

令和 6 年 5 月 28 日現在

機関番号：14101

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K05726

研究課題名（和文）水生野生動物の非接触での胴まわりの測定とやせ具合を簡便に数値化する手法の開発

研究課題名（英文）Development of a simple non-invasive method for girth measurement and quantification of emaciation in free-ranging aquatic wild animals

研究代表者

森阪 匡通（Morisaka, Tadamichi）

三重大学・生物資源学研究科・教授

研究者番号：00422923

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,100,000円

研究成果の概要（和文）：野生動物の個体群全体の痩せ具合を継続的にモニタリングできれば、質的劣化を迅速に発見できる。本研究では、これまで開発してきた自由遊泳中の野生イルカの胴まわり（背びれの前方付け根を通る胴の周囲）を非接触で測定する手法の前提である「水中でのイルカの胴まわりは楕円形」について、水族館のイルカ5頭にて確認し、本手法の正しさを示すことができた。また、より簡便に判定できる「やせ指標」について、吻基部から背びれ前縁基部までのエッジのトレース座標から作成することができた。ただし首の上下の具合、コドモとオトナでこの指標は影響を受けることもわかった。今後これらを用いて野生イルカ個体群のモニタリングを続ける。

研究成果の学術的意義や社会的意義

野生動物の太り（痩せ）具合を知ることは、各個体の健康状態を知ることや、個体群全体の健全性を測るためにきわめて重要である。水中に生息するイルカにおいては、レーザー光など陸上で用いることのできる計測技術を用いることが困難である。本手法は既製品のビデオカメラを用いる手法であり、自由遊泳中の野生イルカと並んで泳ぎ撮影するだけで計測することができるのは画期的である。また、長期間行わなければならないモニタリングには、簡便な手法で誰でも行うことが重要であり、1つのビデオカメラで簡単に痩せ具合を判定できる本手法は最適であると言える。

研究成果の概要（英文）：If we can continuously monitor the leanness of individuals in a wildlife population, we can quickly detect qualitative deterioration within the population. In this study, we validated the assumption of our previously developed non-contact method for measuring the girth of free-swimming wild dolphins (girth measured at the base of the dorsal fin) that "the girth of dolphins in water is elliptical" using five dolphins in aquariums, thereby demonstrating the accuracy of this method. Additionally, we developed a simpler "leanness index" based on the traced coordinates of the edge from the base of the rostrum to the anterior base of the dorsal fin. However, we found that this index is influenced by the vertical position of the neck and varies between juvenile and adult dolphins. We will continue to use these methods for monitoring wild dolphin populations.

研究分野：保全学，動物生態学，生体計測学

キーワード：イルカ 胴まわり やせ具合 モニタリング 保全

1. 研究開始当初の背景

ヒトを含め動物にとって、胴まわりの情報は、個体の健康状態（特に栄養状態）や繁殖状態（特に妊娠状態）を示すパラメータとして重要であり、またその種の特性を示す重要な基礎情報であるといえる（Chapman et al. 2016）。野生動物の個体群の質的な変化、つまり栄養状態や繁殖状態を継続的にモニタリングできれば、質的劣化を迅速に発見することができる（横山ら、2003）。それにより、突然の個体数減少などの顕著な変化が起こる前に、個体群の異常を探知できると考えられる（図1）。迅速な異常の探知は、迅速な保全策を打つことにつながり、個体群崩壊など深刻な状況に陥ることを避けられることが期待される。

野生動物の体の計測は通常、捕獲により直接測定するが、野生イルカは捕獲が大規模で困難であり、動物にとってストレスが高く、死亡する個体すらいる。したがって捕獲を伴わない非接触の方法が必要である。また、長期間複数人が関わる野生動物のモニタリングには、安価で、簡便で誰もが使いやすい小型のシステムであることが肝要である（平田ら、2012）。

