



Title	網刺し現象の基礎的研究(Ⅳ)：罹網目に隣接する脚の張力について
Author(s)	梨本, 勝昭; NASHIMOTO, Katsuaki
Citation	北海道大學水産學部研究彙報, 19(1), 33-39
Issue Date	1968-05
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/23344
Type	departmental bulletin paper
File Information	19(1)_P33-39.pdf



網刺し現象の基礎的研究 (IV)*

罹網目に隣接する脚の張力について

梨 本 勝 昭**

Fundamental Studies on the Phenomena of
Sticks in Gill-netting (IV)

The tension of neighbouring legs on sticking in mesh

Katsuaki NASHIMOTO

Abstract

The tension of the thread of a gill-net in its operation is a very important factor in designing a fishing net. The author analyzed the relation between the tension of the legs of a mesh and the dynamic force of the fish as it strikes the net, considering the slopes and the tensions of the neighbouring legs.

The tension (N_A) and slope (Φ_A) of the leg of the mesh were obtained theoretically from the following formulae,

$$N_A = \sqrt{\left(\frac{k_2 W}{1 + k_1 k_2}\right)^2 + 100 (k_4 W)^2} \frac{S_A}{b}$$
$$\Phi_A = \cos^{-1} \frac{5 \sqrt{\frac{S_A}{b}}}{2 N_A}$$

where,

T ; tension of the legs of the mesh in which the fish is stuck,

W ; body weight of the fish,

F ; dynamic force of the fish,

N_A ; tension of the side legs of the mesh,

N_B ; tension of the longitudinal legs of the mesh,

b ; half of the breadth of the fish measured at the place where the mesh encircled it,

S_A ; distance between the skin of the fish and knot of the net,

and $k_1 = N_B/N_A$, $k_2 = \sin \Phi_A / \sin \Phi_B$, $k_3 = F/W$, $k_4 = T/W$.

The coefficients of k_1 and k_2 were decided by experiment, and k_4 was estimated from the elongation of the legs of the mesh in which the fish was stuck. When the weight of the fish and its breadth were known, the tension and the slope of the legs could be estimated by the value of k_3 .

For example, the condition of Pink Salmon (weight 1.13 Kg) was calculated in this way (cf. Fig. 3 and Fig. 4). Although the position of the fish effects the tension and slope of these legs, the author considered only maximum possible force in these calculations. The tension load in the leg-thread was about 1/4 of the weight of the fish and the slope was about 40°-50°.

* 1966年10月日本水産学会秋季大会(於広島)で講演発表

** 北海道大学水産学部漁具設計学講座

(Laboratory of Fishing Gear Design, Faculty of Fisheries, Hokkaido University)

緒 言

平面に張った網地の張力分布についての基礎的研究は古くは神谷・安田^{1),2)}、竹内^{3),4)}によって行われ、最近に至って草間・鈴木・近藤^{5),6),7),8)}は網糸材料、結節、網地の張りの強さ等による張力分布の影響を静荷重、動荷重について詳しく調べ報告している。また、近藤・鈴木⁹⁾はサケ・マスの刺網を静水中に設置して張力分布の不均衡が浮子方よりも沈子方で大きいことを指摘している。刺網ではこの張力分布の不均衡が最初の罹網を大きく影響する要因と考えられる。漁具を設計し、使用するためには運用中の、あるいは魚の罹網時の脚張力や形状変化を知ることが重要となる。著者は前報¹⁰⁾において罹網目の糸の伸び等からその目の脚張力を推定することを試みたが、本報告ではサケ・マスが刺網に罹網した時の附近の網目に作用する張力、網の形状におよぼす影響等を知るために魚体の作用力、罹網目の張力、隣接する脚の張力、傾き角度等の諸要因間の関係について力学的な解析を試みた。本論に入るに先立ち終始御指導を賜った北海道大学水産学部黒木敏郎教授、佐藤修助教授に深く感謝する。

