

# 動物園における飼育動物映像の多面的な活用に向けた 監視カメラ映像システムの検討

吉田 信明<sup>1</sup> 田中 正之<sup>2</sup> 塩瀬 隆之<sup>3</sup>

**概要:** 多くの動物園では、動物舎内やグラウンドにモニタリング用の監視カメラを設置している。このようなカメラは、獣医師・飼育員の日常的な管理作業での利用を主な目的とし、それに合わせた設置・利用形態となっている。例えば、カメラは、常設に加え、その時々担当者の関心等に合わせた柔軟な仮設への要求が高く、また、カメラ映像についても、飼育動物のリアルタイムの監視よりも、動物に起きた出来事の詳細な記録や、研究者らの研究資料として活用されていることが多い。著者らは、2010年以降、京都市動物園において、動物舎内の監視カメラの映像をネットワークを用いて集中的に蓄積するシステムを展開・運用し、あわせて、このようにして収集した映像の飼育・教育・研究等への活用に関する取り組みを行ってきた。本稿では、これらの一連の活動を踏まえ、多種多様な動物を飼育・展示する動物園の活動への、多面的な映像活用に向けた監視カメラ映像システムのあり方について検討する。

## A study on surveillance camera video management system for multifaceted utilization of animal videos in zoos

YOSHIDA NOBUAKI<sup>1</sup> TANAKA MASAYUKI<sup>2</sup> SHIOSE TAKAYUKI<sup>3</sup>

**Abstract:** In many zoos, surveillance cameras are installed in its grounds and rooms, to monitor and record animals' behaviors. Such cameras are mainly used for daily work of keepers and veterinarians, and their installation and usage manners are in styles accordingly. For example, in addition to permanently installed cameras, cameras are often temporarily installed tailoring to keepers' and researchers' interests. Rather than monitoring in real time, videos taken with such cameras are often kept as records for keepers or research materials for researchers to understand and study what happened to the animals.

Since 2010, the authors have been operating a surveillance camera system for monitoring and recording animals in the Kyoto City Zoo. The authors have also continued efforts to utilize recorded videos in various functions of the zoo, such as breeding, education and research activities. In this paper, based on these experiences, we study on the concept of a surveillance camera video management system for multifaceted utilization of animal videos in zoos.

### 1. はじめに

多くの動物園では、動物舎内やグラウンド内に監視カメラを設置し、飼育個体の様子・行動を映像として継続的に

記録している。カメラを設置する目的として、個体の状態の全般的な記録に加え、その時々飼育上の出来事（出産など）に関して特に行う記録などがある。獣医師・飼育員らは、日常的な管理作業において、飼育動物の状態等を把握するために、このようなカメラを使用している。

著者らは、2010年以降、京都市動物園において、ネットワークに接続可能な監視カメラを多数設置し、その映像を園内のネットワークを介して集約・蓄積するシステムを構築し、継続的に運用・拡張してきた [1]。この一連の取り組みの中で、一般的な監視カメラとは異なる、動物園におけ

<sup>1</sup> 京都高度技術研究所

ASTEM RI / Kyoto

<sup>2</sup> 京都市動物園生き物・学び・研究センター / 京都大学野生動物研究センター

Center for Research and Education of Wildlife, Kyoto City Zoo / Wildlife Research Center, Kyoto University

<sup>3</sup> 京都大学総合博物館

The Kyoto University Museum

る監視カメラの利用状況が観察された。

飼育担当者らは、それぞれの担当個体の状況を日々の飼育業務の中で把握しているため、繁殖・出産などの特別な状況でない限り、監視カメラで一般的によく行われる、リアルタイムの遠隔モニタリングは通常行わない。これらのカメラで撮影された映像は、何らかのトラブルがあった時などに、飼育担当者が不在時の状況を事後的に把握するための資料として用いられていることが多い。加えて、カメラにより撮影された映像は、飼育への利用だけでなく、動物園の持つ様々な機能を反映して、教育普及、研究など多面的に用いられている。

その一方で、このようなモニタリング映像の活用における課題として、記録される映像の量が膨大に及ぶ点がある。園内の様々な動物舎それぞれにカメラが設置され、それぞれのカメラが継続的に記録している多量の映像から、有用な映像を探し出すことは現実的ではない。現状では、必要な時に、目的や関心事に関連がある場所を目視で探して視聴する、といったことが行われている。多くの監視カメラシステムでは、記録領域の制約等から、通常、古い映像から順に自動的に削除されるように設定されている。京都市動物園でもそのような設定がなされているが、その結果、このような人手での探索からもれたほとんどの映像は、見られることなく自動的に削除されている。

