

イカ釣機のドラムの形状による巻き上げ速度の変動*

郭 海波**・矢田貞美**・戸田勝善**・中村善彦**

Study on velocity variation of winding jigs by hauling drum for automatic squid jigging machine*

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

Abstract: The simulation of velocity variation of winding jigs by using angular hauling drum for automatic squid jigging machine, by means of the control of circular hauling drum was investigated. The results were as follows.

1. The minimum velocity of winding by using flat board hauling drum was zero, the coefficient of velocity variation was infinitely great, yet its hauled fish line was loose and efficient of hauling was low.
2. The velocity variation of winding by using rhombic hauling drum can be produced even though it turn round in fixed angle velocity, yet its velocity variation was not as good as the obtained with flat board hauling drum.
3. The velocity variation of winding jigs by using flat board or rhombic hauling drum can be approximated by circular hauling drum. This kind of circular hauling drum can be used for many purpose. And it is also possible to reduce cost of production and maintenance compared with usual machines, because of the unity of their hauling drums.

1. はじめに

自動イカ釣機の巻き上げ時における“シャクリ”運動、即ちイカ針の巻き上げ速度の変動の適否は釣獲量に影響を及ぼす大きな要素となっている。従って、イカの種類、漁場、漁期、海象及び気象などに応じて、巻き上げ時における適切なシャクリ運動を設定する必要がある。しかし、従来のアナログ制御では、駆動ケースの外壁に設けられた制御盤へ過去の好適な操業データの入力操作を狭小で揺動する船上で行わなければならなかった。そのため、海況の変動に対する条件設定は困難なので、従前と同じ条件で操業する場合が多かった(小川, 1993)。

一方、聞き取り調査によると、イカ釣機の巻取りドラムの形状には正八角形、変形六角形(以降、菱形ドラムと称する)及び円形などがあり、昼釣りでは正八角形又は円形ドラムが、夜釣りでは菱形ドラムがそれぞれ使用されている。

本研究は、いわゆる昼夜兼用の巻取り機構の開発を目的とし、巻取りドラムの形状による“シャクリ”運動を

解析し、各形状ドラムのシャクリ運動の再現性について検討した。

2. イカ針の巻き上げ速度の変動の解析

1) 解析の条件

Figure 1 に示すように、釣船のブルワークに装備した自動イカ釣機は、ガイドローラ (GR) から海中に投入した釣糸を巻き上げる。その際、釣糸の先端のイカ針は、ドラムの形状に応じた速度変動、即ち“シャクリ”をしながら上昇する。

本報では、考察を容易にするために、イカ針及び釣糸の水中抵抗は考慮しないで、ドラムの形状が正方形、正六角形、正八角形、平板形、菱形及び円形の場合におけるイカ釣の速度変動について検討した。

本近似計算に使用した数値は、特に断らない場合には、菱形ドラムでは全自動釣機(サンメイSE-8)のベンチテスト方式により計測したもの(以降、計測値と称する)であり、円形ドラムでは操業中の“はまで式イカ釣りロボット”の作動状況のビデオ画像を解析し、ドラムの回転速度及び巻き上げ速度について計測したもの(以降、画像解析値と称する)である。

2) 解析結果

(1) 正方形ドラムの場合

* 1995年3月9日受理 Received March 9, 1995

** 東京水産大学海洋生産学科

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

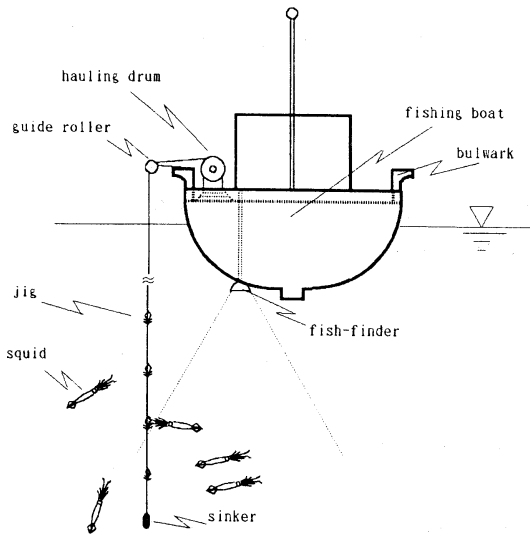


Fig. 1. Diagram of automatic squid jigging boat
hauling drum guide roller jig squid sinker fishing boat bulwark fish-finder

