

Title	人とイルカの円滑なコミュニケーションに向けた情報端末の利用
Sub Title	Usage of information device for effective communication between human and dolphin
Author	栗田, 礼(Kurita, Aya) 小木, 哲朗(Ogi, Tetsurō)
Publisher	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
Publication year	2017
Jtitle	
JaLC DOI	
Abstract	
Notes	修士学位論文. 2017年度システムデザイン・マネジメント学 第277号
Genre	Thesis or Dissertation
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=K040002001-00002017-0037

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the KeiO Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

修士論文

2017 年度

人とイルカの円滑なコミュニケーション
に向けた情報端末の利用

栗田 礼

(学籍番号 : 81633146)

指導教員 教授 小木 哲朗

2018 年 3 月

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
システムデザイン・マネジメント専攻

論 文 要 旨

学籍番号	81633146	氏 名	栗田 礼
論文題目： 人とイルカの円滑なコミュニケーションに向けた情報端末の利用			
<p>(内容の要旨)</p> <p>自然環境に対する関心の啓発や教育の場である水族館において、イルカは新規個体の導入が困難なことから、飼育個体の適切な飼育管理による維持・繁殖が不可欠となっている。スムーズな飼育管理にはイルカとトレーナーのコミュニケーションが有効であるが、そのためにはトレーナーの経験が求められることから、人材不足にさらされやすい状況にある。そこでコミュニケーションの一部に情報端末を介在させることによって、少人数でも効率よく飼育管理業務を行うことを可能にするシステムを提案する。本研究では情報端末の活用を目指すために、情報端末からの出力に対するイルカの認知能力を明らかにすることを目的とする。</p> <p>新江ノ島水族館において、成熟したバンドウイルカ(<i>Tursiops truncatus</i>)1 個体を対象として、2016 年 12 月から数日おきに実験を行った。トレーナーからイルカに何らかの行動の指示を出すために日常的に用いられるハンドサインを写真に撮り、その写真をイルカの目前に提示したタブレット端末の画面に遠隔操作で表示して、画面が表示されたらそのハンドサインが指示する種目を発現するように学習させた。始めに「口開け」の 1 種目の学習を行い、学習が成立したところで新たに「コーラス」の種目の学習を開始し、2 種目の弁別を行わせることを試みた。実験の結果として、正解率および不正解であった時に被験体がどのような挙動をとったかについて記録をした。</p> <p>1 種目目の学習において正解率は徐々に上昇し、開始から 19 セット目で学習が完了した。学習に至るまでに発現した不正解は学習不足によるものから、徐々に過学習によるものに変化していき、次第に正解に収束していく様子が確認された。</p> <p>一方、2 種目目を追加して弁別を行わせる実験では学習が難航したことから、イルカは画面の内容より画面が切り替わる動作に反応していたことが予想された。また、学習を補助するために、ハンドサインを用いてヒントを提示する方法を導入したところ、ヒントの提示の仕方を少し変化させることにより正解率が変動する様子が見られ、何らかの提示のパターンを認識する傾向があることが確認された。イルカの認識の特性は、その生活形態に起因して静的な刺激より動的な刺激に対する反応が良い傾向を持つことに加えて、発達した計画能力を有していることから、パターンに対する認識能力が優れていると考えられる。</p>			
キーワード (5 語)			
イルカ, コミュニケーション, 認知, インターフェースデザイン, ユーザー行動			

SUMMARY OF MASTER'S DISSERTATION

Student Identification Number	81633146	Name	Aya Kurita
Title Usage of Information Device for Effective Communication between Human and Dolphin			
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. We presented a display on the tablet terminal in front of a dolphin and switched the picture by remote control. The dolphin is requested to take certain action following a target picture indicated on the display. In 1st experiment using a sign "mouth opening", the dolphin gradually increased success. But in 2nd experiment, which used a new sign "chorus" in addition to "mouth opening" and requested the dolphin to discriminate them each other, the achievement was not so good. It seems that dolphins take action in response to display changing in spite of what picture was displayed. Further when we introduce some hint for promoting learning, the achievement changed according to the order for showing hints. These shows that dolphins are good at recognizing "pattern". That is thought to be due to dolphins' characteristics to respond to dynamic stimulation better than static stimulation due to their life ecology and to have developed planning ability.			
Key Word(5 words) dolphin, communication, recognition, interface design and user behavior			

目次

1 章 序論

1. 本研究の目的	1
2. イルカの概要	2
3. イルカの飼育環境	5
3.1. 水族館の概要	5
3.2. 水族館におけるイルカ	7
4. 関連研究の動向	9
4.1. イルカの研究概要	9
4.2. イルカの認知に関する研究	9
4.3. 動物が使用する情報端末に関する研究	11
5. 本研究の概要	12

2 章 コミュニケーションシステム

1. 概要	13
2. 水族館における人とイルカのコミュニケーション	13
3. コミュニケーションにおける情報端末の活用	16
4. イルカの情報処理	18
4.1. 聴覚	18
4.2. 視覚	20
4.3. その他の感覚	21
5. プロトタイプ実験	22

3 章 実験方法

1. 概要	23
2. 実験条件	23
2.1. 実験環境	23
2.2. 被験体	25
2.3. 実験器具	26
3. 画面の提示手順	28
3.1. 提示方法	28
3.2. 提示情報	30
3.2.1. 実験 I	31
3.2.2. 実験 II	34

3.2.2.1. サイン提示前合図ありの条件.....	34
3.2.2.2. サイン提示前合図なしの条件.....	37
4. 学習手順	38
4.1. イルカの学習方法.....	38
4.2. 本実験における学習の定着方法.....	40
5. 記録の作成	43
5.1. 実験の記録方法.....	43
5.2. 正解率の算出.....	45

4章 実験 I 結果

1. 概要	46
2. 実験の経過	46
3. 正解率	47
4. 不正解の種類	49
5. 他種目に対する反応.....	51

5章 実験 II 結果

1. 概要	52
2. 実験の経過	52
3. サイン提示前合図ありの条件下での実験.....	53
3.1. 正解率	53
3.2. 不正解の種類.....	57
4. サイン提示前合図なしの条件下での実験.....	59
4.1. 正解率	59
4.2. 不正解の種類.....	61
5. 他種目に対する反応.....	65

6章 考察

1. 概要	66
2. 情報端末の画面出力に対する認知.....	66
2.1. 画面上におけるサインの提示.....	66
2.2. 画面の視認性.....	67
2.3. 写真に対する理解.....	68
3. イルカのパターン認識.....	68
4. イルカの認知携帯.....	69
5. 今後の展望及び課題.....	70

7 章 結論	71
謝辞	72
参考文献	73
付録	84

1 章 序論

1. 本研究の目的

イルカは水中で生活しているものの、人と同じ肺呼吸を行う哺乳綱に属しており、特殊な生態を発達させてきた動物である。海岸付近や船の上から、遊んでいるように見える様子や極めて高速で遊泳する様子が度々目撃されてきたことから、古くから人々の関心を集めてきた。

日本においても様々な形でイルカとの関わりが持たれてきた背景があり（石川他, 2000）、現在は全国の水族館において展示されている。水族館では、トレーナーがイルカとコミュニケーションをとりながら指示を出して、息の合った動きを見せるショーでのパフォーマンス（図 1-1）が広く実施されている他、イルカと握手をしたり、ウェットスーツに着替えて同じプールに入って泳いだりできるようなイベントも数多く開催されており、水族館の利用者からも特に人気の高い動物のひとつである。

しかし、イルカは外部からの新規個体の導入が困難な状況にあるため、水族館において現在飼育されている個体を維持し、また繁殖を試みていくことが重要となる。そのためには継続した観察や検査、治療を通じた健康管理が必要とされ、イルカを飼育する現場では、トレーナーとイルカとの信頼関係に基づいたコミュニケーションを活用することで、スムーズな健康管理が行われている。この、トレーナーとイルカとのコミュニケーションには、トレーナーの手や体の動きによってイルカに対して指示を出す、ハンドサインという手法が用いられることが多い。ハンドサインは、トレーナー間のばらつきが飼育に影響を与えぬように厳密に型が決められているものの、イルカと息を合わせて、イルカが注目するタイミングを見極め



図 1-1 イルカのショーパフォーマンス

て提示する必要がある、トレーナ個人が経験によって適切な方法を獲得していかなければならない部分もある。水族館は慢性的な人手不足にさらされやすい環境にあるが、特にイルカを始めとしたトレーナとのコミュニケーションを重要とする海獣類の飼育では、人手が必要な時期にも急激な増員による補填が難しい状況となっている。

そこで、情報端末を介在させることでトレーナとイルカのコミュニケーションを補助するシステムを提案する。情報端末を用いることで、イルカに対して常に均質なサインを提示することができるようになり、さらに遠隔操作が可能となる。情報端末を利用して、イルカに提示するサインの一部を離れた場所から提示することができれば、より少ない人員での飼育管理の業務が可能となり、水族館業務の効率化が図れることが期待される。

将来的に情報端末を介在させてトレーナとイルカとの双方向のコミュニケーションを円滑化させることを目標においた時、まずはイルカが情報端末から出力される情報に対してどのような認識能力を持つのかを知る必要がある。そこで本研究ではイルカが情報端末に対してどのような認識を持つのか、明らかにすることを目的とする。

2. イルカの概要

イルカ（図 1-2）は脊椎動物門哺乳綱に属しているが、同じ哺乳綱に属するヒトを始めとする他の多くの種とは異なり、出生の瞬間からその生涯を水中で生活する。それにもかかわ



図 1-2 イルカ（バンドウイルカ *Tursiops truncatus*）

らず、水際付近や船舶の周囲で人に慣れたり遊んだりする様子を見せることから、非常に古い時代からイルカは人の関心を強く引きつけてきた。古くは、紀元前にギリシャのクレタ島に建造されたクノッソス宮殿の壁画にもイルカが描かれている (Koehl, 1986)。イルカは船乗りにとって好天の象徴とされていた他、特にギリシャ神話で扱われる中では宗教的な役割を持ち、神聖な動物として多く登場してきた (多田, 1997)。現代に至るまで人によくなつく様子を示した逸話も数多く語られており、そのため多くの動物の中でも特に人との関わりが強い動物のひとつである。

「イルカ」は、脊椎動物門哺乳綱クジラ目に所属する種の一部を指す言葉である。「イルカ」という呼称には分類学上の意義はなく、同じクジラ目に属する「クジラ」との間に生物学的な区別を持たない。クジラ目に属する種のうち、成熟した個体の体長がおよそ 3~5 m 以下となる小型の種を総称する言葉として「イルカ」という呼称が一般に使用されている。クジラ目はヒゲクジラ亜目とハクジラ亜目に分類される。ヒゲクジラ亜目は歯を持たず、オキアミなどの小さな甲殻類や小型の魚類を餌として、それらを海水ごと口に含み、角質が変化してできたクジラヒゲと呼ばれる器官を用いて濾しとるようにして捕食している。一方、ハクジラ亜目は歯を持ち、魚類やイカなどの軟体動物、小型の哺乳類を餌としており、餌となる魚などを追いかけて歯で捕まえて食べる (Carwardine, 1996)。イルカおよびクジラは水を飲むことができないため、餌から水分を摂取していることが知られており (Ortiz, 2001)、その方法は、腸に存在する特殊なタンパク質を用いて水の吸収を行っている (鈴木, 2009)、または、皮下脂肪の代謝によって水を生成している (竹井, 2014) といった見解がある。一般に「イルカ」と呼ばれている種は全てハクジラ亜目に分類されるもので、水族館において飼育されるのは全てハクジラ亜目に属するイルカや小型のクジラであり、表 1-1 の赤枠で囲んだ範囲に分類される種である。

クジラ目は、5400 万年前頃に陸上の動物から分かれて水中に戻った (Yim et al., 2014)。進化に伴って骨盤が背骨と分離したことにより体幹の柔軟な運動を獲得してゆき、骨を持たない尾びれを発達させて、完全な水中での生活に移行していった (図 1-3) (村山, 2002)。

表 1-1 クジラ目の分類

分類	ハクジラ亜目 (魚, イカ, 小型哺乳類等を捕食)		ヒゲクジラ亜目 (小型の魚類, 甲殻類等を捕食)
	体長	3~5 m 以下	3~5 m 以上
呼称	イルカ		クジラ

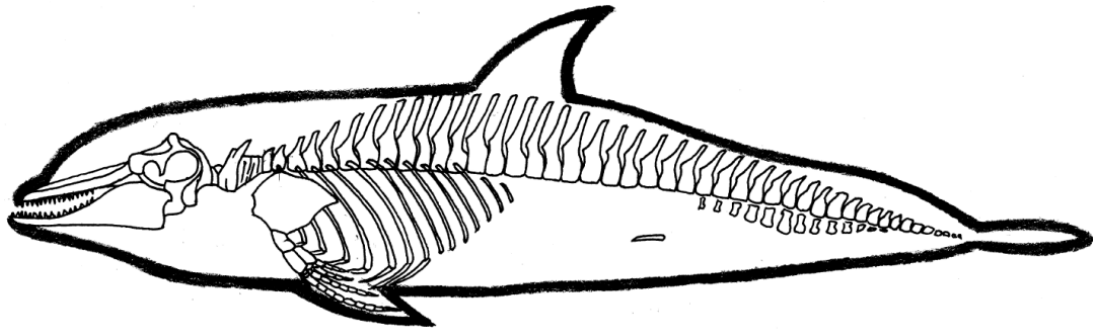


図 1-3 イルカの骨格

その過程で鼻孔は頭頂部付近に移動し、水面に浮上した際に鼻孔周辺だけ水面上に出して、効率よく肺に空気を取り込むことができるようになった。さらに、無気呼吸系が発達したことに加えて、低酸素状態への耐性を持ち、長時間にわたり潜水することが可能となり、潜水時間は長いもので1時間以上に及ぶ(関, 1992)。潜水深度は、一般に体の大きな種の方がより深くまで到達するものが多い。特に潜水の得意なマッコウクジラ (*Physeter macrocephalus*) では2000m 近くの深度まで潜れる可能性も指摘されており(Watkins et al., 1993)、日常的に400 m~1200 m 程の深度まで度々潜水していると考えられている(Amano et al., 2003)。一方、特にカマイルカに代表される小型の種は高速での遊泳を得意とする。イルカの尾びれは推進に適した翼形状をとり、非常に効率のいい体の動きを実現する(Breder, 1926; 田中ほか, 1996; Kojaszewski et al., 2007) ことで、高い遊泳能力を有している。さらに船の周辺で船首波の力を利用することによって、時速36km 以上の高速で泳ぎ続ける様子も報告されている(Alexander, 1992; William et al., 1992)。

クジラ目に属する種は、種類ごとに生息場所が限定されてはいるものの、極地を含む世界中の河川、湖沼、海などの淡水及び海水中に生息する。種によっては生息地が非常に広い範囲にわたるものもあり、例えば、バンドウイルカ (*Tursiops truncatus*) は、各個体や個体群の移動範囲は限られているが、熱帯から寒帯までの非常に広い範囲に分散して生息している。一方、同じく分布域の広いザトウクジラ (*Megaptera novaeangliae*) は、各個体が熱帯から極地までの範囲を季節的に回遊し、1年のうちで数千 km におよぶ非常に長い距離を移動していることが知られている(Carwardine, 1996)。

このようにイルカ及びクジラは早期に水中に生活の拠点を移して、水中に適応した生態を獲得してきた。そのため、ヒトを始めとする霊長目に属する種とは進化の過程が大きく異なるが、認知能力の高さでは霊長目の動物に匹敵すると考えられている。野生のイルカが、餌を取るにあたって道具を使ったり(Kruetzen et al., 2005)、人間の漁と協力して魚を追いこんだりすることが報告されている(大隅, 1997; Tun, 2008) 他、生存に関係のない遊び

を行っている様子も頻繁に目撃されている。また群れの中では音声を用いた複雑なコミュニケーションをとっているといわれており、水族館のショーにおいても、複数のイルカがタイミングを合わせたパフォーマンスをする際に、水中で激しく鳴き交わしている様子が見られる。

イルカ及びクジラは、水中での特殊な生態や認知能力の高さから古くから関心を集め、様々な分野で研究がなされてきた。現在は、イルカ及び小型のクジラが水族館で飼育されて観覧に提供されるようになってきている状況を受け、研究者だけでなく多くの人々の関心をますます引いている。

3. イルカの飼育環境

3.1. 水族館の概要

水族館は、博物館法に基づいて社会教育機関である博物館の一種として規定がなされている（鈴木他，2010）。ただし明確な基準は存在せず、都市環境において動物の飼育・展示を行い、利用者に観覧の場を提供するという位置づけから動物園と同じように分類することができる。全博物館の中で、動物園及び水族館に加えて植物園の数は 7%程度であるが、入館者数ではこれらの 3 種の施設が全博物館の 34%を占める（土居，2017）。動物園及び水族館は特に大きな都市付近に立地していることが多いが（土居，2011）、都市環境においては技術の発達に伴い人間の生活が高度に人工的な環境におけるものとなったことにより、自然への関心が薄れて人間生活と自然との関係性が変化してきているといわれている（布野，2005）。その中で動物園及び水族館の役割は主に、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、娯楽を提供する場、動物に関する研究の場の 4 つに分けられる（土居，2011）。

動物園や水族館の最も大きな目的は自然保護への貢献であるが、これは、野生動物を飼育して個々の種の保全を行うのと同時に、利用者が自然保護に進んで協力するようになるための手助けをすることをも含んでいる。生物の観覧を通して利用者の自然環境に対する共感を啓発し、かつ、社会に存在する自然環境に関する課題を意識させることで、利用者自身が自主的に自然保護に協力する意識を持つことが期待される。

ただし、利用者は、自分に利益があると感じることで初めて、動物園及び水族館に出かけることを選択するため、利用者にとっての価値があることが重要となる。これらの施設における動物に関する知識・体験を提供し教育を補助する（Falk et al., 2003）役割は、主に学校などの団体から見た利用価値となり、子供のためになる場所として社会科見学で訪れる場所を選択される。一方で家族や個人から見た場合には、休日の娯楽のための場所として捉えられることが多い（土居，2012）。教育、娯楽のいずれの目的であっても、利用者が自分にとっての利益を見出すことで、施設に利用者を集めることができ、結果として自然保護への関心を高めることができるようになる。

上記の目的を果たすためには、動物園及び水族館では動物に関する正確な知識を提供し、

よりよい飼育を行うことで利用者の信頼を得ることが必要とされる。その知見を得るために研究は欠かせない役割のひとつとなっている。動物園及び水族館では、野生の本来の姿を完全に再現することはできない一方で、個体の年齢、食餌、健康状態などの情報が明確に判明している上、出生から始めて長期的かつ詳細な記録を同じ個体について作成し続けることができることで、野生の動物を観察するだけでは得られない知見を得る場所として重要である（村山, 2012; 猿渡他, 2009）。

これらの 4 つの役割によって、動物園及び水族館は自然環境への関心を引き起こし、人間と自然を結び付けている。動物を飼育・展示しているという共通点から、動物園と水族館は社会的には似たような意義を持った施設であるが、水族館では水中に生息する生物を扱っていることから、新規個体の導入から飼育まで、動物園に比べて、より複雑な技術を必要としており、技術の発展に密に関係を持っている。例えば深海の生物の飼育に際しては、高圧下で捕獲した個体を捕獲地点の圧力を維持したまま水面まで持ち帰ったり、種によっては徐々に減圧を行ったりするために各種の装置が開発され、研究もなされてきた（小山, 2010）。深海の生物に限らず、完全に水中で生活するもしくは水中と地上を行き来する生物をいかに地上にいる利用者が見られる状態に保持しておくのか、さらには、いかに利用者に関心を持って見てもらうことができるのかを検討して、水族館の展示では様々な工夫がなされてきた。

このように様々な意義を併せ持つ施設であることから、水族館における業務内容は複雑化し、多岐にわたっている。動物を飼育し、トレーニングを行うことが重要な業務のひとつではあるが、他にも利用者に対して説明を行ったり、動物の自然環境における生態が紹介できるように展示方法を工夫したりと、教育の目的を果たすための業務も必要とされる。また、娯楽施設としての意味合いから、販売やショーの制作も重要な業務となっている（鈴木他, 2005）。また、近年では夜の動物の生態を公開するイベントが度々行われており、より遅くまで営業時間が延びることも多い。

3.2. 水族館におけるイルカ

水族館で飼育されている生物種は非常に幅広く、日本の水族館に着目しても 5000 種を超える種の動物が飼育されている（2002 年時点、日本動物園水族館協会に登録されている園館に限る）ことが報告されている（鈴木他, 2010）。うち、クジラ目に属するものは、13 種類が含まれる。水族館において飼育される種は全てハクジラ亜目に属する種で、マイルカ科、ネズマイルカ科、イッカク科に属する 13 種類が含まれる（村山ら, 2015; 村山ら, 2010）。なお、本研究では、主にイルカ及び水族館で飼育される小型のクジラを扱うため、それらに関する記述にあたっては、特記すべきことがない限りまとめて「イルカ」と表記することとする。水族館で飼育される 13 種の中では、バンドウイルカの飼育頭数が最も多く、全国の飼育頭数に占めるバンドウイルカの割合は 50%以上に至る（村山他, 2010）。

水族館におけるイルカの飼料には、小型の魚や軟体動物などが用いられている。特定の魚が入手できなくなった時に対応できることと栄養の偏りを防ぐことを目的に、水族館ではイワシやサバ、サンマといった小型の魚類を複数種組み合わせるイルカに与えていることが多く、より安定した供給を目指して人工飼料の研究も行われている（太田他, 2004）。なお、餌となる魚は寄生虫の駆除のため、一度冷凍されたものを解凍して与えられることが多い。イルカへの給餌は 1 日に数回に分けてトレーナーの手から直接与えられ（図 1-4）、コミュニケーションの重要な道具となっている。水族館においては、餌を与えるときに同時に行



図 1-4 イルカへの給餌

われるトレーニングがトレーナとイルカとの信頼関係を築き、同時にイルカの健康を維持するための検査や治療を行う場になっている。トレーニングを通して、トレーナからの指示にイルカが応えられるようになることで、日々の体調管理を円滑に行えるようになり、また、ショーでの様々なパフォーマンスも可能となる。

水族館においてイルカは、アシカやオットセイと並んでショーで活躍する動物のひとつである。水族館が自然について利用者に訴えかける場であるためには、まず利用者に水族館を訪れるという選択をさせる必要があることから、利用者の関心を引きやすいショーは重要な役割を果たす。ショーでのパフォーマンスや利用者が動物と触れ合うことのできるプログラムを伴う展示方法は演示と呼ばれ、演示に用いられる動物には特に充実した施設や飼育管理が必要とされている (Ross et al., 2009)。しかし、演示展示は利用者の共感を引き起こしやすく自然保護の啓発や教育にはより効果的であるといわれている (Miller, 2013)。動物の生態などの条件から、演示展示を行うことのできる動物は限定されているため、多くの園館で演示が行われているイルカは、社会における水族館の役割を十分に発揮するためにも、重要な役割を担っているといえる。

しかし、現在、水族館で飼育されているイルカは新規個体の導入が困難な状況に陥っている。新規個体の獲得方法には、水族館で誕生する他には、漁網に誤ってかかってしまった個体を引き取る方法と、主に太地町における追い込み漁で捕獲された個体の中から譲り受ける方法がある。混獲された個体の入手は偶然かかったものがある時に引き取れるという条件であるため、安定した確保はできないことから、追い込み漁の対象となっているコビレゴンドウ、オキゴンドウ、ハナゴンドウ、バンドウイルカ、カマイルカ、スジイルカ、マダライルカの7種 (桐谷, 2016) については、捕獲された個体から譲り受けることも珍しくなかった。しかし近年、捕鯨に対する反対運動が強まったことを受け、World Association of Zoos and Aquariums (WAZA) から日本動物園水族館協会 (JAZA) に対して、追い込み漁で捕獲された個体からの飼育個体の確保を廃止しなければ除名するという通達が出された。それに対して JAZA は、2015年5月に追い込み漁による個体の導入を禁止する方針を決定した (日経電子版, 2015.5.21.)。JAZA の方針に反対して脱退した園館もあったものの、JAZA の方針に従った園館が多い中で、今後も継続してイルカを飼育していくためには、現在飼育している個体を維持していくと同時に、水族館における繁殖を進めていくことが必要とされることが予想される。イルカの繁殖に関しては、水族館における繁殖の試みやその経過観察に基づいた記録を始めとして、様々な研究が進められてきた (吉岡, 1994; Katsumata, 2010)。それぞれの水族館においては、繁殖に取り組むためにも日々の観察や検査、治療を通して健康管理を充実させていくことが、ますます重要になってくることが考えられる。

なお、本研究では、捕鯨の是非や水族館でイルカを飼育してショーのパフォーマンスを行うこと自体が悪いことであるといった見解については一切言及しない。水族館でイルカが飼育されている現在の状況を前提として研究を行った。

4. 関連研究の動向

4.1. イルカの研究概要

イルカは紀元前から人々の関心を集めてきた背景を持ち、現在では様々な観点の研究が行われている。その方法は、野生の個体の野外観察による方法、野生の個体に対して計測機器の装着を行う方法、死体を試料として用いる方法、飼育個体を対象とする方法に分類される（服部他, 2007）。

野外観察では、地域ごとの群れの構成（天野, 2007）や群れの内部における個体同士の関係性（Frère et al., 2010）の観測が行われ、イルカの社会構造に対する知見が蓄えられてきた。また、漁網への迷入や、ゴミや水質汚染によるイルカへの被害についても調査が行われている（Di Benedetto, 2014）。ただし、野外観察による方法はイルカが水面付近で活動している条件に限られることから、潜水中の行動（Aoki et al., 2007）や回遊を始めとした季節的な移動（Teilmann et al., 2012）を記録するためには、データロガーをイルカの体に装着した計測が行われるようになった。一方、死体を試料として用いる場合には、浅瀬に乗り上げて身動きが取れなくなるストランディング（石川, 2008）や、漁網に混獲されてしまったことにより死亡した野生の個体もしくは、水族館などの飼育施設において死亡した飼育個体が被験体として用いられる。死体を用いた研究では、古くから解剖を通して神経や筋の走行が調べられてきて（Von et al., 1918; Howell, 1930）、感覚器官の信号の伝達や、遊泳運動の解明にも役立てられている。最後に、飼育されている個体を用いる方法では、日常の飼育を通して獲得された、病気の治療や出産の経過、繁殖生理、新生仔の発達に関する知見の記録、また、飼育環境の整備やトレーニング（日本動物園水族館協会飼育ハンドブック編集委員会, 2010）について検討されたものが報告されている。他にも、人為的に条件を操作できる環境を生かした実験が実施される例も多く、運動のメカニズムの計測（Fish, 1998）や認知特性を調べる実験（金野他, 2005）が行われてきた。

4.2. イルカの認知に関する研究

イルカはヒトよりも複雑な構造の脳を持つともいわれており（Elias et al., 1969）、知能に比例すると考えられている大脳の皮質ニューロンの数から見ても、最多数を有するとされるヒトにかなり接近した数を示すのはイルカとゾウのみである（Roth et al., 2005）。行動学及び遺伝学的な観点から、様々な動物を対象として動物の認知能力に関する研究が行われてきたが（実森, 2013; Nakajima et al., 2005）、中でもイルカは知能の高い動物として知られており、同じく知能が高いといわれるチンパンジーを始めとする霊長目の動物と比較されるかたちでも研究がなされてきた（友永, 2014）。

イルカの認知に関する研究は 1960 年代に Lilly により行われた音声の模倣に関する報告（1962）が最初とされ、解剖学的な観点に基づいた脳の構造の解明、もしくは、イルカの発現する行動の観察からその知能が明らかにされてきた（Morisaka, 2007）。イルカの行動に基づいて認知能力を明らかにすることを目的とした研究には、自然な状態でのイルカの自

発的な行動を観察するものと、人為的に周囲の環境を操作してイルカにタスクを与える実験を行うものがある。水族館及びその他の飼育施設でイルカが飼育されるようになってから、後者の方法も試みられるようになってきた。

イルカの自発的な行動の観察による方法では、野生の個体の行動の観察に基づいた報告が数多くなされ、イルカ同士の協力関係の構築 (Connor, 2007) を始めとしたイルカの社会性が示されている。知能の高さを示す行動としては、一部の地域のバンドウイルカが海底を探る際に吻先を傷つけないために海綿を用いることが有名だが、これはごく限られた個体に見られることから、遺伝的な背景があるという見方があるが、文化として継承されているという見方もある (Bacher et al., 2010)。野生のイルカの行動には地域に特有のものが他にも度々見られ、文化の存在が指摘されている (Rendell et al., 2001)。また、生存に関与しない「遊び」と考えられる行動が、野生、飼育下ともに観測されており、バブルリングと呼ばれる、口から出した泡で作った輪をくぐったり、つついて変形させたりする行動 (McCowan et al., 2000) が知られている。

人為的な条件下で行う実験は飼育個体に対して実施される。イルカの認知能力を示す特性には、計画行動や鏡像認知が挙げられる。野生での計画行動の主な目的は交尾、もしくは採餌であるのに対し、イルカはそれらと全く関係のない課題に対しても同じように計画行動を示したことから、非常に一般化された計画能力を備えていると考えられている (Kuczai et al., 2009)。また鏡像認知に関しても複数の種において、鏡像を自分であると知覚する様子が示されている (Reiss et al., 2001)。イルカに特定の刺激を与えて、それに対する反応を記録する方法では、イルカに提示する刺激には、何らかの記号を印刷したパネルボードが使用されることが多い。具体的には、見本として提示された画像や物に対応する画像を複数のパネルボードの中から選択させる実験 (Mercado et al., 1999; 金野他, 2005; 村山他, 2008) や、提示されたパネルボードに対応付けられた行動を返させる実験 (Foer et al., 2015) が行われてきた。他の方法でもイルカの視覚認知能力を示唆する報告はなされてきたが (Akiyama et al., 2007; Tomonaga et al., 2015)、イルカは視覚と同程度かそれ以上に聴覚から得た情報を活用しているため、視覚特性を正確に知るためには、3次元形状の情報を持たないという点で、パネルボードの活用は有効であると考えられる。

4.3. 動物が使用する情報端末に関する研究

情報端末は、動物の認知能力を明らかにするための実験、もしくは人と動物の相互コミュニケーションの補助の目的で、一部に使用されてきた。認知能力に関する実験の場では、例えば、チンパンジーを対象として、イルカと同じような見本刺激に対応する図形の選択を行わせるタスクを実施する場合には、情報端末が導入された。端末の画面に刺激を提示し、回答の入力も選択した回答を画面上でタッチすることで行わせるという方法が用いられていた（友永, 2008）。情報端末を通じて刺激の提示から回答の入力まで行わせる方法では、実験の過程で人の介入が起こらないために、意図せずヒントが与えられてしまうことが防止できる利点がある（木村, 2006）。

一方、人が動物とのコミュニケーションをとる際の補助を行うために情報端末が用いられるものには、認識した鳴き声からイヌの感情を推測し言語に変換して出力するバウリングと呼ばれる機器が発売された例がある。ただし、そもそもイヌには人と同じような言語体系があることは示されておらず（前田他, 2003）、正確な翻訳がなされているとは考えられない。しかし、情報端末の導入によるペットとのコミュニケーションの向上が期待されて、継続して様々な研究がなされている（Tian et al., 2014）。

