

令和 4 年 6 月 14 日現在

機関番号：62611

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2016～2019

課題番号：16H04973

研究課題名(和文) 外洋性大型魚類の水温適応を解明する新手法の提案と実践

研究課題名(英文) Developing a new method for understanding temperature adaptation of large pelagic fishes

研究代表者

渡辺 佑基 (Watanabe, Yuuki)

国立極地研究所・研究教育系・准教授

研究者番号：60531043

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,470,000円

研究成果の概要(和文)：動物に小型の記録計を取り付けるバイオリギングの手法を用いて、外洋性大型魚類の行動や生理と水温および体温との関わりについて、新たな知見を得た。水温よりも体温を高く保つ内温性のホホジロザメは、内温性のメリット(高い運動能力)とデメリット(高いエネルギー消費量)の両方を示した。外温性のヨシキリザメは、大きな体に起因する高い熱の慣性力を利用し、深い潜水を繰り返すことで、体温の変動幅を水温の変動幅の半分程度に抑えていた。また、様々な大型魚類において、体温の上昇速度は下降速度よりも速かった。大型魚類の体温は水温によって自動的に決まるのではなく、ある程度生理的に調整されていることが示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

水温を変化させる飼育実験が不可能な外洋性大型魚類において、バイオリギングの手法を応用することで、行動や生理と水温および体温との関わりを詳しく調べられることを実証した。ホホジロザメの研究では、内温性という珍しい特徴を持つ本種の行動を計測し、内温性のメリットとデメリットを定量的に示した。この成果は、一部の魚類で進化した内温性の進化的意義の解明に繋がると考えられる。また、ヨシキリザメの研究では、連続した潜水が体温調節の機能を持つことを示した。水温の鉛直プロファイルから滞在深度の範囲を正確に予測できることが示唆され、本種の資源管理の精度向上に繋がることが期待される。

研究成果の概要(英文)：Using biologging technology, we gained new insights into how the behavior and physiology of large pelagic fishes are affected by the ambient water temperature and their body temperature. White sharks exhibited both an advantage (i.e., elevated locomotor performance) and disadvantage (i.e., elevated energy expenditure) associated with their endothermic physiology. Blue sharks, an ectothermic species, had high thermal inertia due to their large body mass and maintained their body temperature within a narrow range during diving, where the ambient water temperature changed widely. We also found that, in many large pelagic fishes, the rate of change in body temperature is faster during the warming process than cooling process. This finding suggests that their body temperature is not solely determined by the ambient water temperature but is controlled physiologically to some extent.

研究分野：海洋生物学

キーワード：行動生態 環境適応 魚類 体温

1. 研究開始当初の背景

魚類の生態、生理に影響する最も重要な環境パラメータの一つが水温である。水温は魚類の代謝速度、消化速度、活動量、成長速度、回遊パターンや分布海域など、幅広い生物学的側面に大きな影響を与える。近年、世界中の様々な海域で水温が上昇傾向にあり、その影響を定量的に評価し、必要な対策を講ずるためにも、魚類の水温適応を正しく理解することが求められている。魚類の水温適応を調べるための通常のアプローチは、飼育環境下の魚類の水温を実験的に変化させ、行動的、生理的応答を計測するやり方である。過去に数多くの実験が実施され、知見が蓄積されてきた。しかし、飼育実験が可能なのは、比較的小さな魚種に限られる。外洋性大型魚類は飼育が困難であり、水温を変化させる実験がほぼ不可能であるため、水温適応に関する知見が乏しい。

