HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	網刺し現象の基礎的研究(第III報)：適正縮結の理論的考察
Author(s)	梨本, 勝昭
Citation	北海道大學水産學部研究彙報, 18(2), 73-80
Issue Date	1967-08
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/23305
Type	departmental bulletin paper
File Information	18(2)_P73-80.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

網刺し現象の基礎的研究（第III報）*
適正縮結の理論的考察

梨　本　勝　昭**

Fundamental Studies on the Phenomena of Sticks in Gill-Netting (III)
Theoretical consideration of the most suitable webbing hand in net

Katsuaki NASHIMOTO

Abstract

It is generally considered that the webbing hang of the gill-net has an important effect upon the fishing rate. The theoretically most suitable webbing hang investigated by the author is described in this paper.

Although the position of the fish sticking in a net mesh depends not only on the shape of the fish body but also on the size of the mesh and webbing hang of net, it may be not yet concerned in the elongation of net-legs and the contraction of fish girth until the positions of the fish go on after contacting with the net-legs at four points on the surface of the fish body.

Assuming that the cross section of a fish body is elliptic and that the best sticking condition means that the girth length on this position is maximum value, the most sutiable webbing hang (S) of the gill-net is decided theoretically from the following formula,

$$S = 1 - \sqrt{\beta/1 + \beta} \qquad (1)$$

where β is the ratio of the length of the body breadth to the length of the body height. And, the half length of the body breadth (a) in this position of the fish is shown by the formula,

$$a = L\beta/(1 + \beta) \qquad (2)$$

where L is 1/2 of the size of the mesh (i.e. a length of one leg).

The ratio of the length of the body breadth to the length of the body height is changed with the distance from the snout of the fish (cf. Fig. 3, Fig. 4), but the most suitable webbing hang in net would be decided by the ratio on the position of the fish body.

After investigation of these relations in salmons, it was found out that the distance of four-points contact position from the snout of the fish was 13% of the body length in pink slamon and 17% in chum salmon, and that the most suitable webbing hang was about 38 percent for these two species of salmon when the most appropriate the size of the mesh of the gill-net was used.

緒　　言

従来から魚の網目通過率について網糸の直径，目合との関係が岡[1]によって論じられ，更に神田[2][3]は目合と縮結との関係を網目の開きや魚体の形状から捉えて理論的に考察し，これらの違いによって網の認知され方が異なり，網目の通過に大きく影響することが認められている。このことからも刺網

* 1965 日本水産学会秋季大会（於清水）で講演発表

** 北海道大学水産学部漁具設計学教室

では網地の目合，縮結等は漁獲を大きく左右する要因と考えられ，以前から解明が試みられている[4)5)]。魚が刺網に刺し込む深さは魚の形状，網の目合等によって変ってくるが，網糸と魚体表皮が 4 点で接触するまでは，網糸の伸びや魚体の縮みとは無関係に考察出来る。そこで魚体の体高・体幅の比，網目の大きさ等の諸要因間の関係を幾何学的に解析して，適正縮結を理論的に求め考察したので報告する。本論に入るに先立って終始御指導を賜った北海道大学水産学部黒木敏郎教授，同学部佐藤修助教授に深く感謝する。

理 論 的 考 察

魚の横断面を近似的に楕円とし，魚が網目に入り 4 点接触した状態を示したのが Fig. 1 である。この図において，網脚と魚体の関係を考えて行くのに，まず縮結 (S) と脚 (L) との関係は，

$$L\sin\varphi + sL = L \tag{1}$$

になり，これを整理すれば，

$$\sin\varphi = 1 - s \tag{2}$$

$$\cos\varphi = \sqrt{1-(1-s)^2} \tag{3}$$

が得られる。ここでは魚体の断面を近似的に楕円としているので

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1 \tag{4}$$

が成立する。魚体の部位（吻端からの距離）によって楕円の離心率が変らないものとすれば，半体高 (b)・半体幅 (a) の比 (β) は次式のように置くことが出来る。

