

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和元年9月4日現在

機関番号：14301

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K21108

研究課題名(和文) 比較認知映画学 - 類人猿の意図理解と感情移入の動画と最新センサー技術を用いて調べる

研究課題名(英文) Comparative psychology of films: Using cutting edge sensor technologies to study cognition and emotion of apes watching films

研究代表者

狩野 文浩 (Kano, Fumihiro)

京都大学・高等研究院・特定准教授

研究者番号：70739565

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、アイ・トラッキング(視線計測装置)や、サーモ・イメージング(熱画像記録装置)などの最新技術を活用することで、類人猿がヒトのように映像を理解し、内容に興奮することがあるか検討した。

アイ・トラッキングによる視線計測によって、類人猿が登場人物の誤信念(現実とは異なる状況を信じている状態)に基づいてその行動を(視線で)予測できることを示した。

また、サーモ・イメージングを用いて、類人猿が画像を見ているときの情動状態を、顔体表面温度の変化の観察によって評価する方法を世界に先駆けて確立した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

これまでの類人猿研究から、類人猿もヒトと同様に、映像をよく理解し、内容に強い興味を示し、時に興奮を示すことが知られていた。しかし、これまでの研究においてはエピソード的な報告が多く、系統的な研究はほとんどなかった。本研究では、最新のリモート・センシング技術によって、映像を見ているときの視線や生理反応など、微細な行動を記録することで、この問題に取り組んだ。特に、視線計測の手法を用いて、類人猿が、他者が現実とは異なる状況を信じているときにおいても、その「誤信念」に基づいて行動を予測できることを見出した。この成果はサイエンス誌の年間10大ブレイクスルーに選出された。

研究成果の概要(英文)：Using cutting edge eye-tracking and thermo-imaging techniques, we examined if great apes understand, and become excited of, the stories presented in movies as humans do.

Using eye-tracking, we showed that great apes anticipated (in eye movement) that an actor would go where he believed an object that he was pursuing was hidden, even the object was no longer there. This result suggests an understanding others' false belief in apes. This study was selected as one of the top 10 breakthroughs of 2016 in Science magazine. Using thermo-imaging, we found that apes decreased their nasal skin temperature in response to an emotional movie. This result demonstrated that the thermo-imaging technique can be used to examine apes' emotion in a non-invasive and contact-free way.

We therefore conclude that apes can be engaged into movie stories as humans do, and the use of movie stories in cognitive experiments is a promising avenue.

研究分野：比較心理学

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 心の理論 感情

### 1. 研究開始当初の背景

これまでの類人猿研究から、類人猿もヒトと同様に、映像を見せたときその内容をよく理解し、強い興味を示し、時に興奮することが知られていた。しかし、これまでの研究においては、エピソード的な報告が多く、系統的な研究はほとんどなかった。近年のリモート・センシング技術によって、直接観察することの困難な視線や生理反応など微細な行動を記録することが可能となり、映像を見ているときの微細な行動もつぶさに研究できるようになった。たとえば、申請者の先行研究では、類人猿にある印象的な出来事を映像で見せたとき、次の日にもう一度同様の映像を見せると、その出来事を視線で予期的に注視することが示された（Kano & Hirata, *Cur Biol*, 2015）。

### 2. 研究の目的

本研究では、類人猿の映像理解力と、最新技術を活用することで、類人猿の認知と感情について新たな理解を得ることと、それを調べるための新たな手法を得ることを目的とした。

(1) アイ・トラッキングを用いた「心の理論」研究。比較心理学の中心的なトピックの1つに、ヒト以外の動物が、他者が現実とは異なる状態を信じているとき、その「誤信念」を理解できるか、という問題があった。Southgate, Senju, & Csibra (2006)は、ヒト幼児においても、アイ・トラッキング課題において他者の誤信念に基づいて行動を予測するような視線パターンが観察されることを報告した。申請者も、過去に類人猿を対象にこの課題の追試を行ったが、明確な結果を得ることができなかった。問題は、類人猿が、ヒト幼児用に作成された動画にあまり興味を示さないことだった。そこで本研究では、動画の内容を類人猿が興味を持つような内容に改変することで、類人猿においても誤信念理解を示唆するような視線パターンが認められるか検討した。

