な知性が要求される。それが知性の進化の原動力となったというのが社会的知性仮説である。

道具的知性仮説と社会的知性仮説のそれぞれがどの程度有効な説明なのか、現時点ではまだ定かでない。国内外で、動物心理学や動物行動学などを専門とする研究者が、多様な動物種を対象に、いくつかの異なるアプローチで迫っているところである。仮説の検証にあたって、重要な役割を占めるのが、ヒトに近縁な現生種の比較研究だろう。ヒトに最も近縁な種のひとつであるチンパンジーの研究は、こうした観点から、国内外で多くの研究者の研究対象となってきた。その成果もかなり蓄積されている。しかし、チンパンジーは、ヒトに最も近縁なただ一つの動物種ではない。チンパンジーには、同じ属(パン属)の別種がいる。ボノボである。つまり、チンパンジーとボノボの両種が、ヒトから見て等しく最も近縁な種となる。このボノボの研究は、驚くほど少ない。概してチンパンジーと同様の高度な知性をもつことが実験室での研究から知られているが、ボノボの研究はチンパンジーに比べて圧倒的に少なく、国内での飼育下研究は皆無である。

そのボノボを、2013年秋、日本に導入することとなった。申請者の任地である京都大学野生動物研究センター熊本サンクチュアリに、計6個体のボノボが来ることが決定した。2014年春までには輸入が完了することが確実となった。これによって、国内で初めて、ヒトに最も近縁なチンパンジーとボノボを直接比較して研究する環境が整えられることになった。本計画では、このような背景のもとで、両種を比較研究し、実験的研究と自然観察的研究を組み合わせ、知性の進化のヒントを得ることを目指した。

2. 研究の目的

研究目的を端的に表すと、チンパンジーとボノボの知性と行動の違いを詳細に明らかにすることである。両種は、同じ属に属し、外見は比較的似ている。しかし、その行動に大きく違うところがある。道具使用と社会性、そのいずれもが異なっている。野生チンパンジーは自然に多様な道具を使うのに対し、野生ボノボはめったに道具を使わない。チンパンジーがオス優位の「専制的」社会を築くのに対して、ボノボはメスが優位の「平和的」社会を築く。こうした違いは、何に起因するのか。それを明らかにするのが本研究の目的である。究極的には、ヒトはなぜ高度な知性を備えるに至ったのか、その進化的基盤を解明するための手がかりを得ることを目指した。ヒトに最も近縁な現生種であるパン属2種のチンパンジーとボノボを対象とした比較研究をおこない、かれらの道具的知性と社会的知性の特質と相違点を明らかにすることによって、ヒトの知性の進化的基盤に迫る。

3. 研究の方法

実験心理学的な手法を用いた研究と、自然観察的な手法を用いた研究の大きく2つに分けて研究を実施した。

(1) 実験心理学的な手法: アイトラッカーを用いてチンパンジーとボノボの視線を計測した。使用したアイトラッカーは Tobii TX300 で、赤外線センサーによって眼球の特徴を自動的にとらえ視線方向を計算するものである。特殊なメガネなどを装着することなく、非接触で視線方向を検出することができる。被験体であるチンパンジーとボノボは、あらかじめ位置の調整などをおこない設定された一般的な液晶モニターの前に座り、モニター上に提示される静止画や動画を見るだけである。具体的な研究内容に応じて、様々な静止画や動画を提示した。被験体は京都大学野生動物研究センターに飼育されているチンパンジーとボノボである。実験の設定ができる実験室に呼び入れて研究をおこなった。また、共同研究として、京都大学霊長類研究所のチンパンジー、およびドイツ・マックスプランク



図1: チンパンジーの視線計測

進化人類学研究所の大型類人猿各種（チンパンジー・ボノボ・ゴリラ・オランウータン）も被験体とした。

(2) 自然観察的な研究：熊本サンクチュアリにおいて屋外運動場に暮らしているチンパンジーやボノボの日常的な様子を研究者が目視およびビデオ記録によって観察記録した。また、コンゴ民主共和国ワンバおよびバリ地域の野生ボノボ、ギニア共和国ボソウの野生チンパンジーの野外観察もおこなった。さらに、こうした野外研究のこれまで成果について、論文等の文献をあたって情報を取り出し資料を比較する文献研究をおこなった。

