

京都市動物園 共同研究報告・成果（2022 年度）

京都市動物園において実施された共同研究の年度末報告・成果を公開いたします。（順不同）

研究課題

主たる実施者、研究代表者（所属団体）
報告内容~~~~

環境 DNA による陸生生物種判定の試み

藤森 崇、山中 裕樹、木下 昂樹、三宅 壯汰朗（龍谷大学）

本研究は、京都市動物園の生物由来の DNA を、園内の大気中の浮遊粒子やふんじん等を採取することで環境 DNA 分析による陸生生物種判定を試みることを目的とした。大気サンプリングは小型ポンプにより実施した。アジアゾウ、アカゲザル、キリン、グレビーシマウマを標的に 4 種 3 箇所柵付近で計 30 サンプルを採取した。環境 DNA 分析の結果、30 サンプル中 1 サンプルからアジアゾウが検出された。同時測定した気象データから、検出に対する風向の影響が示唆された。低い検出頻度は、高温多湿の影響が示唆された。他方、大気中微小粒子が園内の植物に付着していると仮定し、葉に付着した DNA を水かけ法により採取した。結果として、京都市動物園内の 5 つのエリアで採水した計 12 サンプルから、園内に存在する哺乳類、鳥類、魚類を含む計 38 種の非ヒト脊椎動物を検出した。水かけ法が比較的広範囲の生物相をモニタリングする技術として利用できる可能性を示唆した。

ナックルウォークの力学メカニズムの解明

伊藤滉真、荻原直道（東京大学）

本研究では、ゴリラを対象にナックルウォーク時の身体運動と床反力（歩行時に手・足に作用する力）を 3 次元的に計測し、その力学メカニズムを分析することを通して、なぜ、現生大型類人猿はナックルウォークを採用し、我々ヒトのみが、直立二足歩行を採用するに至ったのかを解明することを目指す。本年は 4 台のカメラを用いて、ナックルウォークを実際に撮影し、1 例についてその身体運動を定量化した。また運動場の梁に前年に開発した床反力計を取り付け、前肢に作用する力を実際に計測することに成功した。今後これらを用いてゴリラナックルウォーク時の身体運動と床反力のデータ収集・蓄積を目指す。

カバの汗の成分研究

橋本貴美子（東京農業大学）

ヒトの発汗は温熱性と精神性のものに大きく分けることができる。カバの場合も同様であると推定している。すなわち気温（水温）と、カバの機嫌（精神的状況）に左右されるものと思われる。カバの汗腺は大きく、容量が 1 mL ほどあると言われるが、汗がどれくらいの

時間で汗腺に溜まり、どれくらいの時間出続けることができるのかは全くわかっていない。そこで、7月と8月に3日ずつ、1日2回（朝10時頃と、昼過ぎ15時頃）発汗の様子を観察した。2回観察の間隔を5時間もあけたのは、汗が十分に溜まるのではないかと考えたからである。結果としてわかったことは、朝の水温が25度以下であると、体が冷え切っているのか発汗量が非常に少ないということ、その後気温（水温）が上がれば、午後の発汗量は多くなるということ。また、1回の発汗を30分程度観察するが、発汗量の多い日でも、後半では液滴が小さくなることがわかった。

ツシマヤマネコにおける糞中ストレスホルモン濃度と行動変化との関係

伊谷原一、田中千聖（京都大学）

多くの動物において、ストレスを感じると常同行動が観察され、また、ストレスホルモンである糞中グルココルチコイド代謝産物（fGCM）濃度と正の相関があることも報告されている。よって、本研究では、常同行動を中心に、ツシマヤマネコの行動と fGCM 濃度との関連性を調べた。オス1頭を対象に、糞は2021年10月～2022年10月の間提供して頂き、同期間において、週2～3回、8:30～10:30（放飼後のよく活動する時間帯）に行動観察を行った。その結果、fGCM濃度は夏季（6月～9月）よりも冬季（11月、2月）に有意に高い値を示し（ $P<0.05$ ）、季節性があることが示唆された。fGCM濃度と常同行動の間に有意な相関は認められなかったが、10、11月に常同行動や寝室に入りタイムアウト（視界外）となる時間が増加した。小型ネコ科動物はストレスを感じると、常同行動の他に隠れる行動を取ることも報告されているため、ツシマヤマネコにおいてもその傾向があったと考えられた。