なお、イルカに対するにあたって用いられた情報端末は、音声を提示する際に使用されている例がある一方で、視覚的な刺激としては画面が用いられてきたことはなかった。水にぬれやすい環境で提示するためには、防水の仕様も必要となり、現在までに行われた比較的単純な図形の提示では情報端末を使用する必要性がなかったためと考えられる。人の介入の影響を排除するためにはパネルボードを提示する者の視線をゴーグルを用いて隠すといった工夫がなされてきた（村山, 1996）。しかし、情報端末を用いた刺激の提示では、同じ端末を提示したまま次々に出力情報を変えられる利便性と、より厳密な人の介入の排除という点で効果的な方法となることが期待される。

5. 本研究の概要

本研究ではイルカの情報端末に対する認識能力に焦点を当てて、タブレット端末からの画面情報に対してイルカがどのような認識を示すのか調べることを目的とした。新江ノ島水族館において実験を行い、提示した情報端末から出力される情報に、イルカの行動を関連付けて学習させ、情報を提示した際のイルカの反応を記録した。

第 2 章では本研究で提案する情報端末を用いた人とイルカのコミュニケーションシステムについて説明し、そのプロトタイプとして行った実験の方法及び条件に関して第 3 章で述べる。第 4 章及び第 5 章ではそれぞれ、実験により得られた結果を示し、第 4 章ではひとつの行動と提示情報の関係のみを学習させた実験の結果、第 5 章では複数の行動をそれぞれ異なる提示情報に結び付けて学習させた際の実験の結果を記載した。最後に第 6 章では、一連の実験で得られた結果からイルカの学習の特徴を検討することで、イルカの情報端末に対する認知特性を考察した。

2章

コミュニケーションシステム

1. 概要

本章では、本研究で提案する情報端末を介在させた人とイルカのコミュニケーションシステムについて説明する。始めに現在の人とイルカのコミュニケーションに関して記載し、情報端末の活用の有用性を示したうえで、提案するシステムの構想を述べる。イルカの持つ情報処理能力からイルカの認知形態に適する提示情報を検討し、提案するシステムのプロトタイプとして行う実験について概説する。

2. 水族館における人とイルカのコミュニケーション

水族館におけるイルカの飼育の現場にあたっては、人とイルカとのコミュニケーションが非常に重要となっている。イルカとトレーナーとの間に信頼関係が構築されたうえで、十分なコミュニケーションがとれるようになることで、円滑な飼育が行われることが可能となっている。

トレーナーがイルカとコミュニケーションをとるには、ハンドサインという手法が用いられることが多い。ハンドサインとは、トレーナーが手や体の動作を用いることで、イルカに対してなんらかの指示を表示する手法である(図2-1)。トレーナーの一つ一つの動作に対して、イルカの特定の行動が割り当てられており、トレーナーがイルカの前でそのうちの一つの動作を行って見せると、イルカはそのハンドサインに割り当てられた行動をとる。この時のイルカの行動を種目と呼ぶ。例えば、ホイッスルという種目では、トレーナーが右手の人差し指



図 2-1 ハンドサインの提示

でイルカに向かって指をさす動作を行うと、イルカは指をさす瞬間に合わせて「ピー」という高音の音声を発する。個体によっては40種類ほどの種目を記憶している個体もいて、トレーナの動作の細かな違いを見分けている。ハンドサインは単一で使われるだけではなく、例えば、口を開けるという種目を行った状態でプールを1周泳いで回ってくるという種目をさらに指示すると、口を開けたままプールを回ってくるという新たな種目を指示することができ、ハンドサインの組み合わせによりさらに複雑な種目ができるようになることもある。

このハンドサインは日常のトレーニングを通して獲得される。トレーニングは、主にオペラント条件付けといわれる学習理論に基づいて、ハンドサインとそれに対応するイルカの行動の関連をイルカに学習させるという方法で行われている。動物に対するトレーニングは、紀元前1万年以前からイヌが人間と共同で狩りをする関係を構築し始めた(Clutton-Brock, 1989)ことをきっかけに、動物の飼育がなされるようになるにつれて発展してきたといわれる。イルカのトレーニングは、1938年にフロリダに設置された施設で行われたのが起源とされている(日本動物園水族館協会飼育ハンドブック編集委員会, 2010)。トレーニングを積み重ねた結果、獲得された種目をショーのパフォーマンスで披露するということになるが、トレーニングはイルカにとっては遊びであり、ショーもその延長に過ぎない。イルカから見るとトレーニングとショーの区別はなく、同じトレーナとの遊びの時間であるため、いずれもイルカがトレーナとのやりとりを楽しんでいると感じなければ成立せず、イルカはトレーナのもとから離れて行ってしまふ。イルカの様子をよく観察して、飽きてしまわないように様々な種目を組み合わせて実施したり、イルカの気に入る新たな遊びを発見したりしながら、トレーニングを行うことそのものが信頼関係を築く場となっている。

また、獲得された種目はイルカの日常的な検査や治療の際にも役に立つ。例えば、毎日行われる検温では直腸で体温を測定するが、イルカが腹側を上にして静止するという種目を獲得していれば、その種目を指示するだけで、イルカが検温に適した姿勢になってくれる(図2-2)。このように獲得した種目をを用いることで、無理やりに姿勢を変化させたり拘束したりすることなく、円滑に検査や治療を行うことができる。また、ほかのイルカが検査をしている際に邪魔をしに行かせないためにも、トレーニングは欠かせないものである。イルカは好奇心が強く、珍しいものがあるとすぐに近寄っていつってしまうため、もし検査を行っていないイルカが自由に放たれた状態にあると、検査中の個体の邪魔をしに行くことが多々発生することが考えられる。トレーナとのトレーニングを楽しんでいると感じ、トレーナの前にいる事を選択させることで、ほかの個体がスムーズに検査を行うことができるようになるのである。さらには、トレーニングを通して、イルカが普段からトレーナと触れ合うことに慣れていることで、いろいろな箇所に触れて検査や治療を行う際にストレスを感じることがなくなるという利点もある。

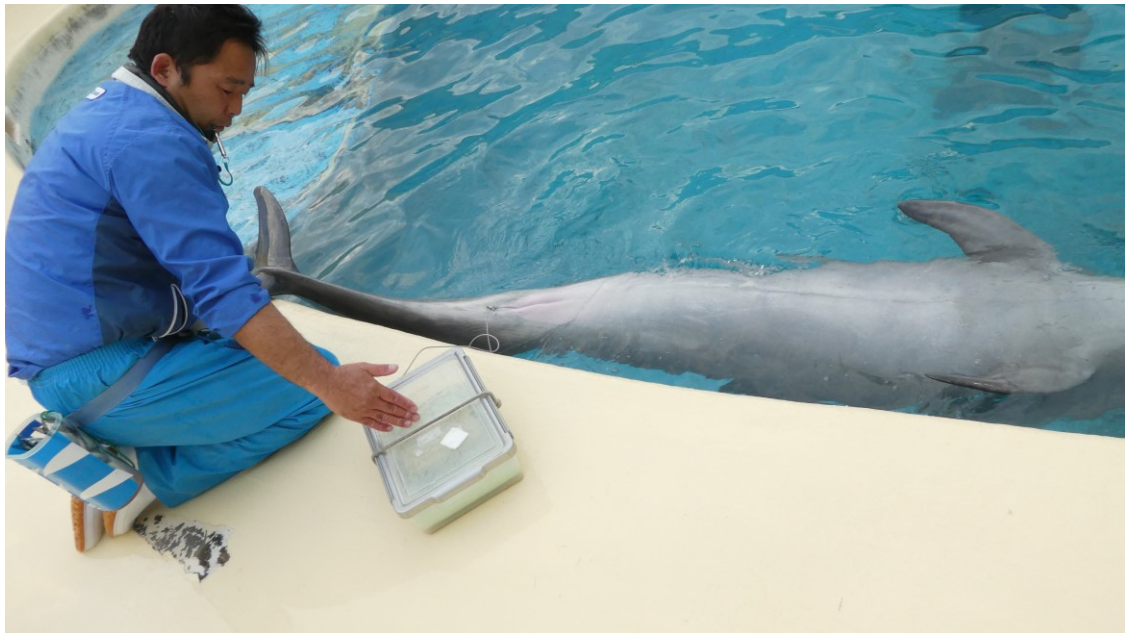


図 2-2 イルカの検温

イルカの飼育にあたっては、担当者が欠席している場合にも別のトレーナが全く問題なく飼育を継続することができるように、1頭のイルカを複数の担当者が受け持っていることが普通である。その際、トレーナごとに飼育にばらつきが出ることのないように、ハンドサインの型は厳密に統一されている。ただし、ハンドサインはイルカが注目しているタイミングを見計らって提示する必要があり、トレーナ個人が経験によって適切な方法を獲得していかなければならない部分もある。イルカはトレーナどうしを見分けているため、個々のトレーナがイルカといかに信頼関係を築けているかも影響して、イルカと十分なコミュニケーションが取れるようになるには時間を要する。

水族館は、第1章に記載したように複雑化した業務に営業時間の延長も加わって、人手不足にさらされやすい環境になっているが、イルカなどのトレーナとの信頼関係が飼育に大きな影響を与える海獣類では、人手が必要な場合にも急激な増員が困難である。仮に人員を増加したとしても、イルカと適切なコミュニケーションをとることができないために、十分に飼育管理の業務を果たすことができない。トレーナとイルカとのコミュニケーションは日常の飼育管理を円滑化する役割を果たす一方で、熟練した人員が必要であるという問題を抱えている。

3. コミュニケーションにおける情報端末の活用

本研究では、上記の人手不足の問題を軽減するために、人とイルカのコミュニケーションにおいて情報端末を介在させることを提案する。現在、イルカが行う種目は全て、トレーナーがハンドサインを用いて指示しているが、その一部を情報端末から出力される情報で置き換えることにより、少ない人員でのトレーニングがスムーズに行えるようになることが期待される。

検査を例にとった時、全個体を同時に検査することは不可能であるため、必ず順番待ちをしている待機中の個体が現れるが、待機中の個体を自由に泳げるように放しておく、検査中の個体に近寄って他の個体の検査に影響を及ぼしかねない。そのため、同じプール内で生活している個体は全てトレーナーが引きつけておく必要があり、例えば図 2-3 のように 4 頭のイルカがいる場合には、青枠で囲んだ検査中の個体 (A~C) の担当者 3 名、緑枠で囲んだ検査の順番待ちのため待機中の個体 (D) の担当者 1 名が基本的な構成となる。

そこで、検査の順番待ちで待機している個体を、一時的にでも端末が担当して 1 箇所に引きつけておくことにより、トレーナーの人員を 3 人に減らす、もしくは余った 1 人のトレーナーが他の検査の補助に回ることができるようになることが期待される。トレーナーが近くにいなくても、離れた場所からイルカに指示を出せるようになることで、他のイルカを担当するトレーナーが、同時に待機中の個体も担当することができることが想定できる。図 2-4 に情報端末を導入した際のイルカの動きを示した。ここでは、4 頭のイルカ (A, B, C, D) を 3 名のトレーナー (a, b, c) と 2 台の情報端末 (1, 2) で担当している。まず図 2-4a で

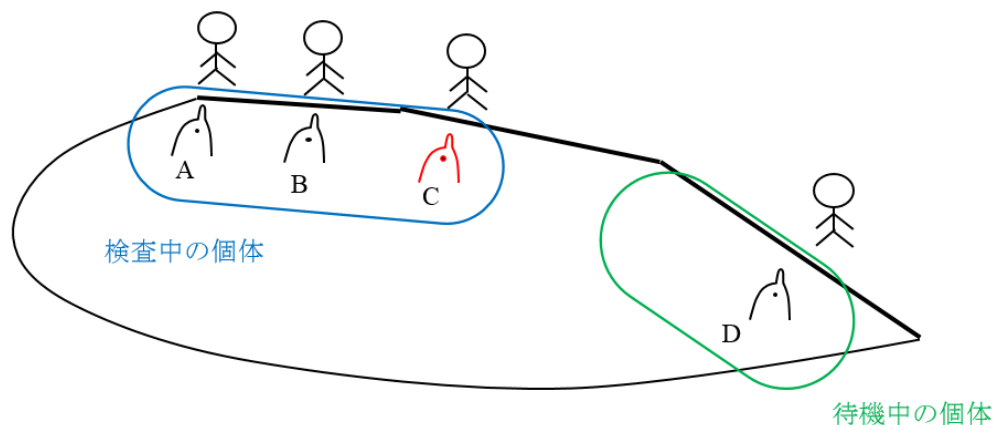
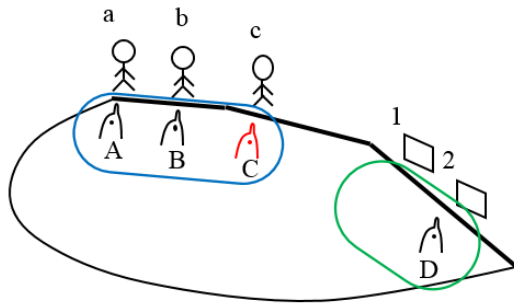
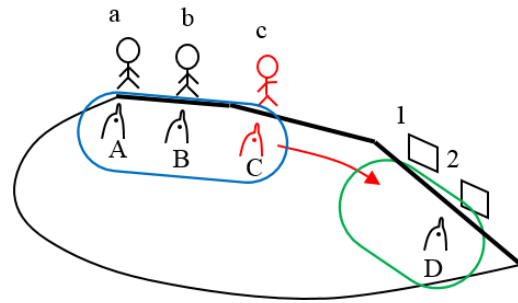


図 2-3 トレーナーによる検査の実施

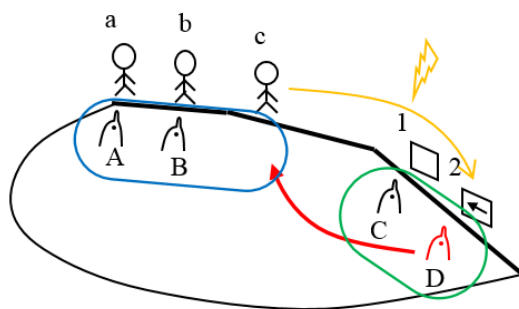
(a) C の検査終了



(b) C に移動を指示



(c) D 前の情報端末を操作



(d) D の移動完了

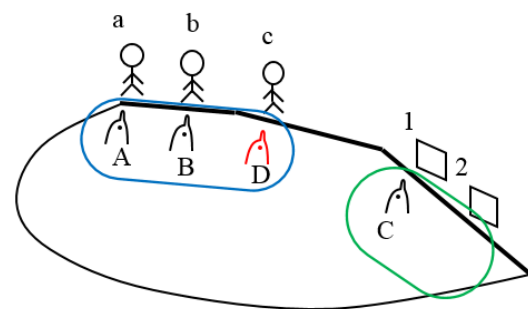


図 2-4 情報端末を用いた検査の実施

はトレーナ a, b, c がそれぞれイルカ A, B, C を担当し、情報端末 2 がイルカ D を担当している。ここで、イルカ C の検査が終わると、トレーナ c が情報端末 1 の前に移動するように、イルカ C に対して指示を出す (図 2-4b)。イルカ C が情報端末 1 の前に行ったことを確認すると、次にトレーナ c は遠隔操作を用いて情報端末 2 にトレーナ c のもとに来ることを指示する画像を表示させる (図 2-4c)。すると、図 2-4d のようにイルカ D がトレーナ c の前に移動し、次に D の検査を行う準備が整う。このように 3 名でも滞りなく検査が行えることが期待できる。

本研究でイルカにサインを提示する媒体として提案する情報端末には、図 2-4 に示したように出力される情報を切り替えることができるという利点がある。これまでイルカの認知に関する研究では画像を印刷したパネルボードが多く用いられてきたが、印刷されたボードの場合には、サインを提示したい時及び新しいサインに切り替えたい時には毎回その場に行ってボードの交換を行わねばならない。何らかの機構を用いて遠隔で操作することも不可能ではないが、その場合にも設備が大掛かりになってしまう。一方、情報端末を使用

してサインを指示する情報を提示する場合には、同じ端末を提示したままで、情報を更新することができる。さらに、ネットワークに接続したもう1台の端末を用いることによって離れた場所からの操作を行うことも可能となる。実験としてではなく、実際にトレーニングの場においてトレーナの代わりとなるものからサインを出すためには、人がその場で操作を行わなくても情報を切り替えられることは重要である。

また、出力する情報を切り替えられることの利点は、トレーニングの場で学習済みのサインを遠隔操作で表示できるだけでなく、新たなサインを導入する際の利便性も高いことが挙げられる。新たなサインを増やしても同じ端末を用いることができるので、印刷して作成する必要がないことに加えて、イルカの学習の効率的な進行に効果を上げる可能性がある。イルカが出力情報に対して割り当てられた行動をとるということを学習している場合には、出力が切り替わって知らない出力情報が与えられた場合にも、それに対応する行動があることを予想することができる。それにより、スムーズに新たなサインの獲得ができることが期待できる。

4. イルカの情報処理

4.1. 聴覚

情報端末を利用するにあたって、イルカに対して提示するのに適した情報を選択するために、イルカが通常どのように情報を処理しているかを説明する。イルカ及びクジラが生活する水中では陸上に比べ視界が悪く、特に濁った河川に生息するカワイルカでは目が退化し、完全に視力を失っているものもある（西脇, 1972）。そのため、イルカは音声を用いたコミュニケーションを複雑に発展させており、音声コミュニケーションにより交換される情報量が最も多いことが考えられる。

イルカが音を認識する仕組みは陸上の動物とは異なり、水中を伝わってきた音を、脂肪の層やメロンと呼ばれる頭部の組織、顎の骨などを介して頭内を伝達させることにより聞き取っている（Norris et al., 1974）。イルカの可聴域はヒトに比べて非常に広く、バンドウイルカでは特に周波数1 kHz から約130 kHz までの範囲においては、非常に細かく音声の周波数を判別することができることが示されている（Thompson et al., 1975）。またそれぞれの音声が続く時間の長さの認識もヒトより優れており、音声の継続時間の情報は音の反射を利用して周辺を探索する、エコロケーションにも用いられていると考えられる（Yunker et al., 1974）。

イルカの発する音声には、クリックス、ホイッスル、バーストパルスの3種類があり、いずれも指向性がみられるが（Branstetter et al., 2012）、特に音声の指向性が重要となるエコロケーションに用いられるのがクリックスである。クリックスは、数ミリ秒より広い間隔を開けて発せられる、幅広い周波数成分で構成されるパルス状の音声である。エコロケーションは、指向性の高い音声を発して跳ね返ってきた音声を聞き取ることにより、周辺の様子を探る方法で、哺乳類では他にコウモリが同じ仕組みを利用している（松村他, 1973）。エ

エコロケーションによる探索範囲は条件より異なるが、バンドウイルカでは100 m以上先の情報を得ることができることが示されており (Au et al., 2007), また, 音だけでどの程度探索する物体の形状が読み取れるのかについても調査がなされている (Harley, 2003). エコロケーションに用いられるクリックスの音声は探索に有利であることから, 高周波の音声を選択されている. 一部の魚は100 kHz以上の音を感じ取ることができるものもあると報告されてはいるが (Mann et al., 1997), 一般に魚は高周波の音を感じる能力がないため, 餌である魚には気づかれずにエコロケーションを用いて探索を行うことができるようになっている. なお, クリックス音は探索のみに用いられるもので, 魚に作用して混乱させるような役割は持たないとされている (Benoit-Bird et al., 2006). エコロケーションにおけるクリックス音はイルカの種によって異なり (赤松, 1998), このクリックス音を測定することによって, 目視では不可能となっている詳細なイルカの行動観測を効果的に行うことができる (Akamatsu et al., 2004).

一方ホイッスルは, 持続時間が長く, 狭い周波数帯域の音で構成される音声で, 主に個体識別の役割としてコミュニケーションに用いられる. 個体識別に用いられる音声は, シグネチャーホイッスルと呼ばれる個体特有の名前のような役割を持つもので, 群れから離れてしまった際などに自ら発して自分の存在を仲間知らせるために使用される (Janik et al., 2013). シグネチャーホイッスルの利用は, シロイルカ (Morisaka et al., 2013) バンドウイルカ (Janik, 2000) シャチ (Miller et al., 2004) などで確認されている. なお, イルカは音声の構成パターンの認識を非常に細かく行っている一方で, 音源定位をあまり詳細に行っていないことが示されている (Branstetter et al., 2013).

最後にバーストパルスは, より狭い間隔のパルス音で, 低周波域に偏った音声であり, 威嚇や狩り (Janik, 2018) をしている際に聞かれることが多く, 仲間内における情報伝達に使用されていると考えられる (森阪, 2009).

水族館においては, トレーニングで正解を伝えるためのホイッスルや, 決まった場所にイルカを呼ぶ際に水中に入れて音を出す道具が, 聴覚を用いたコミュニケーションの道具として用いられている. また, 一部の水族館では, イルカのエコロケーションを紹介する目的で, 目隠しをしたイルカの目の前に異なる形状の物体を提示し, それらを判別させるパフォーマンスが行われている.

4.2. 視覚

次にイルカの視覚について説明する。水中では視程が短いことから目がかなり退化している種のイルカも存在するものの、水族館のショーでトレーナーがハンドサインを提示して指示するジャンプを行うことができる様子に見られるように、空間の認知に視覚を利用するものも少なくなく、例えばバンドウイルカでは、既知の人物と未知の人物を目で見て見分けることも確認されている (Yeater et al., 2014)。

イルカの目は、高速での遊泳に適合するように体の側面に移動し、外側に飛び出さないような形状をとっており (図 2-5)、水平方向に広がる視野を持つ。イルカの視細胞は、高照度の下で機能して色を認識する錐体に比べ、低照度で明暗を認識する桿体が圧倒的に多く分布しており、水中における暗所視に適したつくりになっている。さらに、輝板と呼ばれる組織を有し (Takei et al., 2003)、一度網膜を通過した光を反射して再び網膜を透過させることで増幅し、低照度の下でも視界を得ている (村山, 1996)。輝板は、同じ水中に棲息する魚 (Kawamura et al., 2016; Takei et al., 2003) 以外にも、ネコ (Bernstein et al., 1959) やシカ (小泉他, 2004) など夜間に行動する陸上の哺乳類にも備わっていることが報告されている。

イルカは水中及び大気中のいずれでも視力を発揮することができ、それぞれの視程に適するように、水中では 1 m 以内、大気中では 2.5 m 以上の範囲に視界が優れていると考えられている (加藤, 1996)。ただし、イルカの周囲に対する認知能力に関しては、エコロケーションを始めとする音声コミュニケーションに重きが置かれることが多く、イルカの視覚に関してはあまり研究がなされてこなかった。野生下における視覚情報の利用は、頭部を水面上に出して周囲の様子を探る、スパイホッピング (Carwardine, 1996) といった行動に見ることができる。ただし水中においては、例えば障害物を認識して回避するといった場合には、視覚のみに依存せず、聴覚 (エコロケーション) 及び視覚の両方を用いて危険を察知していると考えられている (嶋村他, 1993)。なお、水族館等で飼育されている個体を対象として実施される、認知能力に関する研究においては、視覚情報をもとに弁別を行わせる



図 2-5 イルカの目

ようなものが多く実施されてきており、イルカがどのような視覚特性を持つのかが明らかにされつつある（村山, 2012）。

水族館においてイルカとトレーナのコミュニケーションにおいて最も情報量が多いのは視覚からの情報である。トレーナはハンドサインを用いてイルカに特定の行動を指示し、その動作は数十種類に上る。

4.3. その他の感覚

イルカは、聴覚及び視覚の他に、触覚を用いたコミュニケーションも行っている。タイセイヨウマダライルカ (*Stenella frontalis*) 及びミナミハンドウイルカ (*Tursiops aduncus*) では、ある個体が少数のイルカがまとまってできたグループに加わったり、所属していたグループから離脱したり、また、他のグループと出あったりしたタイミングで、接触する行動が多くみられることが確認されており（Paulos et al., 2008）、コミュニケーションのひとつとして行う行動と考えられる。また、ラビングと呼ばれる、胸びれを使って他のイルカに触れる行動（図 2-6）はコミュニケーションの手段として日常的に使用されることが知られており、ラビングを行う個体同士の関係性（性別、年齢、血縁関係など）により、その方法は様々である（Sakai et al., 2006）。

人とイルカとの間においても、触覚を用いたコミュニケーションは頻繁に行われている。水族館では、トレーナがイルカに触れることは信頼関係を築くうえで重要な役割を持ち、イルカにとっても遊びのひとつとなっている。水族館の利用者に対してもイルカと触れ合う



図 2-6 ラビングを行うイルカ

プログラムが設けられていることは多く、イルカと握手をすることのできるイベントが度々行われている。イルカとの触れ合いは、人の不安を和らげたり、精神疾患を改善したり (Homma et al., 2011)する効果があることが示されており、イルカセラピー(スミス, 1996)として実施されている例もある。

その他の、イルカの持つ味覚や嗅覚といった感覚については、あまり研究がなされていない (Bouchard et al., 2017)。ただし、嗅覚については水中に戻った際に退化し、特にハクジラ亜目では完全に失われているとされており (Mcgowen et al., 2008)、採餌の際ににおいに依存することはないと考えられる。

5. プロトタイプ実験

本研究では、人手不足にさらされやすい環境にある水族館において、イルカの飼育を担当するトレーナの人員を削減し、業務を効率化することを目的として、情報端末を介在させたイルカと人のコミュニケーションシステムを提案している。本システムの導入を目指すためには、まず情報端末に対してイルカがどのような認識能力を示すのかを調べる必要がある。

そこで、提案システムのプロトタイプとして、イルカに対して情報を提示することのできる情報端末を用意し、出力される情報に対するイルカの反応を観測した。なお、情報端末から出力する情報の内容は、既に述べたイルカの情報処理能力に基づいて決定した。イルカの情報処理は、聴覚を用いる音声コミュニケーションにおいて最も複雑に発展しているものと考えられるが、本研究ではトレーナの役割を分担するために情報端末を用いることから、現在イルカとトレーナの間でなされているコミュニケーションに近い形を採用した。トレーナからイルカに対して指示を伝える際には、ハンドサインを通じた視覚によるコミュニケーションを活用しているため、情報端末からイルカに対して出力する情報も画面に表示する画像情報とし、普段ハンドサインを用いて提示している種目の指示を情報端末から出力することとした。プロトタイプとして実施する実験の方法を3章に述べる。

3 章

実験方法

1. 概要

本章では、イルカと人のコミュニケーションを補助する情報端末システムのプロトタイプとして作成した、実験装置を使用して行った実験について説明する。提示する情報端末にはタブレット端末を使用し、情報端末から出力される情報として画像を用いた。タブレット端末の画面にイルカの特定の行動を指示する画像を表示し、それに対して、イルカがどのような反応を示すのかを記録した。実験の方法及び提示した画面情報を示す。

2. 実験条件

2.1. 実験環境

実験は新江ノ島水族館（神奈川県藤沢市）の、イルカが飼育されているプールにおいて実施した。対象の被験体が飼育されているプール（図 3-1）は、ショーに用いられるステージを備えた観客席に面しているメインプール、メインプールの裏側に位置しておりショーの際の待機用プールとなるホールディングプール 2、ショーには参加しない個体が生活しているホールディングプール 3、繁殖と子育てが行われるブリーディングプールの 4 つのプールが、水中の通路を開くと行き来できる構造になっている。このうち、ホールディングプール 2 とメインプールをつなぐ通路は常に開いており、自由に行き来できるようになっている。被験体の個体は、行き来のできるメインプール及びホールディングプール 2、もしくは、ホールディングプール 3 のいずれかで生活しており、実験時の被験体の生活場所となっているプールで実験を行った（図 3-2）。



図 3-1 被験体の飼育されているプール

実験は、日常的にイルカに餌を与え、体温測定などの検査及びトレーニングを行う時間の中で実施した。実験の実施時刻は、実験開始直後の時期に一度、10:10に行った回を除いては、日光が強くて見えにくくなることを考慮し、午後に設定した。14:20から17:00までの間の1回もしくは2回のトレーニング内で実施し、日によっては1日に2回実施する日もあった。実験時には同じプールで飼育されている他の個体も同時にトレーニングを行っており、トレーニングの種目によっては正解を知らせるホイッスルの音が他の個体のトレーニングの妨げになることもある。そのため、実験が他の個体のトレーニングの影響を受けず、かつ、影響を与えないタイミングを計って実施した。

実験では実験者がプールサイドに立って水中にいる被験体に対してタブレットを提示するという形を採択したことから、実験を行った地点はそのとき被験体が生活している対象のプールの周囲で人が安定して立っていただける場所の、図3-2の赤枠で囲った地点であった。他個体のトレーニングとの兼ね合いから常に同じ場所にはできず、図3-2のいずれかの地点をその都度選択した。また、プール上には屋根がなく直射日光が当たるつくりになっているため、トレーニングの時間によっては日光が強い場合があり、タブレットの画面の見えにくさを軽減するためにも日陰になる場所を選んで実施地点を変更した。

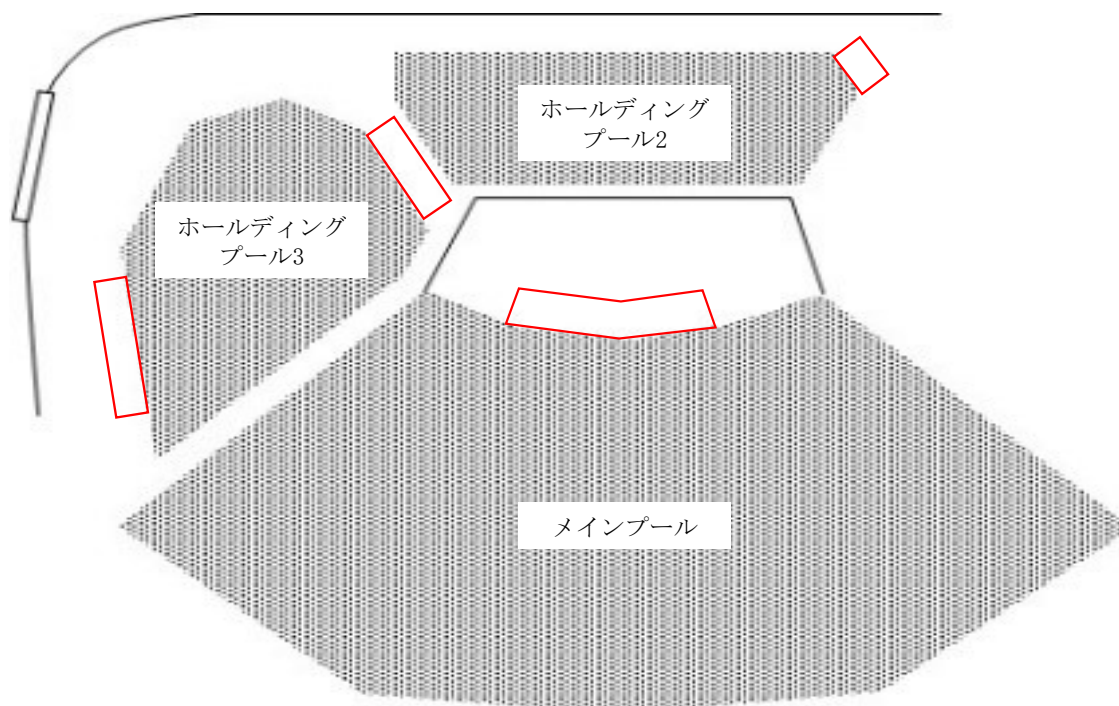


図 3-2 実験実施地点

2.2. 被験体

本研究で被験体としたのはバンドウイルカ (*Tursiops Truncatus*) である (図 3-3)。バンドウイルカは成獣で体長 1.9 m~3.9 m 程, 体重 150 kg~650 kg 程となる, マイルカ科に属するイルカである。主に魚類, イカ・タコ類を常食としており (Carwardine, 1996), その生活形態は比較的広範囲を移動し季節的な回遊も行うことのある外洋性のものと, 沿岸付近の決まった場所に定住する沿岸性のものに分かれ, 互いに異なる社会構造を持つ (Oudejans et al., 2015)。個体の成長の度合いや季節によっても群れの構成は様々に変化し (村山他, 2002), 生息する地域や所属する群れごとに固有の遺伝情報や文化を持つとも言われており (粕谷, 2014), コミュニケーションに用いられる音声にも差があることが確認されている (Azzolin et al., 2013)。バンドウイルカの生息域は寒帯から熱帯までに及び, 全世界に広く分布している種で, 個体数も特に多い種のひとつである。集団で生活することが多く, 群れで協力して狩りを行ったり遊んでいたりする様子が度々観察されており (Carwardine, 1996), 人に慣れやすく, 近寄ってくることもよく見られることから, 古来より人とのかかわりも多く持たれてきた。現在日本の水族館で飼育されている種の中でも, バンドウイルカの飼育頭数が圧倒的に多い (村山他, 2010)。

