

ペンギン観察における腹部斑点のぬりえ順序の特徴分析

中川 由貴[†] 中村 聡史[†]

[†] 明治大学 〒164-8525 東京都中野区中野 4-21-1

E-mail: [†] cs232030@meiji.ac.jp

あらまし 動物園や水族館において、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らない。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、腹部の様子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、ペンギンの様子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を明らかにした。ここで、同じペンギンの腹部様子のぬりえはその様子の特徴から、手書き順序が似通うと考えられ、またそれがペンギンの特徴となり得る。そこで本研究では、動画を用いた実験と水族館での実地実験を実施し、腹部斑点の描画順をもとにぬりえの類似度を分析した。分析の結果、上部の点から下部の点にかけて描く傾向があることがわかった。また、円形に散らばった模様は左上の点から時計まわりに描く傾向が明らかになった。

キーワード ぬりえ、観察支援、ペンギン、個体識別、書き順

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レジャー施設であるが、展示されている生き物をただ眺めているだけでは、印象に残りづらくその後の記憶に繋がらない。動物園や水族館では来園館者を一定して獲得することが必要であるが、訪問時に観察した生き物が記憶に残らないとその施設を再訪する人が減ってしまう。

Luebke ら[1]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、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。こうした動物園などでの観察については、タブレットによる行動記録システム[2]や、来園者同士がコミュニケーションできるシステム[3]、またワークシートや映像コンテンツを用いて観察を促す研究[4][5]など様々なものがあり、工夫されている。

ここで、いくつかの水族館では、飼育するすべてのペンギンに名前やバンドをつけて個体の紹介をしたり、個体同士の相関図を作って興味を惹いたり、個体に注目させ、観察を促す展示の工夫をしている。しかし、こういった展示の工夫だけでは能動性を十分に引き出すことは難しく、その後の印象や記憶につなげる支援としては不十分である。

我々はこれまでの研究において、ペンギンの個体への観察を促し興味を喚起するため、ペンギンの腹部模様をぬりえし、ペンギンを検索するシステムを提案してきた[6]。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、システムを用いたペンギンのぬりえの収集実験を通し、同じペンギンについて描かれたぬりえ同士の類似度が高くなることなどを明らかにした。しかし、各々のぬりえに関

する分析が十分ではなかったため、検索を行ううえで精度面において課題があった。

ここで、ひとのぬりえの描き方は、特徴的な模様から描く、上部の点から描く、というように同じペンギンの手書き順序は似通うと考えられる。そこで本研究では、腹部斑点の描画順をもとにぬりえの類似度を分析し、ひとのぬりえの傾向やぬりえによるペンギンの個体識別について検討する。また、これまで実際に水族館での検証が行えていなかったため、実際に水族館を訪問し、検証を行う。

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[7]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[8]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[9]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. 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[10]. 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[11]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[12][13]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[14]、深度画像を用いたニワトリの個体識別手法[15]などが提案・検討されている. Duyck ら[16]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ができる検索システムを実装するものである.

2.3. ぬりえを利用した研究

Holt ら[17]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[18]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[19]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[20]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[21]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[22]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[23]がある. 他にもタブレットで描いたぬりえを、プロジェクト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[24].

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. 写真・動画実験

3.1. 実験概要

ペンギンの腹部模様をひとがどのようにぬりえしていくかを明らかにするため、これまでの研究で実現したシステム[6]を利用し、ぬりえ実験を行った. 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 1) について、正面の写真または動画を撮影し、実験参加者にはその写真と動画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、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.

実験参加者は 21~24 歳の大学生・大学院生 22 人(男性 12 人、女性 10 人)であった.

3.2. 実験手順

実験参加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動画または写真を名前とバンドの色とともに 1 匹ずつ投影し、提示した. 実験協力者には、動画上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、写真や動画を見ながら腹部模様をぬりえしてもらった. 実験参加者全員のぬりえが終了したことを確認したのち、別のペンギンの動画または写真を投影し、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.

