

ペンさく：ペンギン描画型個体識別支援システムの異なる展示環境における実証と観察行動分析

中川 由貴^{1,a)} 中村 聡史¹ 副島 慎介²

概要：動物園や水族館は教育、研究、保全といった社会的役割を担っているが、ペンギンのように来訪者の観察が群れ全体を眺める俯瞰的なものになると、個体に着目することがなく、関心や共感が高まりにくい。我々はこれまで、ペンギンの腹部模様を来訪者が描画することで個体情報を検索するシステム「ペンさく」を開発し、都市型水族館での実証実験からその有用性を明らかにしてきたが、単一の水族館での検証であり、異なる展示環境において、本システムがどのような影響を及ぼすかは明らかになっていなかった。そこで本研究では、展示環境や来訪者層の異なる掛川花鳥園において、1週間の実証実験を行い、システムの利用ログ、現地での観察記録、来訪者の行動データをもとに、利用者の観察行動を分析した。その結果、システムの利用が同行者との共同的な観察体験や個体への継続した興味につながる可能性が示唆された。さらに、過去の実験結果との比較から、異なる展示環境においてもペンさくを通じた個体観察が成立し、反復的な利用が一定数生じることが示された。

キーワード：ペンギン、個体識別、描画、水族館、フィールドスタディ

1. はじめに

動物園や水族館は、来訪者が動物を観察し、楽しむための施設であると同時に、教育、研究、保全といった社会的役割を担う施設である。動物の観察体験においては、個体に着目して観察することや、動物とのつながりを感じることで、動物への共感や保全意識の向上につながる事が明らかになっている。こうした観点から、来訪者が展示動物を単なる群れとしてではなく、それぞれ異なる特徴をもつ個体として認識できるよう支援することは、動物園や水族館における観察体験を深めるうえで重要である。

一方で、動物園や水族館では、複数の個体が同一空間に展示されることが多い。そのため、来訪者の観察は展示空間全体や群れ全体を眺める俯瞰的なものになりやすく、個体ごとの特徴や違いに着目した観察へと発展しにくい。個体に着目した観察を促すために、個体名や特徴を示す掲示、写真付きの解説パネルなどを導入し展示の工夫をしている施設もある。しかし、多数の個体が同一空間で飼育されている環境では、来訪者が目の前にいる個体と展示情報と結びつけることは容易ではない。

ペンギンの展示において、この問題は特に顕著である。

ペンギンは水族館や動物園において人気の高い動物である一方で、数十羽単位で飼育されることも多く、外見が類似しているため、来訪者が個体を識別することは難しい。その結果、ペンギン展示における観察は、個々のペンギンの特徴や行動に注目するものではなく、群れ全体の動きや展示空間全体を眺めるものにとどまりやすい。

そこで我々はこれまで、ペンギンの個体に着目した観察を促すことを目的として、来訪者がペンギンの腹部模様を描画することで個体情報を検索できるシステム「ペンさく」を提案してきた。ペンさくでは、来訪者が観察したペンギンの腹部模様を端末上に描画することで、その描画の類似度から個体を検索し、個体名や特徴などの情報を閲覧できる。このシステムの有用性を検証するため、過去に東京の都市型水族館で実証実験を実施してきた。実験の結果、システムを用いた観察が、個体に着目した観察や、同行者との会話促進、個体への個人的つながり、展示への再来などに寄与する可能性が示唆された。一方で、これらの知見は、単一の水族館における短期間の実施に限られていた。動物園や水族館における観察行動は、展示空間の構造、動物との距離、来訪者の滞在時間、混雑状況、来訪者層など、フィールドごとの環境要因に大きく影響を受ける。異なる展示環境において、ペンさくが来訪者の観察行動にどのような影響を与えるのかを検証することは、描画型インタラ

