

ペンさく：水族館の一般来訪者を対象とした ペンギン描画型検索システムの実地検証

中川 由貴^{1,a)} 中村 聡史¹ 芦刈 治将² 板東 恵理子² 與倉 陵太² 渡邊 果南² 岩永 七海²

概要：水族館や動物園においてペンギンは多くの来訪者に親しまれている一方で、数十羽単位で飼育されることが多く、全体を眺めるだけの俯瞰した観察にとどまりやすい。我々はこれまで、ペンギンの個体に着目した深い観察を促すため、腹部模様の描画を通じて個体を検索しながら観察するシステムを提案・検証してきた。しかし、これまでの研究は実験室環境や大学生を対象とした小規模な実験に限られていた。そこで本研究では、水族館での一般来訪者による利用を想定し、個体一覧が見られる図鑑機能や描いた個体を記録できるアルバム機能を追加したうえで、都市型水族館において6日間の実証実験を実施した。期間中、展示前に設置したQRコードを通じて167組の来訪者がシステムを利用し、ペンギン個体への関心の高まり、展示場での滞在時間の増加、個体名を用いた会話の促進などが確認された。

キーワード：ペンギン、腹部模様、個体識別、水族館、観察支援

1. はじめに

水族館や動物園は、レジャーおよびレクリエーションの場として親しまれる一方で、保全や研究、来訪者への教育といった役割も担っている。これらの施設を訪れる体験は、来訪者の保全に関する知識や態度に影響を与えることが示されており [1][2]、水族館や動物園は保全教育や動物福祉を啓発する重要な立場にある。

水族館や動物園での体験において教育的な効果を高めるためには、知りたいという欲求や動物とのつながりの感覚が重要であることが明らかにされている [3]。また、情報の習得が楽しく興味深いものである場合に学習効果が高まること [4] も示されており、来訪者の関心を惹きつける展示の工夫が求められる。

一方で、水族館や動物園では複数の個体を同時に展示している場合が多く、来訪者は個体ではなく展示全体を俯瞰して眺める傾向があり、個々の動物への関心は生まれにくい。動物の観察においては、イルカを対象とした研究で、個体を識別することがその個体に対する共感や保全行動への意欲に関連することが示されている [5]。このように、動物を個として認識することは水族館や動物園での観察を深めるうえで重要な要素であると考えられる。

こうした観点から、本研究ではまずペンギンに着目した。

ペンギンは来訪者からの人気が高く、教育的効果も高いことが示されている一方で [6][7]、多くの施設では数十羽のペンギンを一斉に展示しているため、来訪者は展示全体を俯瞰的に眺めるにとどまり、個体の記憶や理解にはつながっていない。また施設によっては、個体の観察を促すために、個体の名前や特徴を紹介する掲示が設置されているが、来訪者が目の前の個体とその掲示情報を結びつけることは難しく、興味や理解が深まりにくい。実際、このような掲示や解説資料を閲覧する来訪者は少ないことも明らかにされている [3]。

ここで、フンボルトペンギン属のペンギンには腹部に特徴的な斑点模様がみられる。これは個体ごとに全く異なり、個体を識別する手がかりのひとつとなる。我々はこの腹部模様に着目し、来訪者が模様を観察して描画し、その描画をもとに個体情報を検索できるシステムを提案・実装してきた [7]。描画と検索を組み合わせた能動的な観察がペンギンへの興味や記憶の促進につながると考え、大学生を対象としたシステムの実地検証を行った。その結果、システムを利用してペンギンを観察することで個体への関心が高まり、特徴の認識や記憶に影響する可能性が示唆された [8][9]。

しかしこれまでの実験は、実験参加者が大学生に限られており、観察対象としたペンギンの数や実験参加者数も限定的であった。また実験期間も短く、実環境における一般来訪者へのシステムの有用性を検証するには不十分であっ

