

## 自動イカ釣機の脱鈎と脱落防止の機構

矢田貞美\*・郭海波\*・戸田勝善\*・中村善彦\*

### Mechanisms of squid falling off and preventing dropping out from jig of automatic jigging machine

Sadami YADA\*, Haibo GUO\*,  
Masayoshi TODA\* and Yoshihiko NAKAMURA\*

**Abstract** : The mechanisms of squid falling off and preventing squid dropping out from a jig of an automatic jigging machine were theoretically analysed. The results were as follows :

1. Because of centrifugal force, the probability of squid automatically falling off from the jig on the guide roller increased when drum rotated with a faster angle velocity.
2. Hook open angle was determined according to a synthesis of squid falling off from the jig and the jigging operation effect.
3. When the hook open angle is further smaller, the catch efficiency of the jig is raised, and contributing to reduce the squid dropping out from the jig.
4. In order to prevent large size squid dropping out from the jig, the following methods were concluded to be effective by means of enlarging the jig, widening the hook, and using a multi step hook.

#### 1. はじめに

巻上げる際にガイドローラを通過時に脱鈎しないイカは、巻取りドラムに巻込まれる。そのためガイドローラの通過時におけるイカの自動脱鈎の精度は、巻取りドラムの角速度の変動(小倉, 1991; 郭ら, 1995)による“シャクリ”と共に釣獲性能に影響を及ぼす重要な要素(五十嵐ら, 1968; 五十嵐ら, 1978; 小川, 1993)と考えられる。また、体重が軽いスルメイカに比較して、大型アカイカは巻上げ時に触腕が引裂かれたり、破断したりして着鈎したイカの20~53%は脱落し、しかもこの現象は手釣りより機械釣りの方が多(水産庁, 1993)。しかし、自動脱鈎や脱落の防止に関する機構面からの研究は見当らない。

本研究は、このような背景と問題点に着目し、自動イカ釣機における脱鈎と脱落の防止の両機構について理論的に解析し、脱落の防止方法について検討した。

#### 2. 実験および解析方法

##### 1) 自動脱鈎の機構解析

千葉県小湊町沖合において、円型ドラム(直径0.48m)のイカ釣機(以降、H式と称する)の操業状況を撮影したビデオ映像と、ドラムがガイドローラより高い場合を考察対象とした菱形ドラムのイカ釣機(サンメイSE-8、以降、S式と称する)におけるガイドローラ(GR)の諸寸法(両方式の直径: 0.14m)、回転数等の関係から自動脱鈎の機構について理論的に究明した。ここでは、巻上げ時に釣糸との接触摩擦力により回転するガイドローラの回転速度を釣糸の巻上げ速度で除した値を速度損失係数 $\kappa$ として表示した。その際、ガイドローラと釣糸の接触角 $\alpha$ を変え、定角速度で回転するドラムが釣糸を巻き上げる際におけるガイドローラの回転状況を撮影したビデオ画像の解析により、ガイドローラの回転速度の平均値を試算した。

また、ガイドローラと同材質の鉄板上において鮮度の良いスルメイカを速度1.5m/sで牽引した時の牽引力 $f_N$ をバネ秤で計測し、イカの重量 $m$ を牽引力 $f_N$ で除した値( $=f_N/m$ )を動摩擦係数 $\mu_1$ とした。動摩擦係数 $\mu_1$ はイカの鮮度、種類および計測条件に影響されるので、 $\mu_1$ は真の動摩擦係数ではなく、見掛けの動摩擦係数と考え

\*東京水産大学漁業工学講座

〒108 東京都港区港南4-5-7

Department of Marine Science and Technology,  
Tokyo University of Fisheries, Konan 4-5-7,  
Minato-ku, Tokyo 108, Japan

られる。

2) 触腕の引裂き力および破断力

Table 1 に示す鮮度の良いスルメイカを供試し、Fig. 1e および f に示すように 1 本、2 本および 3 本の針がかりした時の触腕の引裂き力および破断力をバネ秤で測定した。

3) 脱落の防止機構の解析

巻上げ時におけるイカの脱落の原因についてイカ触腕の受ける力および破断応力を解析し、針長と針径の大型

化、針笠の上下段の間隔の広化および擬餌針の多段化などによる脱落の防止機構について検討した。Fig. 1a, b, c, d および e に供試した擬餌針の各部名称を示す。d は針径、 $x$  は針長、 $x_1$  は針が触腕を貫通し突き出した長さ(以降、針の突出長と称する)、 $x_2$  は針先の鋭角部の長さ、 $\phi$  は針先角、 $d_1$  は針笠の上下段の間隔、 $r$  は多段針の針笠の底部の半径、 $\beta$  は針の開角度、 $d_x$  は針の水平長、 $d_y$  は針の垂直長である。