多種多様な動物の様子を、継続的に近くから観察できるのは動物園の大きな特徴である。その中で、監視カメラ映像は、開園時間外も含め、網羅的に飼育個体を記録している意義の高い資料と考えられる。しかしながら、現状では、それらの映像が記録している様々な情報を十分に活用できているとは言えない。そこで、本稿では、動物園において、このような飼育動物を継続的に撮影した監視カメラ映像を、より多面的に活用可能とするモニタリングシステムのあり方について、著者らの京都市動物園での取り組みを踏まえて検討する。特に、以下の点を検討する：

#### 動物園での映像利用形態を踏まえたシステム設計

先に述べた動物園での映像利用状況を踏まえ、それに適合したシステムのあり方を検討する。

#### 他のシステムやデータとの統合

動物園では、組織的に蓄積している飼育記録 [2] や飼育担当者が個別記録しているデータ [3] 等、様々なデータが存在している。これらのデータと、これらの映像を組み合わせることで活用可能とする。

#### カメラ映像の処理の自動化を想定

特に、膨大な映像からのデータ抽出の自動化と、その抽出結果に基づいた映像利用の効率化を想定する。

本稿では、まず、2 節で関連研究・事例を述べた上で、3 節で、著者らが取り組んできた京都市動物園でのカメラによる映像記録について、カメラの設置や映像の蓄積の状況と、具体的な映像の利用例を述べる。これを踏まえ、4 節

では、動物園におけるモニタリングシステムのあり方について検討する。最後に、5 節で、まとめと、今回の検討に基づいたシステムの実現に向けた課題を述べる。

## 2. 関連研究・事例

現在、監視カメラは、街頭や施設内に多数設置されるようになっている。これらは、一般的には防犯の目的で設置されていることが多い。このようなカメラの映像から、画像解析技術を用いて様々な情報を抽出し、その情報を社会で活用する試みがなされている。このような例として、歩行者の計数 [4] や追跡 [5]、属性検出 [6]、人流解析 [7] などがある。近年では、特に、計算機の性能向上と低廉化により、非常に大規模な機械学習の仕組みとして深層学習と呼ばれる技術の研究が進んでおり、このような技術の応用もなされつつある [8]。その中で、上記のような、監視カメラの映像の解析も行われるようになっている [10]。

本稿では、このような監視カメラ映像の動物園での活用について、特に動物の行動の観察を中心に検討する。動物園は、野生環境とは異なり、継続的に間近で動物を観察できる場所であり、この環境を活用して、行動観察を伴った教育プログラム (例: [11], [12]) も行われている。その一方で、直接的な観察は時間的・地理的な制約を受けるため、研究においては、ビデオ映像の併用も行われている (例:[13], [16])。

しかし、長時間に渡る映像を人手で調査して観察データを作成する作業は非常に負担が大きい。そのため、画像解析や機械学習のような技術を、このような映像の解析に利用する試みもなされており、チンパンジー [14] やニホンザル [15] に適用した例がある。本稿では、ゾウ [17] やチンパンジーへの適用を試みている。

一方で、このような技術を用いて精度の高い検出や分類を行うためには、十分な規模の学習用データセットが必要となる。人間を対象としたデータセットは様々なものが公開されているが [8]、動物を対象としたものは、限定的である。例えば、動物の行動の分類に関しては、一定の類型 (行動目録) 化がなされており [18]、このような類型と多くの映像を対応付ける必要がある。実際の映像とこのような行動目録を対応付けた例として、チンパンジーの行動を分類した映像が公開されている [19], [20] が、機械学習を目的としたものではなく、量は限定的である。このような中で、静止画像を対象としたデータセットとして、画像中の動植物の領域と、それらの種名を対応付けたデータセット [9] も提供されるようになっている。

また、このような動物への画像解析や機械学習の応用に関しては、特に、畜産業で進められつつある (例:[21], [22])。このような成果を動物園で活用することも考えられるが、動物園との環境の違いも考慮する必要がある。畜産業では、特定の家畜種を多数飼育するのが一般的であるが、動

	分類	説明
設置方法	固定設置	多くのグラウンドや室内には、固定的に監視カメラが設置されている。これらのカメラは、通常、一般的な状況の記録を目的としている。
	仮設	繁殖・出産・育児等、特に飼育担当者にとって関心の高い出来事がある時には、追加に必要な場所に仮設的にカメラが設置される。
撮影範囲	全体・広範囲	全体を見渡し、広範囲な撮影を行えるように設置する。
	局所的・特定の施設	特に関心の高い部分を詳細に撮影できるように設置される。複数のカメラで広範囲をカバーする場合もある。
撮影対象	全体的な動き	全体的な動物の行動・動きを把握できるように設置する。
	個体・詳細な行動	特定の個体や行動、顔などの部分が詳細に写るように設置する。

