

# 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

中川 由貴<sup>1,a)</sup> 中村 聡史<sup>1</sup>

受付日 2024年3月1日, 採録日 2024年9月9日

**概要:** 我々はこれまで、ペンギンの腹部の特徴的な斑点模様に着目し、模様を描画しながらペンギンの名前を検索することで観察を支援する手法を提案してきた。しかし、これまでの研究では写真を用いた実験を行っており、実際のペンギンのように動き回ったり、片側や腹部の上半分しか見えなかったりといった観察可能性を十分考慮できていなかった。そこで本研究では水族館でペンギンを観察することを想定したシステムの改良を行い、システムの利用がペンギンの記憶に与える影響を調査した。スマートフォン上でペンギンの斑点を描画して名前を検索するシステムを実装し、水族館での実地実験を行った。実地実験では、本システムを用いて観察した場合と、バンドによる識別システムを用いて観察した場合とを比較し、提案システムの有用性を検証した。その結果、本システムを用いた観察により、個体の特徴や個々のペンギンに対する関心が高まることや、本システムはバンドによる識別と比較してバンドの色や名前自身の記憶容易性に影響を受けづらく、人によって異なるペンギンが記憶に残りやすい可能性が示唆された。

**キーワード:** 斑点描画, 観察支援, ペンギン, 個体識別, 検索, 記憶, 興味

## Validation of a Drawing-type Observation and Retrieval Method Focusing on the Abdominal Pattern of Penguins

YUKI NAKAGAWA<sup>1,a)</sup> SATOSHI NAKAMURA<sup>1</sup>

Received: March 1, 2024, Accepted: September 9, 2024

**Abstract:** We have focused on the characteristic spotted pattern on the abdomen of penguins and proposed a method to support observation by drawing the pattern and searching for the penguin's name. However, our previous studies were conducted using photographs and did not fully consider the possibility of observing penguins in aquariums, where penguins move around, or only one side or the upper half of the abdomen is visible. In this study, we improved the system for observing penguins in an aquarium and investigated the effect of using the system on the users' memory of penguins. We implemented a system to search for penguin names by drawing their spots on a smartphone and conducted a field experiment at an aquarium. In a field experiment, we compared observations using the proposed system with observations using an identification system based on bands and verified the usefulness of the proposed system. The results suggest that observation using the system may increase interest in individual penguins and their characteristics and that the system may be less affected by the color of the band and the ease of remembering the name itself than identification by the band, making it easier for different people to remember different penguins.

**Keywords:** drawing, observation support, penguins, identification, search, memory, interest

### 1. はじめに

動物園や水族館は、様々な生き物を観察しながら楽しむことができる施設である。日本動物園水族館協会には約

<sup>1</sup> 明治大学  
Meiji University, Nakano, Tokyo 164-8525, Japan  
<sup>a)</sup> nakagawa.yuki55@gmail.com



図 1 ペンギンに名前をつけて紹介する展示 (SEA LIFE Sydney の例)

Fig. 1 An exhibit introducing penguins by name at SEA LIFE Sydney.

140 施設が加盟 [1] しており、年間の来場者数は 2017 年時点で 8,000 万人を超えている [2]。これらの施設は多くの人々がレジャーとして訪れる一方で、小学校や中学校などの校外学習で利用される場合も多い。展示された生き物を近い距離で観察することは、科学教育や体験学習などといった教育的役割も果たしている [3]。実際に、Roe ら [4] は動物園の来園者の大多数が学習目的に来園していることを明らかにしており、多くの研究で動物園や水族館が動物保護意識や学習に役立つことが示されている [5], [6], [7], [8]。

動物園や水族館などのレジャー施設にとって来園館者を一定して得ることが施設の運営をしていくうえで必要不可欠である。しかし、来園館者が動物園や水族館の初回訪問時に充実した経験が得られなかったり、生き物が記憶に残らなかったりするとその施設を再訪しなくなってしまう可能性がある。また課外学習においては、複数回の訪問、高い個人的な関与や感情が長期記憶に影響することが分かっている [9]。そのため、生き物への興味や印象を高めつつ、記憶に残るような観察を支援する仕組みが必要であるといえる。ここで、Smith ら [10] はイルカの個体識別をすることがイルカに対する共感や保全行動につながることを、森元ら [11] はウサギに名づけをした幼稚園の方が名づけをしていない園よりも適切な飼育管理をする傾向にあることを明らかにしている。つまり、動物園や水族館などでも名づけをすることで生き物に対する興味を高めることができると考えられる。しかし、人は人物について名前を思い出すことがその他の情報を想起するよりも困難であることが知られており [12]、名づけだけでは不十分な可能性もある。

本研究ではまず、多くの動物園や水族館で飼育されているペンギンに着目した。ペンギンは人気の高い生き物であるが、興味を持ってペンギンの展示に近づいたとしても何気なく眺めているだけでは記憶に残りづらいと考えられる。ペンギンの観察を促すため、いくつかの動物園や水族館ではペンギンに名前やフリッパーバンド (以下バンドという) をつけて紹介したり (図 1)、ペンギンの個体どうしの相関図を作って来館者の興味を惹いたり展示の工夫を

