

# ペンさく：ペンギン描画型観察支援システムの実地検証とその行動分析

中川 由貴<sup>1,a)</sup> 中村 聰史<sup>1</sup> 芦刈 治将<sup>2</sup> 板東 恵理子<sup>2</sup> 與倉 陵太<sup>2</sup> 渡邊 果南<sup>2</sup> 岩永 七海<sup>2</sup>

**概要：**水族館や動物園において、ペンギンは数十羽規模で飼育されることが多く、来訪者が個体に着目して観察することは容易ではない。来訪者の興味関心や観察効果を高めるため、我々は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観察支援システム「ペンさく」を開発し、その有用性を検証してきた。水族館の一般来訪者を対象とした実証実験より、システムの利用が個体への関心や会話促進などにつながる可能性が明らかになった。しかし、これらの知見は実験者による行動観察記録に基づくものであり、利用行動の定量的な分析は十分ではなかった。そこで本研究では、ログデータを取得する機能追加や外国語対応などの改良したうえで、水族館において新たに1週間の実地実験を実施し、システムから収集したログデータに基づいて利用者の行動を詳細に分析した。その結果、同一日の展示前への再来や、複数日にわたる再訪といった行動が観察され、ペンギン個体への継続的な関心が示唆された。

**キーワード：**ペンギン、腹部模様、個体識別、水族館、フィールド調査

## 1. はじめに

水族館や動物園はレジャー施設であると同時に、研究や保全教育を担う重要な役割をもつ[1]。来訪者が飼育されている生き物をただ眺めるだけではなく、深く観察を促すような観察効果を高める展示手法が求められている。動物の観察においては、特定の個体を識別しながら観察することが、その個体への共感や保全意識を高めることがイルカを対象とした研究で示されており[2]、個体レベルに着目した観察体験は重要であると考えられる。

しかし、実際の水族館・動物園では多数の個体を同時に展示している場合が多く、個体への注目がいかない。特に、ペンギンにおいては30羽以上が一度に展示される例も珍しくない。そのような状況では、来訪者は展示全体を眺めるだけにとどまりやすく、個体ごとの違いに注意を向けることや、個体を記憶することは難しい。そのため、多くの水族館では個体一覧パネルや名前紹介、フリッパー・バンドの色による識別方法を提示しているもの[3]、バンドの視認性や色識別の難しさ、また一覧パネルと実際の個体の対応づけの困難さから、来訪者による個体識別には限界がある。

我々はこれまでに、ペンギンの個体ごとに固有な腹部模

様に着目し、その模様を描くことで個体を検索できるシステム「ペンさく」を提案してきた[4]。また、大学生を対象とした実験から、ペンさくを使用した観察がペンギン個体への関心や、特徴の認識・記憶に影響する可能性が示唆された[5]。さらに、水族館の一般来訪者を対象とした実証実験を実施し、ペンさくにより同行者とのコミュニケーションの促進、個体ごとの違いに着目した観察、滞在時間の増加などの効果があることが確認された[6]。

一方、実証実験での知見は実験者による来訪者の観察記録にもとづく分析に依存しており、システム上の利用ログが存在しなかったため、ユーザ行動を定量的に詳細に把握することには限界があった。また、実証実験中には外国人来訪者がシステムに興味を示す様子も観察されており、多言語化への必要性も明らかになった。

そこで本研究では、描画・検索過程などの詳細な行動ログを取得できるようシステムを拡張するとともに、多言語にも対応した改良版のペンさくを開発した。このシステム用いて、サンシャイン水族館にて1週間の実証実験を実施した。収集したログデータにもとづいて来訪者の描画行動や検索行動を詳細に分析し、システムの利用が個体への着目や観察体験に与える影響を考察する。

<sup>1</sup> 明治大学 Meiji University

<sup>2</sup> サンシャイン水族館 Sunshine Aquarium

a) nakagawa@nkmr-lab.org

## 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, 7, 8]。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 [9]、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 [10]。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 [11]。

