

令和 5 年 6 月 8 日現在

機関番号：17301

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20K06185

研究課題名（和文）漁具の足跡はどれほど大きいか：かけまわし，ごち網の掃過面積の推定

研究課題名（英文）How big are footprints of fly dragging seines? Swept area estimation

研究代表者

松下 吉樹（Matsushita, Yoshiki）

長崎大学・水産・環境科学総合研究科（水産）・教授

研究者番号：30372072

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,700,000円

研究成果の概要（和文）：漁具の形状と移動速度が刻一刻と変わるかけまわし漁業とごち網漁業において，漁具が海底を掃過する範囲（Trawl footprint）を各種計測技術により求めた。その結果，これらの漁法のTrawl footprintは同規模の船と網を使用する日本の他の底曳網漁業の推定値よりはるかに大きかった。かけまわしやごち網漁業は軽くて小さな漁具を使用するため，生態系に優しい漁法と考えられているが，本研究で推定された大きなTrawl footprintは海底の表在性固着生物や藻類，海草を剪断し，海底を平らにするため，海底環境に悪影響を与え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

底びき網漁業が影響する海底の範囲は「Trawl footprint」と呼ばれ，この範囲内の海底は漁具の通過によって物理的な作用を受け，そこに生息する生物や植物はその影響を受けることとなる。Trawl footprintは漁業の海底生態系への悪影響を検討する上での重要なエビデンスであり，海洋保護区や禁漁区の設定検討の有用な資料でもあるが，開口装置を用いない「かけまわし」や「ごち網」では，漁具の形状と動きが刻一刻と変化するため，Trawl footprintの推定が難しい。水中計測技術を組み合わせることで，かけまわし漁具とごち網漁具が海底を掃過する範囲を調べた。

研究成果の概要（英文）：Trawl footprints were determined using various measurement techniques for the several fly dragging fisheries (Kakemawashi and Gochiami), in which the gear shape and speed of movement changes from moment to moment. Trawl footprints of these fisheries were much larger than those estimated for other Japanese towed net fisheries using vessels and nets of similar size. Although fly dragging fisheries are considered to be ecosystem-friendly because light and small fishing gear are used, the large trawl footprint estimated in this study may have a negative impact on the seafloor environment because it shears off sessile organisms, seaweeds and/or sea grasses on the seafloor and flattens the seafloor.

研究分野：漁業生産工学

キーワード：底びき網漁業 Trawl footprint 漁業の環境への影響 かけまわし漁法 ごち網漁法

1. 研究開始当初の背景

世界の漁業生産量は 1980 年代以降、中国漁業の隆盛や GPS 技術の普及など増産をうかがわせる状況であったにもかかわらず、横ばい傾向となっている。この原因の一つとして、底びき網漁業などの着底漁業の海洋環境と生態系への悪影響が挙げられ、1990 年代ころより今日まで世界中で議論が行われている。

着底漁業の悪影響は、(1)海洋生態系より特定の生物群集を除去する。(2)生物の多様性が比較的高い海底付近の生物を対象に操業するため、混獲の問題が多い。(3)漁具と海底との接触が海底の環境を悪化させる、の 3 つに大きく分けられる。(3)の影響は海底の複雑さを均す方向に作用し、生物の住処や隠れ家となる場所を減少させる。サンゴ類や藻類、海草類などが海底面から立ち上がっている場合には、漁具はこれらを剪断する。そして、漁具が海底の底質の一部を掘り起こし拡散させるので、埋在性の生物は露出され捕食されるリスクが増加する。また、漁具により拡散された底質は海底付近の光環境を変化させ、基礎生産に影響することなどが報告されている。