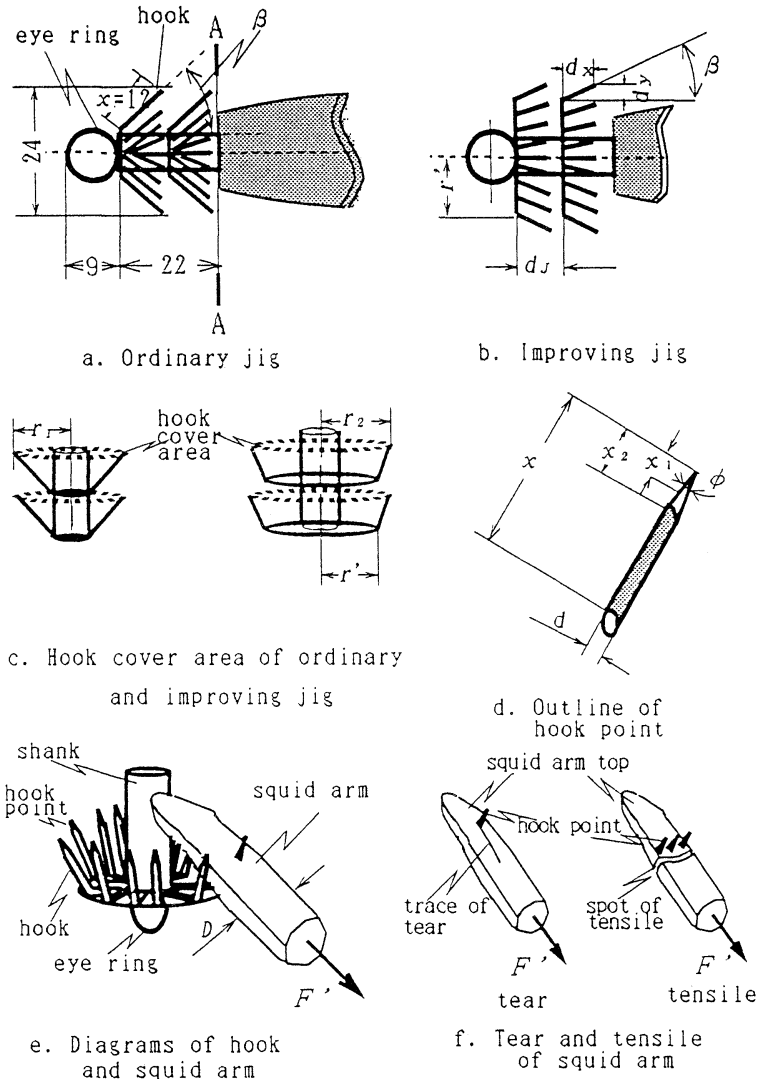


Fig. 1. Schemes of jigs and Jig hooking into squid.  $x$ : length of hook,  $d$ : diameter of hook,  $d_x$ : horizontal length of hook,  $r$ : radius of jig bottom,  $d_y$ : vertical length of hook,  $\beta$ : open angle of hook,  $r_1$ : radius of ordinary jig,  $r_2$ : radius of improving jig,  $D$ : diameter of squid arm,  $F'$ : pulling force,  $x_1$ : length of hook cutting across squid arm,  $x_2$ : length of hook point,  $\phi$ : angle of hook point,  $d_1$ : distance from upper-hook to under-hook of jig.

Table 1. Tear tensile and stress of squid arm.

Case No.	Weight (g)	Length (mm)	Stress of squid arm		
			Tear $\sigma_{KM}$ (gf/mm <sup>2</sup> )	Tear $\sigma_{KM}$ (gf/mm <sup>2</sup> )	Tensile $\sigma_{HM}$ (gf/mm <sup>2</sup> )
			(1 hook)	(2 hooks)	(3 hooks)
1	292	250	489	58.2	34.5
2	285	240	540	56.5	35.3
3	280	238	547	54.8	32.4
4	290	250	532	55.7	32.8
5	288	247	497	49.8	34.8
Average	287	245	521	55.0	34.0

Note : 1. Samples were caught fresh squids

2. Hooked position was centre of squid arm's diameter and length

3. 解析結果および考察

1) ガイドローラの回転による自動脱鉤機構

Fig. 2 に示すように、ブルワークに装備した自動イカ釣機は、ガイドローラを介してイカのかかった擬餌針と釣糸を巻上げる。Fig. 3 に示すように、巻上げ時にガイドローラによって、急激に巻上げ方向を変換するので、イカは遠心力および重力により擬餌針から自動的に脱鉤して、ネット上に落下シュートに収集され、流下して受箱に収納される。巻取りドラムが巻上げる釣糸は、ガイドローラの接触面との接触摩擦によりガイドローラを回転させる。ガイドローラを通過する釣糸の長さは瞬間的にはS式ドラムにより変動するが、本稿では平均的な長さとし、ガイドローラの角速度  $\omega$  (rad/s) は(1)式で示される。

$$\omega = \kappa \frac{\omega_1(4L_a + 2L_b)}{2\pi r} \quad (1)$$

但し、 $\kappa$  はガイドローラの手速度損失係数、 $\omega_1$  はドラムの角速度、 $L_a$  はドラムの長辺、 $L_b$  はドラムの短辺、 $r$  はガイドローラの半径である。