¹ 明治大学 Meiji University

² サンシャイン水族館 Sunshine Aquarium

^{a)} nakagawa@nkmr-lab.org

た。そこで本研究では、より実環境に近い状況でシステムの効果を検証するため、サンシャイン水族館で実証実験を実施した。実証実験の実施にあたり、一般来訪者による使用を想定し、これまでのシステムを改良した「ペンさく」を実装した。小さな子供でも操作しやすいユーザインタフェースとし、観察を補助する図鑑機能や、描画履歴を保存・閲覧できるアルバム機能を追加した。このシステムを一般来訪者に実際に使用してもらい、システムが観察行動にどのような影響を与えるかを調査し考察する。

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 [10][11][12]。現在では、娯楽・教育・保全・研究の4つの目的のもと運営されており [13]、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 [15]。

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 [2][16]、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 [1]。さらに、Jensen ら [17] 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 [18] 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 [19] もある。Malamud ら [20] 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 [21][3]、教育的な体験を求めて訪れる場合も多い [22][23]。実際、Davey [24] 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 [25] 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、無意識的に学ぶこと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を示されている [26][27]。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 [28][29]。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 [30][31]。さらに動物への共感や保全行動の変容にも結びつく可能性を持つ [3][32]。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 [33] 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 [4] 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 [34] 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。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、ペンギンの群像画像から個体を識別するシステムも提案されている [35]。本研究もペンギンの腹部模様を用いて個体識別を行うものであるが、画像ではなく、来園館者自身の描いた描画の類似度をもとに個体を識別する。

他にも、個体数把握や行動研究などを目的として、ニュージーランドアシカのヒレなどの傷跡から個体を識別する手法 [36] や、深度画像を用いたニワトリの個体識別手法 [37] が提案されている。Duyck ら [38] 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による個体識別を用いる。

3. 実証実験に向けたシステムデザイン

3.1 システム設計

本研究は、俯瞰的になりがちなペンギンの観察において、個体の違いに着目した観察を促し、来訪者により良い観察体験を提供することを目的とする。そこで、来訪者が展示を見ながら特定の個体の腹部模様を描画し、そのデータから個体情報を検索できるシステム「ペンさく*1」を実現する。

ペンさくの基本的な描画インタフェースと検索アルゴリズムは、我々の先行研究 [8][39] に基づいている。まず、描画データセットを構築し、複数人の描画データを平均して各個体のテンプレートデータを作成する (3.2 節で後述)。ペンさく上でユーザが描いた腹部模様とテンプレートデータの類似度を算出し、推定される個体をランキング形式で提示する。

さらに、水族館での一般来訪者の利用を想定し、利便性とモチベーション向上のために新たに図鑑機能およびアルバム機能を追加する。図鑑機能は、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できるものである。検索していないペンギンについても直接個体情報を参照することができる。また、アルバム機能はユーザが描画・検索したペンギンの画像・描画データ・日時を記録し、保存することができる機能である。この機能により、再訪時に過去の観察を振り返ったり、思い出として閲覧したりする行動を促すことが期待される。

3.2 検索用データセット構築

本研究では、東京・池袋の都市型水族館であるサンシャイン水族館で実証実験を実施するため、サンシャイン水族館で飼育されているペンギンの描画データセットを構築した。対象としたのは、同館で飼育されているケープペンギン全 47 羽である。

ユーザ描画に生じるばらつきを考慮し、各個体の検索用テンプレートデータを作成するため、20~24 歳の大学生・大学院生 30 名 (男性 21 名, 女性 9 名) に対し描画タスクを実施した。これは、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。腹部模様が明確に確認できる正面写真をスクリーンに提示し、個体名とともに表示された画像をもとに、参加者が自身のスマートフォンからシステムにアクセスして自由に描画を行った。描画時間に制限は設けず、全員が描き終えた後に次の個体へ進む形式とした。

得られた描画データは、先行研究 [8] と同様に腹部を 3 × 3 に分割し、各領域の点の分布をベクトル化した後、個体ごとの平均ベクトルを算出してテンプレートデータとし

た。このようにして、47 羽すべての検索用テンプレートデータを作成し、類似度算出に用いた。

3.3 システム概要

本システム「ペンさく」は、以下の画面群によって構成されている。また図 1 に各画面の概要を示す。

- **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 中央上)
- **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 右上)
- **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、ユーザのアルバムにも記録される。(図 1 左下)
- **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 中央下)
- **アルバム画面**：ログイン状態のユーザは、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、ユーザはホーム画面・描画面・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。ユーザインタフェースは子供が利用することを想定し、ひらがなでわかりやすいものを採用している。