¹ 明治大学 Meiji University

² 掛川花鳥園 Kakegawa Kachouen

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

クシオンによる個体観察支援の有効性をより一般化して議論するうえで重要である。

そこで本研究では、展示環境および来訪者層の異なる掛川花鳥園において、ペンさくを用いた1週間の実証実験を行った。本研究では、このような環境においてペンさくがどのように利用されるのかを明らかにするため、システムの利用ログ、現地での観察記録、来訪者の行動データを収集し、利用者の観察行動を分析する。また、過去の実証実験の結果と比較しながら展示環境による利用傾向や観察行動の違いを考察し、システムの有用性と課題を明らかにする。

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 [1], [2]。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 [3], 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 [4]。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 [5]。

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], [7], 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 [8]。さらに、Jensen ら [9] 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 [10] 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。

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している。

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 [11], [12], 教育的な体験を求めて訪れる場合も多い [13], [14]。実際、Davey [15] 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もつことが示されている。また、Packer [16] 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おり [17], [18], 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 [19], [20]。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 [21], [22]。さらに動物への共感や共感行動の変容にも結びつく可能性をもつ [12], [23]。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 [24] 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 [25] 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 [26] 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]。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、来訪者自身の描いた描画の類似度をもとに個体を識別するものである。

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 [28] や、深度画像を用いたニワトリの個体識別手法 [29] が提案されている。Duyck ら [30] 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、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. 他施設導入に向けた環境構築

ペンさくは、来訪者が描画したペンギンの腹部模様をも

とに個体を検索するシステムである。そのため、異なる施設で本システムを導入するためには、対象施設で飼育・展示されている個体に関する情報を事前に収集し、検索対象となるデータセットを構築する必要がある。本章では、掛川花鳥園における実証実験の前に行った、対象個体情報の収集と検索用データセットの構築について述べる。

本実験では、掛川花鳥園で展示されていた全 32 羽のケープペンギンを対象とした。検索対象個体をシステム上で検索可能とするため、掛川花鳥園の協力のもと、各個体に関する情報を収集した。具体的には、各個体の名前、腹部画像、バンドの色、性別、誕生日、および性格や特徴に関する詳細コメントを提供してもらった。

提供された腹部画像をもとに、各個体の腹部模様を検索対象として扱うための描画データセットを構築した。ペンさくでは、来訪者がスマートフォン上で描画した腹部模様と、事前に登録された各個体の模様データとの類似度に基づいて候補個体を提示する。そのため、各個体の腹部画像から腹部斑点の分布をもとに、検索に利用する基準となるテンプレートデータを作成した。

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 26 名 (男性 20 名, 女性 6 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。描画タスクでは、提供されたペンギンの腹部画像をスクリーンに提示し、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、提示された画像をもとに腹部模様を自由に描画した。描画時間に制限は設けず、参加者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、これまでの研究 [31] と同様に、腹部領域を 3×3 に分割し、各領域における点の分布をベクトル化した。その後、個体ごとに複数の描画データから平均ベクトルを算出し、検索用テンプレートデータとした。このようにして、掛川花鳥園で飼育されている 32 羽すべてについて検索用テンプレートデータを作成し、実証実験における類似度算出に用いた。

この準備は、来訪者が描画した模様から個体候補を検索するためだけでなく、検索後に個体名や性別、誕生日、詳細コメントを閲覧し、目の前の個体への理解や共感を深めるためにも重要である。そのため、ペンさくその他施設への展開においては、各個体の腹部模様が明確に確認できる画像を用意すること、施設側が保有する個人情報に来訪者に提示可能な形で整理すること、さらにそれらを検索用テンプレートデータと対応づけることが必要となる。

4. 掛川花鳥園での実証実験

本研究の目的は展示環境および来訪者層の異なるフィールドにおいて、ペンさくがどのように利用され、来訪者の



図 1 掛川花鳥園における実験の様子

観察行動にどのような影響を与えるのかを明らかにすることである。そこで、静岡県の掛川花鳥園において、施設の一般来訪者を対象とした 1 週間の実証実験を実施した。実験期間は 2025 年 11 月 6 日 (木) から 11 月 12 日 (水) であった。実験期間中の入園者数は合計 5,746 名であった。なお、この人数には小学生未満の無料入園者は含まれていない。

