HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	網刺し現象の基礎的研究(VI)：罹網時の魚体游泳慣性力について
Author(s)	梨本, 勝昭
Citation	北海道大學水産學部研究彙報, 19(4), 273-278
Issue Date	1969-02
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/23371
Type	bulletin (article)
File Information	19(4)_P273-278.pdf

Instructions for use

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

網刺し現象の基礎的研究 (VI)*
罹網時の魚体游泳慣性力について

梨　本　勝　昭**

Fundamental Studies on the Phenomena of Stick in Gill-netting (VI)
The dynamic force of the fish swum in to a mesh

Katsuaki NASHIMOTO

Abstract

From the movie films of a rainbow trout stimulated by electric schocks, the loci of the center point of fish motion were measured exactly, and the velocity and acceleration of this point were calculated. The dynamic force of the fish swum in to a mesh was estimated from this acceleration.

The results obtained from this experiment were as follows;

(1) Although the maximum velocity and acceleration of the fish were fluctuated (body length; 16～30 cm), the former was about 14×10 cm/sec and the latter was about 24×10^2 cm/sec^2.

(2) The dynamic force of the fish swum in to a mesh was estimated as 2～3 times of its body weight.

緒　　言

刺網に魚体が保持されるのは前報[1]で報告したように点接触，或いは線接触することによって触覚刺戟を受け逃避行動を起こして，最大の游泳慣性力で網面に作用し罹網が進むためと考えられる。この時，魚体運動によって作用する力は罹網の刺し深さや罹網目脚の張力を左右し，魚の漁獲条件に大いに影響するものと思われる。今までに魚の游泳慣性力として大島[2]，小池[3]は釣にかかった魚の引きの強さを測定し，今田[4]は釣糸の切断強度よりこの時に作用する力を推定している。また，宮崎[5]は刺網に罹網した魚の作用力を実験的に測定しているが，触覚刺戟による魚の運動を測定した例は少ないようである。魚が自然游泳している状態で罹網する時の作用力を測定することが望ましいが，多くの困難性が伴なうので本報告では触覚刺戟の代わりに電気刺戟を与えて魚体を強制的に運動させ，魚の運動軌跡を測定し，速度，更には加速度を算出する手順で魚の游泳慣性力を求め，罹網時に作用する力を推定した。本論に入るに先立って終始御指導を賜った東京大学海洋研究所黒木敏郎教授並びに北海道大学水産学部佐藤修助教授に深く感謝する。また，実験を行なうに際していろいろと便宜を計っていただいた北海道大学水産学部七飯養魚場の小坂淳氏に深甚の謝意を表する。

実験材料および方法

実験魚には平均体長 25cm のニジマスを用いた。実験は Fig. 1 に示すような装置を使って，水槽(縦 5cm，横 86cm，深さ 30cm) の中央に魚体を水槽の長い方向と体軸を平行にして入れ，2～3 分間して魚が落着いてから電気刺戟を与えた。この時の運動を刺戟と同調させ 8mm カメラを用いて毎秒

* 1968年日本水産学会年会で発表
** 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*)

32コマで撮影した。このフイルムの画像から魚の運動軌跡を求め，刺戟を与えてから運動を起こすまでの時間や尾鰭を左右に一振りするに要する時間などを求めるとともに魚体の移動距離，速度，加速度を算出した。ここで求めた魚の運動軌跡は魚体の進行方向に対して左右の振れの最も小さい重心位置（魚の吻端から全長の約 2/5 の部位）についてである。なお，この実験に用いた電気刺戟は交流 60cycle，電圧 60～80V，刺戟時間約 0.2 秒，電極間隙を 100cm にした。また，水の電離度は 2.05Ω·cm，実験中の水温は常に 5°C であった。

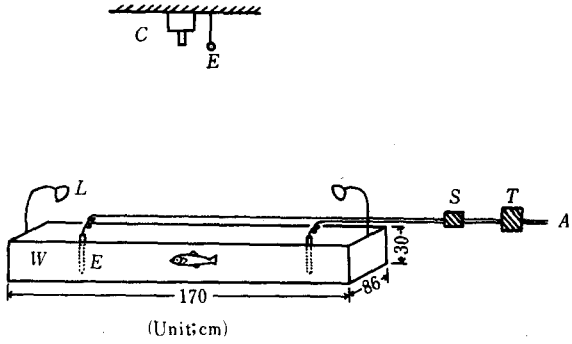


Fig. 1. Shematic illustration of apparatus for experiment

C; 8 mm movie camera　*L*; light for illumination　*E*; electrode for stimulation
S; switch　*W*; water tank　*F*; flash light　*T*; transformer
A; source of electricity (alternating current 50 cycle, 100V)