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 [12, 13]、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 [14]。さらに、Jensen ら [15] 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 [16] 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、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 [17] もある。Malamud ら [18] 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 [19, 20]、教育的な体験を求めて訪れる場合も多い [21, 22]。実際、Davey [23] 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 [24] は、来訪者が学ぶことを意図していないくとも、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が示されており [25, 26]、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 [27, 28]。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ことも指摘されている [29, 30]。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もつ [20, 31]。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 [32] 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 [33] 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、ペンギンの群れ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 [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、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

### 3.1 実証実験に向けたシステムデザイン

これまでの研究 [6] では、水族館における実証実験を通してペンさくを使用した観察の有用性を示してきたが、システム上で利用ログを取得しておらず、評価は実験者による目視での観察に依存していた。そのため、描画時間や滞



図 1 言語切り替え機能の UI  
(左: 言語切り替えプルダウン, 右: 英語 UI)

在時間、画面遷移といった詳細な利用行動を定量的に把握することができず、また観察者による見落としの可能性もあった。このような限界を克服し、描画・検索行動をより客観的に把握するためには、システム上で来訪者の操作ログを自動的に収集する仕組みが必要である。

そこで本研究では、描画時間、ストローク数、検索操作、画面遷移、ページ滞在時間など、来訪者の行動に関する詳細なログデータを取得できるようにシステムを改良した。これにより、観察行動の特徴や検索プロセスの違いを定量的に分析でき、システムがどのような利用行動を誘発するのかを評価可能となる。

また、前回の実証実験では展示前に掲示された QR コードからシステムへアクセスしたもの、実際には利用しない来訪者が一定数確認された。その中には、外国人来訪者が含まれており、システムのインターフェースが日本語のみであったことが利用を妨げていた可能性が高い。本研究ではこの課題に対応するため、新たに言語切り替え機能を実装し、日本語に加えて、来訪者数の多い英語、中国語、韓国語に対応した(図 1)。これにより、より幅広い層の来訪者がシステムを利用する環境を整えた。

なお、描画インターフェースの基本構造や検索結果の提示方法など、システムの主要なデザインは我々の過去の研究 [6]に基づいている。

### 3.2 実験概要

本研究の目的は、水族館において描画型個体検索システム「ペンさく」を利用することが、来訪者のペンギン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、東京池袋のサンシャイン水族館において、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10月9日(木)から10月15日(水)で



図 2 実験の様子



図 3 掲示の例

あった。

サンシャイン水族館では、47羽のケープペンギンが「天空のペンギン」エリアと「草原のペンギン」エリアの2箇所で展示されている。本実験では、それぞれの展示エリアの前に、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、特に位置による制約はなく、水族館外に移動して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、水族館の営業時間を通して設置した。

さらに、実験期間中は毎日10:00～16:00の時間帯に、3名の実験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共有可能なオンラインドキュメントに記録し、分析時にログデータでは把握できない行動傾向や会話の内容を補足するために用いた。

## 4. 結果

### 4.1 利用者の概要

システムから取得したログデータをもとに、実験期間中にシステムを利用した来訪者数を分析した。日別の利用者数を表1に示す。1週間の実験期間において、合計340名の来訪者がシステムへアクセスしていた。実験初日の木曜日は29名であったのに対し、日曜祝日にあたる10月12～13日はそれぞれ72名、90名と利用者数が増加した。

また、実験者3名が記録した行動メモをもとに来訪者の

表 1 日別のシステム利用者数（ログ・行動メモ）

日付	利用者数（ログ）	利用者数（行動メモ）
2025-10-09 (木)	29	18
2025-10-10 (金)	35	13
2025-10-11 (土)	33	11
2025-10-12 (日)	72	26
2025-10-13 (月・祝)	90	50
2025-10-14 (火)	64	42
2025-10-15 (水)	49	25
合計	340	185

表 2 行動メモに基づく大人・子供別および性別別の来訪者数（人）

区分	女	男	合計
子供（～10代）	33	16	49
大人（20代～）	87	49	136
合計	120	65	185

推定される大人・子供および性別を集計した結果を表 2 に示す。記録されたシステム利用者数は 167 組 185 名であり、このうち 子供は 49 名 (26.5%), 大人は 136 名 (73.5%) であった。