本研究では新江ノ島水族館で飼育されている成熟したバンドウイルカ 1 個体を被験体とした。被験体となったイルカは新江ノ島水族館で誕生した個体で, 生まれてからずっと新江ノ島水族館において飼育されてきた個体である。個体の年齢, 性別, 体重, 体長を表 3-1 に示す。なお, これまでに, 他の学習実験に参加した経験はない。被験体は通常, 他のバンドウイルカ, オキゴンドウ, ハナゴンドウの個体と同じメインプールで生活しており, 同プー



図 3-3 バンドウイルカ (*Tursiops Truncatus*)

表 3-1 被験体の個体情報

個体名	年齢	性別	体重 kg	体長 cm	由来
ピック	10	メス	219.5	279.0	水族館誕生

ルで行われるショーパフォーマンスにも参加している。対象とした個体は既に様々なハンドサインを獲得していてショーにも出演しており、日常的にトレーニングやショーにおいてトレーナーからハンドサインを用いた指示を受け、コミュニケーションをとっている。

なお、個体の体調が優れずショーに参加できない時期には、水中の通路でつながっている隣接するホールディングプール 3 に移動して、そのプールで生活する。実験を行った期間中にも、体調に応じてメインプールとホールディングプール 3 とを行き来していたが、実験ができない体調であるとトレーナーの判断があった場合を除いて、生活するプールに関係なく実験を継続した。なお、体調不良により実験を中止した際には、回復後、特別な措置はとらず中止前の実験をすぐに再開した。

2.3. 実験器具

実験で提示する情報端末には、画面情報を被験体のイルカに対して提示できるものとして、画面サイズ 262mm×19.7mm の 12.9 インチ iPad pro(305.7mm×220.6mm×6.9mm) を使用した。被験体のイルカに提示するための提示用端末と、遠隔操作を用いて提示用端末の切り替え操作を行う操作用端末の 2 台を用意した。タブレット端末は 2 台ともにプールサイドで作業を行うことから激しく水がかかることが予想されるため、いずれもケースに入れたままで電源などのボタンや画面の操作を行うことができる完全防水のケース (Trinity CT-WPIPDP15-BK) に入れて使用した。

タブレット端末の操作にあたっては両端末の Keynote アプリを使用し、Keynote Remote の機能を用いて遠隔操作を行った。遠隔操作を行うにあたり、提示用端末と操作用端末との通信を行うために、モバイル Wi-Fi ルーターを使用して、両端末をネットワークに接続した。Wi-Fi ルーターに関しては直接プールサイドで操作する必要がないため、ケースに入れたまま操作のできる仕様の防水ケースは使用せず、水が入らないケースに入れた状態で携帯していた。

被験体のイルカに提示する画像は、提示用端末に保存しておいた。提示用端末の Keynote アプリで提示する画像を全てまとめたファイルを作成し (図 3-4)、提示する全ての画像を 1 枚ずつ各スライドに貼り付けた。提示用端末で画像をまとめたファイルを開いた状態で操作用端末の Keynote Remote を動作させると、同じネットワーク上に存在する提示用端末を検出し、接続がなされる。両端末の接続が正しく成立したときの、操作用端末及び提示用端末の画面を図 3-5 に示す。図 3-5 の左の図は操作用端末の画面、右の図は提示用端末の画面である。操作用端末には、画面の左端に画像スライド一覧、画面上部には現在提示用端末

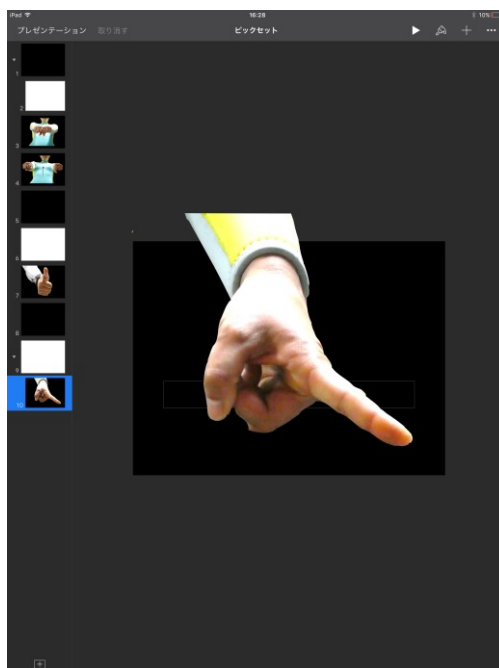


図 3-4 提示画像をまとめたファイル

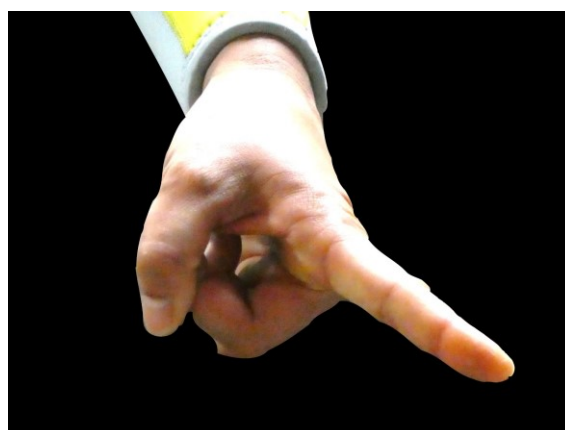
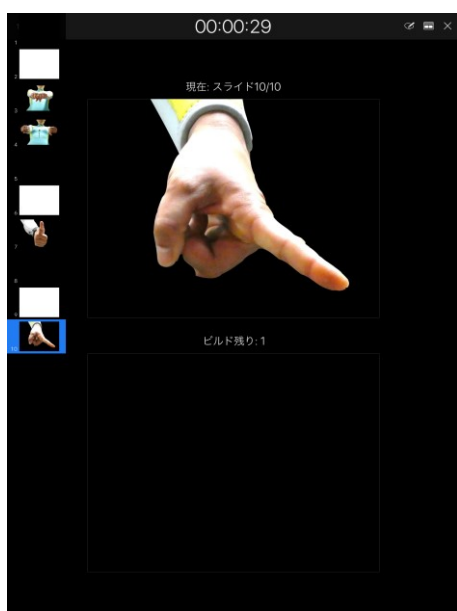


図 3-5 操作用端末と提示用端末の画面

に表示されている画像スライド、画面下部には次のスライドが表示されており、提示用端末には操作用端末の画面上部に表示されているものと同じ画像スライドが画面いっぱいに表示される。操作用端末の左端に表示された画像スライド一覧では、提示用端末に表示中の画像スライドが青枠で囲まれて表示され、一覧から目的の画像スライドを選択することで画面の切り替えを行った。

なお、操作用端末を扱う実験者が同時に実験の記録をとることから、画面に誤って触れ、不必要に画面が切り替わったり、両端末の接続が遮断したりしてしまう恐れがあるため、操作用端末は操作に必要な部分を残して画面の接触検知を無効にしておいた。実験開始前に操作用端末で iPad のアクセスガイド機能を使用して、接触検知を無効にする範囲を選択した。

3. 画面の提示手順

3.1. 提示方法

実験では被験体のイルカに対してタブレット端末を提示して、画面情報を表示した。実験は操作指示者、操作者、提示者の3名で行った(図3-6)。操作指示者は普段のトレーニングの際にイルカの前に立つ時と同じ位置関係になるように被験体の前に立ち、提示者はそのすぐ横に膝をついて提示用端末を手で持ち、固定した。この時提示用端末は、画面が見え



図 3-6 実験者の配置

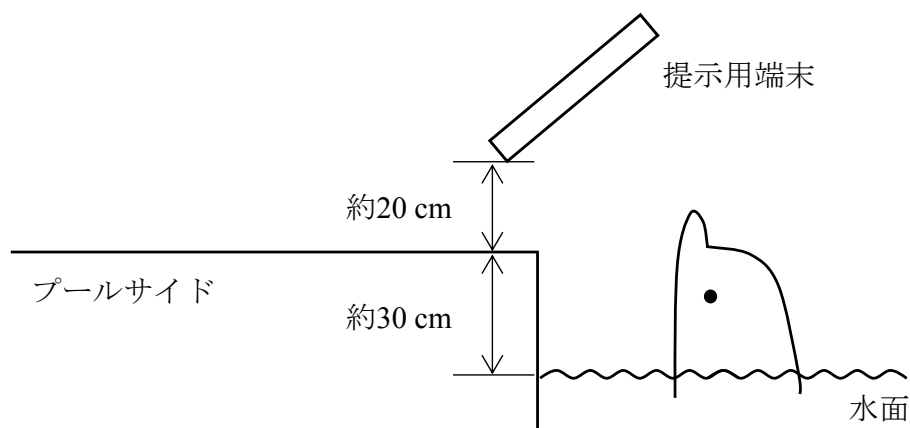


図 3-7 提示用端末の提示位置

やすいようにするために、プールサイドより少し前を出して、被験体に対して少し傾けた状態にした(図 3-7)。操作者は操作指示者及び提示者から 1~3 m ほど離れた位置に立ち、操作作用端末を保持して画面の切り替えを行い、同時に記録を作成した。

3 名の実験者が所定の位置について準備が整うと、被験体のイルカが操作指示者及び画面の方を見ていることを操作指示者が確認して、操作者に画面の切り替えを始める旨を伝えた。操作指示者の掛け声に合わせて操作者は画面を切り替え、画面が切り替わった際の被験体の反応を観察し、記録した。操作指示者には、提示用端末に隠れて被験体の反応が見えないこともあるため、提示者とその都度被験体の様子を報告した。提示者の報告に従って操作指示者は正解もしくは不正解であったことを被験体に示して終了し、操作者に画面の切り替えを指示して画面をもとに戻した。この時にも、操作指示者から操作者への切り替え指示は口頭で行ったが、イルカが音声を聞く仕組みは顎の骨やメロンと呼ばれる組織を通して振動を伝達させる方法であることから (Norris et al., 1974)、空中での音声に対する認識は低く、実験に影響しないと考えられる。

なお、1 回のトレーニング内で行う実験が全て終了するまで基本的に提示者は同じ位置で提示用端末を固定して提示し続け、実験を進めるうえで必要があると操作指示者が判断した場合のみ、操作指示者の指示に従って被験体の前から提示用端末を一時的に下げた。また、被験体は何らかの理由で提示用端末の前から離れて行ってしまった時及び、操作作用端末と提示用端末の接続が切断され、操作ができなくなってしまった時にも一度下げ、準備が整い次第提示を再開した。

3.2. 提示情報

本研究では、被験体のイルカに対して提示したタブレット端末の画面に表示する画像情報を用いて、被験体に特定の行動をとるように指示することを目指した。被験体に要求する行動は、被験体のイルカが通常のトレーニングの中で既に習得しており、日常的にハンドサインを用いてトレーナーから指示を受けている種目から選択した。

各々の種目を指示するサイン画像には、その種目を指示するハンドサインの写真を用いた。イルカが通常見ているトレーナーのハンドサインは斜め下から見上げる角度となるので、その様子を再現するために、トレーナーの正面の足元付近に固定したカメラで見上げる角度になるように撮影した写真を使用した。ハンドサインの写真は、被験体のイルカが見た際に区別がつくようにする必要があるので、手の部分のみが写っていれば良いとして、できるだけ手が大きく写るようにして撮影した。なお、両手を使用したハンドサインの場合には両手が写るようにしたことから、片手のみのハンドサインの種目に比べ手が小さく写ったが、写真の区別が付きやすいことを優先し、縮尺を合わせることはしなかった。

撮影した写真の例を図 3-8 の左図に示した。なお、図 3-8 の写真は口開けを指示するハンドサインの写真である。より判別しやすくするために、図 3-8 の左図の写真から手と腕を除いた体や背景部分を全て削除して黒にした画像を作成し、サイン画像とした(図 3-8 右図)。



図 3-8 提示用画像の例 (左：ハンドサインの写真, 右：提示画像)

3.2.1. 実験 I

始めに、1種目の学習実験を行った。学習を試みた種目は「ターンオーバー」と「口開け」の2種目であった。実験開始直後から1種目の獲得を目指した本実験を行ったため、まずは、通常コミュニケーションに用いられているハンドサインと同様に、タブレット端末からも指示が出されることを被験体に学習させることが求められる。ターンオーバーを使用して実験を開始したが、被験体のイルカが理解しやすい種目を選択することを目的として、途中で口開けに変更した。

ターンオーバーは、その場で腹側を上にして仰向けの状態で水面に浮かんで静止する種目である（図 3-9）。ハンドサインでは、右手をグーの状態での前に差し出してから開いてパーの状態にするという2段階の動作となり、タブレット端末に表示するサイン画像もグーの画像、パーの画像の2枚を使用した。一方、口開けは、その場で顔を水面上に出した状態で静止したまま口を開ける種目である（図 3-10）。ハンドサインでは、右手を体の前に出し親指を立てるといった1段階の動作である。そのため、タブレット端末に表示するサイン画像は親指を立てた画像1枚のみであった。

実験で使用したこれらの種目の選択は、すぐに正解及び不正解を被験体のイルカに伝えることができ、被験体の集中力が途切れにくいものを選択する必要がある。そのため、ジャンプのように被験体が遠くまで離れていってしまう種目を避け、できるだけ被験体の動作が小さく、タブレット端末でサイン画像を表示したその場で行うことのできる種目を選択し



図 3-9 ターンオーバー



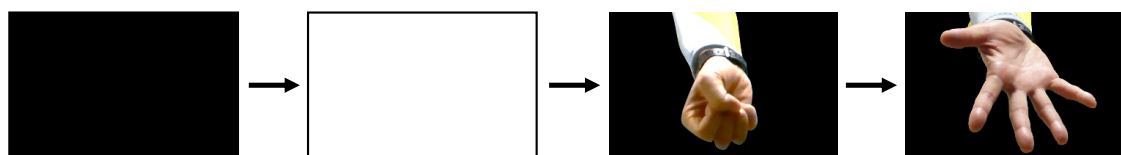
図 3-10 口開け

た. なお, 最終的には, 被験体のイルカが離れた位置に移動するような種目も含めて, 多様な種目をタブレット端末の画面からの画面出力に従って発現できるようになることが求められる. しかし, 始めから学習しにくい条件で実施すると, 分かりにくいことによってタブレット端末そのものに対して被験体が嫌悪感を示すようになってしまう恐れがある. そのことを避けるために, 始めは被験体に最も分かりやすい条件を目指して, 種目の選択を行った.

本実験では, はじめに被験体のイルカの目の前にタブレット端末を提示する時点で, サイン画像を表示しておくのではなく, 黒い画面の状態では被験体の前に出し, 被験体のイルカが画面を見ている状態で画面を切り替えてサイン画像を表示する方法を採択した. この, 被験体に特定の種目の発現を要求するサイン画像を表示した画面をサイン画面と呼ぶ. 被験体に提示するタブレット端末の画面は, 提示した時点の黒い画面から, 白い画面, サイン画面の順に切り替えた. 通常, イルカにハンドサインで指示を出す際には, 指示を出すトレーナーがイルカの目の前に立ち, イルカと目を合わせることでこれからサインを出すことをイルカに知らせ, 同時にイルカも指示を出す人を見返すことでサインを受け入れる準備ができているということを示す. そして, 互いに目が合ったことを確認してからハンドサインを提示するという流れになっており, 目を合わせることで, これからサインを出すという合図となっている. 本研究では目を合わせる代わりに, サイン画面を提示する前に一度白い画面に切り替えることで, 被験体の注目を引き, これからサイン画面が出ることを示す合図とした.

黒い画面, 白い画面, サイン画面の 3 段階 (サイン画像が 2 枚で構成されるターンオー

a) ターンオーバーの画面切り替え



b) 口開けの画面切り替え



図 3-11 実験 Iにおける画面の切り替え

バーの際はサイン画面 2 枚のため 4 段階) の、一連の切り替えを 1 試行と定義した。1 試行中の画面の切り替えを図 3-11 に示した。1 試行が終わると、被験体に正解もしくは不正解であることを示してから再び黒い画面に戻し、次の試行に移った。この時、タブレット端末は基本的に被験体の目の前から下げることはなく、提示したままで黒い画面に戻し、すぐに白い画面、サイン画面と切り替えて、次の試行を実施した。一度のトレーニングの中で続けて実施した複数の試行をまとめて 1 セットとして定義した。

3.2.2. 実験Ⅱ

3.2.2.1. サイン提示前合図ありの条件

次に、2種目の学習をさせて、それらをランダムに提示した際に弁別させることを目指した実験を行った。実験Ⅰで学習を完了した「口開け」に加えて、新たにもう1種目を追加し、学習実験を行った。学習を試みた種目は、「NO」と「コーラス」の2種目であった。

NOはその場で顔を水面上に出した状態のまま首を左右に振るという種目（図3-12）で、ハンドサインはグーの状態にした両手を前に突き出して、両手の拳を付けた状態から左右に離すという2段階の動作である。タブレット端末に表示するサイン画像も腕を閉じた画像、腕を開いた画像の2枚を使用した。NOのハンドサインは両腕を体の前で動かすことから、必要のない部分を黒にする際に腕と体を分離して体部分を削除することが困難であったため、体全体を残して背景のみを黒にしたものを使用した。コーラスは同じくその場で顔を水面上に出した姿勢で、低温の音声を出すという種目（図3-13）である。なおイルカが発する音は、他の多くの動物に見られる声帯を使って発する「声」とは異なるメカニズムのものとされている（森阪, 2015）。コーラスのハンドサインは、左手を体の前下方に出して左斜め前に向かって人差し指を指すという1段階の動作であり、タブレット端末に表示するサイン画像は指を指した状態の1枚のみとした。実験Ⅱで使用した種目も、実験Ⅰと同様に、被験体の集中力を維持することと学習の成立のさせやすさを考慮して選択した。



図3-12 NO



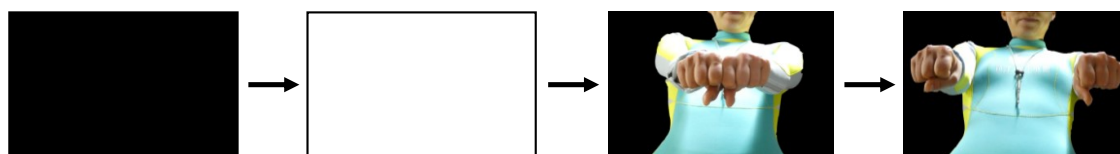
図 3-13 コーラス

始めは2種目目としてNOの種目の学習を行った。1セット内に継続して行われる試行では種目を固定し、同じ種目を続けて行うようにしたうえで、セットごとにNOと口開けのいずれかを選択して実施した。NOのみを集中して実施した方が早く学習が進むことも考えられるが、学習済みの口開けを忘れてしまう恐れがあるため、口開けも並行して行いながらNOの習得を目指した。NOの提示にあたっての画面の切り替えは、実験Iと同様に、被験体の目の前に提示した時点の黒い画面から、白い画面、サイン画面（腕を閉じた画像、腕を開いた画像の2枚）の順に行った（図3-14 a）。

しかし、NOもターンオーバーと同様に本実験に適さなかったことから、習得する前に中止して2種目目をコーラスに変更した。なお、NOの導入により習得済みの口開けへの反応にも混乱が生じていることが予想されたため、コーラスの学習を開始する前に口開けのみのセットを繰り返し実施してから、コーラスに移行した。コーラスの提示にあたっての画面の切り替えも、実験Iと同様に、被験体の目の前に提示した時点の黒い画面から、白い画面、サイン画面の順に行った（図3-14 b）。

1試行の定義はNO、コーラスのいずれでも実験Iと同様として、黒い画面、白い画面、サイン画面の3段階（サイン画像が2枚で構成されるNOの際は4段階）の一連の流れとした。1試行が終わると、被験体に正解もしくは不正解であることを示してから再び黒い画面に戻し、次の試行に移った。一度のトレーニングの中で続けて行った複数の試行をまとめて1セットとして定義した。これも実験Iと同様である。

a) NOの画面切り替え



b) コーラスの画面切り替え

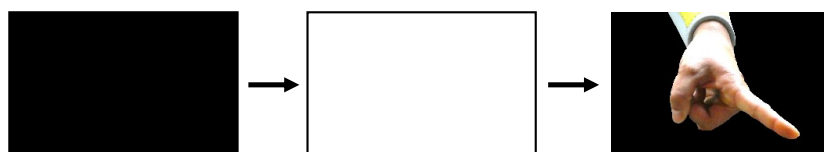


図 3-14 実験Ⅱサイン提示前の合図ありの画面の切り替え

コーラスの学習を開始してしばらくはコーラスのみのセットを続けて実施したが、コーラスの正解率が上がってきた時点で口開けのみのセットの実施も再開した。以降、さらに1セット内で口開けとコーラスの両方を提示することで、弁別を行わせることを試みた。1セット内で複数種目を実施する場合の提示順序は2種類に分けられる。一つ目はいずれかの種目を続けて複数試行行った後でもう一方の種目に切り替え、2種目を続けて複数試行行うものである。例えば、口開けを5試行行った後、コーラスを6試行行うというセットがこれに含まれる。二つ目は2種目を少数の試行ごとに細かく切り替えながら交互に行うものである。例えば、順に口開け1試行、コーラス2試行、口開け2試行、コーラス3試行、口開け2試行行うというセットがこれに含まれる。直近の正解率の動向、その日の被験体の体調や実験中の様子を観察した結果に対する、日常的に被験体やその他のイルカと接しているトレーナーの見解に従って、適した提示順序を検討しながら実験を行った。

実験の1セットの間、タブレット端末は基本的に被験体の目の前から下げることはなく、提示したままで黒い画面に戻してすぐ次の試行を実施したが、複数種目を1セットの中で行うときには、試行と試行の間で一度タブレット端末を被験体の前から下げるがあった。これは、タブレット端末のない状態で通常のハンドサインを用いて次に画面上で提示される種目を予め実施しておくことで、次の試行のサイン画面で指示される種目を予想させ、学習を補助する目的で実施した。

3.2.2.2. サイン提示前合図なしの条件

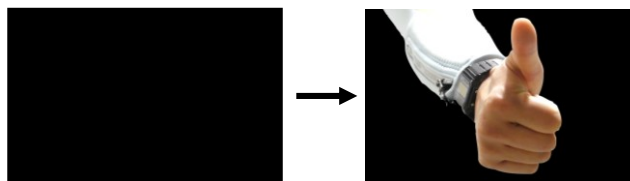
これまでの実験では被験体にタブレット端末を提示してからサイン画面を出す前に、これからサインを出すという合図として白画面を提示してきた。この白画面は、通常のハンドサインを提示するときに、ハンドサインに先立ってトレーナがイルカと目を合わせることで、サインを出す前の合図とするという方法を取り入れたものであった。ハンドサインの提示に近づけた流れにすることで、タブレット端末がトレーナのハンドサインと同様の役割を持つということを、被験体のイルカが認識しやすくすることを目的としていた。

しかし、2種目目の導入により被験体が区別するべき画面が増えたことで、混乱が増えた。そこで、混乱を最小限にするために白い画面を除き、黒い画面から直接サイン画面に切り替えるという2段階構成に変更した。被験体のイルカは既に、タブレット端末からサインが出力されるということを1種目目の学習を通して理解した。それによりタブレット端末を目の前に提示した時点で、被験体はこの後で画面上にサイン画面が出力されることを予想して、画面に注目するようになっているため、白い画面を除いてもタブレット端末からサインが出力されることを認識できると判断したためである。この2段階構成の切り替えを行う方式で、口開けおよびコーラスの2種目の提示を行った(図3-15)。

1セット内の提示内容は、口開けのみ、コーラスのみ、いずれかの種目を複数試行行った後でもう一方の種目に切り替えて2種目目を続けて複数試行行うもの、2種目を少数の試行ごとに細かく切り替えながら交互に行うもの、のいずれかであった。提示内容はこれまでの実験と同様に、直近の正解率の動向、その日の被験体の体調や実験中の様子から決定した。

また、タブレット端末は1セットの間基本的に被験体の目の前から下げることはなく、提

a) 口開けの画面切り替え



b) コーラスの画面切り替え

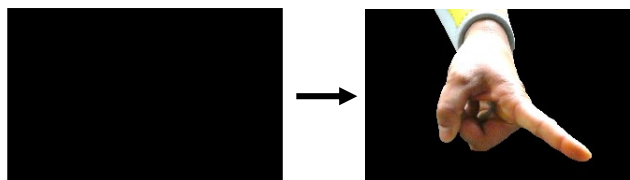


図3-15 実験Ⅱサイン提示前の合図なしの画面の切り替え

示したままで黒い画面に戻してすぐ次の試行を実施した。ただし、実験の状況に応じて、試行と試行の間で一度下げ、タブレット端末のない状態で通常のハンドサインを用いて次に提示する種目を予め実施しておくことによる、学習の補助も行った。

4. 学習手順

4.1. イルカの学習方法

水族館におけるイルカのトレーニングは、オペラント条件付け (skinner, 1938) といわれる学習理論に従って行われており、これは古典的条件付けと対比されるかたちで知られる、動物の学習における条件付けである。オペラント条件付けによる行動は、例えばマウスが餌を得ようとしてレバーを押すというように、動物が自分の行動に対して何らかの結果を期待して起こす能動的な行動である。一方の古典的条件付けによる行動は、パブロフ型条件付けとも呼ばれ、ベルが鳴ると同時に餌を与えられていたイヌがベルの音だけでよだれを垂らすようになるというように、動物が何らかの刺激に対して反射的に起こす行動である (相馬ら, 2016)。オペラント条件付けは動物の学習について評価することを目的とした研究で度々使用されており、ラット (Huston et al., 1974)、ウマ (Martinez et al., 2017) やブタ (上野他, 2016) といった哺乳綱から、ミツバチ (Sokolowski et. al., 2010) など幅広い動物を対象にした実験でも用いられてきた。

オペラント条件付けでは、動物が何らかの行動を発現した際に動物の周囲の環境が変化すると、その変化に応じて直前に発現した行動が増加もしくは減少する、という原理を利用している。これは動物が生存のために適切な行動を選択するための学習である。トレーニングで用いられる際には、トレーナーが与える刺激をコントロールすることにより動物の環境を意図的に変化させて、動物の行動の発現を増加、減少させている。

動物の行動を変化させるための刺激の操作方法は4種類に分けられる。これは、動物に対する刺激を加えるか取り去るか、それにより動物の行動が増加するのか減少するのかによって定義される。動物に対する刺激を加えることを「正」、刺激を取り去ることを「負」と呼び、その結果、動物の行動の発現が増加することを「強化」、減少することを「罰」という。この2つの項目の組み合わせとして、正の強化、正の罰、負の強化、負の罰の4種類が定義されている (日本動物園水族館協会飼育ハンドブック編集委員会, 2010)。

表 3-2 オペラント条件付けの種類

	正	負
強化	動物にとって望ましい刺激を与える →直前の行動が起こりやすくなる	動物の嫌う刺激を取り去る →直前の行動が起こりやすくなる
罰	動物の嫌う刺激を与える →直前の行動が起こりにくくなる	動物にとって望ましい刺激を取り去る →直前の行動が起こりにくくなる

4種類の方法における刺激の操作の仕方と、その結果として目指す動物の行動の生起確率の変化を表3-2に示した。イルカのトレーニングの現場では正の強化が最も多く用いられている。例えばイルカがトレーナーの出すサインに従って目標行動を発現した際に餌を与えたりほめたりするというものがこれにあたる。この時強化に用いられる餌およびほめるといったトレーナーの行動は「強化子」と呼ばれ、その中でもそれ自体がイルカにとって望ましい刺激となる1次性強化子に分類される。ただし、強化はイルカが行動を発現した直後に行わなければ、どの行動に対して行われたものなのか分からなくなってしまうため、効果が薄れてしまう。例えばジャンプなどのようにイルカがトレーナーから離れた位置にいる場合には、上記の1次性強化子では強化が遅れ、困難になる。そこで、2次性強化子のホイッスルが用いられる。イルカに餌を与えるときにホイッスルを吹くようにすると、ホイッスル自体はイルカにとって望ましい刺激ではなくても、強化子としての意味合いを持つようになる。これを2次性強化子と呼ぶ。イルカのトレーニングでは、1次性強化子、2次性強化子の両方が用いられている(図3-16)。

なお、正の強化以外では、イルカが嫌うものを近づけると、その刺激を取り去ろうと別の場所へ移動することを利用して、イルカを目的の場所へ移動させる方法で、負の強化が利用される。また、トレーニング中にイルカが勝手な行動をとる際に、トレーナーがその場を離れて給餌も中断することにより、勝手な行動を抑制するという方法で負の罰が利用されるこ



図3-16 1次性強化子と2次性強化子

とがある。負の強化では、イルカが望ましくない行動をとった際に叱るといった方法が考えられるが、これは条件付けの効果よりもイルカとトレーナーとの信頼関係に悪影響を与えることが問題になるため基本的に用いられない（日本動物園水族館協会飼育ハンドブック編集委員会, 2010）。

4.2. 本実験における学習の定着方法

本実験では、被験体のイルカが日常的なトレーニングの中でハンドサインを用いて学習済みの種目を選択し、タブレット端末の画面を通して指示を出すことを目指した。その実験の過程はサインのすり替えの学習となる。

普段のトレーニングで新しい種目を獲得する際には、始め、偶発的にイルカが起こした行動に合わせて学習させたいハンドサインを提示し、餌やホイッスルなどの強化子を用いて強化を行う。それを繰り返すと、そのうちハンドサインを先に提示したときにも、それに反応して目的の行動を行うことが生じ、さらに強化を続けていくことでその頻度が上がっていき、学習が定着する。本実験において既に学習済みの種目に対して新たにタブレット端末の画像の意味づけを行うにあたっては、始めにハンドサインに合わせて画面の提示を行うことで、被験体の行動と同時に画面が切り替わるようにして強化を行った。被験体は始め、ハンドサインのみを見て反応するが、徐々にハンドサインをなくしていき画面だけ提示するようにすると、画面のみでも反応するようになる。画面の切り替えに応じて指示する種目を発現した時に強化していくことで、画面から指示が出ていることを認識することが期待され、これによりハンドサインから端末の画面へのサインのすり替えを行うことを目指した。