$$\frac{a}{b} = \beta \tag{5}$$

この式を (4) 式に代入すれば，

$$x^2 + \beta^2 y^2 = a^2 \tag{6}$$

になる。又，網脚 PQ (接線) は次式で示される。

$$y = -\frac{\cos\varphi}{\sin\varphi}x + L\cos\varphi \tag{7}$$

(7) 式に (2), (3) 式を代入すれば，

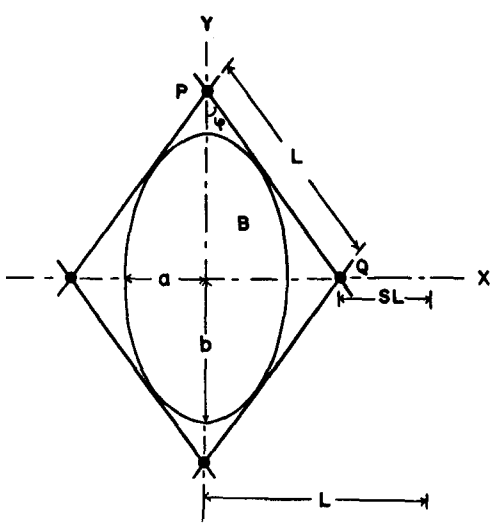

Fig. 1 Positional relationship between the mesh and the fish-body that comes in contact with the net-legs at four points when the fish act on the mesh

B; Cross section of the fish-body
S; Webbing hang in net
L; 1/2 mesh size
a; Half length of body breadth
b; Half length of body height
β; Ratio of body breadth to body height
φ; Angle of the open mesh (net-leg and Y-axis)

$$y=\sqrt{2s-s^2}\left(L-\frac{x}{1-s}\right) \tag{8}$$

が得られる。(8) 式を更に (6) 式に代入して整理すれば，

$$a^2=x^2+\beta^2(2s-s^2)\left\{L^2-\frac{2Lx}{1-s}+\frac{x^2}{(1-s)^2}\right\} \tag{9}$$

が得られる。一方，接点の座標を $(x,\ y)$ とすると，一般に接線の式は次のように示される。

$$\frac{Xx}{a^2}+\frac{Yy}{b^2}=1 \tag{10}$$

この式で $Y=0$ の時の条件を入れて x について求めると，

$$x=\frac{a^2}{L(1-s)} \tag{11}$$

になり，これを (9) 式に代入して a について整理すれば，

$$\left\{\frac{(1-s)^2+\beta^2(2s-s^2)}{L^2(1-s)^4}\right\}a^4-\left\{\frac{2\beta^2(2s-s^2)+(1-s)^2}{(1-s)^2}\right\}a^2+\beta^2L^2(2s-s^2)=0 \tag{12}$$

が得られる。これを a^2 について解くと，a^2 の解は，

$$a^2=L^2(1-s)^2 \tag{13}$$

又は，

$$a^2=\frac{L^2\beta^2(2s-s^2)(1-s)^2}{(1-s)^2+\beta^2(2s-s^2)} \tag{14}$$

となる。目合 $2L$ の刺網に出来るだけ深く魚を刺し込ませる為には上式の a^2 を最大になるように縮結を決めれば良く，この時の縮結が適正縮結になるであろう。そこで a^2 の解について考察する。(13) 式で示される a^2 の解は網目が魚体に内接することを示し，又 $S=0$ の時に最大になって楕円の両端を示すので不適であり，常に $S<1$ であるから a^2 の解は (14) 式だけを満足することが判る。(14) 式を微分して整理すれば，

$$\frac{\partial a^2}{\partial s}=\frac{2L^2\beta^2(1-s)}{\{(1-s)^2+\beta^2(2s-s^2)\}^2}\left\{(1-s)^4-\beta^2(2s-s^2)^2\right\} \tag{15}$$

