

ペンさく：描いて探すことで深まるペンギン観察手法と水族館来訪者を対象とした実証実験

中川 由貴* 中村 聡史* 芦刈 治将† 板東 恵理子†
 與倉 陵太† 渡邊 果南† 岩永 七海†

概要. 動物園や水族館では複数の個体が同時に展示されることが多く、来訪者の観察は全体を眺めるにとどまりやすい。特にペンギンは数十羽単位で飼育されることが一般的であり、一部の施設では個体名を付けて一覧掲示を行うなど、個体に着目した観察を促す工夫がなされている。個体識別することがその個体への共感につながることは示されているものの、実際に観察中の個体と掲示情報を結びつけるのは容易ではない。そこで我々はこれまで、腹部模様を描画して個体を検索できるシステムを提案し、その有用性を検証してきた。本研究では、実環境におけるシステムの効果を検証するため、都市型水族館で一般来訪者を対象とした実証実験を実施した。また実験にあたり、新たに個体情報を一覧できる図鑑機能と観察履歴を保存できるアルバム機能を追加した。実験の結果、個体名を用いた会話や模様の違いへの気づき、展示前での滞在時間の増加が確認され、主体的な観察や動物への関心を高める有効性が示唆された。

1 はじめに

水族館や動物園は、多くの人々にとってレジャーの場として楽しめる一方、教育・研究・保全といった社会的役割を担う重要な施設である [15]。来訪者はそこでの体験を通じて動物への理解や保全意識、自然とのつながりを深めることが期待される [11, 3]。

しかし、水族館や動物園では複数の個体を同時に展示することが一般的であるため、来訪者の観察は展示全体を俯瞰して眺めるだけにとどまりやすい。この課題に対応するため、多くの施設では個体に名前を付け、性格や特徴を紹介する掲示を設置するなど、来訪者が個体に着目できるような工夫を行っている。こうした個体に対する工夫は、ライオンやカバ、アシカやタコといったように少数で展示されている動物に対しては有効に働くが、数十頭、数十羽規模で飼育・展示するような動物の場合は効果が薄れてしまう。

本研究で扱うペンギンは、数十羽規模で飼育・展示されることが多く、来訪者の観察は俯瞰的なものになりやすい。こうした問題に対し、多くの施設ではフリッパーバンドや名前による個体識別をして、個体一覧や相関図を掲示するなどの展示の工夫を行っている。この個体に着目した情報の提示は、リピーターを増やすことにも繋がっており、推しペンギンなどの言葉もうまれている。また、イルカにおいては個体を識別することがその個体に対する共感や保全意識の高まりにつながるということが明らかになっている [30] ため、個体識別を容易化することは重要であ

ると考えられる。一方で、既存のフリッパーバンドによる識別には、視認性の低さや個体への負担の課題があることに加え、来訪者が観察中の目の前の個体とその情報を直接結びつけることは容易ではない。

我々はこれまで、ペンギンの腹部斑点模様に注目し、来訪者がその模様を描画することで個体を検索可能とする手法を提案・実装し、有用性を示してきた [26]。しかし、これまでの研究は大学生を対象とした小規模な実験であり、実際の水族館の一般来訪者における有用性は十分に検証されていなかった。また、検索対象となる個体数にも制限があった。

そこで本研究では、都市型水族館であるサンシャイン水族館とともに研究を進め、一般来訪者を対象に実証実験を行い、実環境におけるシステムの有用性および他の施設への導入可能性を検証する。実験にあたり、水族館で飼育されている全個体をシステム上で検索対象とした。また、子どもを含む幅広い年代の来訪者の利用を想定し、ユーザインタフェースをわかりやすいものに再設計した。さらに、システムの利用モチベーション向上のために、個体情報を一覧できる図鑑機能と、過去に描画・検索した個体を保存し閲覧できるアルバム機能を追加した。これらの改良を施したシステム「ペンさく」を用いて、サンシャイン水族館にて6日間の実証実験を実施し、来訪者の観察行動に与える影響を考察する。

2 関連研究

2.1 動物園・水族館の役割について

動物園や水族館は単なる娯楽施設ではなく、さまざまな役割を担う施設へと発展してきた [23, 31, 32]。現在では、娯楽・教育・保全・研究の4つの目的の

Copyright is held by the author(s).

