

底曳網の網口高さについての考察

不 破 茂*

Some Considerations on the Height of Net Mouth of Trawl Net

Shigeru FUWA*

Abstract

Concerning the height of net body of trawl net, author tried a few experiments to investigate the method of deciding it from net plan directly. The cross section of net body is considered to be ellipses and the shape of the side line of net is considered to be catenary. The height of net body is calculated geometrically. When rearranging the experimental results, the calculated values approximately agrees with experimental values at narrow wing tip distance, values of exponent are -0.3 for two-seam-net, $-0.1 \sim -0.3$ for four-seam-net and $-0.2 \sim -0.3$ for six-seam-net but the calculated values ascertained to be lower at wide wing tips distance.

底曳網の網高さは底曳漁具の性能を示す重要な要素であり、これを設計図より直接推算することができれば漁具設計及び漁具性能の検討に好都合となる。K. MOURI, N. HIGO and M. ГОТОН¹⁾ は、網口断面形状を楕円で近似しその周長は一定であると考え、網口高さを計算により求めて網口断面形状を楕円で近似できることを実証した。

本研究では網口断面形状を楕円で、身網側線の平面形状をカタナリーで近似して、曳網中における網高さを設計図より直接推算する方法につき検討を加えた。

網成りの解析

曳網中の底曳網は流水抵抗により外方へ展開し網口断面形状は円形、楕円形またはそれらに近い形をなす。身網側線の平面形状について考えるとき網に働く力は流水抵抗の外に重力と海底との摩擦力が考えられるが、流水抵抗が重力や摩擦力に対して十分大きいと考えられる場合には身網側線の平面形状は、袖先の2点で支持されコッドヘッドを頂点とするカタナリーであると考えられる。ここで網目の2脚のなす角(2β)は曳網速度の関数であると考え曳網速度の変化によりその角度が変化するものとした。

身網側線の平面形状がカタナリーをなすと考えるとその方程式は下式で表わされる。

$$y - y_0 = \frac{1}{\alpha} (\cosh \alpha(x - x_0) - 1) \quad (x = x_0 \text{ のとき } y = y_0) \quad (1)$$

* 鹿児島大学水産学部漁具学研究室
(Laboratory of Fishing Gear, Faculty of Fisheries, Kagoshima University, Kagoshima, Japan)

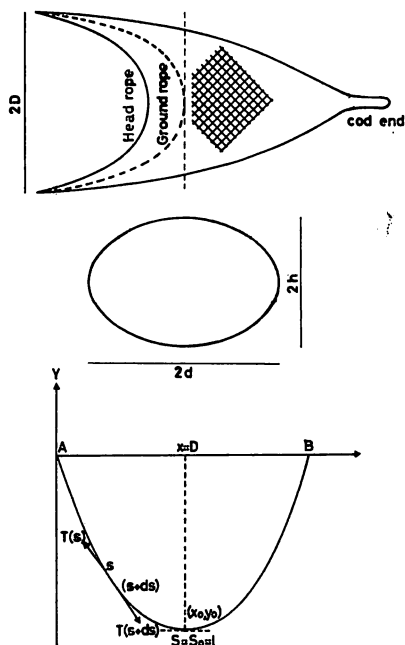


Fig. 1. Illustration of the net shape of the drag net, that of ellipse and that of catenary.

A, B 2点が水平線上にあり対称であるから $s_0=l, x_0=D$ となり

$$\alpha(y-y_0) = \cosh \alpha(x-x_0) - 1$$

$$\alpha(s-l) = \sinh \alpha(x-D)$$

A点で $x=0, y=0, s=0$ であるから

$$-\alpha y_0 = \cosh \alpha D - 1 \quad (2)$$

$$l = \sinh \alpha D \quad (3)$$

(3) 式より $\xi_0 = \alpha D$ とおき方程式を解くと $\eta = \frac{l}{D}$ と $\eta = \sinh \xi$ の交点 ξ_0 がその根となる。

よって $\alpha = \frac{\xi_0}{D}, y_0 = -\frac{D}{\xi_0} (\cosh \xi_0 - 1)$

AB 2点で支えられたカテナリーを考えると ds の十分小さなところでは

$$\frac{dT}{ds} + F = 0$$

$$F_x = 0, F_y = -f, \frac{dt_x}{ds} = 0, \frac{dT_y}{dx} - f = 0 \quad f: \text{流水抵抗}$$

T は接線方向にあるので

$$T = \sqrt{T_x^2 + T_y^2}, \quad T_x = T \frac{dx}{ds}, \quad T_y = \frac{dy}{ds} T \frac{dx}{ds} = T_0 T \frac{dy}{dx} = f(s-s_0)$$

$$T = \sqrt{T_0^2 + f^2(s-s_0)^2} = T_0 \sqrt{1 + \alpha^2(s-s_0)^2} \quad \left(\alpha = \frac{\alpha}{T_0} \right) \quad (4)$$

$$(s=0 \text{ で } T_x=T_0, \quad s=s_0 \text{ で } T_y=0)$$

Aから長さ s の x 座標は

$$\frac{dx}{ds} = \frac{1}{\sqrt{1 + \alpha^2(s-s_0)^2}} \quad (5)$$

$$x = \int \frac{ds}{\sqrt{1 + \alpha^2(s-s_0)^2}}$$

$\alpha(s-s_0)=t$ とすると

$$x = \frac{1}{\alpha} \int \frac{dt}{\sqrt{1+t^2}} = \frac{1}{\alpha} \log \left| \alpha(s-s_0) + \sqrt{\alpha^2(s-s_0)^2 + 1} \right| + c \quad (6)$$

また網口断面形状を楕円 ($d > h$) として近似したが、楕円はその定義により

$$e = \frac{\sqrt{d^2 - h^2}}{d} \quad (0 < e < 1) \quad e: \text{離心率} \quad (7)$$