が得られる。a^2 はこの式が 0 のときに極大値を持つので，この時の S を求めれば良いであろう。縮結 S は常に $0<S<1$ であるので (15) 式を 0 にする為には (16) 式が満足されねばならない。

$$(1-s)^4-\beta^2(2s-s^2)^2=0 \tag{16}$$

(16) 式を整理して S について解くと，

$$s=1\pm\sqrt{\frac{\beta}{1+\beta}} \tag{17}$$

が得られる。この式においても常に $S<1$ であるから適正縮結 (S) は

$$s=1-\sqrt{\frac{\beta}{1+\beta}} \tag{18}$$

として示される。又，この時の半体幅 (a)，半体高 (b) は

$$a=\frac{L\beta}{1+\beta} \tag{19}$$

$$b=\frac{L}{1+\beta} \tag{20}$$

として求まる。このことから適正縮結は理論的には 4 点接触を起す魚体部位の体高・体幅の比，すなわち魚の体形によって決まる。又，上式はこの部位の半体高，半体幅は網目の大きさ，体形によって求まるとことを示す。

実際資料に基く考察

適正縮結 S は (18) 式で示されたように魚の体高・体幅の比によって決まり，その関係は Fig. 2 のようになる。そこで実際にシロサケとカラフトマスについて体高・体幅の比と魚体部位（吻端からの距離）との関係を求めると Fig. 3, Fig. 4 で示される。魚の体高・体幅の比は魚体の部位によって異なり，腹部から背鰭基部まではほとんど一定と見做せるが頭部と尾部では若干この部位よりも大きな値を示し，丸味を帯びた形状になっていることが判る。尚同じ魚種でも成長や雌雄により，又魚種によっても体形変化が認められるようであるが，一応この資料だけから論を進めることにする。上図の関係を使って (18) 式を適用して，魚体部位毎に適正縮結を求めたのが Fig. 5, Fig. 6 である。この図から適正縮結は魚体の 4 点接触を起こさせる部位によってかなり異なって来ることが判る。刺網において正常な刺しは背鰭基部より前方で起こるものであるから，当然 4 点接触もこの部位より前方で生じるので，適正縮結については魚の吻端から背鰭基部までの間で考察すれば良いであろう。カラフトマスの眼附近の適正縮結はほぼ 37%，鰓附近では 42%，背鰭基部では 45% になり，シロサケではカラフトマスより若干小さな値を示すことが判る。これらの魚体の曜網部位は網目の大きさによっても異なってくるので，適正縮結は魚体の形状だけからは求められないが，網目の大きさ，魚体の形状並びに大きさが与えられると決定されることになる。

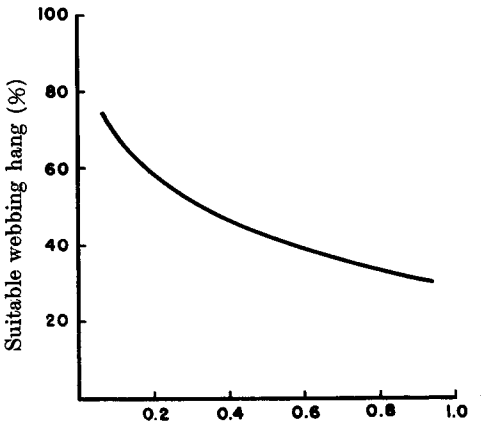

Fig. 2 Sutiable webbing hang curve for different ratios of body breadth to body height

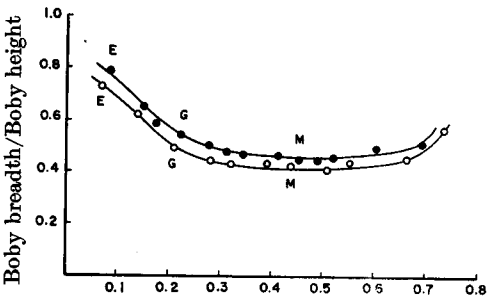

Fig. 3 Relationship between ratio of body breadth to body height and distance from the snout of fish.
Marks E, G and M show the positions of the eye, the gill and maximum girth length respectively.
Open circle indicated male Pink salmon (43.2 cm body length);
Solid circle, male Chum salmon (57.5cm body length)