2. 研究の目的

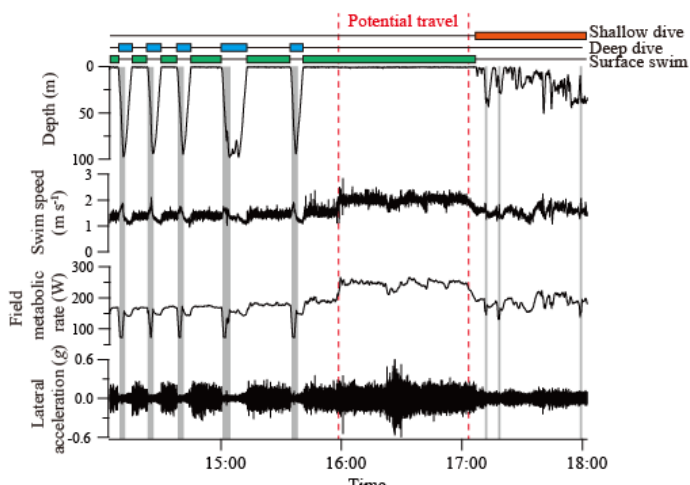
近年、動物の体に記録計を取り付けるバイオリギングの手法が発展し、動物の行動や生理に関するパラメータを周囲の環境とともに計測することが可能になった。本研究では、この手法を用いて、飼育実験が不可能な外洋性大型魚類について、行動や生理と水温および体温との関わりを調べる。複数種の大型サメ類に記録計を取り付け、潜水中に経験する水温変化への行動的、生理的応答や、水温と捕食行動との関わりを明らかにすることを目的とする。一部の外洋性大型魚類（マグロ類やネズミザメ目の一部）は特殊な生理機構を持ち、体温を周囲の水温よりも高く保つことが知られている。本研究では、もう一つの目的として、内温性魚類であるホホジロザメから行動データを取得し、外温性魚類のデータと比較することで、内温性の生態的意義を明らかにすることを試みる。

3. 研究の方法

沖縄、台湾、オーストラリアで野外調査を実施し、外洋性サメ類（ホホジロザメ、ヨシキリザメ、イタチザメ）に行動記録計とビデオカメラを組み込んだパッケージを取り付けて放流した。ヨシキリザメとイタチザメについては、行動記録計とビデオカメラに加え、ワイヤー状の温度センサーを筋肉中に挿入することで、遊泳中の体温の変化をも計測した。パッケージはタイマーで自動的に切り離され、海面に浮上するように設定した。電波信号を頼りに、それを海上で探し出して回収した。得られたデータは主に解析ソフト Igor Pro を使い、行動と水温および体温との関わりという観点から解析した。ホホジロザメについては、遊泳速度、水温、加速度（尾びれの動き）のデータを組み合わせてエネルギーモデルを構築し、自然環境下の代謝速度（Field metabolic rate）を見積もった。ヨシキリザメについては、水温と体温の同時計測データを用いて、サメの体と周囲の海水との熱交換モデルを構築し、熱交換係数（温度差が1度の時の体温の変化率）を見積もった。イタチザメについては現在、データの解析を進めているところである。

4. 研究成果

ホホジロザメは他のサメ類には見られない特徴的な遊泳行動を示し（図1）、その特徴の多くは内温性（高い体温）と関連していると考えられた（Watanabe et al. 2019 J. Exp. Biol.）。まず、平均的な遊泳速度が、最適な移動速度の予測値（一定距離を進むために必要なエネルギー量を最小限に抑える速度）よりも遅かった。ホホジロザメは内温性に起因する高いエネルギー消費量を少しでも抑えるため、呼吸に必要な最低限の速度で泳ぐことが示唆された。ただし、島から島へ移動したと考えられる時間帯は、普段よりも速い遊泳速度で泳いでいた。その際の速度は、最適な移動速度の予測値とほぼ一致した。また、潜水の潜行時には、尾びれの動きを止め、負の浮力を利用して前進する「グライディング遊泳」が見られた。これもエネルギーの節約に貢献していると考えられる。エネルギーモデルによって見積もった自然環境下の代謝速度（Field metabolic rate）は、同サイズの外温性魚類に比べてはるかに高く、ホホジロザメの高いエネルギー消費量が定量的に示された。ホホジロザメに取り付けたビデオ