よって

$$h = d\sqrt{1-e^2} \quad (8)$$

また楕円の周長を L とすれば L は楕円積分により計算できる.

$$L = 4 \int_0^{\frac{\pi}{2}} \sqrt{d^2 \sin^2 \theta + h^2 \cos^2 \theta} d\theta = 4d \int_0^{\frac{\pi}{2}} \sqrt{1 - e^2 \cos^2 \theta} d\theta$$

$$\varphi = \frac{\pi}{2} - \theta \text{ とすれば}$$

$$\frac{L}{4d} = \int_0^{\frac{\pi}{2}} \sqrt{1 - e^2 \sin^2 \varphi} d\varphi \quad \left(1 < \frac{L}{4d} < \frac{\pi}{2} \right) \quad (9)$$

Table1より $\int_0^{\frac{\pi}{2}} \sqrt{1 - e^2 \sin^2 \varphi} d\varphi = \frac{L}{4d}$ となる $e = \sin \theta$ が求まり、袖先より胴網部までのカタナリ一長さから胴網部の網巾が求められる。これらの値を (8) 式に代入すれば楕円の短軸長さ即ち網高さが得られる。

網目の2脚のなす角を曳網速度の関数と考えたのでカタナリ一長さ S 、胴網部周長 C は下式により表わされる。

$$S = M_w \times N_w \times \cos(\beta_w V^m) + M_b \times N_b \times \cos(\beta_b V^m) \quad (10)$$

$$C = M_b \times N'_b \times \sin(\beta_b V^m) \quad (11)$$

M_w : 袖網の目合
 N_w : 袖網の目数
 β_w : 設計図より得られる袖網の縮結角
 M_B : 胴網の目合
 N_B : 胴網の目数
 β_B : 設計図より得られる胴網の縮結角
 N'_B : 胴網の横目数
 m : 乗数

Table 1. Value of the elliptic integral of the second. $E(k, \varphi) = \int_0^\varphi \sqrt{1-k^2 \sin^2 \varphi} d\varphi$,
 $k = \sin \theta = e, \varphi = 90^\circ$

$\theta(\text{degree})$	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
$L/4d, e$										
$L/4d$	1.57080	1.55889	1.52380	1.46746	1.39314	1.30554	1.21106	1.11838	1.04011	1.00000
e	0.00000	0.17365	0.34202	0.50000	0.64279	0.76604	0.86603	0.93969	0.98481	1.00000

ここで m の値の決定が問題となるが、不破、肥後²⁾、K. Mangusukarto³⁾ 等が求めた網口高さの実験式における乗数は $-0.63 \sim -1.18$ の範囲にあることから m の値を -0.1 から -2.0 まで 0.1 ずつ変化させて計算した。模型実験の測定値と比較してその差が最小となる場合の乗数をその網の乗数とした。

Table 2. Summary of experimental gear

	Two-seam-net	Four-seam-net	Six-seam-net
Head rope length (m)	36.72	47.66	15.20
Ground rope length (m)	58.14	57.03	18.90
Float total buoyancy (kg)	224.48	376.20	64.00
Ground rope weight (kg)	282.14	436.30	79.70

Table 3. The ratio between the full scale and model scale of the experimental gear (') model, ('') full scale.

Ratio	Two-seam-net	Four-seam-net	Six-seam-net
λ'/λ''	1/34	1/35	1/35
$D'/D''=L'/L''$	0.127	0.120	0.167
V'/V''	0.299	0.346	0.409
D_1'/D_1''	0.062	0.234	0.709
F'/F''	7.73×10^{-5}	0.98×10^{-4}	1.36×10^{-4}

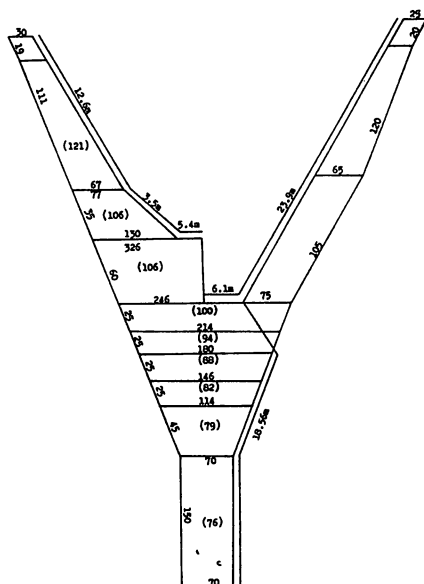


Fig. 2. Net plan of the two-seam-net used in experiment. Numbers in the figure show the mesh number, bracketed numbers showing the mesh size.

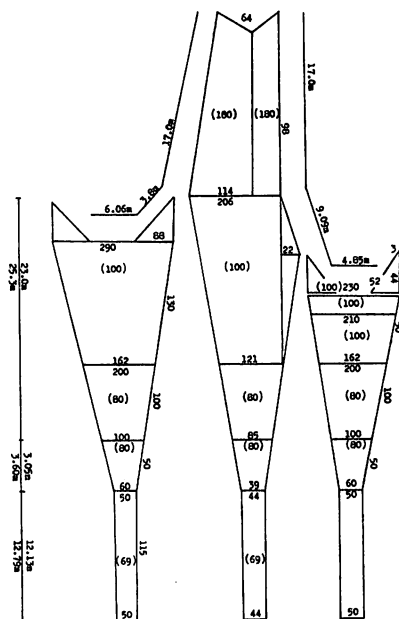


Fig. 3. Net plan of the four-seam-net used in experiment. Numbers in the figure show the mesh number, brancketed numbers showing the mesh size.

