

延縄の枝縄の違いによる漁獲比較と魚の釣糸視認能力

川村 軍蔵,^{1*} 有馬 新七^{1†}

Catchability of two Different Branch-lines and Visual Recognition of Lines by Fish

Gunzo Kawamura,^{1*} Shinshichi Arima^{1†}

Key words: Long-line, Branch-line, Catchability, Visual recognition, Conditioning

Abstract

Fishing operations were conducted to examine the effect of visibility of the branch-lines on the catchability of long-lines in the coastal water of Kagoshima. The visual ability of fish was determined by the conditioning method for the recognition of lines of different thickness and visibilities. Two different branch-lines, brown multifilament and transparent nylon monofilament, caught the same number of green snapper *Lethrinus nebulosus* and lizard fish *Trachinocephalus myops* in 27 operations. Long-lines set on the bottom caught twice the number of fishes than those set in mid-water, which was attributed to the feeding habit of the fishes caught. In the transposition test of the conditioning method, girella *Lethrinus nebulosus* could recognize brown silk monofilament of 0.06 mm in diameter but could not recognize colorless nylon monofilament of 0.12 mm in diameter, indicating the importance of contrast of the filament rather than its thickness in the visual recognition by fish.

延縄漁は釣漁法の一つであり、1本の幹縄に多数の枝縄と釣針をつけた漁具を用いて操業される。漁具構成が単純で漁獲物の損傷が少ないために品質が良いという利点をもち、¹⁾ さらに操業規模は鉢数を変えることによって自由に選択できる出来る利点をもつ。漁具は海中に敷設され、摂餌を行う対象魚の主体的な行動に依存した漁法であるため、対象魚の釣餌発見から針掛かりされる過程において餌だけでなく枝縄の物理的性状によってもそれなりの影響を受けることが考えられる。²⁾

まぐろ延縄漁業では枝縄資材として従来のワイヤーがモノフィラメント製ナイロンテグスに変わり、釣獲率の向上が認められている。³⁾ 魚の摂餌における主要な感覚は視覚であることから、⁴⁾ 釣糸の水中視認性が釣獲に影響

することが推察される。網糸の水中視認性については、糸の太さや目合との関係、⁵⁻⁹⁾ 糸の色やコントラストとの関係¹⁰⁻¹²⁾ および明るさの影響^{12, 13)} について調べられている。また、Tsuda and Inoue¹⁴⁾ は水槽実験で異なる濁度における種々の色の網糸の水中視程をヒトの眼で測定している。

一方、この釣獲率の向上は透明なテグスが魚に視認されにくいことによると解釈された。中村ら²⁾ は使用履歴の異なるテグスの光学的特性を測定し、森永ら¹⁵⁾ はまぐろ延縄の釣元のワイヤーとテグスの反射輝度から水中視程を計算し、釣獲との関係を論じている。しかし、沿岸延縄漁の多くでは依然として撚糸が枝縄として使用されており、漁業者はテグス枝縄が撚糸枝縄より優れてい

¹⁾ 鹿児島大学水産学部漁業工学分野 (Field of Fisheries Engineering, Faculty of Fisheries, Kagoshima University, 4-50-20 Shimoarata, Kagoshima 890-0056, Japan)

[†] 現住所: 鹿児島県薩摩川内市下甕町手打 1055 (Present address: 1055 Teuchi, Shimokoshiki, Sendai, Kagoshima 896-1601, Japan)

* Corresponding author, E-mail: kawamura@fish.kagoshima-u.ac.jp

るとは見なしていない。そこで本研究では、沿岸延縄のテグス延縄と撚糸枝縄を用いて釣獲効果を比較し、さらに魚による糸の太さの視認能力を調べた。

材料と方法

縄の違いによる漁獲数比較

操業試験のために長さ 250 m の幹縄にクレモナ枝縄 (20S 6本, 長さ 1.5 m) 20本とナイロンテグス枝縄 (7号, 長さ 1.5 m) 20本を交互に取り付けた延縄を 2 鉢作製した。釣針はタイナワ針 13号であった。クレモナはクラレが生産するビニロンとポリエステル混紡糸の商標であるが、本文ではクレモナの用語を使用する。また、ナイロンテグスは一般にテグスとして理解されているので、ここでは以後テグスを用語とする。