(2) サーモ・イメージングを用いた感情研究。動物を対象とした研究では、感情を扱うことが方法論的に困難である。具体的には、大きく2つの問題があって、実験場面において感情を生起させるのが困難であることと、感情を調べるために有効な生理計測を、大型の動物で（接触端子などを用いず）非接触の方法で行うことが困難であることである。本申請において、類人猿の映像に対する興奮を非接触の方法で調べる方法を確立すれば、動物の感情研究に大きな糸口が見つかる。そこで本研究では、サルやヒトですでに試みられていた、サーモ・イメージングによる顔の体表面温度の計測によって、自律神経系の変化を評価する試みを、チンパンジーを対象に行った。

### 3. 研究の方法

(1) アイ・トラッキングを用いた「心の理論」研究。実験では、まず、登場人物Aが、人物Bが取るうとしている物を箱の中に隠し、Bがドアの外に退場したときに、Aが物体を別の箱に移動させた（Sally-Anne 課題）。その後、Aが立ち去った後に、Bが戻ってきて、2つの箱の真ん中に手を伸ばした。そのとき、物がまだそこにあるとBが信じている（誤信念を持つ）場所に類人猿が視線を予期的に向ければ、類人猿の誤信念理解を示すひとつの証拠になる。演出的には、登場人物2者間が激しく対立するような場面を用意した。申請者のこれまでの研究から、類人猿は、社会的な対立や葛藤場面に強い興味を持つことが示されているためである。また、興味を惹くようなキャラクターとして、類人猿様のコスプレをした人物も登場させた。

(2) サーモ・イメージングを用いた感情研究。実験では、類人猿に同種間の対立場面を見せたとき、特に鼻先端の体表面の温度変化を観察した。鼻先端は、交感神経の活発化に伴う血管収縮によって、温度が低下することが知られている。高解像度のサーモ・カメラで顔を正面から撮影して、鼻の温度変化を刺激提示前後で比較した。コントロール条件として、同種の友好的交渉場面を提示する条件と、何も提示しない条件を用意した。他の手法と比較するため、数個体の類人猿において唾液を採取し、唾液中コルチゾール反応を分析した。また特に



図1：アイ・トラッキングを用いた「心の理論」課題の動画。黄色矢印は物（石）の移動を示し、赤色矢印は、役者が、物がまだそこにあるとおもっている（誤信念をもつ）場所を示す。

よく訓練された1個体の類人猿において手首に端子を装着し、心拍変動を記録した。また、生理反応測定に加えて、行動観察も行った。生理反応には心理的な影響以外にも、運動による影響も考えられるため、類人猿が実験中に移動した程度も合わせて記録した。

#### 4. 研究成果

(1) アイ・トラッキングを用いた「心の理論」研究。類人猿は、ヒト幼児と同様に、物がまだそこにあると登場人物Bが信じている（が、実際にそこにはない）場所に予測的に視線を向けた。2つのストーリーを用意し、それぞれについて実験を行ったが、結果は同様であった。この結果は、類人猿の誤信念理解を示唆する初めての成果である。成果は、サイエンス誌に掲載され（Krupenye, Kano, et al., *Science*, 2016, co-first/correspondence）、また、その年のサイエンス誌が選ぶ10大ブレイクスルーに選出された。

この課題では、ヒト幼児の先行研究そのままの追試ではなく、映像に関して特に工夫した。おそらく、その工夫の結果、類人猿の興味を引き出すことができ、課題の成功につながったのだとおもわれる。この点に関しての論考を、過去のうまく行かなかった実験結果の紹介とあわせて総説として発表した（Kano et al., *Comm & Integ Biol*, 2017）。