* 明治大学

† サンシャイン水族館

もと運営されており [15], 5つ目の柱として福祉やウェルビーイングを位置づける必要性も議論されている [14]. また, 娯楽についても消費的な楽しみだけでなく, 動物への共感を促すエンゲージメントとして再定義すべきとの議論もある [29].

こうした施設への訪問が来訪者に与える影響は, 多くの研究で報告されている. 例えば, 動物園や水族館への訪問が保全に関する知識や自己効力感, 行動意欲の向上につながることや [6, 21], 大人の来園者の保全に対する態度と理解にも影響を与えることが明らかになっている [11]. さらに, Jensen ら [16] は訪問によって得られた生物多様性に関する学習成果が訪問後も長期にわたって持続する可能性があることを示しており, Bruni ら [3] は動物園体験が自然とのつながりを潜在的に促進することを述べている.

一方で, これらの教育的効果や態度変容が時間とともに薄れることや実際の行動変容にはつながらないという指摘 [1] もある. Malamud ら [19] は態度変容や教育, 保全への関心促進への説得力のある証拠が存在しないと主張しており, 来訪者の体験の効果を高めるためには, 展示手法や教育プログラムに対する工夫が求められている.

本研究では, ペンギンをただ眺めるだけの鑑賞にとどまらず, 個体に着目して観察する体験を提供することで来訪者の学びや意識の変容を促すことを目指している. ペンギンの腹部模様を描いて個体を識別するという手法を通じて, 来訪者により深い観察を促し, 動物への興味や共感, 学びにつながる新たなアプローチを提案する.

2.2 動物園の来園者に関する研究

動物園や水族館の来訪者は, 娯楽や癒しといった目的に加え [24, 5], 教育的な体験を求めて訪れる場合も多い [33, 2]. 実際, Davey [9] は来園者の主要な訪問動機として教育と珍しい動物の観察を挙げており, 来園者は一般市民や学生に比べて動物園や飼育動物に対して肯定的な認識を持つことが示されている. また, Packer [28] は, 来訪者が学ぶことを意図していなくても, 学習体験に引き込まれたり, 無意識的に学びを求めたりすることを示している.

特に, 参加型展示や自然に近い環境での展示は, 来訪者の滞在時間や関心の向上につながることが示されている [12, 22]. さらに, 展示に教育的な介入を組み合わせることで, 知識の習得や理解に寄与することが明らかになっている [8, 34]. また, 来訪者が施設の動物や展示に対して抱く肯定的な認識がもっと学びたいという意欲につながることや, 動物とのインタラクティブな体験を通じて学習効果が高まることも指摘されている [13, 7]. さらに動物への共感 は保全行動の変容にも結びつく可能性を持つ [5, 35]. このように, 動物園や水族館での学習や保全意識を高めるためには, 教育的な介入や展示環境の工夫を

して, 動物への関心や共感を高めることが重要であるといえる.

Luebke ら [18] は, 動物を見る際の情緒的な反応が来訪者の感じる楽しさと強く関連していることを示している. Lucardie [17] は, 楽しさや喜びが記憶や学習の効果を高めることを明らかにしており, 来訪者の楽しみを引き出し, 関心や学習効果を高める仕組みが求められる.

本研究では, ペンギンの模様を自ら描いて検索するという能動的かつインタラクティブな観察手法を用いている. 個体ごとの特徴に着目し, その違いを確かめたり, 個体情報を検索したりすることで来訪者の気づきや理解が促進され, 動物への関心や共感につながると考えられる.

2.3 生き物の個体識別に関する研究

種の適切な管理や野生動物管理のため, 動物の個体識別が行われている. Burghardt ら [4] は, 野生のアフリカペンギンの集団の管理や保全などを目的として, 腹部模様の映像からリアルタイムに個体識別するプロトタイプシステムを開発している. また, RGB 画像による外見ベースのペンギン検出と, ハイパースペクトル情報によるスペクトルベースの個体識別を組み合わせた手法により, ペンギンの群れ画像から個体を識別するシステムも提案されている [27].

