

張力記録からみた二そう曳網の動態について

不 破 茂*

On the Behaviour of Bull Trawl Net Estimated by the Tension-records on Net

Shigeru FUWA*

Abstract

There are number of unclear points regarding behaviour of bull trawl net. The present report therefore aims at presenting basic data on this. Author reports results of some measurement on the tension on bull trawl net and discuss them in this paper. Results obtained can be as follows;

- (1) In ordinary towing condition, tension on the lacing line of head rope side were 400-700 kg, that on lacing line of ground rope side were 680-1200 kg respectively.
- (2) In the case of trawling, boats were affected by wind and current from sideway, tension of lee side was 1.5-2.3 times of that of weather side. And then net shape seemed to be unbalanced and this might affect the fishing efficiency.
- (3) The plane shape of towing rope was made an approximation with an equation of catenary with weight as the net resistance on its top. The result of calculation showed the plane view of towing rope was almost straight line.

東シナ海、黄海を漁場とする二そう曳底曳網漁具の操業中における動態については、自記式計測器によって直接に測定されたことがあるが¹⁾、漁船、漁具の規模が大型化して大陸棚の平坦な漁場から陸棚斜面域へと操業水域を拡大しつつある現在ではその漁具に関してよく知られてないようである。著者はこの二そう曳漁船に乗船して漁具にかかる張力を計測する機会を得たので、その測定結果と二、三の考察を報告する。

方 法

計測は二そう曳漁船（195トン、600馬力）において、船尾における曳索にかかる張力を10トン用ロードセルで、また網各部の張力を自記式張力計（2トン）で測定した。曳網速度は舷側より波浪の影響のない水深までノットメーターを垂下曳航して測定し、両船間隔はレーダーにより適宜測定した。漁場は東シナ海の64~164m底質は砂、泥又は砂泥であった。

* 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)

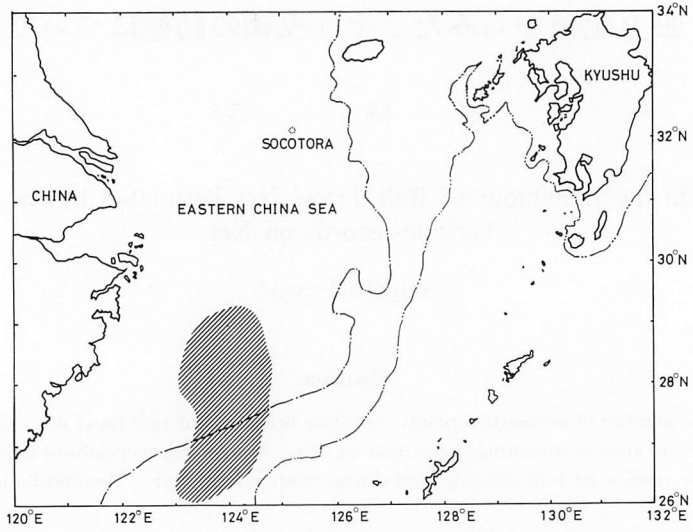


Fig. 1. Map showing the experimental fishing ground.

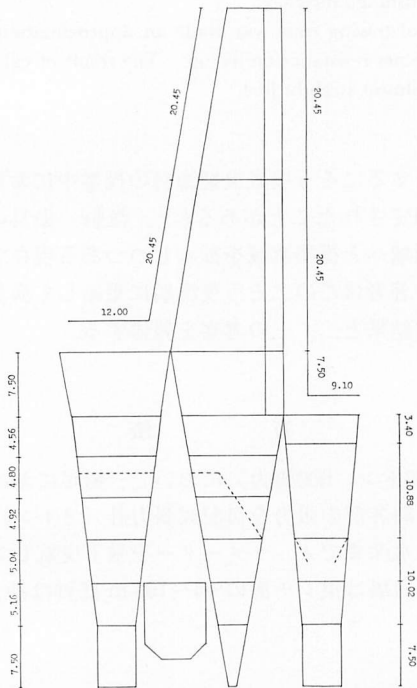


Fig. 2. Net plan of the bull trawl net employed in this study.

Table 1. Summary of experimental fishing gear.