本システム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 を使用して作成した。

4. 実証実験

4.1 実験概要

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

*1 <https://pensaku.com/>

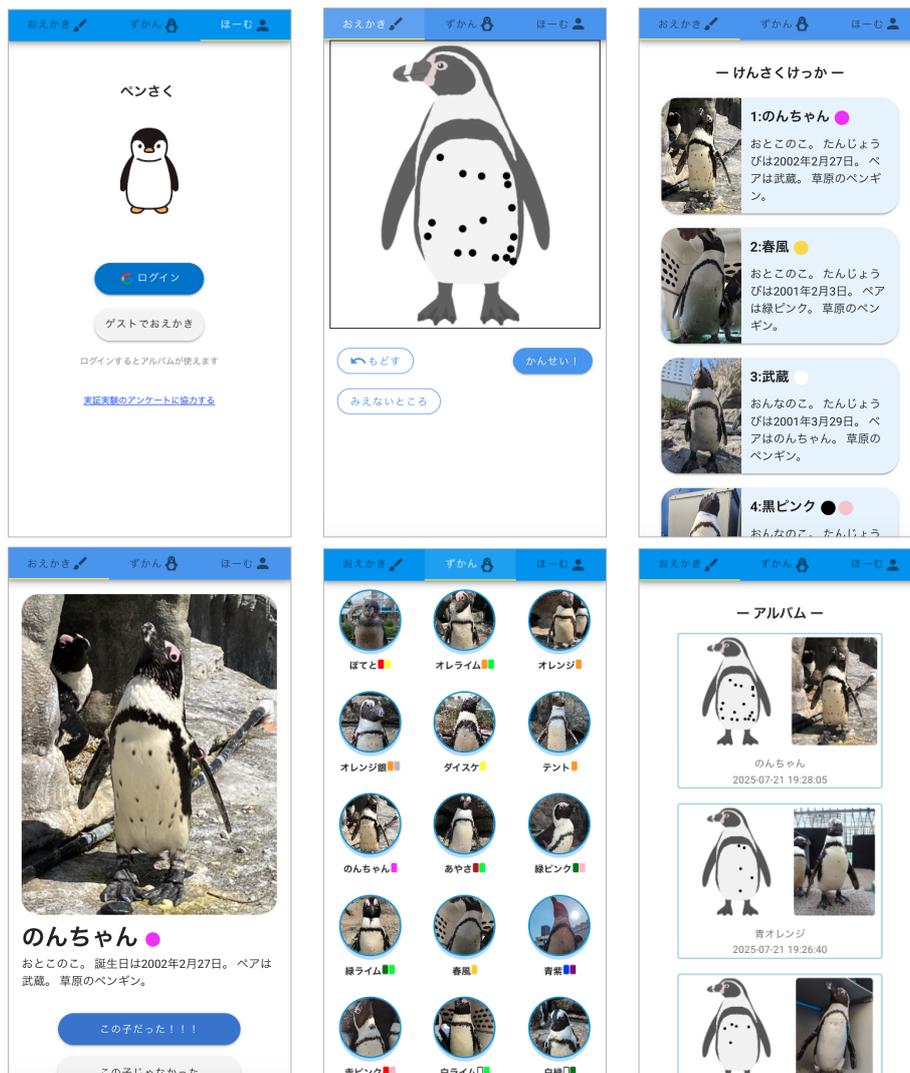


図 1: ペンさくの各画面の UI: 上段はホーム, 描画, 検索結果画面, 下段は個体詳細, 図鑑, アルバム画面

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 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。



図 2: 掲示物の例 (左: 草原エリア前, 右: 天空エリア前)

