

様 式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19（共通）

科学研究費助成事業 研究成果報告書



平成 30 年 6 月 3 日現在

機関番号：14301

研究種目：新学術領域研究（研究領域提案型）

研究期間：2013～2017

課題番号：25119008

研究課題名（和文）類人猿の心的時間旅行

研究課題名（英文）Mental time travel in apes

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） 56,300,000 円

研究成果の概要（和文）：過去に思いをはせ、未来を想像する心的時間旅行の進化的基盤を探るため、ヒトに近縁な類人猿を対象に研究をおこなった。類人猿に同じ映像を24時間の間隔を置いて2回見せ、その映像を見る間の類人猿の視線を計測したところ、映像の内容を記憶し2回目に見た際に出来事を予期して視線を移動することが示された。過去の出来事を類人猿も1度見ただけで記憶できると考えられる。また、自己認識の研究では、1-4秒の遅延時間において提示した自己像をチンパンジーが正しく自己と認識できることが示された。

研究成果の概要（英文）：A series of studies to investigate the evolutionary origins of human ability for mental time was conducted in great apes. In an experiment, the same movie was shown to the apes a total of two times with 24 hours gap and their eye gaze was measured by an eye-tracker. The result showed that the apes remembered the event depicted in the movie and made anticipatory looks to the critical event, showing their ability to remember a single event. In another study, the chimpanzees could recognize 1-4 sec delayed image of themselves, illustrating that their self-recognition was not restricted to here and now but extended into past and present time axes.

研究分野：比較認知科学

キーワード：心的時間旅行 エピソード様記憶 自己認識 類人猿 進化的基盤

1. 研究開始当初の背景

われわれ人間は、はるか昔のことに思いをはせ、遠い将来のことを想像することができる。心の中で、過去から未来まで時間を移動しているのである。近年、こうしたことについて、「心的時間旅行(Mental Time Travel)」という造語のもと盛んに議論がなされるようになってきた。一部の研究者は、過去を想起したり未来を計画したりする心的時間旅行の能力はヒトに特有であり、ヒト以外の動物には備わっていないと主張する。しかし、ヒト以外の動物が本当に心的時間旅行をおこなわないのか、実証的なデータは乏しく、主張は推測の域を出ない。ヒトに近年なチンパンジーとボノボを対象とした研究を実施することによって、心的時間旅行が真にヒトに特有の現象なのかどうか検証することができる。

2. 研究の目的

おこなった研究は主に以下の3つに大別できる。それぞれについて目的を記す。

(1) 偶発的な出来事の長期記憶に関するアイトラッカーによる研究

心的時間旅行は、過去のエピソードに関する記憶と未来の予想という2つの部分から成る。心的時間旅行はヒトに特有だとする研究者は、ヒト以外での動物ではエピソード記憶は存在せず、未来の予想もおこなわないとしてきた。この仮説を検証するため、チンパンジーとボノボを対象として、エピソードの記憶をアイトラッカーによる視線計測を用いて調べる新機軸の研究を考案した。エピソード記憶はいくつか異なる要素をその特徴に備えており、時間・場所・内容がセットになった記憶であること、および偶発的に一度だけ生じた出来事に関する記憶であることがその2大特徴である。本研究では、偶発的に1度だけ目撃した映像の長期記憶を検証することを目的とした。

(2) 遅延自己像の認識

健常なヒトの大人であれば、鏡に映った自己像を正しく自己と認識することができる。自己認識である。この能力は、健常なヒト幼児においては1歳半から2歳にかけて発達し、リアルタイムでの鏡像を自己と認識することができるようになる。ただし、この段階では、モニター等に過去の自己像を提示しても正しく自己とは認識しない。一定の時間をおいた遅延した自己像を認識できるようになるのは4歳ころである。2歳ころの自己認識は「いま・ここ」に縛られた自己認識であり、4歳児の自己認識は過去から未来まで時間軸を一貫した自己認識であると考えられる。このことは、4歳ころにエピソード記憶が大きく発達することとも関連していると推測される。本研究では、チンパンジーが遅延した自己像を認識するかどうかを検証した。

(3) チンパンジーにおける短期・中長期の時間知覚に関する研究

上記2点以外にも、チンパンジーにおける時間的諸特性の心理学研究をおこなうことを目的とした。まずは時間割引である。時間割引とは、将来に得られる見込みの報酬の心理的価値が割引かれる現象を指す。チンパンジーにおける時間割引を検証した先行研究は極めて少なく、またきちんと統制された条件でおこなった研究は皆無であるため、コンピュータで制御されたタッチパネル課題によってチンパンジーの時間割引を検討することを目的とした。次はチンパンジーがどの程度心的ストレスを受け、それがどのくらいの期間持続するのか、まったく知られていない。そこで、コルチゾルをストレスの指標として、毛の中のコルチゾルを測ることでストレスの心的長期的影響を調べることとした。毛に含まれるコルチゾルを測ることで、2-3か月のストレスの蓄積を見ることができる。