4. 研究成果

(1) チンパンジーとボノボの自発的な興味の違いを見るため、それぞれにとって同種個体および異種個体にあたるチンパンジーとボノボの顔写真および全身写真をモニター上に提示し、被験体のチンパンジーとボノボがこれらの写真のうちのどの部分を注視するのか分析した（Kano et al. 2015）。

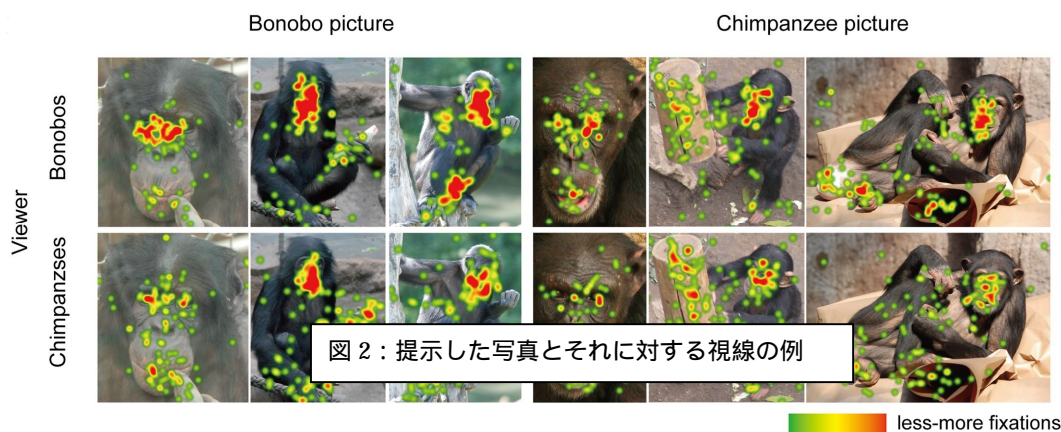


図 2：提示した写真とそれに対する視線の例

その結果、チンパンジーとボノボで共通点と相違点が見られた。まず共通点として、両種とも体の中では顔に対する注視時間が長く、顔の中では目・鼻・口という主要な部分に対する注視時間が長くなった。相違点として顕著だったのは、目に対する注視時間の違いだった。ボノボのほうが目を見る時間が長く、チンパンジーは相対的に少ない結果となった。さらに、全身像を見た場合には、ボノボのほうが顔を見る時間が長く、逆にチンパンジーは生殖器や対象物を見る時間が長かった。対象物とはこの場合、写真に映っている個体が手に持つなどして操作をしている、もしくは関わりを持っている物体である。

これらの結果は、ボノボのほうがチンパンジーより平和的であり、チンパンジーのほうがボノボより野生でよく道具を使うという違いが、彼らの内発的な興味の違いとリンクしていることを示唆する。ボノボのほうが目をよく見るというのは、親和的な関係を築きやすいことと関係があると考えられる。敵対的な関係であれば目を見ることは威嚇の機能をもち、それゆえ相手の目を見ることを避ける傾向になる。それに対して親和的な関係が基盤になれば、目を見ることは互いの関係を強化することにつながる。

また、チンパンジーが対象物により強い興味をもつことは、彼らが野生においてボノボより高頻度で道具使用をおこなうという観察結果と合致する。以上により、チンパンジーとボノボの社会性および道具操作に関わる相違は、両種が内在的にもつ興味の違いによって裏打ちされたものであることが本研究によって明らかとなった。また、この研究の発展としておこなった種間比較研究でも同様の結果が確認された（Kano et al., 2018）