被験体に対する強化は、実験の各試行において正解時に行われた。正解とは、被験体が事前の黒い画面および白い画面で何もせず待機したうえで、サイン画面に切り替わったタイミングで正しい種目を発現した場合を指す。正解時および不正解時の被験体のイルカへのフィードバックの具体的な手順を以下に示す。

正解した場合には、操作指示者は提示者から正解の報告を受けて強化を行い、操作者に指示をして始めの黒い画面に戻した。強化には1次性強化子の餌となる魚と、2次性強化子のホイッスルを用いた。正解したらまず操作指示者がホイッスルを吹くことで、被験体は正解であったことを知らされた。同時に、ホイッスルは、鳴らされた時点でサイン画面を通じて指示された特定の行動を終了してよい、という合図にもなっており、ホイッスルが鳴ったところで被験体は行動を終了し、続けて魚を与えられた。

一方不正解の場合には、被験体に不正解を示す操作指示者は、そのときのサイン画面及び被験体の様子に応じた行動をとった。不正解のとなった時の提示画面および被験体の反応に対応する操作指示者の行動の選択肢を表3-3にまとめた。表中の「○」はその行動が行われる場合があるもの、「×」はその行動が行われることはないもの、「-」は、被験体の反応がその画面における正しい反応であるため、修正を促すための操作指示者の行動は行われ

表 3-3 不正解時のトレーナの行動

		提示中の画面					
		黒い画面		白い画面		サイン画面	
被験体の反応		無反応	誤反応	無反応	誤反応	無反応	誤反応
操作指示者の行動	待機	—	○	—	○	○	○
	制止	—	○	—	○	×	○
	ヒント	—	×	—	×	○	○
	ハンドサイン	—	×	—	×	○	○



図 3-17 制止

ないものを示す。

操作指示者の行動のうち、一つ目の「待機」は、操作指示者は何もせずに待機して被験体が自ら正しい反応に修正するのを待つというものである。待機すべき白い画面や黒い画面で被験体は何らかの行動を起こしてしまった時には、自発的に間違いに気づいてその行動を終了し元の待機姿勢に戻るのを待ち、特定の行動を指示するサイン画面で指示と異なる反応をしている時には、正しい反応に被験体が自分で修正するのを待つものである。二つ目

の「制止」は、操作指示者が手で押さえるような動作をとってイルカの動作を制止する（図 3-17）ものである。待機すべき白い画面や黒い画面で被験体は何らかの行動を起こしてしまった時、もしくは、サイン画面で間違っただ種目を発現している時に、被験体の行動を制止し、終了させる。三つ目の「ハンドサイン」は、正解の種目のハンドサインを被験体に見えるように提示するものである。サイン画面で無反応もしくは間違っただ種目を発現している時に、提示用端末の上、横、もしくは前のいずれかでハンドサインを提示して（図 3-18a～c）、正しい行動をとらせる。最後の「ヒント」は、正解の種目のハンドサインの一部が被験体に見えるように提示するものである。サイン画面で無反応もしくは間違っただ種目を発現している時に、提示用端末の裏側でハンドサインを提示する（図 3-18d）ことにより、被験体にはハンドサインの最終的な手のかたちは見せずに、途中までの腕の動きのみを見せる。この腕の動きをヒントとして、正しい種目を判断させるものである。不正解時には、操作指示者がいずれかの行動をとることで間違っていることを被験体に伝え、正解の行動をとるように導いた。

a) 端末上部への提示



b) 端末横への提示



c) 端末前面への提示



d) 端末裏への提示

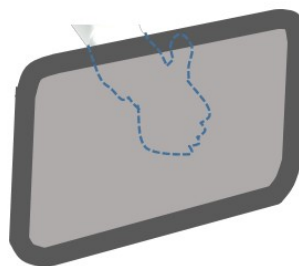


図 3-18 ハンドサインの提示位置

なお、学習の過程では、白い画面および黒い画面で待機していることができた時、正解に至る前の試行の途中に、餌による強化を行うことがあった。この強化は主に、それらの画面で何らかの行動をとってしまうことが続く際に行い、その画面では待機している（ステーションと呼ぶ）ことが正解であるということを伝えるためである。また、サイン画面で不正解であった場合にも、その後のトレーナの行動によって正しい反応に修正した際には、餌およびホイッスルによる強化を行った。サイン画面の提示時には始め、正しい反応をせずに不正解であっても、正しい行動をとったタイミングで強化を行うことで、直前の行動、すなわち修正後の行動が求められていたものであることを気づかせるためである。

5. 記録の作成

5.1. 実験の記録方法

被験体のイルカにタブレット端末を提示して実験を行いながら、操作者が実験の記録を取った。使用した記録用紙を図 3-19 に示した。用紙には、日時、天気、被験体の個体名（ピックのみ）、実施種目、実施回数と正解回数を記録した。また、備考欄には、複数種目を提示したセットにおける提示した種目の順序、試行ごとの種目・ヒントの有無・正解もしくは不正解・不正解時の様子といった詳細な記録を記載したほか、その日の被験体の体調、様子、前回からの変化を記録した。また、右下の図は被験体の個体が生活するプールを上から見た図で、その日の実験を行った位置を記録した。

画面表示へのハンドサインすり替え実験記録

日時 _____年 _____月 _____日 () _____ : _____ ~

天気 晴れ・曇り・雨

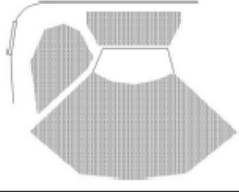
個体 ピック・ミレニー・サワ・他 ()

種目 ターンオーバー・口開け・コーラス・NO・他 ()

実施回数 _____回 (成功回数 _____回)

備考 (前回からの変化など実験時の様子)

実験位置 (・で示してください)



記入者 _____

図 3-19 記録用紙

5.2. 正解率の算出

学習の度合いを定義するために、実験の各セットにおける正解率を計算した。各セットの正解率はセットの全試行数と、正解試行数を用いて算出した。

$$\text{正解率 [\%]} = \frac{\text{正解試行数 [試行]}}{\text{セット内の全試行数 [試行]}}$$

なお、学習の成立を正解率によって定義した。金野ら（2005）は、図形を印刷した画像を見本刺激としてイルカに対して提示し、その弁別を行って提示刺激に対応する正解の図形を選択させる実験を行った。その実験における学習成立の条件にならない、本研究では 80% 以上の正解率が 3 セット継続して現れた時点で学習が成立したとみなした。

4 章

実験 I 結果

1. 概要

本章では、第 3 章で扱ったプロトタイプ実験のうち、単独の種目を学習させる実験 I の結果について記述する。まず、実験全体の経過を説明したのちに、学習を継続して行った口開けの種目を提示した実験の結果に関して、正解率及び不正解であった時の様子を説明する。また、対象の種目から除外したターンオーバーの種目についても、実験時の被験体の反応を記述する。

2. 実験の経過

被験体のイルカに対して、始めに情報端末からハンドサインと同様に種目の指示が出されることを理解させることを目指して、単独の種目の学習実験を行った。実験において被験体に画面を提示する様子を図 4-1 に示す。

実験は 2016 年 12 月 15 日に開始した。始めにターンオーバーの種目を同 12 月 19 日までの間、毎日トレーニングの中で 1 日 1 セットから 2 セットずつ実施し、合計 8 セット行った。その後口開けに切り替えて、同 12 月 19 日の 2 回目のトレーニングにおけるセットから 2017 年 2 月 4 日までの期間実施した。この間は、1 日 2 セット実施した日もある一方で、イルカの体調やトレーニングの条件によって、数日間が空くこともあった。合計 23 セット実施した。

始めに実施したターンオーバーという種目は、その場で仰向けになる種目である。ジャンプなど、被験体のイルカが遠くに離れて行ってしまふことで、強化が行いにくくなることを避けるために選択した種目であったが、以下の理由により、本研究の実験には向かないと判断したため学習が完了する前に中止して種目を切り替えた。まず、ターンオーバーは仰向け

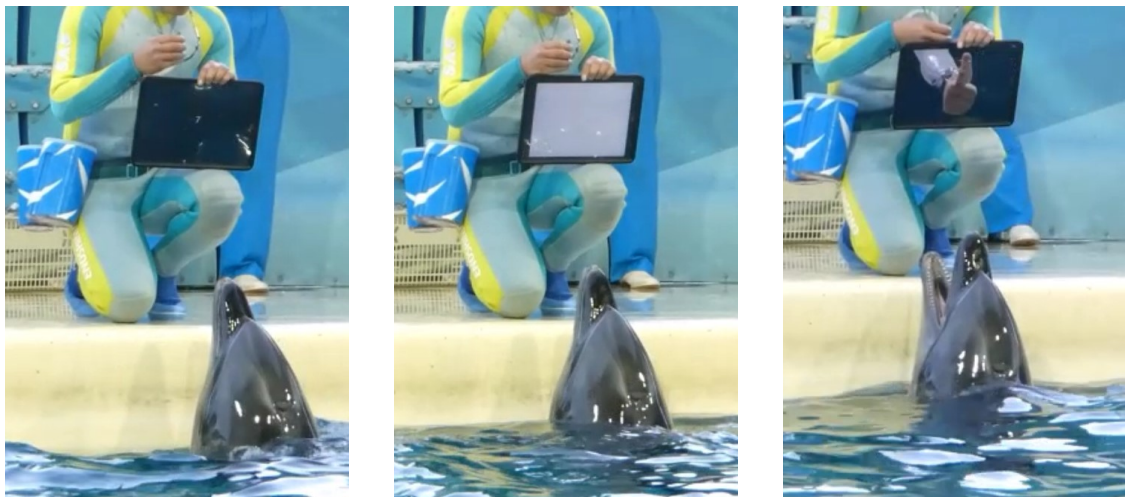


図 4-1 実験 I における画面の提示

になる動作にある程度時間がかかるために、画面の提示からイルカが反応して強化するまでに時間がかかる点である。それに伴って 1 試行が長引くことにより、被験体のイルカが飽きてしまい、集中力が継続しにくくなってしまうことが学習を妨げる要因となる。また、学習の成立のためには、イルカの動作に対してできるだけ早く強化を行うことが効果的であるが、指示を被験体が理解してターンオーバーのかたちが完成するまでに時間がかかることで強化のタイミングが遅れ、効率が落ちてしまう。強化を行う際にも、被験体が仰向けになっていることで時間がかかることがあり、スムーズな学習が行えないという問題があった。

それにより、その場で行うことができる動作で、かつ動作に時間のかからない種目として、口開けを継続して実施した。口開けに関して、学習成立に至るまでの正解率の経過と、不正解の時のイルカの様子について記述する。

3. 正解率

2016年12月19日から実施した口開けの結果を表4-1に示す。なお、実験開始後しばらくの間は、記録方法を検討しながら進めていたために、実験の実施試行数を正確に記録していなかった(表4-1のハイフンで示した部分)。ただし、始めのうちのセットでは5試行～6試行を目安に被験体のイルカの反応を見て変化させながら実施していたことが記録されていたため、実施試行数の記録のある試行の平均値から、全試行数を5.1試行として正解率の算出を行った。なお、正解率の算出に当たっては、学習にあたってタブレット端末のサイン画面提示と同時にハンドサインを提示したものは、不正解の試行として計上した。

求められた正解率のグラフを図4-2に示す。なお、赤色の線は、学習成立の目安となる正解率80%の位置を示したものである。本実験では、17セット目から正解率が80%のセットが続いたことから、19セット目で学習成立とみなした。

表 4-1 実験 I の結果

No.	日付	時刻	試行数 [試行]		正解率 [%]
			実施	正解	
1	2016/12/19	-	-	0	0
2	12/20	-	-	0	0
3		-	-	0	0
4	12/21	-	-	0	0
5		-	-	0	0
6	12/23	-	-	1	19.6
7		-	-	0	0
8	12/24	-	-	1	19.6
9		-	-	2	39.2
10	12/25	-	-	1	19.6
11	12/26	15:00	6	2	33.3
12		16:30	7	5	71.4
13	12/28	-	-	-	-
14	12/29	16:30	4	1	25.0
15	2017/1/7	16:30	6	3	50.0
16	1/11	16:20	4	3	75.0
17	1/14	16:30	4	4	100
18	1/19	14:20	5	4	80.0
19		16:30	3	3	100
20	1/28	16:30	3	3	100
21	2/1	14:20	7	7	100
22		16:30	4	3	75.0
23	2/4	16:20	8	6	75.0

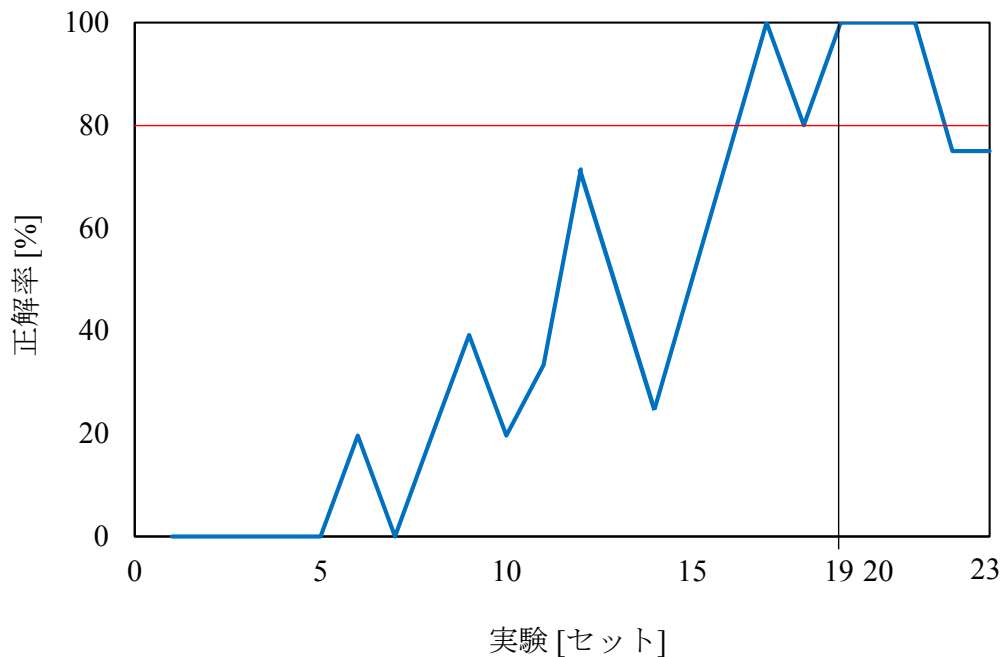


図 4-2 実験 I の正解率

4. 不正解の種類

学習が成立するまでに見られた不正解は、様々な種類に分けることができ、学習が進むに従って、その種類も変化していった。実験 I において見られた不正解は「無反応」、「遅れ」、「他画面」の 3 種類に分類された。

「無反応」はサイン画面において反応がなかったものである。画面を黒い画面、白い画面、サイン画面と変化させたときに、いずれでも口開けをしなかったものを示す。ただし、実験 I においては、黒い画面及び白い画面を提示している最中に口を開けそうになったものを制止して継続した場合もあった。その場合には最後のサイン画面を提示した際の反応として正解もしくは不正解を判断し、不正解の場合はサイン画面における反応をその試行における不正解の種類として記録した。

次に、「遅れ」はサイン画面提示に対して遅れて反応したものである。正解は白い画面からサイン画面に切り替えたタイミングで口を開けたものと定義しているが、サイン画面を提示した直後無反応でも、被験体に対する強化や、正解、不正解の伝達を担当する操作指示者が修正を行わずに待機したとき、少し遅れて口を開ける場合があり、これを遅れと定義した。

最後に、「他画面」はサイン画面以外の画面で目的の種目である口開けを発現してしまったものである。被験体のイルカはサイン画面のみで口開けを行い、黒い画面及び白い画面ではステーションの態勢をとることを要求されているが、それらの画面が提示されている間

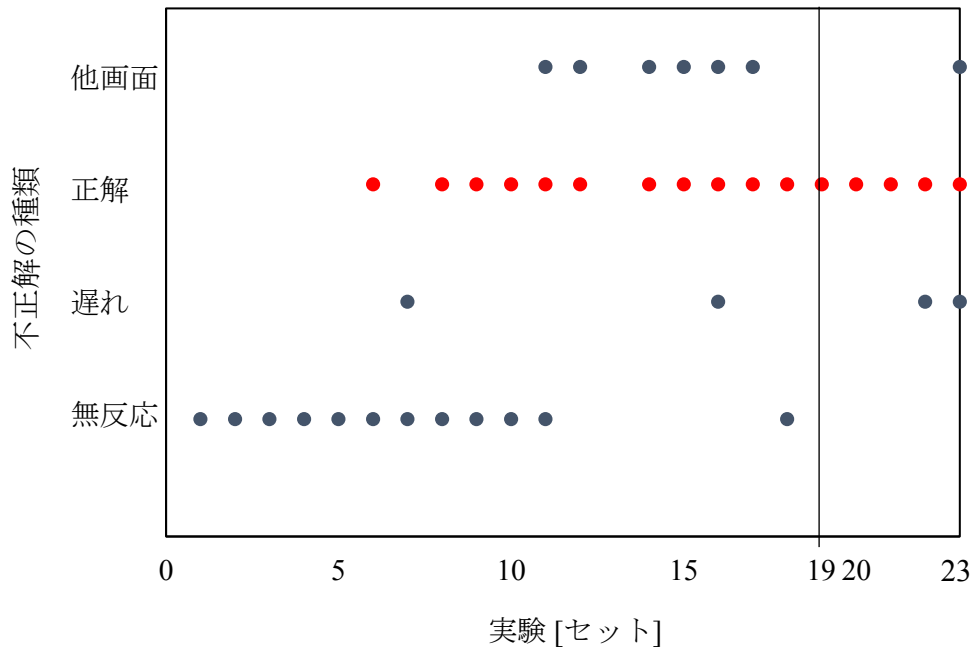


図 4-3 実験 Iにおける不正解の種類

に口を開けてしまうことがあり，その場合を他画面と定義した．

各セットにおける不正解の種類を図 4-3 に示す．そのセットにおいて観測された不正解の種類をプロットした．1セットの中で複数種類の不正解が発現していた場合には，重複してそのセットにおける全ての項目にプロットした．また，図 4-3 には，不正解に加えて，赤い点を用いて正解の発現も示した．不正解の種類は，図 4-3 下部の「無反応」は学習不足に起因するもの，上部の「他画面」に近づくほど過学習（小川他, 1993）に起因するものと考えられる．

不正解の種類はセットを重ねるごとに変化していた．始めのうちは無反応であることが多く，正解の試行が生じてからすぐ遅れが現れた．遅れによる不正解は，出現回数は少ないものの，学習完了とみなした 19 セット目の後にも発現しており，学習の様々な過程で見られていたものといえる．最後に他画面における反応は，正解が増えてくるに従って出現しており，反応するタイミングは黒い画面より白い画面におけるものの方が多かった．学習のはじめは学習不足による不正解が多かったものの，学習が進むにつれ過学習による不正解を発現するようになる様子が見られた．なお，19 セット目付近では他画面における反応が出現していないが，これは白い画面で反応しそうになる時に早めに制止してしまったことが原因のひとつと考えられる．なお，白い画面で反応しかけた時に制止した回数は，セットを重ねるごとに減少していく傾向を見せた．

5. 他種目に対する反応

口開けを開始する以前に実施していたターンオーバーの種目においては、正解となることはなかったが、不正解の種類が変化の様子が観測できた。端末の提示を始めてから 5 セット目までは全く反応がなかったが、6 セット目でサイン画面提示と同時にハンドサインを提示する試行を繰り返したあと、ハンドサインを除いたところ、遅れてターンオーバーを行った。この次の 7 セット目でも同じような反応をしており、画面から指示が出されることに対して理解を示し始めたことが確認された。なお、8 セット目の日には、通常のトレーニング時から集中力がない様子が見られ、遅れての反応も見られなかった。このセットを最後に種目を切り替えたため、ターンオーバーの種目に関しては、その後の変化は記録できていない。

5 章

実験 II 結果

1. 概要

本章では、第3章で扱ったプロトタイプ実験のうち、複数の種目を学習させ、弁別を行わせる実験Ⅱの結果について記述する。まず、実験全体の経過を説明したのちに、学習を継続して行った口開け及びコーラスの種目を提示した実験に関して、実験の経過と、正解率及び不正解であった時の様子について説明する。加えて、最終的に選択した提示方法に至るまでに実施した提示方法や学習のさせ方、また、対象の種目から除外した NO を提示した時の被験体の反応について記述する。

2. 実験の経過

実験Ⅰを通して、被験体のイルカがタブレット端末の画面上にハンドサインと同じ意味を持つサイン画面が提示されることを認識した様子が観察されたため、本実験では新たな種目を学習させることを試みた。複数の種目についてサイン画面を学習させ、それらの弁別を行わせることにより、画面が切り替わったということに反応しているのではなく、画面の内容を見て反応していることを示すことを目指した。

実験は2017年2月4日に開始した。始め、画面の切り替えは1種目提示時と同様に黒い画面、白い画面、サイン画面の3段構成の、サイン提示前合図ありの条件下で実験を行い、2種目目として NO の種目に関して学習を開始した。その中で、実験Ⅰで学習済みの口開けを忘れてしまわないために、途中で口開けを実施するセットも3セット設けた。なお、口開けおよび NO は各々独立したセットの中で行い、1セットの中で提示する種目は1種目のみとした。NO の種目を実施した期間は3月4日までであり、その間に口開けのセットと合わせて10セット実施した。その後コーラスに変更したが、新たにコーラスの学習を始めるにあたっては、事前に7セット、口開けのみのセットを実施した。これは NO を取り入れたことで学習済みの口開けにも混乱が生じていることを懸念して行ったものである。コーラスは5月12日に開始して学習を開始し、これまでの口開け、NO と同じく、黒い画面、白い画面、サイン画面の3段構成で提示を行った。口開けとコーラスは始めのうちセットごとに切り替え、独立して行っていたが、途中から同じセット内で提示するようになり、弁別させることを試みた。ただし、同セット内で2種目を提示するようになってからも、学習状況に応じて1種目のみを行うセットを設けることもあった。口開け、コーラスについて合計72セットを実施した。

その後、画面の切り替えを、黒い画面、サイン画面の2段構成の、サイン提示前合図なしの条件に切り替えた。提示する種目は口開けとコーラスのままで、10月7日から開始し、2種目合計で27セット実施した。その間、学習状況に応じて、セット内では単独種目のみ、もしくは2種目の提示を行った。

なお、中止した NO という種目は、その場で首を横に振る動作をする種目であるが、そのハンドサインは、トレーナーが前に出した腕を閉じた状態から左右に開くものであり、タブレット端末で提示するサイン画面も、2枚で構成されるものとなっていた。そのため、口開け

の種目と対称に扱うためには望ましくないことと、画面の数が増えることにより種目を判断させる手がかりが増え、混乱を招いていることが考えられた。また、NOは首を左右に振った際に激しく水が飛ぶことのある種目である。画面を提示するタブレット端末は防水仕様であり、水がかかっても故障しないようになっているものの、画面の接触検知が誤動作して画面が切り替わったり、接続が切れたりすることが増えた。それにより実験がスムーズに進められなくなるという問題もあったため、NOの種目は中止とし、口開けとコーラスを継続して実施した。

3. サイン提示前合図ありの条件下での実験

3.1. 正解率

2017年5月12日から10月4日までの期間に行われた、黒い画面、白い画面、サイン画面の3段構成の実験における、セットごとの提示内容を図5-1に示す。提示内容は、口開けのみ、コーラスのみ、口開けから始めてコーラスに切り替え、コーラスから始めて口開けに切り替え、口開けから始めて2種目を細かく切り替え、コーラスから始めて2種目を細かく切り替え、の6種類に分けられた。コーラス開始後すぐにはコーラスのみを続けて行い、その後2種目を同セット内で提示するようにしてゆき、徐々に切り替えを増やしていった。ただし、コーラスと口開けを同セット内で提示し始めたところ、コーラス、口開けともに正解率が下がる様子が見られたことから、コーラス、口開けを単独で行う日も設けることとした。

19セット目からは、不正解時の操作指示者の対応のひとつとして第3章で言及したヒントを、タブレット端末のサイン画面提示と同時に提示する方法を導入した。すなわち、タブレット端末にサイン画面を表示するタイミングに合わせて、タブレットの裏にハンドサイ

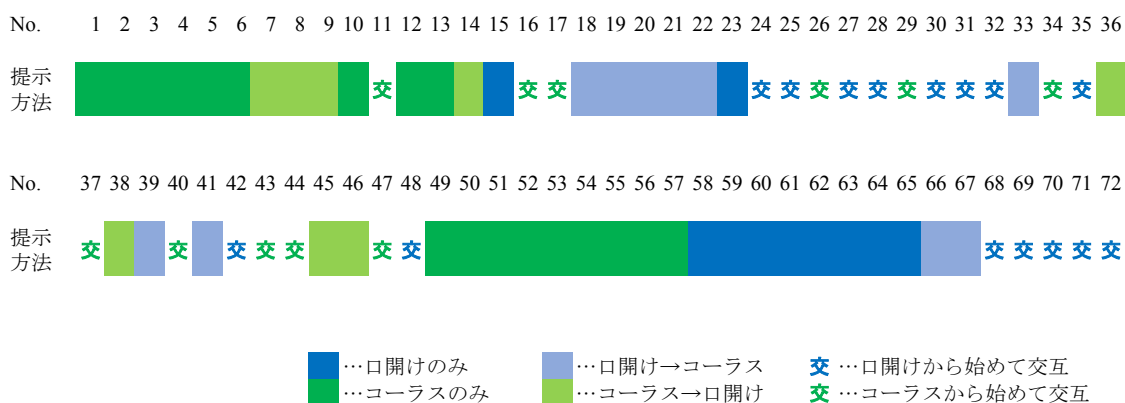


図 5-1 サイン提示前合図ありの条件下における各セットの提示内容

ンを出し、被験体のイルカには腕の動きのみを見せることによって、腕の動きをヒントとして指示された種目を推測させることを試みた。ヒントを出しながら種目の切り替えを増やしていき習得を目指したが、学習が十分に進展しなかったため、49セット目から再び単独種目のみを提示するセットを集中的に行った。まずコーラスのみを提示し、正解率が上がってきたところで、口開けのみのセットに切り替え、口開けも成功率が上昇したところで、同セット内における両種目の提示を再開した。

口開け及びコーラスの正解率を図5-2に示した。図5-2では、口開けを青線、コーラスを緑線で表しており、学習成立の目安となる80%の位置に赤線を引いている。なお、正解率の線が途中で途切れているのは、図5-1に示したように、セットによっては口開け、コーラスのいずれかしか行わない日があったためである。また、同じ期間について、ヒント付きで正しい反応が見られた試行を正解として計上した場合に求められる正解率を図5-3に示した。さらに、ヒント付き正解を含めた正解率に占めるヒント付き正解の割合を、口開け、コーラスについて図5-4、図5-5に示した。図5-4は口開けの正解率を表すグラフで、濃い青が全体の正解率、薄い青がヒント付きのみの正解率を示しており、同様に、図5-5はコーラスの正解率を表すグラフで、濃い緑が全体の正解率、薄い緑がヒント付きのみの正解率を示している。

図5-3では、ヒントを追加した19セット目から、正解率が上昇している様子が見られた。しかし、図5-4、図5-5に見られるように、その正解の多くはヒント付きのもので、ヒントに依存している傾向が強く見られていた。それにより、ヒントをなくすと途端に反応がなくなってしまう様子も観察され、単独種目の提示を改めて開始した49セット目以降は、各種目についてヒントなしで正解が出せるようになることを目指し、ヒントの提示回数を減らした。その結果、55セット目以降はヒント付き正解の占める割合はかなり小さくなったものの、ヒントなしで両種目の正解率を維持することは困難であった。コーラスの後で単独種目のみのセットを行った口開けは、その後2種目にした際にヒントなしでも正解率が上がってきたものの、コーラスに関してはほとんど正解が見られなくなっていた。

