

ペンギンの腹部模様に着目したぬりえ型検索手法

中川由貴¹ 中村聡史¹

概要：動物園や水族館は、様々な生き物を観察しながら楽しむ施設であるが、生き物を漠然と観察するだけではその後の記憶につながりにくい。いくつかの水族館では観察を促しつつ楽しませることを目的として、動物の個体に名前をつけその紹介をしているが、名前の記憶は容易ではないため、記憶にはつながっていない。そこで我々はこれまでの研究において、観察の効果を高めつつ記憶に残すことを可能にするため、腹部の模様が個々で特徴的なペンギンに着目し、ぬりえによる観察・検索手法を提案してきた。また、ペンギンの模様をぬりえするプロトタイプシステムを実装し、実験により同じペンギンについて描かれたぬりえの類似度が高くなる傾向や、ぬりえは上から下に向かって点を描く傾向があることなどを明らかにした。本研究では、分析対象とするペンギンの数を19羽に増やし、腹部模様のぬりえの類似度からペンギンの名前を推定し、その精度を評価した。その結果、推定した名前の上位3位以内正解率が93.0%と高い精度で推定できることがわかった。

キーワード：ぬりえ、観察支援、ペンギン、個体識別、検索、記憶、興味

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り、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[1]。実際に、Roeら[2]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いる。さらに、世界動物園水族館協会(WAZA)は、その役割として動物保護や福祉、環境教育なども担っている[3]。

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。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。

こうした観察を支援するため、我々はまず、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り、多くの来園者を惹きつけるとともに、教育的な効果も高いことがわかっている[4]。一方で、興味をも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らず、その施設の再訪につながらなくなってしまう。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をつけて紹介したり、ペンギンの個体同士の相関図[5]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(図1)。しかし、フリッパーバンドはペンギンにかなり近寄らないと見えないうえ、近似色が使われることも多く、その色を識別するのも容易ではない。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全く異なる黒い斑点があり、水族館で飼育員が個体を識別する基準のひとつとなっている。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[6]。

我々はこうしたペンギンの個体固有の腹部模様に着目し、ペンギンの腹部模様をぬりえすることで個体の識別をするとともに名前を覚えることを促し、観察の楽しみを増幅する手法を提案してきた[7]。また、スマートフォン上でペンギンのぬりえをするプロトタイプシステムを実装し、ぬりえ実験を通して、同じペンギンについて描かれたぬりえは似通うことなどを明らかにした。しかし、分析に用いたペンギンの数が少なかった。また、ぬりえしたペンギンの数が少なかったため、ペンギンの名前を検索するシステムについては検討できていなかった。

そこで本研究では、19羽のペンギンについて26人ずつ

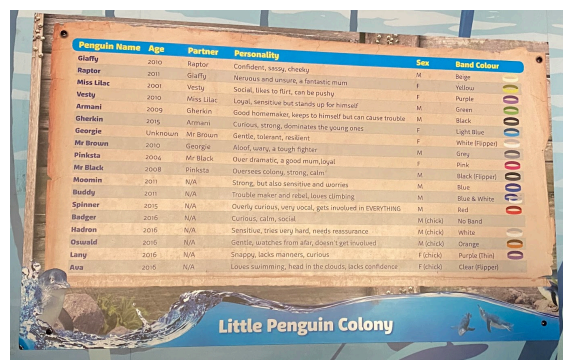


図1 ペンギンに名前をつけて紹介する展示 (SEA LIFE Sydney の例)

¹ 明治大学
 Meiji University

に腹部模様のぬりえをしてもらい、ペンギンのぬりえに関するデータセットを構築する。また、構築されたデータセットを元に、類似度の分析やペンギンの名前検索手法を検討する。

2. 関連研究

2.1 生き物の観察の工夫に関する研究

生き物を観察する上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[8]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[9]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。

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[10]なども開発されているが、本研究は生き物の名前をすぐに提示するようなものではなく、ぬりえをしながら能動的に観察をしつつ、そのぬりえから名前を検索することでより観察の効果を高めることを目指している。