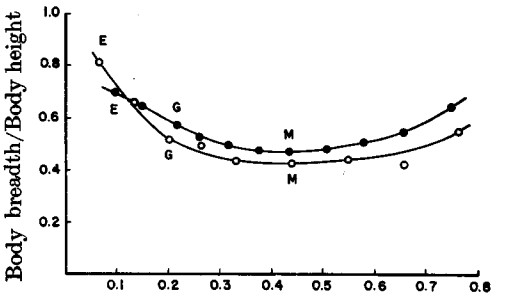

Fig. 4 Relationship between ratio of body breadth to body height and distance from the snout of fish.
Marks E, G and M show the positions of the eye, the gill and maximum girth length respectively.
Open circle indicate female Pink salmon (45.7 cm body length);
Solid circle, female Chum salmon (53.4 cm body length)

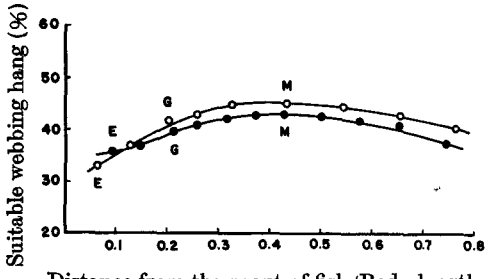

Fig. 5 Suitable webbing hang curves for the distances from the snout of fish that comes in contact with the net-legs at four points.
Marks E, G and M show the positions of the eye, the gill and maximum grith length respectively.
Open circle indicate male Pink salmon (43.2 cm body length);
Solid circle, male Chum salmon (57.5 cm body length)

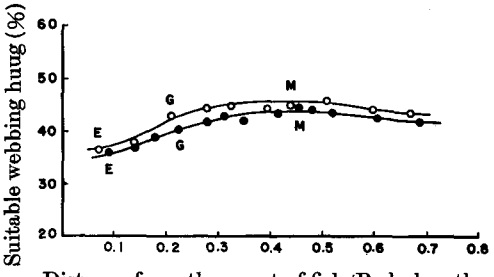

Fig. 6 Suitable webbing hang curves for the distances from the snout of fish that comes in contact with the net-legs at four points.
Marks E, G and M show the positions of the eye, the gill and maximum grith length respectively.
Open circle indicate female Pink salmon (45.7 cm body length);
Solid circle, female Chum salmon (53.4 cm body length)

検　　討

魚の部位（吻端からの距離）毎の半体幅は魚種や雌雄により，又成長によっても異なって来るが，シロサケ，カラフトマスで測定した例を Fig. 7, Fig. 8 のように描くことが出来る。鰓附近で変曲点を持っていることが判る。又，目合の異なる刺網を用いた時に魚が 4 点接触する最大の半体幅は魚体の部位毎に体高・体幅の比を Fig. 3, Fig. 4 から求め，(19) 式にこの値を入れることによって目合毎の曲線が Fig. 9, Fig. 10 のように求められる。そこでこれからの曲線を Fig. 11, Fig. 12 のように同一平面上に描けば，それぞれの曲線の交点が求められ，これらの点が網目の大きさ毎に魚体の 4 点接触する部位を示すことになる。網目の大きさが判ればこれから簡単にこの時の吻端からの距離は知ることが出来，又適正縮結をも求めることが出来るであろう。この関係図からシロサケ雌では 115mm の網目を使用した時には眼の附近で，カラフトマス雌は 120mm の網目では鰓附近で 4 点接触が生じることが判る。刺網の目合は現象論的に論じられており[6]，三島等の資料[7]によれば最大胴周長と網目周長の比が 1.12 程度が適正になるので，この比を利用してこれらの魚体の適正目合を求めると，シロサケ雄では 150mm，雌では 140mm，又カラフトマス雄では 100mm，雌では 110mm になる。この目合を使用し Fig. 11, Fig. 12 から 4 点接触する魚体部位を求めると，魚の雌雄ではほとんど差がなくカラフトマスでは体長の 13%，シロサケでは 17% になる。これから最適縮結を試算すると，シロサケ，カラフトマスともにほぼ 38% になるものと思われる。この最適縮結より縮結が多くても，又少くても正常な刺しによる漁獲は減少し，纏絡による漁獲が増加するものと考えられる。実際に刺網で使用している縮結よりも理論的に算出した値が小さいのは纏絡による漁獲を確実にしていると理解出来る。しかし，纏絡による漁獲が増加するに伴って正常な刺しによる漁獲は減少するので，最適縮結はこの両者の関係から決定されねばならないが，刺し網の漁獲機構上から考えて，正常な刺し漁獲が最大となる縮結は 38% を最適とするものと思われる。