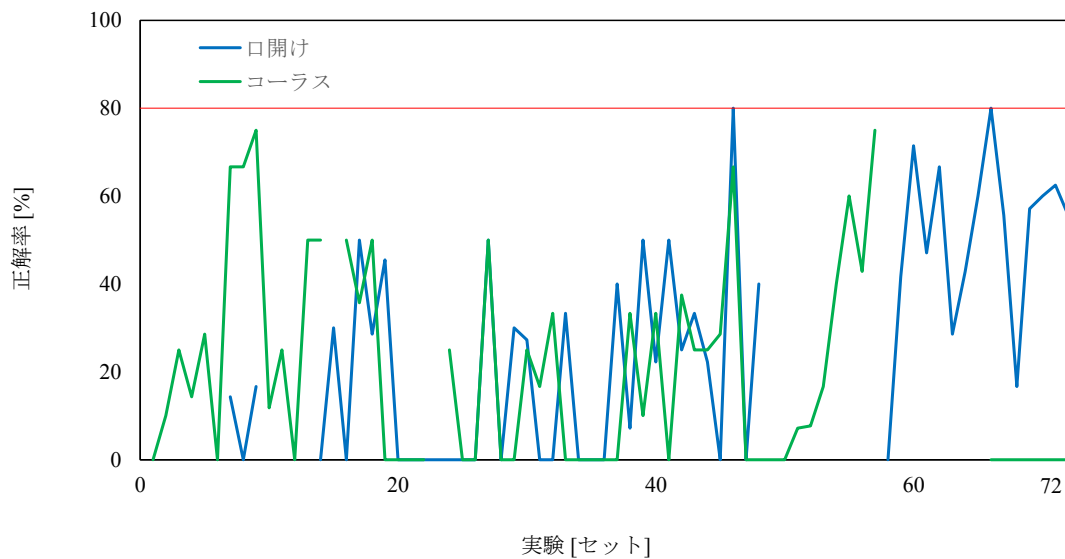


図 5-2 実験Ⅱサイン提示前合図ありの条件下における正解率

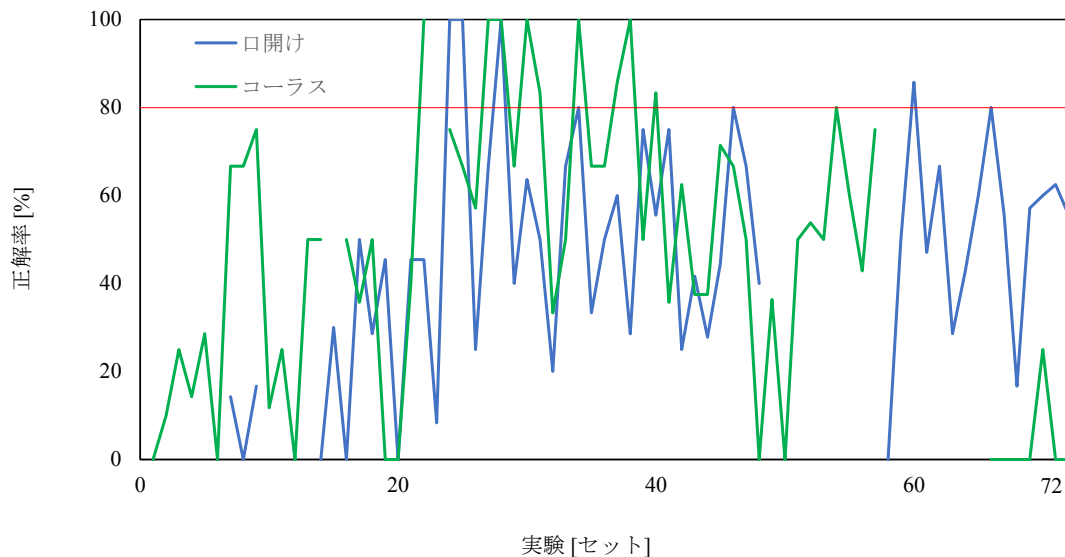


図 5-3 実験Ⅱサイン提示前合図ありの条件下におけるヒント付きを含めた正解率

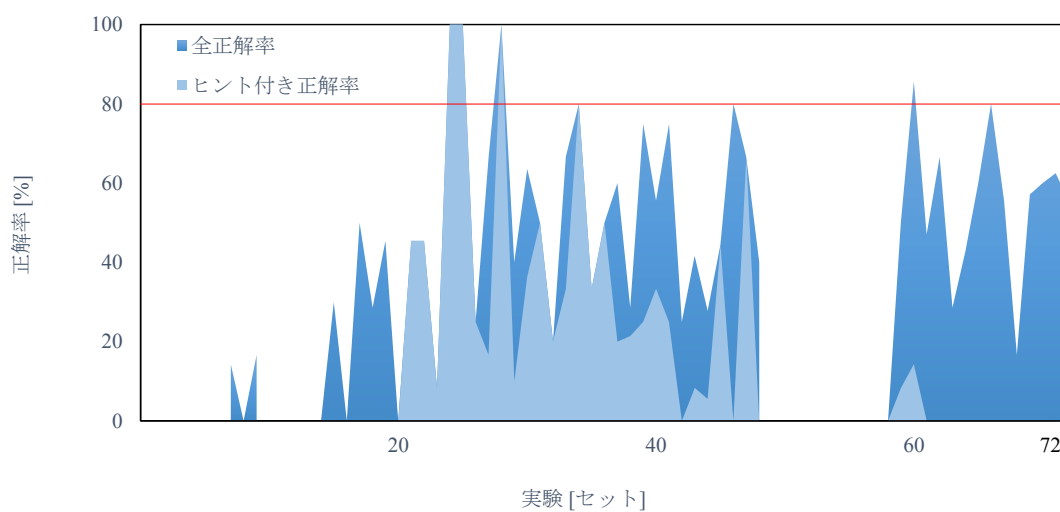


図 5-4 実験Ⅱサイン提示前合図ありの条件下における口開けの正解率

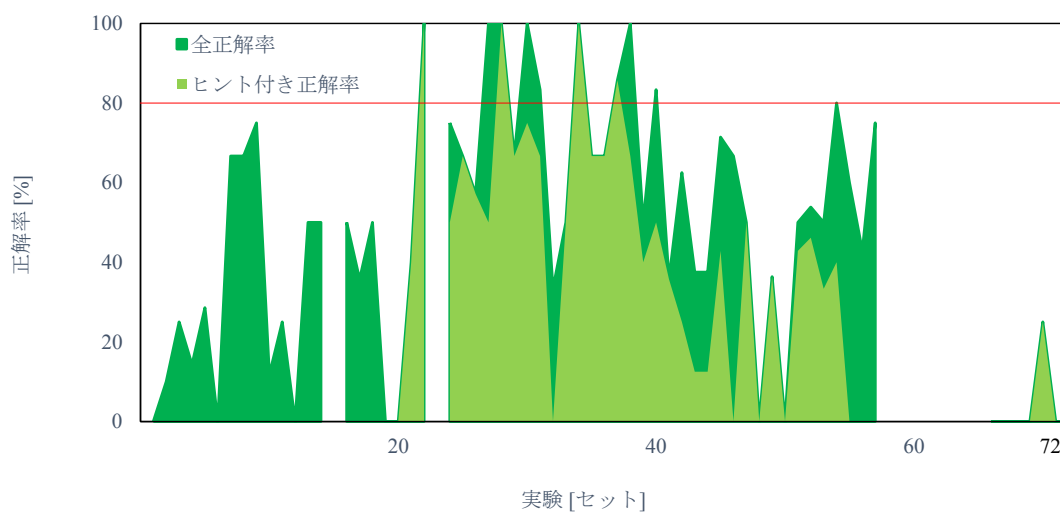


図 5-5 実験Ⅱサイン提示前合図ありの条件下におけるコーラスの正解率

3.2. 不正解の種類

実験Ⅱのサイン提示前合図ありの条件における不正解の種類は、実験Ⅰと同様の「無反応」、「遅れ」、「他画面」に、「他種目」を加えた4種類であった。

「他種目」は、サイン画面において他の種目を発現するものである。複数種目を導入したことにより、例えば口開けのサイン画面が提示されているのに、コーラスを発現するといった不正解が見られるようになり、これらを他種目の反応に分類した。なお、サイン画面に至る前の黒い画面及び白い画面を提示している時に、その試行で提示しようとした種目と別の種目を発現した場合には、他種目ではなく他画面に分類した。これらの画面ではまだ種目の手掛かりは出ていないので、種目を間違えたとは定義できないためである。

各セットにおける不正解の種類を、口開けに関しては図 5-6、コーラスに関しては図 5-7 に示した。各セットで見られた不正解の種類を全てプロットし、加えて正解の発現も赤い点で表した。下部の無反応は学習不足によるもの、上部の項目に向かうに連れて過学習による不正解と考えられる。なお、グレーの網掛けで示した部分は、各々の種目を行わなかったセットである。なお、図 5-6 及び図 5-7 で表示した正解の赤い点は、ヒントなしの正解のみを示している。不正解の種類は、図 5-6、図 5-7 に示した通り、時期による明確な変化はなかった。しかし、提示内容の変化と照らし合わせると以下の特徴があることが判明した。

- ① NO の種目を実施した後、コーラスのみのセットを継続して行ったことで、その後コーラスと口開けの 2 種目を同セット内に提示するようになると、口開けを忘れていた様子が観察され、白い画面における口開けが多く見られた。
- ② 同セット内で 2 種目を出しても、事前にハンドサインを提示したり、ヒントを同時に見せたりすることにより、いずれの種目も発現することができ、どちらかの種目しか行わない様子は見られなかった。
- ③ 片方の種目のみのセットを続けて実施すると、もう片方の種目の正解率が下がるという状態を繰り返した。
- ④ サイン画面の提示と同時にヒントを提示する方法を導入したところ、ヒントがある場合はコーラス、ヒントがない場合は口開けと認識した様子を見せ、ヒントがない場合にはサイン画面に関わらず、口開けを行うようになった。

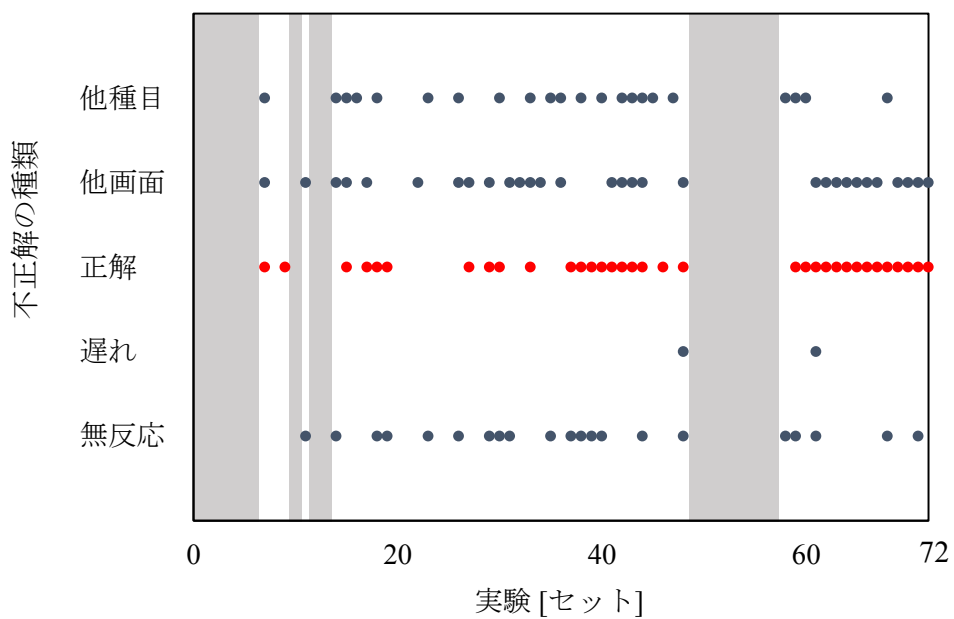


図 5-6 提示前合図ありの条件下における口開け提示時の不正解の種類

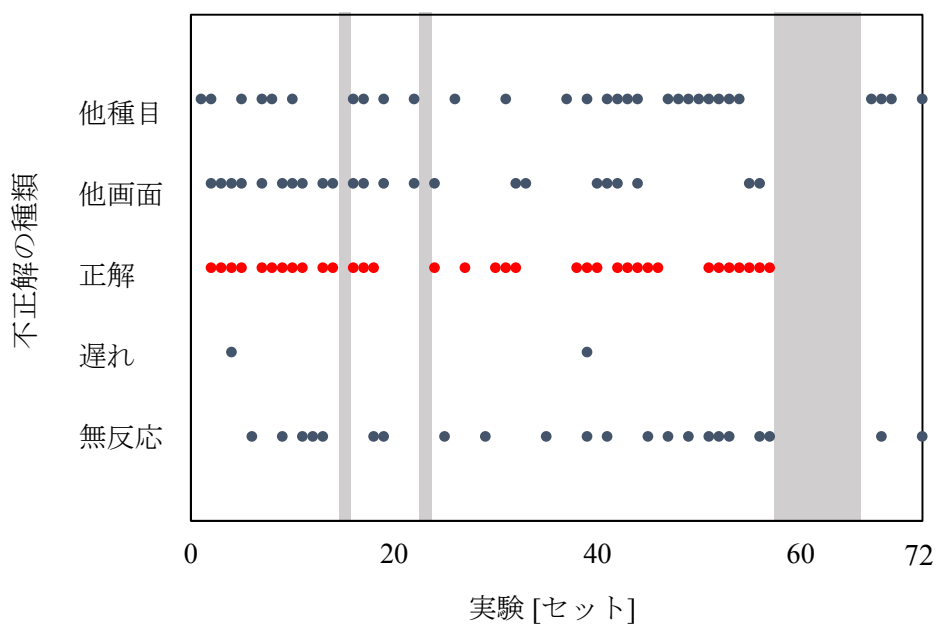


図 5-7 提示前合図ありの条件下におけるコーラス提示時の不正解の種類

4. サイン提示前合図なしの条件下での実験

4.1. 正解率

2017年10月7日から12月1日までの期間に行われた、黒い画面、サイン画面の2段階構成の実験における、セットごとの提示内容を図5-8に示す。提示内容は合図なしの実験と同様の6種類から選択した。始めて白い画面を除いた実験を行ったことから、混乱を回避するため、始めはこれまでの学習期間が長い口開けのみのセットを繰り返して2段階構成の提示の認識をさせた。口開けの正解率が上がったところでコーラスの提示も開始し、コーラスについても正解率が上がってきたところで、セット内で2種目を切り替える間隔を狭めていった。

なお、本実験ではサイン提示前合図ありの条件下の実験で用いたヒントは使用せず、新たに「事前ヒント」を使用して学習を進めた。これは、タブレット端末を被験体に提示する前に、ハンドサインを用いて次に行う種目を実施してから、実験を行うというものである。ハンドサインを実施することで、次に出力される種目を予想させることで正解を増やし、正解時の強化の繰り返しを増加させて、習得を促進することを目指した。事前ヒントは6試行目から提示を開始し、15試行目以降は基本的に毎試行行った。事前ヒントを提示する際にはその都度端末を下げてからハンドサインの提示を行い、再び戻して実験を行うという方法を採用した。

口開け及びコーラスの結果を表5-1に、正解率を図5-9に示した。図5-9では口開けを青線、コーラスを緑線で表しており、学習成立の目安とする80%の位置に赤線を引いている。なお、事前ヒントの有無に関係なく、タブレット端末を提示している間の被験体の挙動から、正解もしくは不正解を判断した。正解率の線が途中で途切れているのは、図5-8に示したように、口開けのみ、コーラスのみのセットがあったためである。



図5-8 サイン提示前合図なしの条件下における各セットの提示内容

表 5-1 実験Ⅱサイン提示前合図なしの条件下の結果

No.	日付	時刻	口開け			コース		
			試行数 [試行]		正解率 [%]	試行数 [試行]		正解率 [%]
			実施	正解		実施	正解	
1	10/7	16:30	7	0	0			
2	10/10	16:30	17	3	17.6			
3	10/16	16:30	14	9	64.3			
4	10/18	16:30	4	3	75.0			
5	10/20	16:50	6	3	50.0	4	0	0.0
6	10/22	17:00	3	2	66.7	5	0	0.0
7	10/24	16:30				18	0	0.0
8	10/27	16:50				18	0	0.0
9	10/30	16:30				5	3	60.0
10	10/31	16:40				8	4	50.0
11	11/1	16:30	12	0	0.0	6	3	50.0
12	11/3	17:00	5	2	40.0	3	2	66.7
13	11/5	17:00	2	1	50.0	7	3	42.9
14	11/7	16:40	6	3	50.0	5	2	40.0
15	11/10	16:50	6	1	16.7	4	2	50.0
16	11/12	17:00	5	1	20.0	3	3	100
17	11/13	16:50	7	3	42.9	4	2	50.0
18	11/15	16:40	2	2	100	2	2	100
19	11/17	16:40	2	2	100	4	1	25.0
20	11/20	16:50	2	2	100	2	2	100
21	11/21	16:40	2	2	100	9	3	33.3
22	11/23	16:50	7	2	28.6	4	2	50.0
23	11/25	17:20	3	2	66.7	2	2	100
24	11/27	16:50	5	2	40.0	4	3	75.0
25	11/29	16:30	6	4	66.7	3	3	100
26	11/30	16:30	5	3	60.0	3	3	100
27	12/1	17:00	3	3	100	7	4	57.1

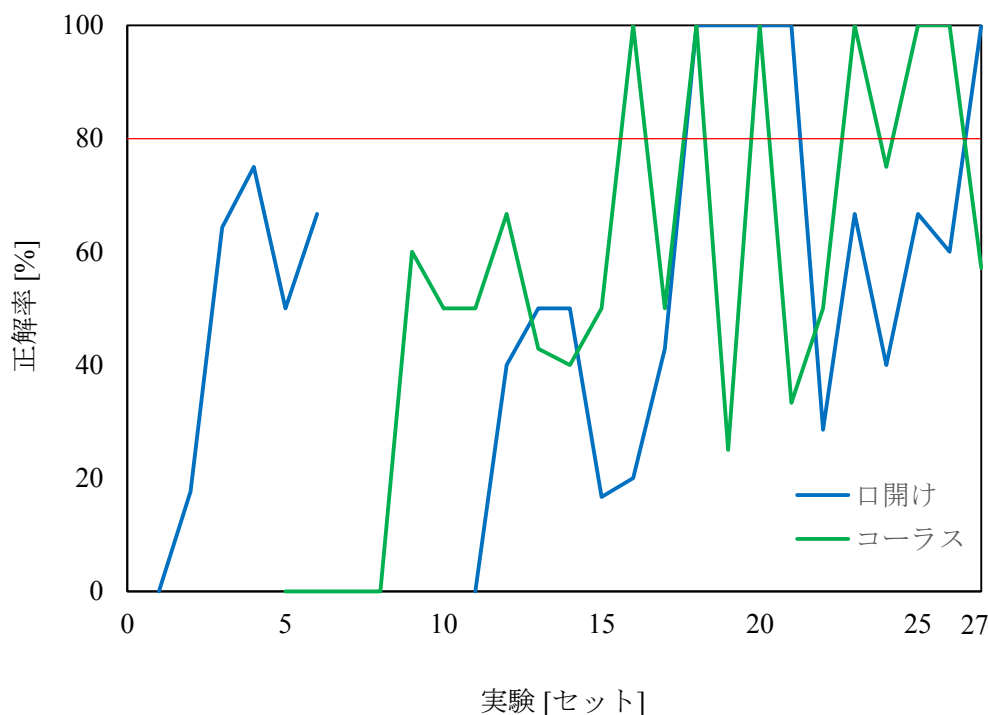


図 5-9 実験Ⅱサイン提示前合図なしの条件下における正解率

図 5-9 では、事前ヒントを多くの試行で実施するようにした 15 セット目から、正解率が上昇している様子が見られた。両種目とも 80%以上の正解率を安定して出すには至っていないが、18 セット目、20 セット目には両種目とも 100%の正解率を表し、より高い正解率を示しながら収束に向かう様子が見られる。

4.2. 不正解の種類

実験Ⅱのサイン提示前合図なしの条件下における不正解の種類は、同サイン提示前合図ありの条件下における実験と同じく、「無反応」、「遅れ」、「他画面」、「他種目」の 4 種類であった。なお、「他画面」に関しては本実験では白い画面を排除したために、黒い画面における反応のみを示す。

各セットにおける不正解の種類を、口開けに関して図 5-10 に、コーラスに関して図 5-11 に示す。それぞれのセットで見られた不正解の種類をすべてプロットし、加えて正解の発現もを赤い点で示した。下部の無反応は学習不足に依るもの、上部の項目に向かうに連れて過学習による不正解と考えられる。また、グレーの網掛けで示した部分は、その種目を実施しなかったセットを表す。

黒い画面、サイン画面の順で行う切り替え方式にしてすぐに行った、口開けの始めの方の試行では、画面の変化を認識せず無反応となることが多かった。なお、それら無反応の際に

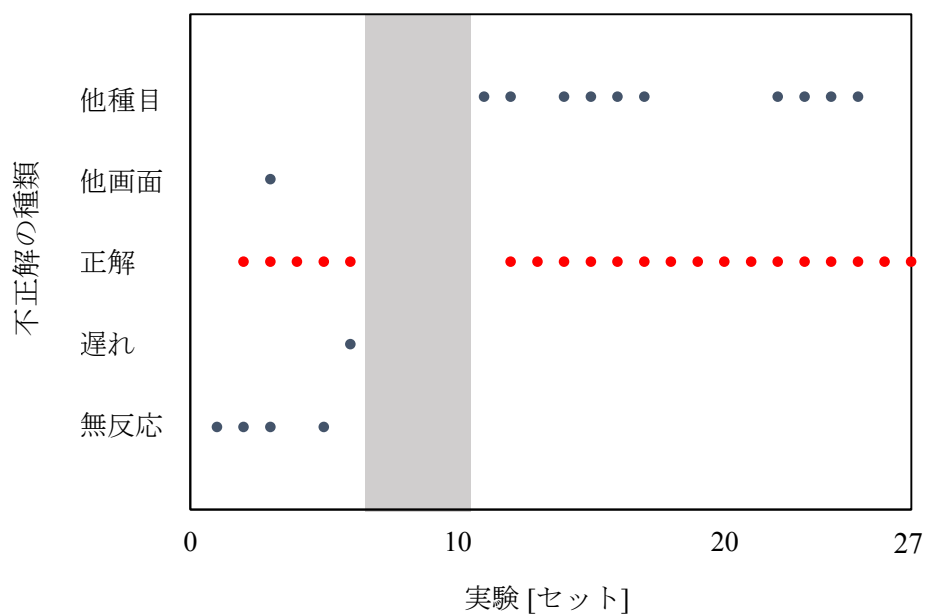


図 5-10 提示前合図なしの条件下の口開け提示時における不正解の種類

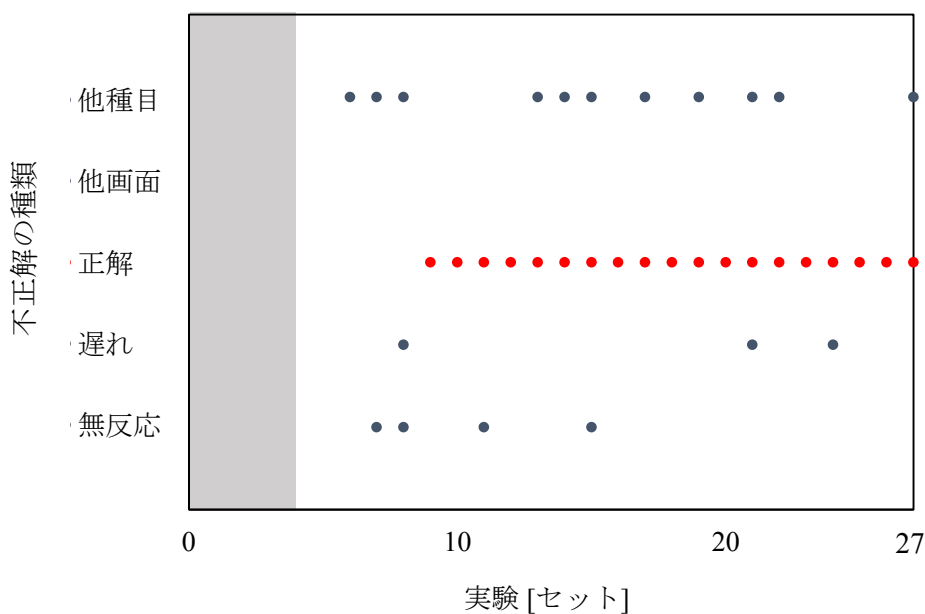


図 5-11 提示前合図なしの条件下のコーラス提示時における不正解の種類

は、黒い画面に戻したタイミングで口開けを行う様子が多数見られた。遅れて始めたコーラスでは、始めのうちタブレット端末のサイン画面提示と同時にハンドサインを被験体に見えるように提示し（サイン提示前合図ありの条件下の実験で用いたヒントとは区別する）、徐々に事前ヒントのみに移行していった。なお、このように、始めからハンドサインを同時に提示した場合は不正解として計上した。コーラスでは始め、様々な不正解が見られたが、両種目を同セット内で実施するようになると、いずれの種目においても、他種目を発現する不正解が最も多く見られた。

また、事前ヒントの提示にあたっては、試行ごとに端末を外して次に提示する種目のハンドサインを1回～3回の範囲で連続して実施した。各セットにおいて事前ヒントを提示した試行の数を、提示したハンドサインの回数および正解（○）もしくは不正解（×）の基準で分類して表 5-2 に示す。例えば、16 セット目の試行では、口開けにおいて、試行前に事前ヒントを1回ずつ提示したときに正解1試行、不正解1試行、コーラスにおいて、事前ヒントを1回ずつ提示したときに正解2試行、2回ずつ提示したときに正解1試行であったことを示している。17 セット目から事前ヒントの提示回数が2回ずつの試行が続いたところ、正解率が高い値を示した。そこで、事前ヒントを減らしても同じ状態を維持できることを目指して、21 セット目から事前ヒント1回ずつの試行を増やしたところ、正解は減少した。しかし、1回ずつ事前ヒントを提示する試行も継続していくことにより、正解が増加していく様子が観察された。

本実験で確認された特徴は以下の3点である。

- ① 白い画面を除いてすぐの試行では不正解であった一方で、2セット目では早くも正解が現れ、2段構成を認識した様子が見られた。
- ② 実験を行った時期が冬であったことから実験時刻に周囲が暗いことが多かったが、周囲が暗い方が、画面に対する反応が良い様子であった。
- ③ 事前ヒントの提示回数を変化させた際にも、正解、不正解の発現数が変化した。

表 5-2 事前ヒントの提示を伴う試行の分類

No.	種目	口開け						コーラス					
	提示回数	1回		2回		3回		1回		2回		3回	
	○/×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×
1													
2													
3													
4													
5													
6								2					
7													
8													
9													
10				1									
11				1									
12		1											
13								3					
14	1			1		1		1					
15		1	1	1				1		1			
16	1	1						2		1			
17			2					1	1				
18			2					1		1			
19			2					1	1	2			
20			2							2			
21	1	1	1	2				1	1	3	1		1
22	1		1	1				1	1	1	1		
23	2			3				1		1			
24	3	1	1	1				1	1	2			
25	3	1		1				3					
26	1							3					
27								2	3	2			

5. 他種目に対する反応

コーラスの種目を採用する前に実施していた、NOの種目を使用した試行において観察された被験体の反応を説明する。実施した全てのセットで正解はなく、全て画面の切り替えと同時にもしくは少し遅れて提示したハンドサインのみに反応してNOを発現した。ただし、タブレット端末が提示されているために毎試行口開けをしてしまうということにはなかった。NOを初めて行ったセットでも、始めの数試行で画面切り替えに合わせて端末の前でハンドサインを提示してから画面のみで提示したところ、NOの発現もなかったものの、画面のみになっても口開けは発現しなかった。また、途中で実施した口開けのセットにおいては白い画面での口開けが多く見られたが、NOのみのセットの際に白い画面で口を開けることは少なく、2つの別の種目が指示されうることを認識している様子がみられた。

6 章 考察

1. 概要

本章では、第4章及び第5章において記述した、プロトタイプ実験の実施により得られた結果から、イルカの情報端末に対する認知特性を考察する。また、本研究の結果から、継続して実施すべき今後の課題及び展望に関して述べる。

2. 情報端末の画面出力に対する認知

2.1. 画面上におけるサインの提示

被験体に対してタブレット端末を最初に提示したのは、ターンオーバーの種目であった。そのため、イルカがタブレット画面に対して、ハンドサインと同様に指示が出るものであるという認識を持ったタイミングは、ターンオーバーの実験から判断できると考えられる。被験体は6セット目のサイン画面提示時に、遅れてではあるがハンドサインを提示することなく、画面に依存してターンオーバーを発現する様子を表した。続けて、次のセットでも遅れてターンオーバーの発現が見られたことから、画面から指示が出るということに対する認識は、この時に既になされていたことが予想される。

イルカとトレーナとのコミュニケーションにおいては、トレーナが手や体の動きで複数の指示を区別して提示するハンドサインが日常的に用いられており、視覚を用いたコミュニケーションが基本になっている。そのためハンドサインと同じ、視覚情報を与えるという条件を備えたタブレット端末の画面は、サインの提示方法としてはイルカが認識し易いものであったことが考えられる。ただし、「口開け」の単独の種目で比較的短時間で学習が成立したのに対し、「口開け」と「コーラス」の弁別に関しては、回数を重ねても学習が十分になされなかったことから、画面が変化することは認識できるものの、画像の内容を認識して区別するのは困難であることが予想される。

通常、ハンドサインを用いてイルカに種目を指示する際には、イルカはハンドサインを最後まで見てから反応するとは限らず、ハンドサインの動作の途中の時点で、トレーナの体や手の動きから種目を判断して行動することがある。そのことから、イルカはハンドサインを、最終的な形ではなく、トレーナがイルカの目の前で直立した状態から最終形態に至るまでの動作全体として、捉えていることが考えられる。さらには、我々が種目を指示するものとして設定しているハンドサインの目に見える形ではなく、トレーナがイルカの前に立ってからイルカが種目を発現するまでの間に現れる、もっと他の条件に基づいて種目を判断している可能性も想定でき、ハンドサインのどの段階にイルカが注目しているのかを検証していく必要がある。

なお、情報端末を通じて種目を指示する場合には、常に均質な出力を提供できるという特徴から誰でも同じサインをイルカに提示することができるようになるが、これはイルカとトレーナとの信頼関係が必要なくなることを示唆しているのではない。情報端末を用いる場合にはすぐそばで監視することができない分、信頼するトレーナが設置したものとしてイルカが情報端末を認識することによってはじめて、指示に従わせることができるもので

あると考えられる。

2.2. 画面の視認性

本研究でイルカに対して提示したタブレット端末は、見えやすくするために常に画面の輝度は最大にしておいた。しかし実験を行った環境は図 6-1 に示すように、屋根がない屋外のプールであったことから、特に夏の時期の実験においては画面への光の反射が強いことがあった。そのため非常に日差しの強い日には、タブレット端末の画面に水面で反射した光が反射したり、イルカ自身の鏡像を写したりすることが視認性を下げていると思われた。

人が屋外でタブレットを操作する場合には角度を細かく調整しながら、可能な限り反射を抑える工夫をしながら使用しているが、本研究における実験ではタブレット端末は提示者が手で保持してイルカに見せている上、イルカから見たときの反射の様子が正確にわからないことから、反射を防ぐように提示位置を調整することも困難である。

ただし、光が弱い時期に集中して学習を行って正解率が上昇した後、比較の日差しが強い日に実験を行った時に、正解率が落ちることなく良い反応を見せたことがあったように、予め学習が成立していれば、多少見えにくい部分がある場合でも、補完して理解することができるのではないかと考えられる。また、トレーナの前に留まるイルカは、多少移動することもあり、自身の位置を調整することができるので、イルカが画面に出力される画像を見て指示に従うということを理解していれば、見え易い場所に移動することも期待できる。



図 6-1 屋外の実験場所

2.3. 写真に対する理解

本研究では、イルカが画面に提示される手の写真を、日常的にトレーナーが提示しているハンドサインの手と同じものあることを認識し、同様の意味を示すことを予想して、指示する種目を発現してくれることを期待していた。

しかし、最初にターンオーバーのハンドサインの画像を見せた時に反応がなかったことから、端末の画面上に表示された写真が、種目を指示するということが理解できないことが予想できる。また、実験Ⅰで口開けを学習し終えた後で、実験Ⅱに移り新しい種目を提示した時に反応がなかったことから、そもそも写真の中の手が実物のトレーナーの手と同じものであることを理解していないことが判明した。実験Ⅱを開始した時点では、端末の画面上に表示された画像が種目を指示するものであることを認識しているため、仮に写真と実物の関係を理解していれば、新たな写真を見せた場合にも、そのハンドサインが指示する種目を発現するはずであるからである。

3. イルカのパターン認識

第5章に示した、実験Ⅱにおける被験体の反応の特徴から、イルカの「パターン」に対する認識が優れていることが予想される。

1セットの中で複数種目を提示した場合に、被験体のイルカはいずれの種目も発現することができることから、端末の画面からは口開け、コーラスの両方の種目が指示されうることを理解している。しかし、いずれかの種目のみのセットを連続して実施した後、もう片方の種目に移行すると正解率が著しく低下する様子から、画面に表示される画像自体を十分に判別せず、画面の切り替わりをトリガーに、直前の試行で行った種目を発現していたことが考えられる。

このように画面の内容を区別する様子は十分に見られなかった一方で、実験Ⅱのサイン提示前合図なしの条件下において、端末の提示の前にハンドサインを実施する事前ヒントの回数を変えただけで正解率が変化したように、実験のパターンを記憶している様子が度々見られた。例えば、白い画面を除いた直後、1セット目は不正解であったものの2セット目では早くも正解するようになった。これは、サイン画面の画像としては認識が十分でないために黒い画面の次にすぐに提示されたサイン画面に従うことはできなかったことを表すと同時に、その後すぐに正解するようになったことから、パターンの変化をすぐに学習して、2枚目の画像提示時に反応することを覚えたことを示している。その証拠に、その後の不正解も他画面や遅れは少なく、サイン画面において正解と同じタイミングでもう一方の種目を発現してしまう他種目が目立った。このように、イルカは、画像そのものを区別することは得意でない一方で、画像の提示時のパターンには敏感に反応する様子が見受けられた。

4. イルカの認知形態

イルカは情報端末の画面に対して、トレーナのハンドサイン同様に種目の指示を出すものであるという認識をすることが示された。ただし、本実験の期間では2種目の弁別の学習が成立するには至らなかったように、画面の内容に対する注目は十分でなく、画面の切り替えなどのパターンに対しての学習が早いことが観察された。これは、静的な画面よりも、画面の変化といった動的な刺激に対して積極的に学習が行われる姿勢があると捉えることができる。