Figure 2a に示すように、正方形のドラムの一辺がガイドローラと正方形の頂点を結ぶ直線 d_1 の延長上に来た時のイカ針の位置を原点 p_0 とする。このとき三角形 $O_1O_2M_1$ において、ガイドローラと正方形の頂点を結ぶ距離 d_1 は、(1) 式で示される。

$$d_1 = \sqrt{r^2 + d^2 - 2rd \cos \alpha} \quad (1)$$

但し、 r : ドラムの中心から頂点までの距離

d : ガイドローラからドラムの中心までの距離

α : 原点における d と r のなす角

また、三角形 $O_1O_2M_2$ におけるイカ針が点 p_1 にあるときのローラから正方形の頂点までの距離 d_2 は、(2) 式で示される。

$$d_2 = \sqrt{r^2 + d^2 - 2rd \cos(\theta + \alpha)} \quad (2)$$

但し、 θ : ドラムの回転角

イカ針が p_0 から p_1 に上昇する距離 x (p_0p_1) は、(1) 式及び (2) 式より (3) 式で示される。

$$x = d_2 - d_1 \quad (3)$$

(1) 式、(2) 式及び (3) 式より、上昇する距離 x は (4) 式で示される。

$$x = \sqrt{r^2 + d^2 - 2rd \cos(\theta + \alpha)} - \sqrt{r^2 + d^2 - 2rd \cos \alpha} \quad (4)$$

故に、巻取りドラムの角速度 ω を $d\theta/dt$ とすると、イカ針の巻上げ速度 V は (3) 及び (4) 式より、(5)

式で示される。

$$V = \frac{rd\omega \sin(\alpha + \omega t)}{\sqrt{r^2 + d^2 - 2rd \cos(\alpha + \omega t)}} \quad (5)$$

通常、 ω は定数の 5.300rad/s である。菱形ドラムの d 1.200m、 α 35° および r 0.300m の各値を、(5) 式に代入して求めた速度線図を Fig. 3 Quad. に示した。

最低の巻上げ速度 1.130m/s から徐々に増速し、最高の 1.580m/s になるまでの所要時間は 0.132s であり、速度変動は 0.296s の周期で繰返すことになる。

(2) 正六角形及び正八角形ドラムの場合

巻取りドラムが正六角形及び正八角形の場合のイカ針の巻上げ速度 V も、同様に (5) 式で示される。菱形ドラムの ω を 5.300rad/s、 r を 0.300m、 d を 1.200m とし、 α は正六角形で 49°、正八角形で 56° の各値を (5) 式に代入して求めた速度線図を各々 Fig. 3 Hexa. 及び Fig. 3 Octa. に示した。

正六角形ドラムの巻上げ速度は、最低 1.380m/s、最高 1.580m/s であるが、正八角形ドラムの巻上げ速度は、最低が 1.460m/s、最高が 1.580m/s である。各ドラムの速度変動の周期は各々 0.197s 及び 0.148s で繰返すことになる。

(3) 平板形ドラムの場合

平板形の巻取りドラムは実用されていないが、巻上げ速度の変動について検討した。

考察を容易にするため平板の厚さは無視し、Fig. 2b に示すように板幅を円形ドラムの直径と半径 (2r) とすると、イカ針の上昇距離 x は (3) 式で示される。

ここで、 d_1 はガイドローラと板頂点の距離であり、 $(d-r)$ で示される。また、 d_2 は (2) 式で示されるから、イカ針の上昇距離 x は (6) で示される。

$$x = \sqrt{r^2 + d^2 - 2rd \cos \theta} - d + r \quad (6)$$

故に、巻取りドラムの角速度 ω を $d\theta/dt$ とすると、巻上げ速度 V は (7) 式で示される。

$$V = \frac{rd\omega \sin \omega t}{\sqrt{r^2 + d^2 - 2rd \cos \omega t}} \quad (7)$$