実験結果および考察

電気刺戟を受けた魚体の運動軌跡2例を Fig. 2, Fig. 3 に示す。また得られた結果の概要を Table 1 に示す。どの魚体とも刺戟が与えられると急に飛び出すように運動することが判る。また，直線運動距離が短かいことから水槽の大きさがかなり運動を制限していることが推定される。しかし，短時

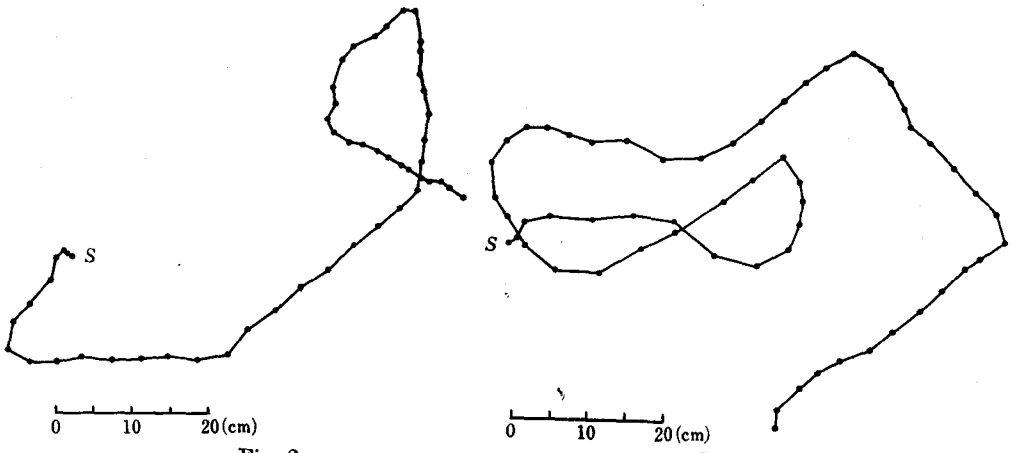


Fig. 2.　　Fig. 3.

Fig. 2. The locus of the center point of fish motion by the stimulation of the electric shock (rainbow trout, body length 26.0 cm)　*S*; start point

Fig. 3. The locus of the center point of fish motion by the stimulation of the electric shock (rainbow trout, body length 30.5 cm)　*S*; start point

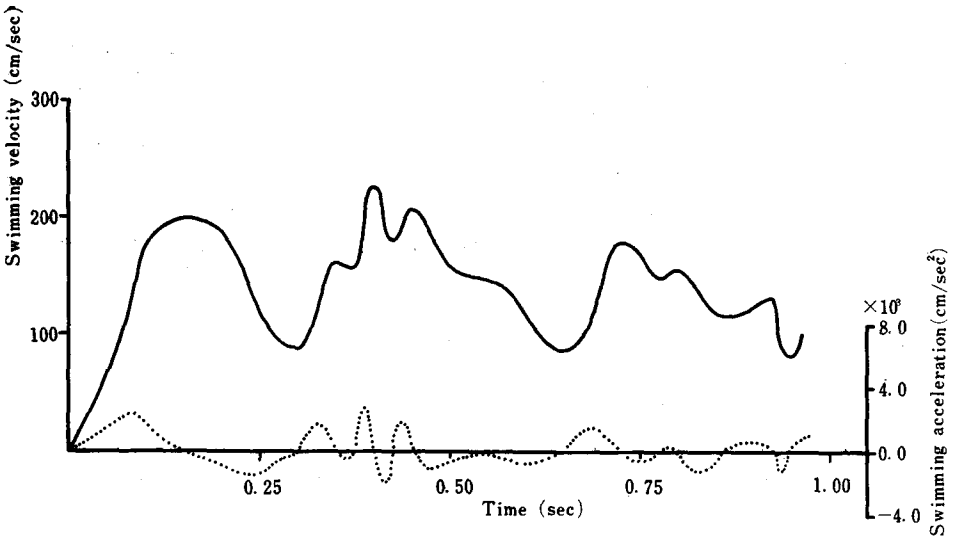
間の加速度運動には大きく影響はしていないようである。魚が運動しながら壁に近づく距離は体長によって異なるが，体長に対する比はほぼ一定でその値は約 0.7 倍になった。刺戟を与えてから運動を始めるまでの時間は水温によって異なって来るが，5°C では Table 2 に示すようにほぼ体長に関係なく約 0.5 秒となった。また，尾鰭を左右に一振りするに要する時間は Table 1 最右欄で見るように，0.3〜0.5 秒になった。魚体の運動軌跡から経過時間と変位した距離を求め，これから単位時間 (1/32·Sec) 内の平均変化率を求めて速度とした。次にこの速度から速度曲線を描き微小時間内の平均変化率を求めて加速度とした。その結果例を Fig4, Fig. 5 に示す。最初の極大速度は重心移動開始後約 0.2 秒，最初の極大加速度は 0.13 秒で得ている。このようにして各個体について求めた最大速

