

水族館でのペンギン個体識別法の調査と腹部模様に着目した観察手法の比較検証

中川 由貴^{1,a)} 中村 聡史^{1,b)}

概要: 多くの水族館では、ペンギンを飼育する際にフリッパーバンドを用いて個体識別している。しかし、バンドはかなり小さいうえに、似通った色が使用されている場合も多く、一般の来園者が色を見分けることは容易ではない。本研究ではまず、複数の水族館を訪問調査し、どのような識別が行われているのか、また色の識別性からバンドによる個体識別可能性を検討した。次に、我々がこれまでに提案してきた腹部模様の描画による個体識別手法の有用性を検証するため、水族館にて我々の手法と、フリッパーバンドによる名前検索システム（ペンたごん）を用いた観察実験を実施し、比較を行った。実験の結果から、バンドによる手法は色の判別が難しいもののエピソード記憶化できるものは記憶できること、また腹部模様による個体識別は多様なペンギンの記憶につながることや、個々のペンギンに対する関心が高まることが明らかになった。

1. はじめに

水族館や動物園は多くの人を楽しみに訪れるレジャー施設である一方、生き物の保全や来館者の教育的役割も担っている [1]。Roe ら [2] は動物園の来園者の多くが学習を目的として来園していることを明らかにしており、水族館や動物園を訪れることが来訪者の動物保護に対する姿勢や、動物に対する知識・理解の変化につながる様々な研究 [3][4][5][6] で示されている。

動物園の来園者の感じる楽しさや面白さは動物を観察することと強く相関していること [7]、また来園者の動物について知りたいという欲求や動物とのつながりの認識が動物園体験において重要であること [8] が明らかになっている。ここで Smith ら [9] はイルカを個体識別することがイルカに対する共感や保全行動への意欲に相関することを明らかにしており、これは水族館や動物園における他の生き物についても、同様のことがいえると考えられる。我々はこれまでの研究において、水族館や動物園において特に人気のあるペンギンを対象とし、ペンギンが数十話単位で飼育・展示されていることが多いため来館者はペンギン全体を眺めるだけとなってしまふことを問題として考え、個体に着目した観察を促す研究を行ってきた [10]。実際、多くの水族館ではペンギンを数十話単位で飼育・展示しており、個体に注目させることを目的として、ペンギン一羽一

羽に名前をつけ、それぞれの性格や特徴を紹介する一覧表やペンギン同士の関係性を示す相関図を掲示するなどして展示の工夫をしている [11]。また、多くの水族館では飼育員がペンギンを識別し、給餌・健康管理などをするために、異なる色のフリッパーバンド（以後バンドと呼ぶ）を付けており（図 1）、このバンドの色を使って来館者がペンギンの個体を識別できるような見分け方の紹介やバンドの色と名前の対応表を掲示している水族館もある。

しかし、バンドによる識別には視認性の問題がある。例えば、ペンギンの動きや水族館の照明など観察する環境により、バンドが見えにくくなる場合がある。他にも、主にバンドとして利用される結束バンドの色の種類の都合により、グリーン・ライトグリーン・ライムといったように似通った色が利用された結果、どの色であるかの判別が難しくかったり、そもそもバンドの色が褪せたり変色したりする



図 1 フリッパーバンドをつけたペンギン

¹ 明治大学

^{a)} nakagawa.yuki55@gmail.com

^{b)} satoshi@snakamura.org

ことにより識別が難しくなるという問題がある。

我々はこれまでペンギンの個体に注目した観察を支援する手法として、ペンギンの特徴的な腹部のスポット模様を描画し、その描画からペンギンを検索するシステムを提案および実装してきた [10]。また、実験室での描画実験を通して描画から高い精度でペンギンを検索できることや、水族館でのシステム使用が一部実験参加者のペンギンの記憶に効果的であることを明らかにしてきた [12]。しかしこれまでの研究では、腹部模様の描画から名前を検索するという提案システムを使用した実験のみが行われており、他手法と比較して提案手法の有用性を十分に評価できていなかった。また、水族館がどのようにペンギンを識別しているかや、バンドによる識別の容易性といった個体識別手法に関する基礎調査が不十分であった。

そこで本研究では、まず複数の水族館を訪問調査し、個体識別手法やバンドによる識別の限界について考察する。また、フリッパーバンドによる名前検索システム「ぺんたごん^{*1}」を用いた観察実験を実施し、システムの利用がペンギンの記憶や認知に与える影響について、提案手法との結果と比較し考察する。

2. 関連研究

2.1 水族館・動物園支援に関する研究

動物園や水族館において、来園者は生き物を眺めるだけとなってしまう生き物の観察や学習につながらないことが多いため、動物園や水族館での観察や知識習得を支援する研究は様々行われている。吉田ら [13] は、動物園の来園者がタブレットを用いて個体の行動を記録するシステムを開発・検証した。その結果、多くのユーザが動物を詳細に観察し、動物への理解を深めたことを示している。

また、来園者に他者とのインタラクションを促すことによる観察支援研究も複数行われている。大橋ら [14] は、小中学生が動物園の音声ガイドを作成し、それを聞いた他の来園者がメッセージを残すことで来園者同士がコミュニケーションをするシステムを開発している。ワークシートや映像コンテンツによって動物への観察を促しつつ、親子・友人間のコミュニケーションを活性化させ、動物園での体験価値を高める取り組みも行われている [15][16]。