している。しかし、バンドはペンギンにかなり近寄らないと見えないうえに、緑やライム、ライトグリーンといったように類似した色も多く、色を識別するのは困難である。また、数十羽いるペンギンの中から特定のペンギンを探し出すのは困難であり、個体に着目して観察することは難しい。そのため、ペンギンの個体の観察を支援し、興味を高めるような手法が必要である。

フンボルトペンギン属に含まれるペンギンは、腹部に個体によってまったく異なる黒い斑点あり、水族館で飼育員が個体を識別する基準の 1 つとなっている。すみだ水族館では過去にペンギンの腹部模様を描いてチャームをつくるイベントも開催している [13]。また、鳥羽水族館では斑点の位置で見分ける方法を紹介している [14]。こうしたペンギンの個体固有の腹部模様に着目して、個体の識別をすることや名前を覚えることでペンギンへの愛着が増し、観察の楽しみを増幅できると考えられる。名前に着目した生き物の観察支援として、スマートフォンのカメラをかざすとその生き物の名前が画面上に表示される LINNE LENS [15] があり、活用されているが、生き物の名前がすぐに提示されてしまうような方法では、ユーザの能動性が低くその後の記憶や印象につなげる支援としては不十分である。

ここで田中ら [16] は、「思い出塗り絵」をすることが高齢者の認知機能維持に影響することを明らかにしており、Holt ら [17] はぬりえが大学生の注意力・想像的認知力の向上に影響する可能性を述べている。また、Funazaki ら [18] は検索クエリを考えながら能動的に話を聞くことで話の題材に対する興味が増加する可能性を示している。我々はこれらを応用し、ペンギンの腹部模様を描画してペンギンの名前を検索することで、ペンギンの個体に着目した観察が可能となるとともにペンギンへの興味や印象が高まるのではないかと考え、手法を提案してきた [19]。プロトタイプシステムでの描画の収集実験により、描画の類似度から描いたペンギンを推定できる可能性が示唆された。一方で類似度判定アルゴリズムは比較する 2 つの描画のすべての点どうしのマッチングをとり類似度計算をするのもであったため、水族館で利用するシステムとして実運用するには計算コストが高いものであった。さらに、これまでの研究では描画からペンギンの名前検索をするシステムを実装しておらず、またシステムを使用した観察がペンギンの認知や記憶に与える影響について実地での検証ができていなかった。

そこで本研究ではまず、これまでに実現してきたプロトタイプシステム [19] を利用し、収集した斑点の描画データから、ユーザのペンギンに対する斑点描画の特徴を分析する。また水族館での実証実験に向け、名前検索アルゴリズムについて、斑点描画をベクトル表現しその類似度を判定するアルゴリズムへと改良し、精度を検証する。さらに、腹部模様を描画・検索するシステムを実装し、水族館での



実験を通して斑点の描画をしながらペンギンを観察・検索することによる個体の認知や記憶への影響を調査する。

本研究の貢献は、下記の2点である。

- ペンギンの腹部斑点の描画から名前を検索するアルゴリズムを構築するとともに、描画・検索システムを実装したこと
- システムを用いた水族館での実地実験を実施し、描画・検索がペンギンの記憶に効果的である可能性を確認するとともに、その問題も明らかにしたこと

## 2. 関連研究

### 2.1 生き物の観察の工夫に関する研究

生き物を観察するうえで楽しみを感じたり生き物への理解を深めたりすることは、観察の効果を高めるために重要である。Yamashitaら[20]は、魚の鑑賞を楽しむため、水槽の後ろにディスプレイを設置することで魚を傷つけることなく色を変化させる技術を開発している。Isokawara[21]は、水槽に魚の思いを可視化し、人と魚の対話を可能にすることで魚の飼育をより快適にするシステムを開発した。これらの研究と同様に、本研究も腹部斑点を描画することで楽しみながらペンギンを観察するとともに、その過程において記憶や印象を高めることを目指したものである。

原田ら[22]は中学生の観察・実験においてポジティブな感情が興味に影響を及ぼすことを明らかにしている。このことから、描画による観察をエンターテインメントとしてとらえることで、観察対象への興味が上がると考えられる。

### 2.2 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[23]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、多くのユーザー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[24]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[25]、[26]。

他にも、高岡ら[27]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、ユーザー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。

### 2.3 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[28]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。Raziahら[29]は、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している。また、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。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分かる。

また、原[30]は動物園の観光客の常連化をするうえで、つね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[31]、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[32]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注目しながら観察することが楽しみ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。

### 2.4 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[33]。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。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[35]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[36]、[37]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[38]、深度画像を用いたニワトリの個体識別手法[39]などが提案・検討されている。Duyckら[40]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



図 2 描画対象としたペンギン (左からペンギン A, B, C, D, E)

Fig. 2 Penguins drawn by participants (from left to right: penguins A, B, C, D, E).