Figure 2b において d を 1.200m、 ω を 5.300rad/s、平板形の中心から頂点までの距離 r を 0.300m とすると、(7) 式より巻上げ速度 V は (8) 式で示される。

$$V = \frac{1.908 \sin \theta}{\sqrt{1.530 - 0.720 \cos \theta}} \quad (8)$$

この場合の速度線図を Fig. 3 Flat. に示す。最低速度は零、最高速度は 1.580m/s であり、速度変動は 0.593s の周期で繰返すことになる。

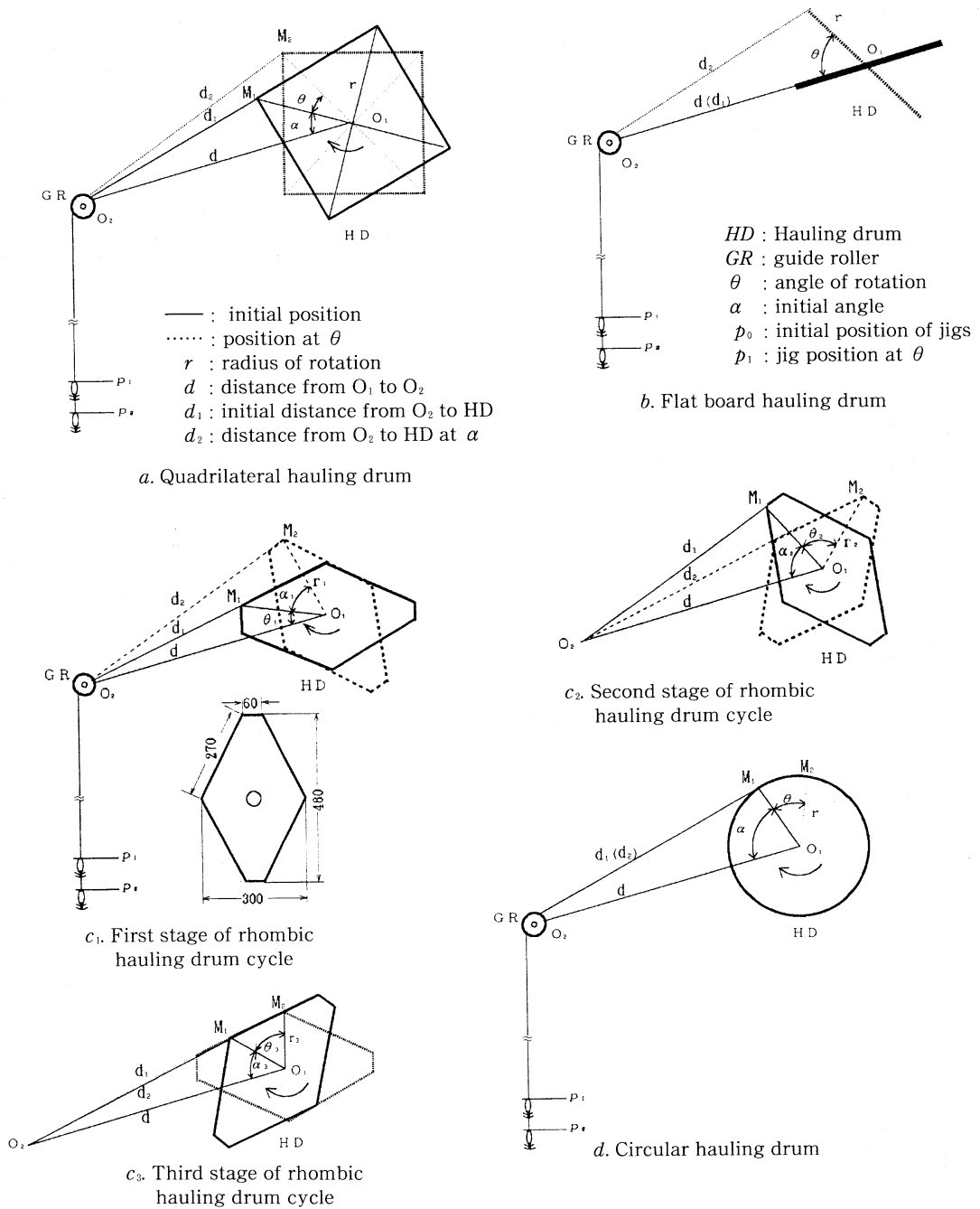


Fig. 2. Diagrams of hauling drum

(4) 菱形ドラムの場合

Figure 2c₁, 同c₂及び同c₃は菱形ドラムの運動を示したものである。半径 r は回転中に変動するから、各半径に対するイカ針の巻き上げ速度は、同様に (5) 式で示される。

菱形ドラムが1回転する時の運動は三段階に分けられる。定数の ω を 5.300rad/s 、 d を 1.200m とすると、第一段階 (Fig. 2c₁) では、 θ_1 が 0° から 50° 、 α_1 が 26° 、 r_1 が 0.240m であり、第二段階 (Fig. 2c₂) では θ_2 が 50° から 120° 、 α_2 が 62° 、 r_2 が 0.240m であり、第三段階

(Fig. 2c₃) では θ_3 が 120° から 180° , α_3 が 60° , r_3 が 0.150m となる。(5) 式にこれらの各実測値を代入して求めた速度線図を Fig. 3 Rhom. に示す。最低速度は 0.640m/s , 最高速度が 1.270m/s であり, 速度変動は 0.593s の周期で繰返すことになる。

(5) 円形ドラムの場合

Figure 2d に示すように, 巻取りドラムが円形の場合の巻上げ速度 V は ωr になる。ここで, ω を 5.300rad/s , 及び r を 0.300m とすると, 巻上げ速度 V は 1.590m/s の等速度となり, 当然, シャクリ運動は具現しない。

3. ドラム形状による巻上げ速度の変動の比較