他にも、高岡ら [17] は動物園において SNS を通じた情報提示やコミュニケーションが、動物への興味や関心につながることを明らかにしている。本研究においても、ユーザが能動的に描画しながらペンギンを観察することや、描画している間のユーザ同士のコミュニケーションなどから観察の効果が高まると考える。

2.2 動物園の来園者に関する研究

動物園の来園者の行動や体験を調査した研究も多く行われている。Luebke ら [7] は、動物園の来園者の感じる楽しさや面白さは動物を観察することと強く相関していることを明らかにしており、動物の可視性や行動に焦点を当てた展示の重要性を示している。また、動物の福祉に配慮された動物園の観光が、来園者の動物に対する興味を引き、学ぶ機会を増やすことを明らかになっており、飼育員との交流や清潔な環境がより良い体験に導くとしている [18]。このように、来園者の興味を惹くためには展示や体験に工夫を施す必要があることがわかる。

また、原 [19] は動物園の観光客の常連化をするうえで、常に新しい情報を発信することで適度な満足感を与えることが重要であると考察している。観光施設における再訪については、人的・空間的つながりや感動体験などが要因となること [20]、また、再訪者数増加のためには「新しさ」に関する満足度を高める必要があること [21] も述べられている。

本研究においても、ペンギンの個体固有の模様に注目しながら観察することが楽しさや新しい気づきにつながると考えられる。また、他のユーザの描いた斑点描画と自身の描画を比較することなどによる他者との交流や、日々ユーザによって新しい描画画像が更新・提示されるシステムは来園館者の再訪を促すことができると考えている。

2.3 生き物の個体識別に関する研究

動物を個体識別し調査することは、種の適切な管理や行動生態学的研究などに役立つことが明らかにされている [22]。Burghardt ら [23] 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、ペンギンの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。本研究は画像ではなく、来園館者自身の描いた斑点描画から個体識別をして名前を検索するものである。

個体数把握や行動研究などを目的として、生き物の個体識別に関する研究が様々行われている。池田ら [24] は、畳み込みニューラルネットワークによりチンパンジーの個体識別が可能であることを明らかにしている。また、マンボウやサンショウウオの体表模様による個体識別 [25][26] や、ヒレなどの傷跡の写真からニュージーランドアシカの個体識別をするもの [27]、深度画像を用いたニワトリの個体識別手法 [28] などが提案・検討されている。Duyck ら [29] 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、本研究はユーザの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

^{*1} ペんたごん <https://www.sumida-aquarium.com/pentagon/>

ため単純な画像処理などでの認識は適していないと考えられる。

3. 水族館の個体識別手法調査

ペンギンを飼育・展示している水族館がどのようにペンギンを識別しているか、またバンドの視認性について、国内外の18の水族館（一部ペンギンを飼育及び展示している動物園を含む）を訪問し調査した。調査期間は2022年6

月1日～2024年6月4日であった。調査した水族館の一覧とその結果を表1に示す。

調査した18施設中17施設で、ペンギンにバンドが付けられており、そのバンドによる個体の識別、飼育管理をしていることが観察された（図2）。名古屋港水族館や長崎ペンギン水族館など4施設では、ペンギンにバンドの色に紐づいた個体番号を付けていることが示されており、バンドの色から個体番号を求める方法が館内のポスターやWeb上の記事で紹介されていた（図3、4）。また、AOAO SAPPORO

表1 水族館におけるペンギンの個体識別結果（識別のための情報の例は図2の通り）

| 名前（場所） | 識別のための情報 | 展示状況 | 個体識別と絡めた情報の提供 |
|-----------------------------------|-------------------------|-------|--|
| おたる水族館 （北海道） | バンドに名前 | 屋外 | 名前と顔写真でペンギンのペアを紹介する展示 Web上の記事で個体の写真と名前を併せて紹介 ペンギンショーでも名前を連呼 |
| AOAO SAPPORO （北海道） | 1～2本のバンドの色の組み合わせ | 屋内 | すべてのペンギンの名前・写真・性格・雌雄・バンドの色を一覧にした新聞風のポスターやWeb記事を掲示 |
| アクアワールド茨城県大洗水族館（茨城県） | 左右の3～4本のバンドの色の組み合わせ | 屋外/屋内 | バンドの色と対応した個体番号からペンギンを見分ける方法を紹介 |
| サンシャイン水族館 （東京都） | 1～2本のバンドの色と左右の位置の組み合わせ | 屋外 | WebサイトやSNSで、ペンギンの名前や画像、性格などの情報を発信 |
| すみだ水族館 （東京都） | 1～3本のバンドの色の組み合わせ | 屋内 | すべてのペンギンの顔画像とバンドの色が提示された相関図を掲示 バンドの色から個体を検索できるシステム「ぺんたごん」を導入 Web上で推しペンギン診断やSNSで個体に関する詳細情報を発信 |
| 掛川花鳥園 （静岡県） | 1～3本のバンドの色の組み合わせ | 屋外 | すべてのペンギンの名前・写真・雌雄・バンドの色・生年月日を示すペンギン図鑑を掲示 Web上のブログにてペンギンの個体に関する情報を紹介 |
| 名古屋港水族館 （愛知県） | バンドの4個のピースの色と順序の組み合わせ | 屋外/屋内 | バンドの色をもとにペンギンの個体番号を識別する方法を掲示 |
| 南知多ビーチランド （愛知県） | 2本のバンドの色と左右の位置の組み合わせ | 屋外 | ペンギンの名前・写真・雌雄・バンドの色・孵化日を一覧で示すペンギン図鑑を掲示（ペンギンのペア情報も別途掲示） SNSで個体の特徴を発信 |
| 鳥羽水族館 （三重県） | 1～2本のバンドの色の組み合わせ | 屋外 | Web上の記事でペンギンの名前・バンドの色の一覧や、ペンギンの性格、スポットによる見分け方などを紹介 |
| 京都水族館 （京都府） | バンドの1～2個のピースの色の組み合わせ | 屋内 | すべてのペンギンの顔画像とバンドの色が提示された相関図を掲示 バンドの色から個体を検索できるシステム「ぺんたごん」を導入 ポスターで腹部斑点やヘアスタイルによる見分け方を紹介 |
| 海遊館 （大阪府） | バンドの4個のピースの組み合わせ | 屋外/屋内 | バンドの色と対応した個体名（アルファベットと数字の組み合わせ）を見分ける方法をWeb上の記事で紹介 |
| átoa（兵庫県） | 情報なし | 屋外 | Web上の記事でペンギンの名前や特徴を紹介 |
| 長崎ペンギン水族館 （長崎県） | 2本のバンドの色と順序の組み合わせ（左右同じ） | 屋外/屋内 | バンドの色をもとに個体番号を識別する方法を掲示 Web上の記事で一部のペンギンの名前を紹介 |
| DMM かりゆし水族館 （沖縄県） | 2本のバンドの色の組み合わせ | 屋内 | すべてのペンギンの名前とバンドが写った写真による相関図を掲示 掲示物の中でバンドの色から名前を覚えるよう紹介 |
| Sea Life Sydney Aquarium（オーストラリア） | 1本のバンドの色とその位置（羽または足） | 屋内 | ペンギンの名前・年齢・パートナー・性格・雌雄・羽または足につけたバンドの色を一覧で示すボードを掲示 |
| National Zoo & Aquarium（オーストラリア） | 足につけられた1本のバンドの色 | 屋外 | 特になし |
| Copenhagen Zoo（デンマーク） | 2色の縞模様バンドの色の組み合わせ | 屋外 | 特になし |
| Aquarium of Genoa（イタリア） | 1本のバンドの色と羽の左右の位置 | 屋内 | 特になし |