さらに、ログデータから同一の来訪者が複数日にわたりシステムを利用したケース（複数日ユーザ）が 23 名確認された。その内訳は、4 日間利用した来訪者が 3 名、3 日間が 1 名、2 日間が 19 名であった。またシステムにログインした利用者は 30 名であった。

同一日に複数回アクセスした来訪者（同日ユーザ）も多く、122 名が 1 日のうちに複数回システムへアクセスしていた。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。最多では 1 日に 6 回アクセスした例がみられた。同日内の利用間隔は中央値 52 分、平均 96 分であった。1 セッションあたりの利用時間は 553 件記録されており、平均 92.2 秒、中央値 4.6 秒、最大 36.7 分であった。

ただし、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、プライベートブラウザの使用や端末設定によっては、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。

#### 4.2 検索行動

本節では、ログデータにもとづき、来訪者の描画および検索行動を分析した結果を示す。

システム上で記録された総検索回数（描画をして、検索ボタンが押された回数）は 428 回であった。描画に要した時間について、描画にかかった時間は 418 件記録されており、平均 14.8 秒、中央値 8.8 秒最大 161.2 秒であった。ストローク数については、1 回の描画における総ストローク数は平均 6.18、腹部以外への描画を除いた腹部模様のみのストローク数は平均 5.24 であった。

操作ログとして、Undo 機能は合計 877 回利用され、107

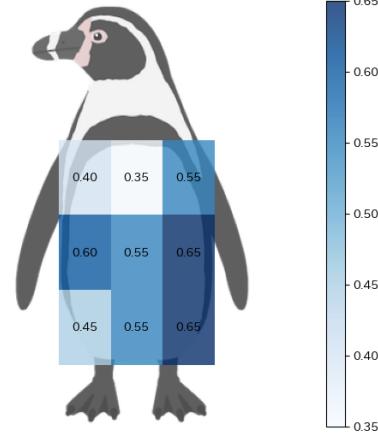


図 4 指定された見えない腹部の分布

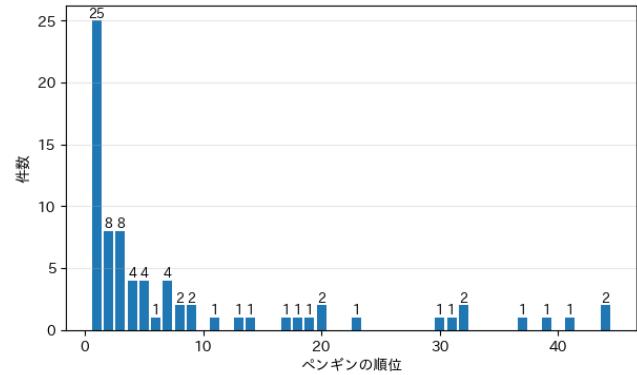


図 5 検索結果の順位分布

名が少なくとも一度は利用していた。描画ごとの Undo 回数は平均 5.01 回であった。見えない腹部を指定する画面への切り替えは 229 回記録され、23 名が利用していた。見えない腹部について、指定された領域の分布を図 4 に示す。この図より、中央～右側の領域が比較的多く指定されていたことがわかる。

検索結果に対する操作として、ペンギンを特定できた場合に押される「この子だった」ボタンの利用は 76 回記録され、検索全体の 18.2% に相当した。特定時のペンギン順位は図 5 に示すように、1 位が 25 件と最も多く、2 位・3 位もそれぞれ 8 件であった。10 位以降は 1～2 件ずつの発生となり件数は低下したが、44 位まで選択が確認された。一方、ペンギンを特定できなかった場合に押される「わからなかった」ボタンの利用は 7 回であり、全検索の 1.4% に相当した。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。

検索処理に要した時間は 430 件記録され、平均 1.20 秒、中央値 0.37 秒、最短は 0.10 秒、最長は 29.22 秒であった。

#### 4.3 画面利用の傾向

画面別の利用状況を表 3、図 6 に示す。表示回数としては、描画画面が最も多く 619 回、次いで検索結果画面が 562

表 3 各画面の表示回数と利用者数

画面	表示回数	セッション数	利用者数
描画画面	619	280	219
検索結果画面	562	225	180
ホーム画面	544	377	303
図鑑画面	232	169	107
個体詳細画面	207	93	78
アルバム画面	23	12	10