飼育下野生動物による枝葉飼料の利用部位の違い

八代田真人、竹内奈緒（岐阜大学）

枝葉を摂取する動物種における葉部と枝部の摂取割合の違いを明らかにし、各動物種に対する枝葉の栄養価を推定することを目的とした。ケープハイラックス5頭、アメリカバク2頭、アジアゾウ5頭を供試した。慣行給餌されているシラカシを葉部、1年枝、2年枝、3年枝、大枝に分類し、各部位の給与前後の重量差から摂取量と摂取割合を推定した。また、各部位ごとの栄養成分を摂取割合に乗ずることで栄養価を推定した。アジアゾウは、枝葉をほぼ全て摂取した。アメリカバクとケープハイラックスは、葉部の摂取割合がそれぞれ72.6%および61.7%と最も大きく、次いで1年枝の摂取割合が19.2%および19.5%であった。枝葉の全ての部位を摂取する動物種では、枝葉の栄養価は葉部のみの場合と比べ、粗タンパク質（CP）含量で5%少なく、繊維含量は15%多く見込むべきであり、主に葉と小枝を摂取する動物種ではCP含量は2～3%少なく、繊維含量は3～6%多く見込むべきであると考えられた。

京都市動物園の職員インタビュー及び来園者アンケート調査

恩地典雄（京都精華大学）

2021 年 10 月より、京都精華大学人文学部の授業科目「現場学」（2021 年度後期）、「フィールドスタディーズ 1～6」（2022 年度前期）、「専門演習 4」（2022 年度後期）、フィールドスタディーズ 1～6 パネル展（2023 年 2 月学内で実施）において、学生各自が設定したテーマで京都市動物園他をフィールドに調査研究に取り組んだ。具体的なテーマは以下である。

- ・京都市動物園が行う種の保存や生態の調査
- ・動物園が野生動物にできること
- ・動物カフェの現状と今後について
- ・動物園はセラピーの場として機能することができるか
- ・より魅力的な動物園を目指して
- ・動物園での象の世話の仕方について
- ・動物園が作られる際の意図を知る～動物園の新しい楽しみ方の発見～

ミリ波レーダを活用した飼育動物の非接触バイタル計測技術の確立

明和政子、南俊行（京都大学）

呼吸は、霊長類の心身機能を推定できる指標であり、動物福祉評価への活用が期待されている。従来、呼吸計測で用いられてきた接触型の機器は、対象個体に負荷を与える可能性が指摘されており、非接触で呼吸を計測しうる手法の開発が求められてきた。そこで本研究では、ミリ波レーダを活用した非接触型の手法で、サル島で生活するアカゲザル (*Macaca mulatta*) の呼吸計測を試みた。8 月と 11 月に計 2 日、サル島の外縁（対象個体から約 6～7.5m）にレーダを設置し、休息する成体メス 1 個体に電波を送信して、得られた反射波から呼吸を計測した。その結果、呼吸に由来すると推定される体表面の周期的な変動を検出できた。計測された 1 分あたりの呼吸数は、従来報告されてきたアカゲザルの平均呼吸数とほぼ一致していた。以上より、動物園の飼育条件において、ミリ波レーダを用いたアカゲザルの呼吸の非接触計測が可能であることが示唆された。

動物園内に生息するヤブ蚊の採集及び蚊媒介性ウイルス疫学調査

伊吹謙太郎、岩瀬聖華、木村恵理、西森美紀（京都大学）

現在、地球温暖化の影響で蚊の生息域は拡大している。それに伴い、蚊が媒介するウイルス感染症は輸入症例として国内で年間 200 例以上の報告が新型コロナウイルス流行以前にはなされてきた。現在の水際対策が緩和され海外流行地からの渡航者が増えると、国内での流行の可能性が高くなることが危惧される。本研究では、7-9 月に京都市動物園に生息する蚊の採集・同定を行い、デング、ジカ、チクングニアウイルスを媒介するヒトスジシマカにつ

