



情報端末を用いたイルカとのコミュニケーション

栗田 礼^{*1} 小木 哲朗^{*1} 醍醐 博明^{*2} 尾高 康恵^{*3} 大下 勲^{*4} 羽田 秀人^{*4}

Communication with dolphins using information devices

Aya Kurita^{*1}, Tetsuro Ogi^{*1}, Hiroaki Daigo^{*2}, Yasue Odaka^{*3}, Isao Oshita^{*4} and Shuto Haneda^{*4}

Abstract - It is very important to grasp the condition of dolphins correctly, in order to sustain dolphins healthy and to breed. Although communication between dolphins and human seems to be useful for understanding condition of dolphins, present communication method strongly depends on trainer's skill and Aquarium is lacking in human resources chronically. We aimed to propose utilization of information devices for smooth communication and attempted to elucidate dolphin's ability for understanding displayed information. Dolphins gradually increased success in the experiment that makes dolphins take certain action following a target picture indicated on the display.

Keywords: dolphin, communication, recognition, interface design and user behavior

1. はじめに

水族館は動物園と並んで、動物の保護、繁殖を行うなどの自然保護の場、動物に対する関心や知識を啓発する教育の場、動物に関する研究の場、娯楽を提供する場の4つの意義を持つ。都市環境における位置づけとしては、利用者はレクリエーションの場としての認識を強めているものの、利用者の自然への共感を生じさせることにより、自然に対する関心を啓発する役割を担っている^[1]。

しかし、様々な意義を併せ持つ施設であることから必要とされる業務は複雑化し、飼育をはじめとして教育や販売、ショーの制作など多岐にわたっており^[2]、慢性的な人手不足の状況にさらされている。特に海獣類の飼育においては動物との関係性が問われることから人手が必要な時期にも急な増員が困難となっている。

現在、イルカを飼育する現場においては、日本における捕鯨への批判を受けて^[3]新しい個体を獲得することが困難となり、水族館での現状の個体の維持および繁殖がますます重要となった。水族館においてはこれまでも海獣類の繁殖に関して様々な研究が行われてきている^[4,5]が、繁殖の試みに加えて、日常的な健康管理がイルカの体調の維持にとっては不可欠である。健康管理のために行われる検査や治療には、トレーニングの活用が有効とされている^[6]。例えば、体温の測定のためには「腹側に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ようになる。

現在トレーニングで用いられているハンドサインを用いたコミュニケーションでは、トレーナーが手や体の動きによってイルカに対して指示を出している。イルカはトレーナーの提示するハンドサインの指示する目標行動をとった時に、餌などの報酬を与えられることによってオペラント条件付けの正の強化^[7]を受け、ハンドサインと目標行動との関連を学習している。しかしこのハンドサインの出し方はトレーナー個人が経験によって適切な方法を獲得する部分が大きく、仮に繁忙期に人員を追加してもすぐに適切なハンドサインを出すことはできない。

そこで、情報端末を介在させることにより、人とイルカのコミュニケーションを補助する方法が考えられる。それにより、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ることで体調管理業務に貢献することができ、人手不足を補えることが期待される。

本研究では、現在の視覚を用いたコミュニケーションに準拠し、情報端末からの提示刺激を画面に表示する画像として、イルカに情報端末からの出力を提示する。画像を印刷した紙を張り付けたパネルに対してイルカが意味づけを行うことは示されている^[8]が、パネルとは異なり提示物自体が移動せずに画面のみが切り替わって提示刺激が現れる状況下で、情報端末からの出力を正しく理解して目標行動を発現することができるかを明らかにすることを目的とする。

2. 実験方法

2.1 被験体及び実験環境

新江ノ島水族館（神奈川県藤沢市）において成熟したバンドウイルカ（*Tursiops truncatus*）1頭を被験体として実験を行った。実験は被験体が常時飼育されている屋外

*1: 慶應義塾大学大学院システムデザイン・マネジメント研究科

*2: ソニービジネスソリューション株式会社

*3: 株式会社デザインドメインジャパン

*3: 新江ノ島水族館

*1: Department of System Design and Management, Keio University

*2: Sony Business Solution Corporation Ltd.

*3: Design Domain Japan Ltd.

