

水槽実験によるスルメイカの擬餌針捕捉行動の観察

Laboratory observations on jig capturing behavior of the Japanese flying squid, *Todarodes pacificus*

松井 萌^{1a*}・山本 潤²
Hajime Matsui^{1a*}, Jun Yamamoto²

¹北海道大学大学院水産科学院, 北海道函館市港町3-1-1

²北海道大学北方生物圏フィールド科学センター, 北海道函館市港町3-1-1

¹Graduate School of Fisheries Sciences, Hokkaido University, 3-1-1 Minato, Hakodate, Hokkaido 041-8611, Japan. ²Field Science Center for Northern Biosphere, Hokkaido University, 3-1-1 Minato, Hakodate, Hokkaido 041-8611, Japan.

^a現所属: 国立研究開発法人水産研究・教育機構水産資源研究所水産資源研究センター浮魚資源部 (Present address: Pelagic Fish Resources Division, Fisheries Stock Assessment Center, Fisheries Research Institute, Japan Fisheries Research and Education Agency, 2-12-4 Fukuura, Yokohama, Kanagawa 236-8648, Japan)

*Corresponding author, e-mail: matsui_hajime90@fra.go.jp, Tel: +81-45-788-7911.

Abstract

During squid jigging operations, the hauling velocity of the jigs changes periodically with the up-and-down motion. We observed 62 Japanese flying squid, *Todarodes pacificus*, in a large experimental tank to clarify the relationship between the up-and-down motion of a jig and jig capturing behavior of the squid. When a jig was put into the tank, the squid recognized the jig, turned toward it, and approached it to capture it. The squid reacted to the jig when it was falling, but none reacted to the ascending jig. When the squid is in a hovering posture, its visual axes are considered to be directed forward. Consequently, the squid attacked the falling jig as it is easier to see the jig while it is falling down from above and coming into view. Over 10 minutes, we observed 52 approaches, of which only 3 were successful. We believe that in many cases the squid gave up their approach because the jig moved away too quickly in the time between jig recognition and capture. In cases of successful capture, the squid captured the jig when its velocity had slowed. We conclude that the squid is more likely to be successful by performing capturing behavior when the velocity of the jig is decreasing.

Key words: jigging; squid; *Todarodes pacificus*; イカ釣り; 擬餌針; スルメイカ

緒言

イカ釣り漁業で用いられている自動イカ釣り機は、擬餌針を餌に見せかけるため緩急をつけてドラムを回転させる、シャクリと呼ばれる動作を行う（五十嵐ら 1968; 五十嵐・見上 1978; 見上ら 2001）。自動イカ釣り機の巻き上げ時におけるシャクリ運動、すなわち擬餌針の巻き上げ速度の変動の適否は漁獲に影響を及ぼす大きな要素と考えられている（郭ら 1995）。黒坂ら（2013）は加速度ログ

ーを用いてアカイカ *Ommastrephes bartramii* が釣獲される際の擬餌針の上昇速度を調べ、漁獲対象の体サイズに応じて自動イカ釣り機の巻き上げ回転数を制御することが脱落防止に有効であることを示している。その一方で、イカ釣り漁業では、主に夜間の操業が行われることや漁獲深度が深いことから行動観察を行うのが困難であり、擬餌針に対する捕捉行動を直接観察した例は少ない。シャクリと擬餌針捕捉行動の関係を明らかにできれば、イ

カ釣り機の巻き上げ速度の適正化・漁獲効率の向上につながると考えられる。本研究では、イカ釣り漁業の主な対象種であるスルメイカ *Todarodes pacificus* の擬餌針に対する捕捉行動を水槽実験により明らかにすることを目的とした。垂直方向に上下に移動する擬餌針の動きが観察可能な水深3 mの大型実験水槽を用い、擬餌針に対するスルメイカの捕捉行動を観察して、擬餌針のシャクリ運動とスルメイカの捕捉行動の関係について検討した。