他にも, 個体数把握や行動研究などを目的として, ヒレなどの傷跡からアシカの個体を識別する手法 [20] や, 深度画像を用いたニワトリの個体識別手法 [36] が提案されている. Duyck ら [10] は生態系の監視や保全のために, 動物の個体識別をする画像検索システムを開発している. このように, 個体固有の模様などの特徴を用いて画像から識別した研究は多く行われている.

一方で, 本研究はユーザが能動的に観察し, 描いた斑点描画の特徴から個体を識別することを目指しており, ユーザの描画には曖昧性やばらつきがあるため単純な画像処理での認識ではなく, 人の描画特性を考慮した類似度判定が必要となる.

3 システムデザイン

3.1 システム設計

本研究では, 実際の水族館での一般利用を考慮し, 以下の必要要件を考慮してシステムを設計した.

- **観察中の個体の特定ニーズ**: サンシャイン水族館には, 個体の名前を確認する手段がなく, 来訪者は観察している個体とその情報を結びつけにくい状況にあった. そこで, 腹部模様を描画して検索する機能を主とし, 観察対象の個体を特定できる仕組みを実現する.
- **幅広い来訪者への対応**: 小さな子どもでも使

えるよう、描画インタフェースやボタン表記はひらがなを用いる必要がある。

- **検索網羅性の確保**：過去の研究では、システム上で対象とする個体数が限られていた。本研究では水族館からすべての個体情報を提供してもらい、全 47 羽を検索対象とする。
- **個体情報へのアクセス性**：描画が難しい場合にも個体情報にアクセスできるようにするため、サンシャイン水族館のすべてのペンギンを一覧で把握可能とする。サンシャイン水族館では草原・天空・バックヤードの 3 エリアにペンギンが分かれているが、図鑑機能では来訪者が直接観察できないバックヤード個体も含めて一覧化する。
- **来館時以外の利用ニーズ**：館内で観察するだけでなく、自宅や他の場面でもペンギンの情報を参照したい来訪者のために、アルバム機能を導入する。これにより、利用者は過去に描画・検索したペンギンの情報を保存し、過去の観察の振り返りや、思い出としての閲覧が可能となる。

なお、基本的な描画インタフェースと検索アルゴリズムは、我々のこれまでの研究 [26, 37] に基づいている。

3.2 検索用データセット構築

本研究では、サンシャイン水族館で飼育されているケープペンギン全 47 羽を対象に検索用データセットを構築した。各個体の正面写真を提示し、20~24 歳の大学生・大学院生 30 名（男性 21 名、女性 9 名）に腹部模様を描画してもらい、その描画データからテンプレートデータを作成した。これは、ひとによる描画のばらつきを抑えるとともに、検索時にユーザ描画との類似度を算出し、個体を推定する際の基準として用いるものである。得られた描画は先行研究 [26] と同様に腹部を 3×3 に分割してベクトル化し、個体ごとに平均をとることで検索に用いるテンプレートデータとした。

3.3 システム概要

3.1 節の要件をもとに、システム「ペンさく」を実装した。ペンさくは以下の画面群によって構成されている。

- **ホーム画面**：ユーザはログインまたはゲストとして利用を選択し、「おえかき」ボタンから描画を開始することができる。ログインして利用することで、アルバム機能が利用可能となる（図 1 左上）。
- **描画面**：展示中のペンギンを観察しながら、腹部模様を描画する。なお、障害物やペンギ



図 1. ペンさくの各画面の UI：上から順に、ホーム・描画、検索結果・個体詳細、図鑑・アルバム画面

ンの動きなどにより腹部の一部が観察できない場合は「みえないところ」として領域を指定することができる。ここで指定された領域は検索における類似度計算から除外される。描画が終了し「かんせい」ボタンを押すと、検索結果画面に遷移する（図1右上）。

