

# 水族館における個に着目したペンギン展示の基礎調査と 腹部スポット描画型ペンギン観察手法の利用可能性の検証

中川 由貴<sup>†</sup> 中村 聡史<sup>†</sup>

<sup>†</sup>明治大学 〒164-8525 東京都中野区中野 4-21-1

E-mail: <sup>†</sup>nakagawa.yuki55@gmail.com

あらまし 我々はこれまで、ペンギンの特徴的な腹部のスポット模様に着目して描画しつつ観察する手法を実現し、水族館での実験で本手法による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ことを明らかにしてきた。ここでペンギンのスポットの描画は、水族館で動くペンギンを見ながらと画像を見ながらとは大きく異なると考えられる。そこで本研究では、観察環境による違いが描画順に及ぼす影響を分析し、スポットの描画順はいずれの環境でも上部から下部の順に描く傾向があるものの、水族館では観察方向により描画位置がばらつきやすいことが明らかになった。また、複数の水族館を訪問し、ペンギンの展示方法の工夫を基礎調査することで手法の応用可能性を明らかにした。

キーワード ペンギン, 観察支援, 個体識別, スポット, 水族館

## 1. はじめに

ペンギンは人気の高い生き物であり[1], 多くの水族館や動物園にて飼育・展示されている。一方、ペンギンは数十羽単位で飼育されていることが多く、来訪者はただ全体を眺めるだけの俯瞰した観察をしてしまいがちである。Luebke ら[2]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、より良い体験のためには全体を眺めるだけではなく、ペンギンの個体に焦点をあてた観察が効果的であると考えられる。実際にいくつかの水族館ではペンギンの個体に注目させることを目的として、ペンギンに名前を付けペンギンを一覧できる紹介ボードを作ったり、ペンギン同士の相関図を作ったりと展示の工夫をしている(4章)。しかし、ペンギンの識別のために使用されているフリッパーバンドの色は識別が困難であり、こういった展示の中から来訪者自身が観察しているペンギンを探しだし、対応づけることは容易ではない。

我々はこれまでペンギンの個体に注目した観察を支援する手法として、ペンギンの特徴的な腹部のスポット模様を描画し、さらにその描画からペンギンを検索するシステムを提案および実装してきた[1]。また、実験室での描画実験を通して描画から高い精度でペンギンを検索できることや、水族館でのシステム使用が一部実験参加者のペンギンの記憶に効果的であることを明らかにしてきた[3, 4]。

ここで、水族館での描画ではペンギンが動きまわることや、岩や他の来訪者といった障害物により見えない腹部があることなどが要因となり、描画傾向が実験室環境とは異なる可能性が考えられる。我々は過去の研究[5]において、ひとのスポットの描き方は、上部から下部の点にかけて描く傾向があること、また水族館

でペンギンを見ながら描画した場合は実験室での描画に比べて左右方向の描画順序にブレが生じることを明らかにしている。しかし過去の分析[5]では、実験参加者や分析したペンギンの数が少なく、十分な分析ができていなかった。また、ペンギンを飼育する多くの水族館が来訪者の興味を惹きつけるための方法や、個体に着目させる工夫といった、展示の工夫に関する基礎調査が不十分であった。

そこで本研究では、これまでの実験で対象としてきた17羽のペンギンについて、水族館と実験室でのスポット描画実験のデータを分析し、画像による実験室での描画と水族館での描画の傾向を比較し考察する。また、ペンギンを飼育・展示している水族館を訪問して展示方法や工夫を調査し、本手法の応用可能性を検討する。

## 2. 関連研究

### 2.1. 動物園・水族館の来訪者に関する研究

動物園や水族館は娯楽だけではなく、環境教育や観察学習、保全学習といった教育的な役割を果たしている[6, 7]。また多くの研究[8-12]で、動物園に訪問することが来訪者の動物保護に関する意識や学習に役立つことが明らかになっている。