本実験では、展示エリア付近の複数箇所に、ペンさくの概要説明とシステムへアクセス可能な QR コードを掲示した。来訪者は、展示前を通過した際に掲示を閲覧し、任意で自身のスマートフォンからペンさくを利用できる形式であった。また QR コードから一度アクセスした後は、利用場所による制約はなく、展示エリアを離れた後もシステムの利用が可能であるようにした。掲示は実験期間中、掛川花鳥園の営業時間 (9:00~16:30) を通して設置した。

さらに、実験期間中は毎日営業時間帯に、筆頭著者が展示前に常駐し、来訪者のシステム利用状況や行動を観察した。観察内容はその場でオンラインドキュメントに観察メモとして記録し、システムの利用ログのみでは把握しにくい来訪者の行動傾向や同行者との会話内容を補足するために用いた。また、展示付近に記録用カメラを設置し、来訪者の滞在状況や展示前での行動を確認するための補助資料とした。

なお本実験では、来訪者個人を特定できる情報は収集しなかった。システム上では、利用者を匿名 ID によって管理し、分析も匿名 ID に基づいて行った。システムへの初回アクセス時には、研究目的で匿名化された利用データを収集することを提示し、同意した場合のみシステムを利用できるようにした。また、展示付近での撮影については、研究目的で記録を行っていることを掲示により明示した。撮影データは、来訪者個人の特定を目的とせず、システム利用状況や展示前での行動を把握するための補助資料としてのみ用いた。

5. 結果

5.1 利用者の概要

実験期間中、ペンさくには 118 名のユニーク来訪者がア



図 2 掛川花鳥園におけるペンさく掲示の例

表 1 日別アクセス者数と観察メモ記録数

日付	アクセス者数	観察メモ記録数
11月6日(木)	14	1
11月7日(金)	8	5
11月8日(土)	41	19
11月9日(日)	47	12
11月10日(月)	18	8
11月11日(火)	8	4
11月12日(水)	3	3
合計	140	52

クセスした。表 1 に、実験期間中の日別アクセス者数と観察メモ記録数を示す。日別アクセス者数は、複数日にわたって利用した来訪者を日ごとに別利用として計上したものであり、合計 140 名、入園者数 5,746 名に対する割合は 2.4%であった。このうち、観察メモで利用状況を記録できた利用者は延べ 52 名であり、特に土日にあたる 11 月 8 日および 11 月 9 日にアクセスが集中していた。

表 2 に、掛川花鳥園とサンシャイン水族館における利用 [31] との比較を示す。掛川花鳥園では、複数日にわたって利用した来訪者（複数日ユーザ）が 16 名、同一日に複数回利用した来訪者（同一日ユーザ）が 42 名であり、1 日の中で最大 8 回利用した例も確認された。同日内の利用間隔の中央値は 72.0 分であった。また、1 回あたりの利用時間は 212 件記録され、平均 174.4 秒、中央値 22.4 秒、最大約 57.5 分であった。

サンシャイン水族館における利用時間（553 件、平均 92.2 秒、中央値 4.6 秒）と比較すると、掛川花鳥園では 1 回あたりの利用時間が長く、Mann-Whitney U 検定の結果、両施設間の利用時間分布には有意差が認められた ($U = 48424.5$, $p < .001$, Cliff's $\delta = 0.174$)。

なおシステム上では、ブラウザ・タブの閉鎖または 30 分以上の無操作によって新たなセッションとして記録される。また、本研究で用いた識別はブラウザごとに割り当てられる識別情報に基づいているため、同一人物であっても別利用として記録されている可能性がある。

表 2 利用概要の比較

項目	掛川花鳥園	サンシャイン水族館
実験期間	1 週間	1 週間
対象個体数	32 羽	47 羽
ユニーク利用者数	118 名	340 名
複数日ユーザ数	16 名	23 名
同一日ユーザ数	42 名	122 名
利用時間の平均値	174.4 秒	92.2 秒
利用時間の中央値	22.4 秒	4.6 秒
最大利用時間	約 57.5 分	約 36.7 分