4.2 結果

本節では, 実証実験を通じて得られた来訪者の行動観察メモおよびアンケート結果について述べる。

4.2.1 観察メモの分析

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と発話内容をもとに, 観察および発話の特徴を



図 3: 実験の様子

表 1: 使用形態別の利用組数（日・月とその他の比較）

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

筆頭著者が集計した。行動メモの総文字数は 13,222 字であった。

まず、多くの来訪者が展示前の掲示物を興味深く読み、QR コードを読み込んで自身のスマートフォンからシステムにアクセスする様子が確認できた。6 日間の実験期間中、記録できた範囲で合計 167 組がペンさくを利用していた（表 1）。来訪者の使用形態を、1 人での使用・複数人で 1 端末を共有して使用・複数人がそれぞれの端末で使用する 3 つに分類したところ、最も多かったのは「複数人・1 端末」での利用で 79 組、次いで「複数人・複数端末」で 55 組、「1 人」で 33 組であった。特に来訪者数の多い週末から月曜にかけて利用者が増加する傾向がみられ、最終日の 10 月 21 日（月）には 1 日で 55 組が利用していた。

観察中に記録された会話内容は、「ペンギンの名前が出てくる会話」、「個体の観察やコミュニケーションを促す発話」、「肯定的なコメント」の 3 種類に分類された。検索後に「あ、ぼてとだ。かわいい」、「おいもだった！誕生日 2023 年！？」など、個体名を用いた会話が多く聞かれた。また描画を行う中で、「この子は点が多い」「模様が違うの知らなかった」「みんな点々あって面白い」など、腹部模様の違いに着目する発話が多く記録された。利用中、「この子じゃない？」「ペアのペンギンも見つけた！」といった反応があり、模様の観察と検索を通じて個体の識別を試みる様子が見られた。さらに、システムに対する肯定的なコメントとして「今まで名前が分からなかったから嬉しい」という発話もあった。

会話が最も多く記録されたのは「複数人・1 端末」での

利用時であり、ペンギンの名前への言及や観察・コミュニケーションの促進が確認された。また、「複数人・複数端末」の利用でも、それぞれの端末を使いながら模様の比較や名前との照合を行う様子がみられ、観察やコミュニケーションの促進が多く記録された。一方、1 人での利用では会話自体が少なく、観察中に確認された発話は 4 件であった。

特に家族連れでは、保護者が掲示の内容を読み上げながら子どもに描画を促す場面や、子どもが親のスマートフォンを借りて描画する様子が複数確認された。子どもが模様を描き、保護者が操作を補助したり、検索結果と一緒に確認したりするなど、協調的な利用が多くみられた。また、兄弟間で端末を交代しながら使う場面も観察された。

さらに、来訪者がシステム利用中に時間を忘れて滞っている様子もみられた。例えば「これ見てると時間経っちゃう」という発話や、子どもが夢中になって描画に取り組む姿が記録されたことから、システムが滞留時間や観察時間の増加にも影響していた可能性がある。

一部の来訪者からは「模様が見えない」「動いちゃった」などの声もあり、観察しにくい状況が存在したことも記録された。また、描画・検索を行わずに図鑑機能を通じて直接個体を探す利用者も複数確認された。

4.2.2 アンケート結果

システム利用後の来訪者の印象を把握するため、ペンさくのホーム画面に任意回答形式のアンケートリンクを設置した。アンケート項目は以下の通りである。

- サンシャイン水族館への訪問目的（複数選択可）
- 誰と来たか（選択式）
- サンシャイン水族館への来館回数（選択式）
- ペンギンはどのくらい好きか（5 段階評価）
- システムを利用して覚えた／気に入ったペンギン（自由記述）
- 動物園・水族館への訪問頻度および総訪問回数（選択式）
- 感想や気になる点（自由記述）

回答者数は 11 名であった。訪問目的として最も多かったのは「子どものため」であり、次いで「娯楽」、「教育」、「癒し」が挙げられた。同行者については「1 人で来た」が 45.5%と最多で、「家族」が 36.4%、「恋人」および「友人」がそれぞれ 9.1%であった。サンシャイン水族館の来館回数は、「10 回以上」が 63.6%、「5～9 回」が 18.2%、「初めて」「2 回目」がそれぞれ 9.1%であり、リピーターの割合が高かった。また、ペンギンの好感度については、5 段階評価で「5（とても好き）」が 7 名、「4」が 3 名、「3」が 1 名と、全体的に高評価であった。「覚えた／気に入ったペンギン」の設問には 9 名が回答し、「ぼてと」や「武蔵」など、システムを通じて認識された個体名が具体的に挙げられた。動物園・水族館への訪問頻度については、「月に数回」が 54.5%と最も多く、「月に 1 回」(18.2%)、「数か月