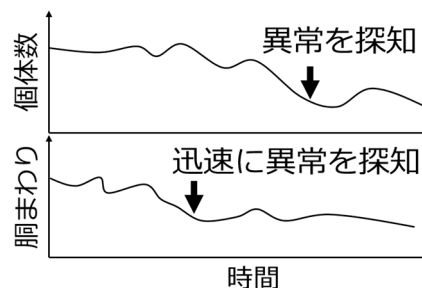


図1. 胴まわりの異常は個体数の異常より早く探知可能

2. 研究の目的

本研究の目的は、水中で自由に泳ぎ回る動物の胴まわりを必要精度で計測すること、そして簡便な方法でやせ具合を定量化することである。野生イルカやクジラの胴まわりを含めた体の3次元計測に関しては、ドローン映像を使った研究（Christiansen et al. 2019）があるが、胴まわりの形状を円型と仮定し、2次元の映像に当てはめて推定したものである（図2）。また、やせ具合の非接触での推定方法として、ドローン映像からシャチの頭幅を噴気孔から背びれ前縁の距離で割った値を用いた研究（Fearnbach et al. 2018）があるが、2次元を仮定しており、誤差が大きい。このため、より正確な計測を行うには、まずは胴まわりの形状を把握することが必要である。

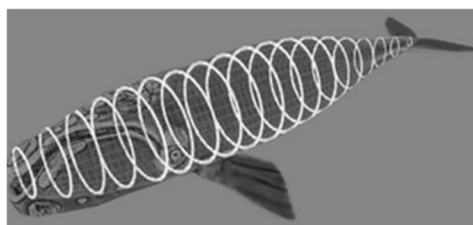


図2. Christiansen et al. (2019)の方法

本研究で提案するシステムは、既製品の小型カメラを用いることで、撮影者1名が水中で対象個体と一緒に泳ぎながら継続的に撮影できるなど、フィールドでの使用目的に耐える設計となっている（図3）。胴まわりの非接触による測定、および簡便な方法によるやせ具合の数値化を目指す。本研究は工学と生物学の専門家が10年以上の議論のもと行っており、小型で簡便なシステムでありながら必要十分な精度を持つというバランスのよい技術を開発できる体制であることも特色である。



3. 研究の方法

本研究では、(A)自由遊泳中の野生イルカの胴まわりを非接触で測定する手法を確立すること、そして(B)簡便に判定できる「やせ指標」を作成することを、水族館のイルカおよび伊豆諸島・御蔵島のミナミハンドウイルカを対象にして行う。なお、本研究においては、背びれの前方付け根を通る胴の周囲を胴まわりと定義する。

(A) 自由遊泳中の野生イルカの胴まわりを非接触で測定する手法の確立

これまでの研究によって、民生品のビデオカメラを使用して、一方向に進みながら体軸中心に少し回転しているイルカの動画を取得し、胴まわりの横幅とその幅の中心から背びれ付け根のずれの関係性から楕円の縦横比を出すことが理論的に可能であることを明らかにした。この成果は本研究期間中に論文として発表された。しかしこの理論は、イルカの胴まわりが楕円である

ことを仮定していた．本当に水中でのイルカの胴まわりが楕円であることを確認する必要がある．

鯨類の胴まわりの形状について，生体からの形状取得は通常，陸に上げた状態で行うが，イルカは陸に上がると，腹側に圧力がかかることで胴まわりの形状が変化してしまう可能性が高い．そこで水中での形状を取得するため，形状保持カラーワイヤーを，水中で保持した飼育イルカの胴まわりに沿わせ，型を取り，これを紙の上で撮影を行うことで，楕円と仮定したことが正しいかどうかを確認した．

(B) 簡便に判定できる「やせ指標」の作成

胴まわりの詳細な測定を行わなくとも，ビデオカメラ 1 台による簡便な「やせ指標」の作成ができれば誰でも簡便にモニタリングが可能となる．その候補として，首まわりの形状に焦点を当てる．首まわりはやせた個体では細くなることが，水族館で「痩せると「首」が現れる」と経験的に知られており，Kastelein et al. (1990) でも示されている．また，Joblon et al. (2014；図 5) では，見た目でのコンディションスコア (BCS: Body Condition Score) を 4 つ (BCS1 ~ BCS4) に分け，図示している．これらのことから，真横から撮影した自由遊泳中のイルカの映像で，吻の付け根から背びれに至る体のエッジをトレースし，これを何らかの形で数値化したものをやせ指標とし，この BCS との関係を示すことを検討することとした．

