

ペンギンの腹部模様に着目した ぬりえ型検索・観察手法の水族館での検証

中川由貴¹ 中村聡史¹

概要:我々はこれまで、ペンギンの特徴的な腹部模様に着目し、模様をぬりえ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。また、スマートフォン上でのぬりえにより、検索が可能となることを明らかにしてきた。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。そこで水族館で実際に利用するため、予備実験などで明らかになっていたペンギンが動かず一部しか見えない問題に着目し、UI上でユーザが見えなかった部分を指定するとその範囲は検索条件から除外するようにシステムの改良をした。また、提案システムを使用して水族館で飼育されているペンギンを観察する実地実験を行った。実験後、アンケートと記憶テストを行い、ペンギンの記憶に与える影響を調査した。実験の結果、平均2.2羽のペンギンの名前を記憶していたことがわかった。また、約半数の実験参加者が実験後の記憶テストにおいてペンギンの模様と名前を一致させることができたことから、本システムを用いた観察が一部の実験参加者のペンギンへの記憶に効果的である可能性が示唆された。

キーワード:ペンギン, ぬりえ, 検索, 観察支援, 個体識別, 記憶, 水族館

1. はじめに

動物園や水族館では多くの生き物を展示しており、レジャーとして楽しめる一方で、科学教育や観察学習などの教育的役割も果たしている[1][2]。しかし、漠然と生き物を眺めているだけでは観察の効果は限定的であり、深い学習やその生き物に対する印象や記憶にはつながりづらい。また、訪問時に魅力的な体験が得られなかったり、観察した生き物が記憶に残らなかったりするとリピータが減ってしまう。そのため、動物園や水族館での観察において、生き物への興味を高め、その後の記憶につながる仕組みが必要である。

こうした生き物の観察支援について、我々はまずペンギンに着目した。ペンギンは多くの水族館で飼育されており人気も高く[3]、教育的な効果が高いこともわかっている[4]。一方で、数十羽単位で飼育されていることが多く、全体を眺めているだけでは記憶には残りづらい。一部の水族館では個体に注目させるため、ペンギンに名前をつけてフリップパーバンドで区別し、個体ごとの特徴を紹介する展示をしたり、フリップパーバンドでの検索システム[5]などを実現したりしている(図1)。しかし、来園館者が自身の観察しているペンギンの名前をフリップパーバンドや画像から探すことは容易ではない。名前検索としては、スマートフォンのカメラをかざすだけで生き物の名前が提示される LINNE LENS[6]が有名であるが、すぐに答えが提示されることは観察に必ずしも適切ではない。

我々はこうした問題を踏まえ、ペンギンの腹部の斑点模様をぬりえし、ひと手間かかったぬりえを用いて個体識別をする手法を検討してきた[7]。具体的には、スマートフォン上で腹部模様をぬりえし、さらにそのぬりえからペンギ

ンの名前を検索することで観察の効果を高めることを目指すものである。これまでの研究で、ぬりえのデータセットを構築し、ぬりえデータセットを用いてぬりえによる名前検索が可能であることを明らかにしてきた[8]。しかし、ぬりえデータセット構築はペンギンの画像を用いてぬりえを行ってもらったものであり、水族館で展示されている、動き回ったり逆に全く動かなかったり自由なペンギンのぬりえで検索可能かについては検証を行ってこなかった。また、観察しながら模様をぬりえしその名前を検索することが、ペンギンの記憶に与える影響を調査していなかった。

そこで本研究では、実際に動き回るペンギンを見ながら水族館でぬりえする場合に、ペンギンが片側からしか見えないなどの問題に着目し、見えない範囲を指定しつつ、部分的なぬりえからでも名前を検索できるように手法を改良したうえで、検索システムとして実装する。またぬりえから名前を検索することが記憶に与える影響を、水族館での実地実験をもとに調査する。

