

令和 5 年 6 月 9 日現在

機関番号：13601

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2020～2022

課題番号：20K20875

研究課題名（和文）非接触バイタル計測を用いた野生チンパンジー社会のストレスの解明

研究課題名（英文）Elucidating stressors in wild chimpanzee societies using non-contact vital measurements

研究代表者

松本 卓也（Matsumoto, Takuya）

信州大学・学術研究院理学系・助教

研究者番号：60827137

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 4,900,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、新型コロナウイルスの世界的流行でチンパンジーの計測が思うように実現できないなか、まず屋外で飼育されているウマの呼吸数をミリ波レーダを用いて非接触で計測した。四足で立っている状態の動物の呼吸数を遠隔から計測できたことは世界初の成果である。本研究結果はJournal of Veterinary Medical Scienceに掲載された。また、飼育下のチンパンジーの心拍数をミリ波レーダを用いて非接触で計測することに成功した。その成果を投稿論文としてまとめている。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ストレス社会と言われる現代社会において、外界からの心理的な刺激（ストレス）に起因する疾病が社会問題となっている。そのため、ヒトの心理状態を評価するための、心拍数・呼吸数などの指標が検討されてきた。一方、ヒト以外の動物において生理反応を知るには接触式の機器を装着することが必要であり、特に野外動物や機器の装着が難しい飼育下動物の生理反応に関する知見は比較的乏しい状況であった。本研究は、チンパンジーの心拍数を遠隔から計測し、生理活性物質の測定や自己指向性行動などの従来のストレス指標だけでは検証できない、チンパンジーの社会におけるストレスを明らかにする端緒を開いた先駆的研究と位置付けられる。

研究成果の概要（英文）：In this study, while the global outbreak of the new coronavirus prevented the measurement of chimpanzees as expected, I first measured the respiratory rate of a horse kept outdoors in a non-contact manner using millimeter-wave radar. This is the first time in the world that the respiratory rate of an animal standing on all four legs has been measured remotely. This research result was published in the Journal of Veterinary Medical Science. In addition, the heart rate of captive chimpanzees was successfully measured without contact using millimeter-wave radar.

研究分野：進化人類学

キーワード：非接触バイタル計測 ミリ波レーダ チンパンジー ウマ 心拍 呼吸 ストレス

1. 研究開始当初の背景

2020年以降の新型コロナウイルスの世界的な流行を受けて、感染症に対するより一層の対策強化が求められている。対策方法として指摘されているのは、個体同士の接触を可能な限り避けること、そして日々の健康状態のモニタリングを行うことである(Santarpi et al., 2020)。しかし、これはヒトに限った話ではない。動物の飼育や畜産においても、人間と対象動物との過度な接触を可能な限り避け、対象動物の日々の健康チェックを行うことが人獣共通感染症(e.g., equine encephalitis, vesicular stomatitis; Kumar et al 2018)を回避するうえで重要である。

ヒト以外の動物は問診をすることができない。また自力で計測装置を使用することが困難である。そのため、ヒト以外の動物の健康チェックを行う際には必然的に機器は装着する必要がある。装着自体が運動能力の低下などのかたちで対象動物のストレスになることが課題として挙げられる(Blake et al., 2019)。また、人間との信頼関係が構築できていない大型の動物では、機器の装着に麻酔が必要となる。麻酔は動物にとって負担が大きく、合併症による死亡率リスクが伴う。特にウマでは麻酔による死亡率リスクがイヌの0.17%と比べて1.9-1.4%と高く、麻酔をヒト以外の動物で安全に実施することは未だにできていない(Portier & Ida, 2020)。つまり、非接触で健康状態をモニタリングすることは、人獣共通感染症対策となるだけでなく、ウマのように麻酔のリスクが高い対象動物の負担を軽減することに繋がる。