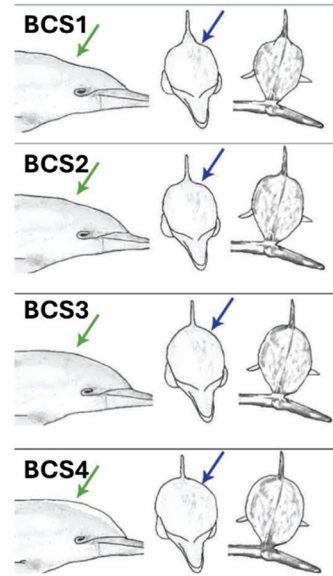


図 5. Body Condition Score
Joblon et al. (2014)

4 . 研究成果

(A) 自由遊泳中の野生イルカの胴まわりを非接触で測定する手法の確立

名古屋港水族館およびかごしま水族館の協力のもと，水中にいる 5 頭のハンドウイルカの胴まわり位置に形状保持カラーワイヤーをしっかりと巻き付け，型を取り，床などでその形状の撮影を行った．巻き付け方の問題で上部が少しがった形になっているが，およそ楕円で近似してもよいことがわかった (図 6) . また個体差が楕円の縦横比に現れる (楕円近似を行った 4 頭では，およそ 0.829-0.887) ことが示された . このことから，これまでに我々が開発し，2021 年に論文として報告した非接触で自由遊泳中の野生イルカの胴まわりを測定する方法について，楕円近似が正しいことが証明されたため，手法として確立したと言える . 今後は本手法について，胴囲が既知の水族館のイルカにおいてまず行い，本手法の評価を行い，その後，御蔵島にて，各個体から胴まわりの計測を行い，モニタリングを行う .

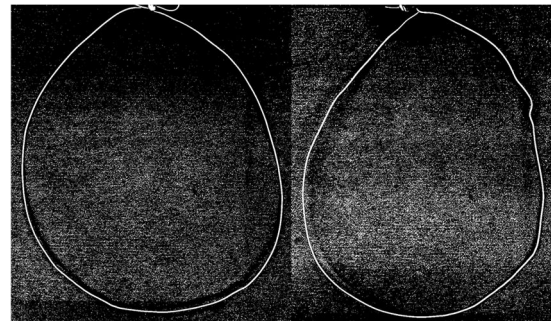


図 6. イルカの水中の胴まわりの形状

(B) 簡便に判定できる「やせ指標」の作成

2023 年 7 月 (一部は過去) に御蔵島にて収集したビデオ映像から，できる限りカメラの光軸に対してイルカが真横かつ体が真っすぐなもので，吻から背びれ前縁まではっきりと映っているものを選び，同じ個体からできる限り多くのフレームを切り出した . この結果，10 頭，計 33 枚 (1-4 枚/頭) のフレームを取得した . これらのフレームから，吻の基部 (吻がはじまる場所) から背びれ前縁基部までのエッジの座標位置を，画像処理ソフトウェア ImageJ などを用いて取得した (図 7) . また，吻基部と背びれ前縁基部を結ぶ直線を引き，その直線からの距離が最も遠いエッジ位置を探し，その距離 PR MAX をやせ指標と考えた . つまり，太っていればエッジまでの距離が遠く，痩せていれば近くなると仮定した . 一方，代表者によって，各フレームに



図 7. イルカの吻 ~ 背びれ前縁までのトレース

また，吻基部と背びれ前縁基部を結ぶ直線を引き，その直線からの距離が最も遠いエッジ位置を探し，その距離 PR MAX をやせ指標と考えた . つまり，太っていればエッジまでの距離が遠く，痩せていれば近くなると仮定した . 一方，代表者によって，各フレームに