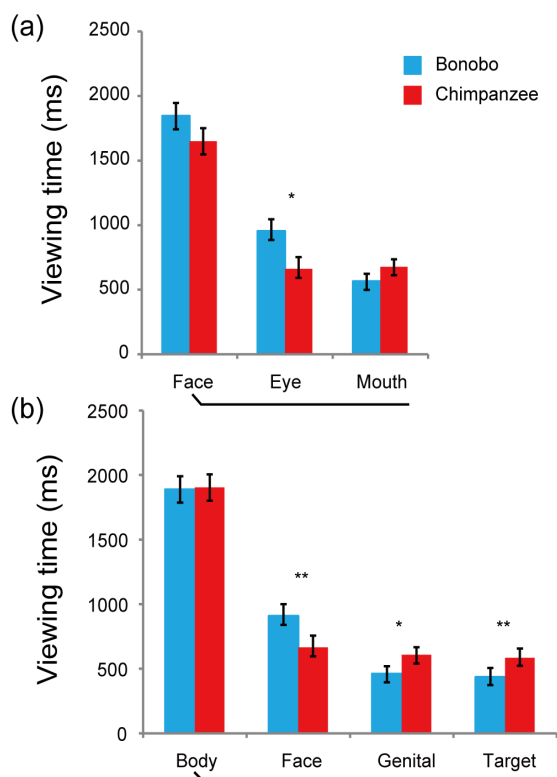


図 3：チンパンジーとボノボの各部位に対する注視時間

(2) ヒトに見られる社会的知性の上で根幹をなし最も重要な認知機能といえる「心の理論」についてチンパンジー・ボノボ等の大型類人猿を対象にした研究をおこなった (Krupenye et al., 2016)。これもアイトラッカーを用いた研究である。ヒトの「心の理論」を調べる代表的な課題である「誤信念課題」を視線計測の手法で実施するパラダイムを開発しておこなった。特別な動画を自作して提示し、それを類人猿が見ているときの視線を測ることによって調べる研究である。動画の中で、ある登場人物が、対象物に対して誤信念を抱く、つまり本当は対象物はそのところにはないのに誤ってあると思いついて入っている状態を演じた。この動画を見た類人猿が、登場人物の誤信念を理解していたら、登場人物は誤信念に基づいて次の動作をおこなうという予期的視線を示すはずである。実際にテストして視線を分析した結果、登場人物の誤信念を理解した予期的視線であることを示唆する結果を得た。ヒト以外の動物が他者の誤信念を理解するかどうかについて調べた先行研究ではいずれも結果は否定的で、ヒトだけが他者の誤信念を理解するとされていた

が、本研究の結果により従来の結論は再考する必要があることが明らかとなった。

(3) チンパンジーとボノボの自然観察的な研究および先行研究の網羅的な文献メタ分析により、チンパンジーとボノボで次のような違いがあることを整理した。両種の違いをヒト(狩猟採集民)の特徴とも比較して示すと次のようになる (Hare and Yamamoto, 2016)。

道具使用に代表される摘出的採食は、ボノボでは稀で飼育下でのみ起こり、チンパンジーでは野生でも頻繁であり、ヒト採集民でも頻繁である。

繁殖に直結しない性的活動は、ボノボでは頻繁であり、チンパンジーではみられず、ヒトは頻繁である。

集団間の殺し合いは、ボノボでは見られず、チンパンジーでは起こり、ヒトでも起こる。

子どもの自立に対する母親の重要性は、ボノボで高く、チンパンジーで低く、ヒトで高い。

子殺しはボノボでは皆無で、チンパンジーでは存在し、ヒトでも存在する。

大人同士の遊びは、ボノボで高頻度であり、チンパンジーでは稀で、ヒトでは高頻度である。

協力的狩猟は、ボノボでは皆無で、チンパンジーはおこない、ヒトでもおこなう。

集団外の個体との分有は、ボノボでは存在し、チンパンジーでは皆無で、ヒトでは存在する。

オス同士の連合は、ボノボでは見られず、チンパンジーでは見られ、ヒトでも見られる。

メスの凝集性は、ボノボでは高く、チンパンジーでは低く、ヒトでは高い。

以上のように、様々な特徴が、あるものはボノボとヒトで共有されてチンパンジーにはなく、また別のものはチンパンジーとヒトで共有されてボノボではない、という具合に、モザイク的に存在することが明瞭となった。パン属2種とヒトの進化の過程で、多様な特徴がモザイク的に発展したことが示唆される。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計22件)

Kano F., Shepherd S.V., Hirata S., Call J. (2018) Primate social attention: Species differences and effects of individual experience in humans, great apes, and macaques. PLOS ONE 13(2), e0193283.