Clayton ら[13]は、動物園に訪問することが来園者の環境保護に関する知識に加えて自己効力感の向上にもつながることを示している。また、Roe ら[14]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。Rashid ら[15]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。Collins ら[16]は、教育的な介入が動物園や水族館での

子供の学習体験を高めることを明らかにしている。

また、原[17]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[18]、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[19]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り、描画しながら能動的に観察することで来訪者の興味や再訪を促すことができると考えている。

## 2.2. 動物園・水族館支援に関する研究

動物園や水族館において、来訪者が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[20]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。Suzuki ら[21]は動物園での観察を支援する LEGS システムを開発し、自主的な観察学習に役立つことを示している。

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[22]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[23, 24]。さらに、高岡ら[25]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。

Tan ら[26]は水族館の来館者が動物の保全を促進するゲームをするゲーミフィケーションによって、学びや楽しみの欲求をみたすことを明らかにしている。他にも、動物園内を動物の情報と共にナビゲートするシステム[27]や、タッチスクリーンのインタラクティブパネル[28]、AR[29]を使った展示など、来園者の娯楽性と教育効果を高めるシステムが様々開発されている。

本研究も、ユーザが描画をしつつペンギンを観察することや、描画・観察中のユーザ同士で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. 生き物の観察支援に関する研究

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[30]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[31]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、本研究も腹部模様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。また、原田ら[32]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、描画と検索による観察をエンターテイン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。

## 3. 描画データ分析

### 3.1. 概要

本分析の目的は、ペンギンの腹部模様をひとがどのように描き、さらに実験室での描画と水族館の描画にはどのような違いがあるかを明らかにすることである。そこでこれまでの研究で収集した実験室での描画データ[3]と、水族館での描画データ[4]を使用し、その描画順を分析した。なお、いずれのデータもすみだ水族館で飼育されているペンギンを描いたもので、実験室での描画データは 19 羽について画像を見ながら腹部模様を描画したものである。また、水族館での描画データは展示されている任意のペンギンを描画したものであり、収集結果は 31 羽分であった。実験室と水族館での描画のうち、同じペンギン 17 羽について描かれた描画を分析対象とした。

実験室での描画実験参加者は 20～24 歳の大学生・大学院生 26 名（男性 19 名、女性 7 名）、水族館での描画実験参加者は 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。

### 3.2. 分析結果

実験室と水族館での描画データについて、その座標を画数ごとにプロットし、描画の書き順や傾向、特徴を分析した。

特徴的な結果があったわらび、ローズ、ちょうちんの 3 羽について、座標をプロットした図を図 1～3 に示す。実験室での描画は青色の丸、水族館での描画は赤色の正方形で示しており、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。なお、それぞれの描画者数は下記の通りであった。

- わらび: 実験室 26 名, 水族館 6 名
- ローズ: 実験室 26 名, 水族館 6 名
- ちょうちん: 実験室 26 名, 水族館 2 名

図 1 より、わらびは実験室で描いた場合も水族館で描いた場合も斑点の分布に大きな差はない。一方、実験室ではほぼすべての実験参加者が中央左の点を最初

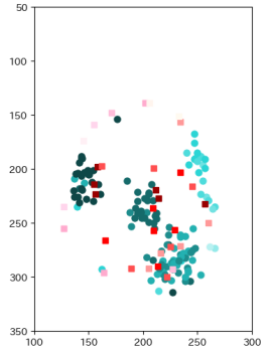
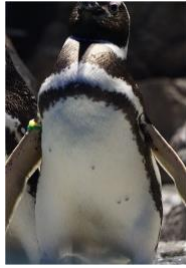


