

定置網内におけるクロマグロの遊泳速度

河 岸 賢
京都府水産課
宗 清 正 廣
飯 塚 覚
京都府水産事務所
和 田 洋 藏



鋤崎定置網漁場において遠隔魚探のクロマグロ魚群反応を解析して、入網状況および網内での遊泳速度を検討した。クロマグロ単体の第二箱網内での最大遊泳速度は $0.9 \sim 4.6 \text{ m/sec}$ の範囲であると推定した。この速度は、クロマグロが緊急に逃避する場合の値ではなく、定置網を逃避対象として認識していないように考えられる。なお、遠隔魚探を活用してクロマグロを効率よく漁獲するには、映像確認に伴う臨時揚網が必要である。

自然状態では魚群はその置かれている状況によって遊泳速度を変化させる。その遊泳速度は餌生物に遭遇した時や捕食者から逃避する時には早くなり、安定状態にある時には遅くなる（柴田, 1963; 川本, 1966; 井上, 1978）。したがって、定置網内での魚群の遊泳速度は網内での魚群の状態を反映するものと考えられ、これを知ることが定置網漁具が魚群に与えている影響あるいは魚群が定置網をどの様に認識しているかを知る手がかりとなり、漁具、漁法の改良の一助となる。

著者らは、既報（河岸ほか, 1990）において遠隔魚群探知機の魚群反応解析により、クロマグロ *Thunnus thynnus* の定置網漁場への来遊時刻、滞留時間等、本種を定置網で効率的に漁獲する上で有益な知見を報告した。本報では既報（河岸ほか, 1990）と同様に遠隔魚群探知機の魚群反応解析からクロマグロの定置網内での遊泳速度を推定し、上述の視点から定置網漁具がクロマグロの行動に与える影響について検討した。

材料と方法

1987年6月13日から7月8日までの26日間、若狭湾西部海域に面する京都府伊根漁業協同組合所属の鋤崎定置網漁場において、定置網漁業用遠隔魚群探知機（株式会社古野電気製、以下、遠隔魚群と呼ぶ）によるクロマグロの入網状況を調査した。鋤崎定置網漁場の水深は約60mであり、二重落し網形式の大型定置網が敷設されている。遠隔魚探の振動子（50 kHz, 指向角 42° ）は第2箱網の内昇りの“返し先”と“側”とを結ぶロープの中間から、超音波発射面を直下向きにして水深1mの位置に垂下された（Fig. 1）。魚群反応は海上の携帯局から無線で陸上基地局へ送信され、1分ごとの経時マーカとともに湿式記録紙上に連続的に記録された。

鋤崎定置網では、6月13日から7月8日までの26日間に魚体重40～70 kg（約60 kgが主体）のクロマグロが合計60尾漁獲された。既報（河岸ほか, 1990）では遠隔魚探へ

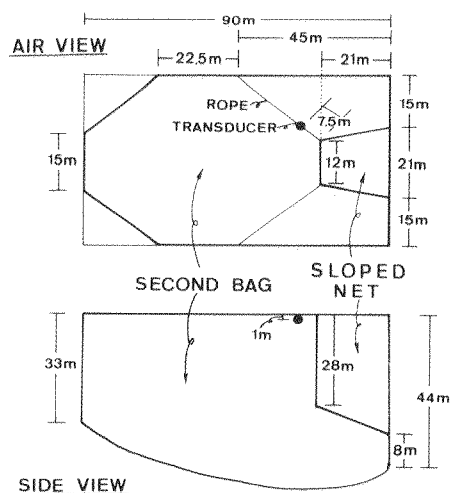


Fig. 1. Schematic air and side views of a second bag and an inner sloped net of the SUKIZAKI set net. Closed circles indicate a position of a transducer of tele-fish finder.