Doi: 10.1371/journal.pone.0193283. 査読有

Hirata S., Fuwa, K., & Myowa, M. (2017). Chimpanzees recognize their own delayed self-image. Royal Society Open Science, 4, 1-9. DOI: 10.1098/rsos.170370. 査読有

Kano, F., Krupenye, C., Hirata S., Call, J., & Tomasello, M. (2017). Submentalizing cannot explain belief-based action anticipation in apes. Trends in Cognitive Sciences, 21, 633-634. DOI: 10.1016/j.tics.2017.06.011. 査読有

Krupenye, C., Kano, F., Hirata S., Call, J., & Tomasello, M. (2017). A test of the submentalizing hypothesis: apes' performance in a false belief task inanimate control. Communicative & Integrative

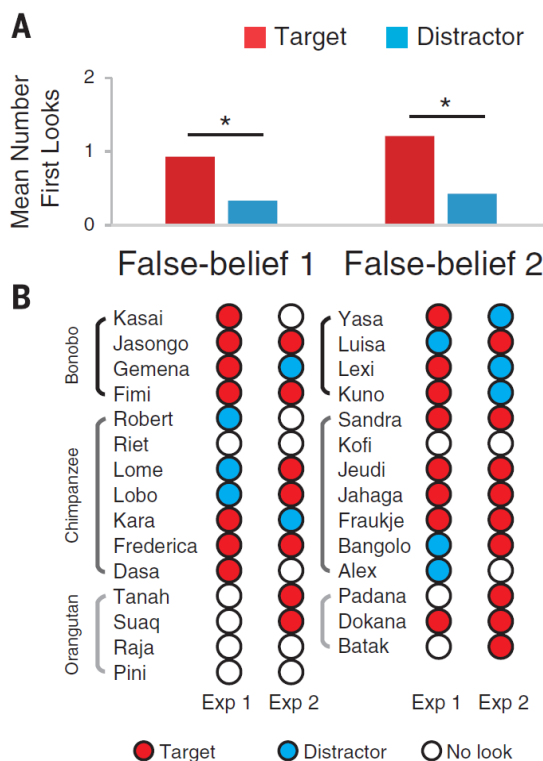


図 4: 他者の誤信念に基づいて予期的視線を示した結果 (Target のほうが Distractor より有意に高頻度である)

- Biology, 10(4), e1343771. DOI: 10.1080/19420889.2017.1343771. 査読有
- Kano, F., Krupenye, C., Hirata, S., Call, J. (2017) Eye tracking uncovered great apes' ability to anticipate that other individuals will act according to false beliefs. *Communicative & Integrative Biology*, 10: e1299836. DOI: 10.1080/19420889.2017.1299836. 査読有
- 山本真也 (2017) ヒト科3種の比較認知科学から探る食物分配と協力社会の進化. *動物心理学研究*, 67(2), 63-71. 査読有
- Krupenye, C., Kano, F., Hirata, S., Call, J., & Tomasello, M. (2016). Great apes anticipate that other individuals will act according to false beliefs. *Science*, 354(6308), 110-114. DOI: 10.1126/science.aaf8110. 査読有
- Arroyo A, Hirata S, Matsuzawa T, de la Torre I (2016) Nut cracking tools used by captive chimpanzees (*Pan troglodytes*) and their comparison with early stone age percussive artefacts from Olduvai Gorge. *PLoS ONE* 11(11): e0166788. DOI: 10.1371/journal.pone.0166788. 査読有
- Kano, F., Hirata, S., Call, J. (2015) Social attention in the two species of *Pan*: bonobos make more eye contact than chimpanzees. *PLoS ONE* 10 (6): e0129684. doi:10.1371/journal.pone.0129684. 査読有
- Kano, F., Hirata, S. (2015) Great apes make anticipatory looks based on long-term memory of single events. *Current Biology*, 25, 2513-2517. doi: 10.1016/j.cub.2015.08.004. 査読有

[学会発表](計41件)