1) ドラム形状による巻上げ速度の変動の比較

Figure 3 及び Table 1 に示すように, ドラムが正方形, 正六角形及び正八角形の場合, 巻上げ速度の変動は正弦波の相似形を示す。速度変動の周期は各々 0.296s , 0.197s , 及び 0.148s と異なる。周期が減少すると, シャクリの速度差は 0.450m/s から 0.120m/s に減少し, 円形ドラムの場合には巻上げ運動は等速度で, シャクリの速度差は零になる。

平板形ドラムの場合, 巻上げ速度の最低は零であり, 巻上げ速度の最高と最低の比 (以降, シャクリ係数と称する) は無限大となり, シャクリの速度差は 1.580m/s と大きい。菱形ドラムにおける巻上げ速度の変動は, 平板形ドラムと同じ周期であり, シャクリの速度差は平板形に次いで二番目に大きな 0.630m/s となる。

2) 各種ドラム形状の比較

イカ類は極めて攻撃的な魚食魚であり, 索餌時には等速度の安定した運動をするものより“シャクリ”のような不規則な運動をするものに良好な反応をする(奈須他,

1991)。釣獲量の増大のためには, イカ針の運動を海中で遊泳する小魚の運動に疑似化することが必要と考えられ, シャクリ運動を入れることが有効と思われる。

シャクリ運動を顕著にするためには, 最低速度を限りなく零に近づけ, シャクリ係数を大きくする必要がある。

Table 1. Comparative range of winding velocity variation by different types of drums

Item	Type of drum					
	Quad	Hexa	Octa	Circ	Flat	Rhom
Winding velocity* (m/s)	1.130	1.380	1.460	1.590	0	0.640
Winding time* (s)	0.296	0.197	0.148	—	0.593	0.593
RV of V (m/s)	0.450	0.200	0.120	0	1.580	0.630
C of VV	1.400	1.140	1.080	1.000	∞	1.980
Motion cycle (s)	0.296	0.197	0.148	—	0.593	0.593