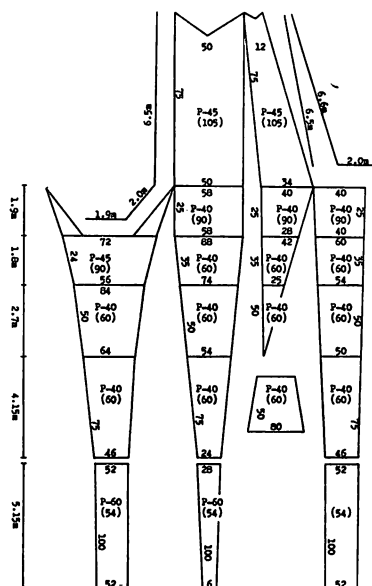


Fig. 4. Net plan of the six-seam-net used in experiment. Numbers in the figure show the number, bracketed numbers showing the mesh size.

実験に供した網は2枚網, 4枚網, 6枚網の3種であり, それらの模型実験⁴⁾の方法はこれまでの報告と同様である²⁾. 水槽実験の結果から網口断面形状が楕円形かつ身網側線の平面形状がカタナリーをなすと考えられる 0.75 m/s 以上の曳網速度, 袖先間隔がヘッドロープ長の30, 40, 50%の各場合について, カテナリー長さ, 胴網部周長, 網高さを計算して実験値と比較検討した. 尚計算には鹿児島大学の FACOM 230-45S を使用した.

結果及び考察

計算により求めた各網のカテナリー長さを Table 4, 7, 10, 胴網部の周長を Table 5, 8, 11, 胴網部の網巾を Table 6, 9, 12 に示す. これらの値を用いて各曳網速度における楕円積分値を求めた. 計算結果の一例として2枚網の袖先間隔 11.1 m の場合を示したが, いずれの網においても同様に曳網速度の増加につれてその値は減少してゆき, また袖先間隔の増加につれて減少する (Fig. 6). 胴網部の網巾も袖先間隔が広く曳網速度の高いほど大きな値となる.

(Fig. 5) (9) 式に示したようにこの値が 1.0 から $\pi/2$ の範囲にある場合についてのみ楕円として幾可学的に解析し楕円の短軸長さ(網高さ)を計算できる. しかし網の種類によりまた袖先間隔の広狭により網高さの求まる範囲が異なっており, 2枚網で袖先間隔 18.4 m の場合には計算できなかった. このようにして得られた計算値と測定値を示したのが Fig. 7~14 である. 各網ともに袖先間隔の狭い場合には計算値と測定値はほぼ一致するが, 袖先間隔が広くなるにつれて計算値は小さくなり測定値との差が増す. 各網ともに袖先間隔が狭い場合には計算値と測定値が略一致したが, この場合の乗数をみると2枚網 -0.3 , 4枚網 $-0.1 \sim -0.3$, 6

枚網 $-0.2 \sim -0.5$ と小さな値を示す。

また網口断面形状を楕円と近似して網高さを求めたが底曳網の網口断面形状はその下部が海底に接地しているために曳網速度が 1.5 m/s 以上では扁平な形となり楕円に近くなり計算値と測定値の差が小さくなってきている。曳網速度が 1.0 m/s 以下では網口断面形状はその上部は楕円と見なせるが下部は海底に接して楕円の下部を切り取ったような形となっているがこのような形状を楕円として解いたことで計算値と測定値の差を生じたものを思われる。袖先間隔が狭い場合において計算値が測定値と略一致しているのは、この場合には接地部の長さが短くなり楕円に近い形をなすためと考えられる。4枚網が他の網よりも計算値と測定値の差が小さいのは、この網が上下、左右が対称な4枚の網地面で網口を形成するので他の網よりも網口断面形状が楕円に近くなると考えられる。

Table 4. Calculated value of the length of catenary of two-seam-net.

towing speed(m/s)	exponent									
	-0.1	-0.2	-0.3	-0.4	-0.5	-0.6	-0.7	-0.8	-0.9	-1.0
0.75	30.27	29.81	29.33	28.82	28.29	27.72	27.13	26.50	25.84	25.15
1.00	30.70	30.70	30.70	30.70	30.70	30.70	30.70	30.70	30.70	30.70
1.25	31.02	31.33	31.63	31.91	32.18	32.44	32.69	32.93	33.16	33.38
1.50	31.28	31.81	32.30	32.76	33.18	33.57	33.93	34.27	34.58	34.86
1.75	31.48	32.19	32.82	33.39	33.90	34.36	34.77	35.14	35.47	35.76
2.00	31.66	32.50	33.23	33.87	34.44	34.93	35.36	35.74	36.07	36.36

towing speed(m/s)	exponent									
	-1.1	-1.2	-1.3	-1.4	-1.5	-1.6	-1.7	-1.8	-1.9	-2.0
0.75	24.42	23.66	22.85	22.01	21.12	20.19	19.22	18.20	17.13	16.02
1.00	30.70	30.70	30.70	30.70	30.70	30.70	30.70	30.70	30.70	30.70
1.25	33.59	33.79	33.98	34.17	34.35	34.52	34.68	34.84	34.98	35.13
1.50	35.13	35.37	35.60	35.80	36.00	36.18	36.34	36.49	36.63	36.76
1.75	36.03	36.27	36.48	36.67	36.85	37.00	37.14	37.26	37.37	37.47
2.00	36.61	36.82	37.01	37.18	37.33	37.45	37.56	37.66	37.74	37.81

Table 5. Calculated value of the circumference at the net-body of two-seam-net.