5.2 描画・検索行動

ログデータに基づき、来訪者の描画および検索行動を分析した。システム上で検索が記録された回数（描画をして、検索ボタンが押された回数）は、230 件であった。描画時間は平均 14.7 秒、中央値 7.2 秒であり、1 回の描画におけるストローク数は平均 5.8、中央値 5.0 であった。来訪者は 1 回の検索において、おおむね 5~6 か所程度の模様を入力して検索を行っていたと考えられる。

undo 機能は 49 件の描画で発生し、31 名の来訪者が一度以上利用していた。1 描画あたりの undo 回数は平均 3.4 回、中央値 1.0 回であった。また、腹部の一部が見えない場合に用いる見えないところ指定画面切り替え機能は合計 80 回利用され、8 名の来訪者が一度以上利用していた。利用者数は限定的であったが、切り替えが発生した描画では、1 描画あたり平均 5.7 回利用されていた。

検索後に個体を特定できた場合に押される「この子だった」ボタンは 65 回選択され、全検索 230 件のうち 28.3% で発生した。サンシャイン水族館における同割合は 18.2% (76/418 件) であり、掛川花鳥園では特定された割合が有意に高かった ($\chi^2 = 8.27$, $p < .01$, $\phi = 0.113$)。特定されたペンギンの検索順位は、1 位候補が 23 件と最も多く、2 位および 3 位がそれぞれ 7 件であった一方、16 位から 18 位の候補が選択された例も確認された (図 3)。一方で、「わからなかった」が選択された回数は 3 回であり、全検索の 1.3% にとどまった。なお、これらは任意操作であるため、実際の判断行動を完全に反映するものではない。

検索で特定された個体は 23 羽であり、「うめ」および「れい」が各 6 回と最も多く、次いで「ヨコ」および「水輝」が各 5 回であった。また、図鑑画面でクリックされた個体は、「あさひ」が 23 回と最も多く、次いで「ぼたん」および「茶々」が各 15 回、「ゆず」が 14 回であった。

5.3 画面利用の傾向

画面別の利用状況を図 4 に、利用時間分布を図 5 に示す。表示回数は、描画面面が最も多く 427 回であった。実験期間中の総セッション数は 212 件であり、セッション開始は 11 時台が 32 件と最も多く、次いで 14 時台が 27 件、13 時台が 24 件であった。一方で、18 時以降にも一定数のセッ