推 定 方 法

罹網時には魚の游泳運動によって網面の形状は Fig. 1 のように変化するものと考えられる。この時の罹網目脚張力とこれに隣接する脚張力との力学的関係を示したのが Fig. 2 である。罹網成立時では、網面と隣る網目の脚とのなす実角を Φ_A 、 Φ_B 、罹網目脚の張力を T_A 、 T_B 、隣接する脚張力を N_A 、 N_B 、その脚の縮結角度を α 、 β 、網目脚の開き角度を Q_A 、 Q_B とすれば、罹網目脚張力とこれに隣接する脚張力との関係はそれぞれ (1)、(2) 式で示される。

$$T_A \cos Q_A = N_A \cos \Phi_A \cdot \sin \alpha \quad (1)$$

$$T_B \cos Q_B = N_B \cos \Phi_B \cdot \sin \beta \quad (2)$$

ここで魚の游泳運動によって網面に力 F が作用すると考えれば、力学的に (3) 式が成立する。

$$F = 4 (N_A \sin \Phi_A + N_B \sin \Phi_B) \quad (3)$$

魚体の中心軸と罹網目脚とのなす角度 Q_A 、 Q_B は魚体表皮と結節との間隙を S_A 、 S_B 、魚の断面を楕円体として考え短軸を b 、長軸を a とすれば、サケ・マスの場合では短軸と長軸の比 b/a は吻端からの距離で異なるが、罹網部位附近では $a=2b$ となるので近似的には (4)、(5) 式のように置ける。

$$\cos Q_A \approx 2 \sqrt{\frac{S_A}{b}} \quad (4)$$

$$\cos Q_B \approx \sqrt{\frac{S_B}{a}} \quad (5)$$

魚体が網目に保持された時には罹網目の脚張力 T_A 、 T_B はそれぞれ等しくなり T と置くことが出来

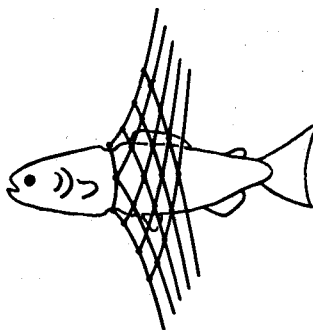


Fig. 1. Form of the net-mesh when a fish is stuck in it

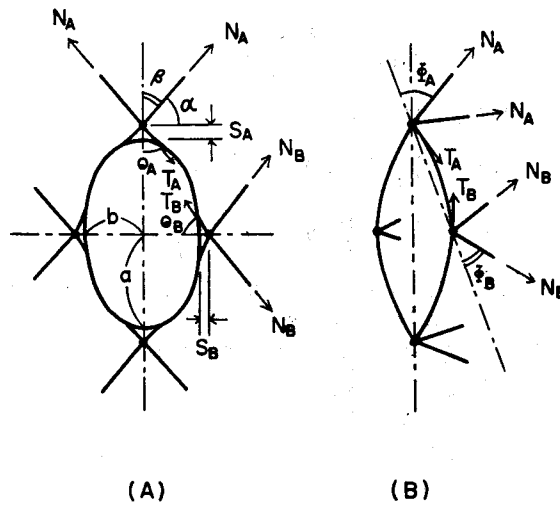


Fig. 2. Illustrations of the relationship between the tension and the slope of the legs of the mesh in which the fish is stuck and the ones of neighbouring mesh

- A* ; front view, *B* ; explanatory side view
N_A ; tension of the longitudinal leg of a mesh neighboring the one in which a fish is stuck
N_B ; tension of the side leg of a mesh neighboring the one in which the fish is stuck
T_A ; tension of the longitudinal leg of a mesh in which the fish is stuck
T_B ; tension of the side leg of a mesh in which the fish is stuck
a ; half of the breadth of the fish measured where the mesh encircles it
b ; half of the height of the fish measured where the mesh encircles it
S_A ; distance between the back skin of the fish and the knot of the net
S_B ; distance between the side skin of the fish and the knot of the net
 β ; angle of the webbing hang (vertical axis)
 α ; angle of the webbing hang (horizontal axis)
 Φ_A ; slope of the longitudinal leg of a mesh neighbouring the one in which the fish is stuck
 Φ_B ; slope of the side leg of a mesh neighbouring the one in which the fish is stuck
 Q_A ; open angle of the longitudinal leg of a mesh in which the fish is stuck
 Q_B ; open angle of the side leg of a mesh in which the fish is stuck

