

令和 5 年 6 月 10 日現在

機関番号：14301
研究種目：基盤研究(B)（一般）
研究期間：2018～2020
課題番号：18H02264
研究課題名（和文）高次捕食者の摂餌行動を指標とした浅海域複合生態系機能評価技術の構築

研究課題名（英文）Development of a technology for evaluating the function of complex coastal ecosystem based on the feeding behavior of a top predator

研究代表者
三田村 啓理（MITAMURA, Hiromichi）
京都大学・フィールド科学教育研究センター・教授

研究者番号：20534423
交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,300,000円

研究成果の概要（和文）：昨今の人間活動によりこの複合生態系が破壊・分断されるようになり、生態系機能の定量評価、再生ならびに保全の技術開発が喫緊の課題となっている。本研究では、浅海域に生息する高次捕食者であるキジハタ *Epinephelus akaara* の摂餌生態を指標として、浅海域複合生態系機能の定量評価技術の構築をおこなった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で構築した技術は、複雑な生態系を有する海域（岩場、アマモ場、砂場、砂場、ガラモ場など）に生息する水圏生物がどこで、何を、どれくらい食べているかを明らかにできる。この技術を駆使すると、浅海域の高次捕食者には、岩場、アマモ場、砂場が隣接することが重要などと提言可能となる。

研究成果の概要（英文）：Recent human activities have destroyed connections among complex marine ecosystems, making it urgent to develop technologies for quantitative assessment, restoration, and conservation of ecosystem functions. In this study, we have developed a technology for evaluating the function of complex marine ecosystem based on the feeding behavior of a top predator, *Epinephelus akaara* (Japanese grouper).

研究分野：動物行動学

キーワード：バイオテレメトリー バイオロギング 音響テレメトリー 摂餌 複合生態系

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、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

海域のなかでも特に浅海域は地球上の全生態系のなかで最高の生物生産速度をほこり、多種多様な動物が生息している。その浅海域は、物理・生物的性状が異なる生態系（藻場、岩場、砂場など）により複雑に構成されており、移動能力の高い動物（特に魚類）は隣接する生態系間を行き交い生活をおくる。しかし昨今の人間活動によりこの複合生態系が破壊・分断されるようになり、生態系機能の定量評価、再生ならびに保全の技術開発が喫緊の課題となっている。

2. 研究の目的

本研究では、研究代表者が長期にわたり研究対象としてきた、浅海域に生息する高次捕食者であるキジハタ *Epinephelus akaara* の摂餌生態（栄養フロー）を指標として、複合生態系機能の定量評価技術の構築をおこなう。“水中の動物が”“いつ”“どこで”“何を”“どれくらい食べているのか”を“長期にわたり労力をかけず”に観察できる理論・技術を構築するとともに、構築した技術をもちいて浅海域における複合生態系機能の定量評価を試みる。

3. 研究の方法

(1) 水中の動物の行動を観察する方法は、従来、スキューバなどの潜水観察、そして標識による放流・再捕などが中心であった。しかし、これらは長期の連続観察は困難だった。本研究は長期の連続観察が可能なバイオテレメトリー技術(Mitamura et al. 2009, 2012 等)を駆使する(図1)。

(2) 従前、高次捕食者がどこで何を食べているかを評価することが求められていたが、“スナップショットである胃内容物調査”や“摂餌場所はわからない安定同位体比分析”が多用されてきた。本研究では、異なる餌(エビや小魚など)に対する特有の捕食行動、つまり餌によって異なる“動き(加速度)”を測定できるバイオテレメトリー技術を構築することで、従来の手法の難点を克服する。本研究では、研究代表者が長年研究対象としてきたキジハタを用いた。本研究技術は魚類だけでなく、水産無脊椎動物にも応用可能で、生態系機能評価だけでなく、資源保護、絶滅危惧種の保全などへの波及効果が期待される。

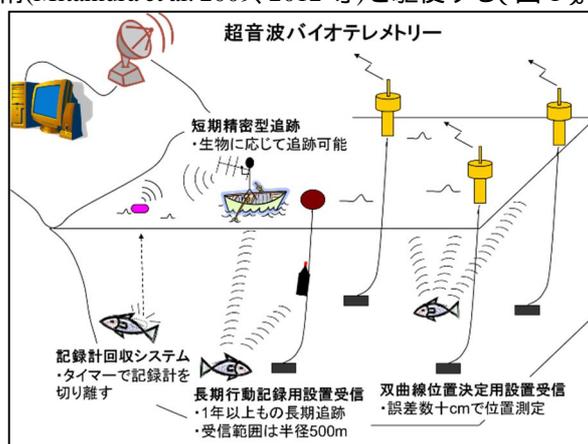


図1. バイオテレメトリーの概念図

4. 研究成果

(1) 発信機を開発するために、キジハタの摂餌行動“加速度波形”を計測する

動物の“行動”は、連続した“動き”で形成され、その“動き”は加速度センサで測定できる。キジハタが異なる餌を捕食すれば、異なる加速度波形が計測できる。モデル生物のキジハタ(全長約40-60cm)に“動き”を把握できる加速度センサ付の小型測器(記録計)を装着して水槽で飼育した。その後、飼育下のキジハタに主要な餌(小型の魚、エビ、カニなど)を与えた。捕食するとき得られた加速度波形から餌生物に特有の捕食行動を抽出した。実験は京都大学舞鶴水産実験所でおこなった。得られた加速度データから、3次元ルックアップテーブルを含む決定木を作成した。これにより、4種類の行動(小型魚を捕食、エビを捕食、カニを捕食、その他の行動)を判別することに成功した。