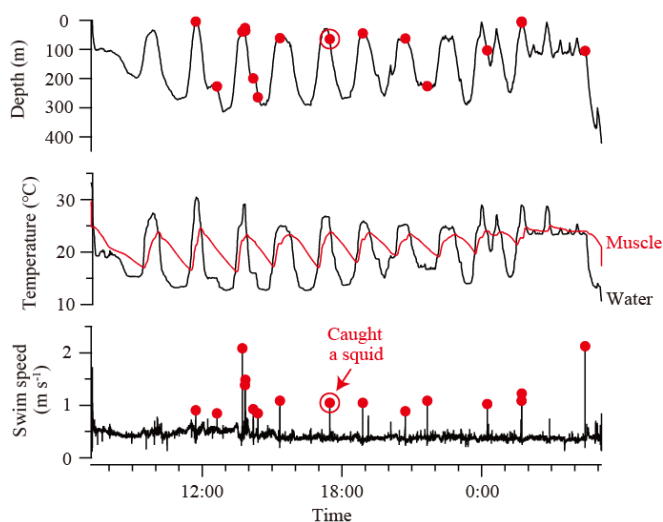
(図1) ホホジロザメの遊泳行動の例 (Watanabe et al. 2019 J. Exp. Biol.)。グライディング遊泳が見られた時間を灰色で示す。

カメラの映像には、獲物のオットセイを追いかけるシーンが映っていた (Watanabe et al. 2019 Mar. Ecol. Prog. Ser.)。行動記録計のデータと照らし合わせたところ、その際の最大遊泳速度は 6.7m/s に達し、また尾びれの振りの頻度は毎秒 3.3 回に達しており、本種の高い瞬発的運動能力が示された。ビデオ映像は記録時間が限られたが、同様の加速遊泳イベントを行動データ全体から取り出したところ、ホホジロザメは昼夜を問わず、たびたびオットセイに襲い掛かっていることが示唆された。

以上のように、ホホジロザメのデータからは内温性がもたらすメリット (高い運動能力) とデメリット (高いエネルギー消費量) の両方が見て取れた。本種は様々な行動的適応により、それらのバランスをとって生活していることが示された。

外温性のヨシキリザメのデータを分析したところ、本種は深い潜水を繰り返すことによって巧妙に体温を調整していることがわかった (Watanabe et al. 2021 Mar. Biol.)。データによると、ヨシキリザメは昼夜を問わず、深い潜水を繰り返した (図 2)。当該海域の表層の水温は 30 度、深度 300m の水温は 14 度前後であり、サメは潜水の最中に急激な水温の変化を経験した。それにもかかわらず、大きな体に起因する熱の慣性力のため、体温 (筋肉の温度) はゆっくりとしか変化しなかった。潜行の際、水温は急激に下がったが、体温の低下速度は遅く、体温が下がり切る前にサメは潜行をやめて浮上を始めた。同様に、浮上の際、水温は急激に上がったが、体温の上昇速度は遅く、体温が上がり切る前にサメは浮上をやめて潜行を始めた。その結果、データ全体において、サメの体温の変動幅は、水温の変動幅の半分程度に収まっていた。

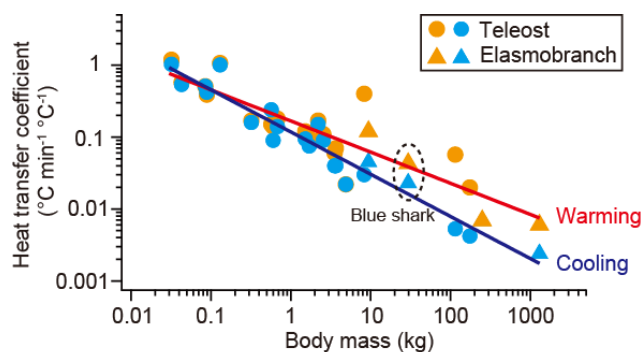
ヨシキリザメに取り付けたビデオカメラの映像には、イカ類を捕獲する瞬間が映っていた。行動記録計のデータと照らし合わせたところ、サメはイカ類を捕獲する際、急速に遊泳速度を上げていたことがわかった。同様の加速遊泳イベントを行動データ全体から取り出したところ、サメは幅広い深度帯で獲物を捕獲していることが示唆された。



(図 2) ヨシキリザメの遊泳行動、水温、体温の同時計測データの例。赤丸は加速遊泳イベントを示す (Watanabe et al. 2021 Mar. Biol.)