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などでの認識は適していないと考えられる。

## 2.5 点群の類似度判定に関する研究

点群の類似度判定は、コンピュータビジョンやパターン認識の分野で広く研究されている。2つの点群の形状を比較する手法として、点群をスケール・回転・平行移動して最適化するプロクラステス解析がある。この手法は、点群の形状の一致度を評価するのに適しており、多くの研究 [41], [42] で利用されている。Burghardt ら [34] のペンギンを個体識別するプロトタイプシステムにもプロクラステス解析が用いられている。ただし、プロクラステス解析は2つの点群の対応をとる必要がある。本研究で用いるユーザの斑点描画データのように人による描画点数の違いや場所のずれといったばらつきのあるデータ対しては適応が難しい。他にも、2つの点群を反復的に最適な位置に合わせる Iterative Closest Point アルゴリズムや2つの点群の最大最小距離を計算するハウズドルフ距離の手法がありロボティクス [43] やパターン認識 [44], [45] などに利用されているが、いずれも計算量が多いことに加え、異なる分布を持つ点群に対しては精度が安定しないという問題がある。

一方、人の不完全な描画をもとにして類似度を求めるものについては、手書きによるスケッチの類似度から、コミックの画像検索を実現した研究 [46] もある。しかし、ある程度のストローク量が必要であり、今回のような限られた点群での類似判定には適していない。

以上のように点群の類似度判定には様々な手法があるが、本研究ではユーザが描いたペンギンの斑点描画を用いている。点群をベクトル表現し、ユークリッド距離とコサイン類似度の組み合わせを用いることで、描画のばらつきを許容しつつ高精度な類似度評価を実現している。

## 3. 斑点描画の類似度・傾向分析

ペンギン腹部の斑点描画からの名前検索システムについ

て、水族館でも利用可能とするアルゴリズムを実現するため、これまでの研究 [19] で収集した描画データをもとに人の斑点描画の傾向を分析する。

### 3.1 斑点描画の予備実験

ペンギンの腹部の斑点描画データを分析するため、実際にユーザにシステムを利用してもらい、描画データを収集する実験を行った [19]。システムにより得られた斑点描画データをすべての組み合わせについて類似度を分析し、ペンギンの識別について検討した。分析の結果、同じペンギンについての斑点描画どうしの類似度は高く、異なるペンギンどうしの類似度は低く評価された。このことから、斑点描画の類似度を計算することによりペンギンの名前をある程度推定できる可能性が示唆された。

ここで、斑点描画による検索の実現には、人がペンギンをどう斑点を描画するのかを明らかにする必要がある。そこで本章では斑点描画データについて、斑点の位置と書き順に注目した描き方の分析を行った。

実験条件を統制するため、すみだ水族館と京都水族館で飼育されているペンギン5羽 (図 2) について、正面の写真を撮影し、実験参加者にはその写真を見ながらシステムを利用し、斑点を描画してもらった。

すみだ水族館で飼育されているペンギンはマゼランペンギン、京都水族館で飼育されているペンギンはケープペンギンであり、いずれもフンボルトペンギン属に属する腹部模様のあるペンギンである。写真を提示していた時間は5羽のペンギンそれぞれについて3分間で、ペンギンの名前とバンドの色を提示した。実験参加者は21~24歳の大学生・大学院生22名 (男性12名、女性10名) であった。

### 3.2 斑点描画の傾向分析

人がどのように腹部を観察し、腹部の斑点を描画しているのかを調べるため、斑点の座標を画数ごとにプロットしたものを図 3 に示す。なお、1画目から画数が大きくなるにつれて色が薄くなるように表示している。

この結果より、ペンギン A について、左上から右下の順に点を描いている人が多いが、右下の点を先に描いている

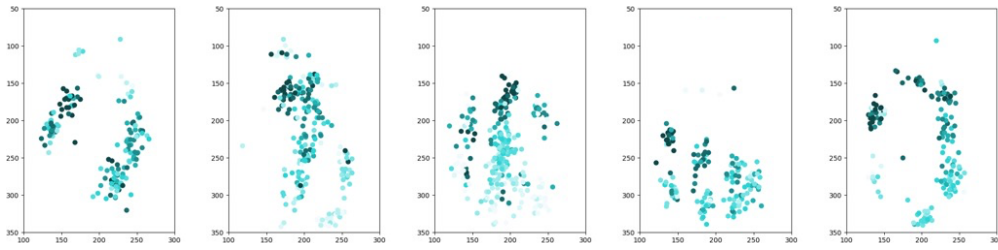


図 3 画数ごとの斑点のプロット (左からペンギン A, B, C, D, E)

Fig. 3 Plot by number of strokes (from left to right: penguins A, B, C, D, E).