に1回(27.3%)が続いた。訪問総回数では「20回以上」が63.6%,「10~20回程度」が36.4%であり,回答者の多くが動物園や水族館に対して高い関心を持ち,日常的に親しんでいる層であることが示された。

自由記述欄には多くの肯定的な意見が寄せられた。例えば,「とってもよかった。水族館を楽しむツールとして,今後もずっと提供してもらえると嬉しい」,「観察しながら楽しめるし,お名前も分かる。本稼働楽しみにしています」,「精度が高くてびっくりしました。ペンギンファンとしても楽しい経験ができました」などである。一方で,「あまり精度がよくない気がします(当たらない)」という指摘もあり,検索精度に対する改善の余地も示唆された。

5. 考察

5.1 観察行動に与える影響

4章の実証実験の結果から,ペンさくの利用が来訪者の観察行動に与える影響を考察する。

まず,コミュニケーションの促進として,ペンギンの個体名を用いた会話が数多く観察された。サンシャイン水族館は,すべての個体に名前が付けられているものの,来訪者がそれを確認する手段がこれまでなかった。ペンさくにより観察中の個体を検索して名前を知ることが可能となったことで,導入前にはなかった個体名を使った会話が生まれていた。特定の個体の名前を呼びながらその特徴を観察したり,複数人で同時にシステムを使い検索結果を共有したりするなど,同行者との自然な会話が発生していた。同行者同士が検索結果を見せ合いながら話す様子や,特定の個体の特徴やエピソードを話し合う場面も多く,単なる鑑賞だけでなく個体を主とした交流が生まれるきっかけとなっていた。

また,個体に着目した深い観察行動もみられた。描画を通じて腹部模様に注目する場面が多く,「この子は点が多い」「模様が違うの知らなかった」といった発話が多数あり,個体ごとの違いの気づきにつながっていた。検索結果の情報から「似たような柄の子がいる」「ペアのペンギンも見つけた」と反応する来訪者もあり,個体間の関係性の考察など多様な視点からの観察が促されていたと考えられる。

さらに,ペンさく利用者は非利用者と比較して,展示前での滞在時間が増加していた。実験中には「これ見ると時間経っちゃう」といった発話も確認された。特に子どもが夢中になって描画に取り組む様子が散見され,保護者に促されてようやくその場を離れるといった場面もあった。このように,従来の短時間的で眺めるだけの鑑賞スタイルとは異なり,主体的かつ継続的な観察体験をもたらしていたと考えられる。来訪者の滞在時間は,展示されている動物への関心度を測る指標のひとつにされており[40],本実験における展示前での滞在時間の増加は,ペンギンへの関心や興味の高まりを示すものといえる。

実験中に直接話を聞いた常連の来訪者からは「これまで名前がわからず飼育員に毎回尋ねていたが,このシステムがあるととても便利」,「点が多い個体は検索が難しいこともあるが,多くは問題なく検索できる」といった声が寄せられた。また,「バンドの色と名前が一覧で見られるのがありがたい」といった意見からも,従来の観察における不便さをペンさくが補完していたことが分かる。

5.2 興味・親しみの形成

ペンさくの利用は,ペンギンへの興味や親しみにもつながっていたと考えられる。アンケートでの「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」といった回答に加え,一部の来訪者は検索結果をスクリーンショットで記録するなど自主的な観察行動も確認された。このように,個体を識別できることがポジティブな体験につながっていたことがうかがえる。

また,個体の詳細情報から「誕生日が近い」というように,自分ごとにして親近感を示している来訪者もいた。名前や特徴といった情報が個体に結びつくことで,来訪者にとってペンギンが見る対象としてだけでなく,より関係性のある存在として認識されるようになり,個体への愛着や興味を引き出していたと考えられる。実際に,一度検索した個体について,別の展示を回った後に再び戻ってきて「〇〇はどこに行ったのかな」と探す子どもの姿も観察されており,個体とのつながりを意識した継続的な観察行動が促されていた。