材料および方法

擬餌針捕捉行動の観察実験は、2015年8月14日の夜間に行った。供試個体として、2015年8月に函館市水産物地方卸売市場内の活イカ業者から購入、または噴火湾沿岸の定置網で採集したスルメイカを用いた（62個体、平均外套長20.3 cm、外套長範囲18.2–23.3 cm）。全ての個体は、函館市国際水産・海洋総合研究センター内に設置された大型実験水槽（幅9.5 m×奥行5 m×深さ6 m、最大容量300 t、実験時は水深3 m、海水容量150 t、海水温15°Cに設定、以下、実験水槽という）で飼育を行った。飼育中は餌としてサンマ *Cololabis saira* の切り身を与えた。餌を与えた直後は空腹状態でないため、擬餌針に反応しない可能性がある。スルメイカを水温15°Cで飼育した場合、摂餌から5-7時間で空胃になると推定されていることから（安井・桜井 2005）、8月14日の16時ごろに餌を与えた後、6時間以上経過した22時55分から実験を開始した。

イカ釣り漁業では、漁灯を用いて漁船下の陰影域に誘集したスルメイカを漁獲している（Arakawa et al. 1998）。漁船下に似せた環境下での擬餌針捕捉行動を調べるため、スルメイカを陰影域に誘集させることを企図し、実験水槽中央に配置した可動式デッキ下段（長さ4.6 m×幅1 m、水面から0.5 m上に位置、Fig. 1a）の上面内側に太陽光に近い

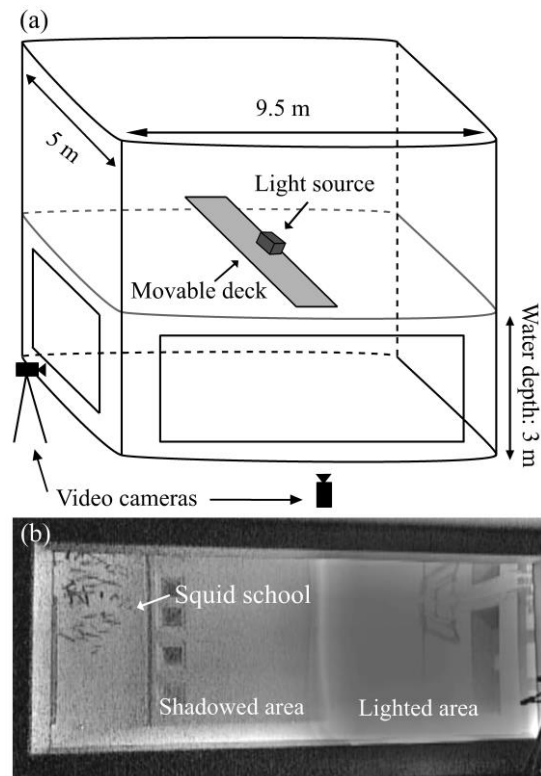


Fig. 1. Experimental tank and lighting conditions. (a) Schematic view of the experimental tank. (b) Photograph of the experimental tank with the light source, installed on the movable deck, switched on.

幅広い分光分布を持つプラズマ灯（LUXIM STA-41-01 定格電力285W、Luma、USA）を設置した。プラズマ灯の灯具の発光面を実験水槽の壁側に向けて実験水槽の右側半面を照射することで水槽内に照射域と陰影域を作成した（松井 2017、Fig. 1b）。このような光刺激に対し、スルメイカは陰影域に移動し、滞留を続ける（松井 2017、Fig. 1b）。続いて、擬餌針（色が大畑緑またはKムラの菱形針、松平産業株式会社、石川、Fig. 2）を1つ、錘をつけずに釣り糸の先端に直接つないで実験水槽の上から陰影域のスルメイカ群周辺に垂らした。なお、スルメイカが擬餌針を捕捉した際のダメージを軽減するため、擬餌針は針の向きを逆にし、針先を丸めて使用した（Fig. 2）。水槽内に投入した擬餌針が実験水槽の底面に着底したのち、最高上昇速度が自動イカ釣り機の巻き上げ速度と同程