や南知多ビーチランドなどのように、すべてのペンギンに固有の名前をつけて飼育している水族館も多く、その名前とバンドの色を一覧できるような掲示をすることで来館者がペンギンを識別しやすいように工夫していた(図5~8)。すみだ水族館と京都水族館では、バンドの色から個体を検索できる Web コンテンツ「ぺんたごん」を利用してペンギンの個体情報を提供していた。ここで Smith ら [9] は、イルカの個体識別がそのイルカに対する共感を高めるとともに、イルカという種への保全行動への意欲を向上させることを明らかにしており、これは他の動物へも適用可能であると考えられる。そのため、ペンギンの個体を識別可能とすることで、来館者はペンギンの個体のみならずペンギンという種に対しても感情的なつながりをもちやすくなると期待され、再訪や推しペンギンなどの特定の個体を追いかける楽しみだけでなく、動物保護意識を高める可能性がある。

一方、飼育管理のためにペンギンにバンドや名前を付けているものの、来館者にはその名前がわかるような情報の提供をしていない水族館もあった。多くの水族館が行っているバンドの色による個体識別は、飼育員などのように日々接している人であれば識別可能性が高いものであるが、来訪者にとっては容易ではなく、またその観察環境に視認性が大きく依存する。例えば、明るい色のバンドは暗い背景や水の中でも目立ちやすいが、バンドが小さすぎる場合や水族館の暗い照明によっては視認性が低下することがある。さらに、ペンギンの向きによりそもそも観察できなかつたり、ペンギンが泳ぎまわっていたりする状況では来館者がバンドの色を視認することは容易ではない。また、野生のペンギンにバンドをつけることは繁殖成功率や生存率の低下につながる可能性が示唆されており [30]、ペンギンに対する影響への懸念が議論されている。

そのためペンギンの腹部斑点を描画し個体の名前や特徴を検索する我々の手法は、水族館においてユーザの識別の負担が少なく能動的な観察ができるという点で有用であると考えられる。また、我々の手法はバンドによる識別手法と組み合わせることも可能であり、相補関係にあると言える。

4. 比較実験

我々がこれまで実現してきた手法がどのような特徴を持ち、どのような利点・欠点があるかを明らかにするため、3章で紹介した多くの水族館が導入しているバンドに着目した観察手法との比較実験を行う。

4.1 実験概要

実験は、提案手法および比較手法について、水族館(すみだ水族館)において、約30分間ペンギンを観察・検索し



図2 水族館独自のバンドの例(左上から順に、バンドの色の組み合わせで識別するサンシャイン水族館、左右の計3本のバンドの色の組み合わせで識別するすみだ水族館、バンドに名前が明記されているおたる水族館、バンドにつけられた4個のビーズの色の組み合わせで識別する海遊館、バンドの縞々の色の組み合わせで識別する Copenhagen Zoo、羽または足につけられたバンドの色で識別する National Zoo & Aquarium)



図3 バンドの色から個体番号を紹介する掲示(名古屋港水族館)