表 1 カメラの設置形態

物園では、多数の種を少ない個体数で飼育しており、それぞれに適合した手法・データが必要となると考えられる。

### 3. 京都市動物園における監視カメラ映像の活用状況

京都市動物園では、2010年以降、従来のアナログビデオでの記録に加えて、TCP/IPを介して映像の送受信が可能なネットワークカメラを用いた映像の収集・蓄積がおこなってきた[1]。このシステムでは、動物舎内に設置されたネットワークカメラの映像が、事務所内のレコーダーに集約されて蓄積されるようになっている。一般的なアナログ方式のカメラに比べ、ネットワークカメラは増設・移動が容易であり、また、遠隔でのカメラへのアクセスが容易であることから、カメラ利用の柔軟性が高い。このことを活かして、導入当初のカメラの設置以降も、カメラの移動・増設などを行いながら、現在も運用を継続している。なお、当初の2010年の時点では、有線ネットワークの工事が容易でなかった園内環境を反映し、無線ネットワークを主に用いたシステムであったが、その後、動物舎の一部では有線ネットワークが利用可能となったことから、可能なものについては有線接続に切り替え、多くの映像の送受信に十分な帯域を持つネットワークとなっている。

以降では、このような京都市動物園における、監視カメラ映像の活用状況について述べる。まず、監視カメラがどのように設置され、映像がどのように蓄積されているかを述べる。その上で、このようにして蓄積された映像が、飼育、教育、研究のそれぞれにおいてどのように用いられているか述べる。



図 1 アジアゾウの寝室のカメラ

#### 3.1 カメラの設置形態と録画映像の蓄積

動物舎内に設置するカメラは、その利用目的等により、設置形態が異なっている。表1に、カメラの設置形態を示す。特に、固定的な設置と、仮設的な設置とでは撮影範囲・対象に違いが見られている。これは、固定的な設置は、施設を作った時などに、まず、全般的な記録ができるようにしておく一方で、仮設は、その都度の担当者の関心を反映するためであると考えられる。

このようなカメラで撮影された映像は、ネットワークを介して集約され、ネットワークレコーダなどを用いて映像を蓄積・管理する。一般的には、24時間、継続的に映像の記録を行う。特に撮影目的が明確になっている場合には、夜間のみ、特定のイベントの時のみなど、時間帯を絞って記録する場合もある。このような映像は、用途によって、求められる保存期間が異なっている。例えば、研究用資料として映像を用いる場合、一定の期間、研究資料として残しておくことが求められる。

#### 3.2 映像の利用例(1): 飼育

##### 3.2.1 飼育個体の状況の確認

トラブルがあった場合など必要な時に、飼育員が録画を見て確認するのに用いられる。図1は、アジアゾウの夜間の寝室に設置されたカメラの映像である。赤外線撮影に対応したカメラを使用し、飼育員が不在となる夜間の様子が記録されている。

##### 3.2.2 重要なイベントの記録

繁殖・出産のように、動物園にとって関心の高いイベントでは、追加でカメラを仮設し、詳細な状況の確認や、資料としての保存を行う。また、出産等、逐一对応が求められる場合には、リアルタイムでのモニタリングも行われる。

このような場合、対象となる動物種やイベントに合わせた設置を行う場合も多い。例えば、ツシマヤマネコの出産の場合、内部が暗い小さな巣箱の中での出産が想定されるため、赤外線ライトのついた魚眼カメラを用いて撮影を行った。

ニシゴリラの繁殖・出産に向けて設置されたカメラの場合は、逆に、複数ある広い部屋の中の状況を、なるべく全



(a) 小部屋内のカメラ



(b) 大部屋内のカメラ

図 2 ゴリラの寝室のカメラ

一般的にカバーできるように設置された (図 2). 京都市動物園のゴリラ舎は複数の部屋が存在し、夜間は、飼育されている 3 個体 (オトナオス, オトナメス, コドモ各 1 個体) が行き来しながら過ごしている。この部屋に、繁殖行動を確認できるように増設し、さらに、出産に向けて、追加でカメラが増設された。設置場所の決定にあたって、飼育担当者らは、普段の行動等から、実際に出産が行われそうな場所を想定して設置場所を決定した。

