

令和元年6月7日現在

機関番号：34419

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K17367

研究課題名（和文）行動とホルモンレベルを指標としたイルカのストレスと心理学的幸福の評価手法の開発

研究課題名（英文）Development of methods for evaluating stress and psychological happiness in dolphins based on behavioral observation and hormone levels

研究代表者

酒井 麻衣 (SAKAI, Mai)

近畿大学・農学部・講師

研究者番号：40512299

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,900,000円

研究成果の概要（和文）：ハクジラ亜目のホルモンレベル・行動とストレス・心理的幸福との関係を明らかにするため、行動観察および垢と血中のホルモン濃度測定を行った。対象動物は期間中大きな疾病はなく、得られた行動頻度・ホルモンレベルの時、おおむね健康な状態と言えた。顔を壁にこすりつける行動が比較的多かった期間に、血中および垢中コルチゾール濃度が高く、この行動がストレスの現れであることが示唆された。静止時間が長いときほど血中 エンドルフィン濃度が低く、運動量と関係があることが示唆された。また、中層での静止時間が長いほど、血中コルチゾール濃度が高いことがわかり、長時間静止する行動がストレスの現れである可能性が考えられた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ハクジラ亜目の飼育環境の向上には、飼育の現場でストレスや心理的幸福を簡易に把握する必要がある。また、健全な時の行動頻度やホルモンレベルを知っておく必要がある。これまでイルカにおいては、ストレスや心理的幸福の指標となる行動が明確になっていなかった。本研究の結果から、健全な時の行動頻度・ホルモンレベルを明らかにするとともに、ストレスの現れと考えられるいくつかの行動を見出だすことができた。この成果を国内の水族館で共有することで、飼育環境向上に貢献できると予測される。

研究成果の概要（英文）：In order to clarify the relationship between hormone levels and behavior and stress and psychological happiness of odontocetes, we conducted behavioral observation and measured hormone concentrations in the old skin and serum. The subjects have not gotten a heavy disease during the period. This suggests that these behavioral frequencies and the hormone levels were obtained when dolphins were healthy. In the period when a dolphin rubbed its face against the wall frequently, old skin and serum cortisol concentration were relatively higher. This suggests that this behavior is a sign of stress. The serum  $\beta$ -endorphin concentration tended to be lower when static behavior was longer. This suggests that serum  $\beta$ -endorphin concentration has a relationship with the momentum. Further, the serum cortisol concentration tended to be higher when the static time at the middle layer was longer. It suggests that prolonged static behavior in middle layer is a manifestation of stress.

研究分野：動物行動学

キーワード：鯨類 行動 ストレス ホルモン イルカ

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

ハクジラ亜目(イルカ)は多くの魅力を持つ人気動物であり、イルカの飼育・展示は、彼らの住む海を守ろうという意識の啓発など環境教育的効果が高い。また、飼育イルカの研究から得られる情報は、彼らの高度な知性を解明するため、野生個体群を保全していくために必要不可欠である。日本動物園水族館協会は2015年、加盟園館に対し追い込み漁で得られた野生鯨類の導入を禁止した。イルカの飼育下での生存期間には、大きなばらつきがあるのが現状である。そのため、現在飼育されているイルカの健全な飼育環境の実現と生活の質の向上は喫緊の課題である。

動物を飼育する際、個体の幸福な暮らしを実現するための方策である環境エンリッチメントが重要視されてきた。しかしその研究の多くは陸棲動物を対象に行われ、イルカを対象としたものは国外に数件しかない。環境エンリッチメントは、飼育下での行動を野生本来の行動になるべく近づけることが目標である。そのためには、野生個体の「行動のレパートリー」と「行動の時間配分」を知る必要がある。しかしイルカにおいては、観察が困難な海洋環境に生息するため、野生での詳細な行動についての知見が国内外ともに非常に乏しく、野生と飼育個体の行動を比較した情報がない。

申請者はこれまで、野生イルカを水中で直接観察することで、社会行動や社会的認知について調べ、彼らが社会行動時に相手を選んでいることや、相手を左目で認識する可能性などを明らかにしてきた。直接観察が不可能な種に対しては、記録計を装着することにより、同調した潜水を行う相手を選んでいることや、遊泳速度や呼吸頻度などの行動特性を明らかにした。また、飼育イルカの母子の行動分析を行い、子どもの行動発達過程を明らかにしてきた。