いての分布状況の把握と、これらのウイルスの感染に関する疫学調査を行った。合計 68 匹のヒトスジシマカを得たが、全検体でこれらのウイルスの感染は認められなかった。本研究期間に動物園に生息するヒトスジシマカには、上記の蚊媒介性ウイルスを保持する個体は存在せず、園内におけるウイルス感染のリスクは低いと考えられた。

国内に生息する野鳥の鉛汚染状況の実態調査

牛根奈々（ヤマザキ動物看護大学）

重金属の鉛は多種の生物に生体影響を及ぼす代表的な環境汚染物質である。中でも鳥類への生体影響は多岐に及び、行動や繁殖機能等への影響が報告される。いくつかの鳥種では、絶滅の危機に瀕するほどの生体影響が生じている。本研究は、本州に生息する野鳥を対象に、鉛汚染の実態把握を目的として、調査を試みた。方法は、研究内容に同意の得られた傷病鳥救護施設の傷病鳥を対象に、血液を採取し、血中鉛濃度の測定と白血球分画の測定を実施した。2023 年 3 月 31 日時点で、378 羽の血液検体と 185 羽の血液塗抹検体を全国 33 か所の野生鳥獣救護センター、動物園、動物病院よりご提供いただいた。解析の結果、次の 3 点が考察された。1 既存研究で報告されるカモ目やタカ目以外の鳥種でも鉛汚染が生じている、2 目レベルで分類し比較すると、本州以南では、タカ目は他の目よりも著しく高い汚染濃度は生じていない、3 人間活動が盛んな地域に生息する鳥ほど、鉛汚染をうける。本調査は継続して行い、国内の野生鳥獣の汚染実態の把握と環境浄化に繋げていく。

飼育下のヨーロッパオオヤマネコに対する閉園時間も含めた QOL 拡大のための取り組み—行動的 QOL を指標として

中鹿直樹、高山仁志（立命館大学）

本研究は、2019 年 9 月より実施していた研究を継続したものである。2020 年度は 2021 年 1 月 5 日～28 日の期間をベースライン期間、同年 2 月 27 日～3 月 3 日に介入 1、4 月 24 日～28 日に介入 2（段ボール箱に木の枝等を詰めた物を吊るす）、6 月 15 日～19 日に介入 3（ドンゴロスにキリンの使用済み寝藁を詰めた物を吊るす）、10 月 15 日～19 日に介入 4（ジョリーエッグ）、12 月 10 日～13 日に介入 5（ドンゴロスにシマウマの使用済み寝藁を詰めた物を地面に設置）を行った結果、12 個だった正の強化で維持されている行動の選択肢が 39 個まで増加しており、行動的 QOL の拡大が見られた。その後、ドンゴロスは撤去となった（介入 6）。2022 年度は 7 月 25 日～7 月 29 日および、10 月 22 日～10 月 30 日に介入 7（段ボール箱を複数吊るす）、2023 年 1 月 15 日～1 月 20 日に介入 8（藁をボール状に編んだ物を吊るす）を行った結果、行動の選択肢がさらに 7 個増加し、行動的 QOL の拡大が見られた。2023 年度も、以上の結果も踏まえて研究を継続していきたい。

