

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 23 日現在

機関番号：14301

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2014～2015

課題番号：26885040

研究課題名(和文) 認知と感情の進化：行動と生理指標からせまるボノボとチンパンジーの心の違い

研究課題名(英文) Cognition and emotion of bonobos and chimpanzees: Novel approach using behavioral and physiological measures

研究代表者

狩野 文浩 (Kano, Fumihiro)

京都大学・野生動物研究センター・助教

研究者番号：70739565

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,100,000円

研究成果の概要(和文)：ボノボとチンパンジーを対象に、最新技術を用いた認知と感情の心理研究を行った。アイ・トラッキング(視線追跡技術)によって、彼らがヒトと同様に一回きりの出来事を記憶して(エピソード記憶)、その後、同じ出来事を正しく予測できることを発見した。また、ボノボとチンパンジーの種間に他個体に対する視線の向け方、とくに目を見つめる時間に、有意な差があることを発見した。また、サーモ・イメージング(熱画像技術)によって、彼らの体表温度が感情の生起によって変化することを発見した。これらの結果から、類人猿の心理機能について理解を深め、また新たな手法を開発することができた。成果は論文、メディア、学会で公表した。

研究成果の概要(英文)：Using cutting edge technologies, I have examined cognition and emotion of bonobos and chimpanzees. Using eye-tracking, I found that great apes can make anticipatory looks to impending events that they observed only once, one-day ago. This suggests that apes have a human-like episodic memory (at least part of it). I also found that bonobos look at the other individuals' eyes for a longer duration than do chimpanzees, presumably reflecting their differences in socio-emotional reactivities. I also established a thermo-imaging method that can track nasal temperature changes as significant indicators of their emotional reactions. Overall, I enhanced the understandings about mental functions of great apes using novel methods, and also further developed methods that should be much useful for the future studies.

研究分野：比較認知科学

キーワード：類人猿 アイ・トラッキング サーモ・イメージング エピソード記憶 予測的注視 感情生理反応  
アイ・コンタクト

## 1. 研究開始当初の背景

### (1) 類人猿の予測的注視

予測的な注視とは、ある物事が起こる直前に、事前の記憶や学習を頼りに、その物事の生じる場所を選択的に見ることである。この現象を用いると、たとえば言語発達以前の幼児においても、記憶や学習に基づく予測を調べることができる。このことから、特に発達心理学の分野で最近注目されている。ヒト以外の動物を対象とした比較認知科学の分野でも、同様の方法で類人猿の高度な認知機能を調べることができると期待される。しかし、該当する研究はまだほとんどない。

そこで、本研究では、記憶と意図理解という、2つのテーマに焦点を当てて、類人猿がそれらを元に予測的な注視ができるか調べた。

記憶、特に一度きりのイベントに対する長期記憶、どのようなイベントがいつ、どこで、生じたか記憶すること(エピソード記憶)はヒト独自のものであると考える研究者は多い。しかし、近年の鳥類や類人猿を対象とした比較認知研究から、必ずしもヒト独自のものではないことがわかってきた。ただし一点、先行研究において問題とされてきたのは、訓練方法の難点である。すなわち、通常、実験で一度きりのイベントに対する記憶を調べる過程において、方法の一部として、被験動物に特定の行動を繰り返し訓練する。そのため、テスト試行における行動が本当に「一度きり」の記憶に基づくものか断定することが困難であった。本研究では、予測的な注視を用いることでその問題点に対処した。具体的には、印象的な新規なイベントを一度のみ見せ、そのイベントをもう一度見せたとき、「一度きり」のイベントに対する長期記憶を注視パターンとして誘引した。

意図理解、他者の欲求や信念に対する理解に基づいて他者の行為を予測する能力は、ヒト幼児にも、類人猿にも備わっていることが先行研究から明らかにされている。しかし、他者が現実とは異なる状況を信じているときに、その他者の誤った信念(誤信念)に基づいて、他者の行為を予測する能力は、類人猿を含むヒト以外の動物では存在を証明されたことがないし、それが動物の限界ではないかとも推測されている。ヒト幼児においては、予測的注視をもちいた「誤信念課題」では、ごく幼いころ2歳程度からその能力が存在することが示されている。本研究では、ヒト幼児を対象とした先行研究で用いられた「誤信念課題」を改変し、類人猿が他者の誤信念に基づいてその行為を予測できるか調べた。(当研究は本プロジェクト終了時点において進行中で、結果をさらに発展させるために、次のプロジェクトに引き継いだ)

### (2) 類人猿の感情

類人猿の感情についての研究は、感情を生起

させる状況を作り出す難しさや、感情を定量的な方法で記録する難しさなどから、ヒトを対象とした研究と比べて、大変遅れている。ヒトであれば、電極を身体部分につけて、心拍を計測する方法や、発汗反応を調べる方法などが一般的であるが、類人猿に直接電極をつけることは物理的に難しく(すぐにとってしまうと、訓練できる個体は限られているため)、リモート式に、カメラを用いた感情生理反応を計測する方法が必要であった。