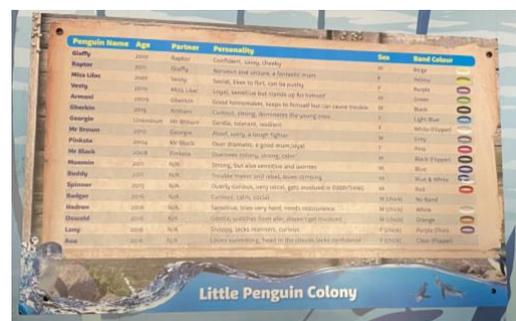


図1 ペンギンに名前をつけて紹介する展示
(SEA LIFE Sydney の例)

¹ 明治大学
Meiji University

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[9]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。Isokawa ら[10]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、本研究もぬりえを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。また、原田ら[11]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、ぬりえによる観察をエンターテイメントとして捉えることで、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、来園館者は生き物を眺めるだけにならないよう、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[12]は、動物園の来園者がタブレットを用いて個体の行動を記録するシステムを開発・検証した。その結果、多くのユーザが動物を詳細に観察し、動物への理解を深めたことを示している。

また、来園者に他者とのインタラクションを促すことによる観察支援研究も複数行われている。大橋ら[13]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と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[14][15]。

他にも、高岡ら[16]は動物園において SNS を通じた情報提示やコミュニケーションが、動物への興味や関心につながることを明らかにしている。本研究においても、ユーザが能動的にぬりえをしながらペンギンを観察することや、ぬりえをしている間のユーザ同士のコミュニケーションにより、観察の効果が高まると考えている。

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[17]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[18]らは、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。Collins ら[19]は、教育的な介入が動物園や水

族館における子供の学習体験を高めることを明らかにしている。このように、来園者の興味を引くためには展示や体験に工夫を施す必要があることがわかる。

原[20]は、動物園の観光客の常連化には、新しい情報を発信し続け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他にも、人的・空間的つながりや感動体験などが要因となること[21]、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[22]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、ユーザのぬりえを共有するような仕組みを実現することで、来園館者の再訪を促すことができる可能性がある。

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[23]。Burghardt ら[24]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ぬりえ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様々な研究が行われている。池田ら[25]は、量込み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[26][27]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[28]、深度画像を用いたニワトリの個体識別手法[29]などが提案・検討されている。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、体表模様などの個体固有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ぬりえの特徴から個体を識別することを目指しており、ユーザのぬりえには曖昧性があることから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 ぬりえを使用した研究

Holt ら[31]は、ぬりえが大学生の不安の軽減や注意力・創造的認知力の向上に影響する可能性を述べている。また田中ら[32]は思い出深い写真にぬりえをする「思い出塗り絵」が高齢者の認知機能に効果がある可能性を示している。このように、ぬりえは認知効果に影響することから様々な研究に応用されており、ぬりえの博物館などの展示で塗り絵を設置することで子供の観察を促す研究[33]や、事故直前のヒヤリハット場面のぬりえにより子供に注意喚起する研究[34]が行われている。

ぬりえは子供の能力や感覚などを測る指標としても用

いられており、浅野ら[35]は子供の色彩感覚と他の要因との関連性を明らかにするために iPad によるぬりえを用いて実験をしている。また、Pinto ら[36]は子供の言語理解力の評価において、従来の手法よりもぬりえを使った提案手法の信頼性が高いことを示している。

ぬりえをエンターテイメントに応用した例として、魚の輪郭が描かれた紙に絵を描いてスキャンすることで、壁の仮想的な水族館に投影されその絵が泳いでいる様に見える Sketch Aquarium[37]がある。他にもタブレットで描いたぬりえを、プロジェクションマッピングを用いて立体物に投影して楽しむコンテンツ EIRUN が開発されている[38]。