exponent towing speed(m/s)	-0.1	-0.2	-0.3	-0.4	-0.5	-0.6	-0.7	-0.8	-0.9	-1.0
0.75	30.15	30.89	31.65	32.41	33.18	33.95	34.74	35.52	36.32	37.11
1.00	29.42	29.42	29.42	29.42	29.42	29.42	29.42	29.42	29.42	29.42
1.25	28.86	28.30	27.76	27.22	26.68	26.16	25.64	25.13	24.63	24.14
1.50	28.40	27.41	26.45	25.50	24.59	23.70	22.83	21.99	21.18	20.39
1.75	28.02	26.68	25.37	24.12	22.91	21.76	20.65	19.59	18.58	17.62
2.00	27.70	26.05	24.47	22.97	21.54	20.19	18.91	17.70	16.57	15.50

exponent towing speed(m/s)	-1.1	-1.2	-1.3	-1.4	-1.5	-1.6	-1.7	-1.8	-1.9	-2.0
0.75	37.90	38.70	39.49	40.27	41.04	41.81	42.56	43.29	44.00	44.69
1.00	29.42	29.42	29.42	29.42	29.42	29.42	29.42	29.42	29.42	29.42
1.25	23.65	23.17	22.70	22.24	21.78	21.33	20.89	20.46	20.04	19.62
1.50	19.62	18.89	18.17	17.48	16.82	16.18	15.56	14.96	14.38	13.83
1.75	16.70	15.82	14.99	14.20	13.45	12.73	12.05	11.41	10.80	10.22
2.00	14.49	13.55	12.66	11.83	11.05	10.32	9.64	9.00	8.41	7.85

Table 6. Calculated value of the length of the long axis of ellipses at the net-body of two-seam-net.

Table 6-(1). Distance between wing tips: 11.1 m

exponent towing speed(m/s)	-0.1	-0.2	-0.3	-0.4	-0.5	-0.6	-0.7	-0.8	-0.9	-1.0
0.75	7.74	7.72	7.70	7.68	7.66	7.63	7.61	7.58	7.54	7.51
1.00	7.76	7.76	7.76	7.76	7.76	7.76	7.76	7.76	7.76	7.76
1.25	7.77	7.78	7.79	7.80	7.81	7.82	7.83	7.84	7.84	7.85
1.50	7.78	7.80	7.81	7.83	7.84	7.86	7.87	7.88	7.89	7.90
1.75	7.79	7.81	7.83	7.85	7.87	7.88	7.89	7.90	7.91	7.92
2.00	7.79	7.82	7.85	7.87	7.88	7.90	7.91	7.92	7.93	7.94

exponent towing speed(m/s)	-1.1	-1.2	-1.3	-1.4	-1.5	-1.6	-1.7	-1.8	-1.9	-2.0
0.75	7.47	7.42	7.37	7.32	7.25	7.18	7.10	7.00	6.89	6.76
1.00	7.76	7.76	7.76	7.76	7.76	7.76	7.76	7.76	7.76	7.76
1.25	7.86	7.86	7.87	7.88	7.88	7.89	7.89	7.90	7.90	7.90
1.50	7.90	7.91	7.92	7.92	7.93	7.94	7.94	7.94	7.95	7.95
1.75	7.93	7.94	7.94	7.95	7.95	7.96	7.96	7.96	7.97	7.97
2.00	7.95	7.95	7.96	7.96	7.97	7.97	7.97	7.98	7.98	7.98

Table 6-(2). Distance between wing tips: 14.7 m

exponent towing speed(m/s)	-0.1	-0.2	-0.3	-0.4	-0.5	-0.6	-0.7	-0.8	-0.9	-1.0
0.75	9.82	9.79	9.75	9.72	9.68	9.64	9.59	9.54	9.48	9.42
1.00	9.84	9.84	9.84	9.84	9.84	9.84	9.84	9.84	9.84	9.86
1.25	9.86	9.88	9.90	9.92	9.93	9.95	9.96	9.98	9.99	10.00
1.50	9.88	9.91	9.94	9.97	9.99	10.01	10.03	10.05	10.06	10.08
1.75	9.89	9.93	9.97	10.00	10.03	10.05	10.07	10.09	10.11	10.12
2.00	9.90	9.95	9.99	10.03	10.06	10.08	10.10	10.12	10.14	10.15

exponent towing speed(m/s)	-1.1	-1.2	-1.3	-1.4	-1.5	-1.6	-1.7	-1.8	-1.9	-2.0
0.75	9.35	9.27	9.19	9.09	8.98	8.86	8.72	8.55	8.36	8.14
1.00	9.84	9.84	9.84	9.84	9.84	9.84	9.84	9.84	9.84	9.84
1.25	10.01	10.02	10.03	10.04	10.05	10.06	10.07	10.08	10.08	10.09
1.50	10.09	10.10	10.11	10.12	10.13	10.14	10.15	10.16	10.16	10.17
1.75	10.14	10.15	10.16	10.17	10.17	10.18	10.19	10.19	10.20	10.20
2.00	10.16	10.17	10.18	10.19	10.19	10.20	10.21	10.21	10.21	10.22

Table 6-(3). Distance between wing tips: 18.4 m

exponent towing speed(m/s)	-0.1	-0.2	-0.3	-0.4	-0.5	-0.6	-0.7	-0.8	-0.9	-1.0
0.75	11.66	11.62	11.57	11.51	11.46	11.39	11.32	11.24	11.16	11.06
1.00	11.71	11.71	11.71	11.71	11.71	11.71	11.71	11.71	11.71	11.71
1.25	11.74	11.77	11.79	11.82	11.84	11.87	11.89	11.91	11.93	11.94
1.50	11.76	11.81	11.85	11.89	11.93	11.96	11.99	12.02	12.04	12.06
1.75	11.78	11.84	11.90	11.95	11.99	12.02	12.05	12.08	12.11	12.13
2.00	11.80	11.87	11.93	11.98	12.03	12.07	12.10	12.13	12.15	12.17

exponent towing speed(m/s)	-1.1	-1.2	-1.3	-1.4	-1.5	-1.6	-1.7	-1.8	-1.9	-2.0
0.75	10.96	10.84	10.71	10.56	10.39	10.21	9.99	9.74	9.46	9.12
1.00	11.71	11.71	11.71	11.71	11.71	11.71	11.71	11.71	11.71	11.71
1.25	11.96	11.98	11.99	12.01	12.02	12.04	12.05	12.06	12.07	12.08
1.50	12.08	12.10	12.12	12.13	12.15	12.16	12.17	12.18	12.19	12.20
1.75	12.15	12.16	12.18	12.19	12.20	12.21	12.22	12.23	12.24	12.25
2.00	12.19	12.20	12.22	12.23	12.24	12.25	12.25	12.26	12.26	12.27