沿岸延縄には枝縄を海底に這わす場合と、海底から放して垂下する場合があります、両者で枝縄の視認の難易は異なると思われる。ここでは、事前の試験に基づいて、1 鉢の幹縄に浮力 12.5 g の合成樹脂製浮子 16 個を等間隔に取り付けて幹縄が海中で水平になるように設置した (Fig. 1)。したがって、針が海底から約 1.5 m 離れた位置に垂下された。他の 1 鉢は幹縄に浮子を取り付けず、幹縄と枝縄が海底に這う状態にして設置した。ここでは、浮子を装着した延縄を中層縄、海底に這わした延縄を底縄と呼称する。

操業試験を鹿児島県野間池沖合の水深 20-30 m の場所で、1973 年 8 月～11 月の間に合計 27 回行った。餌は冷凍イカを短冊状に切ったもので、操業は商業漁業同様に延縄を夕方入れて早朝揚げた。操業の前半では中層縄のみ使用し、後半では中層縄と底縄の両方を用いた。

魚の糸の太さ視認能力

魚の糸の太さの視認能力を条件付け実験によって調べた。用いた魚は野間池漁業協同組合から入手した体長 15 cm のメジナ *Girella punctata* であった。実験は 1974 年 1 月に行い、用いた水槽は 30cm×50 cm, 高さ 40 cm のガラス水槽で外周視野を遮るため外側に白紙を貼った。この水槽内の底面両側に餌鉢を置き、餌鉢には電撃用の電極を取り付けた。さらに片方の餌鉢の中央には水中に一本の糸を垂直に吊り下げ、他方の餌鉢上方には水面上のみ糸を垂らすことにより、糸の無い餌鉢からのみ餌を摂るように魚を訓練した (Fig. 2)。餌は活ゴカイを 5 mm 程度に切ったものを 1 呈示に 1-2 個与えた。実験室のガラス窓はアルミ фольで覆い、室内蛍光灯で照明を行った (水槽内照度 52.5 lx)。

Fig. 1

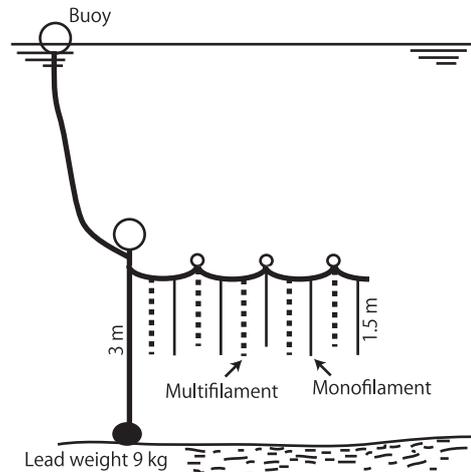


Fig. 1. Illustration showing the experimental long-line set in mid-water.

Fig. 2

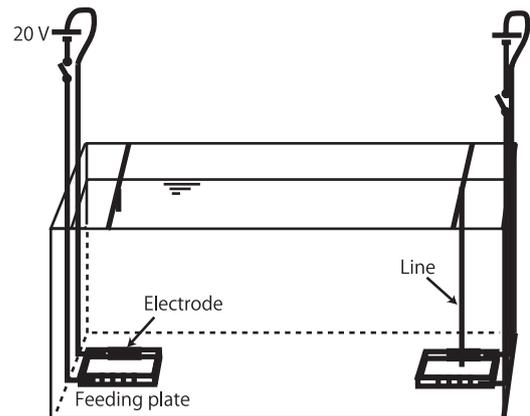


Fig. 2. Experimental set up for conditioning fish to take food in a feeding plate without a line. After completing the conditioning, the transposition test was carried out with finer lines.

条件付け用の糸として無色透明のテグス 50号 (太さ 1.4 mm) を 3 本束ねたものとカッチ染め (茶色) のクレモナ糸 (20S, 60 本) を用いた。条件付けの当初は誤反応 (糸を垂らした餌鉢での摂食) した個体を細い棒で追い払って訓練したが、クレモナ糸を学習した魚がテグスに条件反応を正しく示さなかったので誤反応の場合に電撃罰を与えて条件付けを強化した。学習完成後は糸を段階的に細いものに変えて移調試験を行い、正反応と誤反応の頻度を 30 分間記録した。移調試験に用いた糸はカッチ色のクレモナ糸 (直径 1.3 mm - 0.3 mm), 無色透明なテグス (1.4 mm - 0.12 mm), カッチ染め (茶色) の絹糸 (0.18 mm) および白色とカッチ染めの綿糸 (0.18 mm) であつ

Table 1. Comparison of catches between two different branch-lines.