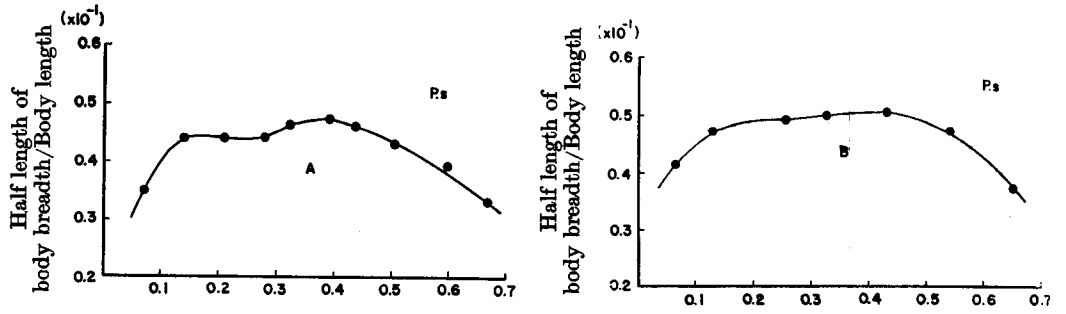

Fig. 7 A half length of body breadth at the distances from the snout of fish (Ordinate and abscissa are shown in ratio to body length respectively).
Curve A, male Pink salmon (43.2 cm body length);
Curve B, female Pink salmon (45.7 cm body length)

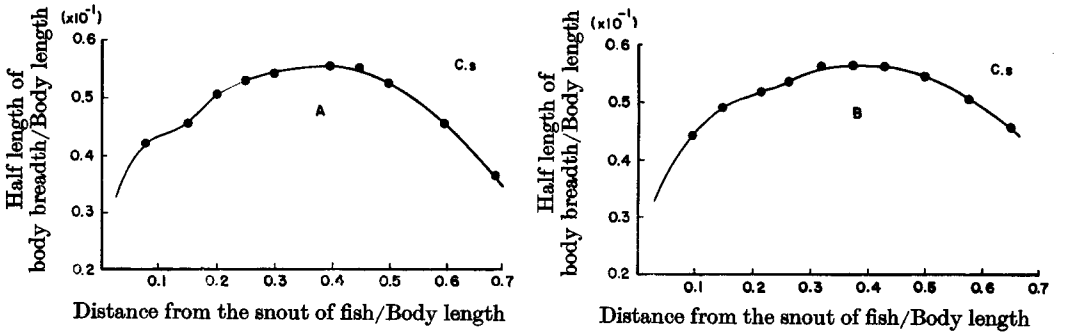

Fig. 8 A half length of body breadth at the distances from the snout of fish (Ordinate and abscissa are shown in ratio to body length respectively).
Curve A, male Chum salmon (57.5 cm body length);
Curve B, female Chum salmon (53.4 cm body length)