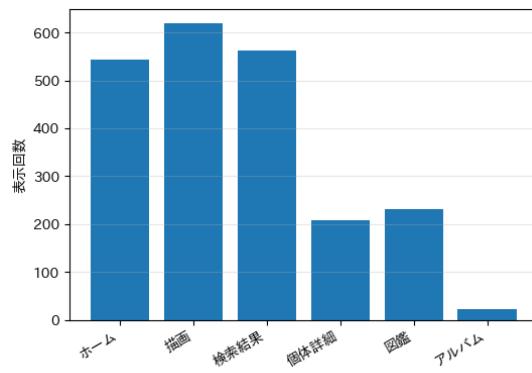


図 6 各画面の表示回数 (全ユーザ)

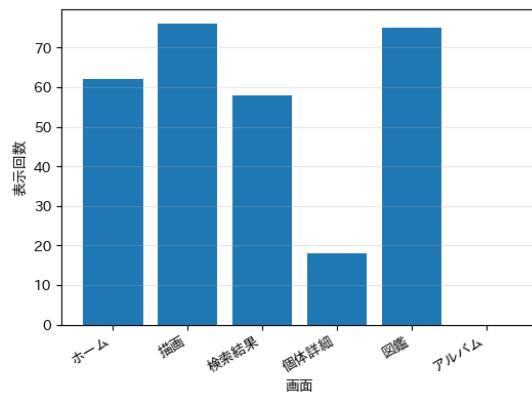


図 7 各画面の表示回数 (複数日ユーザ)

回表示された。また、複数日ユーザに限定した画面利用状況（図 7）では、図鑑画面の利用が多い結果となった。

また、全ユーザ・複数日ユーザ・同一日ユーザについて、画面表示の時刻帯分布を図 8～図 10 に示す。全体では利用が 11～14 時に集中しており、描画画面と検索結果画面は特にこの時間帯で多く利用されていた。一方、複数日ユーザや同一日ユーザでは、図鑑画面や描画画面の閲覧が混雑の少ない時間や、水族館の営業時間外の朝や夜にも散発的にみられた。

各画面の平均滞在時間を表 4 に示す。描画画面の滞在時間は平均 21.0 秒、図鑑画面は平均 19.4 秒、検索結果画面は平均 15.5 秒であった。最も長い滞在が記録されたのは描画画面で 277.3 秒であった。

ホーム画面での言語切り替え機能は 4 回記録され、2 名が利用していた。

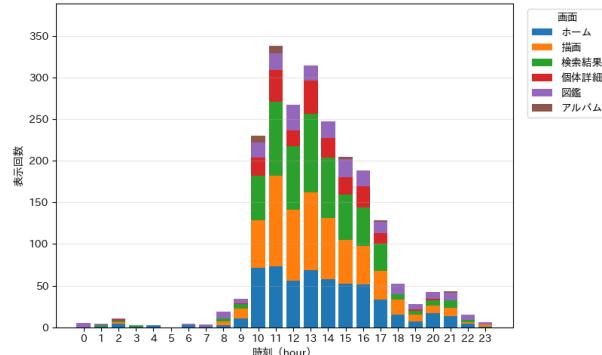


図 8 画面表示の時間分布 (全ユーザ)

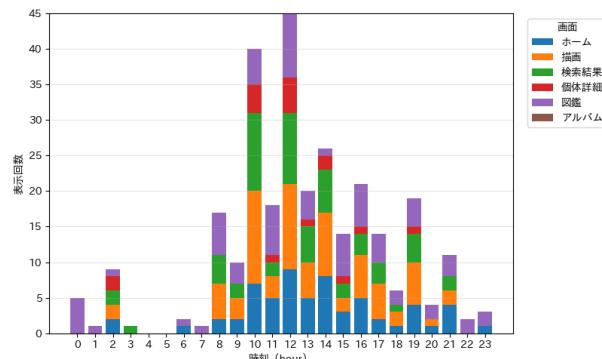


図 9 画面表示の時間分布 (複数日ユーザ)