Table 1. Experimental results

	Body length (cm)	Body height (cm)	Body breadth (cm)	Body weight (g)	Maximum velocity (cm/sec)	Maimum acceleration (cm/sec²)	Elapsed time until getting maximum acceleration (1/32·sec)	Elapsed time until getting maximum velocity (1/32·sec)	Half periad of a tail-shake (1/32·sec)
1	30.0	7.6	3.9	290	160	2050	4.5	7	18
2	20.0	4.2	2.2	70	105	1280	6.5	14	10
3	26.0	5.6	3.0	170	202	2360	4.0	16	12
4	34.1	8.0	4.4	460	179	1540	3.5	18	11
5	32.8	7.3	4.2	420	173	2390	5.0	6	19
6	16.5	3.1	1.9	40	192	4870	4.5	6	9
7	23.2	4.8	2.7	135	98	2050	3.5	5	12
8	23.9	5.2	3.1	125	77	2100	3.5	7	11
9	35.7	7.7	3.9	470	135	1790	4.5	10	15
10	30.5	7.8	3.9	450	144	1670	4.0	19	10
11	18.8	3.8	2.1	70	96	2360	2.5	14	—
12	16.7	3.3	2.0	50	195	2820	3.5	7	13
13	25.4	5.3	2.8	170	225	2690	3.0	26	—
14	16.4	3.5	2.0	400	128	3070	4.5	12	—
15	20.0	4.5	2.5	70	167	1670	5.5	7	—
16	30.0	7.6	3.9	290	125	2560	6.5	4	20
17	26.0	5.6	3.0	170	163	3100	3.5	—	—
18	32.8	7.2	4.2	410	186	2310	—	15	—
19	21.1	4.9	2.8	120	147	2130	—	7	—
20	25.4	5.3	2.8	170	—	1280	—	—	—

Table 2. The latent time for execising in electric stimulus

No.	Body length (cm)	Body weight (g)	Latent time (sec)
1	30.0	290	0.46
2	18.5	80	0.48
3	20.0	90	0.51
4	23.0	280	0.51



Fif. 4. The velocity and acceleration of the center point of fish motion (rainbow trout, body length 26.0 cm, was stimulated by the electric shock)
Solid line; velocity　　Dot line; acceleration

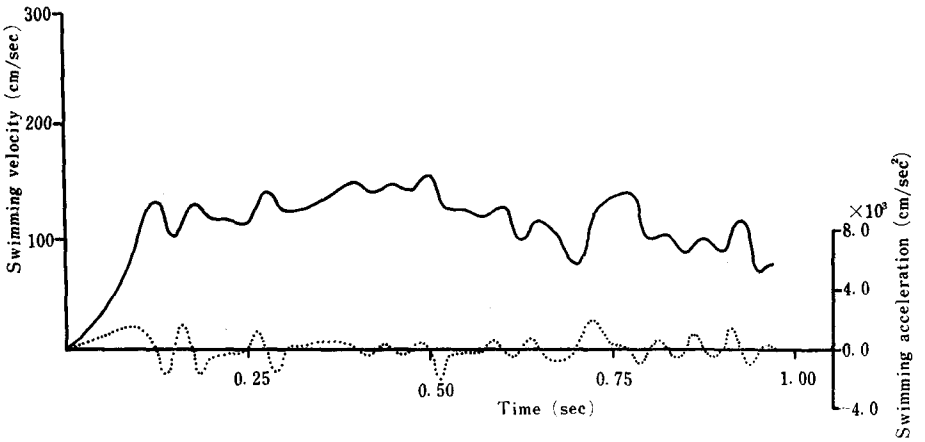


Fig. 5. The velocity and acceleration of the center point of fish motion (rainbow trout, body length 30.5 cm, was stimulated by the electric shock)
Solid line; velocity　　Dot line; acceleration

度と体長との関係を Fig. 6 に示す。各魚体によって測定値はかなり変動するが，体長が大きくなると僅かに増加する傾向が見られ，体長 L(cm) と速度 V(cm/sec) との関係は (1) 式として示される。

$$V = 0.145\,L + 140 \qquad (1)$$

体長 25cm 前後の魚では最大速度は運動してから約 0.3 秒で 144cm/sec になる。この時までに魚体は運動始発点より 30〜50cm 移動している。ここで得られた最大速度は Blaxter[6] が報告している値