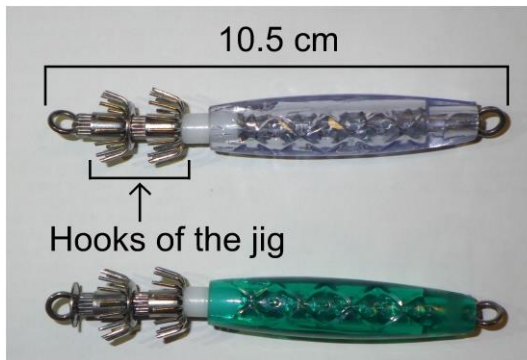


Fig. 2. Jigs used in this study. The direction of the hooks was reversed, and the tips of the hooks were rounded to reduce damage to the squid when they seized the lure. A jig was directly connected to a line and submerged in the experimental tank.

度の1.6 m/s (郭ら1995) になるように、1秒間に1回程度の頻度で擬餌針のシャクリを行い、釣竿を徐々に立てていくことで擬餌針を上昇させた。擬餌針が水面付近に到達後、竿先を下げることで擬餌針をおよそ0.8 m/sの自由落下で底面付近まで落とし、再び水面付近までシャクリながらあげていく動作を繰り返した。擬餌針に対するスルメイカの捕捉行動は、実験水槽左側および正面にあるアクリル製の窓からビデオカメラ (Handycam、ソニーマーケティング株式会社、東京) および高感度カメラ (カメラ: WAT-902H2 ULTIMATE、ワテック株式会社、山形、レンズ: 13VG2811ASIR、株式会社タムロン、埼玉) により記録を行った。撮影した動画をもとに、捕捉行動の解析を行った。Foyle and O'dor (1988) はカナダマツイカ *Illex illecebrosus* による小型魚類の捕捉行動を調べ、イカが餌を認識して体軸を餌の方向に向ける *Rotation*、餌に向かって頭方向から勢いよく接近する *Approach*、触腕や腕を広げて餌をとらえる *Capture* の3段階に分類している。本研究でも、これに従い行動の分類を行い、擬餌針に対して捕捉行動を行った回数、そのうち *Capture* を行った回数、および最終的に擬餌針の捕捉に成功した回数を記録した。

結果および考察

水槽内に擬餌針を投入していない状態では、スルメイカは上下ホバリングをしながらやや前傾した姿勢で陰影域に滞留し、大きな移動は見られなかった。擬餌針を投入し、シャクリを行うと、上下する擬餌針を認識したスルメイカは、擬餌針の方向に体軸を向けて *Rotation* し、腕と触腕をたたみ頭方向から一気に *Approach* を行った (Fig. 3a; 電子付録 [video_1](#))。擬餌針近くに到達すると腕と触腕を広げて