人も数名いる。これは、ペンギン A は腹部右下に特徴的な 2 連の点があることが確認でき、この点が目に付きやすかったために右下の点から描きはじめた人がいたと考えられる。ペンギン B と C はいずれも縦方向に連続した点があり、その結果、どちらのペンギンも上側から下側に点を描いている人が多いことが分かる。ただし、ペンギン C については縦方向の点の他に左右にいくつか点が存在するため、ペンギン B と比較すると左右へのブレがあるものの、全体の傾向としては上側から下側に向かって点を描いている人が多い。ペンギン D は下腹部に散らばった点があるため、下腹部左上の点を描いてから下側の点を描いている人が多いことが分かる。ペンギン E は、左上または右上の上部の点から描きはじめ、最後に下部の点を描いている人が多いことが分かる。

以上の結果より、腹部の斑点は多くの人が同じように描く傾向があり、特に上部や左上の点から下部にかけて描きやすいと考えられる。一方で、ペンギンの模様や特徴によって人ごとにばらつきが生じるため、それを考慮した検索アルゴリズムが必要である。

#### 4. データセット構築と検索アルゴリズム

##### 4.1 斑点正解データ構築

本章では、ペンギンの腹部模様の斑点描画から名前を検索する手法を検討する。3 章での斑点描画に対する分析の結果、斑点どうしの類似度評価によりある程度の個体推定はできるものの、ユーザによって描き方にブレがあることが分かった。そのため、どのペンギンについて描かれた斑点なのかを検索するのに必要な斑点の正解データは 1 つに定めるのではなく、多くのユーザが描いた斑点描画データを収集し、その平均を使用することが好ましいと考えられる。

3 章の観察結果から、斑点描画の位置に一定の傾向が見られたことをふまえ、本研究では腹部を 9 分割した領域の各々における斑点の個数から類似度を求めるアルゴリズムを採用した (詳細は 4.2 節)。この、腹部を 9 分割するというシンプルなアプローチにより計算量を抑えつつ、ユーザの描画のばらつきを許容することができる。

アルゴリズムの検証にあたり、検索に必要な斑点描画の

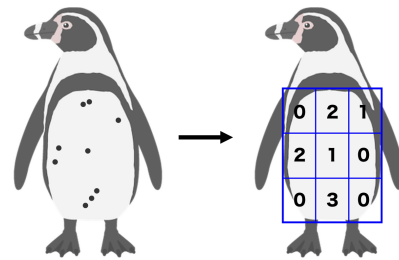


図 4 斑点描画のベクトル表現の例

Fig. 4 Example of a vector representation of a drawing.

正解データを構築するため、システムを利用して斑点描画タスクを行ってもらい、データを収集した。ここでは、データセットの構築条件を統制するため、すみだ水族館で飼育されているペンギン 19 羽について、正面の写真を撮影し、協力者にはその写真を見ながらシステムを利用して斑点描画をしてもらった。

協力者を全員同じ部屋に集め、まず自身の所有するスマートフォンでシステムにアクセスしてもらった。次に、スクリーンにペンギンの写真を名前とバンドの色とともに投影し提示した。協力者には、スクリーンに提示されたペンギンの名前とバンドの色を入力してもらった後、斑点描画画面に遷移してもらい、写真を見ながら腹部の斑点模様を描画してもらった。

データセット構築に関する斑点描画タスクの協力者は 20~24 歳の大学生・大学院生 26 名 (男性 19 名, 女性 7 名) であった。

##### 4.2 検索アルゴリズムと精度評価

本研究では、ペンギンの腹部の斑点描画について、図 4 のように 9 分割された各領域内の点の数を求めることで、腹部模様ベクトルとして表現し、そのベクトルの類似度を求めることで描画されたペンギンどうしの類似度を求める。

具体的には、図 4 左のような斑点描画の場合、それぞれの領域に含まれる点の数は図 4 右のようになるため、この数を 9 次元のベクトルとして表現し、ユークリッド距離とコサイン類似度を使い、以下の式で類似度を求める。

$$\text{similarity score} = \frac{\text{cosine similarity}}{\text{euclidean distance} + 1}$$

ユークリッド距離とコサイン類似度の両方を用いる理由



は、両者が補完的な特性を持つためである。ユークリッド距離はベクトルの大きさやスケールの違いを評価するのに適しており、描画された斑点の密度や全体的な広がりを反映することができる。一方、コサイン類似度はベクトルの方向性や形状の一致度を評価するのに優れており、斑点の配置パターン的一致を評価するのに有効である。ただし、事前調査でユークリッド距離のみでは斑点の位置関係を十分に評価できない場合や、コサイン類似度のみでは斑点の密度の違いを無視してしまう場合があることを確認したため、この2つを組み合わせることでユーザが描いた斑点の類似度をより高精度に評価することができると考えた。

精度を検証するため、今回は実験協力者26名を13名ずつ2分割し、一方のグループによるペンギンの斑点描画の平均を正解データとして、他方のグループの個々の斑点描画との類似度を計算する。ここでは、その類似度順でペンギンをランキングし、その順位ごとの精度を求める。また、これを両グループに対して実施し、平均を求めることで、精度の検証を行う。

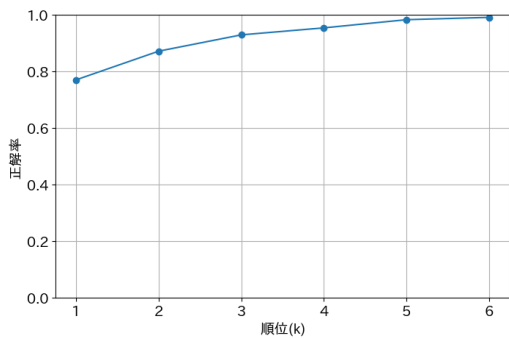


図5 上位k位以内正解率 (k = 1 ~ 6)

Fig. 5 Percentage of correct answers within the top k positions (k = 1 ~ 6).