てもらい、どの程度検索可能だったか、またどの程度記憶に残っているかなどを調査するものである。比較する手法は以下の通りである。

- 提案手法：ペンギンの腹部の斑点が個体によって異なることに着目し、腹部の斑点を描画することでペンギンを検索可能なシステムを用いたペンギンの名前を検索する手法

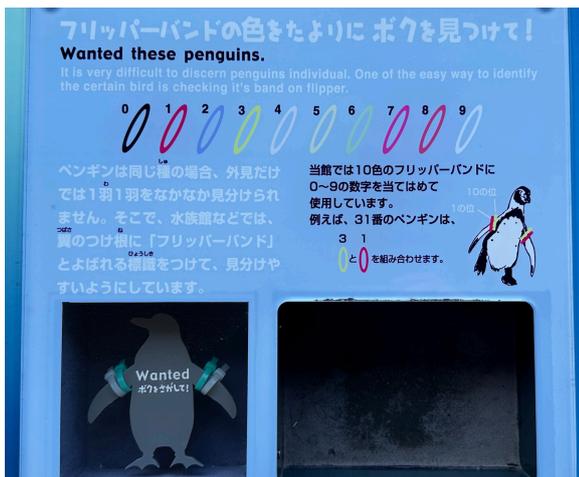


図4 バンドの色から個体番号を紹介する掲示 (長崎ペンギン水族館)



図5 個体の名前とバンドの色の一覧掲示 (AOA SAPPORO)



図6 個体の名前とバンドの色の一覧掲示 (掛川花鳥園)

- **比較手法**: 多くの水族館でペンギンの個体識別のために導入されているバンドに着目し、バンドの色の組み合わせでペンギンを検索可能な「ぺんたごん」を用いたペンギンの名前を検索する手法

なお、提案手法を用いた実験ではユーザがどのような検索行動を取ったのかをログから判断することが可能であるが、比較手法を用いた検索は行動ログを取って分析することができないため、実験中はスマートフォンの画面録画を



図7 個体の名前とバンドの色の一覧掲示 (南知多ビーチランド)



図8 個体の名前とバンドの色、関係図を示す掲示 (南知多ビーチランド)

してもらい、ペンギンの個体を特定できた場合にスクリーンショットを取ってもらうこととした。

いずれの実験においても、実地実験の後アンケート調査を実施した。アンケートは描いたペンギンまたは検索したペンギンの名前の記憶に関する質問と、システムの評価に関する質問からなるものである。名前の記憶に関する質問では、覚えているペンギンの名前や、描いた・検索したペンギンの名前、また会いたいペンギンの名前などについて覚えている範囲で記述形式で回答してもらった。システムの評価に関する質問では、システムの使いやすさを1(使いにくかった)~5(使いやすかった)の5段階のリッカート尺度で、システムを使用した感想を自由記述形式で回答してもらった。

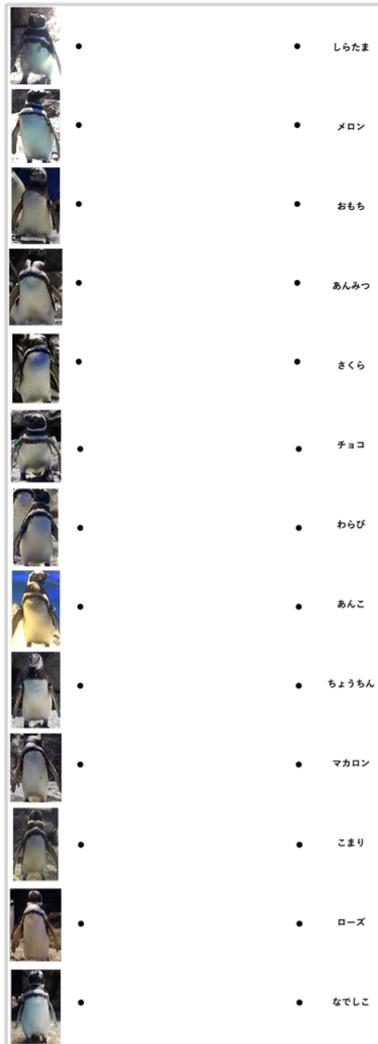


図9 記憶テスト

また、システムを用いた観察がペンギンへの記憶に与える影響を調査するため、実地実験の6日後に記憶テストを実施した。記憶テストは、すみだ水族館で展示されているペンギンのうち、実地実験にて複数名が名前を検索したペンギン13羽について、画像と名前を左右にランダムに提示し、同じペンギンの画像と名前を線でつなぐタスク形式で実施した(図9)。実験参加者には記憶している範囲で画像と名前を一致させることができたなら線でつなぐように指示した。また、顔と名前を一致させることができずとも、画像や名前のいずれかを記憶しているペンギンについては、印をつけるように指示した。

4.2 結果

実験日および実験参加者は、提案手法が2023年10月13日で実験参加者は21~23歳の大学生・大学院生9名(男性6名・女性3名)、比較手法が2024年7月2日で実験参加者は20~22歳の大学生9名(男性5名・女性4名)であった。

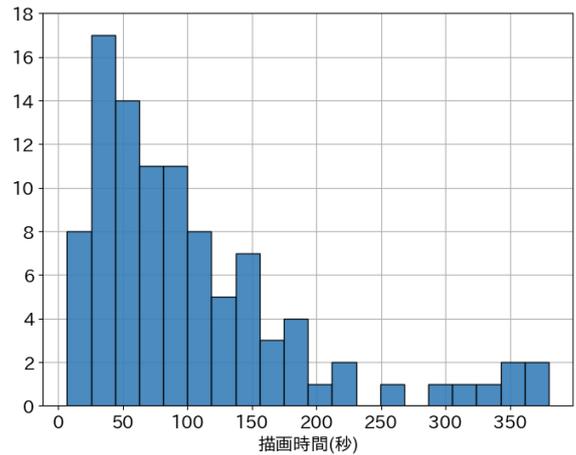


図10 斑点描画時間の分布

4.2.1 提案手法の結果

水族館での実験において、提案手法のシステムで収集できた斑点描画のデータは99件であった。実験参加者は9名であったため、実地実験において実験参加者1人あたり平均11.0回ペンギンを描画し検索したことがわかる。また、自身の描いた斑点模様から名前を特定できたペンギンの数は1人あたり平均6.0羽であった。1人の実験参加者が同じペンギンを2回描画し検索した場合があったため、その割合を算出したところ、重複率は特定数全体の9.3%であった。さらに、斑点を描画する作業にかかる時間を分析した結果、1羽のペンギンの斑点を描画するのにかかる時間の中央値は79.1秒であり、38%以上が60秒以内であることがわかった(図10)。