これらの研究のように、ペンギンをぬりえしながら観察することで、ペンギンが記憶に残りやすくなることや観察へのモチベーション向上につながることを期待される。

3. ぬりえ検索システム

3.1 水族館での利用向けの改良

ユーザが水族館に置いて興味を持ったペンギンの腹部模様をぬりえし、名前を検索するシステムを実現することを目指す。ここでは、システムの設計指針について述べる。

本システムでは、ユーザがペンギンを見て腹部模様をぬりえした後、そのぬりえ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。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。実際に、我々が過去に行った研究[39]において、水族館で展示されているペンギンを見ながら観察した場合は画像をみながら観察した場合と比較してぬりえの傾向が異なることが明らかとなっている。そこで本研究では、システムにおけるユー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改良する。

3.2 システム概要

本研究では、水族館での実地実験に向け、ぬりえ検索システムを実装した。

ぬりえ用のインタフェースは我々が過去に開発したシステム[8]と同様のものである。ただし、本システムは動物園や水族館を訪れる子どもが使用することも想定しているため、ユーザインタフェースはひらがなでわかりやすいものに変更した。また、描いたすべての線を消すクリアボタンは廃止した。さらに、水族館においてペンギンの一部しか見えない可能性があるという問題を考慮し、ペンギンを観察する角度や動き回るペンギンによって見えない腹部があった場合に、見えないエリアを指定する範囲選択機能を追加した。

検索結果を表示するインタフェースには、類似度の高い順にペンギンをランキングして提示した。ここでは過去の研究[8]で実現したアルゴリズムをもとに、9分割された領域のぬりえ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・フリッパー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、拡大した画像や特徴が提示されるようにした。

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。

3.3 システムの利用方法

ぬりえ検索システムはログイン画面、ぬりえ画面、検索結果画面、ペンギン詳細画面の4つの画面(図2)からなる。

ユーザがシステムにアクセスすると、ログイン画面に移動する。ログイン画面で Google アカウントを使用してログインすると、ぬりえ画面に遷移する。

ぬりえ画面では画面上に腹部が空白となったペンギンの枠組み画像が提示される。この画像の上をタップまたは指でなぞることで点や線が描画できる。画面下部の「もどす」ボタンを押すと直前の一画を消すことができる。また、ペンギンを観察する角度やペンギンが動き回ることで、他の来館者がいることなどが原因で腹部全体をぬりえできない場合は、「みえないところ」ボタンを押すと、範囲選択モード(図3)に切り替わる。範囲選択モードでは、ぬりえ枠組み画像の腹部に9分割のラインが提示され、それぞれの領域をタップするとその領域が選択される。ここで選択された領域は検索の際に類似度の計算から除外する。ぬりえが完成したら画面右下の「かんせい!」ボタンを押すことで検索結果画面に遷移する。

検索結果画面には、ユーザの描いたぬりえと類似度の高い順にペンギン情報が提示される。それぞれのペンギンをタップすると、ペンギン詳細画面に遷移する。ペンギン詳細画面では、ペンギンの拡大画像と名前、フリッパーバンドの色、特徴が表示される。ペンギン詳細画面でユーザが描いたペンギンの名前を確認しボタンを押すとぬりえデータと検索結果がデータベースに送信される。検索しても名前がわからなかった場合は、検索結果画面で「わからなかった」ボタンを押すと、ぬりえデータがデータベースに送信される。

4. 実験

ペンギンの腹部模様のぬりえ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ぬりえ



図2 システムのインターフェース
(左からログイン画面, ぬりえ画面, 検索結果画面, ペンギン詳細画面)

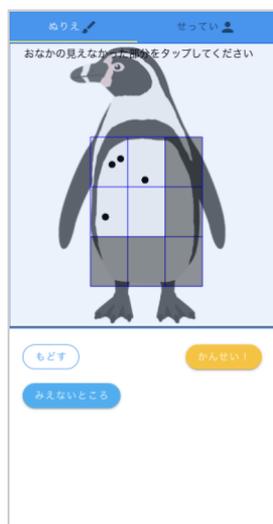


図3 範囲選択モードのインターフェース

と名前検索をしてもらった実験を行った。

すみだ水族館で飼育されているペンギンは腹部模様のあるマゼランペンギンであり、52羽のペンギンが展示されている。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ぬりえ・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。実地実験の様子を図4に示す。