Table 7. Calculated value of the length of catenary of four-seam-net.

exponent towing speed(m/s)	-0.1	-0.2	-0.3	-0.4	-0.5	-0.6	-0.7	-0.8	-0.9	-1.0
0.75	42.85	42.63	42.40	42.16	41.91	41.64	41.36	41.06	40.74	40.41
1.00	43.05	43.05	43.05	43.05	43.05	43.05	43.05	43.05	43.05	43.05
1.25	43.20	43.34	43.48	43.61	43.74	43.86	43.98	44.09	44.19	44.29
1.50	43.32	43.57	43.79	44.01	44.20	44.38	44.55	44.70	44.84	44.98
1.75	43.41	43.74	44.03	44.30	33.53	44.74	44.93	45.10	45.25	45.39
2.00	43.50	43.89	44.23	44.52	44.78	45.01	45.20	45.38	45.53	45.66

exponent towing speed(m/s)	-1.1	-1.2	-1.3	-1.4	-1.5	-1.6	-1.7	-1.8	-1.9	-2.0
0.75	40.06	39.68	39.29	38.88	38.44	37.98	37.49	36.98	36.44	35.87
1.00	43.05	43.05	43.05	43.05	43.05	43.05	43.05	43.05	43.05	43.05
1.25	44.39	44.48	44.57	44.66	44.74	44.82	44.89	44.96	45.03	45.10
1.50	45.10	45.21	45.31	45.41	45.49	45.58	45.65	45.72	45.78	45.84
1.75	45.51	45.62	45.72	45.80	45.88	45.95	46.01	46.07	46.12	46.16
2.00	45.77	45.87	45.96	46.03	46.10	46.15	46.20	46.25	46.29	46.32

Table 8. Calculated value of the circumference at the net-body of four-seam-net.

exponent towing speed(m/s)	-0.1	-0.2	-0.3	-0.4	-0.5	-0.6	-0.7	-0.8	-0.9	-1.0
0.75	34.58	35.52	36.48	37.46	38.47	39.49	40.54	41.60	42.69	43.80
1.00	33.66	33.66	33.66	33.66	33.66	33.66	33.66	33.66	33.66	33.66
1.25	32.96	32.28	31.60	30.94	30.30	29.66	29.03	28.42	27.82	27.23
1.50	32.40	31.18	30.01	28.87	27.77	26.71	25.69	24.70	23.75	22.83
1.75	31.93	30.29	28.71	27.21	29.79	24.43	23.14	21.91	20.75	19.64
2.00	31.53	29.53	27.63	25.85	24.17	22.60	21.12	19.74	18.44	17.23

exponent towing speed(m/s)	-1.1	-1.2	-1.3	-1.4	-1.5	-1.6	-1.7	-1.8	-1.9	-2.0
0.75	44.93	47.08	47.25	48.43	49.64	50.86	52.10	53.35	54.62	55.89
1.00	33.66	33.66	33.66	33.66	33.66	33.66	33.66	33.66	33.66	33.66
1.25	26.65	26.09	25.53	24.99	24.45	23.93	23.42	22.92	22.42	21.94
1.50	21.95	21.10	20.28	19.49	18.73	18.00	17.29	16.62	15.96	15.34
1.75	18.59	17.60	16.65	15.76	14.91	14.11	13.35	12.63	11.95	11.30
2.00	16.09	15.02	14.03	13.10	12.23	11.41	10.66	9.95	9.28	8.66

Table 9. Calculated value of the length of the long axis of ellipses at the net-body of four-seam-net.

Table 9-(1). Distance between wing tips: 14.3 m

exponent	-0.1	-0.2	-0.3	-0.4	-0.5	-0.6	-0.7	-0.8	-0.9	-1.0
towing speed(m/s)										
0.75	11.56	11.55	11.53	11.52	11.51	11.49	11.47	11.45	11.44	11.41
1.00	11.57	11.57	11.57	11.57	11.57	11.57	11.57	11.57	11.57	11.57
1.25	11.58	11.59	11.59	11.60	11.61	11.61	11.62	11.62	11.63	11.64
1.50	11.58	11.60	11.61	11.62	11.63	11.64	11.65	11.66	11.66	11.67
1.75	11.59	11.61	11.62	11.64	11.65	11.66	11.67	11.68	11.68	11.69
2.00	11.59	11.61	11.63	11.65	11.66	11.67	11.68	11.69	11.70	11.70

exponent	-1.1	-1.2	-1.3	-1.4	-1.5	-1.6	-1.7	-1.8	-1.9	-2.0
towing speed(m/s)										
0.75	11.39	11.37	11.34	11.31	11.28	11.25	11.21	11.17	11.13	11.08
1.00	11.57	11.57	11.57	11.57	11.57	11.57	11.57	11.57	11.57	11.57
1.25	11.64	11.64	11.65	11.65	11.66	11.66	11.67	11.67	11.67	11.68
1.50	11.68	11.68	11.69	11.69	11.69	11.70	11.70	11.70	11.71	11.71
1.75	11.69	11.70	11.70	11.71	11.71	11.72	11.72	11.72	11.72	11.73
2.00	11.71	11.71	11.72	11.72	11.72	11.73	11.73	11.73	11.73	11.73

