

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 6 月 4 日現在

機関番号：32612

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2016～2017

課題番号：16K12480

研究課題名(和文)イルカの行動分析に基づくインタラクションシステムの開発

研究課題名(英文)Development of Interaction System between Human and Dolphin based on Behavior Analysis

研究代表者

小木 哲朗(OGI, Tetsuro)

慶應義塾大学・システムデザイン・マネジメント研究科(日吉)・教授

研究者番号：00282583

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,600,000円

研究成果の概要(和文)：イルカは、人間のトレーナーとの間でコミュニケーションを成立させているため、この原理を明らかにすることで、情報デバイスを介したイルカとのコミュニケーションを実現することが期待できる。本研究では、タブレット上にトレーナーのハンドサインの画像を提示することで、イルカに対して画像による指示をできるようにする学習実験を行った。その結果、学習不足と過学習を繰り返しながら、画像を認識していく過程を観察することができ、情報端末を介したイルカとのコミュニケーションに対する可能性を見出すことができた。

研究成果の概要(英文)：Since dolphins have established communication with human trainers, we can expect to realize communication with dolphins via information devices by analyzing the principle of this interaction. In this study, learning experiments were conducted to give instruction to dolphin by presenting the image of the trainer's hand sign on the tablet. As a result, the process of recognizing images while repeating learning shortage and over learning was observed, and we were able to find the possibility of realizing the communication with dolphins using the information devices.

研究分野：システム工学

キーワード：イルカ コミュニケーション 学習 行動分析 インタラクション

1. 研究開始当初の背景

水族館は、自然保護の場、教育の場、研究の場、娯楽提供の場等、さまざまな役割を担っている。そのため、必要とされる業務は多岐にわたり複雑化し、慢性的な人手不足の状況にさらされている。

特に、イルカの飼育においては、日本における捕鯨への批判等から、新しい個体を獲得することが困難となり、水族館では現状の個体の維持や繁殖がますます重要となってきた。そのため、イルカに対する日常的な健康管理が不可欠であり、そのための検査や治療を効率的に行うためには、トレーニングの活用が有効とされている。例えば、体温の測定のためには「腹側を上にして水面で静止する」という指示、体重の測定のためには「水上の台に上がる」という指示を、トレーニングを通して事前に学習しておくことで、円滑に検査を実施することができる。

現在トレーニングで用いられる指示等のコミュニケーションは、トレーナーが手や体の動きによって表現するハンドサインによって行われている。イルカはトレーナーのハンドサインの指示する目標行動をとると、餌などの報酬を与えられることで、オペラント条件付けの正の強化を受け、ハンドサインと目標行動との関連を学習する。しかしハンドサインによるイルカとトレーナーのコミュニケーションは、経験によって獲得される部分が大きく、急に人員を追加してもすぐに適切なコミュニケーションが成立することは難しい。

イルカ等の海洋知的生物は脳が発達し、人間とのある程度のコミュニケーションを実現しているが、これらのコミュニケーションはトレーニングと経験によって習得されたものであり、イルカがトレーナーのどの言葉やどの行動を認識して反応しているのか、その原理はあまり明らかにはされていない。

2. 研究の目的

本研究では、上述の問題を解決するため、イルカが人間と行うコミュニケーションの原理を明らかにすることで、情報機器を用いたイルカとのコミュニケーション、あるいは情報機器を介した人間とイルカとのコミュニケーションを可能にすることを目的としている。これにより、経験の少ない人でもイルカとコミュニケーションが取れるようになり、体調管理等の業務に貢献することができ、人員不足を補えることが期待される。また、このような海洋知的生物とのコミュニケーション技術を確認することは、海洋生物学の視点から重要であるとともに、情報機器に関するインタラクション技術という視点からも、重要な研究課題と言える。

本研究では、情報機器を用いてイルカとのコミュニケーションを実現するため、イルカが人間と行うコミュニケーションの原理を定性的・定量的に明らかにし、その成果を利

用したプロトタイプの開発を行う。

まず、イルカとトレーナーのコミュニケーションの様子をビデオカメラ、マイクロフォンで記録し、これらのデータ分析から、人間とイルカの間でどのような情報がどのようなタイミングでやり取りされているかを明らかにする。次に、トレーナーからイルカに伝達される情報と同等の刺激情報を、情報機器を用いて提示することで、イルカとインタラクションを行うプロトタイプシステムを開発する。最終的には、イルカとのコミュニケーション機器として、プロジェクタを用いた大画面映像や人型ロボットによるジェスチャ等の利用も目指しているが、最初の基礎実験としては、タブレット端末上の画像情報を用いたコミュニケーションを対象とした。

3. 研究の方法

(1) 実験環境

実験は、新江ノ島水族館（神奈川県藤沢市）において、バンドウイルカ1頭を被験体として行った。実験環境としては、被験体が常時飼育されている屋外の水槽で、ディスプレイの映像が反射して見えにくくならないよう、日陰になる位置で行った。

実験では、まずトレーナーとイルカのコミュニケーションの様子についてビデオ映像を用いた分析を行い、ハンドジェスチャと同等の刺激をタブレット端末から提示した学習の様子を観察した。実験は、1日に1~2セット行い、各セットでは6±1回の学習の試行を実施した。