すみだ水族館での実地実験の後、実験参加者にはアンケートを実施した。アンケートは描いたペンギンの名前に関する質問と、システムのユーザ評価に関する質問からなる。名前に関する質問では、描いたペンギンの名前、エピソードに関連するペンギンの名前、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。

さらに、システムを用いた観察がペンギンへの記憶に与える影響を調査するため、実地実験の6日後に記憶テストを実施した。記憶テストは、実地実験にて2名以上が検索したペンギンと実験後アンケートで参加者が気に入った/印象に残ったと名前をあげたペンギンの13羽について、画像と名前を線でつなぐタスク形式で実施した(図5)。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。

実験日は2023年10月13日で、実験参加者は21~23歳の大学生・大学院生9名(男性6名・女性3名)であった。



図4 実験の様子

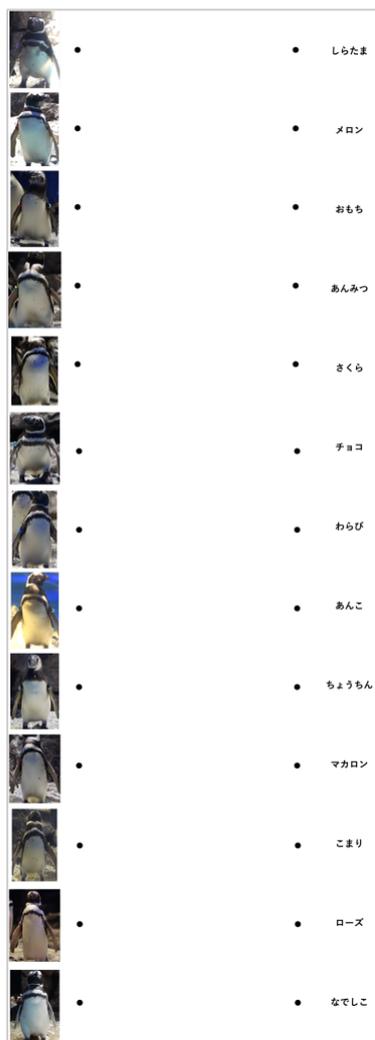


図5 記憶テスト

5. 結果

5.1 ぬりえ件数

水族館での実験において、システムで収集できたぬりえのデータは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羽のペンギンをぬりえしたことがわかる。また、自身の描いたぬりえから名前を検索できたペンギンの数は1人あたり平均6.0羽であった。以下に実験後に行ったアンケートと記憶テストの結果を示す。

5.2 実験後アンケート

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羽の名前を回答していた。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羽の名前をあげていた。

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。回答された

ペンギンはしらたま、さくら、わらび、ローズ、ラムネ、よもぎの6羽であった。

システムのユーザ評価に関する質問では、「ぬりえ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、参加者全員の回答の平均は3.56であった。

5.3 記憶テスト

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で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、記憶している名前に印をつけたペンギンの数は、平均4.0羽であった。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。

ペンギンの画像と名前をつないだ線の数は、平均1.7本であった。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。なお、正解した4名のうち3名はつないだ線の数が1本であったため、その3名については1分の1の確率で正解していたことになる。

5.4 提示したランキングの精度

システムでぬりえから名前を検索した際に提示されたペンギンの名前ランキングの精度を評価するため、実際に実験参加者が描いたペンギンの名前がランキングの何位に位置していたかを分析した。なお、すみだ水族館で展示されているペンギンは52羽であるが、本システムで検索に使用したデータは、データセットとして構築していた33羽のみのデータであった。そこで、その33羽のペンギンを描いて検索した行動(99件中54件)に限定して分析をしたところ、名前ランキングの正解のペンギンの順位は平均7.7位であった。