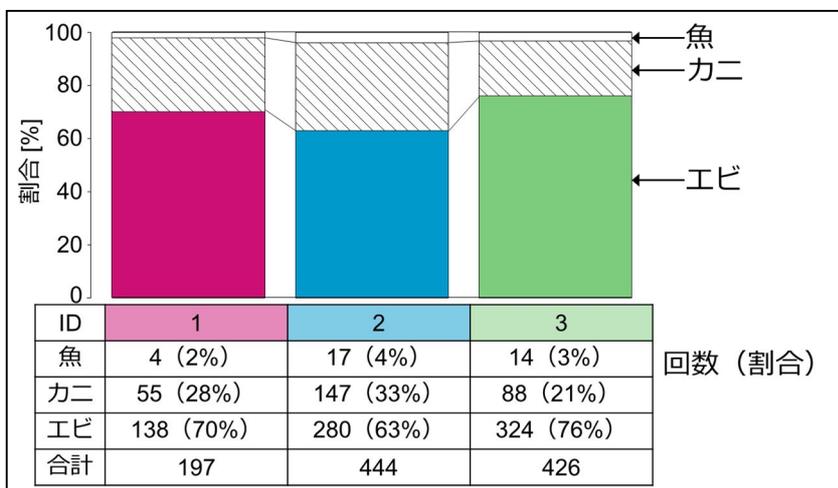


図2. 摂餌行動を把握可能な発信機をつけたキジハタ3個体が捕食した餌の種類(魚、エビ、カニ)とその割合

(2)開発した発信機を用いて、“いつ”“どこで”“何を”“どれくらい食べているのか”を“長期にわたり労力をかけず”に観察するとともに、複合生態系機能の定量評価を試みる。

上記(1)の研究成果をもとに、餌生物に特有の加速度波形を組み込んだ超音波発信機を開発した。この開発した発信機をキジハタ4個体(全長約47cm)に装着して、魚礁とその周辺の砂泥域を含む海域に放流した。放流後は、研究代表者らが多用してきた個体の位置を把握できるバイオテレメトリー技術を用いて、約3週間にわたり摂餌行動を記録した。

実験期間において、キジハタは魚礁から大きくは移動しなかった。そして4個体から合計8318回の摂餌データを得た(#1: N = 2883, #2: N = 2387, #3: N = 3013, #4: N = 35)。#4については、摂餌データが他個体と比べて少ないため解析から除外した。解析対象の3個体については毎日摂餌が確認され、#1はエビ138匹、カニ55匹、魚4匹を、#2はエビ280匹、カニ147匹、魚17匹を、#3はエビ324匹、カニ88匹、魚14匹を摂餌した(図2)。昼夜問わず摂餌したが夜間に摂餌する傾向が強かった(図3)。滞在深度は対象海域の水深と一致した(#1: 33.9 ± 4.0 m, N = 2797; #2: 40.1 ± 2.9 m, N = 1988; #3: 43.8 ± 2.6 m, N = 2501)。従来、魚類の摂餌調査手法は、潜水による観察や胃内容物観察、安定同位体比分析などであり、それぞれ時間スケールは異なるものの、単一の情報が得られなかった。本研究では摂餌検出機能付き発信機の使用により、自然環境下におけるキジハタの摂餌行動を長期間連続的に把握することに成功した。その結果、供試個体は

昼夜問わず、魚礁付近の狭い範囲の海底において、魚類ではなく甲殻類などを多く摂餌することが分かった。本研究から、キジハタは連続して生態系が複合した場所(魚礁や砂泥域)において、砂泥域ではなく魚礁付近で摂餌していることがわかった。本研究で構築した技術は、更に複雑に入り組んだ生態系が存在する水域においても適用可能であり、生態系機能の定量評価、再生ならびに保全に貢献するものと考えられる。