これは、ヒトとイルカの生活環境における認知形態の違いに起因すると考えられる。ヒトは常に文書や写真といった静的な情報を大量に扱う環境で生活しているため、本来動きのある場面の一部を切り出した写真を見ても、実物と同じものとして認識することができる。一方で、イルカを始めとする多くの動物は、日常の生活においては、静的なものよりも動的なものに対して情報をすばやく処理することが求められる。それは、自身の天敵が迫っているのをいち早く見つけるためであったり、動く餌の位置を正確に把握して捕獲するためであったりするため、生存のために最も重要な情報のひとつである。そのため、自然と静的な情報よりも動的な情報に注目が集まり、本実験においても何らかの動作を含む提示のパターンを見つけ出して手掛かりとして習得しようとする様子が観察されたと考えられる。なお、天敵や餌の心配がない水族館において飼育されている個体であっても、実験でパネルボードを見せられるような機会がない限り、トレーナとのハンドサインも上述のように動作として認識していると考えられ、やはり静的な情報の処理を必要とすることは少ない。

また、イルカのパターン認識については計画行動にも関連していると考えられる。計画行動は例えば、効率的に採餌を行うために群れで役割を分担し、魚を囲い込んで捕獲するといった採餌 (Foer et al., 2015) や交尾のために行われることが多いが、イルカはかなり一般化された計画能力を持つことが知られており (Kuczai et al., 2009)、それらの行動の計画を立てるために、順序立てて物事を考える能力を有していると考えられる。イルカがパターンを記憶したケースでは、水族館におけるトレーニングの現場で、ショーに出演するイルカがショー内で行う種目の7つの順序を記憶し、ほとんどハンドサインを見なくても種目が行えるようになった例があった。これはトレーナが指示して記憶させたものではなく、イルカが自発的に学習したもので、順序に対する認識の高さを示す事例と考えられ、この能力がパターン認識を推進していると考えられる。

このように、ヒトとイルカの生活環境の差に起因する、情報に対する処理の特徴の違いにより、タブレットの画面に対するイルカの反応は予想と異なっていたと思われる。ただし、イルカに対して画面を介して指示を出力すること自体が不可能であるわけではないと考えられる。イルカは、視界の優れない水中で生活していることから (西脇, 1972)、音声コミュニケーションを発達させてきたことが知られており、個々の存在を知らせるために用いるシグネチャーホイッスルを始めとするイルカ同士の音声コミュニケーションに関する研究もなされてきた (Janik et al., 2013)。一方、イルカの視覚に関しては、解剖学的な研究

や人為的に操作した条件下で課題を与えることにより視覚の特性を明らかにしようとした研究があるものの、イルカの視覚がどのように活用されているのかは十分に解明されておらず、水中での利便性の欠如から音声コミュニケーションに比べ発達していないとも考えられる。ただし、そのようなコミュニケーションの特性を持っているにも関わらず、水族館においてトレーナとのコミュニケーションに用いられるのはハンドサインで、大気中における視覚を用いて意思の伝達を行えることが示されている。そのため、同じ条件に設置された画面からの情報に対しても、例えば画面の明滅のパターンを用いるなど、提示する情報を適切に選択することで認識がなされることが十分に期待できる。

5. 今後の展望及び課題

本研究では、イルカの情報端末の画面からの出力に対する認識能力を明らかにするために、複数種目を指示する画像の弁別を目指して実験を行い、弁別の学習完了という到達点に対し9割程度まで至ることができたと考えられる。

本実験で観察された、パターン認識に秀でているイルカの認知能力を鑑みると、静止した画像よりも、動きのある情報の方がイルカに認識されやすい可能性もあり、情報端末の画面に対するイルカの認識能力は、静止画像に限らずに調査を進めていく必要がある。その際提示する情報は、上記で述べた動画や画面の明滅パターンに限らず、イルカが高度に発達させていると考えられる音声についても検討することが求められる。

一方で、本研究で扱った静止画像に対する弁別の学習に関しても、本研究の期間では成立に至らなかったものの、正解率は上昇している様子を見せていることから、継続した実験を行うことによりその認識能力を明らかにしていくことも有用であると考えられる。これは、将来的に、トレーニングの場でトレーナを補助する役割として用いることを想定した場合に、本研究で用いた1枚の静止画像を用いる方法が有効であると考えられるためである。静止画像を採用することで、新たな種目を覚えさせるときに画像を作成しやすく、また、動画に比べて、種目を指示するタイミングを画面が切り替わる瞬間として明確に定められるという利点がある。

また、実際にトレーニングの場で活用できるシステムを構築するにあたっては、始めに情報端末からの出力情報を学習させる段階を簡略化することが必要とされる。本研究で実施した実験では3名の実験者が参加したが、将来的には、通常イルカを担当する1名のみでも新しいサインの学習ができるような情報端末及びその提示方法を検討していくことが求められ、それに向けて、固定された端末からの画面の提示や、実験者を完全に排除した条件での実験の成功が示されることが期待される。

7 章

結論

本研究では、イルカの情報端末に対する認知能力を明らかにすることを目的とした。具体的には、成熟したバンドウイルカ 1 個体に対してタブレット端末を提示し、被験体が日常的に行っている種目を指示するハンドサインの写真を提示した。まず、1 種目についてサイン画面が提示された時にその種目を発現するように学習を行った。次に 2 種目の学習を行い、それらの弁別を行わせることを目指した。その結果以下の点が明らかになった。

- (1) 写真と実物が同じものであるという認識は持たず、新たな記号としての写真にハンドサインをすり替える形で学習が行われる。
- (2) 1 種目の提示に対し有意に高い正解率を記録して学習が成立したことから、画面が切り替わることで出力情報が更新される特性を持つタブレット端末の画面上に表示される画像に対して、ハンドサインと同様の意義を持ち、種目を指示するものであるということを理解したことが示された。
- (3) 1 種目の学習が短期間で成立したのに対して、2 種目の弁別は難航したことから、サイン画面が切り替わることは認識するものの、画像を判別することが困難であることが予想される。
- (4) イルカはハンドサインを、実験でサイン画面として切り出した最終的な形態ではなく、そこに至るまでの一連の動作として捉えていると予想される。
- (5) 学習の過程において生じる不正解は 4 種類に分類でき、学習不足による不正解から過学習による不正解に学習とともに移行していき、学習不足と過学習の間で振動しながら、その間に位置する正解に収束した。
- (6) イルカに対し情報端末の画面を提示する場合には、印刷されたパネルボードの提示に比べて、周囲が明るい場合に反射の影響が大きく視認性が下がることが考えられる。
- (7) イルカの認知能力はその生活に起因して、静的な刺激より動的な刺激に対する反応が良く、かつ、発達した計画能力を持つことからパターンに対する認識が優れていると考えられる。

謝辭

謝辞

本研究は科研費（16K12480）の助成を受けて行われました。

本研究を進めるにあたり、丁寧なご指導を頂いた慶應義塾大学システムデザイン・マネジメント研究科小木哲朗教授及び谷口智彦教授を始めとする、先生方、講師の方々に深謝致します。

実験の計画、実施に当たっては、その初期段階からソニービジネスソリューション株式会社の醍醐博明様、ならびに、株式会社デザインドメインジャパンの尾高康恵様に、研究に対する助言、実験への援助を賜りましたことを、厚く御礼申し上げます。

また実験に際しては、新江ノ島水族館における飼育個体を対象として1年以上に及ぶ実験を行う貴重な環境を提供して頂きました。実験を許可くださいました堀由紀子館長に深く感謝申し上げます。実験を実施するにあたり、実験の進行に助言を下された奥山康治様、被験体として実験に参加したバンドウイルカ「ピック」の飼育を担当されている大下勲様、羽田秀人様、池光愛美様をはじめとする、新江ノ島水族館海獣チームの皆さまには、貴重なトレーニングの時間の中で、快く実験にご協力いただきましたことに、深く感謝の意を表します。

最後に、研究を進めるにあたりご助力頂いた、諸先輩方および同期の方々に深く感謝するとともに、皆様に心からの敬意を表します。

平成 30 年 1 月

栗田 礼

参考文献

参考文献

赤松友成 (1998) イルカの声からわかること. 生物物理, 38(4): 147-150

Akamatsu T., Wang D. and Wang K. (2004) Remote acoustic monitoring of aquatic mammals. Proc. Int. Symp. SEASTAR2000 Bio-logging Sci.: 79-83

Akiyama J. and Ohta M. (2007) Increased number of whistles of bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*, arising from interaction with people. Journal of Veterinary Medical Science, 69(2): 165-170.

Alexander R. M. (1992) 生物と運動: バイオメカニクスの探求 (東昭訳) . 日経サイエンス社, 東京

Amano M. and Yoshioka M. (2003) Sperm whale diving behavior monitored using a suction-cup-attached TDR tag. Mar. Ecol. Prog. Ser., 258: 291-295

天野雅勇. (2007) 日本近海における小型ハクジラ類の個体群構造. 哺乳類科学, 47(1): 115-119

Aoki K., Amano M., Yoshioka M., Mori K., Tokuda D. and Miyazaki N. (2007) Diel diving behavior of sperm whales off Japan. Marine Ecology Progress Series, 349: 277-287.

Au W. L. W., Benoit-Bird J. K. and Kastelein A. R. (2007) Modeling the detection range of fish by echolocating bottlenose dolphins and harbor porpoises. J. Acoust. Soc. Am., 121(6): 3954-3962

Azzolin M., Papale E., Giacoma C., Lammers M. O. and Gannier A. (2013) Geographic variation of whistles of the striped dolphin (*Stenella coeruleoalba*) within the Mediterranean Sea. J. Acoust. Soc. Am., 134(1): 694-705

Bacher K., Kruetzen M., Allen S., Bejder L., Kruetzen M. and Lindholm A. K. (2010) Genes or Culture: Are Mitochondrial Genes Associated with Tool Use in Bottlenose Dolphins (*Tursiops sp.*)? Behav. Genet., 40(5): 706-714

Benoit-Bird J. K., Au W. L. W. and Kastelein A. R. (2006) Testing the odontocete acoustic prey debilitation hypothesis: No stunning results. *J. Acoust. Soc. Am.*, 120(2): 1118-1123

Bernstein M. H. and Pease D. C. (1959) Electron microscopy of the tapetum lucidum of the cat. *The Journal of Cell Biology*, 5(1): 35-39

Bouchard B., Lisney T. J., Campagna S. and Célérier A. (2017) Do bottlenose dolphins display behavioural response to fish taste? *Applied Animal Behaviour Science*, 194: 120-126

Breder C. M. (1926) The locomotion of fishes. *Zoologica*, 4: 159-297

Branstetter K. B., Black A. and Bakhtiari K. (2013) Discrimination of mixed-directional whistles by a bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*). *J. Acoust. Soc. Am.*, 134(3): 2274-2285

Branstetter K. B., Moore W. P., Finneran J. J., Tormey N. M. and Aihara H. (2012) Directional properties of bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) clicks, burst-pulse, and whistle sounds. *J. Acoust.*, 131(2): 1613-1621

Carwardine M. (1996) Whales, dolphins and porpoises. Dorling Kindersley, London

Clutton-Brock. (1989) 図説動物文化史事典 (増井久代訳) . 原書房, 東京

Connor R. C. (2007) Dolphin social intelligence: complex alliance relationships in bottlenose dolphins and a consideration of selective environments for extreme brain size evolution in mammals. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 362(1480): 587-602

Di Benedetto A. P. M. and Ramos R. M. A. (2014) Marine debris ingestion by coastal dolphins: What drives differences between sympatric species? *Marine pollution bulletin*, 83(1): 298-301

土居利光. “動物園の社会学”. 成島悦雄編. (2011) 大人のための動物園ガイド. 養賢堂, 175-200

土居利光. (2012) 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: 61-76

土居利光. (2017) 利用者数からみた日本の動物園・水族館の特性. 観光科学研究: 39-48

Elias H. and Schwartz D. (1969) Surface areas of the cerebral cortex of mammals determined by stereological methods. *Science*, 166(3901): 111-113

Falk H. J. and Adelman M. L. (2003) Investigating the Impact of Prior Knowledge and Interest on Aquarium Visitor Learning, *journal of research in science teaching*, 40(2): 163-176

Fish F. E. (1998) Comparative kinematics and hydrodynamics of odontocete cetaceans: morphological and ecological correlates with swimming performance. *Journal of Experimental Biology*, 201(20): 2867-2877.

Foer J. and Brian S. (2015) Dolphin Intelligence. *National Geographic Magazine*, 227: 40-64

Frère C. H., Krützen M., Mann J., Watson-Capps J. J., Tsai Y. J., Patterson E. M., Connor R., Bejder L. and Sherwin, W. B. (2010) Home range overlap, matrilineal and biparental kinship drive female associations in bottlenose dolphins. *Animal Behaviour*, 80(3): 481-486.

布野修司. “都市のかたち—その起源、変容、転成、保全”. 植田他編. (2005) 岩波講座 都市の再生を考える 1 都市とは何か. 岩波書店, 東京: 37-66

Harley E. H., Putman A. E. and Roitblat L. H. (2003) Bottlenose dolphins perceive object features through echolocation. *Nature*, 424: 667-669

服部薫, 小林由美, 藤井啓. (2007) 海獣談話会 海棲哺乳類研究の可能性を探る 一様々なフィールド・手法から一. *哺乳類科学*, 47(1): 173-175

Homma A., Hara H., Matsuzaki K., Sasaki M., Masaoka Y., Homma I. and Hara H. (2011) The Effect of Touching a Dolphin on the EEG Slow Waves in Children. *Showa Univ. J.*

Med. Sci., 23(2): 115-119

Howell A. B. (1930) Myology of the narwhal (*Monodon monoceros*). *Developmental Dynamics*, 46(2): 187-215

Huston P. J. and Borbély A. A. (1974) The Thalamic Rat: General Behavior, Operant Learning with Rewarding Hypothalamic Stimulation, and Effects of Amphetamine. *Physiology and Behavior*, 12: 433-448

石川創, 西脇茂利. (2000) 日本における海の哺乳類の現状と人間との関係 (< 特集> 海の野生動物医学: 海棲哺乳類における獣医学の役割). *Japanese journal of zoo and wildlife medicine*, 5(1): 19-25.

石川創. (2008) 漂着鯨類の情報収集・蓄積と社会的活用 (シンポジウム 流れ寄るモノの沿岸海洋学--海岸漂着物の現状・対策・未来). *沿岸海洋研究*, 45(2): 85-90

Janik V. M. (2000) Whistle matching in wild bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*). *Science*, 289:1355–1357

Janik V. M. and Sayigh S. L. (2013) Communication in bottlenose dolphins: 50 years of signature whistle research. *J. Comp. Physiol. A.*, 199: 479–489

Janik V. M. (2018) Food-Related Bray Calls in Wild Bottlenose Dolphins (*Tursiops truncatus*). *Proc. R. Soc. London Ser. B* 267: 923–927

実森正子. (2013) 動物の認知プロセスの理解と学習・行動研究 —短期記憶, カテゴリ化, 等価性, 視覚探索をめぐって—. *動物心理学研究*, 63(1): 7-18

粕谷俊雄. (2014) 鯨類研究 50 年を顧みる. *哺乳類科学*, 54(2): 279-290

加藤治彦 “空中における視覚識別能力”. 添田秀男編. (1996) *イルカ類の感覚と行動*. 恒星社厚生閣, 東京: 21-30

Katsumata E. (2010) Study on Reproduction of Captive Marine Mammals. *Journal of Reproduction and Development*, 56(1): 1-8

Kawamura G., Bagarinao T., Justin J., Chen C. Y. and Lim L. S. (2016) Early appearance of the retinal tapetum, cones, and rods in the larvae of the African catfish *Clarias gariepinus*. *Ichthyological Research*, 63(4): 536-539.

木村賛. (2006) 科学における検証可能性について. 石川看護雑誌, 3(2): 13-16

桐畑哲雄. (2016) 追い込み漁イルカの水族館導入問題について. 日本水産学会誌, 82(4): 648-650

Koehl B. R. (1986) A Marinescape Floor from the Palace at Knossos. *American Journal of Archaeology*, 90(4): 407-417

小泉透, 矢部恒晶, 椎葉康喜, 井上晋. (2004) 距離標本法によるニホンジカの密度推定. 九州森林研究, 57: 131-134.

Kojeszewski T. and Fish F. E. (2007) Swimming kinematics of the Florida manatee (*Trichechus manatus latirostris*): Hydrodynamic analysis of an undulatory mammalian swimmer. *J. exp. Biol.*, 210: 2411-2418

金野篤子, 朝比奈潔, 弓岡千尋, 小林裕, 荒幡経夫, 村山司 (2005) 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*, 55(2): 59-64

小山純弘. (2010) 深海生物飼育のための高圧研究装置開発. 高圧力の科学と技術, 20(4): 330-338

Kruetzen M., Sherwin W. B., Mann J., Heithaus M. R., Connor R. C. and Bejder L. (2005) Cultural transmission of tool use in bottlenose dolphins. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 102(25): 8939-8943

Kuczaj II S. A., Gory J. D. and Xitco Jr. M. J. (2009) How intelligent are dolphins? A partial answer based on their ability to plan their behavior when confronted with novel problems. *Japanese Journal of Animal Psychology*, 59(1): 99-115.

Lilly J. C. (1962) Vocal behavior of the bottlenose dolphin. *Proceedings of the American Philosophical Society*, 106(6): 520-529

前田宏幸, 荒木健治, 栃内香次. (2003) 帰納的学習によるペットを対象とした対話処理手法の提案. 第 65 回全国大会講演論文集, 2003(1): 391-392.

Mann D. A., Lu Z. and Popper A. N. (1997) A clupeid fish can detect ultrasound. *Nature*, 389(6649): 341

Martinez A. E. V. and McDonnell S. M. (2017) Evaluation of operant learning in young foals using target training. *Applied Animal Behavior Science*, 193: 67-72

松村澄子, 内田照章. (1973) 翼手類の脳と適応, とくに echolocation について. *哺乳類科学*, 13(2): 2_39-59.

McCowan B., Marino L., Vance E., Walke L. and Reiss D. (2000) Bubble ring play of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*): Implications for cognition. *Journal of Comparative Psychology*, 114(1): 98.

バブルリングの遊び

McGowen M. R., Clark C. and Gatesy J. (2008) The vestigial olfactory receptor subgenome of odontocete whales: phylogenetic congruence between gene-tree reconciliation and supermatrix methods. *Systematic biology*, 57(4): 574-590.

Mercado E. I. I. I., Uyeyama R. K., Pack A. A. and Herman L. M. (1999) Memory for action events in the bottlenosed dolphin. *Anim. Cogn.*, 2(1): 17-25

Miller P. J. O., Shapiro A. D., Tyack P. L. and Solow A. R. (2004). Call-type matching in vocal exchanges of free-ranging resident killer whales, *Orcinus orca*. *Animal Behaviour*, 67(6): 1099-1107

Miller J. L., Zeigler-Hill V., Mellen J., Koepfel J., Greer T. and Kuczaj S. (2013) Dolphin Shows and Interaction Programs: Benefits for Conservation Education? *Zoo Biology*, 32: 45-53

Morisaka T. (2007) Current cognitive studies on cetaceans. *Japanese Journal of Animal Psychology*, 57(1): 41-51.

森阪匡通 (2009) イルカの音声コミュニケーションとその制約要因. 哺乳類科学, 49(1): 121-127

Morisaka T., Yoshida Y., Akune Y., Mishima H. and Nishimoto S. (2013) Exchange of "signature" calls in captive belugas (*Delphinapterus leucas*). J. Ethol., 31(2): 141-149

森阪匡通 (2015) イルカの音とその進化. 日本音響学会誌, 71(7): 327-333

村山司. “イルカ類の視覚による認知”. 添田秀男編. (1996) イルカ類の感覚と行動. 恒星社厚生閣, 東京: 9-20

村山司, 中原史生, 森恭一. (2002) イルカ・クジラ学. 東海大学出版会, 東京

村山司, 藤井有希, 勝俣浩, 荒井一利, 祖一誠 (2008) シロイルカにおける対称性の成立について. Cognitive Studies, 15(3) 358-365

村山司, 祖一誠, 内田詮三. (2010) 海獣水族館. 東海大学出版, 神奈川

村山司. (2012) イルカの認知科学 異種間コミュニケーションへの挑戦. 東京大学出版会, 東京

村山司, 鈴木美和, 吉岡基. (2015) 続イルカ・クジラ学. 東海大学出版, 神奈川

Nakajima A. and Tang Y. P. (2005) Genetic approaches to the molecular/neuronal mechanisms underlying learning and memory in the mouse. Journal of pharmacological sciences, 99(1): 1-5.

日経電子版, 日本側の通知、世界協会が歓迎 追い込み漁のイルカ入手禁止. 2015年5月21日発行 (アクセス日時: 2018年1月17日 12:30)
https://www.nikkei.com/article/DGXLASDG21H14_R20C15A5CR0000/

日本動物園水族館協会飼育ハンドブック編集委員会. (2010) 新・飼育ハンドブック 水族館編 第5集 (施設管理と運用・飼育施設における危機管理・トレーニング). 日本動物園水族館協会, 東京

西脇昌治, 黒木敏郎. (1972) 海洋放牧. 化学と生物, 10(7): 451-459

Norris, S. K. and Harvey W. G. (1974) Sound transmission in the porpoise head. *J. Acoust. Soc. Am.*, 56(2): 659-664

小川英光, 山崎一孝. (1993) 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, 76(6): 1280-1288

大隅清治. “鯨と人間との関わり合い”. 青土社編集部編. (1997) クジラとイルカの心理学. 青土社, 東京: 68-79

太田光明, 坂田亮一, 大木茂. (2005) 魚食性動物の人工餌料の開発とその経済的効果. 麻布大学雑誌, 9-10: 97-106

Ortiz R. M. (2001) Osmoregulation in marine mammals. *Journal of Experimental Biology*, 204(11): 1831-1844.

Oudejans G. M., Visser F., Englund A., Rogan E. and Ingram N. S. (2015) Evidence for Distinct Coastal and Offshore Communities of Bottlenose Dolphins in the North East Atlantic. *PLOS ONE*, 10(5): e0128259

Paulos D. R., Dudzinski M. K. and Kuczaj A. S. (2008) The role of touch in select social interactions of Atlantic spotted dolphin (*Stenella frontalis*) and Indo-Pacific bottlenose dolphin (*Tursiops aduncus*). *J. Ethol.*, 26: 153-164

Reiss, D. and Marino L. (2001) Mirror self-recognition in the bottlenose dolphin: A case of cognitive convergence. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 98(10): 5937-5942.

Rendell L. and Whitehead H. (2001) Culture in whales and dolphins. *Behavioral and Brain Sciences*, 24(2): 309-324.

Ross S. and McNary J. (2009) AZA Ape TAG 2010. Chimpanzee (*Pan troglodytes*) Care Manual. Association of Zoos and Aquariums, Silver Spring, MD. Association of Zoos and Aquariums

Roth G. and Dicke U. (2005) Evolution of the brain and intelligence. *Trends in cognitive*

sciences, 9(5): 250-257

Sakai M., Kohshima S., Hishii T. and Takeda S. (2006) Flipper Rubbing Behaviors in Wild Bottlenose Dolphins (*Tursiops aduncus*). Mar. Mammal Sci., 22(4): 966-978

猿渡敏郎, 西源二郎. (2009) 研究する水族館 ―水槽展示だけではない知的な世界―. 東海大学出版会, 神奈川

関邦博. (1992) スクーバ・ダイバーの栄養学. Ann. Physiol. Anthropol., 11(2): 113-118

嶋村哲哉, 小島隆人, 添田秀男, 畠山良己, 石井憲 (1993) ネズミイルカの対網行動に関する実験. 日本大学農獣医学部学術研究報告, 50: 115-122

Skinner B. F. (1938) The Behavior of Organisms. An Experimental Analysis, B.F. Skinner Foundation, Cambridge, Massachusetts.

スミス A. B. (1996) イルカ・セラピー イルカとの交流が生む「癒し」の効果 (青木薫, 佐渡真紀子訳). 講談社, 東京

Sokolowski M. B. C. and Abramson C. I. (2010) From foraging to operant conditioning: A new computer-controlled Skinner box to study free-flying nectar gathering behavior in bees. J. Neurosci. Method., 188: 235-242

相馬祥吾, 川端政則, 磯村宜和 (2016) 記憶ふたたび 9.オペラント条件付けで脳を探る. 生体の科学, 67(1): 42-46

鈴木克美, 西源二郎. (2005) 水族館学. 東海大学出版, 東京

鈴木克美, 西源二郎. (2010) 新版水族館学―水族館の発展に期待をこめて. 東海大学出版, 神奈川

鈴木美和. (2009) 鯨類小腸でのアクアポリン-1 を介した水吸収. 比較内分泌学, 35(134): 195-201

多田智満子. “神話の海のいるかたち”. 青土社編集部編. (1997) クジラとイルカの心理学. 青土社, 東京: 16-23

Takei S., Momose O., Nakamura I., Meyer-Rochow V. B. and Somiya, H. (2003) Guanine-type retinal tapetum in the eye of the Pacific pomfret *Brama japonica* (Perciformes: Bramidae). *Ichthyological Research*, 50(3): 245-250.

竹井祥郎. (2014) 目から鱗が落ちた話. *比較内分泌学*, 40(152): 59-61

田中一朗, 永井實 (1996) 抵抗と推進の流体力学. 扇興社, 兵庫

Teilmann J., Christiansen C. T., Kjellerup S., Dietz R. and Nachman G. (2013) Geographic, seasonal, and diurnal surface behavior of harbor porpoises. *Marine mammal science*, 29(2): E60-E76

Tian H., Li C., Mohammad M. A., Cui Y. L., Mi W. T., Yang Y., Xie D. and Ren T. L. (2014) Graphene earphones: entertainment for both humans and animals. *ACS nano*, 8(6): 5883-5890

Thompson R. K. R. and Herman L. M. (1975) Underwater frequency discrimination in the bottlenosed dolphin (1-140 kHz) and the human (1-8 kHz). *J. Acoust. Soc. Am.*, 57(4): 943-948

友永雅己. (2008) チンパンジーにおける対称性の(不)成立. *認知科学*, 15(3): 347-357.

友永雅己, 森阪匡通, 中原史生, 足立幾磨. (2014) 海のこころ, 森のこころ—鯨類と霊長類の知性に関する比較認知科学—. *哺乳類科学*, 54(1): 103-106

Tomonaga M., Uwano Y., Ogura S., Chin H., Dozaki M. and Saito T. (2015) Which person is my trainer? Spontaneous visual discrimination of human individuals by bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*). *SpringerPlus*, 4(1): 352

Tun T. (2008) Castnet Fishing with the Help of Irrawaddy Dolphin, *Orcaella brevirostris*, In Myanmar. *Proceedings of the Design Symposium on Conservation of Ecosystem*, 2: 39-45

上野糧正, 谷内通. (2016) ブタにおけるオペラント条件づけを用いたノーズポーク反応の持続訓練. *行動分析学研究*, 30(2): 127-136

Von Schulte H. W. and Smith M. F. (1918) The external characters, skeletal muscles, and peripheral nerves of *Kogia breviceps* (Blainville). *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 38: 7-72.

Watkins A. W., Daher A. M., Fristrup M. K. and Howald J. T. (1993) Sperm whales tagged with transponders and tracked underwater by sonar. *Mar. Mamm. Sci.*, 9(1): 55-67

William T M., Friedl W A., Fong M L., Yamada R M., Sedivy P. and Haun J E. (1992) Travel at low energetic cost by swimming and wave-riding bottlenose dolphins. *Nature*, 355(6363): 821-823.