次に、本研究では、水族館で動いているペンギンを観察しながらシステムを使用することを想定し、描くことのできない腹部の範囲を指定する機能をシステムに実装した。この範囲指定機能により、名前の検索精度がどう変化したかを調査するため、範囲指定の有無による名前ランキングの正解の順位を比較した。ここでは54件のデータのうち、範囲指定機能を使用していたデータ12件を抽出した。このぬりえデータについて、見えない範囲を除外しない場合と除外した場合とでそれぞれ名前ランキングを算出し、正解の名前の順位を比較した。その結果、範囲指定機能を使用した場合は、平均11.0位、使用しない場合は平均13.3位であった。また、範囲指定機能を使用した場合としていない場合それぞれについて、ランキング上位に正解が入っていた確率を求めた結果を表1に示す。この結果より、範囲指定ありの方が約1.5倍精度が高いことがわかる。

表1 上位 k 位以内正解率

	範囲指定あり	範囲指定なし
Top 1 (k=1)	25.0%	16.7%
Top 3 (k=3)	41.7%	33.3%
Top 5 (k=5)	50.0%	33.3%

6. 考察

6.1 むりえ・検索による記憶への影響

5.2 節のアンケートの結果より、実験参加者は実地実験の直後に 1 人平均 2.0 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も、実地実験時に検索したペンギンのうち平均 2.2 羽の名前を覚えていて印をつけて回答していた。実験参加者がシステムを使用してペンギンの名前を検索した数の平均は 6.0 羽であったため、実験参加者らは 3 分の 1 程度のペンギンの名前を記憶できていたことになる。また、ペンギンの画像を見て覚えていると回答した数は平均 3.4 羽であった。アンケートでは「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、名前を覚え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。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、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。

記憶テストにおいて、実験参加者 9 名中 4 名は最低 1 羽以上のペンギンの名前と画像を一致させることができおり、完全に識別し、記憶できているペンギンがいることがわかる。特にその内 3 名においては、画像と名前を繋いだ数が 1 本のみであり、高い確信度で線をつないでいることが伺える。一方、実験後アンケートにおいて名前を全く記憶していなかった人や、記憶テストで画像と名前を 1 本もつないでいない人が数名いた。その中にはアンケートでの感想で「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、能動的に手を動かし、個々のペンギンの特徴に注目したことが、記憶につながった可能性がある。一方で、今回の実験では、むりえをする数に特に指定はしていなかったものの、多くのペンギンの腹部模様を描くことに専念した結果、記憶に残らなかった実験参加者もいたのではと推察される。そこで今後は、自由に観察してもらう中でシステムを使ってもらい、その良し悪しを評価する予定である。

6.2 名前検索の精度

5.4 節の結果より、範囲指定機能を使用することで名前検索結果のランキングおよび検索精度が向上したことが確認された。実地実験においては、ペンギンの動きや周りの来館者の状況などにより、必ずしも腹部すべてを観察できる

とは限らない。そのため、範囲指定機能は検索の精度を上げ、むりえでの検索の体験を向上させるうえで重要な機能だといえる。また、実験後アンケートの感想で「みえないゾーン機能がすごく使いやすかったです。完璧主義に陥らなくて良かったです」という意見もあり、むりえの負荷を下げる要因にもなったと考えられる。