### 4.3 個体推定の精度

正解データとの類似度から求めたペンギンの名前ランキングの正解率を順位ごとにまとめた結果を図5に示す。図の横軸はランキングの何位までをみるか、縦軸はその順位までみたときの正解率を示している。図5より、ランキングの1位以内正解率は77.1%であり、3位以内の正解率は90%を超えていることが分かる。

## 5. 水族館向けシステムの実装

本研究ではユーザが水族館において興味を持ったペンギンの腹部の斑点模様を描画し、名前を検索するシステムを実現することを目指す。本システムでは、ユーザがペンギンを見て腹部の斑点模様を描画した後、その斑点の座標情報をもとにシステム上でペンギンの名前を推定し、ランキング形式で検索結果として提示する(図6)。具体的にはまず、ユーザがスマートフォンからシステムにアクセスすると、ペンギンの斑点描画インターフェースが提示され、指を使って腹部の斑点模様を描画する。模様が完成したら「かんせい!」ボタンを押すことで検索結果インターフェースに遷移する。検索結果は、4章で実現したアルゴリズムのもとに、9分割された領域の描画の類似度を算出した。また類似度が高い順にペンギンをランキングし、検索結果としてペンギンの画像・名前・バンドの色を提示した。さらに、検索結果上のペンギンをタップすると、拡大した画像やそのペンギンの詳細な特徴が提示されるようにした。

ここで、ユーザは水族館で自由に動くペンギンを見ながら使用することを想定しているため、ペンギンの動きや観察する角度、他の来館者などの要因で必ずしも正面からペンギンを観察できるとは限らず、見えない腹部がある場合が考えられる。そこで本研究では、システムにおけるユー



図6 システムのインターフェース (左から斑点描画面、見えない腹部指定画面、検索結果画面、ペンギン詳細画面)

Fig. 6 System interface (from left to right: drawing screen, invisible abdomen specification screen, search results screen, and penguin details screen).



ザが見えない腹部を指定可能とし、そのエリアを検索条件から除外するように実装した。

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。なお、インタフェースをひらがなにしている理由は、将来的に子どもにも使ってもらうためである。

## 6. 水族館での実地実験

### 6.1 システム利用実験

ペンギンの腹部の斑点模様から名前を検索することがペンギンへの記憶に及ぼす影響を調査するため、すみだ水族館にて、実際に展示されているペンギンを見て斑点描画と名前検索をしてもらう実験を行った(図7)。実験参加者には、展示されている任意のペンギンを観察し、参加者自身のスマートフォンを使ってシステムにアクセスして斑点描画・検索をするように指示した。実験時間は約30分間であった。また、提案手法がどのような特徴を持っているかを比較可能とするため、多くの水族館がペンギンの個体識別のために導入しているバンドに着目し、バンドの色によるペンギン検索システムである「ペンたごん\*1」を用いてペンギンの名前検索をする実験を実施した。こちらの実験時間も約30分間であった。なお、ペンたごんを用いた検索はログを取ることができないため、スマートフォンの画面録画をしてもらい、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とってもらった。

実地実験の後、いずれの実験でもアンケートを実施した。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、システムの利用に関する質問からなる。名前の記憶に関する質問では、描いたペンギンの名前、気に入った/印象に残ったペンギンの名前について覚えている範囲で回答を求めた。ユーザ評価ではシステムの使いやすさを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。

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



図7 実験の様子

Fig. 7 Scene of the experiment.

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2名以上が名前を検索したペンギンの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8)。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。

実験は、提案手法を用いたものは2023年10月13日、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)、ペンたごんを用いたものは2024年7月2日、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。

### 6.2 提案手法の実験結果

水族館での実験において、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分かる。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

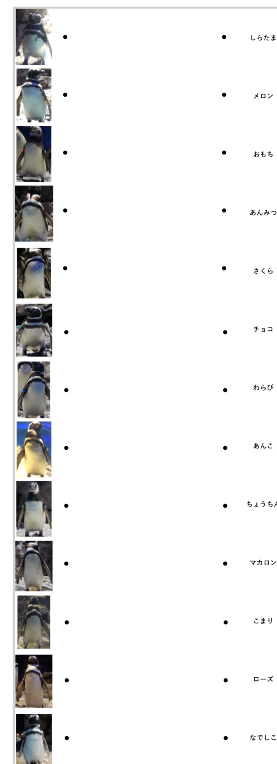


図8 記憶テスト

Fig. 8 Memory test.