Type of long-line	Fish caught	Branch line filament		χ^2 test
		Multi	Mono	
Mid-water	<i>Lethrinus nebulosusu</i>	38	36	$\chi^2 = 0.054$, $P > 0.75$
	<i>Trachinocephalus myops</i>	14	13	$\chi^2 = 0.037$, $P > 0.75$
	Others	2	3	
	Total	54	52	$\chi^2 = 0.038$, $P > 0.75$
Bottom	<i>Lethrinus nebulosusu</i>	21	19	$\chi^2 = 0.100$, $P = 0.75$
	<i>Trachinocephalus myops</i>	3	2	
	Others	2	3	
	Total	26	24	$\chi^2 = 0.080$, $P > 0.75$

Table 2. Comparison of catches between two different types of long-line.

Fish caught	Type of long-line		χ^2 test
	Mid-water	Bottom	
<i>Lethrinus nebulosusu</i>	74	40	$\chi^2 = 10.140$, $P < 0.005$
<i>Trachinocephalus myops</i>	27	5	$\chi^2 = 15.125$, $P < 0.005$
Others	5	5	
Total	106	50	$\chi^2 = 20.103$, $P < 0.005$

た。また、摂食はなくても餌鉢に来遊して餌鉢の上を通過した頻度を糸付き餌鉢と糸無し餌鉢について30分間記録した。

糸付きと糸無しの餌鉢の2者択一頻度は理論的には二項分布に従うので、移調試験で得られた供試魚の条件反応結果を二項検定して、反応が有意に偏っているか否かを統計的に判定した。帰無仮説の棄却基準を $\alpha = 0.01$ とした。

結 果

枝縄の違いによる漁獲数比較

漁獲物は最も多かったのがハマフエフキ *Lethrinus nebulosusu* で、次いでオキエソ *Trachinocephalus myops*, その他ウマズラハギ *Navodon modestus*, トウゴロウイワシ *Allanetta bleekeri*, ブダイ *Calotomus japonicus*, ダツ *Ablennes anastomella*, ウミヒゴイ *Parupeneus chrysopleuron* であった。

枝縄の材料の違いによる漁獲数は、中層縄と底縄のいずれにおいても、卓越種であったハマフエフキの合計と全魚種の合計に差が無かった (Table 1)。

また、延縄の設置方法の違いにおける漁獲数の比較では明らかに底縄の方が多く、ハマフエフキと合計数では中層縄の約2倍、オキエソでは5倍以上の漁獲数であった (Table 2)。

魚の糸の太さ視認能力

移調試験では、供試魚は顕著な条件反応を示し、最も細い0.06 mmの絹糸に対しては19回の呈示に対して誤反応は皆無であった。二項分布のZ値が得られる確率Pで判断すると、 $P = 0.0266$ であった太さ0.12 mmのテグスでは、供試魚が無作為に餌鉢を選択し、糸無し鉢に偏った選択は偶然である可能性が否定できない (Table 3)。このテグス以外の糸では全て $P \leq 0.00125$ であり、視認されたと判定された (Table 3)。

供試魚の糸視認能力の評価は条件反応の頻度だけでなく、糸付き餌鉢への来遊頻度も評価基準として使用可能である。テグス1.4 mm, 0.35 mm, 0.6 mm およびクレ

Table 3. Summarized results of the binomial analysis of fish response in the transposition test.

Fish has been conditioned to take food from a plate without a line in an aquarium.

Line material and thickness (mm)	Frequency of response (correct : failure)	Statistical test		
		Z-value	Probability	
Monofilament (nylon)	0.80	14 : 0	-4.913	P < 0.0005
	0.60	16 : 0	-5.304	P < 0.0005
	0.45	16 : 1	-4.801	P < 0.0005
	0.35	11 : 0	-4.263	P < 0.0005
	0.20	23 : 3	-5.269	P < 0.0005
	0.18	14 : 3	-3.429	P = 0.0012
	0.12	30 : 17 [†]	-2.475	P = 0.0266
Multifilament (mixture of vinyl and polyester)	1.30	26 : 4	-5.424	P < 0.0005
	1.00	29 : 3	-6.250	P < 0.0005
	0.80	18 : 0	-5.667	P < 0.0005
	0.45	9 : 1	-3.131	P = 0.0035
	0.30	18 : 2	-4.744	P < 0.0005
Silk (brown)	0.10	9 : 0	-3.770	P < 0.0010
	0.06	19 : 0	-5.840	P < 0.0005
Cotton (white)	0.18	8 : 0	-3.500	P = 0.0010
Cotton (brown)	0.18	11 : 0	-4.263	P < 0.0005