実験後アンケートによると、実験参加者1人あたり平均2.0羽の名前を記憶していた。「また会いたいペンギンがいるか」の質問では、9名中7名(77.8%)が「いる」と回答し、その7名中6名が会いたいペンギンの名前を回答した(しらたま×2, さくら, わらび, ローズ, ラムネ, よもぎ)。「システムは使いやすかったですか?」という質問の、実験参加者全員の回答の平均は3.56であった。

実地実験の6日後に行った記憶テストでは、提示した13羽のうち、記憶していると画像に印がつけられたペンギンの数は、平均3.4羽であった。なお、実験参加者が記憶していると名前に印をつけたペンギンの中には、実地実験の際に検索していないペンギンの名前も含まれていた。そこでシステムの利用が記憶に与える影響を調べるため、実際にそれぞれの実験参加者が名前を検索したペンギンのみを抽出したところ、平均2.2羽であった。正しく画像と名前をつないでいたのは4名で、それぞれ1羽の組み合わせを正解していた。

4.2.2 比較手法の結果

実験時の画面録画とスクリーンショットのデータから、実験参加者がペンギンを検索した数とペンギンを特定できた数を分析した。その結果、実験参加者1人あたり平均

表2 比較実験の結果

| | 提案手法 | 比較手法 |
|----------------|------------|------------|
| 実施日 | 2023/10/13 | 2024/07/02 |
| 実施人数 | 9名 | 9名 |
| システムのペンギン網羅率 | 63.5% | 100.0% |
| 検索件数(平均) | 11.0件 | 34.1件 |
| 名前特定数(平均) | 6.0羽 | 14.3羽 |
| 検索での名前特定率(平均) | 54.5% | 41.9% |
| 個人内の検索重複率(平均) | 9.3% | 14.5% |
| 実験直後の名前記憶数(平均) | 2.0羽 | 5.4羽 |
| 6日後の名前記憶数(平均) | 2.2羽 | 3.1羽 |
| 6日後の画像記憶数(平均) | 3.4羽 | 0.9羽 |
| 6日後の画像・名前一致人数 | 4名 | 3名 |

34.1回ペンギンを検索していた。そのうちペンギンを特定できたのは1人あたり平均14.3羽であった。また、1人の実験参加者が同じペンギンを複数回描画して検索した場合があったため、その割合を算出したところ、重複率は特定数全体の14.5%であった。

実験後アンケートによると、実験参加者1人あたり平均5.4羽の名前を記憶していた。「また会いたいペンギンがいるか」の質問では、9名中7名(77.8%)が「いる」と回答し、7名全員が会いたいペンギンの名前を回答した(さくら×2, しらたま×2, ポテチ×2, ココア, りんご)。「システムは使いやすかったですか?」という質問の、実験参加者全員の回答の平均は3.88であった。

実地実験の6日後に行った記憶テストでは、提示した13羽のうち、記憶していると画像に印がつけられたペンギンの数は、平均0.9羽であった。また、記憶していると名前に印をつけたペンギンのうち、実際にそれぞれの実験参加者が名前を検索したペンギンのみを抽出したところ、平均3.1羽であった。正しく画像と名前をつないでいたのは3名で、それぞれ1羽の組み合わせを正解していた。なお、3名は全員「さくら」という名前のペンギンで正解していた。この「さくら」という名前は実験参加者1名の名前と一致していた。

5. 考察

5.1 検索容易性

提案手法をと比較手法を用いた実験の結果を表2に示す。提案手法では1人あたり11.0回ペンギンを描画し検索しており、そのうち検索結果から観察しているペンギンの名前を特定できた割合は54.5%であった。一方、比較手法では1人あたり34.1回ペンギンを検索しており、そのうち検索結果から観察しているペンギンの名前を特定できた割合は40.4%であった。そもそも提案手法は検索できるペンギンの網羅率が63.5%であるため、この数値は十分高いものと言える。一方、比較手法では、ユーザはペンギンのバン

ドの色を指定するだけで検索可能であるため検索件数が増えたものの、ユーザはペンギンのバンドの色すべてを正確に視認して入力する必要があるため、この点が精度に影響を及ぼした可能性がある。また、ぺんたごんの検索結果のインターフェースにはペンギンの全身の画像ではなく顔のみが写った画像を提示される場合が多く、検索したペンギンが提示されたペンギンなのかをユーザが画像のみで判断することは容易ではない。そのため、比較手法でのペンギンの特定率が低下したと考えられる。実際に実験後アンケートでの回答の中には、「バンドの色がわからない時があった」や「わかりづらい色があった(黄, 白, クリーム色)」、「自分が調べたペンギンが正解かわからなかった」、「写真が一部しか写ってなかったりして判別が難しかった。片方のバンドしかみることができない場面が多かったので、両腕に着いたバンドの色を判断することが難しかった」などのバンドによる検索の限界について述べたものが複数あった。