以上の結果から、ヨシキリザメは外温性魚類でありながら、大きな体に起因する高い熱の慣性力を利用し、深い潜水を繰り返すことで、体温を狭い範囲に維持していることがわかった。そして、長時間留まるには水温が高すぎる表層や、水温が低すぎる深層を含む、幅広い深度帯で獲物を探索していることが示された。

ヨシキリザメの体温と水温のデータから熱交換係数を推定し、文献に記載されている他の魚種の値と比較することで、魚類の体温調整能力の全体像を捉えることができた (図 3)。熱交換係数は魚の体重に大きく依存しており、体重が増えるほど係数は小さくなった。これは、体が大きくなるほど、熱の慣性力が増すためであると考えられる。興味深いことに、体温上昇時の熱交換係数は、体温下降時のそれよりも高い傾向があり、比較的大きな魚 (体重 5 キロ以上) においてその傾向が顕著だった。内温性魚類だけでなく、外温性魚類においても、体温は環境温度によって自動的に決まるのではなく、ある程度生理的に調整されていることを示している。さらにデータを精査すると、そうした調整能力 (体温上昇時と下降時の熱交換係数の差) は、マグロ類などの内温性魚類において、顕著に高かった。内温性魚類は、体温を水温よりも高く保つだけでなく、体温が下がった際に素早く回復させる能力を持つことが示された。



(図 3) 様々な魚類における熱交換係数と体重の関係 (Watanabe et al. 2021 Mar. Biol.)。ヨシキリザメを点線で示した。

以上のように、本研究では、水温を変化させる飼育実験が不可能な外洋性大型魚類において、バイオロギングの手法を応用することで、行動や生理と水温および体温との関わりを詳しく調べられることを実証した。個々の種の水温適応は生理のみで決まるのではなく、遊泳行動や捕食行動と密接にリンクしていることが明らかになった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計23件（うち査読付論文 23件 / うち国際共著 23件 / うちオープンアクセス 7件）

1. 著者名 Watanabe YY, Payne NL, Semmens JM, Fox A, Huveneers C	4. 巻 621
2. 論文標題 Hunting behaviour of white sharks recorded by animal-borne accelerometers and cameras	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Marine Ecology Progress Series	6. 最初と最後の頁 221 ~ 227
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3354/meps12981	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 該当する

1. 著者名 Watanabe Yuuki Y., Papastamatiou Yannis P.	4. 巻 95
2. 論文標題 Distribution, body size and biology of the megamouth shark Megachasma pelagios	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Fish Biology	6. 最初と最後の頁 992 ~ 998
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/jfb.14007	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 該当する

1. 著者名 Edwards Jena E...Watanabe Yuuki Y...Hussey Nigel E. (20 authors)	4. 巻 6
2. 論文標題 Advancing Research for the Management of Long-Lived Species: A Case Study on the Greenland Shark	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Frontiers in Marine Science	6. 最初と最後の頁 87
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fmars.2019.00087	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 該当する

1. 著者名 Watanabe Yuuki Y., Payne Nicholas L., Semmens Jayson M., Fox Andrew, Huveneers Charlie	4. 巻 222
2. 論文標題 Swimming strategies and energetics of endothermic white sharks during foraging	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Experimental Biology	6. 最初と最後の頁 jeb185603
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1242/jeb.185603	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 該当する

1. 著者名 Papastamatiou Yannis P., Watanabe Yuuki Y., Demsar Urska, Leos-Barajas Vianey, Bradley Darcy, Langrock Roland, Weng Kevin, Lowe Christopher G., Friedlander Alan M., Caselle Jennifer E.	4. 巻 6
2. 論文標題 Activity seascapes highlight central place foraging strategies in marine predators that never stop swimming	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Movement Ecology	6. 最初と最後の頁 9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1186/s40462-018-0127-3	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 該当する

1. 著者名 Huveneers Charlie, Watanabe Yuuki Y, Payne Nicholas L, Semmens Jayson M	4. 巻 6
2. 論文標題 Interacting with wildlife tourism increases activity of white sharks	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Conservation Physiology	6. 最初と最後の頁 coy019
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/conphys/coy019	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 該当する

1. 著者名 Nishiumi Nozomi, Matsuo Ayane, Kawabe Ryo, Payne Nicholas, Huveneers Charlie, Watanabe Yuuki Y., Kawabata Yuuki	4. 巻 221
2. 論文標題 A miniaturized threshold-triggered acceleration data-logger for recording burst movements of aquatic animals	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 The Journal of Experimental Biology	6. 最初と最後の頁 jeb172346
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1242/jeb.172346	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 該当する