また、成果の発表の後に、この課題に関して代替説明がいくつか提唱された。たとえば、類人猿は役者の行動意図を理解したのではなく、映像の音と光の特定のパターンによって視線がそのように誘導されただけではないか、という意見があった。そこで、この意見に関して検証実験を行い、反論論文を発表した（Kano et al., *Trends Cogn Sci*, 2017）。現在、他の代替説明に関しても検証実験を進めている。

(2) サーモ・イメージングを用いた感情研究。チンパンジーに同種の対立場面を映像で見せたとき、鼻の温度は刺激の提示直後から比較的ゆっくりと低下し始め、30-60秒後には最大で2度程度も低下した。コントロール条件においては、同様の反応は観察されなかった。また、テストした1個体のチンパンジーにおいて、交感神経の活性化を示唆するような心拍変動を観察した。コルチゾールレベルの変化は観察されなかった。行動による興奮反応も観察されたが、体をゆするなど明確な行動を示す個体もいれば、ほとんど何も行動を示さない個体もいた。これらの結果を合わせて考察すると、行動の個体差は、興奮反応自体の個体差を示すというよりも、興奮の行動表出の個体差を示すことが示唆された。コルチゾール反応は、通常強い刺激に対して反応するため、今回の実験で用いた動画刺激は、おそらく交換神経を活性化させたものの、ホルモン変化までにはいたらなかったことが示唆された。身体運動は、鼻の温度変化に影響したが、条件間の差を説明する要因ではなかった。全体に、検討した指標の中では、サーモ・イメージングによる生理指標がもっとも明確なパターンを示したため、この指標の有用性が支持された（Kano et al., *Physiol & Behav*, 2016）。現在、この指標を用いて、類人猿の共感や想像力について調査を進めている。

その他の成果として、アイ・トラッキングを用いた類人猿の他者のコミュニケーション意図理解の研究や、社会的場面に対する視線パターンのサル・ヒト・類人猿間の種差の研究などを行い、論文として発表した。また、サーモ・イメージングによる感情研究の総説を発表した。また、新たな試みとして、鳥類の視線追跡にも挑戦した。