Head rope length (m)	93.8
Ground rope length (m)	105.9
Float total buoyancy (kg)	769.31
Ground rope weight in water (kg)	966.80

Table 2. Specification of experimental fishing boat.

Length (O.A.)	34.00 m
Breadth	7.30 m
Depth	3.40 m
Gross tonnage	194.30 ton
Main engine	4 cycle Diesel 600 ps

結 果

網各部に装着した張力計の記録例を Fig. 3 に示す。記録より網を海中に投下終了した時点で網は十分展開して大きな張力がかかるが、曳索の伸出開始と同時に0に下降し3～4分間継続した後に急増して1～2分後に略一定の値をとって安定する。投網時には船速(4.4～

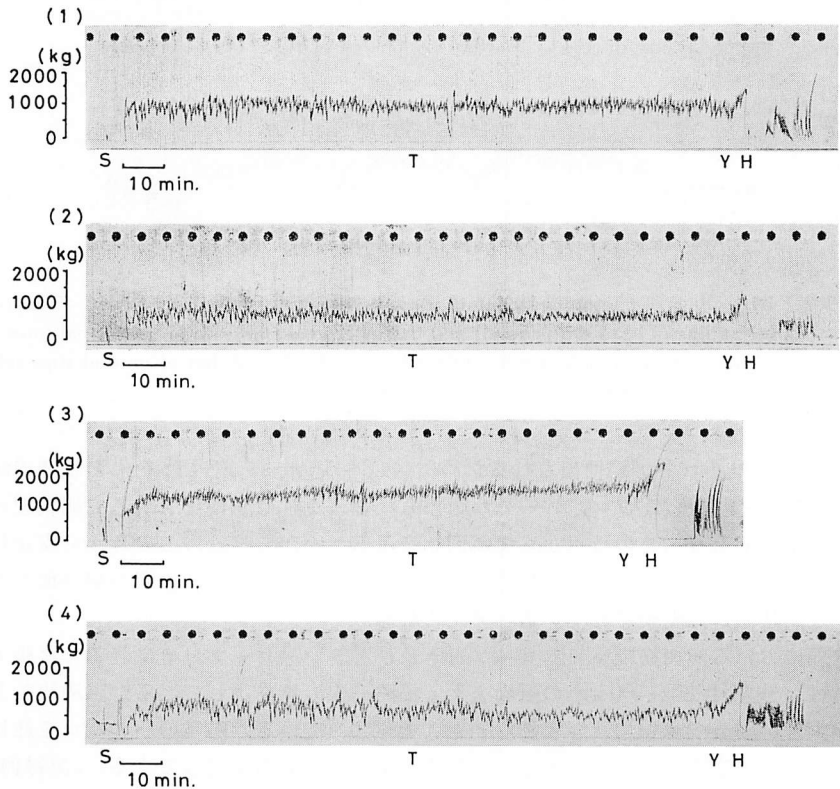


Fig. 3-1. Recordings of tension meter attached to the lacing line of bull trawl net. (1), (2); tension of lacing line of head rope side. (3), (4); tension of lacing line of ground rope side. S: Shooting of net, T: Trawling of net, Y: Yose, Approaching of two boats, H: Hauling of net.