\*1 <https://www.sumida-aquarium.com/pentagon/>

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分かった(図9)。

実験後に行ったアンケートでは、覚えているペンギンの名前を記述形式で回答してもらった。その結果、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。気に入った/印象に残ったペンギンの名前を尋ねる質問では、6名が1羽、1名が3羽の名前をあげた。また会いたいペンギンがいるか否かの質問では、9名中7名(77.8%)が「いる」と回答した。さらに、その7名中6名が会いたいペンギンの名前まで回答した。システムのユーザ評価に関する質問では、「システムは使いやすかったですか?」という質問に対して、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評価してもらった。その結果、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、13羽のペンギンについて画像と名前を線をつなぐタスクを実施した。記憶している画像に印をつけたペンギンの数は、平均3.4羽であった。また、名前の記憶については実地実験時にシステムを使って名前を検索していないペンギンに印をつけた実験参加者が複数名いた。そこでシステムで検索したことによる記憶の効果を確かめるため、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。

### 6.3 ペンたごんの実験結果

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おいて、覚えているペンギンの名前

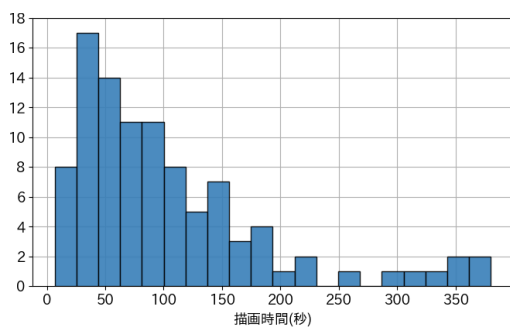


図9 描画時間の分布

Fig. 9 Distribution of drawing time.

の質問では1人あたり平均5.4羽の名前を記憶していた。気に入った/印象に残ったペンギンの名前を尋ねる質問では、4名が1羽、3名が2羽の名前をあげた。また会いたいペンギンがいるか否かの質問では、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。システムのユーザ評価に関する質問では、「システムは使いやすかったですか?」という質問に対して、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羽のペンギンについて、記憶している画像に印をつけたペンギンの数は平均0.9羽であり、記憶している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。後述するが、この「さくら」という名前は実験協力者の名前と一致しており、そのことが記憶に影響を及ぼした可能性がある。

## 7. 考察

### 7.1 検索容易性

6.2節および6.3節の結果を表1に示す。提案手法では1人あたり11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。ペンたごんでは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。ペンたごんは、入力したバンドの色の組合せのペンギンが存在しないと検索結果が表示されないため、ユーザはペンギンのバンドの色すべてを正確に視認し入力する必要がある。また、検索結果のインタ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、本研究の結果においても、ペンたごん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」・「わ

表1 比較実験の結果

Table 1 Results of comparative experiment.

	提案手法	ペンたごん
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
個人内の検索重複率	9.3%	14.5%
実験直後の記憶数(名前)	2.0羽	5.4羽
6日後の記憶数(名前)	2.2羽	3.1羽
画像と名前が一致した人数	4名	3名

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。

また、システムの使いやすさを5段階で評価してもらった結果、提案手法は3.56、ぺんたごんは3.88とどちらも中程度の評価であった。ぺんたごん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9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しまっている。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。

## 7.2 斑点描画・検索による記憶への影響

6.2節および6.3節のアンケートの結果より、実地実験の直後に提案手法では1人あたり平均2.0羽、ぺんたごんでは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、ぺんたごんでは平均3.1羽の名前を記憶していた。ぺんたごん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ることから、斑点描画する提案手法の方が長期的な記憶につながる可能性が考えられる。なお、後述するがぺんたごんにおける実験の結果記憶している羽数が多かったのは、その1羽の名前と実験参加者の1名の名前が「さくら」と一致していたため、全員がその名前を話題にし、記憶できていたことが要因でもあった。

記憶テストでは、提案手法では4名、ぺんたごんでは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、ぺんたごん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ることで、特に実験参加者らの印象に残りやすかったと思われる。また、さくらのバンドの色はピンク2つであり、バンドの色から名前を連想しやすいことも記憶につながった可能性がある。

ぺんたごんで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ことから、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

索した割合は、提案手法が9.3%、ぺんたごんが14.5%とぺんたごんの方が大きかった。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。さらに、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、52羽と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、本システム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。ただしこの評価には限界があり、実験参加者が少ないことに加え、検索したペンギンの数が少ない場合や観察環境など、状況によって記憶の効果が異なる可能性がある。実際に、実験後アンケートにおいて名前をまった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ため、今後はより詳細に調査する必要がある。

実験後アンケートにおいては、提案手法の実験参加者から以下のような回答が得られた。「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ていたメンバーと『あれ〇〇じゃない?』と言ったような会話をしながら楽しむことができた」、「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」。これらのアンケート結果から、斑点描画し検索する本システム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分かる。一方、記憶テスト名前をまった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。

以上のことより、本システム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。対照的に、ぺんたごん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持つことは難しかったと考えられる。また、ぺんたごんでは参加者の名前がペンギンの名前と一致しているときと、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。一方、本システムでは様々なペンギンが記憶されていた。

今回の実験では描画するペンギンの数を特に指定しなかったが、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いながらシステムを使ってもらい、その良さ悪しを評価する予定である。