映像を提示するデバイスとしては、防水ケース (catalyst) に入れた 12.9 インチのタブレット端末 (Apple iPad Pro) を使い、映像は全画面表示で提示した。提示映像の制御には、もう一台の操作用タブレット端末を用い、Keynote のリモートコントロール機能により、遠隔操作で画面の切り替えを行った。

(2) 提示映像

トレーナーは、日常的にイルカとハンドサインを用いてコミュニケーションを行っているが、最初の実験では既に被験体が学習している「口開け」のサインを使用した。提示映像としては、トレーナーがとる口開けのハンドサインの最終姿勢を撮影し、肘から下の腕の部分のみを切り取り、黒色背景とした画像を作成し使用した。

図1は、実験の様子を示したものである。映像提示の手順としては、まず水槽から顔を出して待機しているイルカの正面に実験者①が立ち、イルカと向かい合う。提示者②はプールサイドに立つ実験者を見るイルカの目の前に画像が位置するように、タブレット端末を手で持ち固定する。この際、水面の反射光によって画面が見えにくくならないように、端末をやや下に傾けて提示を行った。タブレット端末の操作は、遠隔にいる操作者③が行っている。



図1 イルカに対する映像提示実験の様子

タブレット端末上の提示映像は、図2のように、黒画面→白画面→ターゲット画像の順に切り替えを行った。水族館において、トレーナーがイルカにハンドサインを出す際には、まずトレーナーは両手を体の脇におろした状態でイルカの正面に立つ。その後、イルカがトレーナーを両目で見ていることを確認してから、体を動かしてサインを提示する。この時、イルカはトレーナーが自分の正面で直立している姿を見て、これからサインを出そうとしていることを認識し、トレーナーを注視することでサインを受け入れる態勢をとる。実験ではこの方法に準拠し、これからサインを出す合図として、直立動作の代わりにターゲット画像の前に白画面の提示を行った。



図2 映像提示の画面の切り替え

(3) 認識判定

ターゲット画像が提示されたときに、口開けの目標行動をとった場合は正解とし、餌とホイッスルを用いて強化を行ってから黒画面に戻した。一方、ターゲット画像に対して反応がない、あるいは他の行動をとった場合は不正解とし、強化を行うことなく黒画面に戻した。また、白画面の時点でイルカが反応して何らかの動作をとった場合は、その試行を終了し、黒画面に戻り次の試行に移した。

上記のプロセスで、黒画面の提示から、正解もしくは不正解の判定を行い、次の黒画面に戻るまでを1試行とした。画面の切り替えは、イルカが端末画面を注視しているタイミングを実験者が確認し、操作端末を持つ操作者に口頭で指示を出すことで行った。

4. 研究成果

(1) 正解率

実験では、1セットの中で全試行数に占める正解数の割合を正解率として算出した。こ

の正解率が3セット以上連続で80%を超えた時点で学習完了とみなした。図3は実験セットに対する正解率の変化を示したものである。ここでは19セット目で80%以上の正解が3回連続で続いたため、学習終了とみなした。

実験を行ったイルカは口開けのハンドサインに関しては学習済みであったが、実験の開始時は口開け行動を取らなかった。このことは、タブレットに提示された映像と実際のトレーナーのハンドサインの行動を同一のものとは認識していないことを意味している。そのため、実験の初期段階では、ターゲット画像の提示に合わせてハンドサインを提示し、ヒントを与えることで口開けを行わせ、徐々にハンドサインを少なくしていくことで、最終的には提示画像だけで正解できるようにした。正解の判定としては、ハンドサインによるヒントなしで、ターゲット画像のみで口開け行動を取った場合に正解とした。図4は、イルカが提示映像に対して、正しく口開け動作を行ったときの様子を示したものである。

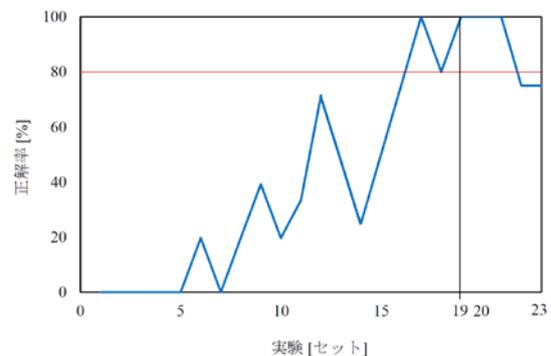


図3 口開けのサイン映像に対する正解率の変化



図4 提示画像に対するイルカの口開け動作

(2) 不正解行動

イルカがとる不正解の行動には幾つかの種類があり、学習が進むにつれてその形態は変化していった。一つ目の不正解は、無反応の状態、黒画面から、白画面、ターゲット画面と変化させても口開けの行動を取らない状態を示す。この不正解は、学習を開始した初期段階で最も多く見られた不正解である。