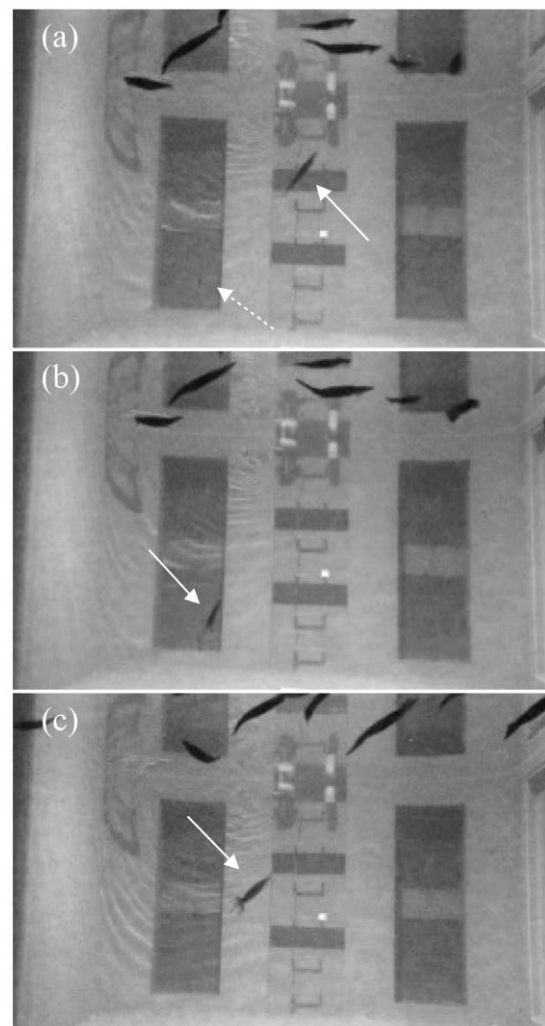


Fig. 3. Jig capturing behavior of *Todarodes pacificus* observed from the left side window of the experimental tank. (a) A squid (white arrow) approaching the jig (white dotted arrow). The arms and tentacles are drawn tightly together along the body axis directed toward the jig. (b) The squid seizing the jig with the tentacles. (c) The squid capturing the jig with the arms and retreating.

Captureを開始し、触腕を伸ばして擬餌針を捕捉したのち (Fig. 3b)、触腕以外の腕も使って抱え込んだ。擬餌針の捕捉に成功すると、鰭方向から後ろに後退した (Fig. 3c)。使用する擬餌針の色によって行動に大きな違いはみられなかった。計10分間の観察で、52回の捕捉行動が観察され、一連のシャクリ動作中すべて擬餌針が落ちていくタイミングで行動を開始していた。擬餌針が上昇していくタイミングで行動を開始する個体は見られなかった。スルメイカの視軸は通常、体軸に対しやや上方を向いているが (Makino and Miyazaki 2010)、ホバリング中の前傾姿勢では視軸が前方を向いていると考えられる。この時、上から下に移動し視界に入ってくる物体のほうが、下から上に移動し視界の外に逃げていく物体よりも見やすいため、擬餌針が落ちていくタイミングで行動を開始したと考えられる。52回のApproachのうち、47回は擬餌針に向かってRotationしたがほとんどApproachを行わなかったか、Approachの途中で追跡をやめていた。残りの5回は追跡を続け、擬餌針に接近後腕を広げてCaptureを開始した。Captureの開始後、最終的に擬餌針の捕捉に成功したのは3回であった。RotationをしたもののApproachの途中で追跡をやめた47回中6回では、擬餌針の近くまで接近したが、腕と触腕を開く前に擬餌針が上昇してしまいCaptureまで至らなかった。残りの例でも、体軸の向きを変えて狙いを定め接近しかけたものの擬餌針が上昇して狙いから外れたことで追跡を断念したと思われる個体が散見された。本実験では実験水槽の構造上、数回シャクリを行うと擬餌針が水面に到達してしまい、再び底面付近まで落下するため、擬餌針の上下の変動が大きかった。したがって、スルメイカが擬餌針に狙いを定めてから行動に移るまでの時間が限られていたことで多くの個体でCaptureまで至らなかった可能性がある。

Captureの開始後、最終的に擬餌針の捕捉に

成功した3回のうち、2回は擬餌針が落下する途中、1回は擬餌針がゆっくり上昇する途中といずれも速度が低下したタイミングで捕捉していた。したがって、スルメイカは、シャクリによって速度変化する擬餌針に対して、速度が遅くなるタイミングで捕捉行動を行うことで捕捉に成功しやすくなると推察される。自動イカ釣り機の巻き上げ速度は、イカが餌に追いつける速度として上限速度が決定され、釣獲後のイカの逃避を防止するための下限速度が決定されると考えられている (見上1999)。実験水槽内と比べて空間の制限がない作業現場においても、巻き上げ速度が速ければ、スルメイカが擬餌針を認識して狙いを定めても追いつけずに捕捉に至らないと想定される。