る。また、網目の縮結角度 α , β は縮結によって定まり、サケ・マス刺網では縮結 4 割が適正と考えられることから、 α , β の関係は (6) 式のようになる。

$$3 \sin \alpha = 4 \sin \beta \quad (6)$$

ここで $\alpha + \beta = \pi/2$ であることから $\sin \alpha = 2/5$, $\sin \beta = 3/10$ が得られる。(4), (5) 式と $\sin \alpha$, $\sin \beta$ の値を (1), (2) 式に代入整理すれば (7), (8) 式が得られる。

$$\cos \Phi_A = \frac{5T \sqrt{\frac{S_A}{b}}}{2N_A} \quad (7)$$

$$\cos \Phi_B = \frac{10T \sqrt{\frac{S_B}{a}}}{3N_B} \quad (8)$$

(7), (8) 式を変形すれば (7'), (8') 式になる。

$$\sin \Phi_A = \frac{5}{2} \sqrt{\frac{4}{25} N_A^2 - T^2 \frac{S_A}{b}} / N_A \quad (7')$$

$$\sin \Phi_B = \frac{10}{3} \sqrt{\frac{9}{100} N_B^2 - T^2 \frac{S_B}{a}} / N_B \quad (8')$$

罹網目に隣接する脚と網面とのなす実角 Φ_A , Φ_B は (9) 式のように置ける。

$$\sin \Phi_B = k_1 \sin \Phi_A \quad (9)$$

また、罹網目に隣接する脚張力 N_A , N_B は網の縮結、張りの強さ等によっても変化するが刺網では次のように置いても良いであろう。

$$N_B = k_2 N_A \quad (10)$$

(9), (10) 式を (3) 式に代入すれば次式が得られる。

$$F = 4 N_A \sin \Phi_A (1 + k_1 k_2) \quad (11)$$

(7') 式を (11) 式に代入し N_A について整理すれば (12) 式が得られる。

$$N_A = \frac{1}{4} \sqrt{\left(\frac{F}{1 + k_1 k_2}\right)^2 + 100 T^2 \frac{S_A}{b}} \quad (12)$$

一方、罹網目の張力 T 、魚体運動によって網面に作用する力 F はそれぞれ体重に比例すると考えられるので、次式のように置くことが出来るであろう。

$$F = k_3 W \quad (13)$$

$$T = k_4 W \quad (14)$$

(13), (14) 式を (12) 式を代入すれば (15) 式が得られよう。

$$N_A = \frac{1}{4} \sqrt{\left(\frac{k_3 W}{1 + k_1 k_2}\right)^2 + 100 (k_4 W)^2 \frac{S_A}{b}} \quad (15)$$

罹網目に隣接する脚張力ならば傾き角度は定数 k_1 , k_2 , k_3 , k_4 、罹網魚の体重、罹網部位の体幅、魚体表皮と結節との開隙が判れば、理論的に求めることが出来るであろう。魚の罹網部位の体幅は網目の大きさから予測出来る。また、魚体表皮と結節との間隙は使用網糸の直径程度と考えられる。定数 k_4 は罹網目の網糸の伸びや魚体の縮み等から、また k_3 は魚の運動力から推定出来る。そこで実験的に定数 k_1 , k_2 を求めれば、この張力や傾き角度は (15) 式から推定出来ることになるであろう。

定数 k_1 , k_2 の決定

(1) 方法

自然に罹網している状態で観察することがもっとも望ましいが、多くの困難性を伴うので、ここでは 100cm×100cm の枠に目合 3.5cm、直径 0.7mm のアミラン無結節網地を縮結 4 割にし、たるまないように平面に張った網を使用した。この網の中央の目に Poly-uletan で作られている模型のサンマを最大胴周長の部位まで刺し込み荷重を 100g~500g まで 5 段階に荷重し、 $\sin \Phi_A$, $\sin \Phi_B$ を測定して k_1 を求めた。また、 k_2 は上述のように張った網を使い、中心の網目結節が継方向、横方向に同じ距離だけ移動するに必要な力 N_A' , N_B' は脚張力 N_A , N_B にそれぞれ比例すると考えられるのでばね秤を用い計測して、その比を k_2 として求めた。

(2) 結果

測定した $\sin \Phi_A$, $\sin \Phi_B$ の値を Table 1 に示す。 $\sin \Phi_A$, $\sin \Phi_B$ の絶対値は網の張る強さ、網

目数等によって左右されるが、荷重が増加すれば双曲線的に大きくなり一定値に近づく傾向を示す。さらに k_1 の値は縮結によっても変化するが縮結 4 割では荷重によらずほぼ定値 0.65 になる。また、張力 N_A' 、 N_B' の値を Table 2 に示す。移動距離 (変位量) が大きくなれば必要な力はほぼ指数的に増大し、その値は網の張る強さにもっとも影響を受けるが、その比 k_2 は常に一定となりその値は 1.06 になる。