Yeater B. D., Hill M. H., Baus N., Farnell H. and Kuczaj II A. S. (2014) Visual laterality in belugas (*Delphinapterus leucas*) and Pacific white-sided dolphins (*Lagenorhynchus obliquidens*) when viewing familiar and unfamiliar humans. *Anim. Cogn.*, 17: 1245–1259

Yim H., Cho S. Y., Guang X., Kang G. S., Jeong J., Cha S., Oh H., Lee J., Yang C. E., Kwon K. K., Kim J. Y., Kim W. T., Kim W., Jeon H. J., Kim S., Choi H. D., Jho S., Kim H., Ko J., Kim H., Shin Y., Jung H., Zheng Y., Wang Z., Chen Y., Chen M., Jiang A., Li E., Zhang S., Hou H., Kim H. T., Yu L., Liu S., Ahn K., Cooper J., Park S., Hong P. C., Jin W., Kim H., Park C., Lee K., Chun S., Morin A. P., O'Brien J. S., Lee H., Kimura J., Moon Y. D., Manica A., Edwards J., Kim C. B., Kim S., Wang J., Bhak J., Lee S. H. and Lee J. (2014) Minke whale genome and aquatic adaptation in cetaceans. *Nat. Genet.*, 46(1): 88-92

吉岡基. (1994) 鯨類の繁殖整理に関する研究. *日本水産学会誌*, 60(3): 327-330

Yunker M. P. and Herman L. M. (1974) Discrimination of auditory temporal differences by the bottlenose dolphin and by the human. *J. Acoust. Soc. Am.*, 56(6): 1870-1875

付録

付録

実験の詳細記録

2016年

12月15日（木）10:10

種目：ターンオーバー

実施回数：記録なし

正答回数：0 試行

備考：黒からサイン画面（腕周辺のアップの写真）に切り替える方式で実施。全ての試行においてサイン画面提示と同時もしくは少し遅れてハンドサインを提示した。ハンドサインのみを見て反応している様子が見られた。

12月16日（金）15:30

種目：ターンオーバー

実施回数：5 試行程度

正答回数：0 試行

備考：通常のトレーニングでのハンドサインの出し方に近づけるため、黒、白、サイン画面（腕周辺のアップの写真）の3枚構成に変更した。ハンドサインを出す際にはイルカと目が合うことを確認してからサインを出すので、これからサインを出すという合図として、白を追加した。全ての試行においてサイン画面提示と同時もしくは少し遅れてハンドサインを提示した。ハンドサインのみを見て反応している様子が見られた。

12月16日（金）16:30

種目：ターンオーバー

実施回数：5 試行程度

正答回数：0 試行

備考：サイン画面において提示する写真から腕の背景を削除して、黒の中に腕のみ提示される画像に変更した。全ての試行においてサイン画面提示と同時もしくは少し遅れてハンドサインを提示した。ハンドサインのみを見て反応している様子が見られた。

12月17日（土）1回目（時刻記録なし）

種目：ターンオーバー

実施回数：記録なし

正答回数：0 試行

備考：始めのうちはサイン画面提示と同時にハンドサインを提示，途中からは少し遅れてハンドサインを提示した。

12月17日（土）2回目（時刻記録なし）

種目：ターンオーバー

実施回数：記録なし

正答回数：0 試行

備考：始めのうちはサイン画面提示と同時にハンドサインを提示，途中からは少し遅れてハンドサインを提示した。

12月18日（日）1回目（時刻記録なし）

種目：ターンオーバー

実施回数：記録なし

正答回数：0 試行

備考：サイン画面だけでは反応せず，サイン画面と同時にハンドサインを提示した。数試行繰り返した後サイン画面のみを提示したところ遅れて反応があった。

12月18日（日）2回目（時刻記録なし）

種目：ターンオーバー

実施回数：記録なし

正答回数：0 試行

備考：サイン画面だけでは反応せず，サイン画面と同時にハンドサインを提示した。数試行繰り返した後サイン画面のみを提示したところ遅れて反応があった。

12月19日（月）1回目（時刻記録なし）

種目：ターンオーバー

実施回数：記録なし

正答回数：0 試行

備考：画面に対する反応が見られず，集中力がない様子だった。サイン画面提示と同時もしくは少し遅れてハンドサインを提示した。

12月19日（月）2回目（時刻記録なし）

種目：口開け

実施回数：記録なし

正答回数：0 試行

備考：初めて口開けを実施した。サイン画面提示と同時もしくは少し遅れてハンドサインを提示した。

12月20日（火）1回目（時刻記録なし）

種目：口開け

実施回数：記録なし

正答回数：0 試行

備考：サイン画面提示と同時もしくは少し遅れてハンドサインを提示したが、画面に対する反応は見られなかった。

12月20日（火）2回目（時刻記録なし）

種目：口開け

実施回数：記録なし

正答回数：0 試行

備考：サイン画面提示と同時もしくは少し遅れてハンドサインを提示したが、画面に対する反応は見られなかった。

12月21日（水）1回目（時刻記録なし）

種目：口開け

実施回数：記録なし

正答回数：0 試行

備考：サイン画面提示と一緒に、端末の画面の前に手を出してハンドサインを出したところ、口を開ける様子が見られた。

12月21日（水）2回目（時刻記録なし）

種目：口開け

実施回数：記録なし

正答回数：0 試行

備考：サイン画面のみ提示した際の反応はなかった。サイン画面提示と一緒に、端末の画面の前に手を出してハンドサインを出したところ、口を開ける様子が見られた。

12月23日（金）1回目（時刻記録なし）

種目：口開け

実施回数：記録なし

正答回数：1 試行

備考：サイン画面のみの提示で1回正解した。

12月23日（金）2回目（時刻記録なし）

種目：口開け

実施回数：記録なし

正答回数：0 試行

備考：サイン画面の提示後少したってから遅れて反応が見られた。

12月24日（土）1回目（時刻記録なし）

種目：口開け

実施回数：記録なし

正答回数：1 試行

備考：サイン画面のみの提示で1回正解した。

12月24日（土）2回目（時刻記録なし）

種目：口開け

実施回数：記録なし

正答回数：2 試行

備考：サイン画面のみの提示で2回連続して正解した。

12月25日（日）16:00

種目：口開け

実施回数：記録なし

正答回数：1 試行以上

備考：実験の前半は片目をほとんど閉じていてあまり画面を見ておらず、反応もなかった。
途中から両目を開けて見ており、反応もあった。

12月26日（月）15:00

種目：口開け

実施回数：6 試行

正答回数：2 試行

備考：1回目サイン画面のみ提示したところ反応がなく、2回目サイン画面提示に少し遅れてハンドサインを提示したところ、反応があった。その後3試行と6試行目でサイン画面のみの提示で正しく反応したが、他の試行では反応がなかったり、白で口を開けたりしていた。反応がなかった試行では、提示者がそれまでタブレットに添えていた手を離したところ口を開けなくなってしまい、画面のみでなく他の要因に影響されている様子が見られた。端末から何らかの指示が出ることは理解しているようだが、そこに映し出される画像ではな

く端末があったら口開けをすると理解している可能性がある。

12月26日（月）16:30

種目：口開け

実施回数：7 試行

正答回数：5 試行

備考：15 時に行った際よりも日が落ちて暗くなり、画面が見やすくなっていたことが考えられる。白の時に口を開けてしまうことがあり、画面が切り替わったら口開けとしか認識していない可能性がある。

12月28日（水）時刻記録なし

種目：口開け

実施回数：記録なし

正答回数：記録なし

備考：記録なし

12月29日（木）16:30

種目：口開け

実施回数：4 試行

正答回数：1 試行以上

備考：サイン画面のみの提示で反応することもあったが、白で口を開ける傾向が強い。

2017年

1月7日（土）16:30

種目：口開け

実施回数：6 試行

正答回数：3 試行

備考：始めサイン画面のみで反応はなかったが、2 試行目でハンドサインを同時に出したところ反応した。その後は画面のみの提示を行った。3 試行目以降、黒や白でも口開けが見られ、黒および白におけるステーションを強化したところ、サイン画面でも口開けをしなくなる様子が見られた。

1月11日（水）16:20

種目：口開け

実施回数：4 試行

正答回数：3 試行

備考：白で口を開けることがあったが，制止して続行しサイン画面で正しく反応したものは正解に含めている．サイン画面を出してから遅れて反応することが1試行あった．

1月14日（土）16:30

種目：口開け

実施回数：4試行

正答回数：4試行

備考：3試行目のとき白及び黒で口を開けそうになり制止したが，続行してサイン画面で正しく反応した．

1月19日（木）14:20

種目：口開け

実施回数：5試行

正答回数：4試行

備考：始めタブレットを目の前に出した瞬間に口を開けようとした．2試行目のとき，サイン画面で口を開けかけたがすぐ閉じてしまった．

1月19日（木）16:30

種目：口開け

実施回数：3試行

正答回数：3試行

備考：始めタブレットを目の前に出した瞬間に口を開けようとした．2試行目のとき，白で口を開けたが続行してサイン画面で正しく反応した．

1月28日（土）16:30

種目：口開け

実施回数：3試行

正答回数：3試行

備考：2試行目で白でも反応したが制止して続行し，サイン画面で正しく反応した．3試行の実験後，トレーニングとして黒，白に続いてNOのサインを動画で見せた．ただし集中力が切れている様子で，黒や白で口開けが見られ，動画に対する認識は示さなかった．

2月1日（水）14:20

種目：口開け

実施回数：7試行

正答回数：7試行

備考：サイン画面提示時には口を開けるが，白での口開けも多数見られた．白で口を開けた際には制止して続行した．

2月1日（水）16:20

種目：口開け

実施回数：4 試行

正答回数：3 試行

備考：同日 14:20 の実験よりも白での口開けが減少した．3 試行目にサイン画面提示に遅れて反応した．

2月4日（土）16:20

種目：口開け

実施回数：8 試行

正答回数：6 試行

備考：1 試行目，サイン画面提示にわずかに遅れて反応した．6 試行目で白での反応があり，制止して黒に戻した．なお，白での反応はこのセットではこの1 試行だけだった．最後の試行では，白になった後サイン画面に切り替わるのを見ないで適当なタイミングで口を開けているのではないかを確認するため，白を長めにとってからサイン画面に切り替えたが，問題なく反応した．

2月7日（火）14:20

種目：NO

実施回数：7 試行

正答回数：0 試行

備考：サイン画面を，背景を削除した NO の写真に変更した．NO のハンドサインは，腕を閉じた状態を出してから開くという動作であるので，写真も腕を閉じたものと開いたものの2枚構成とした．黒，白，サイン画面1（腕を閉じた写真），サイン画面2（腕を開いた写真）の順に画面を切り替え，サイン画面2でNOを行うと正解とした．NOのハンドサインは両腕を使うため，被験体の個体の前に立ち提示の指示を出す人と別にタブレットの提示を行う人を追加した．

始めの5 試行は端末の前に手を出して画面切り替えと同じタイミングでハンドサインを出した．その後2 試行は画面に少し遅れて，端末の横でハンドサインを提示したが，いずれもハンドサインのみに反応していた．口を開けることはなかった．

2月7日（火）16:20

種目：NO

実施回数：5 試行

正答回数：0 試行

備考：端末の上に腕を出してハンドサインを行った。ハンドサインは、始め 3 試行は画面の切り替えに合わせて提示，残り 2 試行は画面提示に遅れて提示した。いずれもハンドサインのみに反応しており，口開けを行うこともなかった。NO のサインでは大きく水が跳ねるので，実験中に端末に水がかかって画面が濡れ，接続が切断することがあった。

2 月 16 日（木） 14:20

種目：口開け

実施回数：8 試行

正答回数：5 試行

備考：うち 2 試行でサイン画面提示に遅れて反応した。また，1 試行で黒及び白で口を開けたため中断して次の試行に移った。

2 月 16 日（木） 16:20

種目：NO

実施回数：7 試行

正答回数：0 試行

備考：端末に対する反応はなく，ハンドサインのみに反応していた。口を開けることはなかった。

2 月 20 日（月） 14:20

種目：口開け

実施回数：14 試行

正答回数：7 試行

備考：うち 4 試行で白での反応，1 試行で黒での反応，1 試行でサイン画面提示に遅れて反応，2 試行で無反応であった。

2 月 23 日（木） 14:20

種目：口開け

実施回数：7 試行

正答回数：3 試行

備考：口開けの種目で初めて，NO と同じように操作指示者と提示者の二人体制で実施してみたが，被験体の個体の反応に特に変化はないようだった。1 試行目で無反応，2 試行目でサイン画面を提示する前の白を提示している途中で口開け，3 試行目で白で口を開けたのちサイン画面で無反応，4 試行目では白で口開けという結果だった。後半の 3 回は正解した。

2月23日(木) 16:20

種目：NO

実施回数：8 試行

正答回数：0 試行

備考：2 試行で口を開けた。サイン画面を認識することなく、全てハンドサインを出さないと反応はなかった。6 試行目の後で、端末に水がかかって画面が切り替わり一時的に中断した。

3月1日(水) 14:20

種目：NO

実施回数：7 試行

正答回数：0 試行

備考：3 試行、ハンドサインを出さずにサイン画面のみ提示を行って様子を観察したが、反応はなかった。口を開けることはなかった。途中2回、水がかかったことによって接続が切断され一時中断した。

3月1日(水) 16:20

種目：NO

実施回数：8 試行

正答回数：0 試行

備考：ハンドサインをなくすと無反応で、ハンドサインを提示している操作指示者が動くときそれにつられて被験体の個体の首が動いているようなので、はじめから操作指示者しか見えていないと思われる。口開けをすることはなかった。

3月4日(土) 16:50

種目：NO

実施回数：9 試行

正答回数：0 試行

備考：うち7 試行では画面切り替えと同時にハンドサインを提示、他2 試行では画面のみで提示を行ったが、画面のみでの反応はなかった。口を開けることはなかったが、一度端末から離れて行ってしまったことがあった。最終試行ではハンドサインを小さめに出したが、それでも問題なく正解した。

3月14日(火) 15:20 曇り

種目：口開け

実施回数：9 試行

正答回数：5 試行

備考：被験体の個体の体調が良くなかった。

白や黒で口を開けることがあり，白での口開けに対して制止した後サイン画面で無反応になったことが一度あった。また，途中で一度端末から離れていき，戻ってきてから再開した。

4月5日（水）14:00 晴れ

種目：口開け

実施回数：8 試行

正答回数：3 試行

備考：黒や白で口を開けることがあった。周囲が明るく，かなり見えにくかったことが予想される。

4月7日（金）15:25 曇り

種目：口開け

実施回数：7 試行

正答回数：4 試行

備考：前回に比較して画面をよく認識している様子が見られた。しかし黒，白ともに提示する時間を長めにとると，途中で口を開いてしまうことがあり，サイン画面を十分に区別して判断できてはいない。

4月8日（土）15:20 雨

種目：口開け

実施回数：10 試行

正答回数：3 試行

備考：1 試行目で無反応だったが，2，3 試行目では正解した。そこで4 試行目から白の時間を長めにしたところ，途中で口を開けてしまうことが複数見られた。ただし，白で制止して続行しても，サイン画面での口開けは正しく行っていた。

4月15日（土）16:50 晴れ

種目：口開け

実施回数：9 試行

正答回数：5 試行

備考：1 試行目ではサイン画面で口を開けたもののすぐに閉じてしまった。その後は白で口を開けてしまうということを繰り返していた。特に白の時間を長めにとると途中で口を開けてしまうことが多かった。白で口開けをした際に制止すると，その後端末の前を離れよう

とすることがあった。

晴れていたため、明るさや水面の反射で画面が見えにくくなるので、背後の壁で陰になる位置を選んで端末を提示するようにした。

4月24日（月）14:30 晴れ

種目：口開け

実施回数：11 試行

正答回数：1 試行

備考：前半では白で口開けをすることが多く、制止して黒に戻すこともあった。白で制止後、サイン画面を提示しても提示のタイミングより早く口を開けることもあり、端末をあまり見ていないように思われる。白での制止を繰り返すとサイン画面でも口を開けなくなってしまい、最終試行のみ正解した。

4月24日（月）16:30 晴れ

種目：口開け

実施回数：13 試行

正答回数：3 試行

備考：白や黒で口を開くことは多かったが、サイン画面で無反応になることはなかった。集中力を戻すために、7 試行目の後で一度端末を下げた後から再び提示して再開した。

5月12日（金）14:30 晴れ

種目：コーラス

実施回数：7 試行

正答回数：0 試行

備考：初めてコーラスの種目を実施した。コーラスは左手で指を指す形を作るサインで動きの少ない種目なので最終的な形の写真1枚を使用し、背景を削除して黒、白、サイン画面の3枚構成となった。

うち2 試行でハンドサインを出すタイミングがサイン画面提示より遅くなったら、口を開けてしまった。ただし白での反応は口開け、コーラスともになかった。

5月12日（金）16:30 晴れ

種目：コーラス

実施回数：10 試行

正答回数：1 試行

備考：14:30の実験より少し暗くなって見えやすいことが期待された。始め2 試行ほどはサイン画面で口を開けたため、ハンドサインを遅れて提示したところコーラスをした。6 試行

目では画面のみで正しく反応し、正解した。しかし 7 試行目以降サイン画面および白で口開けをするようになったので、一度端末を下げてから再開した。その後はサイン画面ではなくハンドサインに反応してコーラスしていた。

5月16日(火) 14:30 曇り

種目：コーラス

実施回数：8 試行

正答回数：2 試行

備考：サイン画面及び白で口開けをすることがあり、制止後続行せず黒に戻したらコーラスをしてしまったことがあった。終わりから 2 試行はハンドサインなしで正しく反応して正解した。

5月16日(火) 16:30 曇り

種目：コーラス

実施回数：14 試行

正答回数：2 試行

備考：ハンドサインを提示しないとき、しばらく迷う様子を見せた後遅れて口を開けることがあった。また一度間違えて口開けを行うとその後続けて間違える傾向にあった。白での反応も 3 試行で見られた。

5月19日(金) 14:30 晴れ

種目：コーラス

実施回数：14 試行

正答回数：4 試行

備考：日差しが強く見えにくかった可能性もあり、被験体の個体も途中首がふらふらと動いていて集中力を失いそうになっていた。始めの 1 試行で口開けをしたが、その後口開けは見られなかった。黒と白で 1 回ずつコーラスすることがあり、途中と最後 2 回ずつ連続で正解していた。

5月22日(月) 14:30 晴れ

種目：コーラス

実施回数：10 試行

正答回数：0 試行

備考：日差しがかなり強くて明るく見えにくかったと考えられる。被験体の個体も首がふらついていて、口開けは一度も見られなかったが、画面のみの提示の時は無反応だった。

5月22日(月) 16:30 晴れ

種目：口開け

種目：コーラス

実施回数：7 試行

実施回数：3 試行

正答回数：1 試行

正答回数：2 試行

備考：始めにコーラスを3 試行提示した後、口開けを7 試行提示した。コーラスは2 及び3 試行目で正解した。口開けに変更した後しばらくはサイン画面でコーラスをすることが多く、制止してハンドサインを出し口開けをさせたところ、次以降の試行では白で迷いなく口開けをするようになった。最終試行で、白で口開けをして制止した後、続行してサイン画面を提示したところ正しく口開けを行った。

5月24日(水) 14:25 曇り

種目：口開け

種目：コーラス

実施回数：2 試行

実施回数：3 試行

正答回数：0 試行

正答回数：2 試行

備考：コーラスを3 試行提示した後、口開けを2 試行提示した。コーラスは、1 試行目では無反応だったが、2, 3 試行目では正解した。口開けは、1, 2 試行目ともにサイン画面を提示する直前にハンドサインを提示したが、1 試行目ではコーラスを行ってしまい、2 試行目では正しく口開けを行った。

5月24日(水) 16:50 曇り

種目：口開け

種目：コーラス

実施回数：6 試行

実施回数：4 試行

正答回数：1 試行

正答回数：3 試行

備考：コーラスを4 試行提示した後、口開けを6 試行提示した。コーラスは1 試行目無反応だったが、2 試行目以降正解した。口開けは、1, 2 試行目ではサイン画面提示の直前にハンドサインを提示したところ口開けを行ったが、3, 4 試行目では白で口開けをしてしまった。5 試行目でサイン画面提示の直前にハンドサインを提示して反応していたため、6 試行目では画面のみを提示したところ正しく口開けを行った。

5月26日(金) 14:30 曇り

種目：コーラス

実施回数：17 試行

正答回数：2 試行

備考：前半は白、サイン画面ともに口開けをすることが多かった。そこで11 試行目の後で一度端末を下げたところ、後半6 試行のうち2 試行で正解した。なお、後半での不正解は白および黒でコーラスを行ってしまうというものだった。

5月26日(金) 16:30 曇り

種目：口開け

種目：コーラス

実施回数：4 試行

実施回数：12 試行

正答回数：0 試行

正答回数：3 試行

備考：始めにコーラスを8 試行提示した後、口開けを4 試行、さらにコーラスを4 試行提示した。始めの8 試行のコーラスでは、3 試行正解があったが、別の1 試行では操作を指示する声に反応して早めにコーラスを行ってしまった。口開けに切り替えてからは白で口を開けようとする傾向が見られ、それを制止するとサイン画面でも口を開けなくなった。また、口開けの試行の途中で一度端末から離れてしまい、戻るのを待って再開した。最後のコーラスの試行では正解はなかった。

5月30日(火) 14:30 晴れ

種目：コーラス

実施回数：11 試行

正答回数：0 試行

備考：基本的にハンドサインを同時に提示した。3, 5, 10 試行目では画面のみ提示したが、全く反応はなかった。時々首がふらついている様子が見られた。

5月30日(火) 16:30 晴れ

種目：コーラス

実施回数：8 試行

正答回数：4 試行

備考：1 試行目ハンドサインを同時に提示し、2 試行目で画面のみにしたところ反応がなかったため、3 試行目では再びハンドサインを同時に提示した。4 試行目以降はハンドサインなしで正解したが、6 試行目で白を長めにとったところ白の間にコーラスをしてしまった。

6月5日(月) 14:30 晴れ

種目：口開け

種目：コーラス

実施回数：7 試行

実施回数：4 試行

正答回数：0 試行

正答回数：2 試行

備考：コーラスを4 試行提示した後、口開けを7 試行提示した。コーラスでは1 試行目でハンドサインを同時に出して、2 試行目以降は画面のみの提示を行った。2 試行目では無反応だったが、3, 4 試行目では正解した。口開けは1 試行目ハンドサインを同時に出し、2, 3 試行目では画面のみにしたところ、2 試行目では無反応、3 試行目では白およびサイン画面でコーラスをした。そのため4 試行目で再びハンドサインを同時に出して、5 試行目以降

画面のみの提示としたが、5 試行目以降はいずれもサイン画面でコーラスをした。

6月5日(月) 16:40 曇り

種目：口開け

実施回数：10 試行

正答回数：3 試行

備考：始めの方の試行ではハンドサインを同時に出すと口を開けるが、サイン画面のみではコーラスをしていた。後半に正解が集中していたが、正解時にも開き方が小さかったり短かったりと不安定で、不正解の試行では白及び黒での口開けが見られた。

6月7日(水) 14:30 曇り

種目：口開け

種目：コーラス

実施回数：7 試行

実施回数：4 試行

正答回数：0 試行

正答回数：2 試行

備考：コーラスを2 試行、口開けを7 試行、再びコーラスを2 試行の順で実施した。始めのコーラスで2 試行とも成功したため口開けに移行したが、ハンドサインを同時に提示した試行以外は全てコーラスを行った。ただし、ハンドサインを出した試行でもコーラスを行うことがあったことから、画面の判別はできていないものの手より端末に着目している可能性がある。比較的暗く見えやすいかと思われたが、途中首がふらつき集中力が不十分だった。最後のコーラスは白およびサイン画面で口開けをしていた。

6月7日(水) 16:30 曇り

種目：口開け

種目：コーラス

実施回数：6 試行

実施回数：14 試行

正答回数：3 試行

正答回数：5 試行

備考：コーラスを7 試行(うち3 試行正解)、口開けを6 試行(うち3 試行正解)、再びコーラスを7 試行(うち2 試行正解)の順で実施した。同日14:30に口開けを多く行った影響か、始め口を開け、その後の試行でもサイン画面及び白で口開けが見られたが、正解も見られた。ハンドサインのみで口開けを行わせてから口開けの試行に移行したところ、白での口開けを行ってしまう不正解があったが、正解も出たのでコーラスに移行した。コーラスでは白及びサイン画面での口開けがあったが、後半2 試行で正解した。

6月10日(土) 16:50 晴れ

種目：口開け

種目：コーラス

実施回数：14 試行

実施回数：4 試行

正答回数：4 試行

正答回数：2 試行

備考：口開けを 14 試行の後，コーラスを 4 試行提示した。口開けでは始めハンドサインを同時に提示したが，2 試行目でハンドサインをなくすとコーラスをした。その後，ハンドサインを提示しないときはコーラスか無反応で，最後の方で 4 試行正解した。コーラスに移行して，1 試行目でハンドサインを同時に提示した後，2 試行目からは画面のみにしたところ，2 試行目では口開けをしたが，3，4 試行目では正解した。

6 月 13 日（火）14:30 雨

種目：口開け	種目：コーラス
実施回数：11 試行	実施回数：7 試行
正答回数：5 試行	正答回数：0 試行

備考：口開けを 11 試行の後，コーラスを 7 試行提示した。口開けでは，1 試行目画面のみの提示で反応がなく，後の試行のうち数回でハンドサインを同時に出した。不正解時には無反応になることが多く，後半で正解して，最後は 3 試行連続で正解した。コーラスでは，口開けが多くサイン画面ではハンドサインのみに反応してコーラスを行ったが，黒でのコーラスもあった。首がふらついていた。

6 月 13 日（火）16:50 雨

種目：口開け	種目：コーラス
実施回数：7 試行	実施回数：6 試行
正答回数：0 試行(ヒント 2 試行程度)	正答回数：0 試行(ヒント 2 試行程度)

備考：口開けを 7 試行の後，コーラスを 6 試行提示した。サイン画面提示に合わせて腕を動かして端末の裏にハンドサインを出しヒントとする方法を導入し，後からヒントなしに切り替える方針を採択した。ヒント付きのものを正答回数に括弧付けで記載した。

6 月 16 日（金）14:30 晴れ

種目：口開け	種目：コーラス
実施回数：11 試行	実施回数：5 試行
正答回数：0 試行(ヒント 5 試行)	正答回数：0 試行(ヒント 2 試行)

備考：口開けを 11 試行の後，コーラスを 5 試行提示した。両種目でまず端末の横にハンドサインを同時に提示する試行から始め，その後ヒント付きで画面を提示したところ，全体を通してヒントなしの時より反応が良かった。ただし，ヒントがついていても不正解となることがあり，後半になると安定して正解した。日差しがかなり強かった。

6 月 16 日（金）16:50 晴れ

種目：口開け	種目：コーラス
実施回数：11 試行	実施回数：1 試行

正答回数：0 試行(ヒント 5 試行) 正答回数：0 試行(ヒント 1 試行)

備考：口開けを 11 試行の後，コーラスを 1 試行提示した。口開けではヒント付きでもコーラスをすることがあり，端末の上でハンドサインを見せると次の試行で成功する，という繰り返しだった。また，一度白でコーラスがあった。口開けの途中で一度中断して他の種目のハンドサインを実施してから再開した。コーラスはヒント付き 1 回のみ実施した。

6 月 19 日 (月) 14:30 晴れ

種目：口開け

実施回数：12 試行

正答回数：0 試行(ヒント 1 試行)

備考：日差しが強く見えにくかった可能性がある。一度ヒント付きで正解したが，他は無反応もしくは一瞬口開けをした後すぐコーラスに移行してしまうものだった。

6 月 19 日 (月) 16:50 晴れ

種目：口開け

種目：コーラス

実施回数：4 試行

実施回数：4 試行

正答回数：0 試行(ヒント 4 試行) 正答回数：1 試行(ヒント 2 試行)

備考：口開け 3 試行，コーラス 4 試行，口開け 1 試行の順に提示した。14:30 より日が落ち見えやすかった。口開けはヒントが小さくても正解した。コーラスでは 1 試行目に白で口開けをしたが，その後はヒント付きで 2 試行，ヒントなしで 1 試行正解した。

6 月 21 日 (水) 14:30 雨

種目：口開け

種目：コーラス

実施回数：3 試行

実施回数：3 試行

正答回数：0 試行(ヒント 3 試行) 正答回数：0 試行(ヒント 2 試行)

備考：口開け 1 試行，コーラス 3 試行，口開け 2 試行の順に提示した。雨のため暗く見えやすかった。コーラスの 1 試行目のみ無反応で不正解だった。

6 月 21 日 (水) 16:50 曇り

種目：口開け

種目：コーラス

実施回数：8 試行

実施回数：7 試行

正答回数：0 試行(ヒント 2 試行) 正答回数：0 試行(ヒント 4 試行)

備考：コーラス 5 試行，口開け 5 試行，コーラス 2 試行，口開け 3 試行の順に提示した。セットの始めは口開けと認識したらしく始め 2 試行コーラスをしたため，3 試行目に端末の横でハンドサインを提示したところ，以降は全てヒント付きで正解した。口開けでは前半は 1 試行目でコーラス，制止したら 2 試行目で無反応だったので 3 試行目で端末上にハンド

サインを出すと、4 試行目で正解した。後半は 1 試行目白でコーラスをしたが、2 試行目で端末上にハンドサインを提示したところ最後は正解した。

6 月 24 日 (土) 16:50 曇り

種目：口開け

種目：コーラス

実施回数：12 試行

実施回数：6 試行

正答回数：6 試行(ヒント 2 試行) 正答回数：3 試行(ヒント 2 試行)

備考：口開け 8 試行，コーラス 4 試行，口開け 3 試行，コーラス 2 試行，口開け 1 試行の順に提示した。少し暗く見えやすいようで、種目の写真を見分ける様子が見られた。始めの口開けは 1 試行目の白でコーラスをしたが、その後ヒント付きで正解，さらにヒントなしにしても正解した。途中黒で口開けが数試行見られた。次のコーラスではヒント付き 2 試行に続きヒントなし 2 試行で正解した。続く口開けでは 1 試行目でコーラス，制止時に一瞬離れたが，再開後ヒントなしですぐに 2 試行正解した。その後，コーラスではヒント付き，ヒントなしの順に正解，口開けではヒントなしですぐ正解した。

6 月 26 日 (月) 14:30 曇り

種目：口開け

種目：コーラス

実施回数：3 試行

実施回数：2 試行

正答回数：0 試行(ヒント 2 試行) 正答回数：0 試行(ヒント 2 試行)

備考：口開け 1 試行，コーラス 2 試行，口開け 2 試行の順に全てヒント付きで正解した。

6 月 26 日 (月) 16:50 曇り

種目：口開け

種目：コーラス

実施回数：10 試行

実施回数：3 試行

正答回数：3 試行(ヒント 1 試行) 正答回数：0 試行(ヒント 2 試行)

備考：コーラス 2 試行，口開け 9 試行，コーラス 1 試行，口開け 1 試行の順に提示した。始めのコーラスでは反応がなく 2 試行目でヒント付き正解。口開けでは始め白でのコーラスが多く，その後ヒントが小さく見分けられず無反応になった。途中でヒント付き及びなしで正解した。9 試行目後に画面の切り替えミスが 1 試行ありカウントしなかった。その後のコーラスではヒント付き，口開けではヒントなしで正解。全体にモチベーションが低かった。

6 月 28 日 (水) 14:30 曇り

種目：口開け

種目：コーラス

実施回数：11 試行

実施回数：4 試行

正答回数：3 試行(ヒント 4 試行) 正答回数：1 試行(ヒント 3 試行)

備考：始め口開けを 8 試行の後，細かく種目を切り替えた。口開けでは 3 試行でコーラス，

1 試行で口開け後すぐ閉じたが、他はヒント付き及びヒントなしで正解した。途中一度離れ、また、画面の切り替えミスが1 試行(カウントせず)あったが、再開後も正解が続いた。口開けでは種目切り替え後にヒントなしですぐ正解した試行もあった。

6月28日(水) 16:30 晴れ

種目：口開け

種目：コーラス

実施回数：10 試行

実施回数：6 試行

正答回数：0 試行(ヒント5 試行) 正答回数：1 試行(ヒント4 試行)

備考：口開け2 試行，コーラス2 試行，口開け8 試行，コーラス4 試行の順に提示した。始めの口開け及びコーラスは全てヒント付きで正解した。一度外した後，次の口開けでは1 試行目正解した後，白での口開けや無反応，すぐに閉じるといった不正解が続いた。7, 8 試行目にヒント付きで成功したためコーラスに移行すると，1 試行目は口開けをしたが，その後はヒント付き及びなしで正解した。

6月30日(金) 14:30 曇り

種目：口開け

種目：コーラス

実施回数：5 試行

実施回数：6 試行

正答回数：0 試行(ヒント1 試行) 正答回数：2 試行(ヒント0 試行)

備考：口開け1 試行，コーラス6 試行，口開け4 試行の順に提示した。比較的暗く良く見えた。始めヒント付きで口開けに正解し，次のコーラスでは白でコーラスした後ヒントなしで正解した。一度端末を外して他種目のハンドサイン実施後に再開すると，白，黒で口開け及びコーラスをした。6 試行目でヒントなしで正解したので口開けに移行すると，4 試行全てで白で口開けかコーラスをした。今回は白での反応時にも制止してサイン画面まで続けたが，後の試行でもあまり改善しなかった。

6月30日(金) 16:50 曇り

種目：口開け

種目：コーラス

実施回数：6 試行

実施回数：2 試行

正答回数：2 試行(ヒント2 試行) 正答回数：0 試行(ヒント1 試行)

備考：口開け，コーラスの順に提示した。口開けでは1 試行目に白で口開け，4 試行目コーラスがあり，途中一度離れたが，他はヒント付きおよびなしで正解した。コーラスは1 試行目白でコーラスしたが，2 試行目にヒント付きで正解した。

7月3日(月) 16:30 晴れ

種目：口開け

種目：コーラス

実施回数：3 試行

実施回数：5 試行

正答回数：0 試行(ヒント 3 試行) 正答回数：0 試行(ヒント 4 試行)

備考：コーラス 3 試行，口開け 2 試行，コーラス 2 試行，口開け 1 試行の順に全てヒント付きで提示した。始めのコーラスの 1 試行では白で反応したが，他はヒントが小さくても正解した。途中一度中断があった。

7月5日(水) 14:30 曇り

種目：口開け

種目：コーラス

実施回数：9 試行

実施回数：3 試行

正答回数：0 試行(ヒント 3 試行) 正答回数：0 試行(ヒント 2 試行)

備考：口開け 4 試行，コーラス 2 試行，口開け 5 試行，コーラス 1 試行の順に全てヒント付きで提示した。無反応の不正解が多く，2 回目の口開けのうち 2 試行はコーラスをした。口開けの途中 2 度離れ，2 度目は端末提示前にハンドサインで口開けを実施してから再開。

7月5日(水) 16:30 晴れ

種目：口開け

種目：コーラス

実施回数：6 試行

実施回数：3 試行

正答回数：0 試行(ヒント 3 試行) 正答回数：0 試行(ヒント 2 試行)

備考：コーラス，口開けの順に提示した。コーラス 2 試行目ではよそ見をしていたため白で中止した。口開けでは途中ヒント付きでのコーラスが 2 試行あり，端末の上と前でハンドサインのみ提示した後再開した。また，白で口を開きかけることが 1 試行であった。

7月8日(土) 16:30 晴れ

種目：口開け

種目：コーラス

実施回数：5 試行

実施回数：7 試行

正答回数：2 試行(ヒント 1 試行) 正答回数：0 試行(ヒント 6 試行)

備考：コーラス 5 試行，口開け 5 試行，コーラス 2 試行の順に提示した。始めのコーラスでは 3 試行目でヒントなしにしたら口開けをしたが他は正解した。口開けでも途中ヒントなしの時 2 試行で無反応だったが，その後はヒントなしでも正解した。ヒントはごく小さくても反応するが，画面のみでは十分判別できない様子が見られる。

7月10日(月) 14:30 晴れ

種目：口開け

種目：コーラス

実施回数：14 試行

実施回数：3 試行

正答回数：1 試行(ヒント 3 試行) 正答回数：1 試行(ヒント 2 試行)

備考：コーラス，口開けの順に提示した。コーラスではヒント付き 2 試行，ヒントなし 1 試行を行い，全て正解した。口開けでは 1 試行目コーラスをし，続く 2 試行ではヒント付き

でも無反応で4試行目で端末前にハンドサインを提示したところ, 5試行目ではヒント付きで正解したが, その後はトレーナの腕しか見ておらず無反応が多かった. 途中1試行で画面が切り替わらずカウントから外した.