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[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 を通し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、他者の描いたぬりえと比較すること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[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関連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。

また、原[20]は動物園の観光客の常連化をするうえで、常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]、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[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、他のユーザの描いたぬりえと自身のぬりえ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ぬりえが更新されるシステムは来園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[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手法を提案している。

また本研究は、ペンギンの腹部模様を観察しながら名前を覚えることでペンギンの個体を識別するものであるが、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[25]は、豊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[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、本研究はペンギンの画像ではなくユーザの描いたぬりえの特徴から個体を識別し、ペンギンの名前を提示することのできる検索システムを実装するものである。

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塗り絵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。

また、ぬりえをエンターテイン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事が期待される。

3. ぬりえデータセット構築

3.1 データセット構築概要

ペンギンの腹部模様のぬりえから名前を検索する手法を検討するため、これまでの研究で実現したシステム(図2)を利用し、ぬりえタスクを行うことで、ペンギンぬりえデータセットを構築した。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ぬりえシステムを利用してもらった。

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。



図2 ぬりえプロトタイプシステム

データセット構築に関するぬりえタスクの協力者は20~24歳の大学生・大学院生26人(男性19人、女性7人)であった。

3.2 データセット構築手順

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い、ユーザ情報を入力し、準備をしてもらった。

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、ぬりえ画面に遷移してもらい、写真を見ながら腹部模様をぬりえしてもらった。実験協力者全員のぬりえが終了したことを確認したのち、別のペンギンの写真を投影し、同様の手順でペンギン情報の入力とぬりえをしてもらった。

4. データセットの分析

ぬりえ同士の類似度を算出することでペンギンの名前を推定することを目指し、ここではペンギン同士の類似度を計算する手法を検討およびその精度を分析することで、適切な手法を検討する。

4.1 類似度の計算手法

我々のこれまでの研究[7]では、ペンギンのぬりえの類似度を計算するため、すべての点同士のマッチングを行い、点群間のユークリッド距離とコサイン類似度を求めるものであったため、計算コストが高いものであった。ここで、ひとのペンギンのぬりえ傾向について分析した我々の研究[39]では、ペンギンの腹部を9分割し、その分割された領域がどの順でぬられているかを分析することで、ある程度の傾向を明らかにすることができていた。

そこで本研究では、ペンギンの腹部へのぬりえについて、

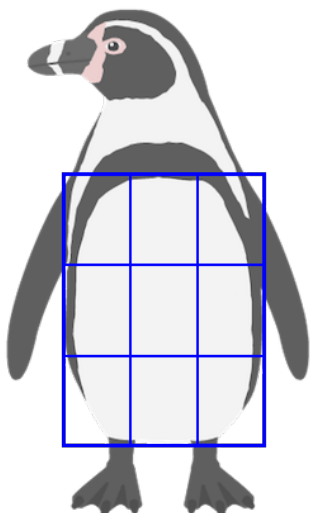


図3 腹部画像の分割

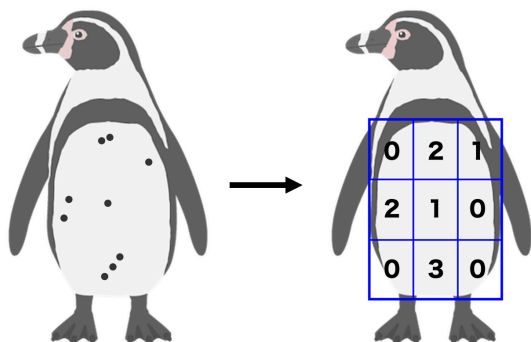


図4 ぬりえのベクトル表現の例

図3のように9分割された領域内のそれぞれ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ぬりえ同士の類似度を求める。

具体的には、図4左のようなぬりえの場合、それぞれの領域に含まれる点の数は図4右ようになるため、この数を1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うことにより類似度を求める。