3.3. 結果と考察

実験で得られたぬりえデータについて、まず画数ごとのぬりえの類似度を評価した. 類似度は我々が過去に行った研究[6]と同様に、点のユークリッド距離とコサイン類似度、ストローク数の比を組み合わせで算出した. なお、過去の研究[6]ではコサイン類似度の算出法において点群の重心を使っていたが、これは適切でなかったため、ぬりえの枠組み画像の中心となる座標を利用して計算することとした.

最初の 3 画目までの類似度と最初の 4 画目までの類似度を、すべてのぬりえの組み合わせについて算出し可視化したものが表 1 と 2 である. 類似度の値 (値が小さいほど類似している) が 50 以下の (かなり高い) 組み合わせを濃い赤で、50 より大きく 100 以下の (高い) 組み合わせを薄い赤で示している.

表 1 より、最初の 3 画目までの分析でも、同じペンギンについて描かれたぬりえ同士の類似度はかなり高く、異なるペンギンについて描かれたぬりえ同士の類似度は低く評価されていることがわかる. また、表 2 に示す最初の 4 画目までの分析では精度が上がり、よ

表 1 3画目までのぬりえの類似度

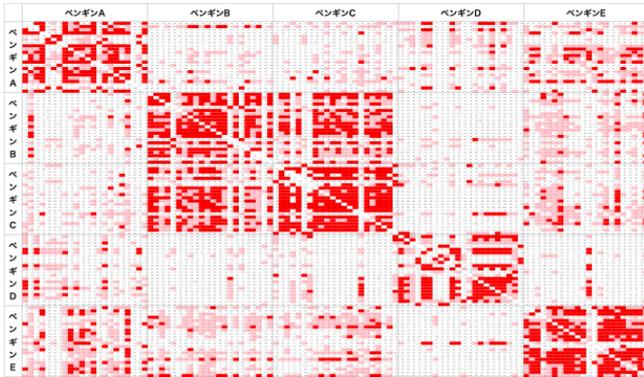
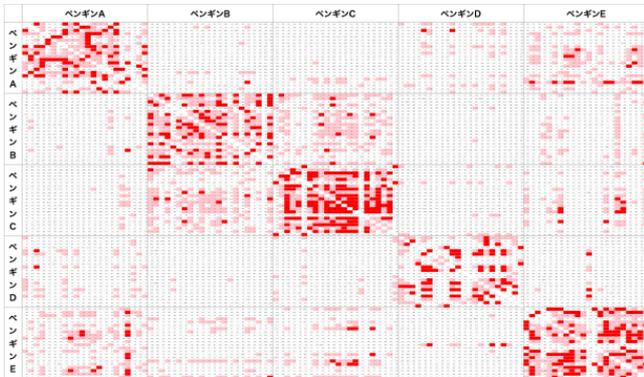


表 2 4画目までのぬりえの類似度



り正確に類似度を評価できていることがわかる。このことから、ぬりえの最初の4画目までを用いた分析でも十分に類似度評価ができると考えられる。

最初の3~4画程度でペンギンの特徴が現れていると考えられるため、特に序盤のぬりえ順序に注目しながら、その座標を画数ごとにプロットしたものを図2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。

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ことがわかる。一方で左下の点を先に描いている人も数名いる。これは、ペンギンAは腹部左下に特徴的な2連の点があることが確認でき、この点が目につきやすかったために左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わかる。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わかる。

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わかる。



図 1 ぬりえしたペンギン (左からペンギン A, B, C, D, E)