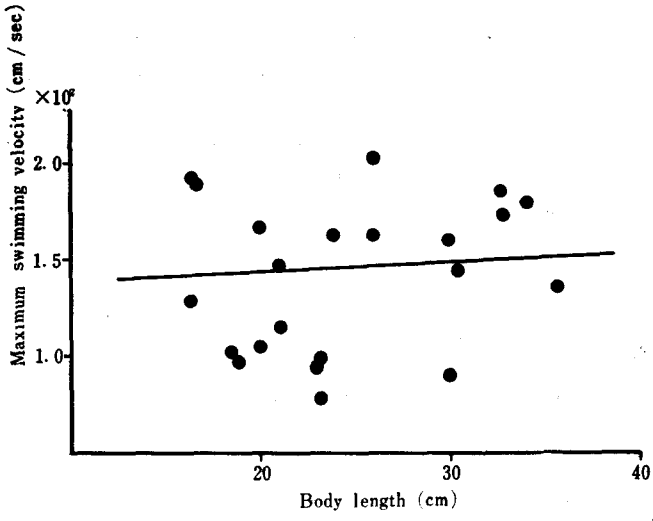


Fig. 6. Relation between the body length and the maximum velocity measured

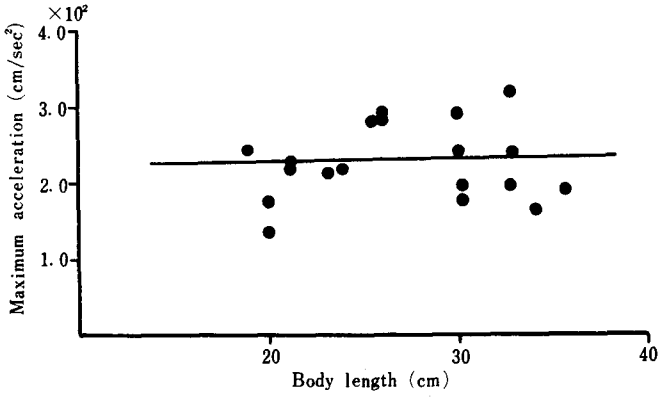


Fig. 7. Relation between the body length and the maximum acceleration calculated

とほぼ一致する。次に加速度と体長との関係を示したのが Fig. 7 である。魚の体長による差は明らかでなく，最大加速度は運動してから 0.13 秒で重力加速度 (g) の約 2.4 倍になる。今，魚の質量を M とし，水中で a と云う加速度運動した場合の魚体作用力は Ma として示されるから，魚の游泳慣性力は魚の体重の 2.4 倍程度になることが判る。この値は宮崎[5] が刺網で測定した値とほぼ一致する。刺網では，魚体が網地に接触してから最大の逃避行動を起こすことによって罷網が進み，魚体がくびれ量を増加させながら魚体表皮上に網糸をずらせて行き網目に保持される。この最大游泳慣性力で作用した仕事量とくびれによってなされた仕事量に摩擦によってなされた仕事量を加えたものが等しくなるものと考えられる。今，体長 56.1cm，体重 3.0kg のシロサケが適正目合 (160mm) で漁獲された場合に網糸が魚体に全周接触してから刺し止るまでに進む距離は約 8.4cm と推定されるので，くびれによる仕事量と摩擦による仕事量を試算する[7] と，前者では 54.2kg·cm，後者では 5.4kg·cm となり，魚が網目に刺し止められるのは主に魚体のくびれ力によるものと考えられる。

要　　約

ニジマスに電気刺戟を与えて強制的に運動させ，魚体の重心位置の運動軌跡を測定し，速度，加速度を算出する手順で魚体の最大游泳慣性力を求め，罹網過程における最大の魚体作用力を推定した。刺戟による魚体運動で得られる最大加速度は魚種，体長，水温などによって異なって来るが，水温5°C，体長 25cm のニジマスでは重力加速度 (*g*) の 2～3 倍になった。すなわち，最大游泳慣性力は魚の体重の 2～3 倍になる。この力が罹網中に作用する最大力と考えることが出来るので，くびれによる仕事量は摩擦による仕事量の約 10 倍になることが推定された。

文　　献

1) 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.
2) 大島泰雄 (1953). 釣にかかった魚の引きの強さについて. 日水誌 **19**(4), 233-238.
3) 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.
4) 今田光夫 (1962). 釣漁具による損傷の発生と軽減措置について. 北海道区水産研究所資料.
5) 宮崎千博 (1963). 網糸切れに関する研究. 水産庁資料.
6) Bxater, H. S. (1967). Swimming speeds of fish. *FAO Conference of Fish Behabiour in Relation to Fishing Techniques and Tactics, Review paper* (*Bergen*), 1967, *FRI*:*FB*/'67/*R*/3, 1-31.
7) 梨本勝昭 (1968). 網刺し現象の基礎的研究 (V). 北大水産彙報 **19**(2), 123-131.