着底漁業のこうした悪影響の範囲を推定するための研究は世界の漁業生産量の約 1/4 (2011-2013 年) を占める重要な漁業種類であるトロール漁業について盛んに行われてきた。特に、漁具が海底に影響を及ぼす範囲「Trawl footprint (ある期間内に少なくとも 1 度は漁具が通過した海底の面積)」は着底漁業の悪影響の指標として知られ、欧州、北米、オセアニア、南米の比較的大規模なトロール漁業では明らかになりつつある (Amoroso et al., 2018 など)。しかし、こうした推定結果には、わが国を含めアジア各国の漁業に関する知見は含まれていない。この理由のひとつとして、わが国や中国、韓国、台湾などの国々では、「かけまわし」や「ごち網」と呼ばれる漁具漁法が存在することが挙げられる。かけまわしとごち網は漁船から曳網と網を順次海中に投入し、この包囲範囲を狭めるように船を前進させたり (かけまわし)、曳網を巻き上げたりする (ごち網) ため、漁具の形状と移動速度が刻一刻と変化し、Trawl footprint の推定が難しい。しかし、これらの漁業の Trawl footprint を明らかにして、漁場管理を進めることが望まれている。

Amoroso, R.O. et al. (2018) Bottom trawl fishing footprints on the world's continental shelves. Proc Natl Acad Sci USA, 115 (43) E10275-E10282.

2. 研究の目的

かけまわしやごち網の Trawl footprint を推定するためには刻一刻と変化する漁具の挙動を明らかにして掃過範囲を推定する必要がある。かけまわし操業における漁具の挙動については、わが国では水産研究・教育機構開発調査センターが水深ロガーや超音波距離計を用いて調査した例があるが、科学論文として公表されておらず、結果の一般化 (結果が普遍的な否か) が十分でない。Noack et al. (2019) は、北欧のかけまわし漁具の浅海での挙動を GPS ロガーを用いたシンプルな計測システムで報告しているが事例報告に留まっている。また、漁具の運動を数値計算で明らかにしようとする研究も世界中で実施されているが、かけまわしやごち網を対象に現場での計測結果と比較して検証した研究は見当たらない。そこで、本研究は現場計測に基づくデータから、漁業と漁場の管理の指標となる普遍的な漁具の挙動を表現しようと考えた。

また、近年では船の錨泊や海洋施設の係留索などの係留装置も着底漁業と同様に海底に接触して影響を及ぼすことが懸念されている (Broad et al., 2020)。そこで本研究で培った計測手法を

船の係留系の挙動計測にも適用した。

Noack, T. et al. (2019) Gear performance and catch process of a commercial Danish anchor seine, Fisheries Research, 211: 204-211.

Broad, A. et al. (2020) Anchor and chain scour as disturbance agents in benthic environments: trends in the literature and charting a course to more sustainable boating and shipping. Mar Pollut Bull., 161(Pt A):111683.

3. 研究の方法

長崎県のごち網漁業と福井県のかけまわし式操業を行う底びき網漁業を対象に、1回の曳網で漁具が影響を及ぼす海底の範囲（以降、掃過面積と呼ぶ）を直接計測（図1）して漁具の Trawl footprint 推定に適用するための方法の開発を行った。また、係留装置が海底を掃過する状況を詳細に把握するために、船の係留索の運動を計測した。上記漁業で使用される漁具の掃過面積を求めるためには、漁具を投入した後、船の前進に伴って曳網が狭まっていく動きと網の前進速度の変化、その際の網の形状の変化を経時的に計測する必要がある。また、運動モデルを検討するために漁具にはたらく力も計測した。

2020年10月には長崎県のかけまわし式操業を行う小型漁船（主機関出力80kW）を対象に計測を行った。漁具はヘッドロープ（HR）長24m、曳網は直径18mmのPPロープで片舷の長さは712m、網側の約400mは種々のチェーンが20mごとに連結された構成（片舷水中重量合計123kg）であった。漁船にGPSロガーを設置して船の速力と航跡を、両舷の曳網の最も重いチェーンの部分（船から300mの位置、肘と呼ぶ）にそれぞれ超音波距離計を取り付けて両肘の間の距離と水深を、網のHR中央とグランドロープには水深ロガーを取り付けて網口の水深と高さを、網上部には速度ロガーを取り付けて網の進む速力を、漁具投入から回収まで経時的に計測した（図1）。また漁具と曳網の連結部にはそれぞれ張力ロガーを取り付けて漁具の張力を測定した。