の魚群反応の出現とその直後のクロマグロの漁獲との対応がみられた魚群反応事例だけを本種の魚群反応として扱った。しかし、本調査期間は若狭湾西部海域へのクロマグロの来遊時期であり、調査期間中における同海域の定置網では本種以外の大型魚は漁獲されなかった（河岸ほか、1990）。したがって、クロマグロの魚群反応と同様の魚群

反応が出現したにも関わらず、臨時揚網が行われなかったために漁獲による本種の確認ができなかった魚群反応についても、本種のものである可能性が著しく高いと判断された（河岸ほか、1990）。そこで、本報ではこれらの魚群反

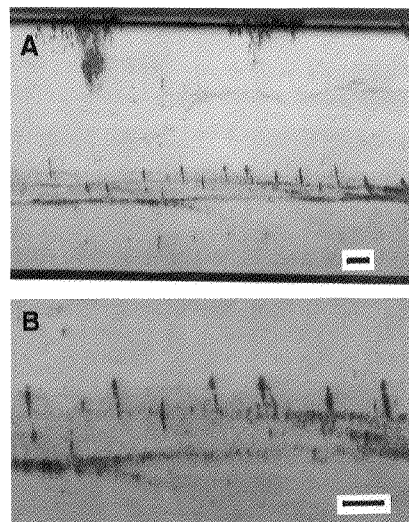


Fig. 2. Echo traces of individual *Thunnus thynnus* recorded through the tele-fish finder (A), and of the high magnification (B) at 19:10~19:28 on 28 June, 1987. Scales indicate a scanning distance on recording paper at one minute.

Table 1. Possible maximum swimming speeds of *T. thynnus* estimated by echo traces recorded through a tele-fish finder.

Time of echo traces recorded	No. of echo traces	Range of possible maximum swimming speed (m/sec)
18 June 19:10-19:20	1	2.4
24 14:10-14:30	4	1.5-4.1
15:10-15:20	2	2.1-2.3
15:40-15:50	2	2.7-3.3
16:20-17:50	17	1.2-3.7
26 14:50-15:00	1	2.1
15:20-15:30	1	1.2
16:10-16:20	1	1.3
17:00-17:10	2	1.7-1.9
17:30-17:40	1	2.9
17:50-18:00	1	1.0
18:30-19:00	3	1.3-2.0
28 17:50-19:40	48	1.2-4.6
6 July 04:30-04:40	6	0.9-2.5
Total	91	0.9-4.6

応事例についてもクロマグロのものとして扱った。既報（河岸ほか，1990）で述べたように，遠隔魚群から得られたクロマグロの魚群反応はその形状から群と単体の二種類に区分された。本報では Table 1 に示したクロマグロの単体の魚群反応のみの91例を用いて本種の遊泳速度を推定した。クロマグロの単体の魚群反応の一例として6月28日19:10~19:30に記録された魚群反応を Fig. 2 に示した。

記録紙上から，遠隔魚探の振動子の位置から魚群反応が出現し始める点までの距離，遠隔魚探の振動子の位置から魚群反応が消失する点までの距離，两点間の水平距離をそれぞれキャリパーを用いて読み取った。記録紙の紙送り速度は 0.125 mm/sec，記録紙の縮尺 1.6 mm/m であった。

結果

遠隔魚探の振動子から指向角 42° で下方に円錐状に発射される超音波束を，クロマグロが遊泳速度 S m/sec で任意の角度，方向から通過したとき，超音波束を通過するのに要した時間を t 秒とする（Fig. 3）。遠隔魚探の振動子 A，クロマグロが超音波束を通過するときに魚群反応記録が出現し始める点 B，消失する点 C からなる $\triangle ABC$ において， $\angle BAC$ を α とすると（Fig. 3），余弦定理から，

$$BC^2 = (St)^2 = AB^2 + AC^2 - 2AB \cdot AC \cos \alpha$$

故に，クロマグロの遊泳速度 S m/sec は

$$S = \sqrt{AB^2 + AC^2 - 2AB \cdot AC \cos \alpha} / t$$

で求められる。

記録紙上において，遠隔魚探の振動子の位置を A_1 ，魚群反応が出現し始めた点を B_1 ，魚群反応が消失する点を C_1 ， B_1 と C_1 との水平距離を r とし，記録紙の紙送り速度を v mm/sec，記録紙の縮尺を h mm/m とすると（Fig. 3）， AB ， AC ， t は