Note; 1 Quad: quadrilateral hauling drum

Hexa: hexagonal hauling drum

Octa: octagonal hauling drum

Circ: circular hauling drum

Flat: flat board hauling drum

Rhom: rhombic hauling drum

RV of V: range of velocity variation

C of VV: coefficient of velocity variation of winding jig

2*: upper values denote minimum and under values denote maximum

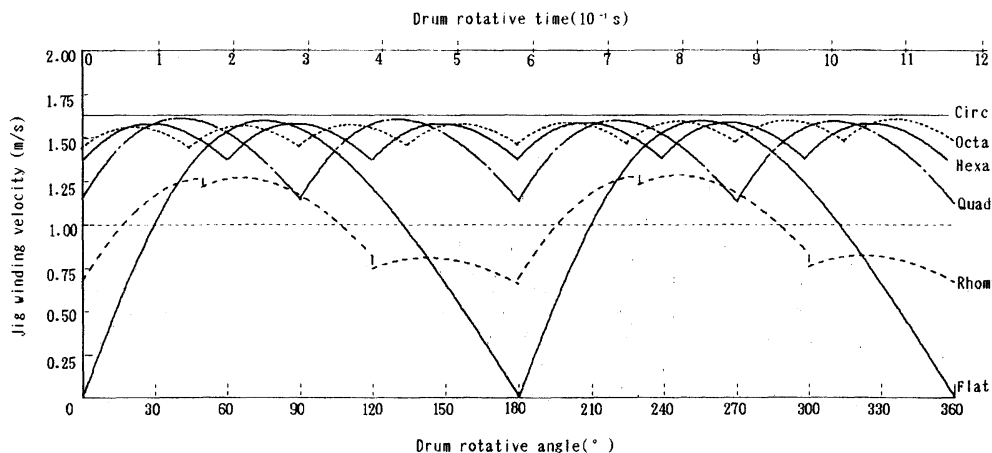


Fig. 3. Comparison of velocity curves of winding jigs by using six different forms of hauling drum. Legends are the same in Table 1.

(1) 正方形, 正六角形及び正八角形ドラム

以上のような観点から, 正方形, 正六角形及び正八角形ドラムの巻き上げ時のシャクリ係数は1.400, 1.140及び1.080となり, 同係数が無限大となる平板形ドラムよりシャクリ係数が小さいのでイカの誘引には不相当と考えられる。正八角形ドラムは巻き上げ時に釣糸が引っ張られてドラムに密着するから, 釣糸の巻取り時にドラムの頂点が多角形ドラムに比べ多いので, 釣糸が弛緩する“もつれ”は生じし難い。

(2) 平板形ドラム

平板形ドラムの巻き上げは最低速度が零となるので, シャクリ係数は無限大となり, これは一般的に良好といわれる。手釣りのシャクリと同様な速度変動にあると推定される。しかし, 平板形ドラムの周囲の長さ(4r)は円形ドラムの円周(2πr)より小さいので, 巻き上げ能率が低く, かつドラムの頂点が多角形ドラムに比べて少ないので釣糸が弛緩する“もつれ”の原因となる(五十嵐・見上, 1978)。

(3) 菱形ドラム

Figure 3に示すように菱形ドラムは, 定角速度で回転しても平板形ドラムと近似したシャクリ運動が得られる。菱形ドラムの頂点は6点と多いので巻き上げ時における釣糸のもつれは生じし難い。しかし, シャクリ係数は1.980であり, 同係数が無限大となる平板形ドラムのシャクリ運動より小さい。

(4) 円形ドラム

円形ドラムによるイカ針の巻き上げは, 等速度でシャクリ係数は1と最小であるが, ドラムの角速度を制御すると, シャクリを生じさせることができる。しかも, 巻上

げ時における釣糸のもつれは生じし難く, 機構も簡単である。

3) 円形ドラムの角速度制御

円形ドラムの角速度を制御することより, 平板形ドラムや菱形ドラムと同様な巻き上げ速度の変動の再現を試みた。

(1) 平板形ドラムの速度変動の再現

速度変動の再現: Figure 4に示すように, 平板形ドラムは等角速度で回転すると, シャクリ運動が得られる。平板形ドラムと同様な巻き上げ速度の変動を円形ドラムで再現するためには, 半径rが0.300mの場合の角速度 ω_{0n} (V/r)は(8)式より(9)式で示される。

$$\omega_{0n} = \frac{6.360 \sin \theta_n}{\sqrt{1.530 - 0.720 \cos \theta_n}} \quad (9)$$