映ったイルカのBCSを1から4で評価し、極端に痩せてエッジが二山になった個体がないかも調べた。PR MAX は、体の比率の異なるコドモとオトナで異なること、また、イルカの首の上下運動によって影響を受けること、が予想されたため、目視で、コドモかオトナかを調べるとともに、首の上下運動を数値化するため、口角と吻基部を結んだ線分、そして吻基部と背びれ前縁基部を結んだ線分のなす角を各フレームから取得した(図8)。これらの関係性をGLMMを用いて調べたところ、この首の上下運動の指標とした角度と、個体がコドモかオトナか、について、PR MAX に影響を及ぼしていることがわかった。コドモはオトナよりもPR MAX が高く、首の上下指標が大きくなると、PR MAX が下がる(10頭中8頭; 図9)。なお、コドモ個体は2頭存在した。



図8. 首の上下の指標

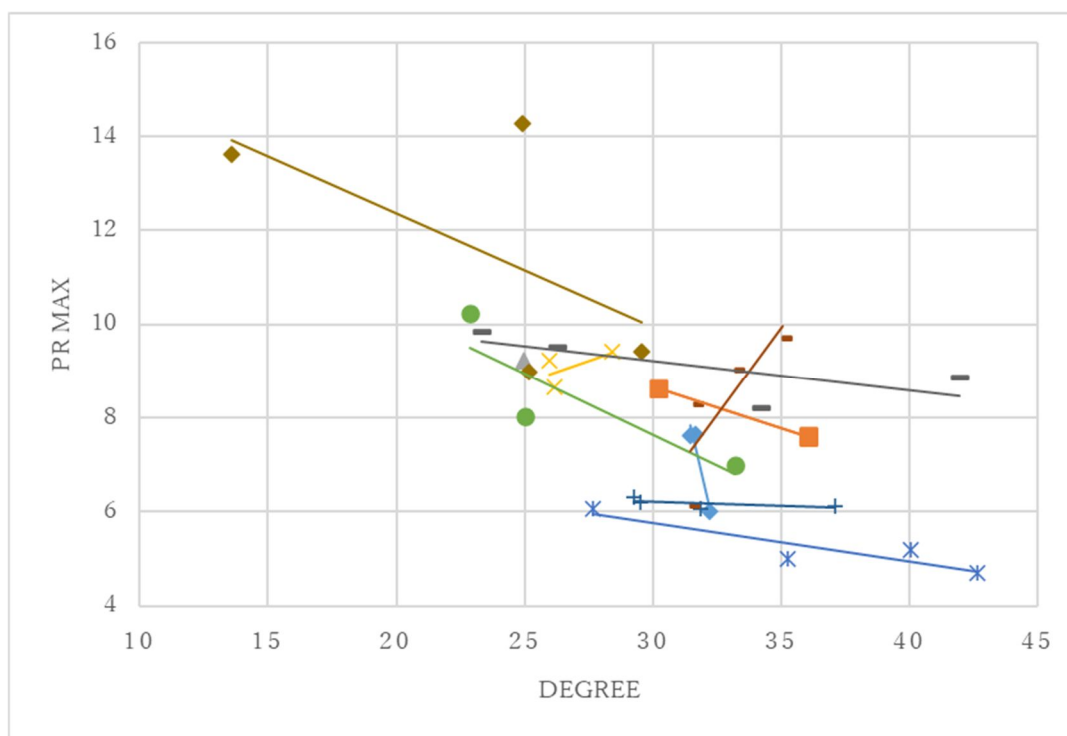


図9. 首の上下の指標とやせ指標の関係。同じ色の線分とマークは同じ個体を示す

このように、首の上下指標とともにPR MAX、つまりやせ指標を取得することにより、首の上下の補正ができることがわかった。今回取得した10頭の中にはBCS1にあたる個体は存在せず、ほとんどが2か3であった。BCS4、つまりとても太った個体と判断した個体があったが、本来はBCS1で現れるはずの「首」がこの個体で見られた(図9では黄色で示されている)。Joblon et al. (2014)はマイルカで作成したものであるため、ミナミハンドウイルカにおいては、「首」は太った個体でも現れる可能性があるため、「首」の存在を「痩せ」と判断してはならないこともわかった。