3. 研究の方法

目的欄に記した内容について、以下の方法で研究をおこなった。

(1) 京都大学野生動物研究センター熊本サンクチュアリに飼育されているチンパンジー6個体、およびボノボ6個体を対象にした。アイトラッカーTobii T300を用いて、動画をチンパンジー/ボノボに提示し、これを見ている間の視線を計測した。動画は自作のもので、偽類人猿が登場する印象的な出来事が含まれる。この動画を24時間の間隔において2回提示し、それぞれにおいて視線を計測した。

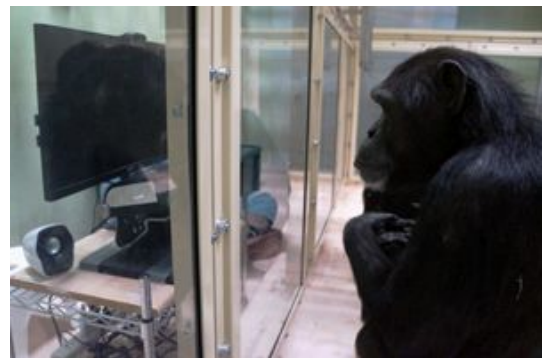


図1. チンパンジーの視線計測

(2) チンパンジー5個体を対象にした。鏡映像自己認識のテストとしておこなわれるマークテストを援用し、チンパンジーの顔の直接見えない部分にシールを付着した。その状態において顔を正面から撮影し、その映像をライブ(0秒遅延)および1秒遅延、2秒遅延、4秒遅延の遅延を挟んでモニターに提示した。さらにコントロールとして、別の日に撮影した映像、および他個体の映像をモニター上に提示した。モニターを見ながら自分の顔に付着したシールを取ろうとする行動が生起するかどうかを自己認識の指標とした。

(3) チンパンジー6個体を対象に、時間割引に関するタッチパネル課題を開発して実施した。タッチパネル上に2種類の選択肢を提示し、そのうち一方の選択肢を選ぶと短時間

の遅延ののちに少量の報酬が自動供給され、もう一方の選択肢を選ぶと長時間の遅延ののちに多量の報酬が供給される仕組みである。遅延時間は1秒から25秒の間で、短時間遅延と長時間遅延の時間、および少量報酬と多量報酬の量は試行間で適宜調整した。チンパンジーの心的ストレスに関しては、2-6か月の間隔でチンパンジーの体毛を採取し、そこに含まれるコルチゾルの量をEIA法により定量した。また、その前後での物理的・社会的環境の変化を記録した。

4. 研究成果

以下の通り、目的欄に記した順で結果の概要を述べる。

(1) チンパンジーに提示した2種類の動画のそれぞれにおいて、鍵となる出来事が一度起こる。チンパンジー／ボノボが1回目はこの動画を見た際には、この鍵となる出来事が起こった直後に、それが生じた画面上の場所に視線が移動した。24時間の間隔を置いて2回目に見た際には、鍵となる出来事が起こるより前に、それが起こる場所に視線が移動した。1回目と2回目の視線の違いは、鍵となる出来事が生じる直前の注視時間において統計的に有意だった。このことは、チンパンジー／ボノボが1回目に見た映像の鍵となる出来事を記憶し、その記憶に基づいて、2回目に同じ動画を見た際にその出来事の生起を予測したことを示している。提示した動画はチンパンジー／ボノボにとって完全に新奇なものであり、特定の場所を見るように訓練したわけでもなく、また記憶をするように促したわけでもない。したがって、偶発的に目撃した新規の動画の場面をチンパンジー／ボノボが記憶していたと結論付けることができる。訓練や食物強化に依らず、ヒト以外の動物において偶発的に目撃した出来事の記憶を初めて示した研究成果と言える。



図2. 提示動画とチンパンジーの視線(赤点)
(2) テストに参加した5個体のチンパンジーのうち3個体は、一貫して顔に付着したシールを取る自己指向性反応を示した。残り2個体はそうした自己指向性反応を示さなかった。自己指向性反応を見せた3個体のチンパンジーでは、ライブ条件で最も高い割合で自己指向性反応、つまり画面に映った自己の顔を見ながら顔のシールを取る行動が見られた。1秒遅延 4秒遅延の条件では、ライブ

条件より少し低い割合だったものの、統計的には有意な差はない割合で、画面を見ながらシールを取る行動が認められた。コントロールとして実施した、前日以前に撮影した映像や他個体を移した映像を提示した場合は、自己指向性反応の出現頻度は有意に低くなった。これらの結果は、ライブ及び1秒 4秒の遅延を置いて提示した自己像を、これら3個体のチンパンジーが正しく自己と認識していることを示すものである。チンパンジーの自己認識が単に「いま・ここ」に局限されたものではなく、時間軸を通して一貫した自己認識に基づくものであることが示唆される。