7月10日(月) 16:30 晴れ

種目: 口開け

種目: コーラス

実施回数: 4試行

実施回数: 10試行

正答回数: 2試行(ヒント1試行) 正答回数: 1試行(ヒント4試行)

備考: 口開け, コーラスの順に提示した. 口開けは2試行目無反応の他は正解した. コーラスでは, ヒント付きならコーラス, なしなら口開けと認識したようで, ヒントなしの時は口開けや口開けの後遅れてコーラス, 口開けを制止された次の試行で無反応, などが見られた.

7月12日(水) 14:30 晴れ

種目: 口開け

種目: コーラス

実施回数: 9試行

実施回数: 6試行

正答回数: 2試行(ヒント3試行) 正答回数: 2試行(ヒント3試行)

備考: コーラス5試行, 口開け9試行, コーラス1試行の順に提示した. コーラスは始めの5試行のうち2試行目で白で反応があったが他は正解. 口開けでは始めヒント付きでコーラスが2試行, ホイッスルが1試行見られた. その後ヒント付き, 続いてなしでも正解したが, 途中で離れたりわずかに口開けしてすぐ閉じたりすることもあった.

7月12日(水) 16:40 晴れ

種目: 口開け

種目: コーラス

実施回数: 4試行

実施回数: 14試行

正答回数: 2試行(ヒント1試行) 正答回数: 0試行(ヒント5試行)

備考: 口開け, コーラスの順に提示した. 口開けの1試行目では白で口開けした. コーラスでは白での反応, 口開け, 無反応の不正解が点在した. 途中一度中断してすぐ再開した.

7月15日(土) 16:30 晴れ

種目: 口開け

種目: コーラス

実施回数: 8試行

実施回数: 8試行

正答回数: 2試行(ヒント0試行) 正答回数: 3試行(ヒント2試行)

備考: 口開け4試行, コーラス7試行の後, 細かく切り替えて提示した. 端末上でのハンドサインの提示も数回行ったが, 全体で白, 黒での反応, 他のサインの不正解が点在した. 正解時もヒント付きの前試行を再現しているだけの様子. 2度離れることがあった.

7月17日(月) 16:40 晴れ

種目：口開け

種目：コーラス

実施回数：12 試行

実施回数：8 試行

正答回数：4 試行(ヒント1 試行) 正答回数：2 試行(ヒント1 試行)

備考：コーラス 3 試行，口開け 8 試行の後細かく切り替えて提示した。日が弱く画面は見えているようでヒントなし正解も見られたが，全体で他種目や白での反応が点在した。

7月19日(水) 16:30 晴れ

種目：口開け

種目：コーラス

実施回数：18 試行

実施回数：8 試行

正答回数：4 試行(ヒント1 試行) 正答回数：2 試行(ヒント1 試行)

備考：コーラス 5 試行，口開け 10 試行の後細かく切り替えて提示した。全体で白での反応や他種目の他，遅れたり，口を開いたり閉じたりする所が見られ，悩んでいる様子だった。

7月22日(土) 16:40 晴れ

種目：口開け

種目：コーラス

実施回数：9 試行

実施回数：7 試行

正答回数：0 試行(ヒント4 試行) 正答回数：2 試行(ヒント3 試行)

備考：コーラス，口開けの順に提示した。コーラスはヒントなしで無反応の不正解だったが，口開けの不正解は全てコーラスをしたもので，ヒントが小さいとき特に不正解となった。

7月29日(土) 16:40 曇り

種目：口開け

種目：コーラス

実施回数：5 試行

実施回数：9 試行

正答回数：4 試行(ヒント0 試行) 正答回数：6 試行(ヒント0 試行)

備考：コーラス，口開けの順に提示した。前回体調不良により中止しており，今回から実験プールが変わったが，忘れてしまった様子はなかった。

8月1日(火) 16:30 雨

種目：口開け

種目：コーラス

実施回数：3 試行

実施回数：10 試行

正答回数：0 試行(ヒント2 試行) 正答回数：0 試行(ヒント5 試行)

備考：コーラス 8 試行の後細かく切り替えて提示した。雨により画面の切り替えが止まり一度外して再開した。始めのコーラスでは途中1 試行口開けがあった他無反応が多かった。後半は1 試行口開け提示時にコーラスがあったが，他はかなり小さいヒントでも正解した。

8月4日(金) 16:50 曇り

種目：口開け

種目：コーラス

実施回数：5 試行

実施回数：10 試行

正答回数：2 試行(ヒント 0 試行) 正答回数：0 試行(ヒント 0 試行)

備考：口開け 4 試行，コーラス 10 試行，口開け 1 試行の順に提示した。始め口開けで無反応，白で反応，遅れと続いた後 1 試行正解したので，一度外した後コーラスに移行したが，白及びサイン画面で口開けが続いた。一度外してから口開けを 1 試行正解して終了した。

8月6日(日) 16:20 晴れ

種目：コーラス

実施回数：11 試行

正答回数：0 試行(ヒント 4 試行)

備考：前回混乱している様子だったのでコーラスのみ提示した。ヒントなしにしたら不正解になったので一度外して再開した所，ヒント付きでは正解したがヒントなしにすると口開けするようになってしまった。

8月8日(火) 16:50 曇り

種目：コーラス

実施回数：7 試行

正答回数：0 試行(ヒント 0 試行)

備考：ヒント付きでコーラス，なしで口開けと思っているようなのでコーラスのみとした。うち 4 試行はハンドサインを同時に提示して反応したが，その他は口開けをした。中にはわずかに口を開いた時もあり，コーラスする途中だった可能性がある。途中 3 回離れた。

8月10日(木) 16:30 曇り

種目：コーラス

実施回数：14 試行

正答回数：1 試行(ヒント 6 試行)

備考：前半，ヒント付きなら正解，なしなら口開けだったが，途中からヒントがあっても無反応や口開けが見られた。一度外してハンドサインでコーラスを実施した後の再開後は，口開けすることもあったが，ヒント付き正解をし，最後にはヒントなしで正解した。

8月12日(土) 16:00 晴れ

種目：コーラス

実施回数：13 試行

正答回数：1 試行(ヒント 6 試行)

備考：始めの 7 試行は作成した日よけのカバーを付けたが、今までの端末と異なるものと認識している可能性があるため途中で除去。しかしカバー付きでもヒント付きでは正解しており、ヒントに依存する傾向が大きいようだった。カバー除去後の 8 試行目ではヒントなし正解だったが、その後ヒントなしでは口開けや無反応で、ヒント付きの時のみ正解した。

8 月 20 日（日） 16:00 あ

種目：コーラス

実施回数：5 試行

正答回数：2 試行(ヒント 2 試行)

備考：体調不良で少し間が空き、プールを移動した。始め 2 試行ヒント付きで正解し、3 試行目ヒントなしで口開けを一瞬した後コーラスをしたが、後 2 試行はヒントなし正解した。

8 月 22 日（火） 16:50 曇り

種目：コーラス

実施回数：5 試行

正答回数：3 試行(ヒント 0 試行)

備考：実験前にハンドサインでコーラスを実施してから始め、ヒントは一切なしで行った。2 試行正解後一度中断したところ、再開後 2 試行で口開けをしたが、5 試行目で正解した。画面が切り替わる様子は十分見えているよう。

8 月 24 日（木） 時刻記録なし 晴れ

種目：コーラス

実施回数：7 試行

正答回数：3 試行(ヒント 0 試行)

備考：実験開始前にハンドサインでコーラスを実施し、実験中はヒントなしだった。始め無反応で、その後黒や白での反応もあったが、正解もあった。途中外して他種目のハンドサインを実施してから再開したが、直後に正解した。

8 月 27 日（日） 16:30 晴れ

種目：コーラス

実施回数：4 試行

正答回数：3 試行(ヒント 0 試行)

備考：開始前のハンドサインも実験中のヒントもなしだったが、1 試行目無反応だった後は正解した。その後一度外し、一度離れたが、いずれも直後に正解した。

8 月 29 日（火） 16:50 晴れ

種目：口開け

実施回数：17 試行

正答回数：0 試行(ヒント 0 試行)

備考：コーラスが良くなったので口開けのみ行った。始めコーラスが多く、制止により途中からは無反応が増えた。実験時はヒントではなく同時にハンドサインを提示し、途中外してハンドサインを見せることも 2 回あったが、正解はなかった。

8 月 31 日 (木) 16:50 曇り

種目：口開け

実施回数：12 試行

正答回数：5 試行(ヒント 1 試行)

備考：始め 3 試行コーラスをしたため続く 2 試行でハンドサインを同時に提示した。6 試行目ではヒント付きで成功したので、7 試行目からヒントなしにしたところ成功が続いた。9 試行目後一度外して他種目及びコーラス、口開けの順にハンドサインを実施してから再開すると、1 試行で無反応だったが残り 2 試行はヒントなしで正解した。

9 月 4 日 (月) 16:30 曇り

種目：口開け

実施回数：7 試行

正答回数：5 試行(ヒント 1 試行)

備考：暗く見えやすかったようで、1 試行目はコーラスをしたものの 2 試行目はヒント付きで正解、その後はヒントなしで正解。途中で一度外し口開け以外の複数種目のハンドサインを実施して再開したが、その後も問題なく正解した。

9 月 8 日 (金) 16:30 曇り

種目：口開け

実施回数：17 試行

正答回数：8 試行(ヒント 0 試行)

備考：無反応が 2 試行、遅れが 1 試行、その他の不正解は白での反応で、正解と不正解が混在していた。体調が少し良くないようだった。

9 月 11 日 (月) 16:50 曇り

種目：口開け

実施回数：6 試行

正答回数：4 試行(ヒント 0 試行)

備考：1 試行目で正解し、2 試行目以降正解、不正解が交互に続いた。不正解は白での反応

だった。体調が良くなかった。

9月14日(木) 16:50 曇り

種目：口開け

実施回数：14 試行

正答回数：4 試行(ヒント0 試行)

備考：不正解は白での反応ばかりで、途中正解が点在した。全体に集中力がなく、始めの方は首が振れており、途中でも一度離れた。外して他種目のハンドサインを実施し、集中を戻そうとしたが、最後の方では画面の区別なく口を開けるようになったので中止した。

9月15日(金) 16:50 晴れ

種目：口開け

実施回数：7 試行

正答回数：3 試行(ヒント0 試行)

備考：不正解は全て白画面での反応だった。3, 4, 7 試行で正解した。

9月16日(土) 16:30 雨

種目：口開け

実施回数：5 試行

正答回数：3 試行(ヒント0 試行)

備考：1, 4 試行目に白で反応したほかは正解した。

9月19日(火) 17:00 晴れ

種目：口開け

種目：コーラス

実施回数：5 試行

実施回数：1 試行

正答回数：4 試行(ヒント0 試行) 正答回数：0 試行(ヒント0 試行)

備考：口開けの後にコーラスを1 試行提示した。口開けは始めから正解し、途中1 試行白での反応があったが、正解が多かった。途中で一度外して他種目のハンドサインを実施してから再開したが、問題なく正解した。一度外してコーラスのハンドサインを2 回実施した後端末でコーラスを提示した。同時にハンドサインを提示したところコーラスをした。

9月22日(金) 17:00 曇り

種目：口開け

種目：コーラス

実施回数：9 試行

実施回数：5 試行

正答回数：5 試行(ヒント0 試行) 正答回数：0 試行(ヒント0 試行)

備考：口開け、コーラスの順に提示した。口開けでは正解と白での反応が混在し、1 試行で

白での口開け時に自発的に口を閉じるか様子を見たが閉じず、制止すると離れた。コーラスに移行する前には一度外してから再開した。2 試行目まで同時にハンドサインを提示したところ一瞬口を開けた後コーラスをしており、3、4 試行目では白で口を開けた。5 試行目ではサイン画面提示に少し遅れてハンドサインを出すと、一瞬の口開けの後コーラスした。

9 月 25 日（月） 16:30 晴れ

種目：口開け

種目：コーラス

実施回数：6 試行

実施回数：5 試行

正答回数：1 試行(ヒント 0 試行) 正答回数：0 試行(ヒント 0 試行)

備考：口開けから開始して細かく切り替えて提示した。正解したのは始めの口開け 1 試行のみだった。次のコーラスでは同時にハンドサインを出して正解し、口開けに戻すと無反応、コーラスとなり、その後も他種目や無反応となった。最後の方は同時にハンドサインを出して交互に切り替え、どちらの種目も出されうることを理解させることを目指した。白での反応は一度もなく、サイン画面でどちらを発現するか考えている様子があった。

9 月 27 日（水） 16:50 曇り

種目：口開け

種目：コーラス

実施回数：7 試行

実施回数：8 試行

正答回数：4 試行(ヒント 0 試行) 正答回数：0 試行(ヒント 0 試行)

備考：口開けから開始して細かく切り替えて提示した。口開けは全てヒントなし、コーラスは全て同時にハンドサインを提示した。口開けの不正解は白での反応ばかりだった。コーラスでも白で反応することが半数ほどあったが、全て口開けをした。サイン画面まで進んだ場合には同時にハンドサインを提示したが、うち 1 試行は口開けをした。

9 月 29 日（金） 16:50 晴れ

種目：口開け

種目：コーラス

実施回数：5 試行

実施回数：4 試行

正答回数：3 試行(ヒント 0 試行) 正答回数：0 試行(ヒント 1 試行)

備考：口開けから開始して細かく切り替えて提示した。口開けは全てヒントなし、コーラスは同時にハンドサインを提示し、最後の試行のみヒントを出した。全体を通して不正解は白での反応だったが、全て口開けをしており、途中 2 回離れることがあった。

10 月 2 日（月） 16:50 曇り

種目：口開け

種目：コーラス

実施回数：8 試行

実施回数：8 試行

正答回数：5 試行(ヒント 0 試行) 正答回数：0 試行(ヒント 0 試行)

備考：口開けから開始して細かく切り替えて提示した。口開けはヒントなし、コーラスは同時にハンドサインを提示した。口開けでは前半に白での反応，後半に無反応の不正解があった。コーラスでは中ほどの 2 試行で白で反応したがいずれも口開けをした。他の試行でもハンドサインを小さめに出すと口開けをしそうになる傾向があった。

10月4日（水）16:50 曇り

種目：口開け

種目：コーラス

実施回数：9 試行

実施回数：12 試行

正答回数：5 試行(ヒント 0 試行) 正答回数：0 試行(ヒント 0 試行)

備考：口開けから開始して細かく切り替えて提示した。口開けはヒントなし、コーラスは前半同時にハンドサインを提示し、後半ヒントなしにした。全体に集中力がなく、3 回離れ、集中させるために 2 回外した。口開けでは、前半正解していたが、中ほどから白での反応の不正解が増えた。コーラスは、全体に白で反応して口を開けることが多く、後半になるにつれ、サイン画面での反応、無反応となることもあった。今回からコントラストを少し上げた。

10月7日（土）16:30 晴れ

種目：口開け

実施回数：7 試行

正答回数：0 試行(ヒント 4 試行)

備考：提示の流れを黒，サイン画面の 2 段構成に変更し、まずは口開けのみ提示。始め 2 試行ハンドサインを同時に提示して正しく口を開いたため、次の 2 試行ではヒント付きで行ったところいずれも正解した。しかし 5 試行目でヒントをなくしたところ無反応だったため残り 2 試行はヒント付きで行い正解した。白をなくして黒からサイン画面に移ることに対しては全く認識ができていない様子だった。

10月10日（火）16:30 晴れ

種目：口開け

実施回数：17 試行

正答回数：3 試行(ヒント 0 試行)

備考：無反応が 10 試行あり，うち 5 試行ではサイン画面提示後黒に戻したタイミングで口開けをしたため，3 段構成のタイミングを覚えていて 3 枚目で反応している様子だった。いずれも正解はハンドサインを同時に提示した試行の後に発現し，中ほどで 1 試行，最後に続けて 2 試行あった。集中力が少し欠けているようだった。

10月16日（月）16:30 雨

種目：口開け

実施回数：14 試行

正答回数：9 試行(ヒント 0 試行)

備考：1 試行目で無反応だったため、2 試行目でハンドサインを同時に提示すると、3 試行目は正解した。続いて口開けするが途中で閉じる、黒での反応の 2 試行の不正解があったが、後半は安定して正解した。前半は正解を示す笛の音を待てずに口を閉じる傾向があったが、後半には 2 段構成を理解した様子が見られた。最後の方 1 試行で黒を長く提示すると口を開けた。

10 月 18 日 (水) 16:30 曇り

種目：口開け

実施回数：4 試行

正答回数：3 試行(ヒント 0 試行)

備考：1 試行目のみ同時にハンドサインを提示し正しく反応、ヒントなしの他 3 試行も正解した。途中一度外して他種目を実施したがその後の結果に影響なかった。

10 月 20 日 (金) 16:50 曇り

種目：口開け

種目：コーラス

実施回数：6 試行

実施回数：4 試行

正答回数：3 試行(ヒント 1 試行) 正答回数：0 試行(ヒント 2 試行)

備考：口開けの後にコーラスも提示した。口開けでは、始め 2 試行無反応から黒に戻した時口開けをしたので、3 試行目でヒント付きにすると正解、以降ヒントなしで正解した。コーラスに替え 2 試行はハンドサインを同時に提示、続く 2 試行はヒント付きで提示した。4 試行ともサイン画面でコーラスをし、1 試行目はハンドサインより早く反応した可能性もある。

10 月 22 日 (日) 17:00 雨

種目：口開け

種目：コーラス

実施回数：3 試行

実施回数：5 試行

正答回数：2 試行(ヒント 0 試行) 正答回数：0 試行(ヒント 3 試行)

備考：口開け、コーラスの順で提示した。口開けは 1 試行目遅れたが、以降正解した。一度外してコーラスのハンドサインを実施してからコーラスに移行したところ、ヒント付きで正解したがヒントをなくすと口開けをしたことから、再びヒント付きでコーラス、なしで口開けと思いついておそれがある。コーラスの最中にも一度外した。

10 月 24 日 (火) 16:30 曇り

種目：コーラス

実施回数：18 試行

正答回数：0 試行(ヒント 8 試行)

備考：混乱を防ぐためにコーラスを単独で実施した。ヒントがないと口開けもしくは無反応となり、無反応のときは黒に戻した時に口開けをしており、ヒント付きの時のみコーラスが見られた。ただしヒント付きでも見落として口開けになることも 3 試行あった。ヒントはかなり小さくしても反応することが多かったが、なしにすると全く反応しなかった。

10月27日(金) 16:50 晴れ

種目：コーラス

実施回数：18 試行

正答回数：0 試行(ヒント 9 試行)

備考：1 試行目のみヒント付きでも見落としたのか無反応だったが、以降の試行ではヒント付きのときは正解した。ヒントがないと無反応が多く、黒に戻したタイミングで口開けをすることがほとんどでうち 1 試行だけ黒でコーラスをした。ヒントなしの時には、遅れ、サイン画面での口開けも途中で 1 試行ずつあった。ヒントはかなり小さくても反応するが、腕を見ているためなくすと全く反応がなくなる。

10月30日(月) 16:30 晴れ

種目：コーラス

実施回数：5 試行

正答回数：3 試行(ヒント 2 試行)

備考：実験前にコーラスのハンドサインを実施してから開始した。始め 2 試行ヒント付きで正解した後、ヒントをなくすと正解した。4 試行目の後一度外して他種目のハンドサインを行い長めに間を空けたが、5 試行目でもヒントなしで正解した。

10月31日(火) 16:40 曇り

種目：コーラス

実施回数：8 試行

正答回数：4 試行(ヒント 2 試行)

備考：始め 2 試行はヒントなしで不正解、続く 2 試行ではヒント付きにすると正解した。その後ヒントをなくしたが、4 試行とも正解した。

11月1日(水) 16:30 晴れ

種目：口開け

種目：コーラス

実施回数：12 試行

実施回数：6 試行

正答回数：0 試行(ヒント 2 試行) 正答回数：3 試行(ヒント 2 試行)

備考：コーラス、口開けの順で提示した。コーラスでは 1 試行目ヒント付きで正解したた

め、2 試行目でヒントをなくしたらサイン画面で無反応、黒に戻した時にコーラスをした。
3 試行目にヒント付きにしたところ正解して、以降ヒントなしで正解が続いた。途中一度外して他種目のハンドサインを実施したが、再開後も問題なく正解した。口開けに移る前には一度外して口開けのハンドサインを実施したが、ヒント付きでもコーラスをしてから口開けをする不正解が続いた。中ほどと最後に1 試行ずつヒント付きで正解した。

11月3日(金) 17:00 晴れ

種目：口開け

種目：コーラス

実施回数：5 試行

実施回数：3 試行

正答回数：2 試行(ヒント1 試行) 正答回数：2 試行(ヒント1 試行)

備考：コーラス、口開けの順で提示した。コーラスでは始めヒント付きで正解した後、ヒントなしでも続けて正解した。一度外して口開けのハンドサインを2 回実施してから口開けを提示したが、1 試行目ではヒント付きでもコーラスをし、ヒントの手を端末の前に出すと初めて口開けをした。そのため再び外して口開けのハンドサインを1 回出した後ヒント付きで提示したが、1 試行目と同じ反応だった。3 試行目ではヒント付きで正解し、以降ヒントなしで正解した。4 試行目後には一度外したが再開後も正解した。周囲が暗く、見えやすいようで、全体に反応が速かった。

11月5日(日) 17:00 晴れ

種目：口開け

種目：コーラス

実施回数：2 試行

実施回数：7 試行

正答回数：1 試行(ヒント1 試行) 正答回数：3 試行(ヒント2 試行)

備考：コーラス4 試行、口開け2 試行、コーラス3 試行の順で提示、各種目開始前には一度外して同種目のハンドサインを実施した。始めのコーラスでは1 試行目ヒントなしで口開けをしたため外してコーラスのハンドサインを実施してから再開すると、2 試行目ヒント付き、3、4 試行目ヒントなしで正解した。口開けは1 試行目ヒント付き、2 試行目ヒントなしで正解したが、1 試行目もヒントを出す前に反応した可能性がある。次のコーラスでは1 試行目ヒントなしで迷いなく口開けをしたが、2 試行目ヒント付きにすると正解、3 試行目はヒントなしで正解した。

11月7日(火) 16:40 晴れ

種目：口開け

種目：コーラス

実施回数：6 試行

実施回数：5 試行

正答回数：3 試行(ヒント0 試行) 正答回数：2 試行(ヒント0 試行)

備考：コーラス、口開けの順に提示した。コーラス開始前のみ外した状態でハンドサインを提示した。コーラス、口開けともに始めはハンドサインを同時に提示すると正しく反応した。

それ以降もヒントはなしとし、不正解になると次の試行でハンドサインを同時に提示した。それぞれ1試行ずつ他種目を発現する不正解があった。

11月10日(金) 16:50 晴れ

種目：口開け

種目：コーラス

実施回数：6試行

実施回数：4試行

正答回数：1試行(ヒント0試行) 正答回数：2試行(ヒント0試行)

備考：コーラスから始めて細かく切り替えて提示した。種目が変わる前には必ず一度外して次種目のハンドサインを提示する(以降事前ヒントと記載)ようにした。提示時のヒントはなくし、不正解が続く時のみ同時にハンドサインを提示した。始め1試行ずつ正解したが、その後は無反応後に黒で口開けした1試行以外は他種目の不正解が続いた。途中一度離れた。

11月12日(日) 17:00 晴れ

種目：口開け

種目：コーラス

実施回数：5試行

実施回数：3試行

正答回数：1試行(ヒント0試行) 正答回数：3試行(ヒント0試行)

備考：コーラスから始めて細かく切り替え、種目の切り替え時には事前ヒントを提示した。始め口開けに切り替えた時他種目の失敗を繰り返し、1試行で同時にハンドサインを提示したが、他は正解した。かなり暗く見えやすかった。

11月13日(月) 16:50 晴れ

種目：口開け

種目：コーラス

実施回数：7試行

実施回数：4試行

正答回数：3試行(ヒント0試行) 正答回数：2試行(ヒント0試行)

備考：コーラス1試行、口開け5試行、コーラス3試行、口開け2試行の順に、種目切り替え時の事前ヒントありで提示した。始めのコーラスで正解し、すぐ口開けに移ったが、口開けではコーラス発現と、同時にハンドサイン提示を繰り返した。その後正解したところでコーラスに戻すと始め口開けをしたため2試行目で同時にハンドサイン提示を行うと、3試行目で正解した。最後口開けは両方正解した。

11月15日(水) 16:40 晴れ

種目：口開け

種目：コーラス

実施回数：2試行

実施回数：2試行

正答回数：2試行(ヒント0試行) 正答回数：2試行(ヒント0試行)

備考：コーラスから始めて交互に1試行ずつ提示し、事前ヒントを毎回提示したところ、全て正解した。試行間に提示した事前ヒントのハンドサインは全て2回ずつ続けて提示した。

11月17日(金) 16:40 晴れ

種目：口開け

種目：コーラス

実施回数：2 試行

実施回数：4 試行

正答回数：2 試行(ヒント0 試行) 正答回数：1 試行(ヒント0 試行)

備考：コーラス1 試行，口開け1 試行，コーラス3 試行，口開け1 試行の順に，種目切り替えの有無に関わらず毎試行事前ヒントありで提示した。事前ヒントはほとんどの試行で2回ずつ提示した。3 試行続けて行ったコーラスでは1，2 試行目口開けで，3 試行目はハンドサインを同時に提示したが，他の試行は正解した。

11月20日(月) 16:50 晴れ

種目：口開け

種目：コーラス

実施回数：2 試行

実施回数：2 試行

正答回数：2 試行(ヒント0 試行) 正答回数：2 試行(ヒント0 試行)

備考：コーラスから始めて交互に1 試行ずつ提示し，事前ヒントを毎回提示した。事前ヒントは毎回2回ずつ提示し，全て正解した。

11月21日(火) 16:40 晴れ

種目：口開け

種目：コーラス

実施回数：2 試行

実施回数：9 試行

正答回数：2 試行(ヒント0 試行) 正答回数：3 試行(ヒント0 試行)

備考：コーラスから始めて，一度正解すると種目を切り替えた。事前ヒントは2回続けての提示が多く，ほとんどの試行の前に提示した。口開けは全て正解したが，コーラスでは口開けが多かった。中ほどのコーラスでは1 試行目口開け，2 試行目は遅れ，3 試行目で正解したが，最後のコーラスでは口開けが続いたためハンドサインを同時に提示すると，最終試行で正解した。

11月23日(木) 16:50 晴れ

種目：口開け

種目：コーラス

実施回数：7 試行

実施回数：4 試行

正答回数：2 試行(ヒント0 試行) 正答回数：2 試行(ヒント0 試行)

備考：コーラスから始めて，一度正解すると種目を切り替えた。事前ヒントを1回に減らそうとしたところ，始めコーラスは1 試行で正解したものの，口開けで混乱してコーラス発現が多く，同時にハンドサインを提示も含めて5 試行不正解が続き，一度離れた。次のコーラスでは口開けをする不正解が2 試行見られた。事前ヒント1回により混乱すると，2回に戻しても正解せず，一度端末を外して他種目のハンドサインを複数行ってリセットしてか

ら事前ヒント 2 回に戻すと、ようやくコーラス、口開けと 1 試行ずつ続けて正解した。

11 月 25 日 (土) 17:20 晴れ

種目：口開け

種目：コーラス

実施回数：3 試行

実施回数：2 試行

正答回数：2 試行(ヒント 0 試行) 正答回数：2 試行(ヒント 0 試行)

備考：正解したら種目切り替えとし、コーラス 1 試行、口開け 2 試行を毎回事前ヒント 2 回付きで提示後、他種目のハンドサインを複数行いりセットしてから、コーラス 1 試行、口開け 1 試行を毎回事前ヒント 1 回付きで提示した。前半の口開け 1 試行目でコーラスを発現したが他は正解した。

11 月 27 日 (月) 16:50 晴れ

種目：口開け

種目：コーラス

実施回数：5 試行

実施回数：4 試行

正答回数：2 試行(ヒント 0 試行) 正答回数：3 試行(ヒント 0 試行)

備考：コーラスから始めて正解したら種目切り替えとし、3 巡目のコーラスで終了した。事前ヒントは前半 2 回ずつ提示したが、後半 1 回ずつでも正解した。不正解は、始めの口開けで 3 試行コーラス、最後のコーラスで 1 試行目一瞬口開けをしてからコーラスをした。

11 月 29 日 (水) 16:30 晴れ

種目：口開け

種目：コーラス

実施回数：6 試行

実施回数：3 試行

正答回数：4 試行(ヒント 0 試行) 正答回数：3 試行(ヒント 0 試行)

備考：コーラスから始めて正解したら種目切り替えとし、3 巡目の口開けのみ 2 試行正解して終了した。事前ヒントは基本 1 回ずつとし、前セットで不正解が続いていた口開けでは 2 回ずつとしたこともあった。うち 2 試行の前の事前ヒントでは端末を提示したままハンドサインを見せた。全体を通して口開けの時コーラスをする不正解が 2 試行あったが、他は正解した。途中一度コーラスのハンドサインを見て口開けをしたことがあり、適当に口開けかコーラスをしている時もあることが分かったが、画面を見て判断する様子も見られた。

11 月 30 日 (木) 16:30 曇り

種目：口開け

種目：コーラス

実施回数：5 試行

実施回数：3 試行

正答回数：3 試行(ヒント 0 試行) 正答回数：3 試行(ヒント 0 試行)

備考：コーラスから始めて、正解したら種目切り替えとし、3 巡目の口開けで終了した。事前ヒントは基本 1 回ずつとし、前セットで不正解となっていた口開けの 1 試行では 2 回続

けて提示した。1巡目の口開けで2試行不正解だったが、他は正解した。

12月1日(金) 17:00 晴れ

種目：口開け

種目：コーラス

実施回数：3試行

実施回数：7試行

正答回数：3試行(ヒント0試行) 正答回数：4試行(ヒント0試行)

備考：コーラスから始めて、正解したら種目切り替えとし、4巡目のコーラスで終了した。

事前ヒントは、前半は全て1回ずつ、後半は不正解の多いコーラスのみ2回ずつとした。

コーラスは2, 3巡目でそれぞれ2試行、1試行不正解があり、いずれも口を開けた。2試行不正解が続いた後、集中力を戻すために途中一度外すと正解した。