Table 9-(2). Distance between wing tips: 19.1 m

exponent	-0.1	-0.2	-0.3	-0.4	-0.5	-0.6	-0.7	-0.8	-0.9	-1.0
towing speed(m/s)										
0.75	15.00	14.98	14.96	14.94	14.92	14.89	14.87	14.84	14.81	14.77
1.00	15.02	15.02	15.02	15.02	15.02	15.02	15.02	15.02	15.02	15.02
1.25	15.03	15.04	15.05	15.06	15.07	15.08	15.09	15.10	15.11	15.12
1.50	15.04	15.06	15.08	15.10	15.11	15.13	15.14	15.15	15.16	15.17
1.75	15.05	15.07	15.10	15.12	15.14	15.15	15.17	15.18	15.19	15.20
2.00	15.05	15.09	15.11	15.14	15.16	15.18	15.19	15.20	15.21	15.22

exponent	-1.1	-1.2	-1.3	-1.4	-1.5	-1.6	-1.7	-1.8	-1.9	-2.0
towing speed(m/s)										
0.75	14.74	14.70	14.66	14.61	14.56	14.51	14.45	14.39	14.32	14.25
1.00	15.02	15.02	15.02	15.02	15.02	15.02	15.02	15.02	15.02	15.02
1.25	15.13	15.13	15.14	15.15	15.15	15.16	15.17	15.17	15.18	15.18
1.50	15.18	15.19	15.20	15.21	15.21	15.22	15.22	15.23	15.23	15.24
1.05	15.21	15.22	15.23	15.23	15.24	15.25	15.25	15.25	15.26	15.26
2.00	15.23	15.24	15.25	15.25	15.26	15.26	15.26	15.27	15.27	15.27

Table 9-(3). Distance between wing tips: 23.8 m

exponent		-0.1	-0.2	-0.3	-0.4	-0.5	-0.6	-0.7	-0.8	-0.9	-1.0
towing speed(m/s)											
0.75		18.25	18.22	18.19	18.16	18.13	18.09	18.06	18.02	17.97	17.92
1.00		18.28	18.28	18.28	18.28	18.28	18.28	18.28	18.28	18.28	18.28
1.25		18.29	18.31	18.33	18.34	18.36	18.37	18.39	18.40	18.41	18.42
1.50		18.31	18.34	18.36	18.39	18.41	18.43	18.45	18.47	18.48	18.50
1.75		18.32	18.36	18.39	18.42	18.45	18.47	18.49	18.51	18.53	18.54
2.00		18.33	18.38	18.41	18.45	18.48	18.50	18.52	18.54	18.56	18.57

exponent		-1.1	-1.2	-1.3	-1.4	-1.5	-1.6	-1.7	-1.8	-1.9	-2.0
towing speed(m/s)											
0.75		17.87	17.82	17.76	17.69	17.62	17.54	17.46	17.37	17.27	17.16
1.00		18.28	18.28	18.28	18.28	18.28	18.28	18.28	18.28	18.28	18.28
1.25		18.43	18.44	18.45	18.46	18.47	18.48	18.49	18.50	18.51	18.51
1.50		18.51	18.52	18.54	18.55	18.56	18.56	18.57	18.58	18.59	18.59
1.75		18.56	18.57	18.58	18.59	18.60	18.60	18.61	18.62	18.62	18.63
2.00		18.59	18.60	18.60	18.61	18.62	18.63	18.63	18.64	18.64	18.64

Table 10. Calculated value of the length of catenary of six-seam-net.

exponent		-0.1	-0.2	-0.3	-0.4	-0.5	-0.6	-0.7	-0.8	-0.9	-1.0
towing speed(m/s)											
0.75		16.90	16.73	16.56	16.38	16.19	15.99	15.77	15.55	15.31	15.06
1.00		17.05	17.05	17.05	17.05	17.05	17.05	17.05	17.05	17.05	17.05
1.25		17.16	17.27	17.38	17.48	17.57	17.67	17.75	17.84	17.92	18.00
1.50		17.25	17.44	17.62	17.78	17.93	18.06	18.19	18.31	18.42	18.52
1.75		17.33	17.58	17.80	18.00	18.18	18.34	18.49	18.62	18.73	18.84
2.00		17.39	17.69	17.94	18.17	18.37	18.54	18.70	18.83	18.94	19.04

exponent		-1.1	-1.2	-1.3	-1.4	-1.5	-1.6	-1.7	-1.8	-1.9	-2.0
towing speed(m/s)											
0.75		14.80	14.52	14.23	13.92	13.60	13.26	12.91	12.53	12.14	11.72
1.00		17.05	17.05	17.05	17.05	17.05	17.05	17.05	17.05	17.05	17.05
1.25		18.07	18.14	18.21	18.28	18.34	18.40	18.46	18.51	18.56	18.61
1.50		18.61	18.70	18.78	18.85	18.92	18.98	19.04	19.09	19.14	19.19
1.75		18.93	19.01	19.09	19.16	19.22	19.27	19.32	19.36	19.40	19.43
2.00		19.13	19.21	19.27	19.33	19.38	19.43	19.47	19.50	19.53	19.55

Table 11. Caluculated value of the circumference at the net-body of six-seam-net.

exponent towing speed(m/s)	-0.1	-0.2	-0.3	-0.4	-0.5	-0.6	-0.7	-0.8	-0.9	-1.0
0.75	13.57	13.93	14.28	14.65	15.02	15.40	15.78	16.17	16.56	16.96
1.00	13.23	13.23	13.23	13.23	13.23	13.23	13.23	13.23	13.23	13.23
1.25	12.96	12.70	12.45	12.20	11.95	11.71	11.47	11.23	11.00	10.77
1.50	12.75	12.29	11.84	11.40	10.98	10.57	10.17	9.79	9.42	9.06
1.75	12.57	11.95	11.34	10.77	10.21	9.69	9.18	8.70	8.25	7.81
2.00	12.42	11.65	10.93	10.24	9.59	8.97	8.40	7.85	7.34	6.86

exponent towing speed(m/s)	-1.1	-1.2	-1.3	-1.4	-1.5	-1.6	-1.7	-1.8	-1.9	-2.0
0.75	17.36	17.77	18.18	18.59	19.00	19.42	19.83	20.25	20.66	21.07
1.00	13.23	13.23	13.23	13.23	13.23	13.23	13.23	13.23	13.23	13.23
1.25	10.55	10.33	10.11	9.90	9.70	9.49	9.29	9.10	8.90	8.72
1.50	8.72	8.39	8.06	7.75	7.45	7.17	6.89	6.62	6.36	6.12
1.75	7.40	7.01	6.64	6.28	5.95	5.63	5.33	5.04	4.77	4.51
2.00	6.41	5.99	5.60	5.23	4.88	4.56	4.26	3.97	3.71	3.46

Table 12. Calculated value of the length of the long axis of ellipes at the net-body of six-seam-net.