*4: Enoshima Aquarium



図1 ターゲット画像
Fig.1 Target picture

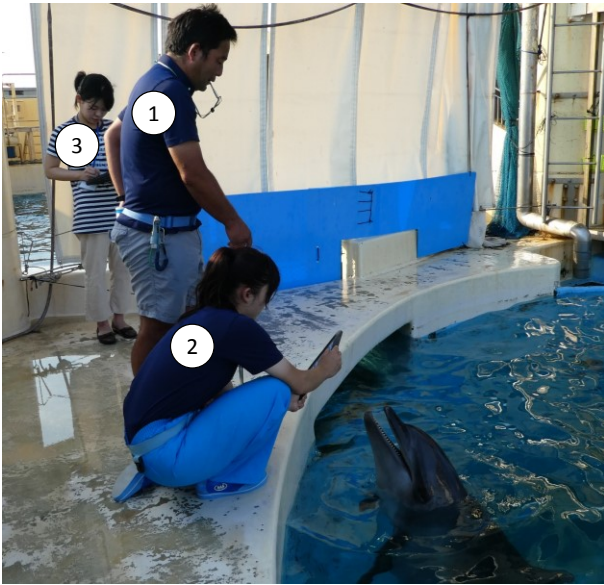


図2 提示方法
Fig.2 Display against dolphin



図3 画面の切り替え
Fig.3 How to switch display

の水槽において、提示するデバイスの画面の反射を防ぐために日陰になる位置で行った。なお、同水槽内には実験に参加しない個体が複数飼育されているが、他の個体は実験時にはトレーナーによって他の場所に待機させておき、実験に関与しないようにした。2016年12月からおよそ2、3日おきに、各日14時から17時の間に1日に1セットもしくは2セット、各セット6±1試行実施した。

提示する情報デバイスとしては、防水ケース(catalyst)に入れた12.9インチの提示用タブレット端末(Apple iPad pro)1台を用い、提示情報は画面全体に最大化して表示した。なお、提示画像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る遠隔操作により切り替えを行った。

2.2 提示刺激

提示する刺激にはタブレット端末の画面上に表示した

画像を用いた。画像との関係を学習させる目標行動としては、日常的に用いられているハンドサインによる指示として既に被験体が獲得している「口開け」を選択した。口開けを示すハンドサインにおいて、トレーナーがとる最終的な姿勢の肘から下の腕の部分撮影し、腕のみを切り取って背景を黒にした画像(図1)を、被験体に認識させるターゲットの刺激とした。

2.3 実験手順

まず、図2のように水槽から顔を出して実験者1と向き合った状態で被験体を待機させた。プールサイドに立つ実験者1の目の前に位置するように、実験者2が提示用タブレット端末を指し出す状態で手で持ち、固定した。この時水面からの反射により画面が見えにくくなることを回避するために端末を少し被験体側に傾けて提示した。

タブレット端末の画面を図3のように黒、白、ターゲットの画像の順に切り替え、ターゲットの画像が表示されたときに画像が示す口開けの目標行動をとった場合を正解とし、正解した際には餌とホイッスルを用いて強化を行うことにより学習を成立させ、その後画面を黒に戻した。一方反応がなかったり、他の行動をとったりするなどの不正解の場合には強化を行うことなく画面を黒に戻した。始めの黒い画面から、正解もしくは不正解と判断されて再び黒い画面に戻すまでを1試行として、1回のセットの中でこれを複数回行った。なお、白い画面の時点で被験体が反応して何らかの動作をとったときには、ただちにその試行を終了して黒い画面に戻し、次の試行に移行した。画面の切り替えは、被験体が端末の画面を注視しているタイミングを被験体と向き合っている実験者1が確認して、操作用の端末を保持する実験者3に指示を出すことで、その指示に従って行われた。

なお、白い画面はこれからターゲット画面が出されるということを被験体に知らせ、注目させる目的で導入した。水族館において日常的にイルカとのコミュニケーションに用いられているハンドサインを提示する際には、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向き合って立つ。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という手順をとる。この時、イルカはトレーナーが自分に向き合っているのを見てトレーナーがサインを出そうとしていることを認識し、両目で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。本研究では、ハンドサインで行われている方法に準拠して、動作を指示するターゲット画面の前にこれからサインを出すという合図としてイルカを注視して直立する代わりに白い画面を提示した。