1. 著者名 Papastamatiou Yannis P., Iosilevskii Gil, Leos-Barajas Vianey, Brooks Edd J., Howey Lucy A., Chapman Demian D., Watanabe Yuuki Y.	4. 巻 8
2. 論文標題 Optimal swimming strategies and behavioral plasticity of oceanic whitetip sharks	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 551
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-017-18608-z	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 該当する

1. 著者名 Payne NL, Iosilevskii G, Barnett A, Fischer C, Graham RT, Gleiss AC, Watanabe YY	4. 巻 7
2. 論文標題 Great hammerhead sharks swim on their side to reduce transports costs	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Nature Communicatinos	6. 最初と最後の頁 12289
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/ncomms12289	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 該当する

1. 著者名 Howey LA, Tolentino ER, Papastamatiou YP, Brooks EJ, Abercrombie DL, Watanabe YY, Williams S, Brooks A, Chapman DD, Jordan LKB	4. 巻 6
2. 論文標題 Into the deep: the functionality of mesopelagic excursions by an oceanic apex predator	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Ecology and Evolution	6. 最初と最後の頁 5290-5304
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ece3.2260	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 該当する

1. 著者名 Leos-Barajas V, Photopoulou T, Langrock R, Patterson TA, Watanabe YY, Murgatroyd M, Papastamatiou YP	4. 巻 8
2. 論文標題 Analysis of animal accelerometer data using hidden Markov models	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Methods in Ecology and Evolution	6. 最初と最後の頁 161-173
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/2041-210X.12657	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 該当する

1. 著者名 Payne NL, Smith JA, Meulen DE, Taylor MD, Watanabe YY, Takahashi A, Marzullo TA, Gray CA, Cadiou G, Suthers IM	4. 巻 30
2. 論文標題 Temperature dependence of fish performance in the wild: links with species biogeography and physiological thermal tolerance	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Functional Ecology	6. 最初と最後の頁 903-912
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/1365-2435.12618	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 該当する

1. 著者名 Semmens Jayson M., Kock Alison A., Watanabe Yuuki Y., Shepard Charles M., Berkenpas Eric, Stehfest Kilian M., Barnett Adam, Payne Nicholas L.	4. 巻 166
2. 論文標題 Preparing to launch: biologging reveals the dynamics of white shark breaching behaviour	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Marine Biology	6. 最初と最後の頁 95
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00227-019-3542-0	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 該当する

1. 著者名 Queiroz Nuno...Watanabe Yuuki Y....Sims David W. (153 authors)	4. 巻 572
2. 論文標題 Global spatial risk assessment of sharks under the footprint of fisheries	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Nature	6. 最初と最後の頁 461 ~ 466
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41586-019-1444-4	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 該当する

1. 著者名 Barkley Amanda N., Broell Franziska, Pettitt Wade Harri, Watanabe Yuuki Y., Marcoux Marianne, Hussey Nigel E.	4. 巻 89
2. 論文標題 A framework to estimate the likelihood of species interactions and behavioural responses using animal borne acoustic telemetry transceivers and accelerometers	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Animal Ecology	6. 最初と最後の頁 146 ~ 160
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/1365-2656.13156	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 該当する

1. 著者名 Ste-Marie Eric, Watanabe Yuuki Y., Semmens Jayson M., Marcoux Marianne, Hussey Nigel E.	4. 巻 10
2. 論文標題 A first look at the metabolic rate of Greenland sharks (<i>Somniosus microcephalus</i>) in the Canadian Arctic	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 19297
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-020-76371-0	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 該当する

1. 著者名 Hirawake Toru, Uchida Masaki, Abe Hiroto, Alabia Irene D., Hoshino Tamotsu, Masumoto Shota, Mori Akira S., Nishioka Jun, Nishizawa Bungo, Ooki Atsushi, Takahashi Akinori, Tanabe Yukiko, Tojo Motoaki, Tsuji Masaharu, Ueno Hiromichi, Waga Hisatomo, Watanabe Yuuki Y., Yamaguchi Atsushi, Yamashita Youhei	4. 巻 27
2. 論文標題 Response of Arctic biodiversity and ecosystem to environmental changes: Findings from the ArCS project	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Polar Science	6. 最初と最後の頁 100533 ~ 100533
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.polar.2020.100533	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 該当する