### 3.3 映像の利用例 (2) : 研究

#### 3.3.1 行動観察

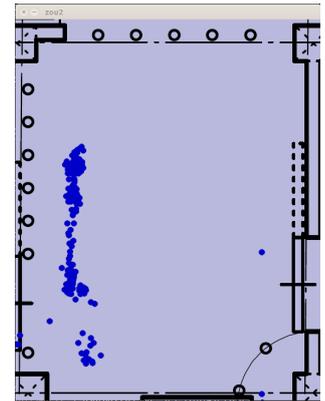
映像を用いて行われる研究活動では、しばしば行動観察が行われる。行動観察では、研究上の課題に基づき、まとまった期間の映像から、各個体がどのような行動をどの程度行ったか、などのデータを抽出する。このような場合、一定期間、場合によっては長期に渡る映像を抽出し、研究者はその映像を見ながらデータを作成する。著者らは、PC やタブレット端末のブラウザ上で、GUI を用いて行動観察の記録を行えるツールを作成したが [23], このツールも、このような研究で用いられている。

#### 3.3.2 データ抽出の自動化の試行

このような行動観察では、継続的な観察に加え、一定間隔で、その時点、あるいはその時間帯の行動を記録することが行われるが、その間隔は秒単位や分単位に設定されることもある。また、一定間隔でない記録を行う場合、例えば、特定の行動が発現した時点を記録する場合もある。い



(a) 行動 (左: 寝る, 右: 歩く)



(b) 位置 (左: 元画像, 右: 平面図へのプロット)

図 3 ゾウの行動と位置の検出

ずれの形態にしても、多量の映像を一通り視聴する必要があるので。この作業には多くの時間を要し、そのことが、膨大に残された映像を活用しきれない原因の一つとなっている。

この観点から、著者らは、このような行動データの抽出を、近年、発達・普及が進んでいる画像処理技術を用いて自動化する試みも行っている。映像から、必要なデータを自動で抽出可能とすることで、様々な動物を、常時、撮影・観察可能な動物園の特徴を活かした研究が可能となる、と期待される。

#### アジアゾウの夜間の位置・行動の抽出

アジアゾウの寝室に設置しているカメラの映像から、夜間の個体の位置と、簡単な行動 (寝る・歩く) を抽出可能とした [17]. 位置は、実際の平面位置に変換し、平面図上にプロット可能とした (図 3).

#### チンパンジーの顔画像からの個体の識別

京都市動物園では、飼育しているチンパンジーによる数字の系列学習の様子を展示している [24]. どの個体がどの時間に学習を行っているかをデータ化する目的で、学習用のディスプレイの上端にカメラを設置し、録画した画像の各フレームから、顔領域を検出し、個体の識別を試みた (図 4).

いずれも実験的なものであり、実際の研究に足るデータとするには、精度に更なる向上が必要と考えられる。例えば、行動の分類は、研究の目的に合わせたより詳細な行動目録への対応が必要であるし、個体の識別も、しばしば誤



(a) オトナメス 2 頭の場合



(b) コドモ 1 頭の場合

図 4 チンパンジーの顔検出と個体識別

認識する。

### 3.4 映像の利用例 (3) : 教育普及

カメラを用いて記録された映像は、飼育や研究といったバックヤードで活用されるだけでなく、来園者などへの教育普及活動でも利用されている。来園者向けの講演会やイベントでの利用に加えて、インターネットの画像配信 [26] などでのこのような映像は利用されている。例えば、[27] は、夜間開園のイベントで使用した映像をインターネットで配信しているものであるが、先に述べたツシマヤマネコの巣箱の中に設置した魚眼カメラの映像などを利用している。

しかし、このような映像の編集には相当の手間を要する。このような作業は飼育員らが飼育業務の合間に行っているため、作成できる映像の数や長さには限度がある。そこで、著者らは、監視カメラの映像を、無編集のまま、どのように教育に活用できるか、検証を行った [25]。

この検証では、周産期のブラジルバクの夜間の寝室の様子を、1ヶ月間にわたり主として教育関係者 12 人にインターネット配信した。配信は、図 5 のようなシステムで行った。このシステムでは、毎日夜間、バクの寝室内に設置した赤外線対応のネットワークカメラで録画した映像を、配信用サーバにファイルとして蓄積する。配信は、毎朝、飼育担当者が個体の状態を確認し、問題がなければ、前夜に録画した映像を配信することとした (時差配信)。配信の開始は、スマートフォンの画面を用いて飼育員が自ら行えるようにした。配信期間終了後の参加者へのアンケート