[†] insignificant at $\alpha=0.01$

モナ 0.3 mm では糸付き餌鉢への来遊は皆無であったが、テグス 0.20 mm, 0.18 mm および 0.12 mm では糸付き餌鉢の上に頻繁に来遊があった。2つの餌鉢への合計来遊頻度の内、糸付き餌鉢への来遊割合はテグス 0.20 mm で 23.2%, 0.18 mm で 29.1%, 0.12 mm では 46.5%であった。前2者における来遊頻度と正しい条件反応の頻度との差は、条件付けが完全に成された供試魚は 0.20 mm と 0.18 mm のテグスを視認できずに餌鉢に来遊し、テグスに接近してから視認できたことを示す。一方、供試魚は 0.12 mm のテグスを接近しても視認できなかったと結論される。

考 察

試験操業の主要漁獲種はハマフエフキで条件付け実験に使用した魚はメジナで種類が異なるが、メジナは 0.30 mm の太さのクレモナと 0.35 mm 以上の太さのテグ

スを明瞭に視認したことより、ハマフエフキとオキエソは試験操業に使った枝縄のクレモナ糸とテグスの両方を十分に視認できていと考えられる。この考えは、操業試験の結果（クレモナ枝縄とテグス枝縄で漁獲数に差がなかった）と矛盾しない。すなわち、漁獲魚は枝縄を視認しても枝縄を回避せずに枝縄の先の餌を摂食しようとして針掛りしたと解釈される。

試験操業では底縄の漁獲数が中層縄の漁獲数より有意に多かった。この理由として2つの要因が考えられる。一つは、漁獲魚の摂餌行動に関わる要因で、底棲動物を摂食する種であるハマフエフキとオキエソが中層に垂下された釣餌より海底の釣餌を好んで摂食した可能性である。フエダイ一本釣漁では釣針を海底に置いて釣る¹⁶⁾ので、この要因は充分考えられる。しかし、食性が底棲動物食で視軸が底棲動物食に適した前下方にあるマダイを対象にした延縄漁では、餌を離底させなければ釣れないとされる。¹⁷⁾一方、マダイは底棲動物食性とされるが、岡田¹⁸⁾の胃内容物調査によると黄海のマダイの主要摂

食種は遊泳性のエビ・カニの仲間や十腕目であり、完全な非遊泳性の底棲動物の出現は極めて稀であった。本研究の延縄試験操業の結果を漁獲種の摂餌行動と関連させて考えるには、ハマフフキとオキエソの摂餌行動を充分把握する必要がある。

2つ目の要因は、延縄漁具全体が魚に及ぼす影響である。海底縄は浮縄以外の漁具材料は全て海底に平面状にある一方、中層縄では錘以外は中層にあって海中の魚には立体感のある釣具である。一般に魚は釣糸に対して強い警戒行動を示すので、¹⁹⁾ 立体感のある釣具が魚に警戒行動を起こさせた可能性は否定できない。この要因が正しいならば、中層縄の漁具材料を視認しにくい物にすることが望まれるが、幹縄の視認性を漁業者が配慮していないことからこの要因には疑問が残る。

本研究の条件付け実験では、メジナにとって無色のテグス 0.20 mm と 0.18 mm は視認しにくい糸であり、0.12 mm は視認できない糸であることを示した。一方、これらより細かいカッチ色の絹糸 0.06 mm をメジナは完全に視認した結果は、視認に際して糸の太さだけでなく糸がもつ背景との視覚的コントラストの重要性を示唆する。海水中に含まれる懸濁物は海中物標の視覚的コントラストを弱めるため、懸濁物が多ければ糸や餌の水中視程は極度に低下し、^{15, 20-22)} その低下の程度は海中物標の色と海水の分光特性によって異なる。¹⁴⁾ このような糸の水中視程の変化を利用して枝縄の視認性を低めてまぐる延縄のウミガメ混獲を減らそうとする試みが行われている。²³⁾ しかし、これらの研究はヒトの眼による視認性を計算の根拠にしている例が多い。懸濁物の多い水中に棲息する魚は高いコントラスト感度をもっており、これは水中環境に適した合目的的進化の結果であるとされる。²⁴⁾ ここで得られた糸視認性の結果は海中とは異なる分光スペクトルの充分明るい実験条件で得られたものがあるが、魚で実証した異議は大きい。

謝 辞

試験操業を行うにあたり野間池漁業協同組合の諸氏に多大な便宜を賜わり、水産学部附属練習船の乗組員諸氏に協力をいただいた。水産学部学生の江口秀文氏は全操業を手伝って下さった。本稿の英文を鹿児島大学水産学部准教授 Dr. Miguel Federico Vazquez Archdale に校閲していただいた。ここに記して深謝申し上げる。