(1)式はガイドローラの角速度  $\omega$  がドラムの角速度  $\omega_1$  およびドラムの周長  $(4L_a + 2L_b)$  に正比例し、ガイドローラの円周  $(2\pi r)$  と反比例の関係にあることを示している。一般に、ドラムの周長はガイドローラの円周より長いので、ガイドローラがドラムより速く回転する。

長辺  $L_a$  が 0.27m、短辺  $L_b$  が 0.06m、ガイドローラの半径  $r$  が 0.07m の S 式ドラムの場合において、ドラムの角速度  $\omega_1$  を 5.30 rad/s としたガイドローラと釣糸の接触角  $\alpha$  とガイドローラの手速度損失係数  $\kappa$  の関係を Fig. 4 に示す。ガイドローラは釣糸との接触摩擦により回転するので、ガイドローラの周速度は釣糸の巻上げ速度より

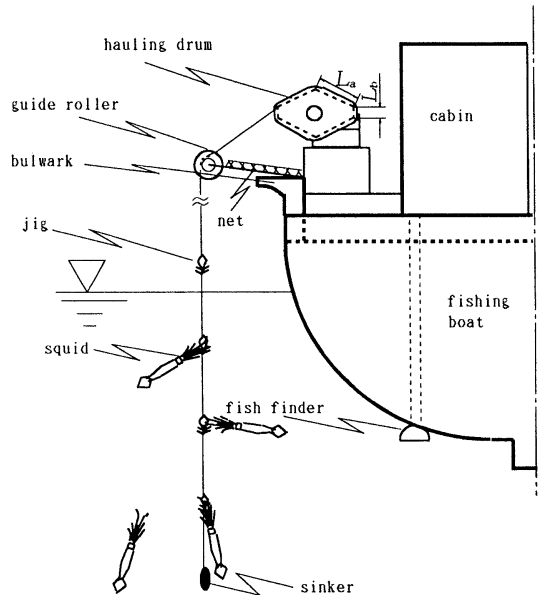


Fig. 2. Scheme of squid jigging operation.  $L_a$ : long side length of drum,  $L_b$ : short side length of drum.

遅いことになる。接触角が  $0 \sim 40^\circ$  では、速度損失係数は急激に増大するが、 $40^\circ$  以上では速度損失係数の増大勾配は小さくなった。即ち、速度の損失は  $40^\circ$  以上になると少なくなる。ガイドローラと釣糸の接触角  $\alpha$  が  $80^\circ$  の時におけるガイドローラの手速度損失係数  $\kappa$  は 0.90 であるから、(1)式によるガイドローラの角速度  $\omega$  は 13.02 rad/s となる。

ここで、ガイドローラとドラム間の距離はドラムの寸

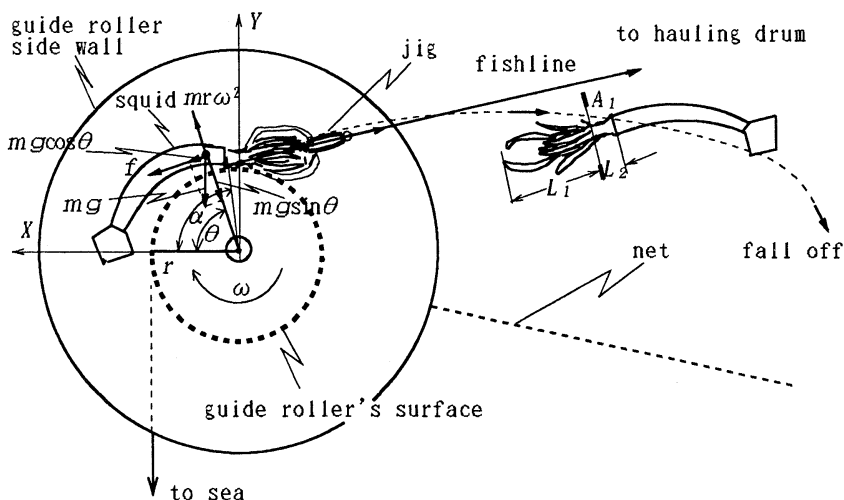


Fig. 3. Scheme of squid on guide roller and squid falling off from jig.  $f$ : frictional force,  $m$ : mass of squid,  $r$ : radius of guide roller,  $\omega$ : angle velocity of drum,  $g$ : acceleration of gravity,  $\alpha$ : contact angle between fishline and guide roller,  $\theta$ : angle between the line of squid mid point with guide roller center and horizontal line with squid fall off guide roller,  $X$ :  $X$  axis,  $Y$ :  $Y$  axis,  $L_1$ : length of squid arm,  $L_2$ : length of squid head,  $A_1$ : hooked area of squid head.