これらのことから,ペンさくは来訪者の観察行動を個体に着目する深い観察へと導くとともに,観察を通じたコミュニケーションや親しみの形成,さらに展示前での滞在時間の増加を促進するなど,水族館体験を豊かにする新たな観察支援として有効に機能していたと考えられる。

なお,アンケートに回答した来訪者の多くは,水族館への訪問頻度が高く,ペンギンに強い関心を持つ常連層であった。このような背景から,観察への関心や個体への親しみといった傾向は,水族館や動物への関心が高い来訪者を中心としたものである可能性がある。

5.3 課題

実証実験中,揭示物を興味深く読んでいるにもかかわらず,実際にQRコードを読み取ってアクセスしない来訪者が一定数存在した。特に高齢者や外国人来訪者において,スマートフォンでの操作や言語的な壁がシステム利用の妨げになっていた可能性がある。

また,一部の来訪者からは描画時に「模様が見えない」「動いてしまって描きづらい」といった声があったように,ペンギンの動きや観察環境により描画が困難になる場面がみられた。部分的に見えない腹部があった場合はその領域を指定・除外する機能を備えていたが,システム側で自動

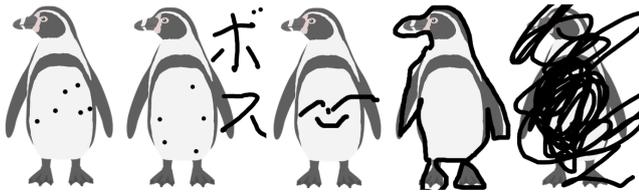


図 4: 描画例 (左 2 つ: 観察に基づいた模様の描画, 右 3 つ: 模様に基づかない自由描画の例)

的にある程度補完できるような設計を検討する余地がある。

検索精度についても、システム使用中に個体を特定できない事例や、アンケートの回答において検索結果がうまく当たらないといった指摘があった。「1 位に出ることが多く気にならなかった」といった受容的な声もあったが、今後はより確実に識別できるように検索アルゴリズムおよびテンプレートデータの改良が必要である。

また、ユーザインタフェースについても、図鑑機能の存在に気づかないまま利用を終える来訪者がいたように、画面遷移や機能案内に改善の余地があると考えられる。さらに、子どもの一部には観察よりも描画操作自体を目的とした利用がみられ、ペンギンを見ずに画面を塗りつぶす、自由に描画するなど、模様とは無関係な落書きとして使用される場面もあった (図 4)。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。一方で、図 4 の左から 2 番目のように、腹部以外の余白に個体へのコメントを添えるなど、本来の使い方から発展した自由な表現もみられた。これは自分なりの観察結果や印象を残す発展的な使い方として肯定的に捉えられる。

5.4 今後の展望

今後はまず、類似度計算アルゴリズムの修正やテンプレートデータ生成方法を見直し、検索精度の向上を目指す。システムについては、海外からの観光客の利用を想定した外国語対応や、ユーザインタフェースの改善に取り組む。また、描画・検索・閲覧といった各操作のログをシステム上で記録・分析可能とすることで、ユーザのより詳細な行動解析を行っていく予定である。

今回の実証実験は限られた期間での実施であったため、今後は長期的な運用を通じて来訪者の継続的な利用や行動変容、個体への関心の変化を検証する。さらに、ペンさくを他の水族館にも展開し、異なる施設環境や来訪者層における有用性や活用方法を評価していく。将来的には、教育や福祉といった分野の連携を視野に入れた調査・実装を進めていく予定である。

6. おわりに

本研究は、水族館におけるペンギンの観察をより良いも

のとするため、腹部模様を描画して個体を検索することのできる観察支援システムペンさくを開発し、水族館において来訪者を対象とした実証実験を実施した。システムは、描画による個体検索機能に加えて、個体情報の閲覧ができる図鑑機能や、描いた個体を記録できるアルバム機能を実装し、来訪者が展示前の掲示から QR コードを読み取り、自身のスマートフォンで利用する形式とした。