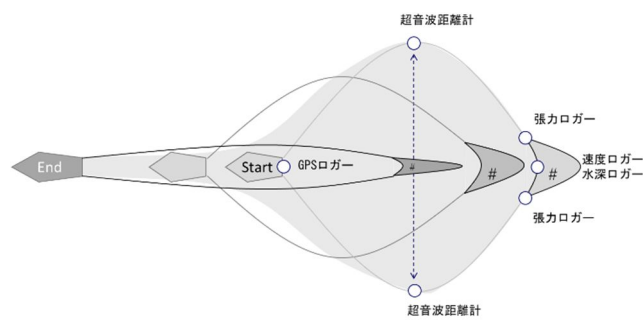


図1. かけまわし式操業の計測方法と掃過面積(StartからEndまで船が曳網した時の影の部分)。

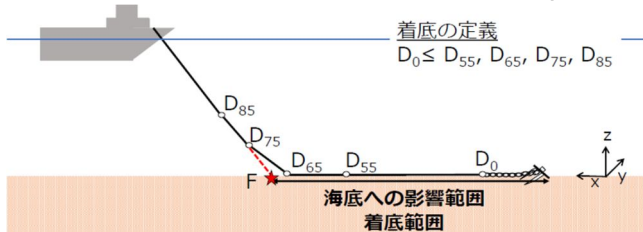


図2. 船の係留索の運動計測調査における係留索の海底への影響範囲の推定方法. D_0 から D_{85} の位置が水深ロガーを取り付けた係留索の位置。下付きの数値がアンカーチェーンからの距離(m)を示す。

2022年8月にはかけまわし式操業を行う福井県の沖合底びき網漁船（64トン、1400馬力）により、水深400m前後の海域においてホッコクアカエビ用漁具（曳網長2995m/舷、袖網長135m、身網長52.5m、ヘッドロープ（HR）長291m、コッド目合9節）の運動を調べた。HRとグランドロープの中央に水深ロガーを、HR中央には速度ロガーを取り付け、網の上下方向の開きと対水速度を計測した。また、両側の袖網先端には超音波距離計を取り付け、網の水平方向の開きを、漁具投入から回収まで経時的に計測した。

船の係留索の運動計測は長崎大学水産学部附属練習船鶴洋丸（総トン数155トン、全長42.79m）を対象として、2021年7月から11月の間の7回の港外での錨泊時に計測を実施した。アンカー

チェーン（長さ約5m）と係留索（ワイヤーロープ）の接続部分を0 mとして、そこから船方向に0, 55, 65, 75, 85 m離れた位置の係留索に水深ロガーを取り付けて係留索各部の水深を記録、隣り合う水深計の同時刻の記録値の比較から着底の有無を推定した(図2)。また、係留索各部の水深とともに、船に装備のGPSと超音波ドップラー多層流向流速計（ADCP）で錨泊中の船の位置と流向流速データを取得して、錨泊中に係留索が海底に影響した範囲の面積を推定するとともに、潮流と掃過範囲の関連を検討した。

4. 研究成果

長崎県のかけまわし式操業では、月齢（潮流の強さ）と曳網方向が異なる4回の投揚網を計測した。漁船は野球のホームベースのような航跡を描くように漁具を順次投入し、曳網開始時には船と網は456~590 m離れていた。計測結果の一例を図3に示した。

この時の両肘の開きは251~341 mで、曳網開始から14.7~20.3分後には5~8 mにまで狭くなり、巻き上げが開始された。網の速力は曳網開始時の0.3 ノット（同時刻の船の速力の13%）から、巻き上げ開始直前には2.1 ノット（同81%）まで増加した。網と曳網が掃過した海底の面積は148,000~229,000 m²で、これは同程度の大きさの漁船で行われるわが国の他の底びき網漁業の掃過面積の推定値より大きかった（表1）。