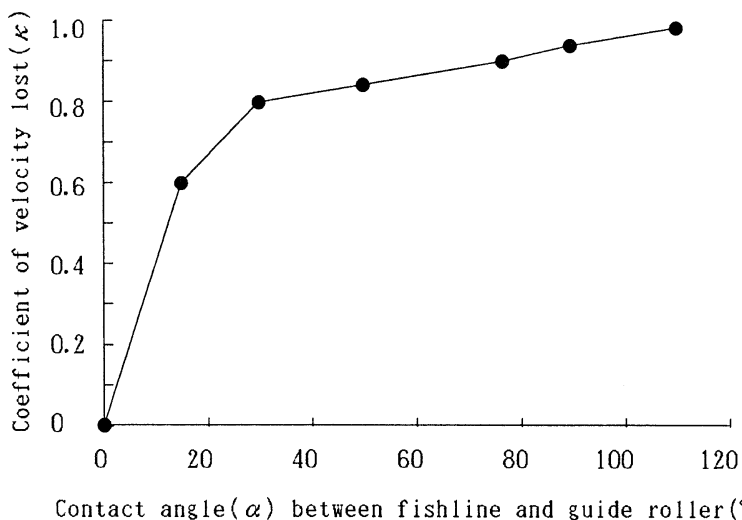


Fig. 4. Relationship between contact angle ( $\alpha$ ) and coefficient ( $\kappa$ ) of velocity lost.

法  $L_1$  および  $L_2$  に較べて相対的に大きいものとし、ガイドローラの回転数の平均値を用いて、ガイドローラの径を 0.14m、巻上げ速度を 1.5m/s とすると、ガイドローラの面に接触してから脱鉤までの間、イカに作用する重力  $mg$ 、遠心力  $mr\omega^2$  および摩擦力  $\mu_1 (mr\omega^2 - mg\sin\theta)$  を合計した総作用力  $F(N)$  は(2)式で示される。

$$F = mg\cos\theta + \mu_1 (mr\omega^2 - mg\sin\theta) \quad (2)$$

但し、ガイドローラとの接触時におけるイカの質量を

質点  $m(kg)$ 、イカとガイドローラ間の摩擦力  $f$  に伴う動摩擦係数を  $\mu_1$ 、重力加速度を  $g(m/s^2)$ 、脱鉤時におけるイカの重心とガイドローラの回転中心を結ぶ線と水平方向  $X$  とのなす角度（以降、脱鉤角度と称する）を  $\theta$  (°) とする。

イカ質点  $m$  は遠心力  $mr\omega^2$  により法線方向に加速度  $r\omega^2$  を受け、巻上げ速度  $V$  より速くなるので、針から脱鉤する。この時には、 $F$  は零となるので脱鉤角度  $\theta$  は(2)式より(3)式で示される。

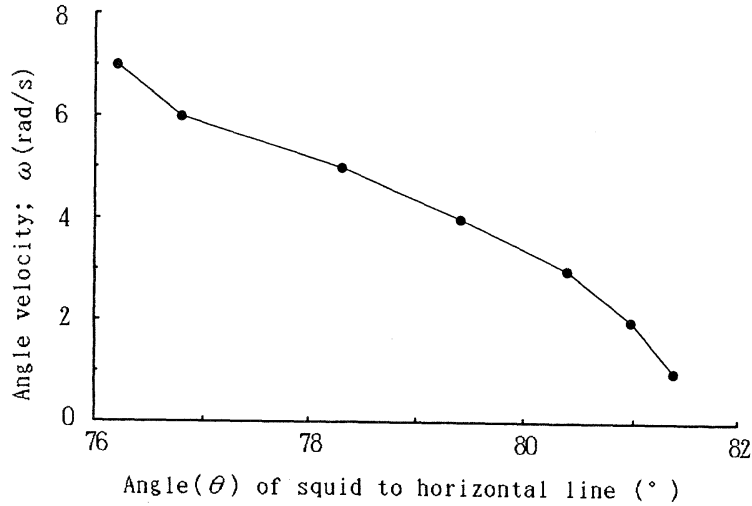


Fig. 5. Relationship between angle velocity ( $\omega$ ) and angle ( $\theta$ ) between the line of squid mid-point with guide roller center and horizontal line with squid fall off guide roller. This figure is the calculation of equation (4), calculation condition: friction factor of squid to guide roller  $\mu_1$ : 0.30, radius of guide roller  $r$ : 0.07m, acceleration of gravity  $g$ : 9.8m/s<sup>2</sup>.