### 7.3 課題と展望

データセットの分析結果より、検索精度はランキングの3位以内正解率が93.0%と高いものであったが、実地でのシステム利用実験の検索精度は41.7%に下がっていた。これは、実際のペンギンを見ながら斑点描画する難易度が影響していると考えられる。また、すみだ水族館では50羽以上のペンギンが展示されており、ペンたごんではすべてが検索対象となっていたにもかかわらず、本研究ではデータセットのある33羽分しか正しく検索をすることができない仕様となっていた。水族館での使用で検索精度を上げるためには、まずすべてのペンギンを網羅することが必要である。また、観察する方向によって描く点の位置が実際よりもずれてしまう場合に精度が低下してしまうことが考えられるため、ずれを考慮した検索アルゴリズムを再検討し、より良い検索精度となるように改善する予定である。

さらに、本研究では30分の間に1人平均11.0回も斑点描画しており、1羽1羽に十分な時間をかけて観察できていなかった可能性がある。そのため、今後は実験参加者の観察行動の自由度を高めて再実験し検証を行う予定である。

今回のシステムは、斑点を描画し終わったタイミングで名前を検索するものであった。しかし、単純にその場にいるペンギンの名前を知りたいだけであれば、斑点描画の途中でも名前を推定し、システムの画面上で確認できる方が好ましい。そこで今後は、インクリメンタルな検索を可能とするシステムを実装する予定である。

また、現在は個人が検索するだけのシステムとなっているが、それだけではユーザの水族館の体験として適切ではない。そこで今後はシステムの追加機能として、ユーザがそれまでに描いた斑点模様やペンギンをコレクションする機能や、他のユーザが描いた斑点模様を閲覧・比較できる機能を実装し、システム使用のモチベーションを向上させることを目指す。

## 8. おわりに

本研究では、ペンギンの観察をより良いものにするため、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システムの実装し、システムがペンギンに対する記憶に与える影響を検証した。まず我々がこれまでに収集した斑点の描画データを分析することで人の描画傾向を明らかにし、斑点描画からペンギンの名前を検索するアルゴリズムの改良と精度評価をした。また、類似度判定アルゴリズムを用いて、スマートフォン上でペンギンの腹部斑点を描画・検索するシステムを実装し、水族館での実地実験を行った。さらに、水族館で動き回るペ

ンギンを観察することを想定し、見えない腹部を指定した検索を可能とする機能も実装した。

実地実験後のアンケートや記憶テストの結果、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分かった。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。また、ペンたごん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。

今回の実験で、名前をほとんど記憶できていない実験参加者がいることや、ペンギンの検索結果の精度が低いなどの問題があった。そこで、今後は描画と検索が記憶や興味に与える影響について詳細に調査していくとともに、描画データを増やして名前検索の精度を向上させる予定である。また、描画途中での名前推定やUIの改善をしてさらなる実験・検討をする。

### 参考文献

- [1] 日本動物園水族館協会, 入手先 (<https://www.jaza.jp/about-jaza/structure/>) (参照 2022-11-01).
- [2] 日本動物園水族館協会会長のごあいさつ, 入手先 (<https://www.jaza.jp/chairman>) (参照 2022-11-01).
- [3] (公社)日本動物園水族館協会の4つの役割, 入手先 (<https://www.jaza.jp/about-jaza/four-objectives>) (参照 2022-11-01).
- [4] 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).
- [5] Clayton, S., Fraser, J. and Saunders, C.D.: Zoo experiences: Conversations, connections, and concern for animals, *Zoo Biol.*, Vol.28, No.5, pp.377-397 (2009).
- [6] 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).
- [7] 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).
- [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] Wolins, I.S., Jensen, N. and Ulzheimer, R.: Children's memories of museum field trips: A qualitative study, *The Journal of Museum Education*, Vol.17, No.2, pp.17-27 (1992).
- [10] Smith, P., Mann, J. and Marsh, A.: Empathy for wildlife: The importance of the individual, *Ambio*, pp.1654-7209 (2024).
- [11] 森元真理, 谷田 創: 幼稚園におけるウサギを介在させた教育に関する研究—幼稚園の飼育ウサギに対する名づ