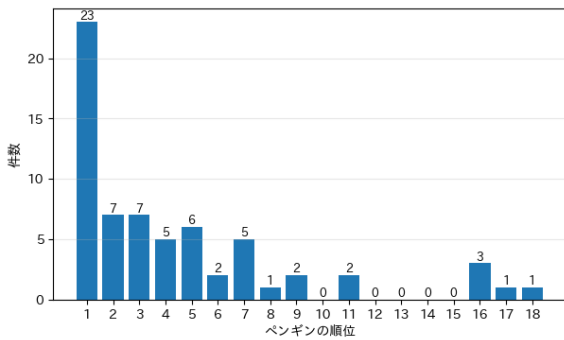


図3 特定されたペンギンの表示順位

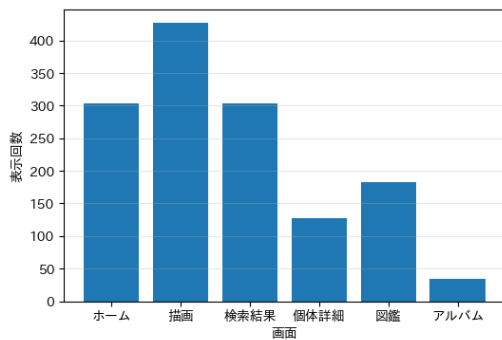


図4 各画面の表示回数

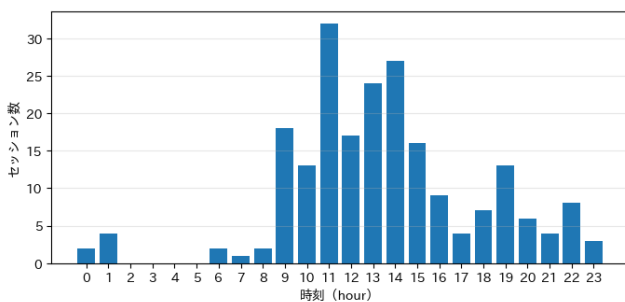


図5 利用時間の分布

セッションが確認され、19時台に13件、22時台に8件のセッションが発生していた。

画面別の滞在時間を表3に示す。各画面の滞在時間は、描画面、図鑑画面、検索結果画面で平均値・中央値ともに長い傾向があり、来訪者が描画や個体情報の確認に時間をかけていたことが示された。サンシャイン水族館における先行研究と画面別に比較したところ、Holm 補正後もホーム画面 (Mann-Whitney U 検定, 補正後 $p < .01$, Cliff's $\delta = 0.164$) および描画面 (補正後 $p < .01$, Cliff's $\delta = 0.126$) で有意差が認められ、いずれもサンシャイン水族館の方が滞在時間が長かった。検索結果画面では補正前には差が認められたが ($p = .045$, Cliff's $\delta = 0.090$), Holm 補正後は有意ではなかった。図鑑画面、個体詳細画面、アルバム画面では有意差は認められなかった。

表3 各画面の滞在時間

画面	件数	平均 [s]	中央値 [s]	最小 [s]	最大 [s]
描画面	395	22.37	10.65	0.00	545.73
図鑑画面	149	21.93	9.53	0.21	316.39
検索結果画面	270	16.57	7.80	0.18	1201.35
個体詳細画面	118	9.13	5.20	0.21	166.44
ホーム画面	222	6.65	2.76	0.04	110.15
アルバム画面	29	6.06	3.86	1.38	32.26

表4 観察メモに基づく利用状況

分類	項目	件数	割合 (%)
利用形態	単独利用	14	32.6
	代表操作・共有利用	14	32.6
	個別操作・共有利用	7	16.3
	代表操作・非共有利用	5	11.6
	個別操作・非共有利用	1	2.3
	通過・試触	2	4.7
グループ構成	家族	15	34.9
	単独	14	32.6
	カップル/夫婦	7	16.3
	友人	7	16.3
利用人数	1人	14	32.6
	2人	14	32.6
	3人	11	25.6
	4人	3	7.0
	5人	1	2.3
合計		43	100.0

5.4 観察メモに基づく利用状況

表4に、観察メモに基づいて記録した利用状況を示す。観察メモで利用状況を記録できた43組について、利用形態、グループ構成、グループ人数の3観点で分類した。利用形態については、操作主体と共有の有無に基づき、代表操作（グループ内の一人が操作する利用）、個別操作（複数人がそれぞれ操作する利用）、共有利用（操作過程や検索結果を同行者に見せたり会話したりする利用）、非共有利用（利用者以外が関与しなかった利用）、通過・試触（アクセスや短時間の操作にとどまった利用）として分類している。利用形態を見ると、単独利用と代表操作・共有利用がそれぞれ14件で最も多かった。グループ構成では家族が15件と最も多く、利用人数では1~3人の利用が39件(90.7%)を占めた。また、通過・試触を除く複数人での利用27件のうち、複数人での利用27件のうち、共有を伴う利用は21件(77.8%)であった。

6. 考察

6.1 展示環境の違いが利用状況に与える影響

本研究では、掛川花鳥園において1週間の実証実験を行い、118名の来訪者によるアクセスと230件の検索行動が確認された。サンシャイン水族館における実証実験では、1週間で340名がアクセスし、418回の検索が記録されてお