図1 画数ごとのプロット（わらび）

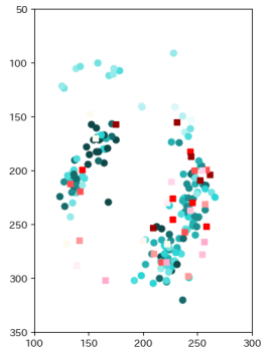


図2 画数ごとのプロット（ローズ）

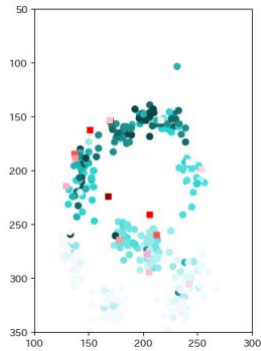


図3 画数ごとのプロット（ちょうちん）

に描き右下にかけて点を描いているのに対し、水族館では書き順に一貫性がない。また、水族館での描画では上腹部の黒いライン付近の斑点を詳細に描いている実験参加者がいる。これは、水族館でのペンギンを観察する方向や光の当たり方などの影響や、直接ペンギンを観察した方がより詳細な描画をする可能性が考えられる。

ローズについては、実験室では左上から右下の順に点を描いている実験参加者が多い一方、水族館では右上の点をはじめに描いている実験参加者が多い。水族館ではペンギンを観察する角度やペンギンの動き、障害物などが影響し、最初に着目する位置が実験室とは

異なった可能性が考えられる。

ちょうちんは、実験室では実験参加者の多くが右上または左側の点から下腹部の点にかけて描く傾向があった。一方、水族館で描画した1名は同様の順で描いてるが、もう1名は中央下の点から描き始めていた。これは、腹部中央にまとまった3つの斑点があり、この点が観察時に顕著で目につきやすかったのではないかと考えられる。また、この3つの点については、実験室での描画は座標の分布に大きなずれがないものの、水族館で描いた2人は3点を描く位置が上下に大きくずれが生じていた。このずれが生じた原因は、実験参加者の視点やペンギンの姿勢の違いにより、実験参加者が認識した位置がばらついたことが考えられる。

### 3.3. 考察

分析結果より、実験室、水族館どちらにおいてもペンギンを観察した場合も描画位置や点の分布に大きな差はみられなかった。また過去の研究[5]と同様に実験室、水族館いずれにおいても上から下の順にスポットを描く傾向があった。一方、図3のちょうちんの腹部中央の3点のように、水族館で観察した場合は実験室と比較して点の座標が上下や左右にずれる例が複数あった。これは、水族館でペンギンの動きや観察する角度の違い、ペンギンの姿勢などが一意でないことに起因していると考えられる。このずれは描画からの検索精度の低下に繋がる可能性があるため、ずれを考慮した検索アルゴリズムや、観察する角度を設定できるような描画インターフェースの工夫が必要である。

また、図1のわらびの例のように腹部の上の黒いライン模様付近にある斑点を描くか否かが実験参加者により異なっていた。特に水族館では、ペンギンを下から見上げるような観察やペンギンが伸びのような姿勢をしている場合には、ライン付近の斑点が目につきやすいため描画する実験参加者が多いと考えられる。そのため、今後の検索手法では、ライン付近の斑点を描いているものを判断し、検索条件からは除外するなど、ユーザによる描画の差を考慮したアルゴリズムに改良する余地がある。

水族館での描画実験では、実験参加者9名に展示されている任意のペンギンを描画するように指示していたため、実験室での実験と比較して得られた描画データが少なく偏りがあった。そこで今後は実験参加者を増やし、より多くのペンギンについて描画データについて再実験の上で検証する予定である。

