

令和 4 年 6 月 29 日現在

機関番号：84304

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2021

課題番号：19K01150

研究課題名（和文）動物園等の自然科学系博物館のための映像アーカイブとその活用に関する研究

研究課題名（英文）Research on video archive systems for natural science museums such as zoos and their utilization

研究代表者

吉田 信明（Yoshida, Nobuaki）

公益財団法人京都高度技術研究所・研究開発本部・主任研究員

研究者番号：00373506

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、動物園で膨大に蓄積可能となっている飼育動物のモニタリング映像を、動物園の主要な機能である飼育や教育普及活動において、より効率的に活用するための仕組み作りを行った。まず、映像やセンサデータから、機械学習等の技術を用いて、動物の飼育においてニーズのある動物の個体や行動データが一定の精度で抽出可能であった。また、このように自動的に抽出されたデータと映像を組み合わせること、動物の行動観察を行う教育プログラムの可能性が示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

近年、動物園は、様々な動物種を飼育する施設として、種の保存の役割を担うことが求められている。動物の行動に関するデータは飼育のための基礎データとして有効であり、本研究の成果は、動物園におけるよりよい飼育の実現に貢献する。また、これらのデータ抽出から教育プログラムのコンテンツ化、提供までの一連の流れは、自動化が可能である。多面的な動物の行動観察を可能とする教育プログラムの提供の自動化は、社会教育施設である動物園の機能強化にも貢献する。

研究成果の概要（英文）：In zoos, animal monitoring footage is available enormously. In this research, we developed systems to utilize such footage for breeding and education activities. For animal breeding, time-series data about animal subjects, such as individual names and behaviors, are extracted from such footage and sensor data using machine learning techniques with a certain degree of accuracy. For education activities, we observed that effective animal behavior observation programs are available by combining footage with such auto-extracted data.

研究分野：情報システム

キーワード：動物園 深層学習 IoT 教育普及活動 行動観察 ビデオ配信

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

動物園のような自然科学系博物館では、動物舎内に監視カメラを設置し、飼育動物の様子を長期間にわたって継続的に記録している。動物園は野生動物を常時観察可能な状態で飼育する博物館であることから、このような映像には、飼育動物の生活や日々の変化が網羅的に記録されている。近年は、このような映像の高精細化も進んでおり、より多くの情報が映像から得られるようになってきている。

このようなモニタリング映像は、ネットワークなどを介してサーバに集約され、一定期間保管されることも多い。近年の情報通信技術の発達に伴い、このようなカメラの導入が容易になり、また、ストレージも安価になったことから、大量の映像が蓄積できるようになっている。

しかし、このような記録映像の活用範囲は限られているという課題がある。その背景の一つとして、多量の映像の中から必要とする映像を抽出するのが容易でない点が挙げられる。特に、このような映像には、一般的には、記録内容と映像の各時点を対応づける付加的な情報(メタデータ)が付与されておらず、必要な映像を探すためには、目視などで映像を順に探索する必要がある。このような中で、飼育員をはじめとする多忙な動物園職員らの映像利用は、以下のような制約を受ける。

- ・ 飼育業務

日常的な観察の中で異常を見つけたときに、遡って映像から状況を確認する場合や、繁殖などの特別な時に、モニタリングや記録を行いたい場合には映像を利用するが、網羅的に記録されている映像の特性を生かしていない。

- ・ 教育普及活動

担当者やエドューケーターが、プログラムのテーマに合った映像を膨大な映像から探し出す必要がある。講演会やインターネット配信で使用される映像はごく短いものであるが、膨大な映像から最適なシーンを探すには相当の手間が必要となる。

2. 研究の目的

本研究は、モニタリング映像の特性である継続性・網羅性を、自然科学系博物館の一種である動物園の中核的な活動に生かすための手法・仕組みを明らかにすることを目的とする。モニタリング映像は、野生動物を常時観察可能な状態で飼育する動物園に特徴的なものであり、開園時間外の飼育動物の情報(行動等)も含め、教育や飼育への効果が期待できる膨大な情報を記録している。このような映像を効果的に利用可能とすることで、博物館としての動物園の機能強化に貢献できる。