- **検索結果画面**：描画が完了すると、入力された模様とテンプレートデータとの類似度に基づき、候補となるペンギンがランキング形式で提示される（図1左中央）。
- **個体詳細画面**：検索結果から特定の個体を選択すると、その個体の画像・名前・バンド色・プロフィール情報などを閲覧できる。観察していた個体と一致していた場合、「この子だった!」ボタンを押すと描画データがデータベースに送信され、ユーザーのアルバムにも記録される（図1右中央）。
- **図鑑画面**：サンシャイン水族館で飼育されているすべてのペンギンを一覧形式で閲覧することができる。各個体の顔画像をクリックすると、その個体の画像・名前・バンド色・プロフィール情報を表示するモーダルウィンドウが開く（図1左下）。
- **アルバム画面**：ログイン状態のユーザーは、過去に描画・検索したペンギンの描画データ、該当個体の画像、検索日時を記録・閲覧できる。アルバムはホーム画面からアクセス可能であり、再訪時の振り返りや思い出として活用できる（図1右下）。

また、ユーザーはホーム画面・描画画面・図鑑画面をヘッダーのナビゲーションメニューから自由に遷移することができる。

本システム「ペンさく¹」はフロントエンドをJavaScriptのフレームワークであるVue.js、バックエンドをPHPで実装し、データベースとしてMySQLを使用して実装した。

4 実証実験

本研究では、システム「ペンさく」を用いてペンギンの腹部模様を描画しながら個体を検索することが、来訪者の観察行動にどのような影響を与えるかを調査するため、サンシャイン水族館にて実証実験を実施した。

実験期間は2024年10月15日（火）～21日（月）のうち、19日（土）を除く計6日間であった。実験はペンギン展示場「草原エリア」および「天空エリア」にて行い、来訪者が自然にシステムにアクセスできるよう、それぞれの展示前にペンさくの説明と



図2. 掲示物の例（左から草原エリア，天空エリア）



図3. 実験の様子

QRコードを記載した掲示物（図2）を設置した。実験の様子を図3に示す。

実験期間中、掲示物は常時掲示し、QRコードを読み込んだ来訪者が自身のスマートフォンからシステムにアクセスできるようにした。また、必要に応じて掲示物を読んでいる来訪者に対して実験者が声をかけ、システムの概要や使い方について口頭で説明を行う場面もあった。

実験中は3名の実験者が毎日10:00～16:00に展示場周辺に待機し、来訪者の行動を観察した。主に、掲示物を読む様子、QRコードを読み込む様子、システムを操作している様子などを対象とし、観察された行動や発話内容は逐次メモとして記録した。

5 結果と考察

5.1 ペンさく利用者の概要

実験期間中、実験者が展示場にて観察・記録した来訪者の行動メモをもとに、筆頭著者が観察および発話の特徴を集計した。行動メモの総文字数は13,222字であった。行動メモからペンさく利用者の数を曜日別・使用形態別にまとめたものを表1に、年代別・性別にまとめたものを表2に示す。

実験では多くの来訪者が展示前の掲示物を興味深

¹ <https://pensaku.com/>

く読み、QRコードを通じてシステムにアクセスする様子が確認された。6日間の実験期間中、記録できた範囲で167組271名がペンさくを利用していた。ペンさくの使用形態については、複数人で1つの端末を用いて使用していた来訪者が79組と最も多かった。特に子連れの親子が、親の端末を使って一緒に描画している様子が数多く確認できた。また、水族館の来訪者が多くなる週末から月曜にかけて利用者が増加する傾向がみられ、最終日には1日で55組が利用していた。年代別では、小学生を中心とする10歳以下が最も多く78名、次いで20代が80名、30代が44名と、全体として子どもとその保護者を中心とした幅広い年齢層の来訪者が利用していた。

ペンさくのホーム画面に設置した任意回答形式のアンケートには11名の回答が得られた。回答者の多くはリピーター層であり、ペンギンへの好感度が高い来訪者であった。訪問目的は「子どものため」が最多で、1人や家族連れが中心であった。また、ぼてとや武蔵など具体的な個体名を覚えたことが報告された。

5.2 コミュニケーションの促進

ペンさくの利用者からは、ペンギンの個体名を用いた会話が頻繁にみられた。サンシャイン水族館ではこれまで個体名を来訪者が直接確認する手段がなかったが、ペンさくを通じて名前を検索できることで「この子はぽてとだった」「オレライムは点が多いな」など、個体名を介した会話が発生していた。

特に、親がスマートフォンを操作しながら子どもに描画を促す協調的な利用が多く観察された。兄弟間で端末を交代しながら利用する様子や、同行者と検索結果を互いに見せ合いながら話し合う姿も記録され、個体を中心とした自然なコミュニケーションが促進されていた。