これらの成果により、自由遊泳中の野生イルカの胴まわりを非接触で測定する手法が確立され、また簡便に痩せを判定できる手法も作成することができた。今後はそれらの指標について詳細な評価を行い、どの程度の誤差が生じるのかを調べたうえで、野生イルカで実際に用いて、個体群のモニタリングを続け、個体群の保全につなげていきたい。

<引用文献>

Chapman et al. (2016) PLoS ONE 11: e0150533; Christiansen et al. (2019) Methods Eco Evol 10: 2034-44; Fearnbach et al. (2018) Endang Species Res 35: 175-180; 平田ら (2012) 哺乳類科学 52: 121-3; Joblon et al. (2014) JMATE 7: 5-13; Kastelein et al. (1990) Aquat Mamm 16: 48-52; 横山ら (2003) 人と自然 14: 21-31

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 6件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 Morisaka Tadamichi, Sakai Mai, Hama Hiromitsu, Kogi Kazunobu	4. 巻 102
2. 論文標題 Body length and growth pattern of free-ranging Indo-Pacific bottlenose dolphins off Mikura Island estimated using an underwater 3D camera	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Mammalian Biology	6. 最初と最後の頁 1513 ~ 1523
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s42991-022-00304-9	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Morisaka Tadamichi, Furuichi Tomo, Kogi Kazunobu, Yoshioka Motoi	4. 巻 41
2. 論文標題 Group definition for underwater observation of wild Indo-Pacific bottlenose dolphins	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Ethology	6. 最初と最後の頁 141 ~ 151
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10164-023-00780-7	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yukie Hashimoto, Hiromitsu Hama, Thi Thi Zin	4. 巻 16
2. 論文標題 Color space conversion technique for cattle region extraction with application to estrus detection	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 ICIC Express Letters	6. 最初と最後の頁 1095-1100
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.24507/icicel.16.10.1095	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Hiromitsu Hama, Tadamichi Morisaka	4. 巻 15
2. 論文標題 Noncontact method for estimating ellipticity around the girth of a free-ranging dolphin	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 ICIC Express Letters	6. 最初と最後の頁 1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.24507/icicel.15.07.755	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Thi Thi Zin, Swe Zar Maw, Pyke Tin, Yoichiro Horii, Hiromitsu Hama	4. 巻 14
2. 論文標題 Predicting dairy cow calving time using Markov Monte Carlo simulation and naive bayes classifier	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 ICIC Express Letters Part B: Applications	6. 最初と最後の頁 877-888
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.24507/icicelb.14.08.877	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Yagi Genfu, Qi Huiyuan, Arai Kana, Kita Yuki F., Kogi Kazunobu, Morisaka Tadamichi, Yoshioka Motoi, Inoue Murayama Miho	4. 巻 24
2. 論文標題 Non invasive age estimation based on faecal DNA using methylation sensitive high resolution melting for Indo Pacific bottlenose dolphins	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Molecular Ecology Resources	6. 最初と最後の頁 e13906
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/1755-0998.13906	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

[学会発表] 計2件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件)

1. 発表者名 Thi Thi Zin, Swe Zar Maw, Pyke Tin, Yoichiro Horii and Hiromitsu Hama
2. 発表標題 Hybrid Approach: Markov Monte Carlo and Naive Bayes Theorem to Predict Dairy Cow Calving Time
3. 学会等名 16th International Conference on Innovative Computing, Information and Control (ICICIC2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yukie Hashimoto, Hiromitsu Hama and Thi Thi Zin
2. 発表標題 Cattle region extraction using color space conversion
3. 学会等名 15th International Conference on Innovative Computing, Information and Control (ICICIC2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担者	濱 裕光 (Hama Hiromitsu) (20047377)	大阪公立大学・大学院情報学研究所・客員研究員 (24405)	
研究 分担者	橋本 幸枝 (Hashimoto Yukie) (10846512)	追手門学院大学・経営学部・講師 (34415)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------