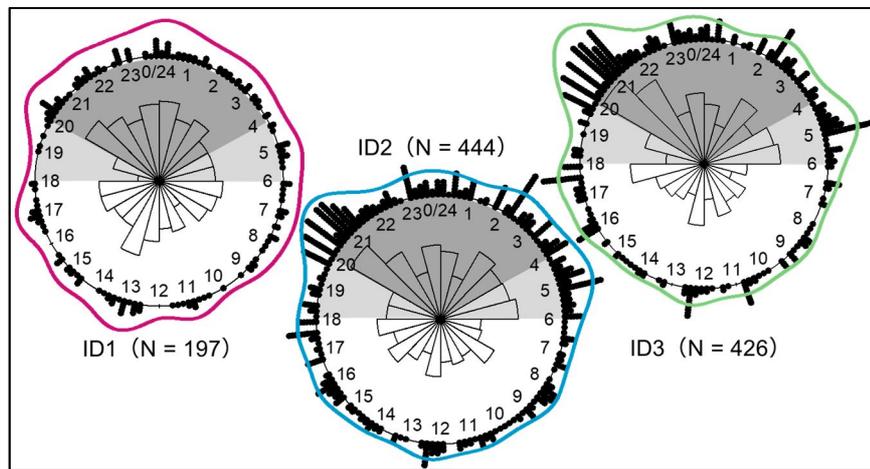


図3 . 摂餌行動を把握可能な発信機をつけた
キジハタ3個体の摂餌時刻とその量。

< 引用文献 >

Hiromichi Mitamura, Keiichi Uchida, Yoshinori Miyamoto, Nobuaki Arai, Toshiharu Kakihara, Takashi Yokota, Junichi Okuyama, Yuuki Kawabata, Tohya Yasuda. Preliminary study on homing, site fidelity, and diel movement of black rockfish *Sebastes inermis* measured by acoustic telemetry. Fisheries Science. 2009. Vol. 75 1133-1140.

Hiromichi Mitamura, Keiichi Uchida, Yoshinori Miyamoto, Toshiharu Kakihara, Aki Miyagi, Yuuki Kawabata, Kotaro Ichikawa, Nobuaki Arai. Short-range homing in a site-specific fish: search and directed movements. The Journal of Experimental Biology. 2012. Vol. 215, 2751-2759.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Jordan K. Matley, Natalie V. Klinard, Ana P. Barbosa Martins, Kim Aarestrup, Eneko Aspillaga, Steven J. Cooke, Paul D. Cowley, Michelle R. Heupel, Christopher G. Lowe, Susan K. Lowerre-Barbieri, Hiromichi Mitamura et al.	4. 巻 37
2. 論文標題 Global trends in aquatic animal tracking with acoustic telemetry	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Trends in Ecology and Evolution	6. 最初と最後の頁 79-94
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.tree.2021.09.001	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 Takagi Junichi, Kanazawa Hirotaka, Ichikawa Kotaro, Mitamura Hiromichi	4. 巻 17
2. 論文標題 A simple intuitive method for seeking intersections of hyperbolas for acoustic positioning biotelemetry	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 PLOS ONE	6. 最初と最後の頁 e0276289
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1371/journal.pone.0276289	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6件（うち招待講演 2件/うち国際学会 1件）

1. 発表者名 三田村啓理、市川光太郎、西澤 秀明、木村 里子、小泉 拓也、野田 琢嗣、高木 淳一
2. 発表標題 あなたもできるバイオテレメトリー
3. 学会等名 第17回 日本バイオリギング研究会シンポジウム サテライトワークショップ
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 三田村啓理
2. 発表標題 バイオテレメトリー：水圏の動物を追いかける
3. 学会等名 第19回 AI・データ活用研究会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 三田村啓理
2. 発表標題 バイオテレメトリー技術の高度化：小型そして高精度へ
3. 学会等名 2021年度 日本水産学会春季大会 漁業懇話会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 野田琢嗣、荒井修亮、三田村啓理
2. 発表標題 バイオテレメトリーによる水圏生物の行動情報の取得 4 待ち伏せ型魚類の摂餌行動を把握するための 加速度ピンガーおよびエッジaiの開発
3. 学会等名 2021年度 日本水産学会春季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Hiromichi Mitamura, Nobuaki Arai, Toshihiro Wada, Tomoya Hori, Junichi Takagi, Takuji Noda, Yoshinori Miyamoto, Keiichi Uchida, Takashi Kitagawa, Hokuto Shirakawa, Kazushi Miyashita
2. 発表標題 Testing an Inter-individual communication biotelemetry tag to quantify movement of free-ranging migratory fish
3. 学会等名 5th International Conference on Fish Telemetry (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 長尾元椰、高木淳一、市川光太郎、河合賢太郎、三田村啓理
2. 発表標題 摂餌検出機能付き発信機を用いた自然環境下におけるキジハタの摂餌行動の把握
3. 学会等名 令和5年度日本水産学会春季大会
4. 発表年 2022年～2023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	小路 淳 (Shoji Jun) (10397565)	広島大学・生物圏科学研究科・准教授 (15401)	

	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	市川 光太郎 (ICHIKAWA Kotaro) (70590511)	京都大学・フィールド科学教育研究センター・准教授 (14301)	
連携 研究者	高木 淳一 (TAKAGI Junichi) (00838526)	京都大学・大学院横断教育プログラム推進センター・特定助教 (14301)	
連携 研究者	河合 賢太郎 (KAWAI Kentaro) (80909101)	広島大学・統合生命科学研究科・助教 (15401)	

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
---------	---------