本計算手法により、点群のマッチングを取る必要がなくなるため計算コストを下げることができるというメリットがある。

なお、どのペンギンと類似しているかを求めるためには、そのペンギンのお手本となるぬりえが必要となる。ここで、ぬりえはひとによりバラツキのあるものであり、お手本を1つに定めることは難しい。そこで、今回は実験協力者26人を13人ずつ2分割し、一方のグループによるペンギンのぬりえの平均をお手本データとして、他方のグループの個々のぬりえと類似度を計算する。また、その類似度順でペンギンをランキングし、その精度を求める。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。

4.2 個体推定の精度

お手本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見るか、縦軸はその順位まで見たときの正解率を示している。ランキングの1位以内正解率は77.1%であり、3位以内の正解率では90%を超えていることがわかる。

次に、ペンギンごとについて、1位まで ($k=1$)、2位まで ($k=2$)、… 6位まで ($k=6$) について、その正解率を示したものを図6に示す。各々の図において、横軸はペンギンの名前、縦軸はその順位までに対象となるペンギンのぬりえが含まれていたかどうかの精度を求めたものである。この結果より、ペンギンごとの正解率については、おはぎ、アケビ、わらびの3羽についての正解率が4位以内でも90%未満である一方で、ススキ、あんこの2羽は1位以内正解率が90%を超えておりかなり高い精度で個体推定できていることがわかる。

5. 考察

5.1 ペンギンごとの精度

データセットの分析結果より、コサイン類似度とユークリッド距離によるぬりえの類似度から推定したランキングの3位以内正解率が93%を超えており、高い精度で個体推定ができているといえる。図6よりススキ、あんこの2羽については1位以内正解率が90%を超えており特に精度の高い推定ができていることがわかる。ススキは左側に密集した斑点のある特徴的な模様であり(図7)、点の数が多くに加えて点を描く位置がどの実験協力者も似通っていたことに起因していると考えられる。

一方で、おはぎ、アケビ、わらびの3羽は4位以内正解率がそれぞれ73.0%、84.3%、89.0%と他のペンギンと比較して個体推定の精度があまり高くない結果であった。この3羽はいずれも上腹部の黒いライン状の模様の周りにいく

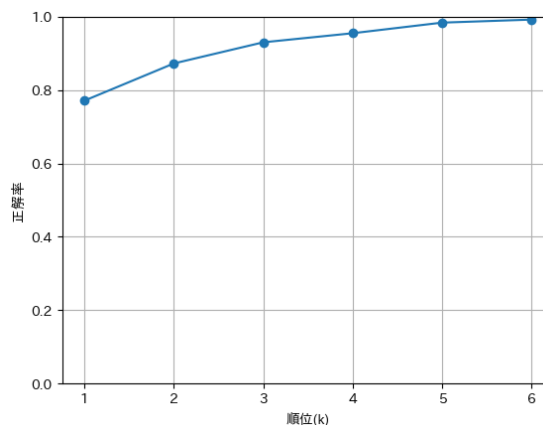


図5 上位k位以内正解率 ($k=1\sim 6$)

つか点のある模様である (図 9)。このライン付近の斑点を描いた協力者と、ライン模様とみなして描かなかった協力者とではばらつきが生じ、正解率の低下につながったと考えられる。

5.2 ペンギンごとのぬりえの描き方の違い

ここで、推定精度の高かったペンギンと低かったペンギンについてより詳細な要因を明らかにするため、協力者ごとのぬりえの描き方の差について分析した。精度の高かつ

たススキ、あんこ、さくら、スイカの4羽と精度の低かったおはぎ、アケビ、わらび、アジサイの4羽について、ぬりえの座標をユーザごとにプロットしたものが図 7~9 である。この図には図 3 で示した分割ラインをグリッドとして表示している。