イルカの飼育環境の改善には、飼育の現場でストレスや心理学的幸福を感じている状態を簡易に把握し、ストレスを減らし幸せな状態を増やす必要がある。陸棲動物では、自分の毛をむしる自傷行動、同じルートを行き来する常同行動などがストレス指標として知られ、それらを減らすような環境改善が試みられてきた。さらに、上記のようなストレス行動時にコルチゾール代謝産物が増えることや、社会的毛づくろい時に幸福感を示すホルモンである エンドルフィン濃度が上がることなど、ストレスや幸福を感じる行動が生理学的指標から裏付けられている。一方、体毛がなく遊泳を続けるのが常であり、体が流線型で表情筋もなく心理的状态が読み取りにくいイルカにおいては、ストレスや心理的幸福の指標となる行動が明確になっていない。イルカでは、コルチゾールや エンドルフィンの血中濃度の測定法が近年開発されたが、ホルモンレベルと彼らの示す行動との関係は明らかではない。

そこで、申請者がこれまで蓄積してきた野生個体の行動や社会に関する情報と分析手法、飼育個体の行動の定量的分析手法を用いて、野生個体と飼育個体の行動の定量的分析と比較を行うこと、および、ホルモン測定と行動観察を合わせることで、ストレス状態や心理的幸福と行動との関係を見いだすことができると考え、本研究の着想に至った。

### 2. 研究の目的

本研究は、ハクジラ亜目(以下イルカ)の健全な飼育環境の実現と生活の質の向上を目指す。そのためには、飼育下での行動を野生本来の行動に近づけること、簡易にストレスや心理学的幸福を把握する必要がある。本研究では、飼育環境を向上するための情報を得るため、野生個体と飼育個体の行動の定量的な分析と比較を行う。また、行動を観察すると同時にストレスおよび幸福の指標となるホルモンを測定し、イルカのストレスや心理学的幸福と行動との関連を検証する。

### 3. 研究の方法

ハクジラ亜目を対象に、野生個体、飼育個体が野外環境にいる状態、飼育個体が飼育プールにいる状態において、行動のレパートリーと時間配分を明らかにする。それらを比較することで、野生本来の行動に飼育個体の行動を近づけるための飼育環境の改善への判断材料を得る。また、ストレス指標行動の候補をピックアップする。飼育鯨類の健全な状態での行動頻度とホルモンレベルを長期的にモニタリングし、行動やホルモンレベルから通常出ない状態を検知するためのデータを蓄積する。行動観察を行ったのちに採血を行い、血中コルチゾール濃度および エンドルフィン濃度を測定し、行動データと照らし合わせ、ストレス指標となる行動を特定する。長期的ストレスを測定するため、イルカの表皮サンプルからコルチゾール濃度の測定を試みる。

### 4. 研究成果

#### (1)野生・野外環境・飼育環境における行動の分析と比較

伊豆諸島御蔵島において野外調査を行い、ミナミハンドウイルカの行動配分を分析し、浮いてまたは中層で静止する行動、繰り返し吐き戻す行動は全くしないことがわかった。ワカメスが孤児を育てる事例について報告した。また、昼間はほとんど採餌が行われないことを明らかにした。社会的性行動を分析し、この行動がワカオス3頭以上で多く起こることを明らかにした。京都水族館・須磨海浜水族園・かごしま水族館にて、ハンドウイルカを対象に飼育プール・海水浴場・屋外水路における行動観察を行い、行動のレパートリーと時間配分を記録した。その結果、野外環境の方が遊泳速度が速く、潜水が多く、呼吸頻度が少なく、静止することが少