アフターコロナ時代における動物園の飲食サービスの実態と課題

小谷幸司、仲安そら（日本大学）

動物園における飲食サービスの現状や課題、来園者ニーズ等の把握・分析を通じ、来園者数の維持・増加を目指したアフターコロナ時代の飲食サービスのあり方を検討するための基礎資料として諸課題を抽出・整理した。本研究では、①来園者数を把握するための文献調査、②全国の動物園（88園）を対象としたアンケート（有効回答数 58 票）、③一般消費者（サンプル数 111 名）を対象としたネットアンケートを行った。調査対象とした動物園における 2020 年の来園者数は、対前年比平均 62.6%と新型コロナウイルスの影響を大きく受けていることが把握された。また、コロナ前後ともに飲食サービスは来園者増加やリピーター確保に寄与し、その充実には主に人手不足やコロナ対策が課題であると認識していること、今後は情報発信や非接触型の対応の強化を特に重視していること等が把握された。過去 1 年間に動物園を 1 回以上訪問した来園者は、常に園内の飲食サービスを利用している人が 20%程度と少ないこと、飲食サービスに対し「高額」「混雑」と認識している人がコロナ後は 20%程度増加したこと等が把握された。また、コロナ後はコロナ前と比較し、園内の飲食サービスを利用しない人が 14%程度増加（31.5%→45.9%）したことに加え、飲食時間は若干短くなっており、園内のレストランやカフェで飲食する人は 20%程度減少（51.3%→31.7%）した一方、売店等で軽食を購入する人は 11%程度増加（23.7%→35.0%）するなどの行動変容が確認された。こうした状況においても、7 割以上の来園者は美味しい食事が提供されれば来園意向が高まると認識していることから、動物園における飲食サービスの充実は重要であることが示唆された。以上の動物園側の認識や意向、並びに来園者側の購買行動やニーズ等を踏まえ、動物園の来園者増加に寄与する今後の飲食サービスのあり方を検討する上での基礎資料として諸課題を抽出・整理した。

京都市動物園におけるゾウ個体群の社会関係－飼育員とゾウの相互行為分析に向けての試論

大石高典、築地夏海（東京外国語大学）

近年、ゾウの飼育法は、飼育員の安全確保や動物福祉の潮流のなかで、歴史的に長く行われてきた直接飼育から準間接飼育への移行が進んでいる。本研究は、飼育ゾウの行動パターンや、飼育員からゾウへの発話行動に着目することで、飼育員とゾウとの間での個別的な相互行為の仕組みを明らかにすることを目的とした。調査は 2022 年 3～4 月、8～11 月に実施し、園内のゾウ 5 頭に見られる個体間接触・接近行動について観察を行った。結果、飼育者が特定のゾウ個体の飼育場所を移動させた際、当該個体だけでなく、他個体間でも接近行動の頻度に変化が見られることが示唆された。また、飼育員がゾウ観察時に個体に向けて行う声掛けの場面にも着目した結果、飼育員の直接飼育経験の有無によって、ゾウへの声掛け回数に差異が見られることが明らかになった。今後は声掛けに対するゾウ個体の行動反応や

個体群の行動変化の調査、および飼育員への聞き取り調査の実施を検討している。

動物とのふれあいのサポート活動がもたらす効果

多賀太、田中千陽（関西大学）

京都市動物園ボランティアズのスタッフ5名へのインタビューと、同スタッフとして活動した研究実施者自身の自己エスノグラフィに基づいて、動物とのふれあいサポート活動がスタッフの生活や心境などにもたらす変化を明らかにした。第1に、動物とのふれあいの側面からは、「癒やし」が得られていた。第2に、ボランティア活動としての側面からは、新しい人とのつながりや時間の効率的な使い方などの変化が生じていた。第3に、動物とのふれあいのボランティア活動だからこそその側面として、動物の知識量や家族との動物に関する会話が増加していた。第2と第3の変化は、来園者にはない、スタッフとしての自覚やボランティア団体への所属という環境によると考えられる。子どもと動物のふれあいの機会が少なくなった今、動物に関わるボランティア活動の経験を与えることで、子どもに動物とのふれあいで得られる「癒し」以上の経験をさせることができるだろう。