文 献

- 1) Lokkerborg, S. (1998). Sea bird by-catch and bait loss in long-lining using different setting methods. *ICES J. Mar. Sci.*, **55**: 145-149.
- 2) 中村善彦, 宮崎多恵子, 松生 治 (1990). イカ釣りテグスの光学的特性. *La mer*, **28** (2・3): 105 ~ 110.
- 3) 春日 功 (1990). テグス (モノフィラメント) 製鮪延縄漁具による試験操業について. *水産技術と経営*, **200**: 55-62.
- 4) Kawamura, G. and T. Kishimoto (2002). Color vision, accommodation and visual acuity in the largemouth bass. *Fish. Sci.*, **68**: 1041-1046.
- 5) Fridman, A.L. (1969). Theory and design of commercial fishing gear (Translated from Russian by R. Kondor, Israel). p.320-381.
- 6) 小池篤 (1971). 定置網に対する魚群の行動. *日水誌*, **37**: 242-248.
- 7) 鈴木 誠 (1971). 定置網に対する魚類の行動と漁具の機能に関する基礎研究. *J. Tokyo Univ. Fish.*, **57**: 95-171.
- 8) 西山作蔵 (1978). 最新定置網の手引き. 株式会社北日本海洋センター. 640p.
- 9) 中村善彦, 栗田嘉宥 (1990). 網糸の間隔を変えた場合の魚の行動. *La mer*, **28**: 111-116.
- 10) 神田献二, 小池 篤 (1958). 漁網の色に関する研究 - I. 魚群の網目通過状況に関する予備実験. *日水誌*, **23**: 612-616.
- 11) 神田献二, 小池 篤, 小倉通男 (1958). 漁網の色に関する研究 - II. 着色網値に対する魚群の行動および魚群の網目通過について. *日水誌*, **23**: 617-620.
- 12) Blaxter, J.H.S., B.B. Parrish, and W. Dickson (1964). The importance of vision in the reaction of fish to driftnets and trawls. In "Modern Fishing Gear of the World 2" (by arrangement with FAO), Fishing News Books, pp.529-536.
- 13) 神田献二, 小池 篤 (1958). 漁網の色に関する研究 - IV. 照度変化が魚群の行動に及ぼす影響について. *日水誌*, **23**: 680-683.
- 14) Tsuda, R. and N. Inoue (1973). Study on the underwater visibility of net twines by human eye-II Underwater visibility of dyed and transparent twines. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **39**: 243-252.
- 15) 森永 勤, 小池 隆, 松生 治 (1990). ベンガル湾におけるまぐる延縄漁具の枝縄の水中視認距離. *La mer*, **28**(2・3): 117-122.
- 16) 金田禎之 (1965). 日本漁具・漁法図説. 成山堂. 東京.
- 17) 川村軍蔵 (1992). 魚類の生態からみた漁法の検討 (46) マダイの視力と釣り餌の位置. *水産の研究*, **11**(6): 35-38.
- 18) 岡田啓介 (1965). 黄海産若齡マダイの摂餌生態について. *日水誌*, **31**: 999-1005.

- 19) 米山兼二郎, 増田育司, 川村軍蔵 (1997). ティラピア 2 種 *Oreochromis mossambicus*, *O. niloticus* とその雑種から成る混群内での釣られ易さの個体差. 日水誌, **63**: 166-170.
- 20) 中村善彦, 松生 治 (1985). 水中の濁りと魚の視力との関係 (2) 濁り濃度と視認限界における物標の大きさ及び距離. *La mer*, **23**(3): 123-129.
- 21) 中村善彦, 松生 治 (1989). 水中の濁りと魚の視力との関係 (3) 濁った水中における魚の小さなターゲット (餌) に対する反応. *La mer*, **27**(4): 185-192.
- 22) 中村善彦, 松生 治 (1989). 水中の濁りと魚の視力との関係 (4) 濁った水中における魚の網糸群に対する行動. *La mer*, **27**(4): 185 ~ 192.
- 23) 塩出大輔 (2008). “海亀類の混獲回避—漁具・漁法からのアプローチ”, 日水誌, **74**: 234-236.
- 24) Kawamura, G. and T. Shimowada (1993). Optic critical duration and contrast thresholds in the freshwater fish, *Lepomis macrochirus*, as determined behaviourally. *Fish. Res.*, **17**(1993): 251-258.