ないことがわかった。また、親和的個体同士の方が同調遊泳や同調呼吸を多く行うことが明らかになった。餌の吐き戻し行動について、京都水族館のハンドウイルカを対象に詳細に調査した。繰り返す吐き戻し行動は野生個体では観察されなかったため、飼育個体特有の行動であると考えられた。プールに同居個体がいる時の方が、単独でいる時に比べて吐き戻しが少なかった。社会的刺激が、吐き戻しのような望ましくない行動を低減させることがわかった。太地町立くじらの博物館にて、飼育ハナゴンドウの子どもを中心とした社会行動について分析し、母親やワカメスだけでなく、ワカオスとも関係を築くことを明らかにした。名古屋港水族館において、飼育シャチの母子を中心に行動を分析し、シャチの社会行動について、吻先を使用した接触が多いことを明らかにした。また、娘が2歳から5歳の時の母子間の社会行動の変化を明らかにした。(雑誌論文 1,6, 学会発表 1,3,4,7,8,9,11,13,15)

## (2)生理学的指標の測定法の開発

長期的ストレス指標とするため、かごしま水族館の飼育ハンドウイルカの表皮中コルチゾール濃度を、酵素免疫測定法を用いて測定することを試み、測定法の開発に成功した。3年間にわたり血液およびいくつかの部位からの垢のサンプリングを行い、同時に行動データを収集した。背ビレや尾ビレなど採取部位の違いによる垢中コルチゾール濃度の差は認められなかった。このことから垢は部位を選んで採取する必要がなくストレス評価に有用な試料であることが示された。また、垢の蓄積量を調査し、垢は毎日流出し更新されていることを明らかにした。血中と垢中コルチゾール濃度の関係を検証したところ、血中濃度が高い数日間に垢中コルチゾール濃度も高かった。よって垢中コルチゾール濃度は1日から数日間のストレスの指標になる可能性が考えられた。名古屋港水族館の飼育シャチにおいて、ストレス指標となる血中コルチゾール及び エンドルフィン濃度、安らぎ、結びつきを促進する血中オキシトシン濃度の測定に成功した。特に エンドルフィンとオキシトシンについては本種では初の測定例となった。(学会発表 2,10)

## (3)ホルモンレベルと行動との関係

飼育シャチにおいて、3年にわたり血中 エンドルフィン濃度・オキシトシン濃度・コルチゾール濃度の測定を行うとともに、採血前の行動のデータを収集・分析した。その結果、静止時間が長いときほど血中 エンドルフィン濃度が低く、運動量と関係があることが示唆された。また、中層での静止時間が長いほど、血中コルチゾール濃度が高いことがわかり、長時間静止する行動がストレスの現れである可能性が考えられた。飼育ハンドウイルカにおいて、顔を壁にこすりつける行動が比較的多かった期間に、血中および垢中コルチゾール濃度が高く、この行動がストレスの現れであることが考えられた。また、対象動物は研究期間中大きな疾病はなかったことから、これら2種の健全な状態のホルモンレベルと行動頻度を明らかにできた。(学会発表 2)

## 5. 主な発表論文等

### 〔雑誌論文〕(計6件)

- (1) 酒井麻衣. 2018. イルカの水中社会性: ふれあいと同調. 哺乳類科学, 58(1), 135-139. 査読あり
- (2) Kimika Tsuji, Kazunobu Kogi, Mai Sakai, Tadamichi Morisaka. 2017. Emigration of Indo-Pacific Bottlenose Dolphins (*Tursiops aduncus*) from Mikura Island, Japan. Aquatic Mammals, 43(6), 583-591. <https://doi.org/10.1578/AM.43.6.2017.585> 査読あり
- (3) 北夕紀, 村山美穂, 小木万布, 森阪匡通, 酒井麻衣, 椎名隆. 2017. 御蔵島に生息するミナミハンドウイルカ(*Tursiops aduncus*)の親子鑑定. DNA多型, 25(1):52-57 査読あり
- (4) 三宅真亜子, 奈良祥太郎, 稲田喜信, 高橋俊, 酒井麻衣, 森阪匡通. 2017. 並走する流線型物体の間に働く流体力学的効果の分析. 日本航空宇宙学会論文集, 65(1), 27-31. 査読あり
- (5) Yoshinobu Inada, Naoki Tamiya, Maako Miyake, Tadamichi Morisaka, Mai Sakai, Ikuo Wakabayashi, Masahiko Kasamatsu, Yasuhiro Uekusa. 2017. Fluid dynamic effects of small projections based on dorsal ridge tubercles of the finless porpoise. Journal of Biomechanical Science and Engineering, 12(3): 16-00700. <http://doi.org/10.1299/jbse.16-00700> 査読あり
- (6) Mai Sakai, Yuki F. Kita, Kazunobu Kogi, Masanori Shinohara, Tadamichi Morisaka, Takashi Shiina, Miho Inoue-Murayama. 2016. A wild Indo-Pacific bottlenose dolphin adopts a socially and genetically distant neonate. Scientific Reports. 6, Article number: 23902, doi:10.1038/srep23902 査読あり