さらに、非接触で呼吸数を測定することは動物心理学の分野としても重要な課題である。Acuteなストレスを評価するためにコルチコイドの測定は代表的だが(Boucher & Plusquellec, 2019; Padalino et al., 2018)、serumや唾液のサンプリングが必要なため必ずしもすべての実験系に用いることはできず、バイタル情報を測定するハーネスも含め、野生生物では実施の許可が下りないことが多い。非接触でバイタル情報を取得する技術の1つとして、レーダー技術が挙げられる。レーダー技術は、マイクロ波やミリ波が衣服や体毛を透過するため、特に体表面の動きを伴う呼吸のモニタリングに適した手法の一つである。近年、ヒトを対象としたレーダ技術では、呼吸数を遠隔から正確に計測する手法が確立されているものの、ベッドに横たわっていたり椅子に座っているような姿勢を原則としていて(Kranjec et al., 2014; Villarroel et al., 2020)、直立して睡眠をとるようなウマ、ウシなどのQuadruped animalsに直接転用できるものではなかった。

2. 研究の目的

そこで本研究は、従来の研究でヒトを対象に発達してきたレーダー技術をヒト以外の動物に応用することを目的とする。本研究では、まずウマを対象としたミリ波アレイレーダを用いた非接触呼吸計測システムを開発した。具体的には、厩舎内で静止している飼育下のウマを対象に計測を行った。同時に、従来の呼吸推定法である赤外線サーモグラフィを用いた呼吸数の測定を行い、一致率を検証しながらレーダー情報の解析方法の開発を進めた。ミリ波アレイレーダを用いた非接触呼吸計測システムを大型哺乳動物に適用し、畜産や動物心理学への応用の可能性を広げたのは本研究が世界で初めてである。

3. 研究の方法

対象は、京都大学馬術部所属の馬[名前：キャンベラ、生年月日：2001年9月7日、性別：雄(去勢済)、品種：サラブレッド]。実験は2回行った：1回目は2021年3月9日頃、同日朝から実験前の運動を行わず、京都大学馬術部の厩舎で測定し、2回目は1回目と同じ日の午前10時30分頃実施した。レーダー装置と赤外線カメラの設置場所は、2回の実験で同一であった。気象庁の発表によると、実験場所から5km離れた観測地点で測定したおおよその時刻の気温は9.3であった。

呼吸は、レーダー装置を用いて約1.5mの距離から測定しました。レーダー装置は、3本の送信アンテナと4本の受信アンテナからなるMIMO(Multiple-Input and Multiple-Output)アンテナアレイを備えています(詳細は補足資料を参照)。今回使用したレーダーシステムは、呼吸に伴う体表面の動きを捉えるものである。レーダーの位置は、馬の体側部分を捉えるように調整しました。

同時に、赤外線カメラで約3mの距離から撮影した。温度測定は、赤外線サーモグラフィ(T650sc、フリアーシステムズジャパン株式会社、東京、日本)を用い、解像度640×480ピクセル、フレームレート3.75Hzで、非侵襲的に行った。赤外線サーモグラフィの2次元計測において、鼻の位置を関心領域(ROI)として設定し、体表面の温度低下を連続的に計測すれば、呼吸のタイミングを検出することができる。鼻の動き、すなわちROIを追跡するために、DeepLabCut[5, 7]を使用しました。

4. 研究成果

ウマの呼吸は8-16bpm程度とされている。本研究によるレーダ技術によって、呼吸の頻度にはばらつきがある場合においても呼吸を検出可能であることが示唆された。解析結果から、夜間の安

静状態の乱れを検出できる可能性が示唆された。ウマは優れた運動能力をもつが、呼吸器の不全が起きると運動能力が下がり、息切れが発生する。呼吸器系の障害(impairment)はヒトでは強い不快感を引き起こし、ウマも含む多くの哺乳類でそれは同様だと考えられている(Mellor & Beausoleil, 2017)。そのため動物福祉の観点からも、ウマの呼吸器系の変化を簡便に、非接触で測定できることは重要である。

本研究で用いるレーダー技術では、動きの判断から個体を定位することができるため、サーモグラフィの画像解析のような複雑な処理を追加で行う必要がない。また、2次元測定が可能であり、呼吸の有無を捉えられるほど正確なサーモグラフィは高価である。また、呼気が外気温と類似している場合にうまく呼吸を検出できない可能性が課題として挙げられる。つまり、レーダー技術は環境に左右されず計測可能という点でも意義深い。レーダは一般に雨下でも計測可能であるとされるため、雨でも計測可能である可能性が高く、今後検証する。