5.3 観察の変化

ペンさくの利用により、個体ごとの違いに着目した観察が促されていた。描画を通じて腹部模様の特徴に気づき、「この子は点が多い」「模様が違うの知らなかった」といった発話が多く確認された。また、「似たような柄の子がいる」「ペアのペンギンも見つけた!」といった反応もあり、個体間の関係性を考察する姿勢がみられた。

さらに、ペンさくを利用した来訪者は他の来訪者と比較して展示前での滞在時間が増加していた。実際に、「これ見てると時間経っちゃう」といった発話に加えて、子どもが夢中で描画に取り組む様子や、その結果親が何度もそろそろ移動しようと促す場面も観察され、観察体験の継続性が高まっていた。滞在時間は動物への関心度を測る指標とされており[25]、この結果はペンギンへの興味関心の高まりを示すものといえる。

表 1. 使用形態別の利用組数（組）

使用形態	火～金	日・月	合計
1人	16	17	33
複数人・1端末	28	51	79
複数人・複数端末	25	30	55
合計	69	98	167

表 2. 年代・性別別の利用者数（人）

年代区分	男	女	合計
～10歳	36	42	78
～20歳	2	4	6
～30歳	35	45	80
～40歳	15	29	44
～50歳	15	22	37
～60歳	9	11	20
60歳～	1	4	5
合計	113	157	271

5.4 興味・親しみの形成

ペンさくを利用した来訪者のペンギンへの関心や親しみが強まる様子も観察された。アンケートには「今まで名前が分からなかったから嬉しい」「ペンギンファンとしても楽しい経験ができた」といった好意的な意見が多数寄せられた。また、検索結果をスクリーンショットで保存したり、腹部以外の余白に自分なりの観察結果を残すコメントを書いたり、システムを拡張した自主的な観察行動をとっている来訪者も確認できた（図4）。また、図鑑機能には草原や天空に加えてバックヤードで飼育されている個体も含めて一覧できるようにしたことで、来訪者のニーズに応えると同時に、展示では見られない個体への理解や愛着を広げる役割も果たしていた。

さらに、個体情報から「誕生日が近い」といったように自己との関係性を見出し親近感を示す来訪者もいた。一度検索した個体を覚えて、後に再び探そうとする子どもの姿も確認され、ペンギンへの親しみや愛着につながっていた。これらは、ペンギンを単なる展示対象ではなく関係性のある存在として認識するきっかけとなっていたと考えられる。



図 4. 応用的な描画の例

5.5 課題

実験では、掲示を読んでもシステムにアクセスしない来訪者が数多くおり、高齢者や外国人来訪者ではスマートフォン操作や言語が障壁となった可能性がある。また、「模様が见えない」「動いてしまって描きづらい」といった声があり、観察環境による制約があった。現状では見えない部分を除外する機能を備えているが、さらなる工夫が求められる。

検索精度に関しては、個体を特定できない事例や「当たらない」という指摘があったため、検索アルゴリズムやテンプレートデータの改善により検索精度を向上させることが必要である。本研究のデータセットは静止画を用いた描画タスクによって構築されており、実際の観察環境で見られるようなペンギンの動きや部分的に見えない状況は十分に考慮されていない。そのため、動画を用いた描画タスクや、多様な観察条件を含むデータ収集を行い、実環境に適したテンプレート構築をする必要がある。

さらに、一部の子どもからはペンギンを観察せず画面を塗りつぶすなど自由な落書きとして利用する姿もみられた(図5)。このような利用は、観察支援という本来の目的から離れてしまう可能性があるため、観察を自然に促す仕組みが必要と考えられる。

5.6 他施設への導入可能性

本システムは、サンシャイン水族館における実証実験を通じて有用性を確認した。今後、他の水族館や動物園に導入するためには、まず施設ごとの個体情報(名前、バンド色、性別、説明など)の整備が不可欠である。特に誕生日については来訪者の反応が大きく、親近感や関係性を感じるきっかけとなっていたため、他施設での活用においても積極的に取り入れるべきである。