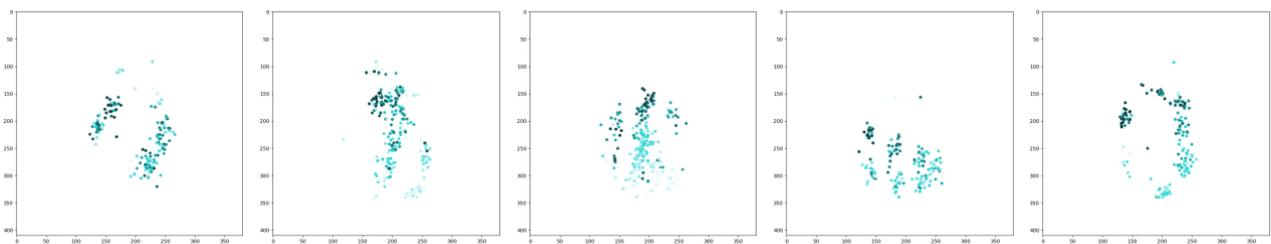


図 2 画数ごとのプロット (左からペンギン A, B, C, D, E)

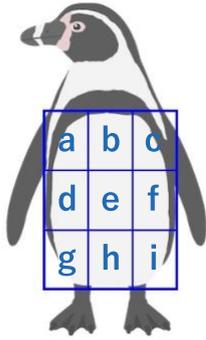


図3 ぬりえの分割

表2 n-gram 統計で上位7つの系列

	ペンギン A	ペンギン B	ペンギン C	ペンギン D	ペンギン E
1	adf (4%)	bbb (15%)	eee (15%)	iih (5%)	iih (6%)
2	ffc (4%)	bbe (8%)	eeh (8%)	def (4%)	abc (5%)
3	hff (3%)	bee (7%)	ehh (4%)	ihg (4%)	fii (5%)
4	fef (3%)	eeh (6%)	bbc (4%)	eii (4%)	cff (5%)
5	ffi (3%)	eef (5%)	bba (3%)	eff (4%)	ffh (5%)
6	acf (3%)	ehf (4%)	hhi (3%)	efi (4%)	bcf (4%)
7	cfe (3%)	bbc (3%)	hid (3%)	fii (4%)	cfi (3%)

以上の結果より、ペンギンの腹部模様は上部の点から、特に左上の点から描く傾向があると考えられる。

ここで、ぬりえの書き順の傾向をさらに詳しく分析するため、ぬりえ画像の腹部を9分割してa~iの文字を割りあて(図3)、ぬりえの系列を文字列として表現した。次に、n-gram (tri-gram) の処理をし、その頻度を分析した。

ぬりえした5羽それぞれのペンギンについて出現頻度が高い上位7つを示したものが表2である。ペンギンDは表2より中央左から中央右にかけて(def, eff)、右下から左下にかけて(iih, ihg)点を描いた人が多いことがわかる。このことから下腹部の点を左上から時計まわりに描いた人が多いと考えられる。また、ペンギンEは左上から右上にかけて(abc)、右上から右下にかけて(fii, cff, cfi)、右下から左下にかけて(iih)点を描いている人が多い。そのため、左上の点を起点として時計まわりに点を描く傾向があるといえる。



図4 実地実験の様子

4. 水族館での実地実験

4.1. 実験概要

実際に水族館で動いているペンギンをぬりえする場合と、写真や動画を見ながらぬりえする場合とはぬりえの傾向が異なる可能性が考えられる。そこで京都水族館にて、展示されているペンギンを見ながらぬりえをしてもらう実験をした。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、ぬりえシステムを使ってぬりえをするように指示した。また、ペンギンを観察する時間には制限を設けず、描き終わるまで観察してもらった。実験の様子を図4に示す。

なお、実験日は2022年11月6日で、実験参加者は21~22歳の大学生6人(男性3人・女性3人)と、小学2年生1人であった。

4.2. 結果と考察

京都水族館では59羽のペンギンが飼育されており、実験参加者には任意のペンギンをぬりえしてもらったため、ペンギンによって集まったぬりえの数にばらつきが出た。そのため、ぬりえの分析は5人以上のデー