そのため、本研究では、近年注目され始めている、熱画像技術、サーモ・イメージングを用いて感情生理反応を計測する手法の確立した。

### (3) ボノボとチンパンジーの違い

近年、ボノボとチンパンジーという、ヒトにもっとも近い異なる2種について、その社会行動および性格の違いについて、進化心理学の観点から注目が集まり始めている。この2種は、ヒトに等しく近縁であり、系統的に分岐した時期もごく新しい。この2種の違いとはすなわち、進化的にごく短期間で生じうる違いである。つまりボノボとチンパンジーの違いは、ヒトのように、やはり進化的にごく短期間でさまざまな特徴を進化させた種の心の成り立ちについて、さまざまなヒントを与えてくれる。

先行研究から、2種の認知機能の違いに関しては、たとえば、ボノボがチンパンジーよりも、ボノボが他者と同じ方向を向く傾向が強い、つまり他者の視線により敏感であることが指摘されていた。しかし、その視線の方向について、ボノボとチンパンジーが実際に他者のどこをみているのか、その違いとは何か具体的に調べた研究はない。ヒトや類人猿が他者の(たとえば口ではなく)目を見つめること、すなわちアイ・コンタクトは社会的に重要な意味を持っている。また、個体の性格によって、そのやり方が個体ごとに違うことが知られている。本研究では、他者の目を見つめる、アイ・コンタクトの傾向の強さについて、ボノボとチンパンジーで比較した。

## 2. 研究の目的

### (1) 類人猿の予測的注視

類人猿に、ストーリー性のある動画を見せたとき、一度きりのイベントに対する長期記憶や、登場人物の誤信念に基づいて、予測的に関連箇所を注視することができるか、検討することを目的とした。

### (2) 類人猿の感情

熱画像技術(サーモ・イメージング)を用いて、感情生起に伴う生理反応を定量化する方法を、チンパンジー被験者において確立化することを目的とした。

### (3) ボノボとチンパンジーの違い

ボノボとチンパンジーに他個体の写真を見せたときに、種の間で、目や口に注目する時間に違いがあるか、検討することを目的とした。

## 3. 研究の方法

京都大学熊本サルクチュアリおよびドイツ・マックス・プランク進化人類研究所で飼育されている類人猿を対象にした。

### (1) 類人猿の予測的注視

アイ・トラッカー(視線追従装置)をもちいて、類人猿が動画を観察しているときの彼らの目の動きを記録した。一度きりのイベントに対する長期記憶を調べるために、印象的な出来事をまず一回だけ類人猿に見せて、一日後にもう一度同じ動画を見せた。

実験1では、図1のように、見たこともないキャラクターが2つのトンネルの1つから飛び出し、役者を攻撃する動画を見せた。2日目に、キャラクターがトンネルから飛び出してくる直前に、類人猿が同じ場所を予測的に注視するか調べた。

実験2では、役者が、2つのうち一つの道具に手を伸ばし、つかんで、それを使ってキャラクターを攻撃する動画を見せた。2日目に、場所の効果を除くために(ものに対する記憶)道具の位置を入れ替えて動画を見せて、そのときに類人猿が同じ道具を予測的に(役者が手を伸ばしたとき、つかむ直前に)注視するか調べた。

また、類人猿の誤信念理解を調べるために、役者がキャラクターを追いかけて、キャラクターは2つのわらの山のどちらかに隠れるが、役者はある時点で画面から中座し、その間にキャラクターは移動してしまうような動画を見せた。役者が帰ってきたときに、2つのわらの山で、類人猿が最後に移動したわらの山ではなく、役者が最後に類人猿を確認した場所(誤信念に基づく場所)を予測的に注視するか調べた。

### (2) 類人猿の感情

チンパンジーに、同種他個体のケンカの動画を見せて、自発的な興奮を誘導した。その時の鼻の体表温度(先行研究から、霊長類ではこの部分が興奮時に低下することがわかっている)の変化をサーモ・カメラで記録した。この種の交感神経性の興奮は、わずかな身体運動に対しても敏感に反応することがわかっている。そのため、どのような運動をしたか(たとえばどのくらい歩いたか)ビデオで同時に記録して、その影響を分析時に取り除くことができるか調べた。具体的には、コントロール条件(中立条件)とテスト条件(感情生起条件)において、同程度の運動をしたときの温度の低下の程度の違いを定量的に調べた。

### (3) ボノボとチンパンジーの違い

ボノボとチンパンジーに他個体のスナップショット写真を見せたときの視線のパターンを、アイ・トラッカーで記録した。特に、他個体の目にどの程度注意を向けるか調べた。



図1 記憶のテストのために、類人猿に見せたストーリー動画。見知らぬキャラクターが、警告ランプが点滅した後(上段)左のトンネルから飛び出してくる(下段)