$$AB = A_1B_1/h$$

$$AC = A_1C_1/h$$

$$t = r/v$$

で求めることができる。

クロマグロが遊泳速度 S m/sec で任意の角度，方向から超音波束を通過したとき，Fig. 3 に示したように遠隔魚探の振動子 A，クロマグロが超音波束を通過するときに魚群反応記録が出現し始める点 B，消失する点 C からなる $\triangle ABC$ において角 α ($\angle BAC$) は遠隔魚探の魚群反応からは求めることができないが，本種が遠隔魚探の振動子の直下を通過したときのみ，角 α は指向角 42° と等しくなり，遊泳速度 S m/sec を求めることができる。ところで，クロマグロがある角度，方向から超音波束を t 秒間で通過する場合，遠隔魚探の振動子直下を通過したときが最も通

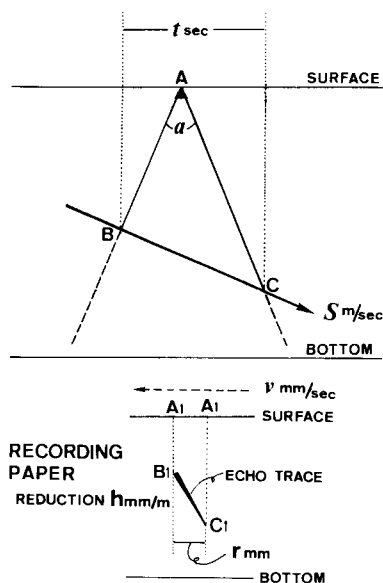


Fig. 3. A method for estimation of swimming speed of individual *T. thynnus*. A solid arrow indicates swimming course of the fish under ultrasonic waves. A, B and C show the transducer, a point of first encounter of the fish to the ultrasonic waves and a point of disappear of the fish from the waves, respectively. An angle α ($\angle BAC$) indicates a beam angle of the waves. S and t show a swimming speed of the fish (m/sec) and a elapsed time for passing through the waves (sec). A broken arrow indicates a scanning direction of a recording paper. v , r and h show a scanning speed of the recording paper (mm/sec), a horizontal distance between B_1 and C_1 on the recording paper (mm) and a reduction (mm/m), respectively. A_1B_1 and A_1C_1 mean distances of AB and AC .

過距離が長く，振動子直下から離れるほど通過距離が短くなる。したがって，遠隔魚探の振動子直下を通過したときの遊泳速度 S m/sec は遠隔魚探の魚群反応から推定できる最大値となる（以下，推定遊泳速度とする）。91例のクロマグロの魚群反応から求められた推定遊泳速度は 0.9~4.6 m/sec の範囲内であった（Table 1）。

考察

魚類の遊泳速度は魚の置かれている環境条件によって変化するため，その測定は困難をともなう（井上，1978）。そのため，遊泳速度は最大速度と巡航速度とに分けて測定され，一般に紡錘型をとした魚類の最大速度は体長を基

準として $10 \times L/\text{sec}$ 、巡航速度は $2 \sim 3 \times L/\text{sec}$ とされている (川本, 1966; 井上, 1978)。マグロ類 (キハダ *Thunnus albacares*, メバチ *Thunnus obesus*, ビンナガ *Thunnus alalunga*, クロマグロなどを含む) の遊泳速度は、魚群探知機記録の解析や漁獲資料の時系列解析によって 0.5 ノット以下から 15 ノット ($< 0.25 \sim 7.5 \text{ m/sec}$) と推定されている (柴田, 1963; 梨本・黒木, 1968; 森田・山中, 1974)。