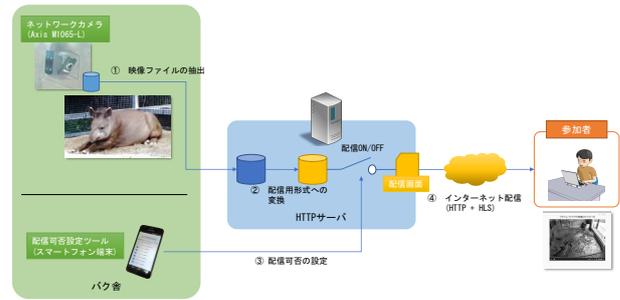


図 5 ビデオの配信システム



図 6 ブラジルバクのビデオの配信

トでは、と、観察のトレーニングに加え、観察した内容を文章として記述する訓練に使えるのではないか、というコメントを得た。

## 4. 動物園における監視カメラ映像システムの検討

以上のように、動物園では、監視カメラの映像は、飼育や研究等において多面的に利用されている。加えて、著者らは、近年発達している情報通信技術や画像処理技術などを適用し、より効果的にこれらの映像を活用するための試みも行ってきた。

そこで、本節では、ここまで見たような動物園における映像利用の形態に対応し、飼育担当者や研究者らによる映像の効果的・効率的な利用に結びつくような、ネットワークに接続された監視カメラの映像を収集・蓄積・管理するシステムとして、動物園における「監視カメラ映像システム」のあり方について検討する。

### 4.1 映像へのメタデータの付与とその利用

3 節で述べたような映像の利用形態で、特に求められると考えられるのは、どの種・個体が、どこで、いつ、何をしたのかといった情報に基づいて、映像の検索・利用ができることである、と考えられる。すなわち、飼育担当者らは、課題が起きた種・個体について、不在の時間帯に何が起きたのか、映像で確認しようとする。また、教育普及活動では、教育プログラムの目的に合わせた行動や映像を取り出そうとする。その一方で、研究者らも、同じく、映像

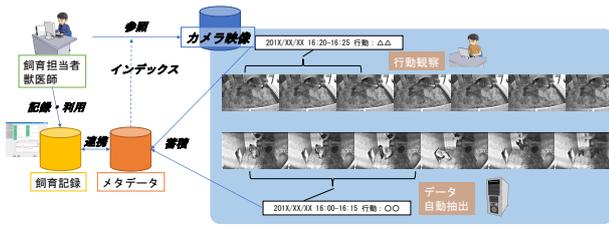


図 7 メタデータの付与と利用

のどの箇所で、どの個体の、こういった行動が観察されたかといったデータを必要とし、自ら作成を試みる。

これらのことから、映像を単にカメラの装置単位で蓄積・管理するのではなく、このような、映像のどこに何が記録されているのかといった情報を、映像に対するメタデータとして管理する機能を備えたシステムとすることで、動物園における映像利用の効率化を図ることができる、と考えられる(図7)。

このようなメタデータの生成は、行動観察などで作成されたり、あるいは、自動的に生成されたりすることが想定される。また、メタデータは、個体や施設といった、動物園における作業の単位を踏まえた構造とすることで、動物園の業務で利用しやすいものとなり、また、動物園で使用している個体台帳や飼育管理システムとの連携も容易になると考えられる。

#### 4.2 要件

これらのことから、動物園における監視カメラ映像システムは、一般的なネットワークレコーダが備えている、カメラの機器単位で映像を蓄積・管理する機能に加えて、特に、以下を実現していることが期待される。

##### 映像中の時刻を指定してメタデータが付与できること

映像中のある時刻に対し、どのような出来事が記録されているのかについて記述したメタデータを付与し、データベースとして管理することで、利用者は、そのデータに基づいて必要な映像を参照できるようになる。

##### 動物園の管理単位を踏まえた映像の管理ができること

映像やメタデータを個々のカメラ装置単位・映像ファイル単位でそれぞれ管理するだけでなく、撮影されている動物種・個体、撮影した動物舎・地点などと結びつけて管理可能とすることで、飼育担当者らが自らの担当に基づいて容易に映像を参照可能となる。

##### 外部の観察・分析ツールとの連携ができること

観察データを作成するツール(例えば[23])と連携し、映像を見ながら作業できるようにすることで、膨大な手間のかかる作業を効率化できると考えられる。また、3.3節で述べたような、データ抽出を自動化する分析ツールとの連携で、更なる効率化を図ることが可能となる。

##### 飼育情報等、他のデータとの連携ができること

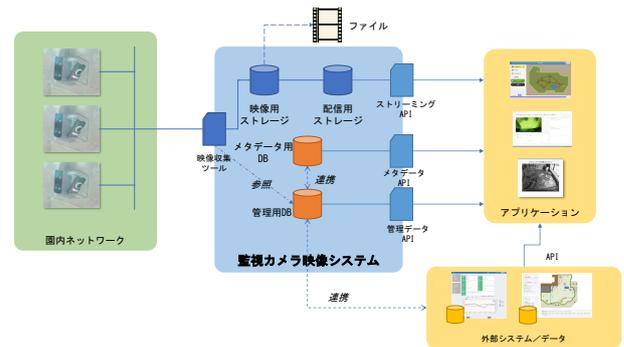


図 8 想定されるシステム構成

動物園で蓄積している飼育記録や、飼育員らが個別に蓄積している様々なデータと連携することで、飼育上の判断材料の提供や、判断の裏付けデータとして、映像資料を活用可能となる。著者らの調査によると、動物園の飼育記録には、病気などといった飼育個体に起きる出来事について、一定の流れが存在する[2]。このような流れと、映像や映像から抽出したデータを紐付けられるようにすることなどが考えられる。