Table 12-(1). Distance between wing tips: 4.6 m

[illegible]

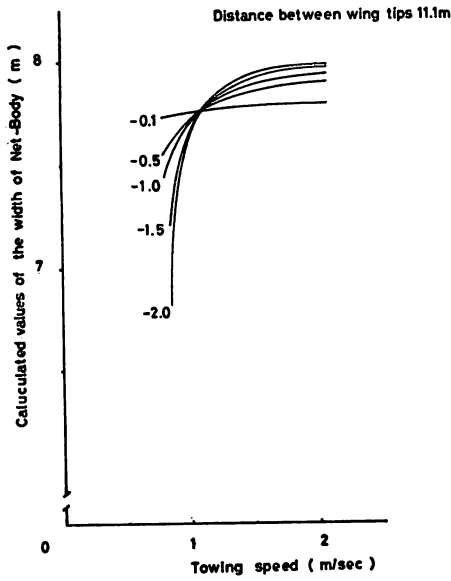


Fig. 5. Relationship between calculated values of Major axis of the ellipse and the towing speed, two-seam-net.

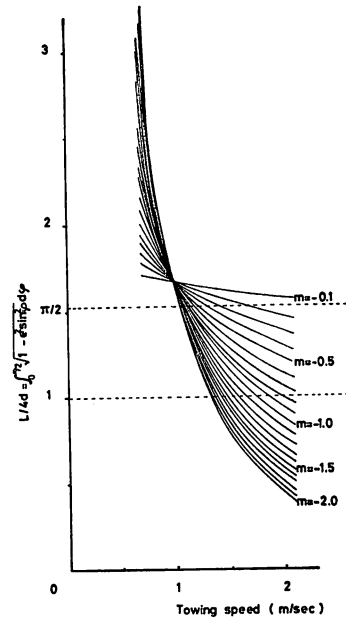


Fig. 6. Relationship between calculated values of elliptic integral of the second and the towing speed, two-seam-net.

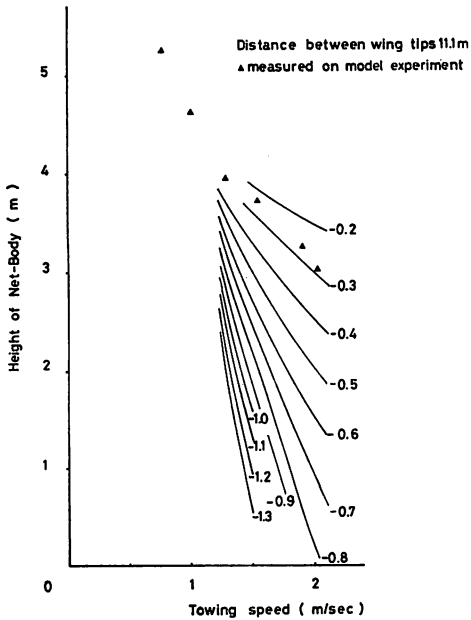


Fig. 7. Showing the height of the body net calculated by the approximate and measured by the model experiment on two-seam-net.

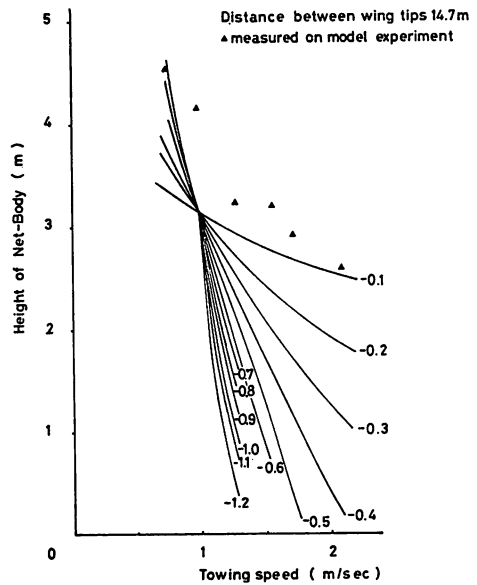


Fig. 8. Showing the height of the body net calculated by the approximate and measured by the model experiment on two-seam-net.

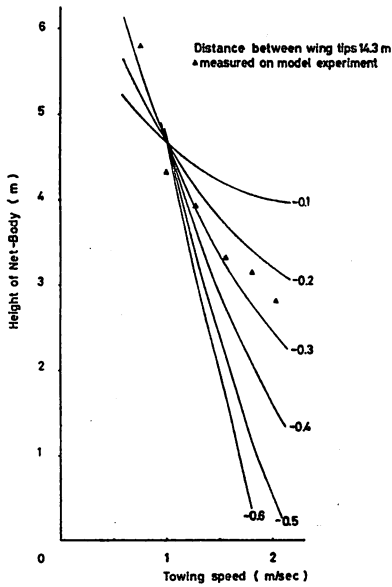


Fig. 9. Showing the height of the body net calculated by the approximate and measured by the model experiment on four-seam-net.