アカイカでは、釣掛かり後の触腕破断による脱落が多く、漁獲効率を下げ、アカイカ釣り漁業における漁獲量の減少要因にもなっている (Bower and Ichii 2005)。特に小型サイズで脱落率が高く、その要因の一つに擬餌針捕捉行動が挙げられている (Kurosaka et al. 2012)。すなわち、アカイカはまず触腕で擬餌針を捕捉し、その後漏斗による海水吐出推進力で釣り具ラインの上昇に対応し、触腕以外の腕も使って擬餌針を抱き込むが、小型の個体は海水吐出推進力が低く、上昇する釣り具ラインに追いつけず触腕のみで巻き上げられることで触腕破断に至ると推察されている (Kurosaka et al. 2012)。したがって、漁獲対象となるアカイカの体サイズに応じてイカ釣り機の巻き上げ回転数を制御し、触腕も含めた複数触腕での針掛かりを促進することで脱落低減につながると考えられている (黒坂ら 2009; Kurosaka et al. 2012; 黒坂ら 2013)。スルメイカにおいても、擬餌針の捕捉に成功した例ではまず触腕を用いて擬餌針を捕捉し、その後触腕以外の腕も使って擬餌針を抱き込む様子が観察された。一方で、スルメイカでは捕捉行動の違いによって脱落率が変化するかは不明であり、イカ釣り機の巻き上げ速度適

正化に向けて、擬餌針の上昇速度と捕捉行動の関係を明らかにする必要がある。

本研究では、擬餌針に対するスルメイカの捕捉行動を調べた。水槽実験のため自動イカ釣り機ができず、仕掛け自体もイカ釣り漁業の操業現場で使用されているものを簡素化して実験を行った。したがって、擬餌針自体の動きは実際の現場と厳密には異なるが、イカ釣り漁業で重要な要素であるシャクリ運動に対するスルメイカの行動を観察することができた。一方で、60 個体以上の個体を飼育していたにも関わらず、捕捉行動は 10 分間の観察全体で 52 回しか観察されなかった。この要因として、餌を与えてから空胃になると想定される 6 時間以上経過してから実験を行ったが、空腹状態にある個体が少なく、擬餌針の動きに関心を示さなかった可能性がある。今後は、空腹状態や擬餌針の上昇速度、シャクリの頻度を変えた場合の反応を調べ、スルメイカの状態や擬餌針の動きによって捕捉行動や捕捉成功率がどう変化するかを明らかにすることで、漁獲への影響を検証する必要がある。

謝辞

本研究を実施するにあたり、函館頭足類科学研究所桜井泰憲所長、水産研究・教育機構水産工学研究所高山剛博士、東京海洋大学稲田博史准教授、株式会社仁光電機柏谷和仁氏には実験手法・機材の準備について様々なご助言を受け賜わった。北海道大学大学院水産科学院の Dharmomony Vijai 博士、鈴木聡志氏、時岡 駿氏、函館国際水産・海洋都市推進機構の職員の皆様にはスルメイカのサンプリング、飼育にあたりご協力いただいた。ここに記して深く御礼を申し上げる。

引用文献

Arakawa, H., Choi, S., Arimoto, T., Nakamura, Y. (1998). Relationship between underwater irradiance and distribution of Japanese common squid under fishing lights of a squid