Table 1. Values of $\sin \Phi_A$, $\sin \Phi_B$ and k_1 under various loads

Load (g)	$\sin \Phi_A$	$\sin \Phi_B$	$k_1 = \frac{\sin \Phi_B}{\sin \Phi_A}$
100	0.475	0.515	1.09
200	0.520	0.556	1.07
300	0.563	0.588	1.05
400	0.585	0.609	1.04
500	0.600	0.630	1.05

Table 2. Tension of two legs and k_2 values

Moving distance (mm)	Tension of two legs		$k_2 = \frac{N_B'}{N_A'}$
	N_A' (g)	N_B' (g)	
5.0	68	42	0.67
7.5	112	70	0.63
10.0	144	94	0.65
12.5	180	125	0.69
15.0	210	138	0.66

検 討

魚体表皮と結節との間隙は観察によれば網糸の直径にほぼ等しくなり、サケ・マス の現用の網では約 1mm 程度になる。定数 k_1 、 k_2 は実験でそれぞれ 1.06、0.65 になることが判った。また、定数 k_4 は梨本¹¹⁾、上野¹²⁾ 等の資料によれば羅網目の糸の伸び等から 1/2~1/5 の値になることが予想される。これらを (15) 式に代入することによって、羅網魚の体重、ならびに羅網部位の体幅が判れば、脚張力と k_3 の関係が求まり、 k_3 の値が定まれば脚張力は推定出来るであろう。この関係を用いて体重 1.16kg のカラフトマス (体長 46.2cm) が目合 106mm の網に羅網した場合について試みると、脚張力 (N_A) と k_3 の関係は Fig. 3、またその時の脚の傾き角度 (Φ_A) は Fig. 4 に示すようになり、脚張力は体重に比例し、 k_3 の増加に伴ってほぼ直線的に大きくなる。また、傾き角度は k_3 の増加によって双曲線的に大きくなり、 k_4 の値が小さい程大きな角度を示す。このことから刺網の弾性特性によっても網面に作用する魚体の力が影響を受けることが予想される。大島¹³⁾、小池¹⁴⁾ の資料によれば釣にかかった魚の引きの強さは勿論魚種によっても異なって来るが、サケ・マスのような体型の魚では体重と同じくらいが予想される。魚の運動支点の位置によって作用力は異なるが、魚が吻端を支点として運動した場合には最大の力を発揮し、また魚体の重心近くでは最少になると考えられる。それで作用力を最大と考えて $k_3=1$ として試算すると一脚張力は約 250g~350g (体重の約 1/4) になり、また傾き角度は約 40 度~60 度になる。魚の游泳慣性力で最初の羅網が短時間で起こるとすれば、このことは魚体運動によって最初の羅網を強く進めながら次第に網面への作用力は減少させて前方に進むことになり、完全羅網時では作用力が最少になることが推定され、これは刺網漁具の興味深い特

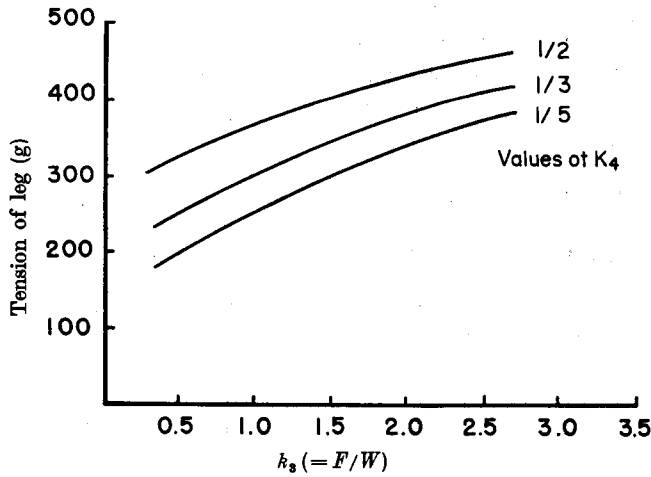


Fig. 3. Tension curves against k_s in the various values of k_4 , calculated for Pink Salmon (body weight 1.13 kg).