なかでも、飼育活動および教育普及活動におけるモニタリング映像の有効な活用手法について、特に明らかにする。その上で、そのような手法の実行を支援する仕組みとして「モニタリング映像アーカイブシステム」(下図)の実現を目指す。このシステムは、モニタリング映像を蓄積・管理し、教育普及活動や飼育活動等の用途に合わせた必要な解析を行い、映像を提示・抽出可能とする仕組みである。背景で述べたような膨大な映像を扱うには、コンピュータの利用は必須である。そこで、本研究では、映像の活用手法だけでなく、その手法の実現に必要な仕組みまでを研究対象とすることで、実効性の高い成果を目指す。

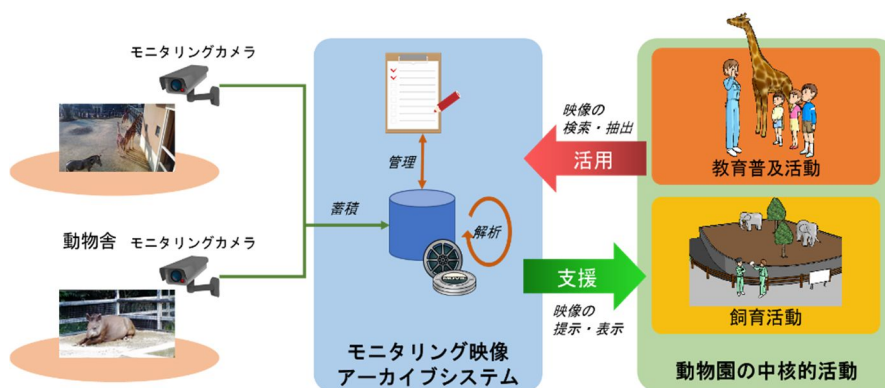


図 1 動物園における映像活用

3. 研究の方法

本研究では、以下のように、動物園の重要な機能である飼育と教育普及活動それぞれにおいて、モニタリングの特性を生かした映像利用のあり方の検証と、それに向けた映像等のデータ解析手法の検討を進めた。あわせて、そのようにして得られたデータの、特に教育普及活動を対象とした利用効果についても、検証を行った。検証にあたって使用する映像等のデータは、本課題の研究分担者が所属する京都市動物園において得られたものを使用した。

(1) 飼育活動

モニタリング映像の継続性・網羅性は、一定期間におよぶ中長期的な動物の行動観察において、特に生かされると考えられる。近年、動物園では、飼育動物の飼育環境をより豊かにすることで、その動物本来の行動の発現を促し、飼育状況の改善を試みる「環境エンリッチメント」の取り組みが進められている。このような環境エンリッチメントでは、効果的なエンリッチメントの開発に加えて、その定量的な評価のための観察も一定期間にわたって行われる。

そこで、このような開発・評価において、動物の行動評価への機械学習技術、とりわけ画像に対する深層学習技術の活用を試みた。一方、このようなモニタリング映像は、動物の行動の全体像の把握には適している一方で、詳細な振る舞いまでは記録できないことが多い。そこで、このようなモニタリング映像の性質を補完する目的で、より局所的な動物の行動を把握するためにセンサデータの利用についても検討を行った。

(2) 教育普及活動

監視カメラで記録した映像を用いた教育プログラムの検証を行った。特に、映像活用のしやすいインターネット上での動物の行動観察による教育プログラムを想定した検証を行った。前項のようにして、映像やセンサデータから個体や行動に関するデータを自動的に抽出可能であれば、映像の編集を手作業で行う代わりに、このようなデータを観察の手がかり(インデックス)として利用可能であると考えられる。そこで、映像とともにこのようなデータを一般市民にインターネットを介して提示し、その観察に及ぼす効果の評価を行った。