タが集まったペンギン4羽(図5)について分析を行った。3章と同様に、座標を画数ごとにプロットしたものを図6に示す。

結果より、ペンギンFは右側から左側に向かって点を描いている人が多いことがわかる。また、3章と同様にn-gramで分析したところ、右側から左側への系列が多い結果となった。一方、ペンギンGは描画順序に特徴的な傾向はなかった。ペンギンHは2点だけの模様であり、すべての参加者が左上の点から右下の点の順に描いていた。また、ペンギンIは上側から点を描いている人が多いことがわかる。ただし、左右方向については共通性がなく、ユーザによってブレがあることがわかる。

5. 考察と今後の展望

5.1. ぬりえの描画順序の傾向

実験結果より、写真や動画を見ながらぬりえをした場合は、基本的に上側から下側、左側から右側の順で点を描く人が多いといえる。また、腹部の外側や円形



図5 実地実験で分析したペンギン（左からペンギン F, G, H, I）
[左端画像出典： <https://www.facebook.com/Kyoto.aquarium.official>]

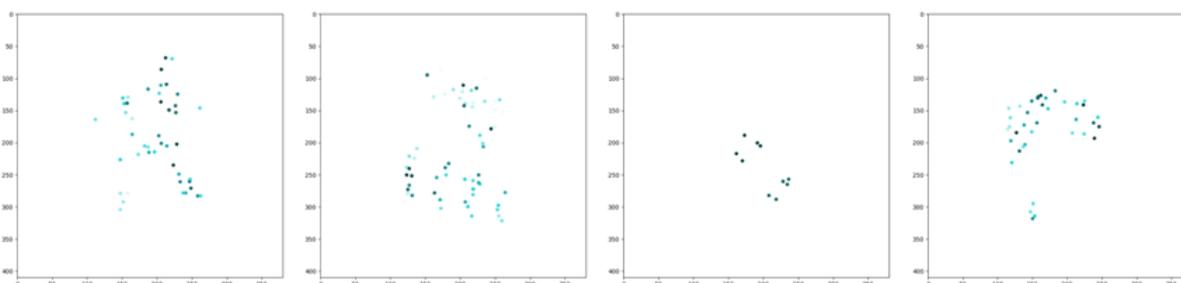


図6 画数ごとのプロット（左からペンギン F, G, H, I）

に散らばったような模様の場合には左上の点を起点として時計まわりに点を描く人が多いことがわかる。

一方、実際に展示されているペンギンを見ながらぬりえをした場合は、上下方向については上側から点を描きはじめる人が多いが、ペンギンによっては写真や動画の傾向とは異なり、右側から描きはじめる人がいるなど特に左右方向について描画順序にばらつきがあった。これは水族館で展示されているペンギンは動き回っていることが多く、必ずしも正面から観察できるとは限らないため、ペンギンを観察する方向によって左右方向にブレが生じたと考えられる。実際、特に左右方向のブレが大きかったペンギン I は、展示場をかなり動き回っており、ユーザによって観察する向きが異なっていた。

これらのことから、ペンギンのぬりえは基本的に左側から右側、上側から下側の順に、円形に散らばった模様は時計まわりに描く傾向があるが、ペンギンを観察する方向によっては左右方向の描画順序にブレが生じるといえる。

5.2. ぬりえ順序から見えるチャームポイント

本実験では、図1左のペンギン A のように、目につきやすい特徴的な模様ははじめの方に描かれる場合があった。このことから、多くのユーザが最初に描いている場所はそのペンギンの特徴的な模様がある可能性が高い。つまり、ぬりえからペンギンのチャームポイントとなる模様を判断し、検索の過程で提示すること

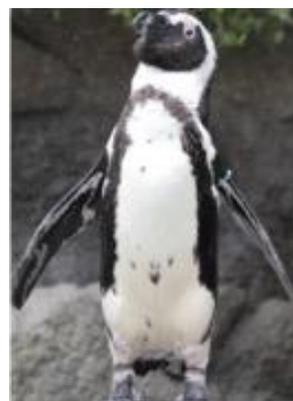


図7 模様が特徴的なペンギン

でペンギンがより記憶に残りやすくなると考えられる。

実際、今回の実験とは異なるが、サンシャイン水族館で実施したプレ実験では、図7のペンギンにおいて特にハートのような模様をまず描き入れる実験協力者が複数観察された。こうしたチャームポイントは水族館自身がそのペンギンを特徴づけ、来場者にアピールするものとなり得ると考えられる。