次の不正解は、ターゲット画面の提示に対して動作の発現が遅れる不正解である。ターゲット画面の提示と同時に口開けを行った場合が正解であるが、これは画面の切り替え

にすぐに反応せず、少し時間をおいてから口開け行動を取った場合である。学習の進行とともに、無反応は反応の遅れに変わり、学習の完了とともに遅れは減少した。

三つ目の不正解は、他画面に対して口開けの行動を取ってしまう不正解で、ターゲット画面を提示する前に、黒画面や白画面の段階で口を開けてしまう場合を指す。この不正解は学習段階の途中から現れ始め、学習完了の直前まで見られた。

(3) イルカの学習モデル

図5は学習の進行による不正解の行動の変化を示したものである。1つのセットで異なる不正解行動があった場合は、重複して不正解の行動をプロットしてある。

この結果から、実験開始時は、イルカはタブレット端末の映像を理解せず無反応であったが、強化を進めることで提示映像に対する指示の認識を学習していく。この段階の不正解としては遅れが表れる。

次に学習が進むと11セット目から他画面に対する反応が表れる。この原因としては、イルカがタブレットに表示されている画像を認識しているのではなく、画面の切り替わりに反応していることが考えられる。そのためターゲット画面への切り替え時だけではなく、黒画面から白画面への切り替え時にも、目標行動を取るようになる。これは一種の過学習の現象と考えられる。そのため、学習としては、他画面に対する反応時にはイルカの行動を制止し黒画面に戻すことで、行動の抑制を行う。そのため、次のセットにおいては、無反応や反応遅れの不正解の現象が再度表れる。この学習を続けていくことで、イルカの行動は学習不足の状態と過学習の状態を往復しながら、最終的に収束していき、学習が完了するものと考えられる。

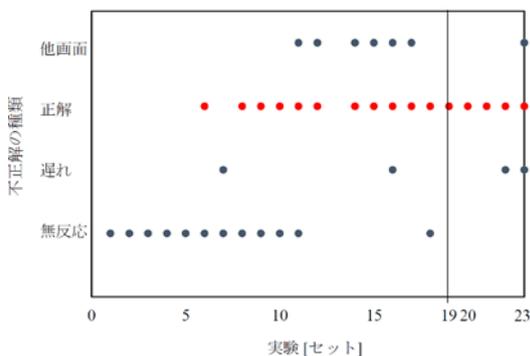


図5 口開けのサイン映像に対する不正解の変化

(4) 複数画像の学習

次に複数の画像の認識実験を行った。提示画像としては、「口開け」と「コーラス」の指示を取り上げた。複数の画像に対して適切な行動を取ることで、イルカがタブレット端末そのものや画面の切り替え等、他の条件ではなく、提示画像に対して反応することを検証することができる。画像提示の手順としては、最初の実験でタブレットをかざすことで

イルカが待機姿勢を取るようになったことから白画面は除き、黒画面からいきなり2種類の画像を提示する方法とした。また、画像を増やすことで認識対象が明確になる反面、学習効率も難しくなる。そのため、ここでは学習に対するヒントとして、直前にハンドサインのジェスチャを示してから画像を提示することで、ハンドサインと画像との関係を示す方法を取った。

図6は、学習における両サインに対する正解率の変化を示したものである。学習実験を実施したところ、追加した「コーラス」の画像に対しても10数セットで学習は完了を示したが、この際最初に学習した「口開け」を間違えるようになった。これはまだ提示画像の内容ではなく、画像提示という刺激に対して別の学習を行ってしまったことを意味している。その後2つの画像の間で、学習不足、過学習を繰り返しながら、収束に向かう様子が観察された。

また、画像の提示方法としては、タブレット端末の後ろでハンドサインの動作を行い、提示画像と同時に腕の動きを見せることで、学習の効率が向上する様子も観察された。そのため、タブレット内の静的な情報だけではなく、視野を広く使い動的な情報を提示することが有効であること等が示唆された。

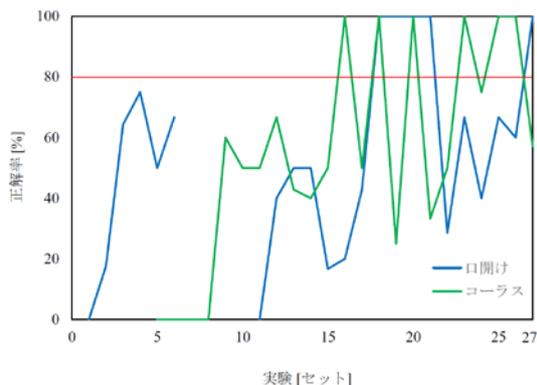


図6 2種類のサイン映像に対する正解率の変化

5. 主な発表論文等

[学会発表] (計1件)

- ① 栗田礼、小木哲朗、醍醐博明、尾高康恵、大下勲、羽田秀人：情報端末を用いたイルカとのコミュニケーション、ヒューマンインタフェースシンポジウム 2017 論文集、査読無、2017、pp. 543-546

6. 研究組織

(1) 研究代表者

小木 哲朗 (OGI, Tetsuro)

慶應義塾大学・システムデザイン・マネジメント研究科・教授

研究者番号：00282583

(2) 研究協力者

新江ノ島水族館