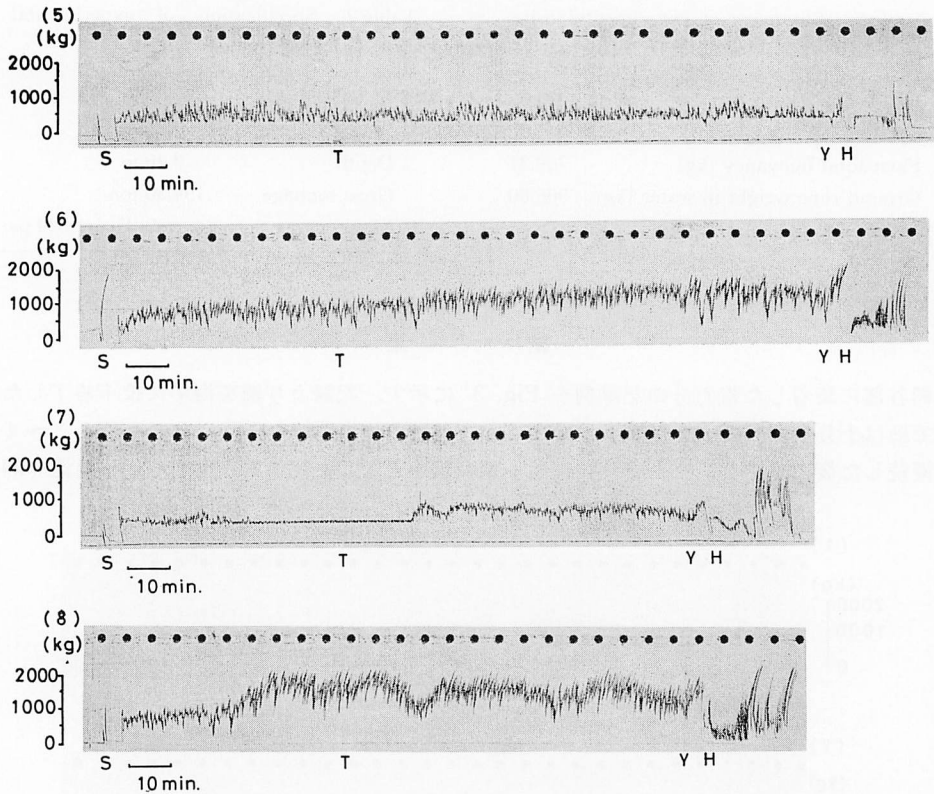


Fig. 3-2. Recordings of tension meter attached to the lacing line of bull trawl net. Tension of lacing line of head rope side (5) and that of ground rope side (6) at normal towing condition. Tension of lacing line of head rope side (7) and that of ground rope side (8) when the net got muddy. Symbols are equal to Fig. 3-1.

4.6 m/s) よりも早くロープが伸出されるために (4.8~6.0 m/s) 網はたるんだ状態で沈降すると考えられ3~4分後に大きなピークが認められる。これは静止状態から曳網状態へ移行する時の衝撃力であり、この時点から曳網開始をみることができる。この時から安定状態になるまでに網の張力は上昇してゆく場合と下降してゆく場合があり、後者の場合網がまだ着底していない状態から曳網されていると考えられる。

曳網状態における裏網筋繩ヘッドロープ付き及びグランドロープ付きに装着した張力計の記録からは、曳網中 80~100 kg の振巾をもって略一定の値を示しているが風潮流による圧流偏位が大きい場合には振巾及び変動周期も大きくなっている。船尾のバイコロを舷側にストッパーにより固定する(バイをとる)と振巾は小さく張力も安定してくる。(記録例 (7)) これは曳航による作用点を船尾隅に移動し偶力により船の針路安定性がよくなったためと考えられる。

曳網中に大量の泥(約4トン)があった場合には、網には通常の2~2.5倍の大張力がかかる(記録例 (7), (8))。記録からはグランドロープが泥にのめりこみ前進速度が低下し、