システムの使いやすさに関する評価は、提案手法は3.56、比較手法は3.88とどちらも中程度であった。比較手法は検索においてバンドの色を選択するだけであるため、腹部模様の描画に比べてユーザの負荷が小さく、評価が高くなったと考えられる。一方、提案手法での検索にかかる描画時間は図10より、約4割が60秒以内であった。なおこの描画時間は、斑点描画面を開いた時間から計測しているため、画面を開いてから描画するペンギンを探すなどした場合にはその時間も含まれている。そのため実際に描画にかかった時間はより短い。観察中のペンギンの動きや視認性に依るものの、本システムでの描画にかかる時間は一般的な来館者にとって過度な負担とはならない範囲であると考えられる。

5.2 記憶への影響

実地実験の直後に提案手法では1人あたり平均2.0羽、比較手法では5.4羽のペンギンの名前を記憶していた。また、実地実験から6日後の記憶テストにおいて、実地実験時に検索したペンギンのうち提案手法では1人あたり平均2.2羽、比較手法では平均3.1羽の名前を記憶していた。比較手法の方が多くのペンギンを記憶しているものの、6日後の記憶テストではその差が縮小していた。また記憶テストでは、提案手法では4名、比較手法では3名が1組のペンギンの名前と画像を一致させることができていた。なお、比較手法における実験の結果記憶している羽数が多かったのは「さくら」であり、比較手法を用いた参加者が一致させることができたペンギンは3名とも先述の「さくら」であった。このことより、実験参加者の中に同じさくらという名前の人がいたことで、エピソード記憶として記憶でき、結果として実験参加者らの印象に残りやすかったものと考えられる。今後は、こうした名前の影響を考慮した実験を実施し、その比較を行っていく予定である。

比較手法を用いた実験参加者は、ペンギンの名前をバンドの色と紐づけて覚えており、ペンギン自体の見た目が記憶に残っていないと考えられたため、実験参加者に記憶テストにおいて名前を記憶していたペンギンについてバンドの名前を覚えているか聞き取り調査をした。その結果、2名が2羽、2名が1羽のペンギンのバンドの色を正しく記憶していた。4名が記憶したペンギンの名前とバンドの色を表3に示す。4名が記憶していたさくらのバンドの色はピンク2つであり、単純に実験参加者が同名だったことだけでなく、バンドの色から名前を連想しやすいという特徴があった。また、2名が記憶したローズとフジもバンドが名前にまつわる色となっており、これが記憶の手助けとなった可能性がある。このようにバンドによる検索は、名前とバンドの色が紐づいている場合に記憶に効果的であり、「わっしょい」のように特徴的な名前でありながら色と紐づいていない場合には色の記憶が困難であり、結果として識別も困難になると考えられる。

表3 バンドを記憶したペンギンとそのバンドの色および人数

| ペンギンの名前 | バンドの色 | 記憶した人数 |
|---------|---------|--------|
| さくら | ピンク・ピンク | 4名 |
| ローズ | 赤 | 1名 |
| フジ | 紫 | 1名 |

比較手法は検索回数が多いものの記憶テストで正解できた人数は提案手法の方が多いため、斑点を描画し検索する本システムがペンギンの記憶により効果的であると考えられる。同一実験参加者が同じペンギンを複数回検索した重複検索率は、提案手法が9.3%、比較手法が14.5%と、比較手法の方が大きかった。これはバンドによる検索では、一度検索したペンギンが記憶に残りづらいことを示唆している。また、提案手法ではアンケートで「一回模様を描いたら、同じ子を見た時にさっき描いた子だ!となったから結構覚えられそう」といった意見があり、名前を記憶していなくても模様で識別できるようになる場合も見受けられた。本実験では、観察時にペンギンを覚えるよう指示はしておらず、また記憶テストを実施することも明示していなかったにもかかわらず、50羽を超える大量のペンギンが展示されている環境で、数羽でも識別し記憶することができていることから、提案手法がペンギンの記憶にある程度効果があることを示唆している。

実験後アンケートにおいて、提案手法の実験参加者から「システムがあることがいつもより注意深く観察するきっかけになっていたと感じた。周りで一緒にシステムを使ったメンバーと『あれ○○じゃない?』と言ったような会話をしながら楽しむことができた」や、「今までペンギンを見るときはなんとなく全体を見ていたけど、初めて一匹一匹をまじまじと見て、結構いろんな性格の子がいそうで見えて楽しかった」といった回答が得られた。これらのア

ンケート結果から、斑点描画し検索する提案手法の使用がペンギンへの興味を深め、観察体験をより豊かにする効果があったことが示唆される。特に、斑点模様を描くことで個々のペンギンに対する関心が高まり、観察中にペンギンの特徴や性格に注目するようになったことがわかる。

以上のことより、提案手法はペンギンの名前の正解率においては限界があるものの、能動的に手を動かし、個々のペンギンの特徴に注目したことが、記憶につながった可能性がある。一方、比較手法はバンドの色を選択するというシンプルな作業であり、実験参加者がペンギンの個別の特徴に対して深い関心をもつことは容易ではなく、参加者の名前がペンギンの名前と一致している時と、ペンギンの名前がバンドの色と関連している時のみ記憶されるなど、名前やバンドが記憶を限定していたことが示唆された。