- けの有無と飼育管理状況との関連性について, *Veterinary Nursing*, Vol.20, No.2, pp.1–8 (2015).
- [12] McWeeny, K.H., Young, A.W., Hay, D.C. and Ellis, A.W.: Putting names to faces, *British Journal of Psychology*, Vol.78, No.2, pp.143–149 (1987).
- [13] ペンギンチャームをつくろう!, 入手先 (<https://www.sumida-aquarium.com/event/experience/3600.html>) (参照 2024-02-20).
- [14] 飼育日記 ペンギンの名前～!, 入手先 (<https://aquarium.co.jp/diary/2022/09/60033>) (参照 2024-02-20).
- [15] LINNE LENS かざす AI 図鑑, 入手先 (<https://lens.linne.ai/ja/>) (参照 2022-11-01).
- [16] 田中宏明, 芳賀大輔, 高畑進一, 井上英治, 小林 徹: 「思い出塗り絵」が軽度認知症患者の認知機能, 心理機能, 及び日常生活面に与える効果, *Journal of Rehabilitation and Health Sciences*, Vol.7, pp.39–42 (2009).
- [17] Holt, N.J., Furbert, L. and Sweetingham, E.: Cognitive and affective benefits of coloring: Two randomized controlled crossover studies, *Journal of the American Art Therapy Association*, Vol.36, No.4, pp.200–208 (2019).
- [18] Funazaki, Y. and Nakamura, S.: A method to success of “oshigatari” recommendation talk by asking to create search queries while listening, Knowledge-Based and Intelligent Information & Engineering Systems, *International Conference on Knowledge-Based and Intelligent Information & Engineering Systems*, Vol.207, pp.1812–1821 (2022).
- [19] Nakagawa, Y. and Nakamura, S.: A drawing-type observation and retrieval method focusing on the abdominal pattern of penguins, *OzCHI 2023* (2023).
- [20] Yamashita, S., Suwa, S., Miyaki, T. and Rekimoto, J.: AquaPrism: Dynamically altering the color of aquatic animals without injury by augmenting aquarium, *Proc. 4th International Conference on Animal-Computer Interaction (ACI 2017)*, Vol.11, pp.1–9 (2017).
- [21] Isokawa, N., Nishiyama, Y., Okoshi, T., Nakazawa, J., Takashio, K. and Tokuda, H.: TalkingNemo: Aquarium fish talks its mind for breeding support, *Proc. 4th International Conference on Animal-Computer Interaction (ACI 2016)*, Vol.11, pp.1–4 (2016).
- [22] 原田勇希, 中尾友紀, 鈴木達也, 草場 実: 観察・実験に対する興味と学習方略との関連の検討—因子分析による興味の構造分析を基礎として, *理科教育学研究*, Vol.60, No.2, pp.409–424 (2019).
- [23] 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).
- [24] 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, pp.51–55 (2007).
- [25] 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).
- [26] 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, *科学教育研究 (Journal of Science Education in Japan)*, Vol.34, No.2, pp.97–106 (2010).
- [27] 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*, Vol.44, pp.111–112 (2020).
- [28] 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).
- [29] Raziah, J.Z.R-R., 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).
- [30] 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).
- [31] 安達寛朗, 塩谷英生: リピーターの形成過程に関する研究. 自主研究レポート 2007/2008 観光文化振興基金による自主研究論文集, pp.15–20 (2008).
- [32] 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).
- [33] 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, *日本鳥学会誌*, Vol.52, No.2, pp.79–87 (2003).
- [34] Burghardt, T., Thomas, B., Barham, P.J. and Calic, J.: Automated visual recognition of individual african penguins, *5th International Penguin Conference*, pp.1–10 (2004).
- [35] 池田有一郎, 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*, Vol.32, No.1B1-OS-11a-05, pp.1–3 (2018).
- [36] 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).
- [37] 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*, Vol.8, pp.17–20 (2002).
- [38] McConkey, S.D.: Photographic identification of the New Zealand sea lion: A new technique, *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, Vol.33, No.1, pp.63–66 (1999).
- [39] 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).
- [40] 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).
- [41] Wöber, W., Mehnen, L., Curto, M., Tibihika, P.D., Tesfaye, G. and Meimberg, H.: Investigating shape variation using generalized procrustes analysis and machine learning, *Applied Sciences*, Vol.12, No.6, p.3158 (2022).
- [42] Goodall, C.: Procrustes methods in the statistical analysis of shape, *Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Methodological)*, Vol.53, No.2, pp.285–321 (1991).
- [43] Zhang, J., Yao, Y. and Deng, B.: Fast and robust iterative closest point, *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol.44, No.7, pp.3450–3466 (2022).
- [44] Ryu, J. and Kamata, S.I.: An efficient computational algorithm for Hausdorff distance based on points-ruling-out and systematic random sampling, *Pattern Recognition*, Vol.114, p.107857 (2021).
- [45] Dubuisson, M.P. and Jain, A.K.: A modified Hausdorff distance for object matching, *Proc. 12th International*

*Conference on Pattern Recognition*, Vol.1, pp.566–568 (1994).

- [46] Matsui, Y., Ito, K., Aramaki, Y., Fujimoto, A., Ogawa, T., Yamasaki, T. and Aizawa, K.: Sketch-based manga retrieval using manga109 dataset, *Multimedia Tools and Applications*, Vol.76, pp.21811–21838 (2017).



中川 由貴 (学生会員)

2000年生。2023年明治大学総合数理学部先端メディアサイエンス学科卒業。現在、同大学大学院先端数理科学研究科博士前期課程在学中。ペンギンの観察支援や内発的動機づけに関する研究に従事。学士(理学)。



中村 聡史 (正会員)

1976年生。2004年大阪大学大学院工学研究科博士後期課程修了。同年独立行政法人情報通信研究機構専攻研究員。2006年京都大学大学院情報学研究科特任助手、2009年同特定准教授、2013年明治大学総合数理学部先端メディアサイエンス学科准教授、2018年同教授、現在に至る。サーチとインタラクションや、ネタバレ防止技術、平均手書き文字等の研究活動に従事。博士(工学)。