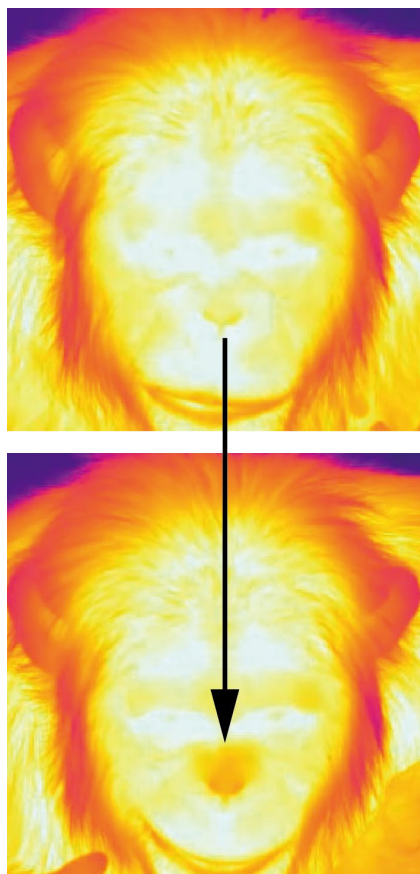


図2：サーモ・イメージングによる熱画像。チンパンジーが興奮して、鼻の先端の温度が低下した様子を示す。色が暗いほど温度が低い。

## 5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計9件) (コレスポンドンスに\*を付す)

1. \*Kano F., Walker J., Sasaki T., Dora B. (2018) Head-mounted sensors reveal visual attention of free-flying homing pigeons. *Journal of Experimental Biology*, 221(17), jeb183475.
2. \*Kano F., Moore R., Krupenye C., Hirata S., Tomonaga M., Call J. (2018) Human ostensive signals do not enhance gaze following in chimpanzees, but do enhance object-oriented attention. *Animal Cognition*, 21(5), 715-728.
3. \*Sato Y., Kano F., Hirata S. (2018) Cutting-edge infrared thermography as a new tool to explore animal emotions (in Japanese). *The Japanese Journal of Animal Psychology*, 68 (1), 1-15.
4. \*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. (co-correspondence).
5. \*Kano, F., \*Krupenye, C., Hirata, S., Call, J., Tomasello, M. (2017) Submentalizing cannot explain great apes belief-based action anticipation. *Trends in Cognitive Science*, 21, 9, 633–634. (shared first-authors, co-correspondence).
6. \*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 and Integrative Biology*, 10(4), e1343771. (shared first-authors, co-correspondence).
7. \*Kano, F., \*Krupenye, C., Hirata, S., Call, J., Tomasello, M., (2017) Eye tracking uncovered great apes ability to anticipate that other individuals will act according to false beliefs. *Communicative & Integrative Biology* 10(2), e1299836. (shared first-authors, co-correspondence).
8. \*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. (shared first-authors, co-correspondence).
9. \*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.

[学会発表] (計7件)

(海外) (すべて招待)

1. Kano F. Contact-free sensors, such as an eye-tracker and a thermo-camera, are useful to examine cognition and emotion in great apes at zoos and sanctuaries. International Primatological Society, Contributed Symposium entitled “Whats New in Primate Cognition Research: Expanding Research Settings, Sample Sizes, and Research Toolkits” (Invited), Nairobi, UN, Kenya. 20-25th, August, 2018.
2. Kano F. Eye tracking uncovered great apes ability to anticipate that other individuals will act according to false beliefs. An international seminar titled "What is unique and what is typical of human mind?" (Invited), Inamori Hall, Kyoto University, Japan. 30th, March, 2018.
3. Kano, F. Eye tracking uncovered great apes' ability to anticipate other individuals actions. School of Psychology and Neuroscience Seminar (Invited), St. Andrews, UK. 29th, September, 2017
4. Kano, F. Great apes make anticipatory looks based on their memories. International Conference of Psychological Science, Vienna, Contributed Symposium (Invited), 21st-25th, March, 2017.
5. Kano, F., Hirata S, Krupenye C, Call J. Captive great apes make anticipatory looks based on their memories, and the actor's goals and beliefs in movie stories, International Primatological Society, Chicago, Contributed Symposium (Invited), 22th-26th, Aug, 2016.

(国内) (ともに招待)

6. 狩野文浩. 類人猿と鳥類の心理研究：最新センサー技術とアナログの工夫で新しい研究パラダイムをめざす, 行動2017, 東京大学, 招待, 2017年9月1日
7. 狩野文浩. 類人猿も他者の思考を推し量る —アイ・トラッキングを用いた「誤信念」理解の研究—, 日本人間行動学会, 金沢市文化ホール, 基調講演, 招待, 2016年12月10日

[図書] (計2件)

1. 狩野文浩. 野生動物ハンドブック, 京都通信社 (分担執筆: 「ハトから見た世界を疑似体験」), 2018年

2. \*Kano, F., Call J. (2017). Great ape social attention. In Evolution of Brain, Cognition, and Emotion in Vertebrates (eds. Shigeru W., M H., T S.), pp. 187-206. Tokyo, Springer.

〔産業財産権〕

該当なし

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.fumihirokano.com/p/main-page.html>

## 6. 研究組織

### (1)研究分担者

該当なし

### (2)研究協力者

研究協力者氏名：Josep Call

ローマ字氏名：Josep Call

研究協力者氏名：Christopher Krupenye

ローマ字氏名：Christopher Krupenye

研究協力者氏名：平田聡

ローマ字氏名：Satoshi, Hirata

研究協力者氏名：森村成樹

ローマ字氏名：Morimura, Naruki

研究協力者氏名：友永雅己

ローマ字氏名：Tomonaga, Masaki

※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。