#### 4.3 システム構成

このような要件を実現するシステムとして想定される構成を図8に示す。このシステムは、園内ネットワークに接続されたカメラからの映像を収集し、映像用ストレージに一般的なビデオファイル形式で蓄積する。蓄積された映像は、必要であればそのまま取り出せる。その一方で、そのままの形式ではwebベースでの配信には適さないことから、必要に応じて配信に適した形式に変換され、ストリーミングAPIを介して提供される。

カメラと、それらのカメラで撮影された映像は、管理用データベースで、施設などの動物園の管理単位に基づいて管理される。このような管理データは、管理データAPIを介してアプリケーションに提供され、メニュー等の作成に利用できる。4.1節で述べたメタデータも、メタデータAPIを介してアプリケーションに提供される(アプリケーションが個別に持つことも可能である)。これらの管理データ・メタデータについては、次節で説明する。

#### 4.4 管理用データとメタデータ

前節で述べたように、カメラや映像の管理に関する管理用データと、映像に付与されたメタデータの2つのデータが存在する。図9に、これらのデータの構造例を示す。このデータ構造は、これまでに著者らが開発した、webベースのビデオアノテーションシステムで用いているデータベースに基づいたものである。前節で述べたシステムのプロトタイプとして位置づけられるものである。

このシステムは、収集した映像を、収集地点や日時で管理し、選択された映像を再生しながら、アノテーションを

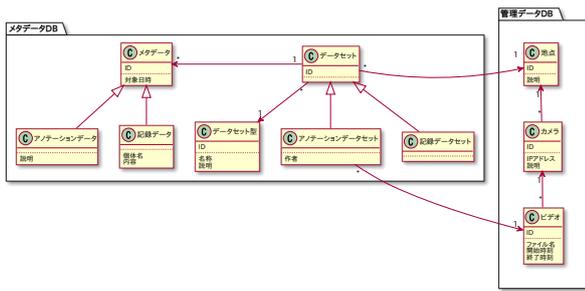


図9 管理用データとメタデータの関係

付与するためのシステムである。システム利用者は、管理されている映像から必要なファイルを指定し、画面上で再生しながら、そのビデオの任意の時間に、アノテーション(コメント)を付与できる。このアノテーションは、上で述べたメタデータとして管理されている。3.3節で述べたような自動抽出データも、同時にメタデータとして登録できる。これらのメタデータの一覧も画面上に表示され、それぞれのデータを押すと、その時刻から映像を再生できる。

まず、管理データのデータベース(図9右)は、カメラとビデオを管理している。同じ地点には複数のカメラ(違う方向や画角など)が存在し、同じカメラに対し、撮影した時間帯ごとに、複数の録画ファイルが存在しうる構造となっている。この構造には、動物種や個体などの情報は含まれていない。これらのデータは、後述するように動物園では別途管理されているので、これらと、この構造を関連付けることで、個体情報に基づいた映像の抽出が可能となる。

その上で、メタデータのデータベース(図9左)には、メタデータ本体と、関連する複数のメタデータを一つにまとめて管理するデータセットが存在する。データセットには、上記のようにアノテーションや、自動生成された記録データなど様々なデータセット型が存在する。メタデータは、その付与された日時に加え、それぞれが含まれるデータセットのデータセット型に固有のフィールドを持っている。

ここで、データセット自身は地点に関連付けられている一方で、アノテーションデータセットはビデオに関連付けられていることに留意が必要である。データセットとしては、ビデオに関連付けられている必要はない。例えば、3.3節で述べたチンパンジーの学習の記録(正解・不正解の記録)は、学習を撮影した映像に対するメタデータとして利用できるが、あくまで学習システムのデータであり、その映像から抽出したものではない。一方で、その映像を見ながら付与したアノテーションは、その映像に関連付けて管理するのが自然であると考えられる。

#### 4.5 個体台帳・飼育記録等との連携

上述のプロトタイプでのデータベースの構造では、個体や動物種、施設についてはデータとしては保有していない。

動物園では、個体台帳を保有しており、これらのデータと連携することとしている。例えば、京都市動物園では、個体台帳を飼育管理システムと呼ばれるシステムで管理している。台帳では、個体ごとに、動物種や飼育している施設名などが管理されている。そこで、このような情報を、カメラの設置地点と関連付けたり、メタデータ内の個体情報として利用したりすることで、飼育管理システムとの連携が可能となる。