乳成分の分析と解析

渡辺嘉（地方独立行政法人 大阪産業技術研究所）

貴重な動物乳試料に先立ち、市販のヤギ乳を用いて脂質抽出法を検証した。まず、最も代表的な乳脂質抽出法、レーゼ・ゴットリーブ (RG) 法を適用した。その第一工程では乳に 28% アンモニア水を添加し 80°C に加温する。ここでヤギ乳は弾性なゲル状に凝固して、液-液抽出に供せなくなった。アンモニア加熱処理を省略すると、乳タンパクが変性せず、水層がゆるいゲル状を呈し、有機層と水層が分離しにくかった。そこで、RG 法の改良を断念し、ヘキサン/イソプロパノール (3:2) 混合溶媒で乳から脂質を抽出した。すると、脂質を収率 15% で抽出できた。また、乳を 2 倍量のシリカゲル 60 に浸潤した後、塊を粉碎しながら減圧乾燥して水分を除去し、ジエチルエーテル・石油エーテル等量混合溶媒で抽出する固相法でも脂質を 15% 抽出できた。廃棄物を生じず、操作時間が約 2 h のヘキサン/イソプロパノール抽出法が乳からの脂質抽出に適切と判定した。

「十三崖チョウゲンボウ繁殖地」を中心とした個体交流範囲解析

黒尾正樹、本村健（弘前大学）

京都市動物園から譲渡された、換羽の際に自然脱落した羽毛をバッファー中で鉋を用いて細切し、proteinase K、RNase A を用いてミトコンドリアおよび核 DNA を抽出・精製し、チョウゲンボウのミトコンドリア DNA のシトクロム b 遺伝子およびコントロール領域を

特異的に増幅するように設計したプライマーを用いて、PCRにより増幅した後に電気泳動を行い、ゲルからDNAを回収してダイレクト・シーケンスを行って、塩基配列を解析した。ミトコンドリアのシトクロム b 遺伝子およびコントロール領域の全塩基配列を解析したところ、1,143 bp および 1,409 bp であった。この個体のミトコンドリアのハプロタイプは、亀岡市で自然脱落により得られた別個体の羽毛と同じであり、また十三崖が所在する長野県中野市近郊で得られた個体と同じ母系である可能性があるため、この個体と十三崖周辺の個体が交流していた可能性がある。

現代日本の動物園における動物福祉

里見龍樹、小林亜美（早稲田大学）

第一章では、「飼育動物にとっての幸せとは何か？」という問いのもと、飼育環境、動物の行動、倫理的問題についての3つに分けて検討を行なった。第二章では、「京都市動物園ではどのような関わりが繰り返されているのか？」という問いのもと、京都市動物園に足を運び聞いた話を記述した。第三章では、「我々は飼育動物をコントロールするべきなのか？」という問いのもと、種の保存、繁殖、投薬、人工哺育、安楽殺について検討した。

性的二型を持つカモ科とカルガモの間での遺伝子比較

松村秀一、小田望由（岐阜大学）

京都市動物園から提供していただいたカルガモ、マガモ、ヨシガモ、ヒドリガモの羽毛からDNAを抽出した。先行研究より毛色の性的二型に関わる可能性があるとして Tyr、Arx、Mafa、Asip の4遺伝子の一部（合計13エクソン）の塩基配列を決定した。NCBIに登録されている配列も含めて比較した結果、性的二型を示さないカルガモだけに固有の塩基配列を見つけることはできなかった。今回決定に至らなかったエクソンや他の候補遺伝子に、性的二型を生み出す塩基変異が見つかる可能性はある。

ゴールルおよびシカの腸内細菌叢の解析

染谷梓、米田颯真（京都産業大学）

飼育下の動物における飼料および季節変動が及ぼす腸内細菌叢への影響について明らかにすることを目的とした。シカの新鮮便を回収し、その時に与えられていた飼料を記録した。回収した糞便から、DNAを抽出し、16S rRNA 遺伝子を標的としたメタゲノム解析を実施することにより、菌種を同定し、構成する細菌叢を解析した。また、野生のシカ糞便も回収し、同様に腸内細菌叢を解析した。統計学的な解析はまだ不十分であるが、採取日や個体間で腸内細菌叢に相違が認められた。また、飼育下のシカと、野生のシカでも相違が認めら

れた。野生のシカにおいては、排便直後の糞便を得られていないため、その影響を考慮する必要はあるが、生育環境が腸内細菌叢に影響すると考えられた。腸内細菌叢に影響を及ぼす因子については、詳細に解析していく必要がある。ゴールルについては研究開始直前に死亡し、解析できなかった。