ここで、検索の精度が高かったむりえと低かったむりえの例を図 6, 7 に示す。図 6 はなでしこをむりえしたものであり、腹部右側を見えない範囲として指定していた。算出したランキングの順位は範囲指定なしの場合は 7 位である一方、範囲指定した場合は 1 位と精度が向上している。図 7 は、ライムをむりえしたものであり、腹部右側と中央下を見えない範囲として指定していた。算出したランキングの順位は範囲指定なしの場合は 29 位で、範囲指定した場合は 25 位であり、範囲指定により精度は向上しているものの、いずれの場合も検索の精度は低いことがわかる。検索制度の低かった図 7 の事例では、腹部左側の斑点を実際のペンギンの画像と比較して右側に描いている。このむりえでは、右側を見えない範囲として指定していることからこれを描いた実験参加者は左側からペンギンを観察していたと推測できる。そのため、点を描く位置がズレてしまい検索精度の低下につながったと考えられる。また、9 分割したライン付近に点が多いことも精度の低下につながった可能性がある。

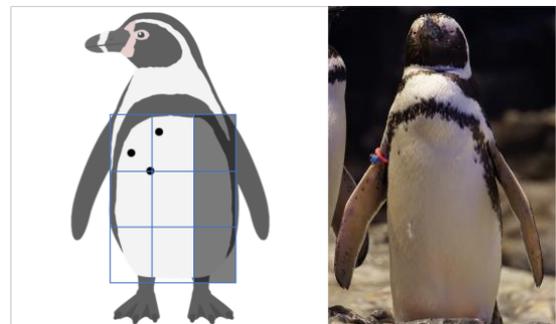


図 6 範囲指定で精度が向上した例
 (なでしこ)

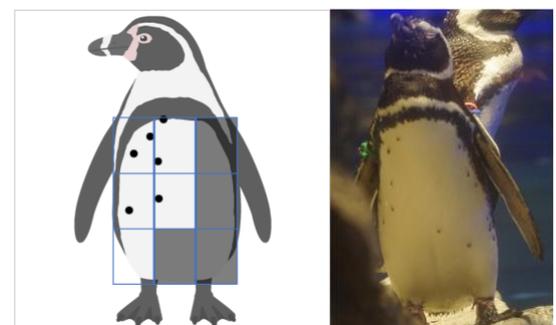


図 7 範囲指定で精度が変わらなかった例
 (ライム)

6.3 アンケートでのフィードバック

実験後アンケートのシステムの使いやすさに関する質問では、評価平均が 3.56 と中程度の評価であった。

ポジティブなフィードバックとしては「『この子かもしれない!』と分かった時は楽しかった」、「1 発で 1 番上に出てきたペンギンは印象強く残っていて、見た時間は短時間だったけれど、腕輪を見ないで名前を思い出すことができたので楽しかったです」などがあり、ぬりえによる検索自体の楽しさがあることがわかる。また、「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ている楽しかった」、「周りで一緒にシステムを使っていた人と『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」というように、システムを使いながらペンギンを観察することに対する好意的な意見も多くあった。さらに、「システムを使って名前を覚えたペンギンを相関図で着目することでより理解が深まった」といった意見もあり、水族館の既存の展示物と組み合わせるとペンギンへの興味や記憶にさらに効果的である可能性が示唆された。

一方、ネガティブなフィードバックとして「描いている時にペンギンから目を離してしまうのが気になった」、「ぬりえをするためにスマホの画面を見ていたら、対象のペンギンを見失ってしまったことがあり、ぬりえでペンギンを特定するのは少し難しかったです」といった意見があった。また、検索でペンギンが見つからないなどのコメントも得られていた。そのため、検索精度の向上や UI の工夫によってシステムを改善し、使いやすさを向上する必要があると考えられる。

6.4 課題

我々が過去に行った、画像を見てぬりえした場合の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、本研究での検索精度は下がっている。これは、実際のペンギンを見ながらぬりえ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 52 羽のペンギンが展示されているにもかかわらず、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。水族館での使用においても検索精度を上げるためには、まずデータセットの数を増やしすべてのペンギンに適応可能にすることが必要である。また、図 7 の事例のように、観察する方向によって描く点の位置が実際よりもズレ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、ズレ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。