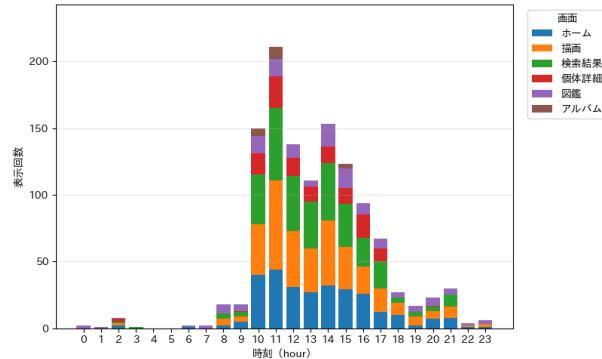


図 10 画面表示の時間分布 (同一日ユーザ)

表 4 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]
描画画面	538	21.03	14.13	0.31	277.26
図鑑画面	109	19.35	6.76	0.25	254.80
検索結果画面	427	15.50	9.51	0.01	178.23
個体詳細画面	175	10.34	4.17	0.40	274.60
ホーム画面	373	6.85	3.74	0.31	82.23
アルバム画面	19	4.40	3.05	1.35	14.55

#### 4.4 行動メモに基づく来訪者の属性と利用状況

本節では、実験者が展示前で記録した行動メモにもとづき、来訪者の属性および利用場面の特徴を整理する。表 1 より、1 週間の観察期間において、167 組 185 名の来訪者のアクセスが記録されていた。

また、行動メモの内容から個人で描画から検索までを行う利用のほか、複数名のグループで描画を共有しながら操作する例が複数確認された。特に家族グループでは、保護者がスマートフォンを操作し、子どもが描画や検索結果の確認を行う場面が記録されていた。同行者と交互に描画を行ったり、一方が撮影した写真を参照しながらもう一方が描画する利用も確認された。

## 5. 考察

### 5.1 観察行動の変化

ペンさくの利用により水族館来訪者の観察行動に複数の変化をもたらしていた。行動メモの分析から、来訪者が単に展示全体を眺めるだけでなく、特定の個体に着目し、特徴を確認しようとする行動が多く観察された。検索結果画面を手に展示前へ戻り、実際の個体と照合する例や、バンド色を参照して正解を判断する様子が複数記録され、個体単位での観察が促進されていたことが示唆された。また、検索結果画面に表示された候補個体を実際の個体と順に見比べるなど探索的な利用もみられた。

過去の研究 [6] と同様に、来訪者同士のコミュニケーションの促進も確認された。複数名で端末を共有して描画しながら相談する場面や、一人が撮影した写真をもう一人が参照して描画を行う協調的利用がみられた。また、小学生以下の子どもが検索に成功して喜ぶ様子や、保護者が描画方法を示しながら利用する例も確認され、子どもの学習的な利用にもつながっていた。

行動メモには「また戻ってこよう」という発話も記録されており、時間において展示前に戻り再度検索を試みる例もあった。これは一回限りの利用にとどまらず、水族館内での反復的な観察行動を促していた可能性を示している。また、前年度の実証実験 [6] で利用していた常連の来訪者が今回もシステムを利用していた。当該来訪者は、普段は広報されていた生まれたばかりの個体しか名前を知らなかつたが、ペンさくを通じて他の個体の名前もわかるようになり、「名前がわかつて嬉しい」「よく使うのでブックマークしている」と述べていた。これは、本システムが単発的な体験にとどまらず、来訪者の継続的な個体理解や関心形成に寄与する可能性を示唆している。

一方、行動メモで記録できた来訪者は展示前で観察可能だった一部に限られており、全体の約半数程度にとどまった。前年度の実験においても、同様に観察者が把握できなかった来訪者が一定数存在していたと考えられる。このことから、人手による行動記録だけでは限界があり、今回実装したログベースの記録が来訪者行動を把握するために重要なといえる。