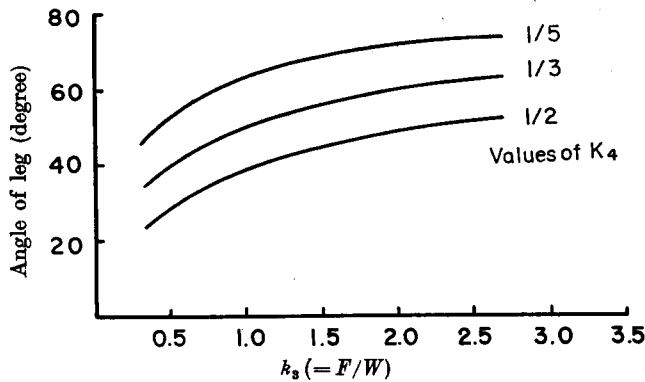


Fig. 4. Slope angles against k_s in the various values of k_4 , calculated for Pink salmon (body weight 1.13 kg)

性であるとも云えよう。目合が小さくなると当然魚の罹網部位の体幅が小さくなり理論式からは脚張力は大きくなるが、魚体の運動支点が異なって作用力は大きく影響するのでこの理論式だけからでは正確に推定することは難かしい。また、実際の漁場では波浪動揺等によってこの推定張力よりも大きくなって来るものと考えられるが、それでも現用の網糸の破断強度よりもはるかに小さな値と思われるので、使用網地の強度については大きな問題はないものと見て良いであろう。

要 約

サケ・マスが罹網した隣の網目ではどの程度の力が作用し、網面は傾くかを魚体の作用力、罹網目の脚張力、これに隣接する脚の傾き角度等の諸要因間関係の力学的な解析を試みた。魚の体重を W 、魚の網面への作用力を F 、罹網目脚の張力を T 、罹網部位の体幅の半分の長さを b 、魚体表皮と結節との間隙を S_A とすれば、罹網目に隣接する脚張力 (N_A)、脚の傾き角度 (Φ_A) は理論的にそれぞれ次式で示される。

$$N_A = \frac{1}{4} \sqrt{\left(\frac{k_2 W}{1 + k_1 k_2}\right)^2 + 100(k_4 W)^2 \frac{S_A}{b}}$$

$$\Phi_A = \text{Cos}^{-1} \frac{5\sqrt{S_A/b}}{2N_A}$$

ここで $k_1 = N_B/N_A$, $k_2 = \text{Sin}\Phi_B/\text{Sin}\Phi_A$, $k_3 = F/W$, $k_4 = T/W$. 体重 1.66kg のカラフトマスが目合 106mm の網に罹網した時について試みると、隣接する脚の張力は約体重の 1/4, 傾き角度は $40^\circ \sim 60^\circ$ になる。網目が小さくなると理論的には脚張力は大きくなるが、魚体の運動支点が作用力に影響するのでこの式だけからでは正確に推定出来ないのだからに検討が必要である。

文 献

- 1) 神谷鐘吉 (1934). 網地における張力分布 (I). 日水誌 3(1), 5-7.
- 2) ————・安田秀明 (1934). 同上 (II). 同誌 3(4), 203-204.
- 3) Takenouti, Y. (1935). The nature of the fishing net and its application to the broad break of the net (I). *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.* 4(3), 141-146.
- 4) ———— (1937). Ditto (II). *Ibid.* 5(5), 279-283.
- 5) 草間秀俊・近藤 仁・鈴木 誠 (1956). 網地の張力分布 (予報). 日水誌 21(9), 973-974.
- 6) 近藤 仁・鈴木 誠 (1959). 同上 (I). 同誌 25(7), 519-524.
- 7) ————・——— (1960). 同上 (II). 同誌 26(6), 559-564.
- 8) Kondo, Y. (1961). The distribution of stress on a fishing net (III). *Bull. Japan Soc. Sci. Fish.* 27(1), 17-21.
- 9) 近藤 仁・鈴木 誠 (1959). 鮭鱒流網の張力測定 (I). 日水誌 25(5), 346-350.
- 10) 梨本勝昭 (1965). 網刺し現象の基礎的研究 (I). 北大水産彙報 15(4), 221-233.
- 11) ———— (1966). 同上 (II). 同誌 17(1), 33-46.
- 12) 上野元一・三島清吉・山本昭一 (1965). サケ・マス流網罹網時における網糸の伸びと魚体くびれについて. 日水誌 31(8), 606-609.
- 13) 大島泰雄 (1953). 釣にかかった魚の引きの強さについて. 同誌 19(4), 233-238.
- 14) 小池 篤 (1954). 釣にかかった魚の引きの強さについて (予報). 同誌 20(8), 698-699.