$$\theta = \sin^{-1} \left( \frac{r\omega^2\mu_1^2}{(\mu_1^2+1)g} \frac{\sqrt{r^2\omega^4\mu_1^4 - (\mu_1^2+1)(r^2\omega^4\mu_1^2 - g^2)}}{(\mu_1^2+1)g} \right) \quad (3)$$

(3)式より、脱鈎角度 $\theta$ はガイドローラの角速度 $\omega$ の大小によって決まる。イカの動摩擦係数 $\mu_1$ の実測値は0.30(標準偏差:0.05)であり、 $r$ は0.07mなので $g$ を9.8m/s<sup>2</sup>とした場合の、(4)式により試算した脱鈎角度 $\theta$ とガイドローラの角速度 $\omega$ の関係を Fig. 5 に示す。同図は、角速度が増大すると、脱鈎速度 $\theta$ は小さくなることを示している。

これらから、ガイドローラの回転が速いと、即ち巻上げ速度が速いとイカの受ける遠心力は増大するので、脱鈎角度が小さい時、即ちガイドローラ面において早い時点で脱鈎でき、自動脱鈎の確率が高くなるものと推察される。

### 2) 針の開き角度 $\beta$ が脱鈎に及ぼす影響

Fig. 1 a に示す擬餌針(質量約15g、長さ9.5cm)の針と針笠の軸方向とのなす角度 $\beta$ (以降、針の開き角度と称する)について考察する(Fig. 2 参照)。

考察を容易にするために、ガイドローラの曲率を零と仮定し、イカと脱鈎時の放擲加速度 $a_1$ (m/s<sup>2</sup>)、重力加速度 $g$ (m/s<sup>2</sup>)、イカの擬餌針の動摩擦係数 $\mu_2$ 、脱鈎角度 $\theta$ (°)とすると、針の開き角度 $\beta$ (°)は(4)式で示される。

$$\beta = \tan^{-1} \left( \frac{1}{\mu_2} \left( 1 + \frac{a_1}{(\cos \theta - \sin \theta)g} \right) \right) \quad (4)$$

(4)式において、イカと擬餌針の動摩擦係数 $\mu_2$ 、重力加速度 $g$ および脱鈎角度 $\theta$ は定数と見なして良く、イカの脱鈎時の放擲加速度 $a_1$ は針の開き角度 $\beta$ によって決まることを示している。イカの脱鈎時の放擲加速度 $a_1$ と針の開き角度 $\beta$ の関係を、(4)式による理論値で Fig. 6 に示す。針の開き角度 $\beta$ が増大すると、イカの脱鈎時の放擲加速度 $a_1$ は減少する。より小さな脱鈎角度 $\theta$ で脱鈎するには、放擲時に大きな加速度 $a_1$ を必要とするので、針の開き角度 $\beta$ を小さくする必要がある。(4)式によると、 $\beta$ が過小な場合にはイカは針がかりしやすい。逆に、 $\beta$ が大きいとイカは針がかりし難くなるが、イカの自動脱鈎は容易になるものと推察される。

(4)式の適否を検証するため、 $\beta$ を試算した。例えば、イカの擬餌針の動摩擦係数 $\mu_2$ をイカとガイドローラ間の動摩擦係数 $\mu_1$ と同程度の0.3に、また5~6rad/sの角速度( $\omega$ )時における脱鈎角度 $\theta$ をほぼ77°(Fig. 5 参照)とし、重力加速度 $g$ を9.8m/s<sup>2</sup>、脱鈎時の放擲加速度 $a_1$ を5.0m/s<sup>2</sup>とすると、(4)式より針の開き角度 $\beta$ は24.8°となる。