## 4. 水族館のペンギン展示調査

本手法の応用可能性を検証するため、ペンギンを飼育・展示している水族館がどのような展示をしているかについて、17の水族館（日本14、海外3）を訪問し、

調査した。調査期間は2022年6月1日～2024年3月16日であった。調査した水族館の一覧を表1に示す。

調査の結果、17施設中の10施設においてペンギンの個体に注目させるような展示の工夫をしていた。多

表1 水族館におけるペンギンの展示調査結果

名前	訪問日	ペンギンの種類	個に注目した展示
おたる水族館 (北海道)	2022/08/21	フンボルト, ジェンツー	一部のペンギンの名前・顔写真・雌雄とペアを紹介する展示。
AOAO SAPPORO (北海道)	2023/08/10	キタイワトビ, コガタ	推しペンギン探しを促す, 名前・写真・性格・雌雄・バンドの色を一覧にした新聞風のポスターや Web 記事を掲示。
アクアワールド茨城県 大洗水族館 (茨城県)	2023/12/30	フンボルト	特になし。
サンシャイン水族館 (東京都)	2022/06/08	ケーブ	SNS でペンギンの画像や誕生日, 性格などの情報を発信。2012年にペンギンの個に着目したペンギン絵選挙を実施。
すみだ水族館 (東京都)	2022/06/01	マゼラン	バンドによるペンギンの見分け方の紹介や, 全ペンギンの名前・顔写真・バンドの色などを示す関連図の展示や, バンドの色から名前を検索するシステムを導入。Web 上で推しペンギン診断などのコンテンツや SNS での飼育日誌発信。
掛川花鳥園 (静岡県)	2023/06/18	ケーブ	すべてのペンギンの名前・写真・雌雄・バンドの色・生年月日を示すペンギン図鑑の展示。Web 上のブログにて, ペンギンの個体に関する情報を紹介。
名古屋港水族館 (愛知県)	2024/03/10	アデリー, エンペラー, ジェンツー, ヒゲ, ケーブ	バンドによるペンギンの識別手法の紹介や, ヒナと大人のペンギンの特徴の違いを紹介するポスター展示や Web コラムを発信。
南知多ビーチランド (愛知県)	2024/03/10	フンボルト, キング, ジェンツー	全ペンギンの名前・写真・雌雄・バンドの色・孵化日を示すペンギン図鑑や, ペンギンのペアや見分け方を紹介する展示。SNS で個体の特徴を発信。
鳥羽水族館 (三重県)	2024/03/11	フンボルト	Web 上の記事でペンギンの名前・バンドの色の一覧や, ペンギンの性格, スポットによる見分け方などを紹介。
京都水族館 (京都府)	2022/11/06	ケーブ	腹部斑点やヘアスタイルによる見分け方紹介や, 全ペンギンの名前・顔写真・バンドの色などを示す関連図を展示 (図7)。
海遊館 (大阪府)	2023/11/06	キング, ジェンツー, アデリー, ミナミイワトビ	Web 上の記事で, SNS でバズったペンギンについてその番号が示されているが, それ以外には特になし。
átoa (兵庫県)	2023/11/06	フンボルト	Web 上の記事でペンギンの名前やその由来, 雌雄を紹介。
長崎ペンギン水族館 (長崎県)	2024/03/16	マゼラン, フンボルト, ケーブ, コガタ, キング, キタイワトビ, ミナミイワトビ, ジェンツー, ヒゲ	バンドによるペンギンの見分け方の紹介 (図4) や, 斑点に着目した観察方法を展示。またペンギンの種の識別に関する展示。マゼラン・ケーブ・フンボルトペンギンはバンドの組み合わせによる数字で表現。
DMM かりゆし水族館 (沖縄県)	2024/03/12	フンボルト	名前・写真・雌雄・性格や相関を示す展示 (図6)。
Sea Life Sydney Aquarium (シドニー)	2022/12/03	コガタ, ジェンツー, キング	名前・年齢・パートナー・性格・雌雄・バンドの色を一覧で示すボードの展示 (図5)。
National Zoo & Aquarium (キャンベラ)	2022/12/01	コガタ	特になし。
Copenhagen Zoo (コペンハーゲン)	2023/07/28	フンボルト	特になし。

くの水族館では、ペンギン飼育の際にフリッパーバンドを使用して個体を識別し、個体の管理をしている。このフリッパーバンドの色を用いた個体の見分け方を来訪者に紹介する展示をしている例が数多く見受けられた(図4)。また、ペンギンの名前、性格、バンドの色などを一覧表にして展示しているもの(図5)や、写真や詳細情報とともにペンギン同士の相関図を作っ

て展示しているもの(図6)も複数あった。フンボルトペンギン属に含まれるペンギンには腹部斑点があり、京都水族館ではこの模様をもとにペンギンを見分ける方法を紹介する展示をしていた(図7)。