実証実験はサンシャイン水族館にて 6 日間にわたって実施し、展示場での行動観察およびアンケート調査を行った。実験の結果、期間中 167 組の来訪者がペンさくを利用しており、利用者の行動観察から、ペンさくの利用により個体の名前を用いた会話の増加や模様の違いへの気づきなど、個体に着目した深い観察が促進される様子が確認された。また、展示エリアへの滞在時間の増加や自発的な再観察といった行動から、システムが観察意欲やペンギンへの愛着にも寄与している可能性が示唆された。

今後は、検索アルゴリズムの改良やユーザインタフェースの改善に加え、長期的な運用や他施設での展開をし、ログデータを活用した詳細な分析を進めていく予定である。

参考文献

- [1] 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).
- [2] 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).
- [3] Clayton, S., Fraser, J. and Saunders, C. D.: Zoo experiences: Conversations, connections, and concern for animals, *Zoo Biology: Published in affiliation with the American Zoo and Aquarium Association*, Vol. 28, No. 5, pp. 377–397 (2009).
- [4] Lucardie, D.: The impact of fun and enjoyment on adult's learning, *Procedia-Social and behavioral sciences*, Vol. 142, pp. 439–446 (2014).
- [5] Smith, P., Mann, J. and Marsh, A.: Empathy for wildlife: The importance of the individual, *Ambio*, Vol. 53, No. 9, pp. 1269–1280 (2024).
- [6] Collins, C. K., Quirke, T., Overy, L., Flannery, K., Ruth O' Riordan: The effect of the zoo setting on the behavioural diversity of captive gentoo penguins and the implications for their educational potential, *Journal of Zoo and Aquarium Research*, Vol. 4, No. 2, pp. 85–90 (2016).
- [7] 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*, p. 24–32 (2024).
- [8] 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*, pp. 1–3 (2024).