1. 著者名 Queiroz Nuno...Watanabe Yuuki Y....Sims David W.(153 authors)	4. 巻 595
2. 論文標題 Reply to: Caution over the use of ecological big data for conservation	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Nature	6. 最初と最後の頁 E20 ~ E28
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41586-021-03464-9	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 該当する

1. 著者名 Queiroz Nuno...Watanabe Yuuki Y....Sims David W.(153 authors)	4. 巻 595
2. 論文標題 Reply to: Shark mortality cannot be assessed by fishery overlap alone	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Nature	6. 最初と最後の頁 E8 ~ E16
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41586-021-03397-3	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 該当する

1. 著者名 Harding Lucy, Jackson Andrew, Barnett Adam, Donohue Ian, Halsey Lewis, Huveneers Charles, Meyer Carl, Papastamatiou Yannis, Semmens Jayson M., Spencer Erin, Watanabe Yuuki, Payne Nicholas	4. 巻 35
2. 論文標題 Endothermy makes fishes faster but does not expand their thermal niche	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Functional Ecology	6. 最初と最後の頁 1951 ~ 1959
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/1365-2435.13869	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 該当する

1. 著者名 Watanabe Yuuki Y., Goldbogen Jeremy A.	4. 巻 224
2. 論文標題 Too big to study? The biologging approach to understanding the behavioural energetics of ocean giants	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Experimental Biology	6. 最初と最後の頁 jeb202747
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1242/jeb.202747	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 該当する

1. 著者名 Watanabe Yuuki Y., Nakamura Itsumi, Chiang Wei-Chuan	4. 巻 168
2. 論文標題 Behavioural thermoregulation linked to foraging in blue sharks	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Marine Biology	6. 最初と最後の頁 161
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00227-021-03971-3	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 該当する

1. 著者名 Ste-Marie Eric, Watanabe Yuuki Y., Semmens Jayson M., Marcoux Marianne, Hussey Nigel E.	4. 巻 225
2. 論文標題 Life in the slow lane: field metabolic rate and prey consumption rate of the Greenland shark (Somniosus microcephalus) modelled using archival biologgers	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Experimental Biology	6. 最初と最後の頁 jeb242994
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1242/jeb.242994	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 該当する

〔学会発表〕 計5件 (うち招待講演 3件 / うち国際学会 5件)

1. 発表者名 Watanabe Y, Nakamura I, Chiang W.-C.
2. 発表標題 Behavioral thermoregulation linked to foraging in blue sharks
3. 学会等名 The 7th International Bio-logging Science Symposium (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Watanabe Y, Barkley A, Hussey N.
2. 発表標題 Post-release behavior, physiological stress, and survival rates of longline-caught Greenland sharks
3. 学会等名 The Ninth Symposium of Polar Science (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Watanabe Y
2. 発表標題 Into the deep: Tracking marine predators with modern electronic tags
3. 学会等名 TiBE 2017 Bio-logging (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Watanabe Y
2. 発表標題 Combining animal-borne accelerometer and video camera reveals underwater hunting behavior
3. 学会等名 4th International Conference on Fish Telemetry (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Watanabe Y
2. 発表標題 Using accelerometers to understand the behavioral ecology and energetics of elasmobranch
3. 学会等名 American Elasmobranch Society meeting (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 渡辺佑基	4. 発行年 2019年
2. 出版社 河出書房新社	5. 総ページ数 343
3. 書名 進化の法則は北極のサメが知っていた	

〔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
連携研究者	中村 乙水 (Nakamura Itsumi) (60774601)	長崎大学・海洋未来イノベーション機構・助教 (17301)	

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			
カナダ	University of Windsor			
オーストラリア	Flinders University	University of Tasmania		
米国	Florida International University	Stanford University		
エクアドル	Universidad San Francisco de Quito			
アイルランド	Trinity College Dublin			
イスラエル	Technion			
その他の国・地域	水産試験所東部海洋生物研究センター(台湾)			