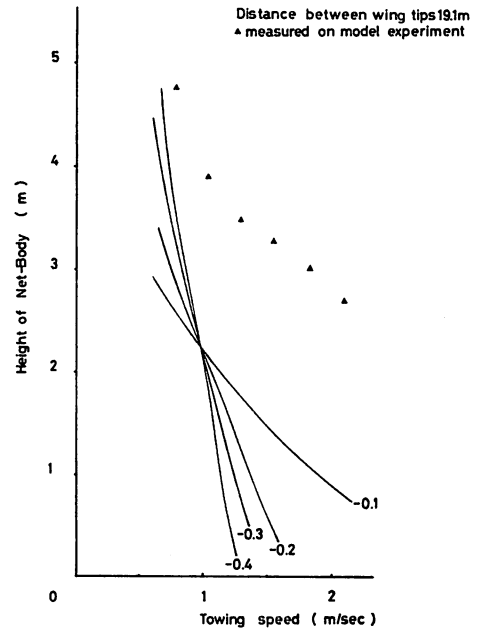


Fig. 10. Showing the height of the body net calculated by the approximate and measured by the model experiment on four-seam-net.

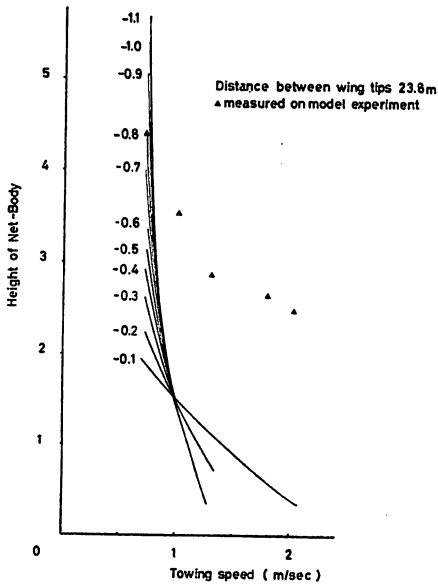


Fig. 11. Showing the height of the body net calculated by the approximate and measured by the model experiment on four-seam-net.

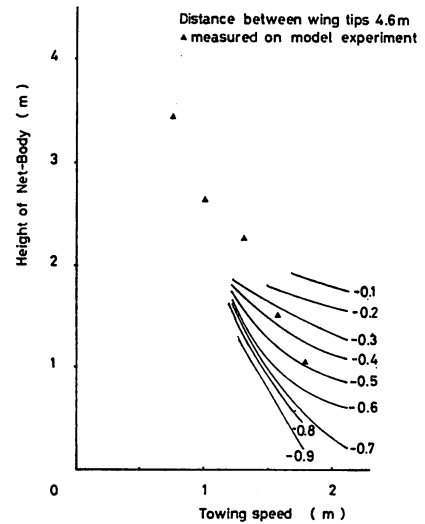


Fig. 12. Showing the height of the body net calculated by the approximate and measured by the model experiment on six-seam-net.

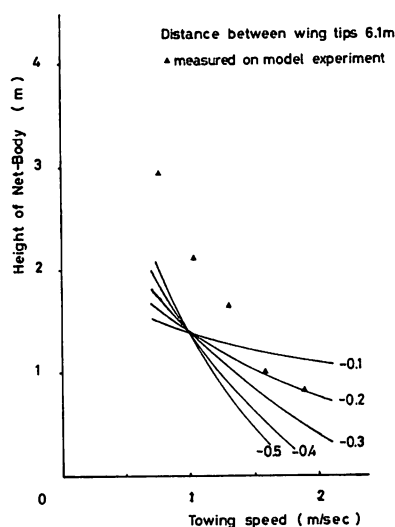


Fig. 13. Showing the height of the body net calculated by the approximate and measured by the model experiment on six-seam-net.

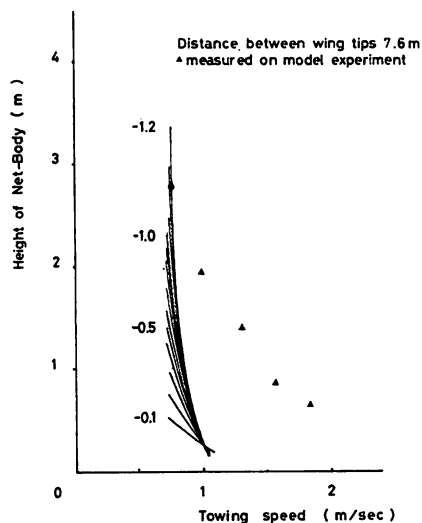


Fig. 14. Showing the height of the body net calculated by the approximate and measured by the model experiment on six-seam-net.

要 約

底曳網の網高さを設計図より直接推算する方法について検討し、網口断面形状を楕円で、身網側線の平面形状をカタナリーで近似して網高さの計算を行った。その結果実験したいずれの網においても袖先間隔が狭い場合において略一致し、その場合の乗数は2枚網 -0.3 、4枚網 $-0.1 \sim -0.3$ 、6枚網 $-0.2 \sim -0.3$ であった。袖先間隔が広い場合には計算値が低くなったがこれは底面との接地部が長くなり網口断面形状を楕円として近似できなかったためと考えられる。

終りに御校閲を賜った本学部肥後伸夫教授並びに計算に際して有益な御助言を賜った本学部菊川浩行講師に深甚の謝意を表す。

文 献

- 1) K. MOURI, N. HIGO and M. GOTOH (1976): On An Approximation Equation Applicable to the Designing of the Trawl Net-I, *This m.m.* 25, 107-115.
- 2) 不破 茂・肥後伸夫 (1974): 底曳網の網成りに関する研究. 鹿大水紀要. 23, 36-43.
- 3) K. NANGUSUKARTO (1979): Comparative Study on Gear Efficiency of Three Types of Trawl Net, *This submitted for the degree Master of Fisheries, Faculty of Fisheries, Kagoshima University.*
- 4) M. TAUTI (1934): A Relation between Experiments on Model and Full Scale of Fishing Net, *Bull. Jap. Soc. Fish.* 3(4), 171-177.