他にも、過去にすみだ水族館では腹部模様を描いてチャームを作るイベントが開催されていたり、バンドの色からペンギンの名前を検索するシステム「ぺんたごん」が導入されていたりと、個体識別に力を入れた工夫が多くの水族館でなされている。

以上のように各水族館で工夫されている通り個体に着目させることはペンギンの観察において重要であるが、既存の展示手法では個体を探しだすのは容易ではない。特にバンドの色は例えばグリーンとクリアグリーン、ライムといったようにその視認性の悪さも問題である。そのため識別個体に着目させつつペンギンへの興味を促す手法として、斑点を描画し個体の名前や特徴を検索する本システムは、水族館においてユーザの識別の負荷が少なく能動的な観察ができるという点で有用であると考えられる。また、来訪者自身の描画からわかる特徴と、相関図や一覧といった展示とを組み合わせることでより記憶に残りやすい観察体験に繋がる可能性がある。

## 5. おわりに

本研究では、我々がこれまでに実現してきたペンギンの腹部スポット模様の描画による観察手法について、ひとがペンギンの腹部スポットを描く際に、どのような順序で描くのか、実験室で画像をみながら描画する場合と水族館で直接ペンギンをみながら描画する場合とでその傾向に差があるのかを確かめるため、スポットの描画データを描画順ごとにプロットして分析した。その結果、実験室、水族館いずれにおいても上部から下部の順に斑点を描画する傾向にあり、水族館では描画位置が上下左右にずれる場合もあった。また、本手法の応用可能性を調査するため、水族館がペンギンの展示において来訪者の興味を惹きつけるためにどのような工夫をしているのかについて17箇所の水族館で訪問調査した。調査の結果、多くの水族館において、相関図や性格紹介など個体に着目させる展示の工夫をしていることが明らかになった。

今後は、描画位置のズレを考慮した描画インタフェ

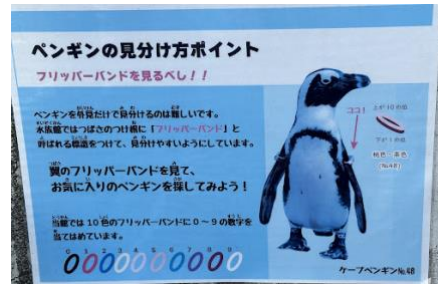


図4 フリッパーバンドによる見分け方の紹介

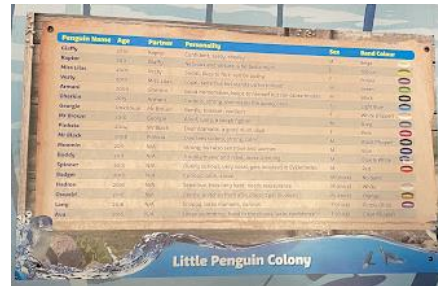


図5 ペンギン情報の一覧表



図6 ペンギンの相関図



図7 腹部スポットによる見分け方の紹介

ースや検索アルゴリズムにシステムを改良したうえで、より多くの実験参加者やペンギンを対象とした実験を行う。また、水族館での長期的な実証実験を実施することによりシステム利用がペンギンの興味や記憶に及ぼす影響とその再訪などへの効果を調査する。