したがって、針の開き角度 $\beta$ は釣獲対象、操業条件、自動脱鈎の良否および釣獲効果などを考慮して設定する必要がある。

### 3) 擬餌針の形状が脱鈎に及ぼす影響

Fig. 1 a に示す擬餌針を同図 b に示すように改造す

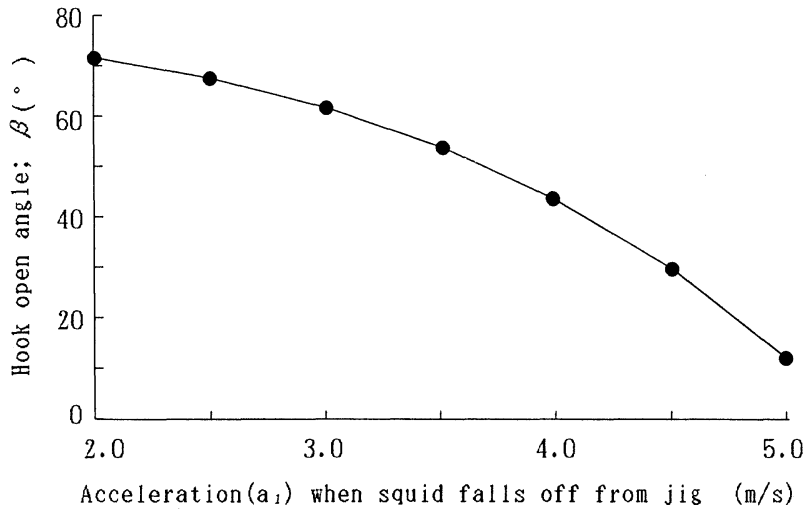


Fig. 6. Relationship between hook open angle ( $\beta$ ) and acceleration ( $a_1$ ) of squid when it falls off jig. This figure is the calculation of equation (5), calculation condition: friction factor of squid to hook  $\mu_2$ : 0.30, angle ( $\theta$ ) between the line of squid midpoint with guide roller center and horizontal line with squid fall off guide roller, angle of squid to horizontal line  $\theta$ :  $77^\circ$ , acceleration of gravity  $g$ :  $9.8\text{m/s}^2$ .

ると、多段針の各針筈の底部の半径 $r$ は長くできるので、針の開き角度 $\beta$ を更に小さくすることが可能である。針の底部までの水平長 $d_x$ は $x\sin\beta$ であり、針の水平長 $d_x$ が針の開き角度 $\beta$ によって決まることを示している。さらに、Fig. 1 c に示すように、半径 $r$ の底辺を設けると、針の開き角度 $\beta$ は小さくても各段の各針先を結ぶ領域が従来の擬餌針 $r_1^2$ より $r_2^2$ と増大し、イカの針がかりする機会は増大するものと推定される。

さらに、(4)式によると、このような形状の針は開き角度 $\beta$ を小さくできるから、脱鈎時におけるイカの放擲加速度 $a_1$ は増大できるので、脱鈎機能は向上するものと推察される。

しかし、垂直長 $d_w$ が大きいと、巻取り時に糸がかりや、糸の損傷が懸念されるので小さくする必要がある。

#### 4) 巻上げ時における脱落の防止方法

大型アカイカを対象とした釣りでは、巻上げ時に水中抵抗で生じる水中脱落と、水面からガイドローラ (Fig. 3 参照) までの間にイカの空中噴水による急激な見掛け加重の増大、および浮力の減少による空中重量の急増による空中脱落が見られる。針がかりするイカの部位やその多少によって、脱落の早晩や多少が異なる。2本の触腕のみが針にかかっているものの脱落率は96%と高く、全腕で針を捕捉しているものは12%と少なく、全腕と頭部に針がかりしているものは脱落が見られない(小倉, 1991)。

脱落の原因には、巻上げ時に触腕が引張り破断(以降、引張り破断と称する)する場合と、引裂かれて(以降、引裂き破断と称する)脱落する場合が考えられ、この脱落の防止には、以下の方法が考えられる。

##### (1) 触腕の引張応力を減少させる方法

巻上げ時に水中および空中でイカの触腕にかかる荷重 $P_w$ および $P_a$ は、おのおの(5)および(6)式で示される。

$$P_w = ma + (mg - \rho V) + f_w \quad (5)$$

$$P_a = ma + mg + f_a \quad (6)$$

但し、 $m$ はイカの質量、 $a$ は巻上げ加速度、 $g$ は重力加速度、 $f_w$ は最大遊泳力、 $f_a$ は巻上げ時における空中噴水の反力、 $V$ はイカの体積、 $\rho$ は海水密度である。

また、触腕を円形とした場合の径を $D$ 、針にかかる腕数を $n_0$ 、針がかりしたイカ口球部の断面積を $A_1$ とすると、荷重を受ける腕および頭部の総断面積 $A$ は(7)式で示される。

$$A = \frac{n_0 \pi D^2}{4} + A_1 \quad (7)$$

(5)、(6)および(7)式より、水中および空中においてイカの腕および頭部の受ける引張応力 $\sigma_{Hw}$ および $\sigma_{Ha}$ は、おのおの(8)および(9)式で示される。

$$\sigma_{Hw} = \frac{ma + mg - \rho V + f_w}{A} \quad (8)$$

$$\sigma_{Ha} = \frac{ma + mg + f_a}{A} \quad (9)$$

巻上げ時における引張応力 $\sigma_H$ が破断許容応力 $\sigma_{HM}$ より大きい場合には触腕が破断し、脱落することになる。供試したスルメイカの触腕の中央部の平均腕径 $D12\text{mm}$ の平均破断許容応力 $\sigma_{HM}$ は $34\text{gf/mm}^2$ であり、即ち引張応力 $\sigma_H$ が $34\text{gf/mm}^2$ 以上の場合には触腕が破断する。触腕が柔らかく、かつ重いアカイカ(小倉, 1980)は、触腕の引張り応力 $\sigma_H$ が増大するので、破断の可能性が増加することになる。