図 7 より、ススキはどの協力者も左側を中心に点を描いており、点が密集していることがわかる。また点の数もかなり多いため、類似度計算に用いたユークリッド距離が

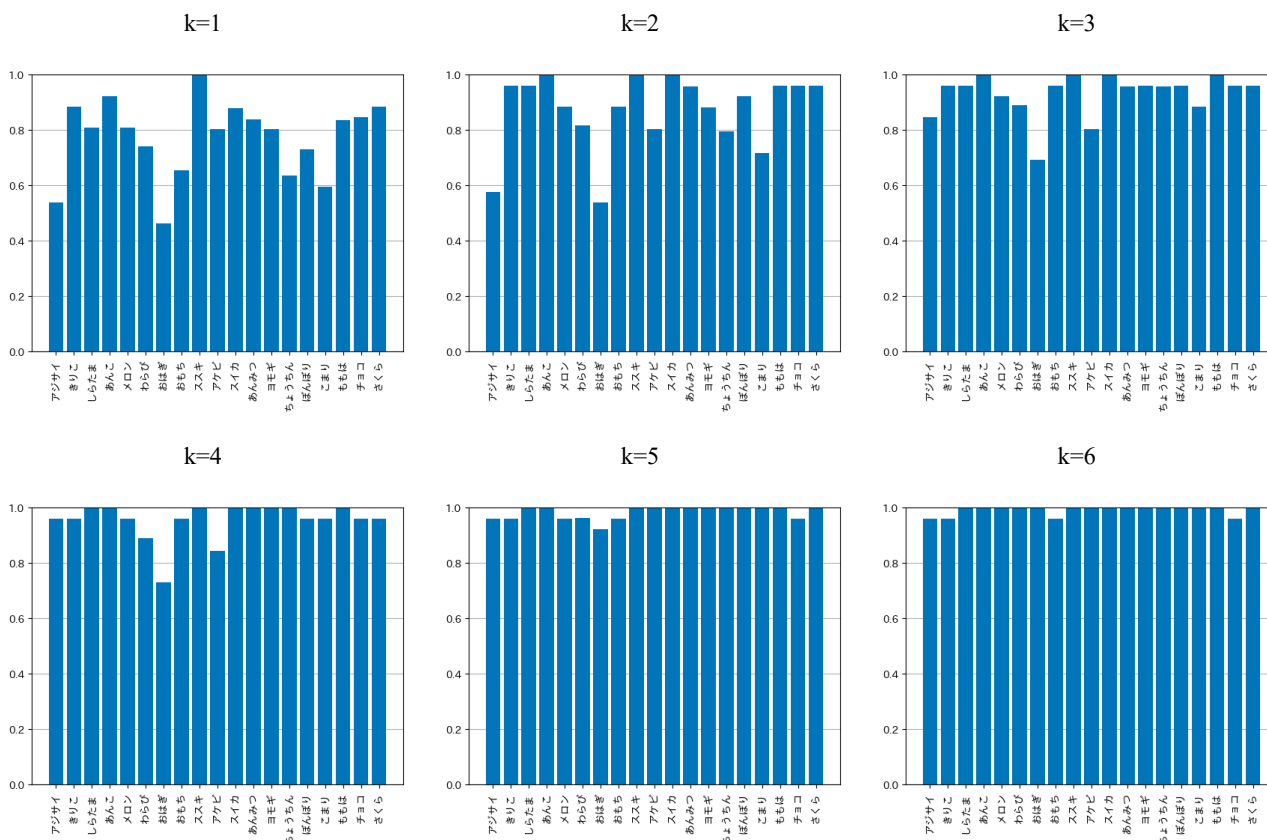


図 6 ペンギンごとの上位 k 位以内正解率 (k=1~6)