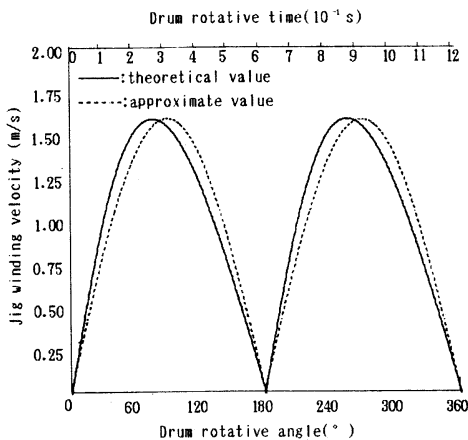
但し, θ_n : ドラムの回転角

円形ドラムが(9)式の角速度で回転すると, Fig. 3 Flat. と同様な巻き上げ速度の変動をほぼ再現することができる。

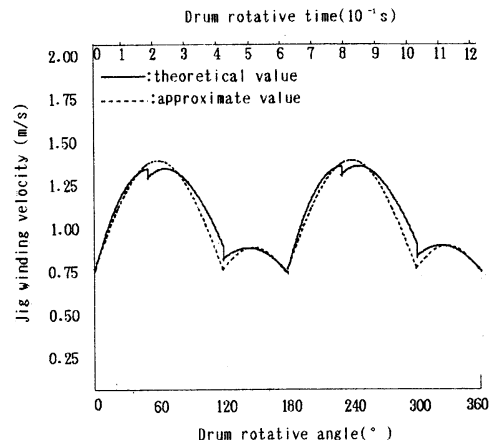
角速度の再現: 巻き上げの時の速度Vを最高の1.580m/s, 円形ドラムの半径 r_0 を0.300mとすると, 角速度 ω_{0n} (9)式の右辺は(10)式で近似され, ほぼ再現することができる。

$$\omega_{0n} = 5.267 \sin \theta_n \quad (10)$$

Figure 4aは平板形ドラムの巻き上げ時のシャクリを(10)式の角速度の制御により円形ドラムで再現したものである。再現曲線及び理論曲線の最高速度は1.580 m/s, 最低速度は零, 平均速度は1.010m/s, 速度の変動周期は0.593sと, 各々よく一致するが, 最高速度にな



a. Flat board hauling drum Drum



b. Rhombic hauling drum Drum

Fig. 4. Comparative curves of theoretical and approximated velocity variation of winding jigs

る所要時間は理論曲線が 0.257s で、再現曲線は理論曲線より 0.040s 多いが、ほぼ近似している。

(2) 菱形ドラムの速度変動の再現

速度変動の再現：Figure 2c₁、同 c₂ 及び同 c₃ に示すように、菱形ドラムの回転運動は三段階に分けられる。 ω を 5.300rad/s、 d を 1.200m とすると、第一段階における α_1 を 26°、 r_1 を 0.240m、第二段階における α_2 を 62°、 r_2 を 0.240m、第三段階における α_3 を 60°、 r_3 を 0.150m とした各値を、(5) 式に代入して求めた円形ドラムの各段階における角速度 $\omega_{0n}(V/r_n)$ は (11.1) から (11.3) 式で示される。

第一段階 (Fig. 2c₁)：回転角 (θ_1) が 0° から 50° の場合

$$\omega_{01} = \frac{5.088 \sin(26^\circ + \theta_1)}{\sqrt{1.489 - 0.576 \cos(26^\circ + \theta_1)}} \quad (11.1)$$

第二段階 (Fig. 2c₂)：回転角が 50° から 120° (θ_2) の場合

$$\omega_{02} = \frac{5.088 \sin(62^\circ + \theta_2)}{\sqrt{1.489 - 0.576 \cos(62^\circ + \theta_2)}} \quad (11.2)$$