したがって、針にかかる腕および頭部の総断面積 $A$ が増大すると、引張応力は減少し、脱落の防止性能が向上するものと考えられる。

### (2) 針笠の上下段の間隔の広化による方法

2段針にかかるイカの部位は、上段針笠と下段針笠の間隔(以降、上下段の間隔と称する)に左右される。Fig. 1 eに示すように、全腕と頭部の一部が針がかりするための上下段の間隔 $d_i$ は(10)式を満足させる必要がある。

$$L_1 < d_i < L_1 + L_2 \quad (10)$$

但し、 $L_1$ および $L_2$ はそれぞれ捕捉するために伸ばした時の触腕の長さ、およびイカ頭部の長さである。

大きなイカを釣獲する場合には、上段針笠が触腕に、下段針笠が頭部にかかるように上下段の間隔の広い2段針を使用すると、脱落を防止できるものと推察される。

しかし、針笠の上下段の間隔が広化すると、巻取り時に糸がかりや、糸の損傷が懸念されるので、このことに留意しながら上下段の間隔を設定する必要がある。

### (3) 針長と針径を大型化する方法

針長の長大: Fig. 1 eに触腕が針にかかる状況を示す。応力表現のため面積表示すると、Fig. 1 eに示すように触腕に刺さった針の円柱部 $(x-x_2)$ が応力として作用する接触面積 $S_1$ は(11)式で示される。

$$S_1 = \frac{\pi d(x-x_2)}{2} \quad (11)$$

但し、 $d$ は針径、 $x$ は針長、および $x_2$ は針先の鋭角部の長さである。

さらに、針先端の円錐型部 $(x_2-x_1)$ が触腕に応力として作用する接触面積 $S_2$ は(12)式で示される。

$$S_2 = \frac{\pi d(x_2^2 - x_1^2)}{8x_2^2} \sqrt{d^2 + 4x_2^2} \quad (12)$$

但し、 $x_1$ は針が触腕を貫通し、突き出た長さ(以降、針の突出長と称する)である。

(11)および(12)式より、触腕に刺さった針が応力として作用する総接触面積 $S$ は(13)式で示される。

$$S = \frac{n\pi d}{8x_2^2} (4x_2^2(x-x_2) + (x_2^2 - x_1^2)\sqrt{d^2 + 4x_2^2}) \quad (13)$$

但し、 $n$ は触腕にかかる針数である。

巻上げ時に、イカの触腕にかかる荷重 $P$ は前述の(5)および(6)式で示されるので、水中および空中で触腕が引裂かれる応力( $\sigma_{Kw}$ および $\sigma_{Ka}$ )は(以降、引裂き応力と称する)おのおの(14)式および(15)で示される。

$$\sigma_{Kw} = \frac{8x_2^2(m(a+g) - \rho V + f_w)}{n\pi d(4x_2^2(x-x_2) + (x_2^2 - x_1^2)\sqrt{d^2 + 4x_2^2})} \quad (14)$$

$$\sigma_{Ka} = \frac{8x_2^2(m(a+g) + f_a)}{n\pi d(4x_2^2(x-x_2) + (x_2^2 - x_1^2)\sqrt{d^2 + 4x_2^2})} \quad (15)$$

(14)および(15)式において、巻上げ加速度 $a$ は定数なので、水中および空中における触腕の引裂き応力 $\sigma_{Kw}$ および $\sigma_{Ka}$ は針数 $n$ 、針長 $x$ および針径 $d$ に反比例することを示している。即ち、針数 $n$ 、針長 $x$ および針径 $d$ が大型化すると、水中および空中における触腕の引裂き応力 $\sigma_{Kw}$ および $\sigma_{Ka}$ は減少し、脱落の軽減が可能と推測される。

例えば、Table 1に示すスルメイカの場合、触腕の引裂き破断許容応力 $\sigma_{KM}$ は、針径 $1.2\text{mm}$ の場合、かかる針数が1本では $521\text{gf/mm}^2$ 、2本では $55.0\text{gf/mm}^2$ であったが、3本では引裂かれないで破断した。直径 $12\text{mm}$ の触腕が $2.5\text{kg}$ 以上の荷重を受けると引裂き応力 $\sigma_K$ は $521\text{gf/mm}^2$ 以上となり、引裂き破断許容応力 $\sigma_{KM}$ に達するが、引張応力 $\sigma_H$ は $31.8\text{gf/mm}^2$ となり破断許容応力 $\sigma_{HM}$   $34\text{gf/mm}^2$ より小さいので破断しないことになる。したがって、針がかりする腕数が増えると破断応力は減少し、破断脱落の防止に役立つ。破断した触腕等の残骸は、針に残留するので脱落の発生を確認できるが、引裂かれた触腕等の残骸は針に残留しないので、脱落の発生の有無は確認できない。しかし、前述のように巻上げ中における脱落は、引張り破断より引裂き破断による場合が多く発生することになり、このことが実船操業のビデオ画像でも確認された。