- jigging boat. Fish. Sci. 64: 553–557.
- Bower, J. R., Ichii, T. (2005). The red flying squid (*Ommastrephes bartramii*): a review of recent research and the fishery in Japan. Fish. Res. 76: 39–55.
- Foyle, T. P., O'dor, R. K. (1988). Predatory strategies of squid (*Illex illecebrosus*) attacking small and large fish. Mar. Freshwater. Behav. Physiol. 13: 155–168.
- 郭 海波・矢田貞美・戸田勝善・中村善彦 (1995). イカ釣機のドラムの形状による巻き上げ速度の変動. うみ 33: 119–124.
- 五十嵐脩蔵・見上隆克・小林喜一郎 (1968). 漁業機械に関する研究 II : 自動いか釣機械について 1) 釣針の運動. 北海道大学水産学部研究彙報 18: 357–364.
- 五十嵐脩蔵・見上隆克 (1978). いか釣漁業の機械化に関する研究: II. 手巻ドラムと自動いか釣機による釣針の運動の比較. 北海道大学水産学部研究彙報 29: 19–24.
- 黒坂浩平・山下秀幸・越智洋介・小河道生・赤松友成・稲田博史・渡部俊広 (2009). 自動イカ釣機の釣具ライン巻き上げ速度がアカイカの擬餌針捕捉行動に及ぼす影響. 日本水産学会誌 75: 83–85.
- Kurosaka, K., Yamashita, H., Ogawa, M., Inada, H., Arimoto, T. (2012). Tentacle-breakage mechanism for the neon flying squid *Ommastrephes bartramii* during the jigging capture process. Fish. Res. 121: 9–16.
- 黒坂浩平・越智洋介・稲田博史・有元貴文・酒井久治 (2013). アカイカ釣り漁業における釣具巻き上げ速度の制御による脱落率の低減. 日本水産学会誌 79: 327–336.
- Makino, A., Miyazaki, T. (2010). Topographical distribution of visual cell nuclei in the retina in relation to the habitat of five species of Decapodiformes (Cephalopoda). J. Molluscan Stud. 76: 180–185.
- 松井 萌 (2017). 漁灯に対するイカ類の行動応答に関する研究. 北海道大学博士学位論文, 141pp.
- 見上隆克 (1999). 操業の自動化と船上作業の最適化(イカ漁業の現状と将来展望). 日本水産学会誌 65: 125–126.
- 見上隆克・山下成治・菅木清治 (2001). 自動いか釣機の巻き上げドラム形状と釣針速度の制御. 日本水産学会誌 67: 481–488.
- 安井崇浩・桜井泰憲 (2005). スルメイカの消化速度. 平成 16 年度イカ類資源評価協議会報告. 日本海区水産研究所, 新潟, 55–57.

和文要旨

擬餌針のシャクリ運動とスルメイカの擬餌針捕捉行動の関係を明らかにするために、実験水槽にスルメイカ 62 個体を収容し行動観察を行った。実験水槽内に擬餌針を投入してシャクリを行うと、擬餌針を認識したスルメイカは擬餌針の方向に体軸を向けて接近して捕捉を行った。一連のシャクリ動作中、スルメイカは擬餌針が落ちていくタイミングで行動を開始し、擬餌針が上昇していくタイミングで行動を開始する個体は見られなかった。スルメイカが前傾姿勢でホバリングしている場合、視軸が前方を向いていると考えられ、上から下に移動し視界に入ってくる物体のほうが、下から上に移動し視界の外に逃げていく物体よりも見やすいため、擬餌針が落ちていくタイミングで行動を開始したと考えられた。計 10 分間の観察で、52 回の捕捉行動が観察された。最終的に擬餌針の捕捉に成功したのはそのうち 3 回のみであり、擬餌針に狙いを定めてから行動に移るまでの時間が限られていたことで接近する途中で捕捉を断念した個体が多かったと考えられた。擬餌針の捕捉に成功した例では、擬餌針の速度が遅くなったタイミングで擬餌針を捉えていた。スルメイカは、シャクリによって速度変化する擬餌針に対して、速度が遅くなるタイミングで捕捉を行うことで捕捉に成功しやすくなると推察された。

Received: 24 April 2023 | Accepted: 9 June 2023 | Published: 14 June 2023