福井県のかけまわし式操業では、船は1ノット前後で曳網を行い、着底時には上下方向に約10 m、水平方向に約200 mあった網の開きは、浮標回収から3~3.5時間が経過した巻き上げ開始時でも上下方向に8~9 m、水平方向に50 m以上であった（図4）。曳網方向に目測で2ノット程度の強い潮流のなか曳網が行われたため、船の速度（対地速度）と網の速度（対水速度）の補正が困難で、船と網の相対的な移動の関係は把握できなかったが、船の動きや曳網の角度などから漁労長が予想する

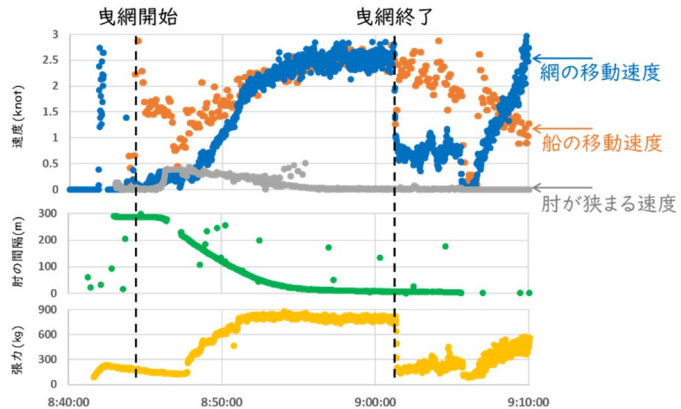


図3. 長崎県のかけまわし式操業における網の移動速度、船の移動速度、肘が狭まる速度、肘の間隔、網の抵抗（張力）の時系列変化。

表1. 長崎県のかけまわし式操業における掃過面積と他の底びき網漁業における掃過面積推定値との比較

	船の大きさ (トン数, 主機関出力)	漁具重量 (kg)	掃過面積 ($\times 10^4 \text{m}^2/\text{h}$)	本研究の掃過面積との比	備考
本研究	5トン, 80 kW		36.4	-	
ビームトロール(東京湾)	5トン		3.7	0.10	石黒(2006)
ビームトロール(鹿児島)	3.7トン		4.5	0.12	不破(1976)
ビームトロール(有明海)	4.2トン		4.5	0.12	平井ら(2003)
オッタートロール(徳島)	9.7トン		9.0	0.25	岡崎ら(2011)
オッタートロール(愛知)	12トン		21.0	0.58	松下ら(2005)
かけまわし(宮崎)	9.7トン		70.0	1.92	松下ら未発表