第三段階 (Fig. 2c₃)：回転角が 120° から 180° (θ_3) の場合

$$\omega_{03} = \frac{3.180 \sin(60^\circ + \theta_3)}{\sqrt{1.463 - 0.360 \cos(60^\circ + \theta_3)}} \quad (11.3)$$

(11.1) 式から (11.3) 式は、円形ドラムの角速度が回転角 θ に比例して変動することを示している。(11.1) 式から (11.3) 式で示される角速度で円形ドラムを回転すると、Fig. 3 Rhom. と同様な巻上げ速度の変動をほぼ再現することができる。

角速度の再現：円形ドラムの角速度 ω_{0n} は、回転角 θ_1 が零から 120 度の場合の第一段階 (Fig. 2c₁ 及び c₂) における巻上げ速度 V を画像解析値の最高の 1.270m/s、最低の 0.640m/s、円形ドラムの半径 r を 0.300m とすると、(12.1) 式で近似され、回転角 θ_2 が 120° から 180° の場合の第二段階 (Fig. 2c₃) における最高速度 V を 0.780m/s、最低速度を 0.640m/s、円形ドラムの半径 r を 0.300m とすると、(12.2) 式で近似される。

$$\omega_{01} = 2.133 + 2.100 \sin(3\theta_1/2) \quad (12.1)$$

$$\omega_{02} = 2.133 + 0.480 \sin(3\theta_2) \quad (12.2)$$

Figure 4b は角速度の制御により、菱形ドラムの巻上げ速度の変動を円形ドラムで再現した場合を示す。

第一段階における再現曲線及び理論曲線の速度 V は最高で 1.270m/s、最低で 0.640m/s と、よく一致している。平均速度は再現曲線が 1.040m/s、理論曲線が 0.950m/s

とほぼ近似している。しかし、理論曲線は回転開始から 0.164s 後において低速度変動しているが、再現曲線はこの低速度変動を生じない。このような短時間での微小な速度変動の近似は困難なためと考えられる。最高速度になる所要時間の再現曲線は 0.197s で、理論曲線より 0.033s 多いが、ほぼ近似している。第二段階においては両曲線は最高速度が 0.870m/s、最低速度が 0.640m/s と、よく一致している。平均速度も再現曲線が 0.730m/s、理論曲線は 0.750m/s と、よく一致している。

このように、円形ドラムの角速度を制御すると、平板形ドラムや菱形ドラムと同様な巻上げ速度の変動をほぼ再現することができる。

従来の昼釣りでは正八角形又は円形が、夜釣りでは菱形を使い分ける場合に比較して、本円形ドラムの角速度の制御方式は各種の使用目的に対応できる。しかも、部品の標準化により部品数も軽減されるので、装置の生産・流通コストの大幅な低減が可能と推察される。

4. 要 約

各種のドラムの形状による巻上げ速度を解析し、円形ドラムの角速度の制御により、巻取りドラムの形状による“シャクリ”、即ち巻上げ速度の変動の再現性について検討した。結果の概要は次のとおりである。

1) 平板形ドラムの巻上げは最低速度が零で、シャクリ係数が無限大となり、好適な運動が得られるものと推察される。しかし、巻取時に釣糸が弛緩し、巻上げ効率が低い。

2) 菱形ドラムは定角速度で回転すると、シャクリ運動を生じるが、シャクリ係数は平板形ドラムより小さい。

3) 従来の昼釣りでは正八角形又は円形を、夜釣りでは菱形を使い分ける場合に比較して、円形ドラム方式は、円形ドラムの角速度の制御により、各種形状のドラムの巻上げ速度の変動を再現することができる。しかも、部品の標準化により部品数も軽減されるので、装置の生産・流通コストの大幅な低減が可能と推察される。

文 献

- 五十嵐脩蔵・見上隆克・小林喜一郎：自動いか釣機について、I) 釣針の運動、北大水産研究録報、18(4)、357-364、1968。
 五十嵐脩蔵・見上隆克：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、北大水産研究録報、29(1)、19-24、1978。
 奈須敬二・奥谷喬司・小倉通男：イカーその生物から消費まで一、成山堂書店、p.188-201、1991。
 小川堯司：イカ釣機、公開特許公報(A)平4-20228、p.175-177、1993。