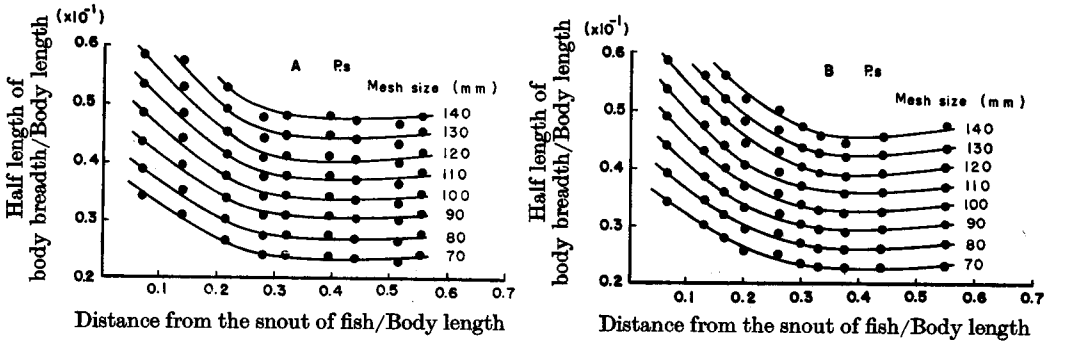

Fig. 9 Relationship between the mesh size and half length of body breadth when the fish comes in contact with the net-legs at four points.
Curve A, male Pink salmon (43.2 cm body length);
Curve B, female Pink salmon (45.7 cm body length)

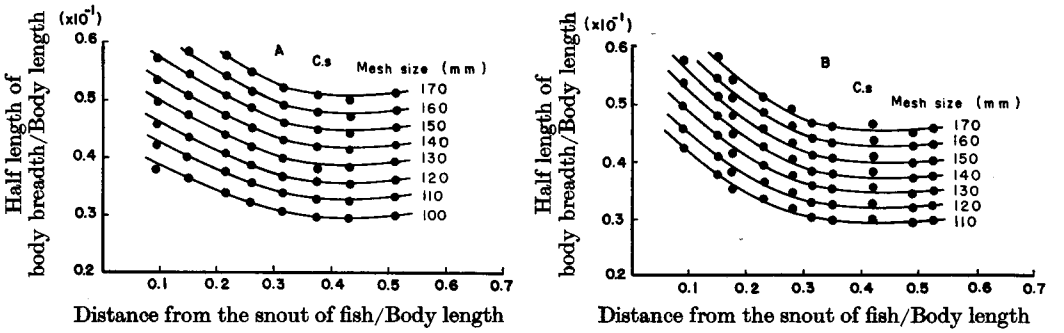

Fig. 10 Relationship between the mesh size and half length of body breadth when the fish comes in contact with the net-legs at four points.
Curve A, male Chum salmon (57.5 cm body length);
Curve B, female Chum salmon (53.4 cm body length)

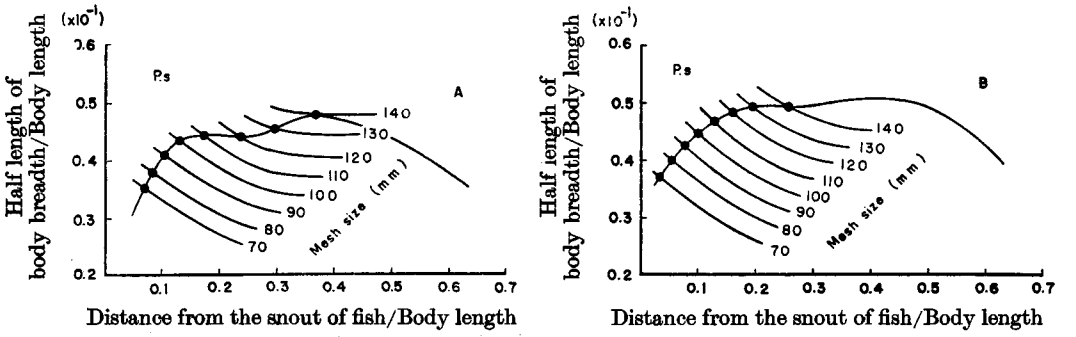

Fig. 11 Curves to find out the distance from the snout of fish at which comes in contact with the net-legs at four points.
Curve A, male Pink salmon (43.2 cm body length);
Curve B, female Pink salmon (45.7 cm body length)