また、本研究では、30 分の間に 1 人平均 11.0 羽もぬりえしており、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。

6.5 今後の展望

今回のシステムは、ぬりえを描き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、ぬりえ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ぬりえ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ぬりえを閲覧・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。

本研究ではペンギンを観察対象としているが、他の生き物にも本手法が応用できると考えている。例えば、シマウマやキリン、サメといった模様が特徴的な動物が考えられる。これにより、興味を惹きつけづらい生き物やマイナーな生き物についても観察を促すことができる。また、体全体に模様が張り巡らされている生き物についても、観察する部位を限定することでペンギンと同様のぬりえにより、より詳細な観察につながると考えられる。

7. おわりに

本研究では、水族館におけるペンギンの観察を支援するため、水族館で自由に動くペンギンを観察することを想定し、腹部のぬりえと見えない範囲を指定した検索を可能とするシステムを実装した。また、実際の水族館でシステム使用実験を行い、ペンギンの記憶に与える影響を調査した。実験後のアンケートや記憶テストの結果、平均 2.2 羽のペンギンの名前を記憶できていることがわかった。さらに 9 名中 4 名の実験参加者は記憶テストにおいて名前と画像を一致させ、他のペンギンと識別できるペンギンがいることが明らかになった。このことから、システムを使用してペンギンを観察することで、ペンギンの記憶に一定の効果があると考えられる。

今回の実験で、名前をほとんど記憶できていない参加者がいることや、ぬりえの検索結果の精度が低いといった問題があった。そのため、今後はぬりえ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、ぬりえ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、ぬりえ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] “(公社) 日本動物園水族館協会の 4 つの役割”. <https://www.jaza.jp/about-jaza/four-objectives/>, (参照 2023-7-12).
- [2] “About WAZA”. <https://www.waza.org/about-waza/>, (参照 2023-