一方, WARDLE *et al.* (1989) は、ジブラルタル海峡東端に設置された生簀網 (長さ 80 m , 幅 20 m , 深さ 20 m) の中で十分に馴致されたクロマグロ ($54 \sim 433 \text{ kg}$) の巡航速度を、 9 日間の水中テレビの映像解析から $1.2 \sim 3.2 \text{ m/sec}$ ($0.6 \sim 1.2 \times L/\text{sec}$)、平均巡航速度を 1.88 m/sec ($0.77 \times L/\text{sec}$) と推定し、さらに、筋肉の収縮度の測定から本種の最大速度は 22.6 m/sec ($10 \times L/\text{sec}$) と推定している。

今回、遠隔魚探の魚群反応から推定された第2箱網内でのクロマグロの遊泳速度は $0.9 \sim 4.6 \text{ m/sec}$ の範囲であった。また、調査期間中に漁獲されたクロマグロの魚体重は $40 \sim 70 \text{ kg}$ で約 60 kg が主体であった。遊泳速度を推定されたクロマグロの体重を仮に 60 kg とすると、本種の体重と体長の関係式 $M^{**} = 19 \times L^{2.95}$ (WARDLE *et al.*, 1989) からその尾叉長は 1.5 m となる。したがって、本種の体長に対する推定遊泳速度は $0.6 \sim 3.1 \times L/\text{sec}$ と推定される。

Fig. 1 に示したように、第2箱網の大きさは長さ 90 m , 幅 51 m , 深さ $33 \sim 44 \text{ m}$ であった。第2箱網を生簀網と考え、今回第2箱網内で遊泳速度を推定されたクロマグロは、ジブラルタル海峡において生簀網内で飼育された本種 (WARDLE *et al.*, 1989) と類似した条件下にあったと考えられる。そこで、両者の遊泳速度を比較する。第2箱網内に入網したクロマグロの推定遊泳速度の最大値はジブラルタル海峡において生簀網内で飼育された本種の巡航速度の最大値よりも $1.9 \times L/\text{sec}$ 大きな値を示し、前者の最小値は後者のそれと等しい値を示している。前述のように、推定遊泳速度は魚群反応から推定し得る遊泳速度の最大値であるから、実際の遊泳速度は推定遊泳速度かそれよりも小さくなる、この点を考慮すると、前者の遊泳速度は後者の巡航速度に近いものであると判断しても大きな間違いはないであろう。したがって、後者の場合には生簀網内で十分に馴致され、安定状態にあると考えられること、WARDLE *et al.* (1989) が推定した本種の最大速度 ($10 \times L/\text{sec}$) と比較すると前者の遊泳速度 ($\leq 0.6 \sim \leq 3.1 \times L/\text{sec}$) は十分小さいこと、一般に紡錘型をした魚類の巡航速度は $2 \sim 3 \times L/\text{sec}$ 、最大速度は $10 \times L/\text{sec}$ (川本,

1966; 井上, 1978) とされていることなどから、第2箱網内に入網したクロマグロはほぼ巡航速度で遊泳しており、少なくとも外敵からの逃避時のような緊張状態にはないものと推定してよいであろう。

一方、一般に定置網に入網した魚は逃避のための行動をとるとされており、ブリ *Seriola quinqueradiata* では定置網の垣網にはじめて遭遇するとこれを逃避するかのような潜行行動を示し (内野, 1974; 市原, 1981)、運動場内においても日没前と日出後は活発な活動をするとしている (渡辺, 1967)。しかし、今回の解析結果では第2箱網内に入網したクロマグロはほぼ巡航速度で遊泳していると推定された。渡辺 (1967) は運動場内でのブリの活動は日没時と比較して夜間になると低下すると報告し、さらに渡辺 (1969) は、魚群は学習によって短時間に網に対する慣れを獲得することも実験的に明らかにしている。したがって、第2箱網まで入網したクロマグロについても運動場から第1箱網を通過して第2箱網に至るまでの間に網に対する慣れを獲得した結果、巡航速度に近い速度で遊泳していたのではないかと推測される。