- Yamamoto S., Sato Y., Kano F., Yamanashi Y., Morimura N., Hirata S. (2018) Comparative cognitive studies on chimpanzees and bonobos in Kumamoto Sanctuary, Japan. The 27th Congress of the International Primatological Society. (22 August 2018, Nairobi)
- Hirata, S. (2016) Behavioral and cognitive study of captive bonobos at Kumamoto Sanctuary, Japan. The 2016 AZA Annual Conference, San Diego Convention Center, San Diego, September 9, 2016.
- Morimura, N. (2016) Responses to self-image on a monitor in group-living captive chimpanzees. Joint meeting of the International Primatological Society and the American Society of Primatologists, Navy Pier, Chicago, August 22, 2016.
- Adachi, I. (2016) Primate Origins of Conceptual Metaphor. Joint meeting of the International Primatological Society and the American Society of Primatologists .2016/08/22, Chicago, USA
- 平田聡 (2015) 類人猿を通してヒトを知る - 心の進化と生物学的基盤. 第38回美術科教育学会プレ学会「表現の地平 - 表現活動の原点から創造する身体へ」. 大阪成蹊大学, 大阪. 2015年12月5日

[図書](計9件)

- Hirata, S. (2019) Cooperative behavior. In: Choe, J. (Ed.), *Encyclopedia of Animal Behavior* 2nd Edition, Elsevier, Amsterdam, pp. 343-348.
- Hirata, S., Myowa, M. (2018) Understanding about others' action in chimpanzees and humans. In: Shigemasu, K., Kuwano, S., Sato T., Matsuzawa, T. (Eds.), *Diversity in harmony: insights from psychology*, Wiley Blackwell, Hoboken, USA, pp. 85-103.
- Yu, L., Hattori, Y., Yamamoto, S., & Tomonaga, M. (2018) Understanding empathy from interactional synchrony in humans and non-human primates. In Di Paolo, L.D. & Di Vincenzo, F. (Eds.), *Evolution of Primate Social Cognition*, Springer. Pp. 47-58.
- 平田聡 (2017) トピック1 - チンパンジーのこころ. In: 藤田和生(編著)比較認知科学. NHK出版, pp. 176-191.
- Hare, B., & Yamamoto, S. (2017) Minding the bonobo mind. In B. Hare & S. Yamamoto (Eds.), *Bonobos: Unique in mind, brain, and behaviour*. Oxford: Oxford University Press. pp. 1-13.
- Yamamoto, S. & Furuichi, T. (2017) Courtesy food sharing characterized by begging for social bonds in wild bonobos. In B. Hare & S. Yamamoto (Eds.), *Bonobos: Unique in mind, brain, and behaviour*. Oxford: Oxford University Press. pp. 125-139.
- Hare, B., & Yamamoto, S. Eds. (2017) *Bonobos: Unique in mind, brain, and behaviour*. Oxford: Oxford University Press. Total 285p, ISBN: 9780198728511
- Adachi I, Tomonaga M., (2017) Face Perception and Processing in Non-human Primates, *APA Handbook of Comparative Psychology*, pp141-162, APA
- 平田聡 (2014) 共感の進化. 梅田暲 編 岩波講座「コミュニケーションの認知科学 2 共感」, pp. 53-77. 岩波書店.

[その他]

ホームページ等

<http://www.wrc.kyoto-u.ac.jp/en/members/hirata.html>

(1)研究分担者

研究分担者氏名：足立幾磨

ローマ字氏名：(ADACHI, Ikuma)

所属研究機関名：京都大学

部局名：霊長類研究所

職名：准教授

研究者番号(8桁): 80543214

研究分担者氏名：山本真也

ローマ字氏名：(YAMAMOTO, Shinya)

所属研究機関名：京都大学

部局名：高等研究院

職名：准教授

研究者番号(8桁): 40585767

研究分担者氏名：森村成樹

ローマ字氏名：(MORIMURA, Naruki)

所属研究機関名：京都大学

部局名：野生動物研究センター

職名：特定准教授

研究者番号(8桁): 90396226

(2)研究協力者

研究協力者氏名：狩野文浩

ローマ字氏名：(KANO, Fumihiro)

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。