り、掛川花鳥園の方がアクセス者数や検索回数は少なかったものの、両施設では来訪者数、来訪者層、展示空間の構造、展示前の動線が異なるため、単純に利用者数のみを比較してシステムへの関心の差と解釈することはできない。一方、1回あたりの利用時間は掛川花鳥園の方が長く、この差には、個体との距離や腹部模様の見えやすさ、既存掲示との組み合わせなど、展示環境の違いが影響していた可能性がある。

サンシャイン水族館では、ペンギン展示が「天空のペンギン」と「草原のペンギン」の2か所に分かれており、泳いでいる個体は動きが速く、腹部模様を継続して確認しながら描くことが難しい場合があるため、草原での描画が多かった [32]。一方、掛川花鳥園では、陸上にいるペンギンを比較的近い距離から観察できる環境であったため、腹部模様を確認しやすい場面が多かったと考えられる。実際に、掛川花鳥園では「この子だった」ボタンの選択割合がサンシャイン水族館より有意に高く、検索後の個体確認がしやすかった可能性がある。個体別には、「うめ」や「れい」が多く特定されており、観察しやすい位置にいることや、他個体との外見的な違い、施設内イベントへの登場などが影響した可能性がある。また、図鑑画面では「あさひ」、「ぼたん」、「茶々」が多くクリックされていたが、これらは図鑑画面の上位に表示されていたため、クリック数には表示順の影響も含まれる可能性がある。このことから、個体ごとの検索・閲覧傾向を解釈する際には、個体の見えやすさ、外見的特徴、画面上の表示位置を考慮する必要がある。

また、両施設において、複数日にわたる利用者や同一日に複数回利用する利用者が確認された。掛川花鳥園では、複数日ユーザが16名、同一日ユーザが42名であり、サンシャイン水族館でも複数日ユーザが23名、同一日ユーザが122名確認されている。複数日ユーザや同一日ユーザの割合には有意差がみられなかったことから、利用規模は展示環境や来訪者数の影響を受ける一方で、ペンさくに一度アクセスした来訪者が再度利用する行動は、異なる施設においても一定程度生じる可能性がある。

これらのことから、ペンさくの利用規模は施設の来訪者数や展示前の動線に左右される一方で、異なる展示環境においても描画・検索を通じた利用は成立していた。特に、掛川花鳥園のように個体との距離が近く、腹部模様を確認しやすい展示環境では、検索後に個体を確認する行動が生じやすい可能性がある。

また今回の実験では、土日にアクセスが集中していた。サンシャイン水族館の実験でも、日曜および祝日に利用者数が増加していた。このことから、ペンさくの利用数は、施設全体の来訪者数や展示前の人流に影響を受けやすいと考えられる。一方で、今回の実験における入園者数に対するアクセス者数の割合は日によって異なっており、利用率は単に来訪者数だけでなく、展示前の混雑状況、掲示への

気づきやすさ、来訪者の滞在時間などにも左右される可能性がある。

6.2 描画型インタラクションによる個体観察

本実験では、検索回数230件に対して、描画時間の中央値は7.2秒、ストローク数の中央値は5.0であった。サンシャイン水族館における先行研究でも、描画時間の中央値は8.8秒、ストローク数の中央値は4.0であり、両施設で近い傾向がみられた。いずれの環境でも、来訪者は短時間かつ比較的少ない入力で腹部模様を描画して検索を行っていた。腹部模様の描画という操作は、一見すると来訪者に負荷を与える可能性があるが、本実験の結果からは、数か所の特徴を入力する程度の負荷の低いインタラクションとして利用されていたと考えられる。

観察メモでは、ペンさくが同行者との会話や共同観察につながる様子も確認された。複数人での利用27件のうち、共有を伴う利用は21件(77.8%)であり、特に代表操作・共有利用が14件みられた。ペンさくは各来訪者が個別に操作するだけでなく、一つの端末を介して腹部模様や検索結果を共有し、同行者とともに個体を確認する体験や会話につながっていたといえる。