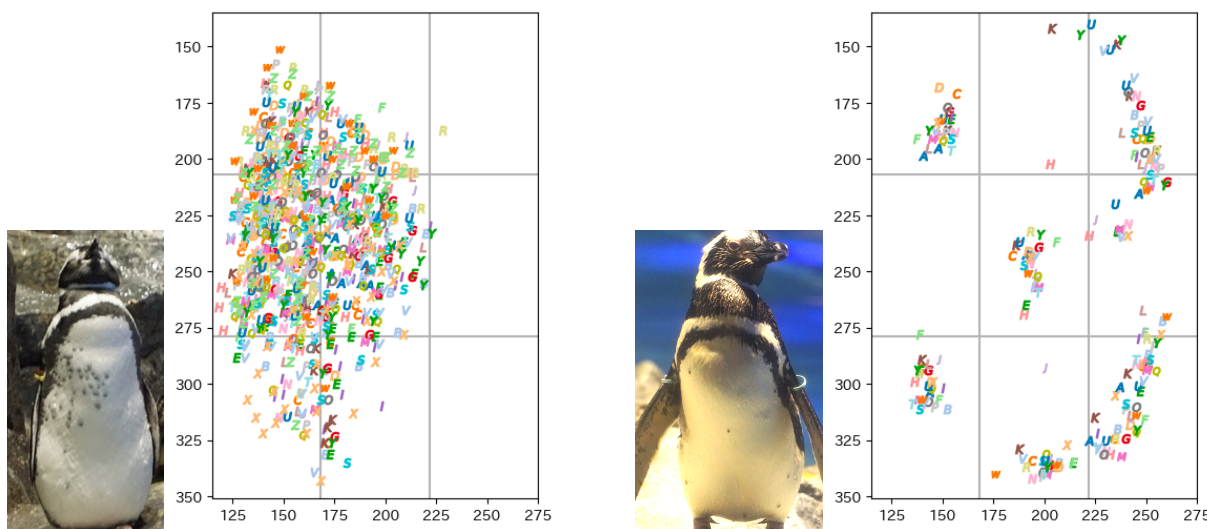


図 7 特に正解率の高かったペンギン (左: ススキ, 右: あんこ)

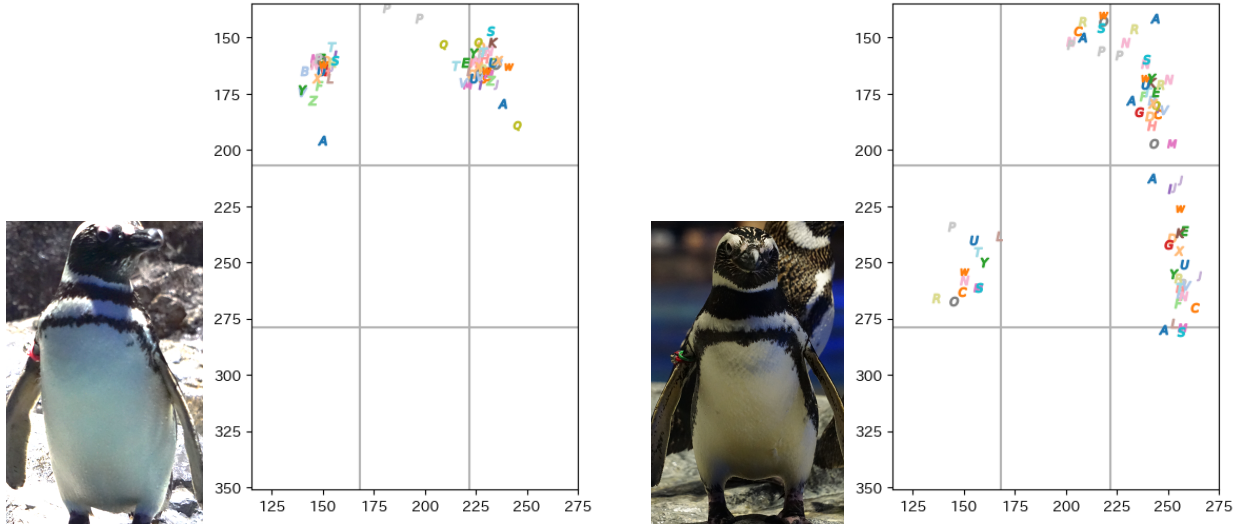


図8 特に正解率の高かったペンギン (左: さくら, 右: スイカ)