また、本研究ではバックヤードを含む全個体を閲覧できる図鑑機能を実装した。図鑑に対する肯定的な反応が多く得られ、他施設で導入する際にも効果的であると考えられる。

導入にあたり必要な作業は、これら基本情報の整理に加え、検索のためのデータセットの構築が必要であり、個体の写真撮影や模様の特徴をもとにしたテンプレートデータの作成を行う必要がある。本研究では大学生を対象とした描画タスクによってテンプレートを作成したが、今後は効率的な収集方法を検討する必要がある。

これらの準備を整えることで、本システムは他施設にも導入可能であり、来訪者の観察行動や意識変容を支援する仕組みとして活用できると考えられる。

5.7 今後の展望

今後は、検索精度の向上に向けてアルゴリズムやテンプレートデータを改良するとともに、外国語対応やユーザインタフェースの改善を進めていく。ま

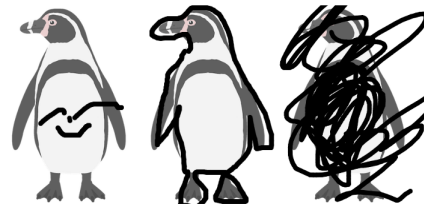


図 5. 模様に基づかない自由描画の例

た、システム上で描画・検索・閲覧のログを記録・分析し、来訪者行動をより詳細に把握する予定である。

さらに、本実験は短期間の実施であったため、今後は長期的な運用を通じて継続的な利用や利用者の行動変容に与える影響を検証する。また、他の施設での実証に向けた計画も進めており、他の水族館への展開を通じて異なる来訪者層や施設環境における有用性を評価する予定である。将来的には教育や福祉との連携を視野に入れた実装を進めていく。

6 おわりに

本研究は、水族館の来訪者にペンギンの個体に着目した観察を促すため、ペンギンの腹部模様の描画から個体を検索するシステム「ペンさく」を開発し、水族館における実証実験からシステムが人の観察行動に与える影響を調査した。その結果6日間の実験期間中、167組271名がシステムを利用し、同行者とのコミュニケーションの促進や、個体に焦点を当てた観察が促される様子が確認された。展示前での滞在時間の増加や、個体名を通じた興味・親しみの高まりも見られ、観察体験を豊かにする効果が示された。

また、サンシャイン水族館と連携し、実際の飼育個体すべてを対象とした検索や図鑑機能を来訪者が自由にアクセスできる利用形態を整え、より広く水族館・動物園で資する仕組みづくりの第一段階を示した。今後は、検索精度の改善をしたうえで、システムの長期的な運用や、複数施設での実証実験を行い、異なる環境におけるシステムの有用性や観察の継続性について詳細な調査をしていく。

さらに本研究は、動物観察における主体性や関心を高める新たな支援のあり方を提示し、水族館における教育・福祉的価値の向上につながる仕組みへと発展させていくことを目指す。来訪者が自ら個体を識別し、その違いや特徴に気づく体験は、単なる観賞を超えて動物との関係性を築くきっかけとなる。また、来訪者による個体の観察結果を施設と共有する仕組みが実現すれば、飼育者だけでは把握しきれない異常や変化を早期に察知し、動物の健康や福祉の向上に役立つ可能性がある。こうした経験は来訪者にとっても学びや保全に対する参加意識を育み、動物園・水族館の役割に貢献すると考えられる。