また、掛川花鳥園では、複数日にわたって利用した来訪者が16名、同一日に複数回利用した来訪者が42名確認された。同日内の利用間隔の中央値は72.0分であり、短時間内に連続して利用するだけでなく、展示エリアを離れた後に時間をおいて再度利用するケースも含まれていたと考えられる。このことから、ペンさくは展示前でその場の個体を検索するためのツールであるだけでなく、来園中に時間をおいて再び利用したり、個体情報を振り返ったりするためのツールとしても機能していた可能性がある。このような利用は、展示体験をその場限りで終わらせず、デジタルスーベニア [33] のように来訪後にも個体への関心を継続させる役割をもつ可能性がある。

検索後の個体確認に着目すると、「この子だった」ボタンは65回選択され、全検索の28.3%で発生した。特定された候補の順位では、1位候補が23件と最も多かったが、16位から18位の候補が選択された例も確認された。ここで類似した模様のペンギンがいる場合は、その比較が重要になると考えられる。そのため、描画入力から正解個体を高順位に提示するだけでなく、候補同士を比較しやすくする表示方法や、検索結果と目の前の個体を比べやすくする情報提示が重要である。なお、「この子だった」ボタンは任意で押されるものであるため、この値をそのまま個体識別の成功率として解釈することはできない。

また、掛川花鳥園では、家系図や個体一覧など、普段から施設側が個体情報を提示する掲示を多く設置していた。観察メモでは、来訪者がペンさくの図鑑画面や検索結果を見ながら、施設内の掲示を参照し、個体名や特徴について

同行者と会話する様子が確認された。例えば、図鑑画面と施設内の家系図掲示を見比べながら会話する利用や、検索結果に表示された誕生日、性格、クセ毛といった情報について話す利用がみられた。既存掲示は個人情報を一覧的に提示できる一方で、目の前の個体との対応づけは難しい場合がある。ペンさくは描画検索を通じて観察中の個体を特定し、その情報を施設内掲示と照合することができるため、既存展示を補完する役割を果たしていたと考えられる。

さらに、システム内に設置した任意アンケートには7件の回答が集まった。自由記述では、「スマホですぐ調べて楽しめるのが良い」、「本当に該当のペンギンが出てきてびっくりした」、「ペンギンの名前を覚えやすく、新しい発見につながった」、「図鑑ですぐ名前が分かるのもよい」といった回答がみられた。回答数は限られているものの、描画検索や図鑑機能が、個体名の記憶や個人情報への関心につながっていた可能性が示唆された。

6.3 展示環境に応じたシステム設計上の示唆

結果から、ペンさくは異なる展示環境においても、来訪者に個体の腹部模様へ着目させ、描画・検索を通じた個体観察を促す可能性が示された。一方、サンシャイン水族館と掛川花鳥園では、アクセス者数や反復利用の規模に違いがみられた。この違いには、施設の来訪者数だけでなく、展示空間の構造、来訪者の動線、ペンギンとの距離、掲示の視認性、展示前での滞留のしやすさが影響していると考えられる。異なる施設でペンさくを導入する際には、単にQRコードを設置するだけでなく、展示前の来訪者の立ち位置、掲示の高さや大きさ、ペンギンとの距離、混雑時の滞留しやすさを考慮した導線設計が必要である。

また、掛川花鳥園では、来訪者が比較的近い距離からペンギンを観察できる場面があり、腹部模様を確認しやすい個体もいた。一方、今回の実験では見えないところを指定する機能の利用者数は8名と限定的であったが、利用された描画では1描画あたり平均5.7回切り替えが行われていた。このことは、すべての利用者が必要とする機能ではないものの、ペンギンの向きや姿勢によって腹部が十分に見えない状況では重要な補助機能となる可能性を示している。特に、施設ごとの展示距離、観察角度、水中・陸上での見え方に応じて、部分的な観察でも利用しやすいインタフェース設計が重要である。

さらに本実験から、ペンさくの施設横断的な導入においては、展示空間や掲示位置の設計に加え、対象個体データセットの構築が重要であることが示された。本実験では、掛川花鳥園から提供された腹部画像、バンドの色、名前、性別、誕生日、詳細コメントをもとに、32羽分の検索用テンプレートデータと個体提示情報を整備した。このように、既存のシステム構成を大きく変更しなくても、施設ごとの個人情報と腹部模様データを整備することで、他施設