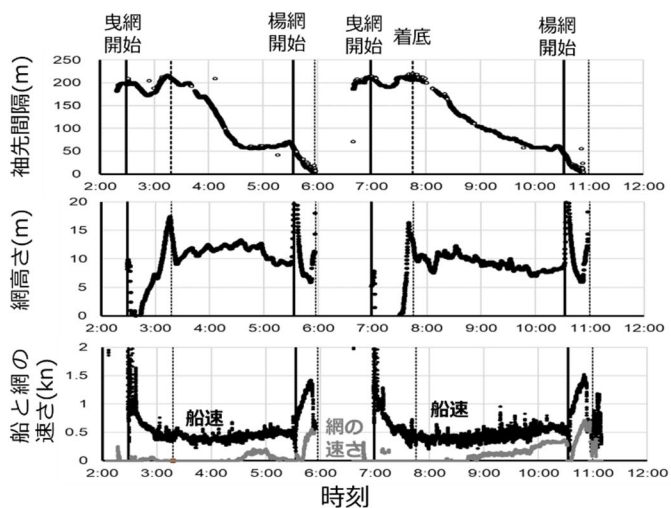


図4. 福井県のかけまわし式操業における網の袖先間隔、網高さ、船の移動速度、網の移動速度の時系列変化。

漁具の挙動は計測結果とほぼ同じで、漁業者の経験に基づく技術の高さが伺えた。

船の係留索の運動計測では、係留索の着底面積は 2091.5 ~ 7806.2 m² の範囲で変化した。また、ある流速時にアンカーチェーンから 55 m 離れた位置までの長さの係留索(D₅₅)が海底に着底した時間の割合を流速に対してプロットしたところ、小さな流速時で D₅₅ の位置まで海底と接触していた時間の割合は高く、流速が大きくなると D₅₅ の位置は離底することが多くなった。錨泊中の流速が 100 mm/s (約 0.2 ノット) を超えるまでは係留索は D₅₅ の位置まで海底と接触していた時間の割合が高いことが示唆された(図5)。船舶の係留索が接触する海底の面積に関する先行研究の結果を本研究の結果と比較したところ、係留索が海底に接触する面積は係留する位置の水深により変化することが示唆され(図6)、大水深の位置への係留はより広い海底を擾乱する可能性が考えられた。

Watson, S.J. et al. (2022) The footprint of ship anchoring on the seafloor. *Sci Rep* 12: 7500.

Collins, K.J. et. al. (2010) The impacts of anchoring and mooring in seagrass, Studland Bay, Dorset, UK. *Underwater Technology* 29(3):117-123.

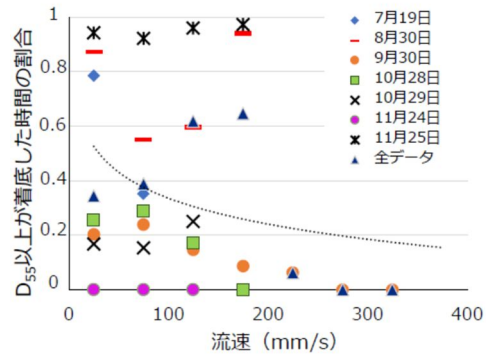


図5 .ADCP で計測した錨泊中の流速と係留索の着底の関係 .ある流速階級で係留索の半分以上の長さ(アンカーチェーンから 55 m 離れた位置)が着底した時間の割合.

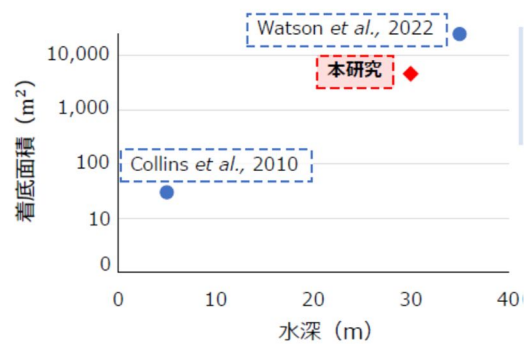


図6 .係留する水深と係留索が接触する海底の面積(着底面積)の関係 .

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 Jung Jung-Mo, Hirose Miyuki, Matsushita Yoshiki	4. 巻 255
2. 論文標題 Measuring the footprint of fly-dragging gear	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Fisheries Research	6. 最初と最後の頁 106465 ~ 106465
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.fishres.2022.106465	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 Jung Jung-Mo, Matsushita Yoshiki, Kim Seonghun	4. 巻 12
2. 論文標題 Study on Reducing Towing Drag by Varying the Shape and Arrangement of Floats and Gears	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Applied Sciences	6. 最初と最後の頁 7606 ~ 7606
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/app12157606	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

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 高橋千代・丸山裕豊・眞角聡・広瀬美由紀・松下吉樹
2. 発表標題 係留系が海底に影響する範囲の推定 Eco-mooringの確立に向けて
3. 学会等名 2022年度日本水産工学会学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 松下吉樹・鄭程摸・岩永弘輝・広瀬美由紀
2. 発表標題 かけまわし式底曳網の運動の直接計測
3. 学会等名 令和3年度日本水産学会春季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Jung-Mo Jung, Yoshiki Matsushita, Miyuki Hirose
2. 発表標題 Estimation of the swept area of small “fly dragging” seine fishing
3. 学会等名 WGFAST/WGFTFB/JFATB 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 松下吉樹・船木秀二・山口雅・宮田克士
2. 発表標題 かけまわし式沖合底びき網の挙動計測
3. 学会等名 令和5年度日本水産学会春季大会
4. 発表年 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
---------------------------	-----------------------	----

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