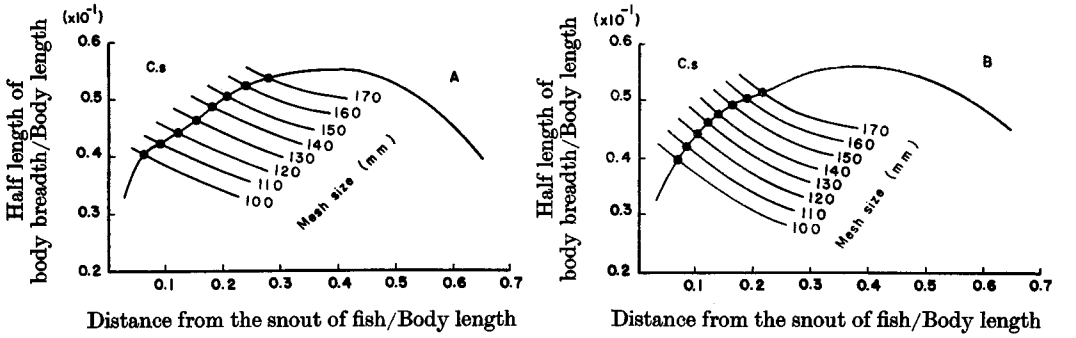

Fig. 12 Curves to find out the distance from the snout of fish at which comes in contact with the net-legs at four points.
Curve A, male Chum salmon (57.5 cm body length);
Curve B, female Chum salmon (53.4 cm body length)

要　　約

魚の横断面を近似的に楕円として，網目の4脚が魚の表皮に接触する状態を設定し体高・体幅の比，網目の大きさ，縮結等の諸要因間の関係を求め，この時の体幅が最大になる縮結を適正縮結と仮定して理論的に求めた。適正縮結 S は次式で示される。

$$s = 1 - \sqrt{\frac{\beta}{1+\beta}} \qquad (\beta \text{ は体高と体幅の比})$$

又，この時の半体幅 (a) は次式になる。

$$a = \frac{L\beta}{1+\beta} \qquad (L \text{ は1脚の長さ})$$

シロサケ，カラフトマスについてこれらの関係を用いて考察すると，適正目合を用いて漁獲する場合には4点接触はシロサケでは体長の 17% の部位で，又カラフトマスは 13% の部位で起こり，最適縮結は両者ともに約 38% になる。現用の縮結が理論的に求めた値より大きいのは纏絡による漁獲を確実にするものと考えられる。刺し網の漁獲機構上から考えて正常な刺し漁獲が最大となる縮結は 38% を最適とするものと思われるが，更に検討する必要があろう。

文　　献

1) 岡　正雄 (1945)．魚群の網目通過に関する一実験．日本誌，**13**(5)，203-209.
2) 神田献二 (1953)．網地の縮結と漁群の網目通過に就て (1)．日水誌，**18**(8)，33-40.
3) ――― (1953)．同上 (II)．同誌，**19**(5)，643-647.
4) 西山作蔵・山本昭一 (1964)．サケ・マス流網の改良に関する研究 (1)．北大水産彙報，**15**(1)，34-41.
5) ―――・中村秀雄 (1966)．同上 (II)．同誌，**16**(4)，262-264.
6) 田口喜三郎 (1961)．網目の大きさと漁獲される魚の体重から見たサケ・マスの適正目合．日水誌，**27**(7)，645-649.
7) 三島清吉・山本昭一 (1962)．サケ・マス流網の選択性．北大水産彙報，**13**(2)，82-97.