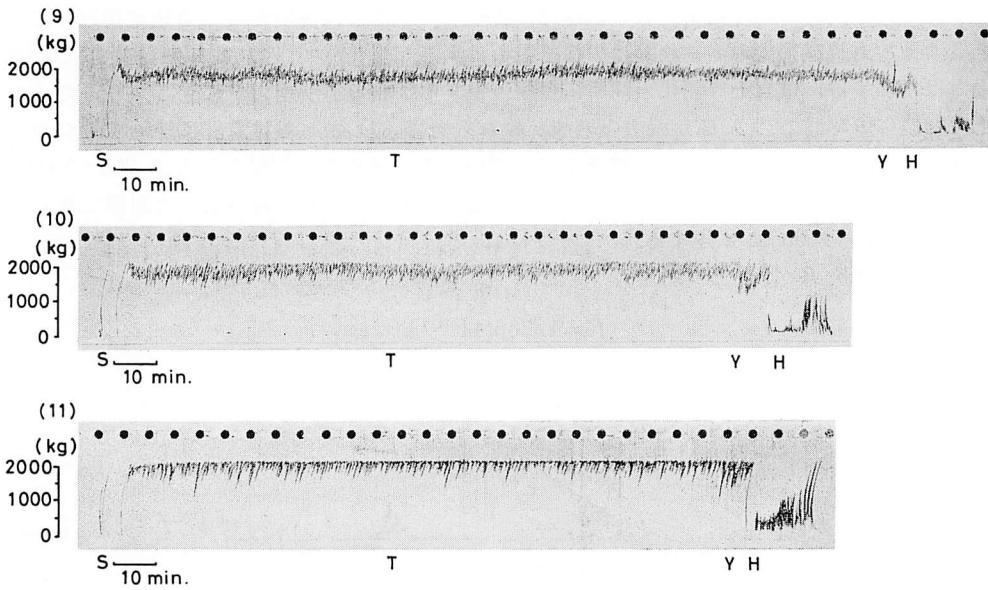


Fig. 3-3. Recordings of tension meter attached to the haed rope and ground rope of bull trawl net. Tension of head rope at the point between front square and wing (9). Tension of ground rope at the point between bosom and hind wing (10), (11). Symbols are equal to Fig. 3-1.

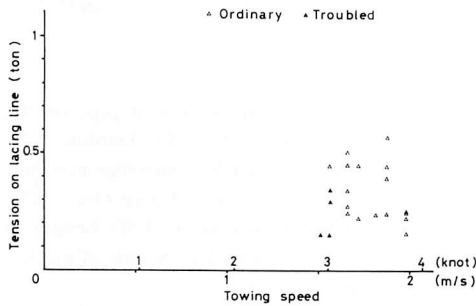


Fig. 4. Relationship between the towing speed and the tension on lacing line of head rope side.

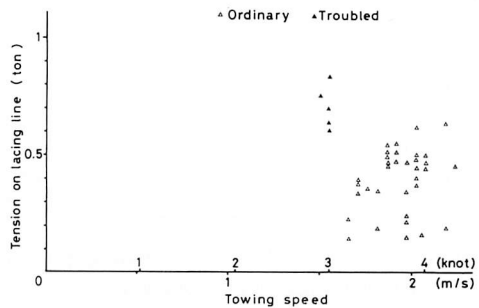


Fig. 5. Relationship between the towing speed and the tension on lacing line of ground rope side.

ヘッドロープ側に大張力が加わる。しかし数分後には泥をすくい上げるようにしてグラウンドロープが前進をはじめて泥は裏網内へ押しやられてゆく。通常の曳網状態ではヘッドロープ側に 400~700 kg, グラウンドロープ側に 680~1200 kg であるが入泥したような場合には夫々 300~700 kg, 1200~1660 kg となりグラウンドロープ側にかかる張力はヘッドロープ側の 2~3.2倍となる。

揚網時における記録は「寄せ」の初期にはその張力が約20%減じるが終期には曳網中と同程度に増加し、曳索捲き上げ開始により曳網時の約30%増となるが2~3分後には0に急減

する。これは葉室の測定結果^{1),2)}と同様に「寄せ」の初期には両船だけが急速に接近してゆき曳索接地点及び袖先の内縮移動は少なく張力は低下してゆくが、後半には船速は増し網の張力は増加する。巻き上げ開始と同時に機関停止するが船の前進惰力が残存しているため巻き上げ初期に短時間ではあるが張力の増加が認められる。しかし船は急速に後退するために(1.8~2.0 m/s)張力は0となる。巻き上げに従い曳索の接地部分が短くなると200~300 kgの張力がかかり網はゆるやかに前進していると思われ600~700 m巻き取った段階で離底して張力は800~1000 kgに達する。

漁具の全抵抗 R (kg) と曳網速力 V (m/s) との関係は下式で表わされる。

$$R = 12286.4 V^{0.18}$$

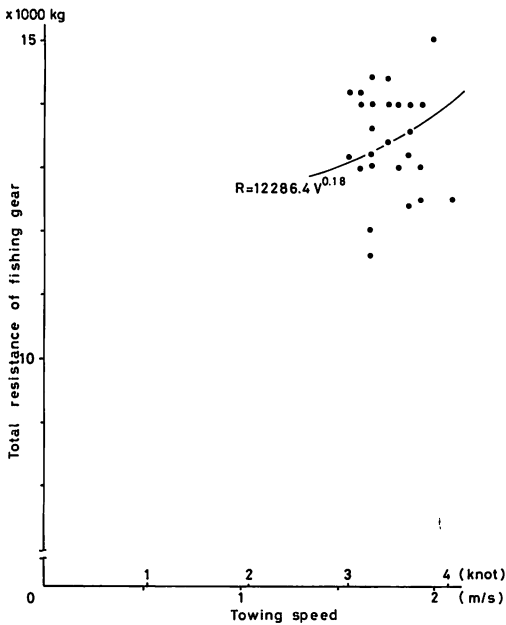


Fig. 6. Relationship between the towing speed and the total resistance of fishing gear.