また、飼育管理システムに蓄積されている飼育記録には、飼育個体に起きている出来事ごとに、その出来事の進展についての時系列的な一定の流れがある[2]。これらの流れにおける各段階(病気の場合、発見から完治に至る各段階)と、メタデータとして記録された行動の関連付けを行うことで、日誌データからの映像の抽出や、映像と関連する日誌の抽出が可能になると考えられる。例えば、個体が病気になったり怪我をしたりした場合、跛行などの行動によりそのことが発見される場合がある。状況が進展して治療が進むと、そのような行動も変化していく。こういった行動が映っている箇所にメタデータとしてその情報を付与することで、各段階と行動との関連付けを通じて、日誌と映像の関連付けが可能となる。

## 5. まとめ

本稿では、動物園に設置されている多数の監視カメラの映像を、より効率的・効果的に活用可能とする監視カメラ映像システムのあり方について検討した。

- 京都市動物園において2010年以降運用してきた監視カメラシステムにおける監視カメラ映像の、飼育・研究・教育普及における利用事例を示した。
- この事例を踏まえ、どの個体が、いつ、どこで、何をを行ったかといった情報が映像に付与されていることが、動物園における映像の効果的な利用に有効であると考えられることから、これらをメタデータとして映像に付与するシステムの構成を示した。
- 特に、このようなメタデータの構造についても検討し、既存の飼育管理システムとの関連付けについても検討した。

著者らは、今後、本稿で検討したシステムを実現し、あわせて、膨大な映像からの、より精度の高いデータ抽出を試みる計画である。システムについては、これまでに開発した、プロトタイプとして位置づけられるシステムでの課題を踏まえつつ、飼育管理システムとの連携も含めてより詳細な設計を行い、実現をする計画である。一方で、映像からのデータ抽出の精度の向上に関しては、本稿で述べた手法のみでは不十分である。例えば、「立つ」と「歩く」の分類の精度を高めるには、単一の画像フレームを用いた分類ではなく、連続したフレームから判定する必要があると考えられる。また、他の個体と接触している場合など、複