本研究では、四足で立った状態の大型哺乳類の呼吸数を遠隔からレーダー技術によって計測できたという点で世界初の報告である。モジュールを変更することによって、呼吸による体表面の振幅を伴う動物に広く応用が可能である。汎用性が高い。今後の展開として、(1) 実験心理学的研究への応用、(2) 動物行動学への応用が挙げられる。展望として、(1) ウマ以外の動物種への応用、(2) 厩舎内の複数のウマの呼吸数の測定、および呼吸数だけでなく心拍数の測定が挙げられる。

飼育下チンパンジーにおいてはミリ波レーダ計測による心拍数計測に成功しており、その成果は近日中に国際学術誌に投稿予定である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 MATSUMOTO Takuya, ITO Tsuyoshi, WATANABE Yusuke, SAWAFUJI Rikai, NAKAGAWA Naofumi	4. 巻 38
2. 論文標題 Introduction of practical examples of outreach activities for high school students at academic conferences: Issue-finding approach through dialogue with researchers	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Primate Research	6. 最初と最後の頁 111 ~ 116
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2354/psj.38.022	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 MATSUMOTO Takuya, OKUMURA Shigeaki, HIRATA Satoshi	4. 巻 84
2. 論文標題 Non-contact respiratory measurement in a horse in standing position using millimeter-wave array radar	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Veterinary Medical Science	6. 最初と最後の頁 1340 ~ 1344
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1292/jvms.22-0238	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 仲澤 伸子, 松本 卓也	4. 巻 100
2. 論文標題 アフリカにおける野生動物研究の現在と展望	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 アフリカ研究 = Journal of African studies	6. 最初と最後の頁 23-27
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Matsumoto Takuya, Hanamura Shunkichi, Kooriyama Takanori, Hayakawa Takashi, Inoue Eiji	4. 巻 62
2. 論文標題 Female chimpanzees giving first birth in their natal group in Mahale: attention to incest between brothers and sisters	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Primates	6. 最初と最後の頁 279 ~ 287
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10329-020-00886-3	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計12件（うち招待講演 5件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 松本卓也
2. 発表標題 排泄行動の自然誌を編む：野生チンパンジーの「排泄エチケット」の解析
3. 学会等名 基礎生物学研究所 動物行動学研究会 第21回オンライン講演会（招待講演）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 松本卓也
2. 発表標題 チンパンジーの離乳とヒトのチャイルド期について：生活史の種間比較はどのように可能か？
3. 学会等名 科学研究費補助金基盤研究（S）社会性の起源と進化 公開シンポジウム「ライフヒストリー：サルとヒトの誕生・成長・死」（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 松本卓也
2. 発表標題 野生チンパンジーの排泄行動の発達過程
3. 学会等名 第76回 日本人類学会大会・ 第38回 日本霊長類学会大会連合大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 松本卓也
2. 発表標題 長期調査地で観る、野生チンパンジーの生活史と社会
3. 学会等名 東京大学理学部生物学科自然人類談話会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 松本卓也
2. 発表標題 タンザニアの森で見つめる 野生チンパンジーの発達過程と生活史 (日本霊長類学会高島賞受賞記念講演)
3. 学会等名 第76回 日本人類学会大会・ 第38回 日本霊長類学会大会連合大会 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Takuya Matsumoto
2. 発表標題 Two case reports of female chimpanzees giving birth at their natal group in Mahale: attention to incest between brothers and sister
3. 学会等名 The 28th Congress of the International Primatological Society (IPS) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 松本卓也
2. 発表標題 排泄の自然誌を編む：野生チンパンジーの排泄行動データの予備分析
3. 学会等名 中部人類学談話会第257回例会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 松本卓也
2. 発表標題 野生チンパンジーの子における、母親と異なるタイミングでの機会主義的な採食
3. 学会等名 第68回 日本生態学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 松本卓也
2. 発表標題 野生チンパンジーの子における、母親と異なるタイミングでの機会主義的な採食の意義
3. 学会等名 第36回 日本霊長類学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 松本卓也
2. 発表標題 野生チンパンジーの排泄行動の発達過程
3. 学会等名 日本赤ちゃん学会第20回学術集会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 松本卓也（分担執筆）	4. 発行年 2021年
2. 出版社 京都大学学術出版会	5. 総ページ数 362
3. 書名 病む・癒す	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------