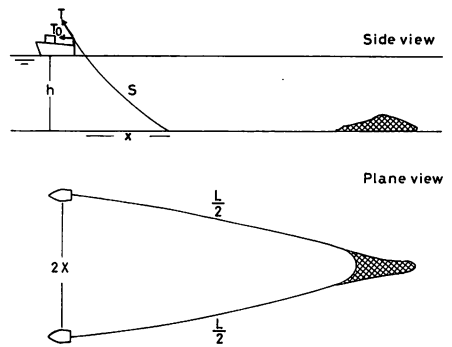


Fig. 7. Arrangement of towing rope on the bull trawl net. T: Tension, h: depth S: Length of wire rope in water, x: horizontal length of wire rope, 2X: Distance of two boats, L/2: Length of towing rope and half length of ground rope.

考 察

曳索のとり形状は懸垂曲線をなしているものと考えられるので近似的にその形状を求めてみる。船尾から接地点までの曳索のなす形状は懸垂曲線で近似できるものとすればその接地点までの水平距離を x , 水深を h , 曲線の長さ S は次式で表わされる³⁾。

$$x = a \ln \left(\frac{S}{a} + \sqrt{\frac{S^2}{a^2} + 1} \right) = a \ln \left(\frac{h}{a} + 1 + \sqrt{\left(\frac{h}{a} + 1 \right)^2 - 1} \right) \quad (1)$$

$$S = a \sinh \frac{x}{a} \quad (2)$$

$a = T_0/w$, T_0 : 船尾における水平張力 (6300~6700 kg), W : 曳索の単位水中重量 (1.93 kg/m) これより $S=690.2$ m, $x=685.5$ m となる.

また水平面での曳索形状について考えると接地部分の単位長さに作用する力は流水抵抗, 接地摩擦抵抗及び重力であるが平面的には流水抵抗と接地摩擦抵抗が作用していると考えられる. 流水抵抗は接地摩擦抵抗に比べて十分に小さいと考えられるので接地摩擦抵抗が主として作用することになる. 即ち曳索のなす形状はその頂点に網抵抗という重量物を付加した懸垂曲線で近似できるものと考えられる. 網の両端は固定されその中央に網があるから明らかに左右対称であり右側の曲線は

$$y = \frac{k}{mg} \cosh\left(\frac{mg}{k}x + a\right) + b \quad (3)$$

左側の曲線は

$$y = \frac{k}{mg} \cosh\left(-\frac{mg}{k}x + a\right) + b \quad (4)$$

$x=X$ のとき $y=0$ から

$$\frac{k}{mg} \cosh\left(\frac{mg}{k}X + a\right) + b = 0 \quad (5)$$

又曲線の長さは

$$\begin{aligned} \frac{L}{2} &= \int_0^x \cosh x \left(\frac{mg}{k}x + a\right) dx \\ &= \frac{k}{mg} \sinh x \left(\frac{mg}{k}x + a\right) - \sinh a \\ \sinh\left(\frac{mg}{k}x + a\right) - \sinh a &= \frac{mgL}{2k} \end{aligned} \quad (6)$$

中央部での釣り合いから

$$\begin{aligned} k \cosh a \times \frac{\sinh a}{\sqrt{1 + (\sinh a)^2}} &= \frac{1}{2} Mg \\ \sinh a &= \frac{Mg}{2h} \end{aligned} \quad (7)$$

(5), (6), (7) 式より k, a, b は決まり曳索のなす形状は求められる. その結果を Fig. 8 に示すが網抵抗が曳索の接地摩擦抵抗に対してかなり大きいので曳索のとり形状は直線に近いものとなっている.