5.3 課題と展望

提案手法の実験では、実験後アンケートにおいて名前を全く記憶していなかった人や、記憶テストで画像と名前を1本もつないでいない人が数名いた。さらに記憶テストで名前を全く記憶できなかった人の中には、「書くのに集中しすぎて、名前が全然覚えられていなかった」と回答した人がいた。これは今回の実験では描画するペンギンの数に特に指定はしていなかったため、多くのペンギンの腹部模様を描くことに専念した結果、記憶に残らなかった実験参加者もいたのではと推察される。そこで今後は、自由に観察してもらう中で特に気になったペンギンを対象としてシステムを使ってもらい、その良し悪しを評価する予定である。

また本研究は、水族館での実地実験により腹部模様描画による提案手法と、バンドの色による比較手法とを比較して、検索システムがペンギンの記憶に与える影響を調査した。しかし、いずれの実験も実験参加者が9名と限られていた。また、実験参加者が大学生・大学院生であり、システムの水族館での有用性を検証するためには、より幅広い年代のユーザにシステムを使用してもらう必要がある。

さらに本研究ではシステムの利用がペンギンへの興味や観察行動に与える影響を評価できていなかった。そこで、今後は水族館と協力して一般の来館者を対象とした大規模な実地実験を実施し、システムの有用性を詳細に検証する予定である。

6. おわりに

本研究では、まず複数の水族館を訪問し、それぞれの水族館がどのように個体を識別して管理しているか、また来館者が個体を識別できるような展示をしているかについて調査した。調査の結果、多くの水族館がバンドを用いた個体管理をしており、バンドによるペンギンの見分け方を来館者に紹介する掲示をしていた。また、我々が過去に提案

してきたペンギンの腹部斑点を描画しながら観察し、斑点描画からペンギンの名前を検索する手法がペンギンの記憶に与える影響を調査するため、水族館で導入されているバンド色から名前を検索するシステムと、提案手法とを比較する観察実験を水族館で実施した。水族館における実地実験の結果、提案手法による観察がペンギンの個体への関心を高めることがわかった。また、バンドによる個体検索と大きな違いは今回の実験からは観察されなかったものの、コメントなどから個体の特徴の認識、記憶につながる可能性が示唆された。さらに、バンドの色を用いた手法は自身や友人の名前と関連づいているときやバンドと名前が一致しているなど、限定的な名前が記憶に残りやすいことが観察された一方で、提案手法は名前やバンドに制限を受けず様々なペンギンが記憶に残りやすいことが示唆された。

今後は、水族館の一般の来館者を対象とした大規模な実地実験を行い、提案システムを使用しながらペンギンを観察することがユーザの観察行動やペンギンへの興味・関心に与える影響を調査する予定である。また、ペンギンへの個体を記憶することが、ペンギンの種に対する理解を向上させることができるのかなどについても明らかにしていく予定である。ここで、今回対象としているフンボルトペンギン属のアフリカペンギンは、腹部の斑点から個体を判別可能であることがわかっている [31]。我々が提案する腹部模様での個体の認識は、このようにペンギンも行うことであり、来館者がこうしたペンギンが自身と同じように個を識別するという事を知ることで、ペンギンという種への理解を高める可能性があるかと期待している。さらに、今後は本手法を拡張することにより飼育員が時間的な都合で見ることができていない情報を来館者が伝達可能な仕組みの実現をするだけでなく、ペンギン以外の種に対しても同様の手法を適用し、個体に着目した観察がもつ可能性を明らかにしていく予定である。