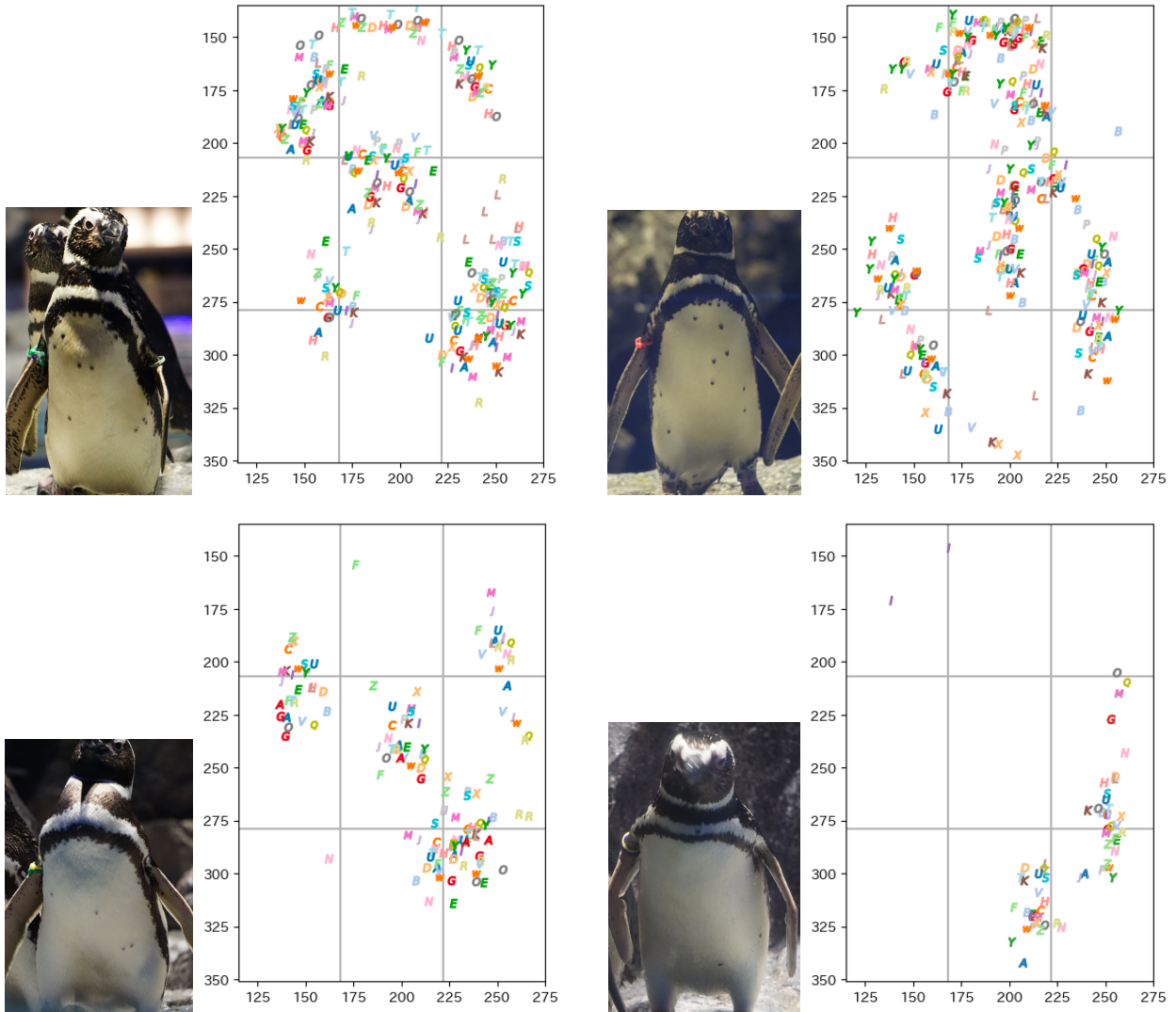


図9 精度の低かったペンギン (左上: おはぎ, 右上: アケビ, 左下: わらび, 右下: アジサイ)

近くなりやすく、類似度が高くなったと考えられる。あんなは点が全体に分布している一方で、分割ライン付近の様子が少なく、協力者間でばらつきが少なかったために個体推定の精度も高い結果であったといえる。さらに、スイカ（図 8）についても分割ラインの境目付近にはあまり点が分布していない。