張力計記録例 (1), (2) に見られるように風潮流を側方より受けて曳網する場合, 風上又は潮上側の張力は風下又は潮下側の張力よりも約40~60%少なくなる. これは風潮流による圧流偏位が大きく, 網は船の進行方向ベクトルと圧流ベクトルとの合成方向に進行してゆく. その時風下又は潮下側の曳索長はみかけ上 d の長さだけ短くなったのと同じ結果となり風下又は潮下側に過大な張力がかかる. ここで曳索の形状はほぼ直線として近似できるので曳索長さを l とすれば, みかけ上の短縮距離 d は下式で表わされる.

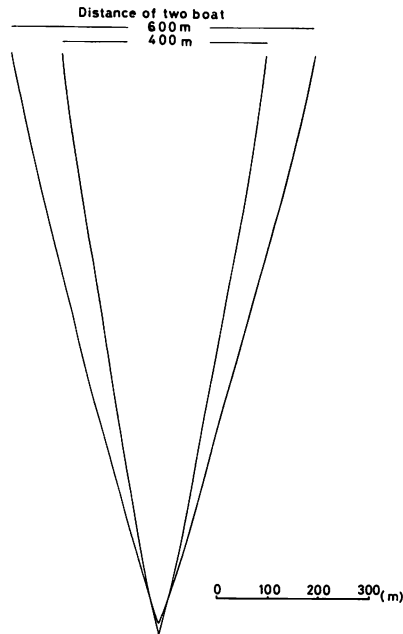


Fig. 8. Schematic drawing of towing rope obtained by calculation.

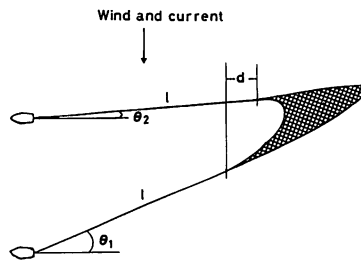


Fig. 9. Schematic drawing of the operation of two boat trawling affected by wind and current.

$$d = l(\cos \theta_2 - \cos \theta_1) \cdot 1 / \cos \theta_1$$

漁場における測定結果から $l=900$ m, $\theta_1=8^\circ$, $\theta_2=14^\circ$ よって $d=16.5$ m となる。

使用漁具のヘッドロープ長は 93.8 m であるから左右の袖先における差は 17.6% にも達する。著者は底曳網の模型実験から袖先における差がヘッドロープ長の 5% をこえると明らかな網の歪みを生じることを確認しており、このような状態での曳網は漁獲にも影響していると考えられる。現在の曳網法は常に両船が並行して曳網しているが、本漁法では曳索長の調整は船尾ストッパーの構造上不可能であり状況に応じて風下側の曳船が後退して網成りを維持することが漁獲性能の向上につながると考えられる。

要 約

二そう曳網の漁具にかかる張力を測定してその動態について検討し次のような結果を得た。

- (1) 筋縄にかかる張力は通常ヘッドロープ側で 400~700 kg, グランドロープ側で 680~1200 kg であるが, 曳網中に多量の入泥があった場合にはヘッドロープ側で 300~700 kg, グランドロープ側で 1200~1660 kg となる。
- (2) 側方より風潮流をうけて曳網する場合は風下側の曳索が不足した形となり風下側の張力は風上側の2.2~3.5倍となり網成りも歪んでいるものと考えられる。
- (3) 曳索の水平形状について中央に網抵抗という重量物を付加した懸垂曲線で近似した結果その形状はほぼ直線となった。これは網抵抗が非常に大きいためと考えられる。

本研究を進めるにあたり御指導並びに原稿の御校閲を賜った本学肥後伸夫教授に深甚の謝意を表す。海上での測定に当って多大な御協力を頂いた鶴洋漁業株式会社中村満郎氏, 藤崎隆氏, 榎屋平一郎氏, 福田文男氏に謹しんでお礼申し上げます。また曳索形状の近似計算については本学理学部助教授谷林衛氏に御指導頂いた。厚く御礼申し上げます。

文 献

- 1) 葉室親正 (1959) : 漁具測定論, 32-350. (槇書店, 東京)
- 2) 葉室親正 (1952) : 二艘曳機船底曳網漁船の曳網時の運動に就て. 日本航海学会論文集, 8, 103-109.
- 3) 鶴田三郎 (1977) : カテナリー理論の応用限界. 日本航海学会論文集, 56, 139-144.