- [9] 中川由貴, 中村聡史: 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, エンタテインメントコンピューティングシンポジウム 2024 論文集, Vol. 2024, pp. 348–357 (2024).
- [10] Miranda, R., Escribano, N., Casas, M., Pino-del Carpio, A. and Villarroya, A.: The Role of Zoos and Aquariums in a Changing World, *Annual Review of Animal Biosciences*, Vol. 11, pp. 287–306 (2023).
- [11] Spooner, S. L., Walker, S. L., Dowell, S. and Moss, A.: The value of zoos for species and society: The need for a new model, *Biological Conservation*, Vol. 279, p. 109925 (2023).
- [12] Thomas, S.: Social Change for Conservation – The World Zoo and Aquarium Conservation Education Strategy, WAZA Executive Office (online), available from (<https://www.waza.org/priorities/community-conservation/the-ize-waza-education-strategy/>) (accessed 2025-08-01).
- [13] JAZA: (公社) 日本動物園水族館協会の 4 つの役割, 公益社団法人日本動物園水族館協会 (オンライン), 入手先 (<https://www.jaza.jp/about-jaza/four-objectives>) (参照 2025-08-01).
- [14] Greenwell, P. J., Riley, L. M., Lemos de Figueiredo, R., Brereton, J. E., Mooney, A. and Rose, P. E.: 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*, Vol. 4, No. 1, pp. 53–69 (2023).
- [15] Rose, P. E. and Riley, L. M.: Expanding the role of the future zoo: Wellbeing should become the fifth aim for modern zoos, *Frontiers in Psychology*, Vol. 13, p. 1018722 (2022).
- [16] McNally, X., Webb, T. L., Smith, C., Moss, A. and Gibson-Miller, J.: A meta-analysis of the effect of visiting zoos and aquariums on visitors' conservation knowledge, beliefs, and behavior, *Conservation Biology*, Vol. 39, No. 1, p. e14237 (2025).
- [17] Jensen, E. A., Moss, A. and Gusset, M.: Quantifying long-term impact of zoo and aquarium visits on biodiversity-related learning outcomes, *Zoo biology*, Vol. 36, No. 4, pp. 294–297 (2017).
- [18] Bruni, C. M., Fraser, J. and Schultz, P. W.: The value of zoo experiences for connecting people with nature, *Visitor Studies*, Vol. 11, No. 2, pp. 139–150 (2008).
- [19] 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).
- [20] Malamud, R., Broglio, R., Marino, L., Lilienfeld, S. O. and Nobis, N.: Do zoos and aquariums promote attitude change in visitors? A critical evaluation of the American zoo and aquarium study, *Society & Animals*, Vol. 18, No. 2, pp. 126–138 (2010).
- [21] Morgan, J. M. and Hodgkinson, M.: The motivation and social orientation of visitors attending a contemporary zoological park, *Environment and behavior*, Vol. 31, No. 2, pp. 227–239 (1999).
- [22] Villarroya, A., Miranda, R., Pino-del Carpio, A. and Casas, M.: Social Perception of Zoos and Aquariums: What We Know and How We Know It, *Animals*, Vol. 14, No. 24, p. 3671 (2024).
- [23] 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).
- [24] Davey, G.: Public perceptions in urban China toward zoos and their animal welfare, *Human Dimensions of Wildlife*, Vol. 12, No. 5, pp. 367–374 (2007).
- [25] Packer, J.: Learning for fun: The unique contribution of educational leisure experiences, *Curator: The Museum Journal*, Vol. 49, No. 3, pp. 329–344 (2006).
- [26] Fernandez, E. J., Tamborski, M. A., Pickens, S. R. and Timberlake, W.: Animal–visitor interactions in the modern zoo: Conflicts and interventions, *Applied Animal Behaviour Science*, Vol. 120, No. 1–2, pp. 1–8 (2009).
- [27] Miller, L. J.: Visitor reaction to pacing behavior: Influence on the perception of animal care and interest in supporting zoological institutions, *Zoo Biology*, Vol. 31, No. 2, pp. 242–248 (2012).
- [28] Collins, C., Corkery, I., McKeown, S., McSweeney, L., Flannery, K., Kennedy, D. and O'Riordan, R.: Quantifying the long-term impact of zoological education: a study of learning in a zoo and an aquarium, *Environmental Education Research*, Vol. 26, No. 7, pp. 1008–1026 (2020).
- [29] Wagoner, B. and Jensen, E.: Science learning at the zoo: Evaluating children's developing understanding of animals and their habitats, *Psychology & Society*, Vol. 3, No. 1, pp. 65–76 (2010).
- [30] Godinez, A. M. and Fernandez, E. J.: What is the zoo experience? How zoos impact a visitor's behaviors, perceptions, and conservation efforts, *Frontiers in Psychology*, Vol. 10, p. 1746 (2019).
- [31] Collins, C. K., McKeown, S. and O'Riordan, R.: Does an animal–visitor interactive experience drive conservation action?, *Journal of Zoological and Botanical Gardens*, Vol. 2, No. 3, pp. 473–486 (2021).
- [32] Young, A., Khalil, K. A. and Wharton, J.: Empathy for animals: A review of the existing literature, *Curator: The Museum Journal*, Vol. 61, No. 2, pp. 327–343 (2018).
- [33] 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).
- [34] Burghardt, T., Thomas, B., Barham, P. J. and Calic, J.: Automated visual recognition of individual African penguins, *Fifth International Penguin Conference* (2004).
- [35] Noboru, Y., Ozasa, Y. and Tanaka, M.: Appearance-and-Spectral-Based Identification System for Penguin Individuals, *ITE Transactions on Media Technology and Applications*, Vol. 13, No. 2, pp. 211–220 (2025).
- [36] McConkey, S. D.: Photographic identification of the New Zealand sea lion: a new technique (1999).
- [37] 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 (2020).
- [38] 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).
- [39] 中川由貴, 中村聡史: ペンギンの腹部模様に注目したぬりえ型検索・観察手法の水族館での検証, 情報処理学会 研究報告ヒューマンコンピュータインタラクション (HCI), Vol. 2023-HCI-205, No. 35, pp. 1–8 (2023).
- [40] Moss, A. and Esson, M.: Visitor interest in zoo animals and the implications for collection planning and zoo education programmes, *Zoo biology*, Vol. 29, No. 6, pp. 715–731 (2010).