### 5.2 利用パターンの概要

ログデータの分析から、ペンさくの利用は単発の検索に

とどまらず、館内外で繰り返し参照されるツールとして利用されていた。同一日に複数回アクセスした来訪者は 122 名にのぼり、最多で 1 日に 6 回利用した例も確認された。このことから、展示前に戻る・再来する行動と連動して利用が繰り返されていたことがわかる。また、23 名が 2 日以上にわたってアクセスしており、施設への再訪や、利用時間の分析から館内だけでなく館外でも利用が継続されていたことが示唆された。複数日ユーザにおいては、他のユーザと比較して図鑑画面の利用が多く、特定個体への継続的関心を持つ常連層である可能性が示唆された。

1 回あたりの利用時間は平均 92.2 秒であった一方、最大 36.7 分の長時間利用も記録されており、短時間の軽い観察から、時間をかけて描画する丁寧な利用まで多様なパターンに対応していたと考えられる。

### 5.3 システム操作の特徴と利用行動

描画負荷に関しては、1 回あたりのストローク数が平均 5 ストローク程度、描画時間は平均 15 秒、最大でも 160 秒程度と、多くの来訪者が短時間で描画と検索を完了していた。これらの結果から、ペンさくの描画操作は来訪者にとって過度な負担になっておらず、展示前の限られた滞在時間でも行いやすい体験となっていたと考えられる。また、見えない腹部の指定では、特に右下付近が多く指定されており、展示環境において腹部右側がペンギンの姿勢や動き、柵などの影響で見えづらい場面があった可能性がある。

検索結果の特定順位については、1 位が 25 件と最も多く、2 位および 3 位も各 8 件と上位候補が正解として選択されていた。これは腹部模様の描画が識別に十分寄与していることを示す一方で、順位が大きく外れた例（44 位）の存在は、描画のラフさや観察環境の影響があったと考えられる。

画面別の利用状況からは、描画画面と検索結果画面の利用が特に多く、展示前での観察と検索行動が結びついていた。一方、図鑑画面や個体詳細画面の利用は少なかった。アルバム画面については多くの来訪者がログインせずゲスト利用で試しており、アルバム機能に到達する利用者が限定されたと推測される。個体詳細画面については、検索結果画面に基本的な情報が提示されているため、来訪者がその段階で満足し、個体詳細画面に遷移する動機が弱かった可能性がある。また、個体詳細への操作可能性に気づきにくかった可能性も考えられる。システム上では個体を特定した際に押される「この子だった」ボタンを個体詳細画面に配置していたため、来訪者が検索結果画面で観察行動を完結させてしまう場合にはフィードバックが得られない。今後は、検索結果画面の段階で「この子だった」を操作できるようにするなど、詳細画面へ誘導する設計が必要である。

本研究で新たに実装した言語切り替え機能は 4 件の利用が記録され、実際に外国人来訪者がペンさくにアクセスし

興味を示す場面が確認された。外国人利用者に対して言語対応の必要性が過去の実証実験から指摘されていたが、今回のログからも多言語化が利用障壁の低減に寄与する可能性が示された。

#### 5.4 課題と今後の展望

本研究の結果から、ペンさくは来訪者の能動的な観察を促し、展示前での協調的・反復的な観察行動を生み出す可能性が示された一方、いくつかの課題も確認された。

まず、描画の質や観察状況が検索精度に影響する可能性がある点である。遠距離からの観察や、子どもが雑に描いた場合など、状況によって描画対象のペンギンの検索順位が下位になる例が確認された。システム上に設置した任意回答形式のアンケートには、「まだ精度低めに感じた。いい機能だと思うので是非本設置してほしい。」、「おもしろいと思う。当たっていたらなお良かった。」といった検索精度に関する意見があった。今後は、描画ガイドの実装や検索アルゴリズムの改善により、描画負荷を軽減しつつ精度を向上させるインターフェースの改善が必要である。

また、掲示からアクセスはしたものの描画に至らない来訪者や、掲示に興味を示したがアクセスには至らない来訪者一定数いた。ログデータからも、システムにアクセスした人が340名であった一方で、検索まで至った人数は169名であった。これは展示環境の混雑度やペンギンの動き、スマートフォン操作への慣れなどの状況が影響した可能性がある。この問題に対しては、展示前に端末を常設するなど初回体験の敷居を下げることが有効であると考えられる。