正解率は1セットごとに求め、1セット中の全試行数に占める正解数の割合として算出した。正解率が80%を超えるセットが3回以上続いた時点を学習完了とみなした⁹⁾。

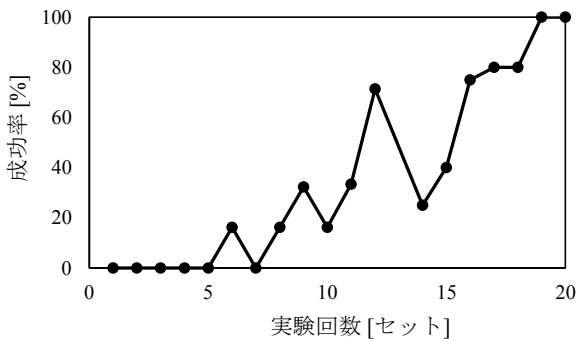


図4 成功率の変化
Fig.4 Success rate

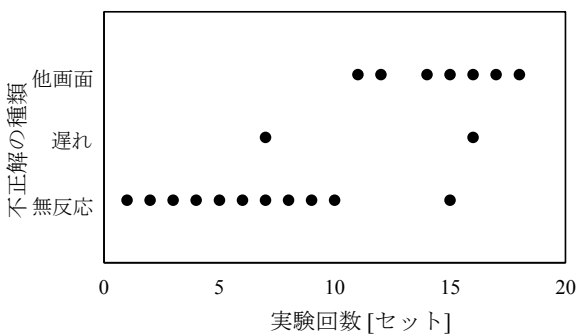


図5 不正解の種類の変化
Fig.5 Types of incorrect answers

3. 結果

3.1 成功率

各セットの成功率の変化を図4に示す。成功率は徐々に上昇する傾向を示し、19セット目で80%以上の正解が3回以上続いたため、その時点で学習終了とみなした。

始めのうちは画面を切り替えてターゲットの画像を提示すると同時にハンドサインを提示して口開けを行わせ、徐々にハンドサインを小さく出すようにしていくことで画面に注目させ、画面のみで正解できるようになることを目指した。なお、ハンドサインによるヒントが一切なく画面のターゲット画像のみで口を開けた場合のみを正解とみなして計上した。

3.2 不正解の形態

不正解の形態には複数種類が存在し、学習が進むにつれてその形態は変化していった。不正解時の形態の変化を図5に示す。1回のセットにつき複数種類の不正解があった場合には、重複して全ての不正解の形態をグラフ上にプロットした。

不正解の一つ目は反応がない状態（図5の「無反応」）で、画面を黒から、白、ターゲット画面と変化させてもその工程のいずれでも口を開けなかった状態を示す。これは学習を開始した始めの時期に最も多く見られた不正解の形態である。

次に、ターゲット画面の提示に対する動作の発現の遅れによる不正解（図5の「遅れ」）である。ターゲット画面に切り替えたと同時に口を開けた場合を正解とみなしたが、切り替えてもすぐに反応せず、少し時間を空けてから口を開けるという事象が発生し、これを遅れによる不正解とみなした。遅れによる不正解は発現回数が少なかったが、学習開始直後からの反応がないことによる不正解が減ると同時に現れ、学習完了の直前まで見られることがあった。

三つ目は、他の画面において口開けの動作を発現することによる不正解（図5の「他画面」）であり、ターゲットの画面を提示する前に、黒い画面もしくは白い画面の段階で口を開けてしまった場合を指す。遅れによる不正解と同時期に現れ始め、学習完了直前まで継続して現れていた。

4. 考察

イルカは始めに端末を提示されたときにはタブレット端末からサインが出されることを認識することがなく、トレーナーのハンドサインのみに従っていた。しかし回数を重ねるごとにハンドサインを小さくしていき、画面に従って口開けを成功させたときに強化を行うことで、画面からサインが出されることを認識し、成功率が上昇していった。

この始めの時期に頻繁に現れていた不正解の形態である無反応は、タブレットの認識がなされていないことに由来するものであるが、15回目に現れている無反応による不正解は、原因が異なると考えられる。11回目から発現した他画面での反応による不正解時には、強化を行わず被験体の行動を制止して黒い画面に戻した。その際に一度動作に対する制止が加えられたことで、次のセットにおいてターゲット画面が表示されたときも反応しなくなるという現象が生じた。

この原因としては、被験体が画面に表示されている画像を認識して目標行動を発現したのではなく、画面が切り替わったということに依存していたことが考えられる。画面にターゲット画像が表示されたことではなく、画面が白い画面からターゲット画像に切り替わったことをトリガーとして認識してしまった場合、黒い画面から白い画面に切り替わった際にも、同じ画面の切り替わりというトリガーとして認識し、目標行動を発現したと考えられる。

この他画面における口開けの発現による不正解では過学習^[10]が生じていたと考えられ、学習不足に依るものと思われる無反応、遅れのふたつの不正解の形態と区別される。被験体はターゲットの画面については、口を開けるという動作を割り当てられていたため、正解した場合のみ強化することによって学習を定着させられた。しかし黒い画面および白い画面については、被験体は待機す