での運用が可能となる。一方、腹部画像の撮影条件や、来訪者に提示可能な個人情報の量・粒度は施設ごとに異なるため、導入時には施設側との連携のもと、検索に適した画像と個体プロフィールを事前に整備する必要がある。

以上のことより、本手法の他施設導入においては、対象個体データセットを整備するだけでなく、展示前の導線、QRコード掲示の配置、腹部模様の見えやすさ、既存掲示との接続を含めた環境設計が重要であることが示唆された。

7. おわりに

本研究では、ペンギンの腹部模様を描画することで個人情報を検索できるシステム「ペンさく」を掛川花鳥園に導入し、一般来訪者を対象とした1週間の実証実験を実施した。実験の結果より、来訪者は短時間かつ少ない入力で腹部模様を描画し、個人情報にアクセスしていたことが確認された。また、同行者との共同的な観察体験や、個体への継続した興味につながる可能性が示唆された。さらにサンシャイン水族館における過去の実験との比較より、利用者数や検索回数には違いがあるものの、両施設で複数日利用や同一日に再来した利用が確認され、異なる展示環境でも反復的な利用が一定数生じることが示された。なお掛川花鳥園では、家系図や個体一覧などの既存掲示と組み合わせることで、個体観察を深める可能性も確認された。

本システムは、Webサービスとして提供していたため、通信状況の悪さによりページの読み込みに時間がかかり、利用を途中で諦める来訪者も確認された。そのため、今後は通信環境が不安定な展示空間でも利用できるよう、オフラインでも利用可能にする予定である。また、来訪者の行動変容や教育・福祉の効果については十分に検証できていない。今後は、長期的な実験や常設運用を通じて、反復利用や個体への関心への影響を調査するとともに、展示空間の構造、ペンギンの視認性、混雑度合いを考慮した導線やインタフェースを設計していく。また、個体識別を通じて得られた来訪者の観察や関心を施設側へ還元し、教育・保全活動や展示改善、さらには飼育管理にも活用できる仕組みへ発展させることを目指す。

参考文献

- [1] 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).
- [2] 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).
- [3] 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).
- [4] 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).
- [5] 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).
- [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] 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).
- [8] 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).
- [9] 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).
- [10] 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).
- [11] 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).
- [12] 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).
- [13] 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).
- [14] 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).
- [15] 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).
- [16] Packer, J.: Learning for fun: The unique contribution of educational leisure experiences, *Curator: The Museum Journal*, Vol. 49, No. 3, pp. 329–344 (2006).
- [17] 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).
- [18] 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).
- [19] 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).
- [20] 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).
- [21] 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).
- [22] 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).
- [23] 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).
- [24] 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).
- [25] Lucardie, D.: The impact of fun and enjoyment on adult’s learning, *Procedia-Social and behavioral sciences*, Vol. 142, pp. 439–446 (2014).
- [26] Burghardt, T., Thomas, B., Barham, P. J. and Calic, J.: Automated visual recognition of individual African penguins, *Fifth International Penguin Conference* (2004).
- [27] 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).
- [28] McConkey, S. D.: Photographic identification of the New Zealand sea lion: a new technique (1999).
- [29] 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).
- [30] 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).
- [31] 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).
- [32] 高野閑, 中川由貴, 中村聡史: ペンギンの腹部模様描画による個体検索アルゴリズムの改善と実験室実験および実地実験での検証, 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. 2026-HCI-216, No. 42, pp. 1–8 (2026).
- [33] O’Hara, K., Kindberg, T., Glancy, M., Baptista, L., Sukumaran, B., Kahana, G. and Rowbotham, J.: Collecting and sharing location-based content on mobile phones in a zoo visitor experience, *Computer Supported Cooperative Work (CSCW)*, Vol. 16, No. 1, pp. 11–44 (2007).