最後に、多言語対応については利用回数は少なかったものの、展示前で外国人来訪者が興味を示す場面が複数確認された。言語選択や説明手段を拡充することで、より多様な来訪者層を支援できる余地がある。また、SNSなどを介してサンシャイン水族館を来訪しようとする外国人同士の情報共有がなされる可能性もあり、継続的な展示および掲示が必要であると考えられる。

今後は、より長期間の実証や他施設での展開を通して、観察行動への長期的影響や教育的効果、動物福祉意識の変化を検証していく。また、動物福祉の観点から、来訪者の行動変容が飼育現場や教育活動にどのような影響をもたらすかについても調査する予定である。

### 6. おわりに

本研究では、ペンギンの腹部模様を描画して個体を検索するシステム「ペンさく」にログデータの取得機構および多言語対応機能を実装するなど改良を行い、実際の水族館環境において一般来訪者を対象とした1週間の実証実験を行った。このログ機能により、来訪者がシステムをどのように利用し、観察行動にどのような変化が生じるのかを詳細に分析できるようにした。ログデータおよび行動メモの

分析から、来訪者が個体の特徴に着目し、描画・照合を繰り返しながら観察を深める様子が確認された。また複数名で端末を共有し協調的に描画を行う行動がみられ、ペンさくが来訪者の協調的な観察体験を促していることが示された。さらに、複数日にわたる利用や1日の繰り返し利用も確認され、システムが単発的な利用にとどまらず、継続的な関心や再訪を支える可能性が示唆された。

一方、描画が難しい観察条件では検索精度が低下する場合や、掲示からアクセスしたもののに至らない来訪者が一定数存在すること、多言語対応の利用が限定的であったことなど、課題も明らかになった。今後は、検索精度の改善や、利用者の負荷を軽減するインターフェース改善が必要である。また、展示前への端末常設など、利用障壁を下げる導線設計も有効と考えられる。加えて、より長期的な実験や複数施設での導入により、実験来訪者の行動変容や教育的効果、動物福祉意識への影響を詳細に評価するしていく予定である。

本研究は、個体識別を軸とした新たな観察支援の可能性を示すとともに、水族館における来訪者体験の質向上や教育的価値の拡張に向けた基盤的知見を提供するものである。今後もフィールドでの実装と評価を重ね、動物園・水族館における来訪者の学習行動と動物理解を支援する実践的な技術の発展に寄与することを目指す。

### 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] Smith, P., Mann, J. and Marsh, A.: Empathy for wildlife: The importance of the individual, *Ambio*, Vol. 53, No. 9, pp. 1269–1280 (2024).
- [3] 中川由貴, 中村聰史: 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).
- [4] 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).
- [5] 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).
- [6] 中川由貴, 中村聰史, 芦刈治将, 板東恵理子, 與倉陵太, 渡邊果南, 岩永七海: 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, 第33回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ (WISS 2025) (2025).
- [7] 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*

- [8] *Biosciences*, Vol. 11, pp. 287–306 (2023).
- [9] 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).
- [10] 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).
- [11] 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).
- [12] 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).
- [13] 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).
- [14] 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).
- [15] 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).
- [16] 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).
- [17] 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).
- [18] 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).
- [19] Malamud, R., Broglie, 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).
- [20] 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).
- [21] 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).
- [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] 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).
- [25] 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).
- [26] Packer, J.: Learning for fun: The unique contribution of educational leisure experiences, *Curator: The Museum Journal*, Vol. 49, No. 3, pp. 329–344 (2006).
- [27] 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).
- [28] 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).
- [29] 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).
- [30] Waggoner, 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).
- [31] 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).
- [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] Lucardie, D.: The impact of fun and enjoyment on adult's learning, *Procedia-Social and behavioral sciences*, Vol. 142, pp. 439–446 (2014).
- [35] Burghardt, T., Thomas, B., Barham, P. J. and Calic, J.: Automated visual recognition of individual African penguins, *Fifth International Penguin Conference* (2004).
- [36] 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).
- [37] McConkey, S. D.: Photographic identification of the New Zealand sea lion: a new technique (1999).
- [38] 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).