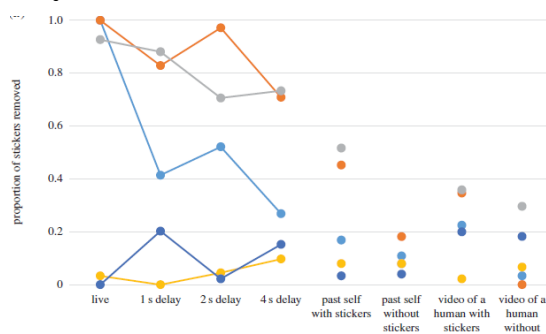


図3. ライブおよび遅延条件とコントロール条件でシールを取る行動が出現した割合。

(3) 時間割引のタッチパネル課題において、6個体のうち2個体は選択肢と遅延時間・報酬量の随伴性の学習に困難が見られ、安定した成績は得られなかった。別の3個体では、試行を続けるにつれてほぼすべての試行で多量の報酬を選ぶようになった。これは、遅延時間の長さに応じて多量の報酬から少量の報酬へと選択の切り替えが見られるという時間割引課題の想定とは異なるものだった。ただし、これら3個体の選択は、報酬の量を最大化するという点においては理に適っているものであり、行動戦略としては間違っているわけではない。最後の1個体では、遅延時間の長さに応じて多量の報酬から少量の報酬へと切り替える行動が見られた。この課題が、個体によっては時間割引の現象を定量的に測りうることを示したものであり、コンピュータ制御した客観的な状況で類人猿において初めて時間割引の現象をとらえたものと言える。

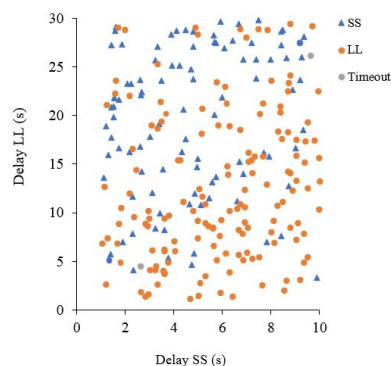


図4. 遅延割引課題の成績(青:少量報酬、橙:

大量報酬)

毛中コルチゾルの測定では、飼育環境に大幅な変化が見られた場合にコルチゾル値の上昇が観測された。環境変化が心的ストレスにつながることを示すものである。さらに、コルチゾル値の上昇は、環境変化から1年程度を経たのちに平常値に戻った。チンパンジーが1年程度の比較的長期スパンで心的ストレスの影響を受けていることが示唆される。

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39件)

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

Yamanashi, Y., Teramoto, M., Morimura, N., Nogami, E., & Hirata, S. (2018). Social relationship and hair cortisol level in captive male chimpanzees (Pan troglodytes). *Primates*, 59, 145-152. DOI: 10.1007/s10329-017-0641-8. 査読有

平田 聡 (2017) 類人猿における過去の出来事の記憶と心的時間旅行. *Brain and Nerve*, 69, 1311-1321. 査読無

Yamanashi Y., Teramoto M., Morimura N., Hirata S., Inoue-Murayama M, Idani G (2016) Effects of relocation and individual and environmental factors on the long-term stress levels in captive chimpanzees (Pan troglodytes): monitoring hair cortisol and behaviors *PLoS ONE* 11(7): e0160029. DOI: 10.1371/journal.pone.0160029. 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48件)

Hirata, S. (2016) Chimpanzees recognize their own delayed self-image. Joint meeting of the International Primatological Society and the American Society of Primatologists, Navy Pier, Chicago, August 24, 2016.

Hirata, S. and Kano, F. (2016) Apes remember a movie story. 31st International Congress of Psychology, Pacifico Yokohama, Yokohama, July 26, 2016.

平田 聡 (2015) 類人猿のこころの時間. 日本心理学会第79回大会・大会準備委員会企画シンポジウム「未来を考える人間のこころ」, 名古屋国際会議場, 名古屋, 2015年09月23日.

Hirata, S. (2014) The science of mental

time. The 74th Annual Meeting of the Japanese society for Animal Psychology, Inuyama, July 21, 2014.

〔図書〕(計3件)

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.

平田 聡 (2014) 共感の進化. 梅田聡 (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.

平田 聡 (2013) 仲間とかかわる心の進化: チンパンジーの社会的知性. 岩波科学ライブラリー, 岩波書店. 128 ページ

〔その他〕

ホームページ等

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

<http://langint.pri.kyoto-u.ac.jp/ai/>

6. 研究組織

(1) 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

(2) 研究分担者: なし

(3) 連携研究者

森村 成樹 (MORIMURA, Naruki)

京都大学・野生動物研究センター・特定准教授

研究者番号: 90396226

足立 幾磨 (ADACHI, Ikuma)

京都大学・霊長類研究所・准教授
研究者番号: 80543214

山本 真也 (YAMAMOTO, Shinya)

京都大学・高等研究院・准教授
研究者番号: 40585767

狩野 文浩 (KANO, Fumihiro)

京都大学・野生動物研究センター・特定助教

研究者番号: 70739565

山梨 裕美 (YAMANASHI, Yumi)

京都市動物園・生き物学び研究センター・主席研究員

研究者番号: 80726620

(4) 研究協力者

佐藤 侑太郎 (SATO, Yutaro)