参考文献

- [1] L. M. Adelman, J. H. Falk, and S. James. Impact of National Aquarium in Baltimore on visitors' conservation attitudes, behavior, and knowledge. *Curator: The Museum Journal*, 43(1):33–61, 2000.
- [2] R. Ballantyne, J. Packer, K. Hughes, and L. Dierking. Conservation learning in wildlife tourism settings: Lessons from research in zoos and aquariums. *Environmental Education Research*, 13(3):367–383, 2007.
- [3] C. M. Bruni, J. Fraser, and P. W. Schultz. The value of zoo experiences for connecting people with nature. *Visitor Studies*, 11(2):139–150, 2008.
- [4] T. Burghardt, B. Thomas, P. J. Barham, and J. Calic. Automated visual recognition of individual African penguins. In *Fifth International Penguin Conference*, 2004.
- [5] S. Clayton, J. Fraser, and C. D. Saunders. Zoo experiences: Conversations, connections, and concern for animals. *Zoo Biology: Published in affiliation with the American Zoo and Aquarium Association*, 28(5):377–397, 2009.
- [6] S. Clayton, A.-C. Prévot, L. Germain, and M. Saint-Jalme. Public Support for Biodiversity After a Zoo Visit: Environmental Concern, Conservation Knowledge, and Self-Efficacy. *Curator: The Museum Journal*, 60(1):87–100, 2017.
- [7] C. K. Collins, S. McKeown, and R. O'Riordan. Does an animal–visitor interactive experience drive conservation action? *Journal of Zoological and Botanical Gardens*, 2(3):473–486, 2021.
- [8] C. Collins, I. Corkery, S. McKeown, L. McSweeney, K. Flannery, D. Kennedy, and R. O'Riordan. Quantifying the long-term impact of zoological education: a study of learning in a zoo and an aquarium. *Environmental Education Research*, 26(7):1008–1026, 2020.
- [9] G. Davey. Public perceptions in urban China toward zoos and their animal welfare. *Human Dimensions of Wildlife*, 12(5):367–374, 2007.
- [10] J. Duyck, C. Finn, A. Hutcheon, P. Vera, J. Salas, and S. Ravela. Sloop: A pattern retrieval engine for individual animal identification. *Pattern Recognition*, 48(4):1059–1073, 2015.
- [11] J. H. Falk, E. M. Reinhard, C. L. Vernon, K. Bronnenkant, J. E. Heimlich, and N. L. Deans. Why zoos and aquariums matter: Assessing the impact of a visit to a zoo or aquarium. 2007.
- [12] E. J. Fernandez, M. A. Tamborski, S. R. Pickens, and W. Timberlake. Animal–visitor interactions in the modern zoo: Conflicts and interventions. *Applied Animal Behaviour Science*, 120(1-2):1–8, 2009.
- [13] A. M. Godinez and E. J. Fernandez. What is the zoo experience? How zoos impact a visitor's behaviors, perceptions, and conservation efforts. *Frontiers in Psychology*, 10:1746, 2019.
- [14] P. J. Greenwell, L. M. Riley, R. Lemos de Figueiredo, J. E. Brereton, A. Mooney, and P. E. Rose. The Societal Value of the Modern Zoo: A Commentary on How Zoos Can Positively Impact on Human Populations Locally and Globally. *Journal of Zoological and Botanical Gardens*, 4(1):53–69, 2023.
- [15] JAZA. (公社) 日本動物園水族館協会の 4 つの役割.
- [16] E. A. Jensen, A. Moss, and M. Gusset. Quantifying long-term impact of zoo and aquarium visits on biodiversity-related learning outcomes. *Zoo biology*, 36(4):294–297, 2017.
- [17] D. Lucardie. The impact of fun and enjoyment on adult's learning. *Procedia-Social and behavioral sciences*, 142:439–446, 2014.
- [18] J. F. Luebke and J. Matiassek. An exploratory study of zoo visitors' exhibit experiences and reactions. *Zoo biology*, 32(4):407–416, 2013.
- [19] R. Malamud, R. Broglio, L. Marino, S. O. Lilienfeld, and N. Nobis. Do zoos and aquariums promote attitude change in visitors? A critical evaluation of the American zoo and aquarium study. *Society & Animals*, 18(2):126–138, 2010.
- [20] S. D. McConkey. Photographic identification of the New Zealand sea lion: a new technique. 1999.
- [21] X. McNally, T. L. Webb, C. Smith, A. Moss, and J. Gibson-Miller. A meta-analysis of the effect of visiting zoos and aquariums on visitors' conservation knowledge, beliefs, and behavior. *Conservation Biology*, 39(1):e14237, 2025.
- [22] L. J. Miller. Visitor reaction to pacing behavior: Influence on the perception of animal care and interest in supporting zoological institutions. *Zoo Biology*, 31(2):242–248, 2012.
- [23] R. Miranda, N. Escribano, M. Casas, A. Pino-del Carpio, and A. Villarroya. The Role of Zoos and Aquariums in a Changing World. *Annual Review of Animal Biosciences*, 11:287–306, 2023.
- [24] J. M. Morgan and M. Hodgkinson. The motivation and social orientation of visitors attending a contemporary zoological park. *Environment and behavior*, 31(2):227–239, 1999.
- [25] A. Moss and M. Esson. Visitor interest in zoo animals and the implications for collection planning and zoo education programmes. *Zoo biology*, 29(6):715–731, 2010.
- [26] Y. Nakagawa and S. Nakamura. Drawing-type Search Method Focusing on Penguin's Abdominal Patterns for Enriching Observation Experiences in an Aquarium. In *Proceedings of the 2024 International Conference on Advanced Visual Interfaces, AVI '24*, pp. 1–3, 2024.
- [27] Y. Noboru, Y. Ozasa, and M. Tanaka. Appearance-and-Spectral-Based Identification