### 〔学会発表〕(計15件)

- (1) 高橋力也, 森阪匡通, 大泉宏, 小木万布, 酒井麻衣. 御蔵島周辺海域に生息するミナミハンドウイルカの日中の採餌行動と餌生物に関する基礎研究. 平成31年度日本水産学会

春季大会. #9009. 東京海洋大学, 2019年3月27-29日.

- (2) 鬼頭拓也, 山本知里, 柏木伸幸, 大塚美加, 喜納泰斗, 鈴木美和, 友永雅己, 酒井麻衣. 飼育ハンドウイルカにおける表皮中コルチゾールのストレス指標としての有用性の評価. 平成31年度日本水産学会春季大会. #9043. 東京海洋大学, 2019年3月27-29日.
- (3) 酒井夏生, 桐畑哲雄, 浅見優希菜, 酒井麻衣. 飼育下ハナゴンドウにおけるジャンプの分析. P-069, 日本動物行動学会第37回大会, 京都大学, 2018年9月28-30日.
- (4) 酒井夏生, 桐畑哲雄, 浅見優希菜, 酒井麻衣. 飼育下ハナゴンドウにおけるジャンプの分析. 日本哺乳類学会2018年度大会, 0B-01, 信州大学, 2018年9月7-10日.
- (5) 宮西葵, 小木万布, 酒井麻衣. 野生ミナミハンドウイルカ(*Tursiops aduncus*)における社会的性行動, P-057, 日本哺乳類学会2018年度大会, 0B-01, 信州大学, 2018年9月7-10日.
- (6) 山本知里, 柏木伸幸, 大塚美加, 西村佳織, 酒井麻衣, 友永雅己. 協力課題におけるハンドウイルカのパートナーの認識. KOUDOU2017 日本動物行動関連学会・研究会合同大会, P-252, 東京大学, 2017年8月30日-9月1日
- (7) 中野智仁, 漁野真弘, 日登弘, 勝俣浩, 荒井一利, 酒井麻衣. 飼育下シャチにおける社会行動と個体間関係の分析. KOUDOU2017 日本動物行動関連学会・研究会合同大会, P-170, 東京大学, 2017年8月30日-9月1日
- (8) 酒井夏生, 桐畑哲雄, 酒井麻衣. 飼育下ハナゴンドウの社会行動: コドモ個体を中心とした行動分析. KOUDOU2017 日本動物行動関連学会・研究会合同大会, P-98, 東京大学, 2017年8月30日-9月1日
- (9) 宮西葵, 小木万布, 酒井麻衣. ハンドウイルカ属における社会的性行動. KOUDOU2017 日本動物行動関連学会・研究会合同大会, P-232, 東京大学, 2017年8月30日-9月1日
- (10) 鬼頭拓也, 山本知里, 柏木伸幸, 大塚美加, 中村政之, 大塚ちはる, 鈴木美和, 友永雅己, 酒井麻衣. 飼育ハンドウイルカにおける表皮中コルチゾールの測定を試み. 平成29年度日本水産学会春季大会. #1127. 東京海洋大学, 2017年3月26-30日.
- (11) 酒井夏生, 桐畑哲雄, 酒井麻衣. 飼育下ハナゴンドウの社会行動: コドモ個体を中心とした分析. 平成29年度日本水産学会春季大会. #1127. 東京海洋大学, 2017年3月26-30日.
- (12) 北夕紀, 村山美穂, 小木万布, 森阪匡通, 酒井麻衣, 椎名隆. 御蔵島に生息するミナミハンドウイルカ(*Tursiops aduncus*)の血縁解析. 東京大学大気海洋研究所, 2016年11月30日-12月2日. (優秀研究賞受賞)
- (13) 酒井麻衣. イルカの水中社会性: ふれあいと同調. 2016年度日本哺乳類学会奨励賞受賞講演. 筑波大学, 茨城, 2016年9月24日
- (14) 片山佳実, 小木万布, 酒井麻衣, 森阪匡通, 北門利英. 御蔵島ミナミハンドウイルカの出産季節性に関する統計的研究. 平成28年度日本水産学会秋季大会. #903, 近畿大学農学部, 奈良, 2016年9月8日-11日.
- (15) Mai Sakai. Social touch and synchronous behavior in dolphins. The 31<sup>st</sup> International Congress of Psychology, Yokohama, Japan, 2016年7月24-29日.