一方おはぎは、分割ラインの境目付近に多くの点が分布している（図 9）。そのため、似たようなぬりえでも本稿での類似度計算手法では類似度が低く評価されてしまった場合があると考えられる。同様にアケビ、わらび、アジサイについても分割ラインの境界付近に多くの点が分布しており、精度の低下につながったといえる。また、アケビは左上部の黒いライン模様付近の点や左下の足元付近の点を描いたユーザが数名いることがわかる。さらに、わらびも右側のライン模様付近の点を描いた人とそうでない人がいる。このように協力者間で描く点にばらつきがあったことも精度の低下に影響していると考えられる。

今後の分析では、分割ラインの再検討し境目付近に分布する点を考慮することで精度を向上させる予定である。また、ペンギンのライン模様付近の点は人によって描くか否かのばらつきが生じやすいため、類似度計算から除外したり、提示するぬりえの枠組み画像を工夫したりしてより良い手法を検討する。

5.3 今後の展望

本研究では、19羽のペンギンについてぬりえの類似度による名前推定の精度を検証した。推定したペンギンの名前ランキングの3位以内正解率は90%を超えており、ぬりえによる名前検索の有用性が明らかになった一方、検索のシステムが実装できていなかった。そのため、今後はぬりえをし、そのぬりえから名前を検索するまでの一連のシステムを実装し、その有用性を検証していく。

また、システムを使ってペンギンを観察することが記憶や興味に与える影響を調査する予定である。ここで、我々が過去に行った研究[39]では、同じペンギンのぬりえの書き順は似通う傾向があること、また最初の4画程度である程度の絞り込みが可能であることを明らかにしている。このことから、ぬりえが完了したタイミングでの検索だけではなくぬりえの途中でもある程度の個体推定が可能であると考えられる。今後は、ぬりえの途中での個体推定の手法や効果的な名前提示のタイミングについても検証する。

さらに、ぬりえのモチベーションを維持することを目的として、過去に描いたぬりえをコレクションする機能や他人のぬりえと比較するような機能も実装していく予定である。

6. おわりに

我々はこれまで、ペンギンの観察をより良いものにするため、ペンギンの腹部模様注目してぬりえしながら観察・検索することにより、ペンギンに対する興味や記憶向上を促す手法を提案してきた。本研究では、19羽のペンギンのぬりえデータセットを構築し、腹部模様のぬりえデータを収集した。ぬりえの類似度からペンギンの名前を推定し、2分割交差検証によってその精度を評価した。その結果、3位以内正解率が93.0%と高い精度で推定できることがわかった。

しかし、上腹部のライン付近に斑点が複数ある模様のペンギンについては個体推定の精度が低かった。そのため、今後はより適切な類似度評価方法を検討していく。また、ぬりえから検索をするシステムを実装し、ペンギンの観察に与える影響を調査する。さらに、ぬりえの途中で名前を検索する手法や効果的な名前提示のタイミングについても検証する予定である。

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] Roe, K., and McConney, A.. Do zoo visitors come to learn? An internationally comparative, mixed-methods study. *Environmental Education Research*. 2015, vol. 21, no. 6, p. 865-884.
- [3] “About WAZA”. <https://www.waza.org/about-waza/>, (参照 2023-7-12)
- [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] “すみだ水族館ペンギン関連図 2023”。
<https://www.sumida-aquarium.com/sokanzu/>, (参照 2022-12-3).
- [6] “ペンギンチャームをつくろう!”。
<https://www.sumida-aquarium.com/event/experience/3600.html>, (参照 2022-11-1).
- [7] 中川由貴, 中村聡史. ペンギンの腹部模様に注目したぬりえ型観察・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] 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.
- [9] 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.
- [10] “LINNE LENS かざす AI 図鑑”. <https://lens.linne.ai/ja/>, (参照 2023-7-12).
- [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

- 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 - 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). 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ティブ性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会論文集. 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. 腹部斑点のぬ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.