そこで今後は、実験参加者を増やし、またより多くのペンギンの腹部模様について実験を行い、ぬりえの傾向について分析を行う予定である。

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。本稿では、動画・実地実験を実施し、ぬりえの書き順の傾向を分析した。その結果、ひとはペンギンの腹部模様を上部から下部にかけて、特に左上部の点から描く傾向があることがわかった。また、円形に散らばった模様については左上の点から時計まわりに描く傾向があった。一方、水族館で実地実験では、上部の点から下部にかけて描く傾向があったものの、左右方向についてはペンギンを観察する方向に依存し、特徴的な傾向はなかった。また、ペンギンの特徴的な点は最初に描かれる傾向が示唆された。

今回の実験では、実地実験については実験参加者や分析したペンギンの数が少なかったため、今後はその数を増やして再実験する予定である。また、本稿で得たぬりえの傾向から、適切な名前検索手法を検討する。さらに、ぬりえからペンギンの名前を検索するシステムを実装し、ぬりえと検索が生き物の観察に与える影響を調査していく。

文 献

- [1] J. F. Luebke, and J. Matiasek, "An exploratory study of zoo visitors' exhibit experiences and reactions," *Zoo Biology*, vol.32, no.4, pp.407-416, 2013.
- [2] 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.
- [3] 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.
- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] 中川由貴, 中村聡史, "ペンギンの腹部模様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)*, vol.2023-HCI-201, no.31, pp.1-8, 2023.
- [7] S. Yamashita, S. Suwa, T. Miyaki, and J. Rekimoto, "AquaPrism: Dynamically Altering the Color of Aquatic Animals without Injury by Augmenting Aquarium," *Proceedings of the Fourth International Conference on Animal-Computer Interaction (ACI2017)*, vol.11, pp.1-9, 2017.
- [8] N. Isokawa, Y. Nishiyama, T. Okoshi, J. Nakazawa, K. Takashio, and H. Tokuda, "TalkingNemo: aquarium fish talks its mind for breeding support," *Proceedings of the Third International Conference on Animal-Computer Interaction (ACI '16)*, vol.11, pp.1-4, 2016.
- [9] 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.
- [10] 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.
- [11] 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*, vol.32, no.1B1-OS-11a-05, pp.1-3, 2018.
- [12] 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.
- [13] 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.
- [14] S. D. McConkey, "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.
- [15] B. Zhang, Y. Qiu, X. Wang, H. Lu, and F. Wang, "Research on the Method of Individual Identification of Chickens Based on Depth Image," *Journal of Physics: Conference Series*, vol.1631, no.1, pp.012018, 2020.
- [16] J. Duyck, C. Finn, A. Hutcheon, P. Vera, J. Salas, and S. Ravela, "Sloop: A pattern retrieval engine for individual animal identification," *Pattern Recognition*, vol.48, no.4, pp.1059-1073, 2015.
- [17] N. J. Holt, L. Furbert, and E. Sweetingham, "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] 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.
- [19] 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*, no.39, pp.45-52, 2010.
- [20] 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*, vol.6, pp.57-72, 2014.
- [21] 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*, vol.44, no.3, pp.279-282, 2020.
- [22] M. Pinto, and S. Zuckerman, "Coloring Book: A new method for testing language comprehension," *Behavior Research Methods*, vol.51, pp.2609-2628, 2019.
- [23] "お絵かき水族館 / Sketch Aquarium". <https://www.teamlab.art/jp/w/aquarium/>, (参照 2023-4-10).
- [24] 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*, vol.2013, pp.249-250, 2013.