## 文 献

- [1] Y. Nakagawa, and S. Nakamura, "A Drawing-type Observation and Retrieval Method Focusing on the Abdominal Pattern of Penguins," *OzCHI* 2023, 2023.
- [2] 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.
- [3] 中川由貴, 中村聡史, "ペンギンの腹部模様に着目したぬりえ型検索手法," *情報処理学会研究報告(HCI)*, vol.2023-HCI-204, no.2, pp.1-8, 2023.
- [4] 中川由貴, 中村聡史, "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," *情報処理学会研究報告(HCI)*, vol.2023-HCI-205, no.35, pp.1-8, 2023.
- [5] 中川由貴, 中村聡史, "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," *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.
- [6] "(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 2024-4-1).
- [7] "About WAZA". <https://www.waza.org/about-waza/>, (参照 2024-4-1).
- [8] S. Clayton, J. Fraser, and C. D. Saunders, "Zoo experiences: conversations, connections, and concern for animals," *Zoo Biol*, vol. 28, no. 5, pp. 377-397, 2009.
- [9] R. Ballantyne, J. Packer, K. Hughes, and L. Dierking, "Conservation learning in wildlife tourism settings: Lessons from research in zoos and aquariums." *Environmental Education Research*, vol. 13, no. 3, pp. 367-383, 2007.
- [10] L. M. Adelman, J. H. Falk, and S. James, "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.
- [11] J. H. Falk, E. M. Reinhard, C. L. Vernon, K. Bronnenkant, J. E. Heimlich, and N. L. Deans, "Why zoos and aquariums matter: Assessing the impact of a visit to a zoo or aquarium." 2007.
- [12] A. M. Godinez, and E. J. Fernandez, "What is zoo experience," *Frontiers in Psychology*, vol. 10, pp. 469377, 2019.
- [13] S. Clayton, A. C. Prévot, L. Germain, and M. Saint-Jalme, "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] K. Roe, and A. McConney, "Do zoo visitors come to learn? An internationally comparative, mixed-methods study," *Environmental Education Research*, vol. 21, no. 6, pp. 865-884, 2015.
- [15] J. Z. R. R. Rashid, N. Mohd Shariff, A. Kasim, R. Mohd Ghazali, and A. E. Mohamed, "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.
- [16] C. Collins, S. McKeown, L. McSweeney, K. Flannery, D. Kennedy, and R. O'Riordan, "Children's conversations reveal in-depth learning at the zoo," *Anthrozoös*, vol. 34, no. 1, pp. 17-32, 2021.
- [17] 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.
- [18] 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.
- [19] Y-J. Lim, H-K. Kim, and T. J. Lee, "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.
- [20] 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(TCE)*, vol. 3, no. 1, pp. 36-45, 2017.
- [21] M. Suzuki, I. Hatono, T. Ogino, F. Kusunoki, H. Sakamoto, K. Sawada, Y. Hoki, and K. Ifuku, "LEGS system in a zoo: use of mobile phones to enhance observation of animals," *Proc. of IDC*, pp. 222-225, 2009.
- [22] 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(CE)*, vol. 2007, no. 123, pp. 51-55, 2007.
- [23] 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.
- [24] 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," *Journal of Science Education in Japan*, vol. 34, no. 2, pp. 97-106, 2010.
- [25] 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.
- [26] W. K. Tan, "Gamification in aquarium context: Intention to play game that imparts knowledge and promotes marine animal conservation," *Information Technology & People*, vol. 31, no. 6, pp. 1070-1090, 2018.
- [27] N. A. A. B. Juarimi, and N. R. M. Nasir, "Digital map of zoo negara using geospatial information system (GIS) approach," *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1860, no. 1, pp. 012005, 2021.
- [28] S. Lin, "The Interactive Aquarium: Evaluating the Effectiveness of Interactive Interfaces in an Aquarium Visit," *The Journal of young Investigators*, vol. 17, no. 2, pp. 30, 2007.
- [29] J. Karlsson, S. Ur Réhman, and H. Li, "Augmented reality to enhance visitors experience in a digital zoo," *Proc. of MUM*, pp. 1-4, 2010.
- [30] S. Yamashita, S. Suwa, T. Miyaki, and J. Rekimoto, "AquaPrism: Dynamically Altering the Color of Aquatic Animals without Injury by Augmenting Aquarium," *Proc. of ACI2017*, vol. 11, pp. 1-9, 2017.
- [31] N. Isokawa, Y. Nishiyama, T. Okoshi, J. Nakazawa, K. Takashio, and H. Tokuda, "TalkingNemo: aquarium fish talks its mind for breeding support," *Proc. of ACI2016*, vol. 11, pp. 1-4, 2016.
- [32] 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.