4. 研究成果

(1) 飼育活動

深層学習を用いた動物の行動分類

京都市動物園では、飼育しているツキノワグマについて、放飼場内にホースや木材などを設置する環境エンリッチメントの取り組みが行われている。このようなエンリッチメントがツキノワグマの行動にどのように影響したかを定量的に把握する必要があることから、ケージ屋上に放飼場全体がうつるようにカメラを設置し、行動観察が行われた(右図)。



図 2 監視カメラ映像の例
(ツキノワグマ)

この観察では、カメラで撮影されたツキノワグマの行動などが、行動データとして5分間隔で記録された。この映像と行動データを用いて、畳み込みニューラルネットワークによる監視カメラ映像から行動への自動分類を行った。その結果、人間による観察データとの一致率は、行動の種類により差はあったが平均 84%となった。

センサデータによる局所的な行動分類

このような監視カメラ映像は、放飼場全体など広いエリア全体の様子をまんべんなく記録できる一方で、局所的な動物の振る舞いについては、必ずしも詳細に記録されない。一方、現在、様々な小型センサが利用可能であり、ネットワークへの接続も容易に行えるようになっている。このようなセンサは映像に比べて情報量は少ない一方で、限られた範囲の情報を確実に取得でき、また、動物の展示室内のような制約の多い環境にも比較的設置がしやすい。そこで、京都市動物園で2020年3月に行われた、チンパンジーを対象とした環境エンリッチメントの実験展示において、展示室内に設置したセンサの時系列データから、その場にいた個体名や行動を推定できるかどうかの検証を行った。

この展示では、京都市動物園のチンパンジーの展示室の天井から床方向に向けて、赤外線測距センサを設置した。センサは下方の物体まで

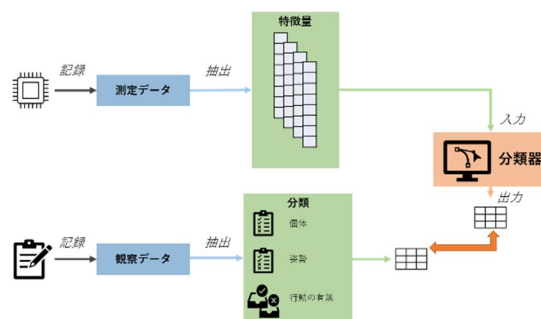


図 3 データの分類器

の距離の測定を繰り返し、時系列データとして出力した。よって、通常は床までの距離を出力しているが、チンパンジーがセンサ下方に入ると、その個体までの距離を出力した。そこで、センサ付近でチンパンジーが観察された時間帯のセンサデータの特徴量（平均、標準偏差、ピーク周波数およびその強度）を、個体・姿勢・行動に分類する分類器を勾配ブースティング法を用いて生成した。その結果、個体名を約70%、姿勢は約68%などの精度で分類可能であった。一方、行動については、行動の内容によってその精度はまちまちであったが、センサ付近でのスイングについては、89.9%の正解率を得た。

表 1 スイング行動の分類結果

		分類結果		再現率
		スイングあり	スイングなし	
スイング	あり	18	4	81.1%
	なし	3	44	93.6%
適合率		85.7%	91.7%	

(2) 教育普及活動

以上のようにして映像やセンサデータから得られる個体や行動に関するデータは、映像を抽出するためのインデックスとして利用可能である。更に、このようなデータは、適切な学習済みのモデルを使用することで自動化できる。そこで、監視カメラ映像を用いた教育プログラム、特に動物の観察をテーマとした教育プログラムにおける、このような自動抽出されたデータの有効性の検証を行った。

検証では、匿名の協力者らに対して、京都市動物園に実際に設置されているカメラを用いて撮影したアジアゾウとツキノワグマの5分間の映像を、それぞれ無編集のまま配信した。協力者らには、映っている動物の行動を観察してもらい、「気になった行動・面白いと思った行動」について回答してもらった。また、各映像とともに提示する「自動抽出データ」として、画面全体の動き量の時間変化に基づく「動きに変化のあった」時刻を10点あらかじめ抽出した。半数の協力者らには、このような変化点を映像とともに観察に当たっての着眼点として提示した。その上で、回答に記された行動の内容の具体性を、着眼点の提示の有無により比較し、着眼点の効果を検証した。