ることを求められていたためはじめ特に強化は行わなかった。そのため、ターゲットの画像に対する学習が進むと同時に、他の画面においても画面が切り替わったことを認識した際に、ターゲット画面で行っている動作を応用させて口を開けてしまったとみなされ、過学習の結果として捉えることができる。

また、画面を判別するのに時間がかかったことには、画像を印刷した紙に比べて、画面の反射や周囲の明るさに対する画面の輝度が不十分であったことも原因として挙げられる。人は非常に明るい環境でタブレット端末を使用する際に端末の角度を調整することで反射による影響を回避することができるが、本研究の実験ではタブレット端末は実験者 2 によって固定されており、被験体から見た際の反射の様子を把握することが困難であったため、反射を避けるように調整することができなかった。端末の画面に映りこんで実験を妨げたものは、水面に反射した日光と同時に、被験体のイルカ自身の鏡像も想定できる。イルカは鏡像に対する自己認知ができることが示されており^[11]、画面に映りこんだ自身の鏡像が妨げになっていたことも考えられる。

5. おわりに

本研究では、イルカが情報端末からの出力画像を理解することができるかを明らかにすることを目的に、ターゲット画像の提示に従った目標行動の発現の学習をさせる実験を行った。その結果イルカは提示物自体が移動せずに画面のみが切り替わって提示刺激の画像が現れる状況下でも画像として提示された指示を理解して目標行動を発現できるようになることが示された。

ただし、現段階では画面が切り替わることに対する認識により目標行動を発現している可能性が排除できず、確かに画面上に表示された画像を視認して行動していることを明らかにするためには、複数の行動について学習実験を行い、それらを弁別して目標行動をとる必要がある。

現在、同個体を被験体として二つ目の行動の学習を開始しており、2 つの行動をランダムに提示することによってそれらの弁別がなされていることを明らかにすることを目的としている。現状では、タブレット端末から 2 つの行動のいずれかを指示する画像が出されることは理解しているものの、それらの区別は不十分な状態である。2 つの行動の学習を完了させ、弁別を行わせるためには、継続した学習実験の実施と、端末の画面の反射を含んだ実験環境の改善が求められる。

謝辞

本研究は科研費 (16K12480) の助成を受けて行われた。本稿を作成するにあたり、飼育個体の実験の環境を提供して頂いた新江ノ島水族館の堀由紀子館長ならびに海獣類担当の皆様は厚く御礼申し上げる。

参考文献

- [1] 土居利光: 都市環境における動物園及び水族館の役割と意義; 持続可能な都市環境のための国際シンポジウム 2012, pp. 61-76 (2012).
- [2] 鈴木克美, 西源二郎: 水族館学; 東海大学出版, 東京, pp. 157-201 (2005).
- [3] 桐畑哲雄: 追込み漁イルカの水族館導入問題について; 日本水産学会, **Vol. 82**, No. 4, pp. 648-650 (2016).
- [4] 吉岡基: 鯨類の繁殖生理に関する研究; 日本水産学会, **Vol. 60**, No. 3, pp. 327-330 (1994).
- [5] Katsumura E.: Study on Reproduction of Captive Marine Mammals; *Journal of Reproduction and Development*, **Vol. 56**, No.1, pp. 1-8 (2010).
- [6] Ramirez K. T.: Animal training. Successful animal training management through positive reinforcement; Shedd Aquarium, Chicago pp.578 (1999).
- [7] Huston. P. J. et al: The Thalamic Rat: General Behavior, Operant Learning with Rewarding Hypothalamic Stimulation, and Effects of Amphetamine; *Physiology and Behavior* **Vol. 12**, pp. 433-448 (1973).
- [8] 村山司, 藤井有希, 勝俣浩, 荒井一利, 祖一誠: シロイルカにおける対称性の成立について; *Cognitive Studies*, **Vol. 15**, No. 3, pp. 358-365 (2008).
- [9] 金野篤子, 朝比奈潔, 弓岡千尋, 小林裕, 荒幡経夫, 村山司: バンドウイルカ (*Tursiops truncatus*) における無彩色の弁別に関する基礎的研究; *The Japanese Journal of Animal Psychology*, **Vol. 55**, No. 2, pp. 59-64 (2005).
- [10] 小川英光, 山崎一孝: 過学習の理論; 電子情報通信学会論文誌 D-II, 情報システム, II-情報処理, **Vol.76**, No. 6, pp. 1280-1288 (1993).
- [11] Murayama T.: Preliminary Study of Mirror Self-recognition in Commerson's Dolphin; *Saito Ho-On Kai Mus Nat Hist Res Bull*, **Vol. 75**, pp. 1-6 (2011).