合的な状況を扱う必要もある。これらについて、飼育担当者や研究者らの要求を踏まえつつ、適切な手法を検討する必要がある。

謝辞 本研究の実施に当たりご協力いただいた京都市動物園の皆様へ感謝する。本研究はJSPS 科研費 JP16K01207 の助成を受けたものである。

## 参考文献

- [1] 吉田信明, 和田晴太郎, 伊藤英之, 澤田砂織, 山内英之, 長谷川淳一, 中村行宏: 京都市動物園での情報通信技術活用への取り組み～動物園に適したインフラと動物コンテンツの活用～, *デジタルプラクティス*, Vol. 3, No. 4, pp. 305–312 (2012).
- [2] 吉田信明, 田中正之, 和田晴太郎: 動物園における飼育記録の時系列に着目した主題分析, *研究報告情報システムと社会環境 (IS)*, Vol. 2016-IS-138, No. 7, pp. 1–8 (2016).
- [3] 吉田信明, 塩瀬隆之, 一方井祐子, 田中正之: 動物園の飼育現場における情報活用状況調査, *研究報告情報システムと社会環境 (IS)*, Vol. 2018-IS-143, No. 9, pp. 1–7 (2018).
- [4] Kocamaz, M. K., Gong, J. and Pires, B. R.: Vision-based counting of pedestrians and cyclists, *2016 IEEE Winter Conference on Applications of Computer Vision (WACV)*, pp. 1–8 (online) (2016).
- [5] Eiselein, V., Bochinski, E. and Sikora, T.: Assessing post-detection filters for a generic pedestrian detector in a tracking-by-detection scheme, *2017 14th IEEE International Conference on Advanced Video and Signal Based Surveillance (AVSS)*, pp. 1–6 (online) (2017).
- [6] Fabbri, M., Calderara, S. and Cucchiara, R.: Generative adversarial models for people attribute recognition in surveillance, *2017 14th IEEE International Conference on Advanced Video and Signal Based Surveillance (AVSS)*, pp. 1–6 (online) (2017).
- [7] 大西正輝, 依田育士: 大型複合施設における長期間にわたる人流比較と可視化手法, *電子情報通信学会論文誌. D, 情報・システム*, Vol. 93, No. 4, pp. 486–493 (2010).
- [8] Asadi-Aghbolaghi, M., Clapes, A., Bellantonio, M., Escalante, H. J., Ponce-Lopez, V., Baro, X., Guyon, I., Kasaei, S. and Escalera, S.: A Survey on Deep Learning Based Approaches for Action and Gesture Recognition in Image Sequences, *2017 12th IEEE International Conference on Automatic Face & Gesture Recognition (FG 2017)(FG)*, pp. 476–483 (2017).
- [9] Horn, G. V., Aodha, O. M., Song, Y., Cui, Y., Sun, C., Shepard, A., Adam, H., Perona, P. and Belongie, S.: The iNaturalist Species Classification and Detection Dataset (2017).
- [10] Liu, J., Gu, Y. and Kamijo, S.: Joint Customer Pose and Orientation Estimation Using Deep Neural Network from Surveillance Camera, *2016 IEEE International Symposium on Multimedia (ISM)*, pp. 216–221 (2016).
- [11] 赤見理恵: 動物園における行動観察実習後の追跡調査, *霊長類研究 Supplement*, Vol. 34, pp. 72–73 (2018).
- [12] 京都大学霊長類学・ワイルドライフサイエンス・リーディング大学院: 高大連携プロジェクト: 継続観察実習「霊長類学初歩実習」, <http://www.wildlife-science.org/ja/self-planning/2015kyotozoo.html>.
- [13] 井上紗奈, 新藤いづみ: 同居個体の導入による沈鬱状態からの回復: 飼育下アカエリマキキツネザルの事例, *霊長類研究 Supplement*, Vol. 31, pp. 47–48 (2015).
- [14] 池田宥一郎, 飯塚博幸, 山本雅人: 畳み込みニューラルネットワークによるチンパンジーの個体識別, 第32回人工知能学会全国大会論文集 (2018).
- [15] 林英誉, 加畑亮輔, 寺田和憲, 上野将敬, 山田一憲: 深層学習とパーティクルフィルタを用いたニホンザルの種追跡と個体識別 (パターン認識・メディア理解), *電子情報通信学会技術研究報告*, Vol. 117, No. 238, pp. 121–125 (2017).
- [16] 山梨裕美, 板東はるな, 伊藤二三夫, 松永雅之, 水野章裕, 島田かなえ, 門竜一郎, 田中正之: 飼育チンパンジーにおけるベッド作り行動の発達プロセス, *霊長類研究 Supplement*, Vol. 34, pp. 49–49 (2018).
- [17] 清水美帆, 吉田信明, 田中正之, 和田晴太郎: オープンソースソフトウェアを活用したアジアゾウの行動取得システム, 第19回 SAGA シンポジウム (2016).
- [18] 佐藤衆介, 近藤誠司, 田中智夫, 楠瀬良, 森裕司, 伊谷原一: 動物行動図説-家畜・伴侶動物・展示動物-, 朝倉書店 (2011).
- [19] 京都大学 霊長類研究所自然学ポケットゼミナール: チンパンジーの行動目録, <http://langint.pri.kyoto-u.ac.jp/langint/gifu-poke-web/>.
- [20] 廣澤麻里, 落合大平知美, 松沢哲郎: 飼育下チンパンジーと野生チンパンジーの行動目録の比較, *霊長類研究 Supplement*, Vol. 23, pp. 73 (2007).
- [21] 佐藤拓弥, 味藤未冴来, 川岸卓司, 水谷孝一, 善甫啓一, 若槻尚斗, 竹前喜洋, 西藤岳彦: 動画像からの豚体の頭部方向識別に用いる特徴量, 人工知能学会全国大会論文集, Vol. JSAI2018, p. 2G3OS10c01 (2018).
- [22] Jingqiu, G., Zhihai, W., Ronghua, G. and Huarui, W.: Cow behavior recognition based on image analysis and activities, *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, Vol. 10, No. 3, pp. 165–174 (2017).
- [23] 吉田信明, 田中正之, 和田晴太郎: 動物園における教育プログラムのための動物行動観察支援システム, *情報処理学会論文誌教育とコンピュータ (TCE)*, Vol. 3, No. 1, pp. 36–45 (2017).
- [24] 田中正之, 吉田信明: 京都市動物園におけるチンパンジーの学習展示, *霊長類研究 Supplement*, Vol. 33, p. 72 (2017).
- [25] Yoshida, N., Shiose, T., Aramaki, Y., Iwahashi, N. and Tanaka, M.: Preliminary evaluation of unedited animal observation video for social education in zoos, *The 6th Asian Zoo Educators Conference* (2017).
- [26] 京都市動物園: 映像資料館, <https://www5.city.kyoto.jp/zoo/institution/siryositu/moviesite>.
- [27] 京都市動物園: 夜間開園動画, <https://www.youtube.com/watch?v=rrucZv1ePB8>.