## 4. 研究成果

### (1) 類人猿の予測的注視

予測のとおり、類人猿は、一日前に一度きり見た、動画の中の印象的なイベントを記憶し、その記憶に基づいて、適切な場所と(実験1)ものに(実験2) 予測的な注視を向けることができた。しかも、その特定の場所をものに対する選択的な注視は、イベントの直前にのみ観察された。このことから、類人猿が、一回きりの出来事であっても、長期記憶を形成することができること、また、何が、どこで、いつ生じるかということを知ることができることがわかった。ヒト特有と考えられていたエピソード記憶が(少なくとも限定的な意味では)類人猿にもあることを示唆する上で重要な発見であった。本研究ではとくに、その記憶が「一度きり」のイベントに対するものであることをより確かからしくした点で意義があった。

この成果は、Current Biology に掲載され、The New York Times をはじめ、国内と海外の各メディアに報道された。

また、意図理解の研究では、類人猿が役者の誤信念に基づいた予測的な注視ができることが示された。すなわち類人猿にも、ヒト特有と考えられていた誤信念理解が存在することが示唆された。結果をさらに確認するために、別のストーリーを用いて、さらに研究を進めている。

### (2) 類人猿の感情

チンパンジーが同種他個体のケンカの動画を見ているときに、その鼻の温度は(摂氏1 - 2度ほど)低下する事を発見した(図2)。この温度の低下は、歩行などの身体運動によっても同様に生じるが、コントロール条件において同程度の歩行を行った試行と比べて、テスト条件(感情生起条件)の試行では、鼻の温度の低下程度が有意に大きかった。これらの結果から、ヒトと同様に類人猿においても、電極を用いずサーモ・カメラで顔を撮影するだけで感情の変化が記録できることが示された。また、身体運動の効果と感情の効果とを切り離して観察することが可能であることが示された。類人猿の感情研究を進めるための足がかりとして、重要な一歩である。Physiology & Behavior に発表した。

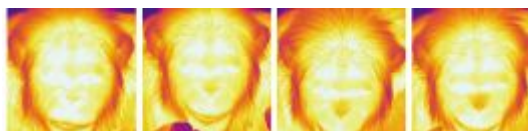


図2 サーモ・イメージングによる感情生起時の鼻の温度の低下。暗い部位ほど温度が低い。

### (3) ボノボとチンパンジーの違い

ボノボとチンパンジーに他個体のスナップショットを見せたとき、視線のパターンが種間で有意に異なることを発見した(図3)。特に顕著な違いは、ボノボがチンパンジーよりも目をより長く見ることであった。先行研究では、ボノボがチンパンジーよりも他個体に寛容であること、また、より社会的に寛容な個体(ヒト)が他者の目をより長く見つめるということが示されているが、本研究の結果と一致する。本結果によって、ボノボとチンパンジーの社会性の違いについて新たな知見が得られた。Plos ONE に発表した。

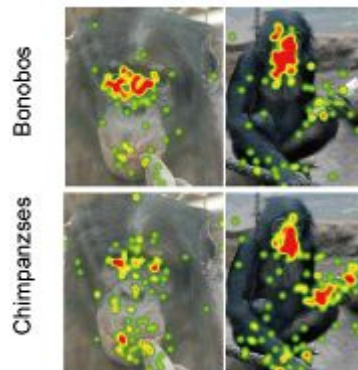


図3 ボノボ(上段)とチンパンジー(下段)の顔と目の見方。テストした全個体の視線の集合をヒートマップで示す。

## 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 3件)すべて査読あり

1. Kano, F., Hirata, S., Deschner, T., Behringer, V., & Call, J. (2016). Nasal temperature drop in response to a playback of conspecific fights in chimpanzees: A thermo-imaging study. *Physiology & Behavior*, 155, 83-94.
2. Kano, F., Hirata, S. (2015) Great Apes Make Anticipatory Looks Based on Long-Term Memory of Single Events, *Current Biology* 25(19): 2513-2517.
3. 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

[学会発表](計 3件)

1. 狩野文浩. Great apes make anticipatory looks based on goals, memories, and beliefs. 日本心理学会, 名古屋国際会議場, 口頭, 招待, 2015年9月22日

2. 狩野文浩. Social attention in great apes; eye contact, gaze following, and ostention. 日本心理学会, 名古屋国際会議場, 口頭, 招待, 2015年9月24日
3. Kano F, Call J. Great apes and human infants visually coordinate with others: eye-tracking study in gaze following and anticipatory look, Hanoi, Oral, 11th-16th, August, 2014.1. 査読あり

〔図書〕(計 件)

〔産業財産権〕  
出願状況(計 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年月日：  
国内外の別：

取得状況(計 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年月日：  
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等  
<http://www.fumihirokano.com/p/footages.html>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

狩野文浩 (Fumihiro Kano)

京都大学・野生動物研究センター・特定助教

研究者番号： 70739565

### (2) 研究分担者

( )

研究者番号：

### (3) 連携研究者

( )

研究者番号：