参考文献

- [1] WAZA: Social Change for Conservation - The World Zoo and Aquarium Conservation Education Strategy (2020). <https://www.waza.org/priorities/community-conservation/the-ize-waza-education-strategy/>.
- [2] Roe, K. and McConney, A.: Do zoo visitors come to learn? An internationally comparative, mixed-methods study, *Environmental Education Research*, Vol. 21, No. 6, pp. 865-884 (2015).
- [3] Falk, J. H., Reinhard, E. M., Vernon, C. L., Bronnenkant, K., Heimlich, J. E. and Deans, N. L.: Why zoos and aquariums matter: Assessing the impact of a visit to a zoo or aquarium (2007).
- [4] Ballantyne, R., Packer, J., Hughes, K. and Dierking, L.: Conservation learning in wildlife tourism settings: Lessons from research in zoos and aquariums, *Environmental Education Research*, Vol. 13, No. 3, pp. 367-383 (2007).
- [5] Adelman, L. M., Falk, J. H. and James, S.: Impact of National Aquarium in Baltimore on visitors' conservation attitudes, behavior, and knowledge, *Curator: The Museum Journal*, Vol. 43, No. 1, pp. 33-61 (2000).
- [6] Clayton, S., Prévot, A.-C., Germain, L. and Saint-Jalme, M.: Public support for biodiversity after a zoo visit: Environmental concern, conservation knowledge, and self-efficacy, *Curator: The Museum Journal*, Vol. 60, No. 1, pp. 87-100 (2017).
- [7] Luebke, J. F. and Matiasek, J.: An exploratory study of zoo visitors' exhibit experiences and reactions, *Zoo biology*, Vol. 32, No. 4, pp. 407-416 (2013).
- [8] Clayton, S., Fraser, J. and Saunders, C. D.: Zoo experiences: conversations, connections, and concern for animals, *Zoo Biology*, Vol. 28, No. 5, pp. 377-397 (2009).
- [9] Smith, P., Mann, J. and Marsh, A.: Empathy for wildlife: The importance of the individual, *Ambio*, pp. 1654-7209 (2024).
- [10] Nakagawa, Y. and Nakamura, S.: A Drawing-type Observation and Retrieval Method Focusing on the Abdominal Pattern of Penguins, *Proceedings of the 35th Australian Computer-Human Interaction Conference, OzCHI '23*, New York, NY, USA, Association for Computing Machinery, p. 24-32 (2024).
- [11] 中川由貴, 中村聡史: 水族館における個に着目したペンギン展示の基礎調査と腹部スポット描画型ペンギン観察手法の利用可能性の検証, 信学技報 ヒューマンコミュニケーション基礎研究会 (HCS), Vol. 124, No. 19, pp. 79-84 (2024).
- [12] Nakagawa, Y. and Nakamura, S.: Drawing-type Search Method Focusing on Penguin's Abdominal Patterns for Enriching Observation Experiences in an Aquarium, *Proceedings of the 2024 International Conference on Advanced Visual Interfaces, AVI '24*, New York, NY, USA, Association for Computing Machinery (2024).
- [13] 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).
- [14] 大橋裕太郎, 小川秀明, 永田周一, 馬島洋, 有澤誠: 動物園における新しい学び-IT を利用した参加型学習環境の提案-, 情報処理学会研究報告コンピュータと教育 (CE), Vol. 2007, No. 123 (2007-CE-092), pp. 51-55 (2007).
- [15] 八木侑子, 杉山岳弘: 動物園の魅力を引き出す動物生態観察を誘発させる映像コンテンツの評価検討, 第 73 回全国大会講演論文集, Vol. 2011, No. 1, pp. 643-644 (2011).
- [16] 山口尚子, 楠房子, 真鍋真: 博物館・動物園におけるユーザのインタラクションを支援するデザイン (<特集> 学習場面における他者との関わり-理論, 実践, システム開発), 科学教育研究, Vol. 34, No. 2, pp. 97-106 (2010).
- [17] 高岡素子, 三宅志穂: 動物園における SNS コミュニケーションの事例的検討, 日本科学教育学会年会論文集 44, 一般社団法人日本科学教育学会, pp. 111-112 (2020).
- [18] Rashid-Radha, J., Shariff, N. M., Kasim, A., Ghazali, R. M. and Mohamed, A. E.: Exploring how zoo servicescapes impact memorable tourism experience: a critical incident technique (cit) approach, *Journal of Tourism, Hospitality and Environment Management*, Vol. 6, No. 23, pp. 53-59 (2021).
- [19] 原哲子: 観光客の『常連化』戦略: 旭山動物園の取り組みへの一考察, 立教ビジネスデザイン研究, Vol. 3, pp. 3-16 (2006).
- [20] 安達寛朗, 塩谷英生: リピーターの形成過程に関する研究, 財団法人日本交通公社『自主研究レポート, Vol. 2008 (2007).
- [21] Lim, Y.-J., Kim, H.-K. and Lee, T. J.: Visitor motivational factors and level of satisfaction in wellness tourism: Comparison between first-time visitors and repeat visitors, *Asia pacific journal of tourism research*, Vol. 21, No. 2, pp. 137-

156 (2016).

- [22] 南正人: 個体レベルの行動研究はどのように野生動物の保全に役立つか: ツキノワグマとニホンジカの行動研究を保全に応用する, *日鳥学誌*, Vol. 52, pp. 79–87 (2003).
- [23] Burghardt, T., Thomas, B., Barham, P. J. and Calic, J.: Automated visual recognition of individual African penguins, *Fifth International Penguin Conference, Ushuaia, Tierra del Fuego, Argentina*, Vol. 7 (2004).
- [24] 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, 人工知能学会全国大会論文集 第32回 (2018), 一般社団法人人工知能学会, pp. 1B1OS11a05–1B1OS11a05 (2018).
- [25] 久志本鉄平, 柿野敦志, 下村菜月: マンボウとヤリマンボウにおける体表模様による個体識別の可能性, *Ichthy, Natural History of Fishes of Japan*, Vol. 19, pp. 1–7 (2022).
- [26] 成海信之, 植田健仁, 佐藤孝則: キタサンショウウオの模様による個体識別, 両生類誌= *Amphibian history*/新潟両生類研究会 編, No. 8, pp. 17–20 (2002).
- [27] McConkey, S. D.: Photographic identification of the New Zealand sea lion: a new technique (1999).
- [28] Zhang, B., Qiu, Y., Wang, X., Lu, H. and Wang, F.: Research on the Method of Individual Identification of Chickens Based on Depth Image, *Journal of Physics: Conference Series*, Vol. 1631, No. 1, p. 012018 (online), DOI: 10.1088/1742-6596/1631/1/012018 (2020).
- [29] Duyck, J., Finn, C., Hutcheon, A., Vera, P., Salas, J. and Ravela, S.: Sloop: A pattern retrieval engine for individual animal identification, *Pattern Recognition*, Vol. 48, No. 4, pp. 1059–1073 (2015).
- [30] Gauthier-Clerc, M., Gendner, J.-P., Ribic, C., Fraser, W. R., Woehler, E. J., Descamps, S., Gilly, C., Le Bohec, C. and Le Maho, Y.: Long-term effects of flipper bands on penguins, *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, Vol. 271, No. suppl.6, pp. S423–S426 (2004).
- [31] Baciadonna, L., Solvi, C., Terranova, F., Godi, C., Pilenga, C. and Favaro, L.: African penguins utilize their ventral dot patterns for individual recognition, *Animal Behaviour*, Vol. 207, pp. 13–21 (2024).