#### [図書](計2件)

- (1) 酒井麻衣, 2016. 気のあう相手を同伴するスナメリ: ヨウスコウスナメリの社会性を探るバイオロギング 2 動物たちの知られざる世界を探る (WAKUWAKU ときめきサイエンスシリーズ), 日本バイオロギング研究会(編), 京都通信社, 京都, pp. 150-153.
- (2) 酒井麻衣. 2016. 家族でフィールドワーク: 伊豆諸島御蔵島でのイルカ研究. 女も男もフィールドへ(FENICS 100万人のフィールドワーカーシリーズ12), 椎野若菜, 的場澄人編, 古今書院, 東京, pp. 127-138.

#### [その他]

ホームページ等

<https://mm-kindaiuniv.jimdo.com/>

#### アウトリーチ活動

- (1) 酒井麻衣, 瀬岡理子, 高橋力也. イルカのおはなし. 近小キッズクラブ出前授業. 2019年3月25日
- (2) 酒井麻衣, 瀬岡理子. イルカのおはなし・ほねのおはなし. さいえんす@ほいくえん こだま保育園出前授業. 2019年3月19日.
- (3) 酒井麻衣, 鬼頭拓也, 鶴田優人, 山本知里, 柏木伸幸, 大塚美加, 喜納泰斗, 鈴木美和, 森阪匡通, 友永雅己. イルカは元気であるか?: 垢中ホルモンと心電測定の試み. かしこ水族館市民講座, 鹿児島, 2019年3月23日(招待講演)
- (4) 酒井麻衣. イルカのおはなし. 御蔵島小学校出前授業. 2018年7月13日
- (5) 酒井麻衣. イルカの水中での暮らし方. 大近小博 近畿大学附属小学校 5年生向け出張講義. 2018年6月9日.
- (6) 酒井麻衣, 瀬岡理子. イルカのおはなし・ほねのおはなし. 近小キッズクラブ出前授業. 2018年3月26日.

- (7) 酒井麻衣. イルカのおはなし. さいえんす@ほいくえん こだま保育園出前授業. 2018年3月5日.
- (8) 酒井麻衣. イルカの水中社会性. 川西市生涯学習短期大学水産学科(講師, 分担). 2017年6月3日, 2018年6月2日, 6月9日
- (9) 酒井麻衣. 生物の不思議講座~イルカ的不思議~ 宇治市生涯学習センター講座. 2016年11月24日, 12月1日, 12月8日.

## 6. 研究組織

### (2)研究協力者

研究協力者氏名：鈴木 美和

ローマ字氏名：(SUZUKI, Miwa)

研究協力者氏名：小木 万布

ローマ字氏名：(KOGI, Kazunobu)

研究協力者氏名：柏木 信幸

ローマ字氏名：(KASHIWAGI, Nobuyuki)

研究協力者氏名：古田 圭介

ローマ字氏名：(FURUTA, Keisuke)

研究協力者氏名：塩湯 一希

ローマ字氏名：(SHIOYU, Kazuki)

研究協力者氏名：桐畑 哲雄

ローマ字氏名：(KIRIHATA, Tetsuo)

研究協力者氏名：漁野 真弘

ローマ字氏名：(RYONO, Masahiro)

研究協力者氏名：日登 弘

ローマ字氏名：(NITTO, Hiroshi)

研究協力者氏名：勝俣 浩

ローマ字氏名：(KATSUMATA, Hiroshi)

研究協力者氏名：荒井 一利

ローマ字氏名：(ARAI, Kazutoshi)

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。