- System for Penguin Individuals. *ITE Transactions on Media Technology and Applications*, 13(2):211–220, 2025.
- [28] J. Packer. Learning for fun: The unique contribution of educational leisure experiences. *Curator: The Museum Journal*, 49(3):329–344, 2006.
- [29] P. E. Rose and L. M. Riley. Expanding the role of the future zoo: Wellbeing should become the fifth aim for modern zoos. *Frontiers in Psychology*, 13:1018722, 2022.
- [30] P. Smith, J. Mann, and A. Marsh. Empathy for wildlife: The importance of the individual. *Ambio*, 53(9):1269–1280, 2024.
- [31] S. L. Spooner, S. L. Walker, S. Dowell, and A. Moss. The value of zoos for species and society: The need for a new model. *Biological Conservation*, 279:109925, 2023.
- [32] S. Thomas. Social Change for Conservation – The World Zoo and Aquarium Conservation Education Strategy.
- [33] A. Villarroja, R. Miranda, A. Pino-del Carpio, and M. Casas. Social Perception of Zoos and Aquariums: What We Know and How We Know It. *Animals*, 14(24):3671, 2024.
- [34] B. Wagoner and E. Jensen. Science learning at the zoo: Evaluating children’s developing understanding of animals and their habitats. *Psychology & Society*, 3(1):65–76, 2010.
- [35] A. Young, K. A. Khalil, and J. Wharton. Empathy for animals: A review of the existing literature. *Curator: The Museum Journal*, 61(2):327–343, 2018.
- [36] B. Zhang, Y. Qiu, X. Wang, H. Lu, and F. Wang. Research on the method of individual identification of chickens based on depth image. In *Journal of Physics: Conference Series*, Vol. 1631, p. 012018, 2020.
- [37] 中川由貴, 中村聡史. ペンギンの腹部模様に着目した斑点描画型検索・観察手法とその検証. 情報処理学会論文誌, 65(12):1842–1853, 2024.

未来ビジョン

本研究は、来訪者の観察体験を技術によって拡張するだけでなく、動物園・水族館の重要な役割である教育や動物福祉意識の向上に寄与する点で意義を持つ。来訪者が自らペンギンを「個体」として識別する体験を通じて観察行動や理解がどのように変化するかを明らかにし、教育・福祉・エンタテインメントを横断する新たな動物との関わり方を提案する。

今後はまず、来訪者の行動変容や理解の深まりを定量的に捉える評価指標を確立し、展示設計や福祉評価の基盤的知見を提供することを目指す。例えば、来訪者による個体の観察記録が、飼育担当者にとって異常行動や健康状態の兆候を早期に把握する手がかりとなるなど、展示環境や飼育管理の改善に結びつく可能性を探る。さらに、来訪者による個体観察の深さや持続性を動物福祉を考慮した展示評価の新

たな指標として位置づけることにより、展示設計や施設運営に新しい視点を提供できると考える。

また本手法は、個体ごとに視覚的特徴を有する他種にも展開可能であり、より良い観察行動への変容を促す一般的アプローチとしての応用可能性も見込まれる。

本研究の取り組みは、レジャーとしての目的だけでなく動物園・水族館における展示・教育・研究のあり方を再定義する一助となることが期待される。将来的に多くの施設で導入されることで、来訪者の観察行動や学びを広く比較・分析できる基盤が整い、楽しみながら学べる仕組みとして社会に定着していくことを目指す。