いずれにしても今回の検討の限りでは第2箱網まで入網した時点のクロマグロは少なくとも定置網を捕食者などの緊急に逃避する必要がある対象物とは認識していないように考えられる。前報 (河岸ほか, 1990) で示したように、遠隔魚探ではクロマグロの魚群反応と同時に第2箱網の底網も反応として現れ、潮流による底網の吹かれの程度が推定できる。今回検討を行ったクロマグロの魚群反応の出現期間では、水深約 60 m の海底に対して底網の推定水深は 50 m (無流時) から 40 m の範囲で (河岸ほか, 1990)、底網はほとんど浮上していない状態であった。しかし、クロマグロの漁期間は沿岸にはしばしば速い潮流が発生する時期である。この潮流によって底網が浮上した場合にはクロマグロは魚群がはじめて垣網に遭遇したときのように網からの逃避行動をとるものと考えられる。したがって、定置網に入網したクロマグロや効率よく漁獲するためには既報 (河岸ほか, 1990) でも指摘したように、遠隔魚探に本種の魚群反応が出現した場合には速やかに臨時揚網を行うことが必要であり、本種の漁期間中は遠隔魚探の魚群反応の監視体制と臨時揚網体制の確立が望まれる。

最後に、調査にご協力をいただいた伊根漁協関係各位にお礼申し上げます。

文 献

市原忠義, 1981. 魚類の行動と定置網 (Ⅱ), ていち,

* 尾叉長 (m)

** 魚体重 (kg)

- 60, 21-30.
- 井上 実. 1978. 魚の行動と漁法, 恒星社厚生閣, 東京, 148-167.
- 河岸 賢・宗清正廣・飯塚 寛・和田洋蔵. 1990. クロマグロの定置網内における行動. 日水誌, **56**, 1187-1192.
- 川本信之. 1966. 新版 魚類生理生態学, 恒星社厚生閣, 東京, 334-338.
- 森田二郎・山中 一. 1974. マグロ延縄実験における魚群探知機の記録から得られた2-3の知見. 遠洋水研報, **11**, 37-50.
- 柴田恵司. 1963. 魚群探知機記録の解析—II, 使用魚探の技術的考察並びにマグロを含む魚族の生態について. 長崎大水紀要, **14**, 15-24.
- 梨本勝昭・黒木敏郎. 1968. 時系列解析法によるマグロ魚群動態の推定について. 北大水産彙報, **19**(2), 109-122.
- 内野 憲. 1978. プリ類の行動生態. ていち, **57**, 6-20.
- WARDLE, C.S., J.J. VIDELER, T. ARIMOTO, J.M. FRANCO and P. HE. 1989. The muscle twitch and the maximum swimming speed of giant bluefin tuna, *Thunnus thynnus* L. *J. Fish. Biol.*, **35**, 129-137.
- 渡辺博之. 1967. 定置網の網中におけるぶりの行動について. 神奈川水産指導所報告, **3**, 1-11.
- 渡辺博之. 1969. 魚群の網地に対する慣れの研究—I, 色彩網に対する魚群の行動. 水産指導所報告, **8**, 130-135.

Synopsis

Swimming Speed of Bluefin Tuna, *Thunnus thynnus* in Set Net

Masaru KAWAGISHI, Masahiro MUNEKIYO, Satoshi IIZUKA and Yozo WADA

Estimations for swimming speed of individual bluefin tuna, *Thunnus thynnus*, entrapped in a set net were carried out by analysis of echo traces of a tele-fish finder set in a second bag of the SUKIZAKI set net from a period of 13 June to 8 July, 1987.

Estimated swimming speeds in 91 cases of individual *T. thynnus* in the bag were 0.9 to 4.6 m/sec (0.6-3.1 × L/sec) under conditions of calm currents and a bottom net of the bag settling. The speeds were almost the same as of the fish with composure under a condition of aquacultivating which was already reported. According to these results, individuals of *T. thynnus* entrapped seem to be impressed the net with no sense of their danger.

Additional harvests based on echo traces of *T. thynnus* recorded through the tele-fish finder are in need of bringing a successful catch of the fish, because of making the fish's escapes from the bottom net being blown up by hard currents frequently occurred in this period.