その結果、着眼点を提示した協力者らは、より具体的な行動に着目する傾向が見られた。このことは、機械的に抽出したインデックスであっても、観察に不慣れな一般市民をより具体的な行動への着目に誘導しうることを示唆している。

(3) まとめ

以上のように、本研究では、飼育・教育普及という動物園の主要な機能において、膨大な飼育動物の映像を有効に利用するための検証を行った。動物園の情報通信環境が整備されていくと、本研究で当初対象とした映像に加え、(1)で述べたようなセンサの利用も容易になっていくと考えられる。その結果、映像から抽出されるデータに加え、多様なセンサから得られるデータを利用することで、様々な観点から飼育個体の行動などを、より精密に捉えることが可能となる。このような多面的なデータを映像とともに提示することで、(2)で用いた着眼点のような全体的な動きだけでなく、より詳細な行動への着目に、教育プログラムの参加者を誘導できるようになると期待される。

以上の成果は、動物園の機能強化に貢献すると期待される。まず、近年、動物園は、様々な動物種を飼育する施設として、種の保存の役割を担うことが求められている。本研究の成果として容易に得られるようになる、動物の行動に関するデータは、動物園におけるよりよい飼育の実現の基礎データとなると考えられる。また、これらのデータ抽出から教育プログラムのコンテンツ化、提供までの一連の流れは、自動化が可能である。多面的な動物の行動観察を可能とする教育プログラムの提供の自動化は、社会教育施設である動物園の機能強化にも貢献すると期待される。



図 4 実験画面

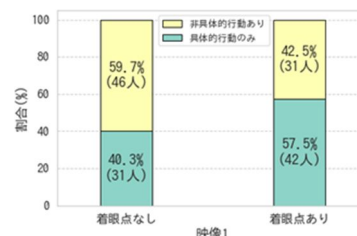


図 5 着眼点提示による観察への影響

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計6件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 吉田信明, 塩瀬隆之, 田中正之
2. 発表標題 定点カメラ映像を用いた市民による動物行動観察における着眼点の提示効果の検証
3. 学会等名 情報処理学会第63回エンタテインメントコンピューティング研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yumi Yamanashi, Nobuaki Yoshida, Tomoko Matsusaka
2. 発表標題 Combining different animal welfare assessment methodologies to improve welfare of a Japanese black bear: human ratings and behavioural observations by humans and computer vision with deep learning techniques
3. 学会等名 54th International Congress of the International Society for Applied Ethology (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 吉田信明, 山梨裕美, 人長果月
2. 発表標題 赤外線測距センサデータに基づく飼育下チンパンジーの局所的な行動の分類の試行
3. 学会等名 情報処理学会第191回ヒューマンコンピュータインタラクション研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山梨裕美, 人長果月, 吉田信明, 増田初希, 佐藤侑太郎, 狩野文浩, 一方井祐子, 坂本英房
2. 発表標題 チンパンジーは映像の森を楽しむか? Do chimpanzees enjoy a virtual forest?
3. 学会等名 第65回プリマーテス研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 田中正之・櫻庭陽子・吉田信明
2. 発表標題 京都市動物園チンパンジー認知エンリッチメント10年間の記録
3. 学会等名 第35回日本霊長類学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 塩瀬隆之・吉田信明・田中正之・荒蒔祐輔・岩橋宣明
2. 発表標題 動物園教育コンテンツ制作のための長期モニタリングのログ分析
3. 学会等名 ヒューマンインターフェースシンポジウム2019
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔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
研究 分担者	田中 正之 (Tanaka Masayuki) (80280775)	京都市動物園・生き物・学び・研究センター・生き物・学 び・研究センター長 (84315)	
研究 分担者	塩瀬 隆之 (Shiose Takayuki) (90332759)	京都大学・総合博物館・准教授 (14301)	

	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
研究 協力者	山梨 裕美 (Yamanashi Yumi) (80726620)	京都市動物園・生き物・学び・研究センター・主席研究員 (84315)	

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
---------	---------