日本における飼育下カバの福祉向上に向けて

二宮茂、平鍋沙也伽（岐阜大学）

動物園で飼育されている動物の福祉を向上させる取り組みが世界で行われている。しかし動物園でのカバの福祉は体系的に調査されておらず、また福祉指標の開発が課題とされている。そこで本研究では、カバを飼育している日本の動物園のカバ担当者を対象にアンケート調査を行い、福祉指標として広く用いられている常同行動の発現状況および環境エンリッチメントなどの動物福祉への取り組みを調査した。その結果、常同行動やその他の異常行動とみられる行動を観察したことがあるとの回答があった。また、福祉に関する研究が少ない中、70%以上の園が福祉向上に向けた取り組みを実施していた。今後、飼育下カバの福祉向上に向けた研究を活発化することで現場でのそれらの取り組みを洗練させ、その福祉向上に貢献できると考えられた。

国内飼育アジアゾウにおける EEHV 抗体価の調査

竹鼻一也（市原ぞうの国）

ゾウ血管内皮ヘルペスウイルス（EEHV）の抗体価測定 ELISA を用いて京都市動物園飼育個体を含む日本国内 11 園館の飼育下アジアゾウにおける EEHV 抗体価測定を実施し、日本の個体群におけるリスクの把握を目的として研究を実施した。抗体価は対象とした 28 個体中、「高い（抗体価参考値 4 以上）」は 13 個体、「中等度（ $4 >$ 参考値 > 2 ）」は 14 個体、「低い（抗体価参考値 2 以下）」は 1 個体であった。これらの結果を、年齢を基準にして比較したところ、有意差は認められなかった。同様に、飼育個体群の大きさによって比較したところ、有意差は認められなかった。しかしながら、飼育個体群が大きいほど、抗体価が高い傾向は確認できた。日本の飼育下アジアゾウにおいても、大きな個体群であるほど、抗体価が高く維持されていると考えられ、EEHV 関連出血病予防の観点から、大きな個体群による飼育管理が有益である可能性が示された。

緊急事態宣言下における長期のふれあい中止およびその後の再開がヤギの行動および生理に与える影響

戸澤あきつ（帝京科学大学）

2020 年初頭から蔓延している COVID-19 の影響により、2020 年から 2021 年にかけて動物園が閉園およびふれあいプログラムが中止されたが、2021 年 11 月にふれあいを再開した。長期的なふれあい休止およびその後の再開により、ヤギの福祉状態にどのような変化があらわれたのか、行動および生理評価として唾液中コルチゾルの測定を行うこととした。調査日は、ふれあいプログラム休止期間は 2021 年 11 月に 5 日間（平日 2 日、土日 2 日、閉園日 1 日）、再開後は 2022 年 3 月に 6 日間（平日 3 日、土日 2 日、閉園日 1 日）であった。ふれあい再開時は開園日の活動性の低下のみならず、閉園日には伏臥位休息よりも休息レベルが低い立位休息が増加していた ($P < 0.05$)。加えて、過度ではないが、構造物の上へのぼる、あるいはヒトが立ち入ることができない場所の利用が増加していた ($P < 0.05$)。これらのことから、ヤギにとってふれあいの実施は開園日だけではなく閉園日の行動の抑制をもたらす可能性が考えられた。今後、生理評価として唾液中コルチゾル濃度の測定を実施する。

多種センシングデバイスの連動による野生動物の行動観測システムの研究開発 山本寛、内山敬吾（立命館大学）

本実験では、実際の動物（シカ）を三次元 LiDAR により詳細に観測することに成功しました。そして、観測したデータをもとに AI の再学習を行うことで、AI による野生動物の推定精度が 98% となり、実フィールドでも野生動物を高精度に推定できることを明らかにしました。また、観測したデータをプログラミングによる解析を行うことで、野生動物の姿勢（進行・停止等）を判別するシステムを実現しました。今後の展望は、他の野生動物を三次元 LiDAR により観測して、そのデータをもとに AI の再学習を行うことで、多種多様な野生動物を推定可能な汎用性に優れた AI を構築することです。