触腕の引裂き破断の防止には、針長 $x$ および針径 $d$ を長大する必要がある。しかし、針が長いと糸がかりやテグスの損傷が発生したり、イカが自動脱鉤しないで巻取りドラムに巻付く機会が増大する。その結果、損傷イカや未脱鉤イカの除去のために操業を一時中断しなければならぬので、針長は触腕の直径と同程度にする必要がある。

針径の増大: 針径 $d$ が大きくなると、触腕の引裂き応

力 $\sigma_k$ は減少するが、触腕に刺さりにくくなる。刺さりやすくするには、(16)式で示す針先の開き角度 $\phi$  (以降、針先角と称する,) を小さくする必要がある (Fig. 1 e 参照)。

$$\phi = 2 \tan^{-1} \left( \frac{d}{2x_2} \right) \quad (16)$$

(16)式は、針先角 $\phi$ が針径 $d$ と、針先の鋭角部の長さ $x_2$ によって決まることを示している。針径 $d$ が増大すると、針先の鋭角部の長さ $x_2$ が短い場合には、針先角 $\phi$ は大きくなるので刺さりにくくなる。

したがって、針径 $d$ を太くする場合には、針先の鋭角部の長さ $x_2$ を増大し、イカに刺さりやすい針先角 $\phi$ に設定する必要があるが、実用的には限界があり、現用程度と考えられる。例えば、針径 $d$ を1.5mmに増大すると、針先の鋭角部の長さ $x_2$ は改良前の1/3の4mmに、(15)式より針先角 $\phi$ は23.6°となる。

#### (4) 多段針による方法

(14)および(15)式より、触腕の引裂き応力 $\sigma_k$ は擬餌針の針がかりする針数 $n$ に反比例するので、引裂き破断応力 $\sigma_k$ の減少には刺さる針数を増加する必要がある。触腕に刺さる針の応力として作用する接触面積 $S$ は、3段針では2段針の1.50倍になる。故に、同程度の荷重を受ける場合の引裂き応力 $\sigma_k$ は、3段針が2段針の0.67倍になり、かつ針の応力として作用する触腕に刺さる総断面積は増大するので脱落の防止に効果があるものと推定される。また、(4)式より針笠の多段化は脱鉤角にはほとんど影響しないものと推定される。

しかし、針笠の多段化はテグスの損傷と、シャンクの大形化に伴う曲げモーメントの増大により、Fig. 1 aに示したように、シャンクに付設している擬餌が硬い場合には、擬餌針の針柄と針笠の接続面A-A断面のせん断が危惧される。しかし、一般に3段針にすると、針数が増加するので、触腕のみにかかった場合でも針がかりする腕の数や箇所が増加するから、引裂き応力が減少する。更に、イカの腕および頭部にかかる可能性が増加するので、体重の重いイカの場合には、更に脱落の防止に有効な方法と推察される。

以上のような数種の脱落の防止方法を組み合わせると、その効果を更に高めることができるものと推定される。

#### 4. 要 約

自動イカ釣機の自動脱鉤および脱落の防止の両機構について力学的に解析し、イカの脱落の防止方法について検討した。結果の概要は次のとおりである。

- 1) 巻上げ角速度は自動脱鉤の可否の確率に影響を及ぼす。
- 2) 針の開き角度 $\beta$ は釣獲対象、操業条件、自動脱鉤の良否および釣獲効果などを考慮して設定する必要がある。
- 3) 針の開き角度 $\beta$ が小さいと、自動脱鉤の機能の向上および脱落の防止に有効と推定される。
- 4) 大型イカの脱落の防止には、針長と針径の大形化、針笠の上下段の間隔の広化、および針笠の多段化等が有効と推定される。

#### 文 献

- 五十嵐修蔵・見上隆克・小林喜一郎 (1968) : 自動イカ釣機について, I) 釣針の運動, 北大水産研究録報, 18, 357-364.
- 五十嵐修蔵・見上隆克 (1978) : イカ釣漁業の機械化に関する研究, II. 手巻ドラムと自動イカ釣機による釣針の運動の比較, 北大水産研究録報, 29, 19-24.
- 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上げ速度の変動, La mer 33, 119-124.
- 小倉通男 (1980) : 漁具・漁法 日本水産学会第15回漁業懇親会「イカ漁業をめぐる諸問題」, 67-86.
- 小倉通男 (1991) : イカ漁具の有効利用と釣獲効果, 「イカーその生物から消費まで」, 奈須敬二・奥谷喬司・小倉通男・窪寺恒己共編者」1991, 成山堂書店, pp.43-51, pp.188-201.
- 小川堯司 (1993) : イカ釣機, 公開特許公報 (A) 平4-20228, pp.175-177.
- 水産庁 (1993) : 平成4年度流し網代替漁法開発調査報告書. 21pp.

1995年4月21日 受付  
1996年12月20日 受理