- 7-12)
- [3] Nakagawa, Y., and Nakamura, S..(in press). A Drawing-type Observation and Retrieval Method Focusing on the Abdominal Pattern of Penguins. 35th Australian Conference on Computer-Human Interaction. 2023.
- [4] Collins, C. K., Quirke, T., Overy, L., Flannery, K., and O’Riordan, R.. 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*. 2016, vol. 4, no. 2, p. 85-90.
- [5] “ぺんたごん すみだペンギン個体識別コンピュータシステム”. <https://www.sumida-aquarium.com/pentagon/>, (参照 2023-10-1)
- [6] “LINNE LENS かざす AI 図鑑”. <https://lens.linne.ai/ja/>, (参照 2023-7-12).
- [7] 中川由貴, 中村聡史. ペンギンの腹部模様注目しめりえ型観察・検索手法の提案. 研究報告ヒューマンコンピュータインタラクション (HCI) . 2023, vol. 2023-HCI-201, no. 31, p. 1-8.
- [8] 中川由貴, 中村聡史. ペンギンの腹部模様注目しめりえ型検索手法. 研究報告ヒューマンコンピュータインタラクション (HCI) . 2023, vol. 2023-HCI-204, no. 2, p. 1-8.
- [9] Yamashita, S., Suwa, S., Miyaki, T., and Rekimoto, J.. AquaPrism: Dynamically Altering the Color of Aquatic Animals without Injury by Augmenting Aquarium. *Proceedings of the Fourth International Conference on Animal-Computer Interaction (ACI2017)*. 2017, vol. 11, p. 1-9.
- [10] Isokawa, N., Nishiyama, Y., Okoshi, T., Nakazawa, J., Takashio, K., and Tokuda, H.. TalkingNemo: aquarium fish talks its mind for breeding support. *Proceedings of the Fourth International Conference on Animal-Computer Interaction (ACI2016)*. 2016, vol. 11, p. 1-4.
- [11] 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*. 2019, vol. 60, no. 2, p. 409-424.
- [12] 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)* . 2017, vol. 3, no. 1, p. 36-45.
- [13] 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 - I T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)* . 2007, vol. 2007, no. 123, p. 51-55.
- [14] 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. 2011, vol. 2011, no. 1, p. 643-644.
- [15] 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)*. 2010, vol. 34, no. 2, p. 97-106.
- [16] 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會論文集*. 2020, vol. 44, p. 111-112.
- [17] Luebke, J. F., and Matiassek, J.. An exploratory study of zoo visitors' exhibit experiences and reactions. *Zoo Biology*. 2013, vol. 32, no. 4, p. 407-416.
- [18] 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*. 2021, vol. 6, no. 23, p. 53-59.
- [19] Collins, C., McKeown, S., McSweeney, L., Flannery, K., Kennedy, D., and O’Riordan, R.. Children’s conversations reveal in-depth learning at the Zoo. *Anthrozoös*. 2021, vol. 34, no. 1, p. 17-32.
- [20] 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*. 2006, vol. 3, p. 3-16.
- [21] 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. 2008, p. 15-20.
- [22] 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*. 2016, vol. 21, no. 2, p. 137-156.
- [23] 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*. 2003, vol. 52, no. 2, p. 79-87.
- [24] Burghardt, T., Thomas, B., Barham, P. J., and Calic, J.. Automated visual recognition of individual african penguins. In *Fifth International Penguin Conference*. 2004, p. 1-10.
- [25] 池田宥一郎, 飯塚博幸, 山本雅人. 畳み込みニューラルネットワークによるチンパンジーの個体識別. *人工知能学会全国大会論文集*. 2018, vol. 32, no. 1B1-OS-11a-05, p. 1-3.
- [26] 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*. 2022, vol. 19, p. 1-7.
- [27] 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*. 2002, vol. 8, p. 17-20.
- [28] McConkey, S. D. Photographic identification of the New Zealand sea lion: a new technique. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*. 1999, vol. 33, no. 1, p. 63-66.
- [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*. 2020, vol. 1631, no. 1, p. 012018.
- [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*. 2015, vol. 48, no. 4, p. 1059-1073.
- [31] 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*. 2019, vol. 36, no. 4, p. 200-208.
- [32] 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*. 2009, vol. 7, p. 39-42.
- [33] 石浜佐栄子, 大島光春, 広谷浩子, 田口公則. 塗り絵をコミュニケーションツールに使った子どものための展示について. *Bulletin of the Kanagawa Prefectural Museum. Natural science*. 2010, no. 39, p. 45-52.
- [34] 伊東知之, 大野木裕明, 石川昭義. 子どもの安全意識を高めるための塗り絵教材の開発的研究. *仁愛大学研究紀要*. 2014, vol. 6, p. 57-72.
- [35] 浅野(村木)千恵, 大場友貴, 佐々木貴子, 浅野晃. 子供の発達段階と色彩感覚に関する研究~ iPad を用いた塗り絵を通して ~. *日本色彩学会誌*. 2020, vol. 44, no. 3, p. 279-282.
- [36] Pinto, M. and Zuckerman, S.. Coloring Book: A new method for testing language comprehension. *Behavior Research Methods*. 2019, vol. 51, p. 2609-2628.
- [37] “お絵かき水族館 / Sketch Aquarium”. <https://www.teamlab.art/jp/w/aquarium/>, (参照 2022-11-1).
- [38] 熊谷賢二, 向田茂, 隼田尚彦, 斎藤一, 安田光孝. 参加型プロジェクトマッピングによる塗り絵コンテンツの提案. *エンタテインメントコンピューティングシンポジウム 2013 論文集*. 2013, vol. 2013, p. 249-250.
- [39] 中川由貴, 中村聡史. 腹部斑点のめりえ順序に基づくペンギンの個体推定. *信学技報 ヒューマンコミュニケーション基礎研究会 (HCS)* . 2023, p. 1-6.