

マグロはえなわの引き揚げ作業と 船の操縦性との関係について*

高 島 末 夫

The Relation between the Hauling Work of Tuna Longline and
the Longliner Manoeuvrability

By

Sueo TAKASHIMA

Some problems under hauling work of tuna longline were investigated by author, employing the data collected by an actual ship.

As a result of this investigation, the relation between a posture of ship and phenomenon of the entangled branch lines with the main line and cause of unusually large tension on the main line, was made clear. Hereupon, the posture of ship means the angle of relative direction of her head and hauling main line.

And also as a result of analysis on her yawing under hauling longline, there were the cases of insufficient quick response of ship, and the insufficiency caused the trouble that prolonged the hauling operation hours of longline.

1. 緒 言

各種漁船の省力化が提起され、その研究ならびに実用化への努力も近時ようやくその成果をみる段階になっているが、陸上施設に比べ船舶の省力化実現への道は険しい。マグロ漁船においてもその例外でないと思われる。

マグロ漁船の場合餌付け、投なわ方法などは、しだいに改良され、省力化への発展をとげてその作業時間は短縮されているが、揚げなわ作業が最も長時間を要している。また揚げなわ作業の省力化も進められているが、漁労機械の機構上の問題あるいは作業の危険度の点よりその進展は遅れている。特に揚げなわ中のなわの切断などはつとめて回避すべきであるが、技術的にやむを得ない場合もある。切断原因にはなわの老化によるものや、作業上なわに無理な張力をかけたための切断もある。この無理な張力の原因にはラインローラーの揚げなわ速度に船の速度が追従しない場合とか、なわの方位が船の進行方位と大きくずれて船の慣性力がなわに作用した場合が主要因であるが、これらの切断原因は人為的にあるていど除去することができ

*水産大学校研究業績 第562号, 1969年1月10日 受理。
Contribution from the Shimonoseki University of Fisheries, No. 562.
Received Jan. 10, 1969.

る。このためには操船者の技術向上だけでなく、船の速度特性あるいは操縦性をマグロはえなわ漁業に適するように改良していく必要がある。

ここでは実船のマグロはえなわ引き揚げ中にみられる幹なわの方位、張力あるいは枝なわのもつれなどを解析し、これらの状況と船の操縦性との関係を考察したので報告する。

2. なわのもつれおよび張力について

揚げなわ作業時間を延長し、作業員の労働を強化する原因の一つになわのもつれと切断がある。このいずれも漁具材料、海況あるいは操業技術などにより発生状況は異なるが、一例として耕洋丸で得た資料を解析する。資料ならびに操業時の海況、船の状態などについては第1表に示すとおりである。

なわのもつれ、特に枝なわが幹なわに巻きつく現象は、幹なわの揚がってくる船首方位との相対角度と、ラインホーラーと幹なわの水面接点までの距離により変化することが考えられる。そこで船首方向から船尾にわたる右舷側180度をA、B、C、Dに区分し、ラインホーラーから半径50mの円の内外によりこれら4区分をそれぞれ1、2に区分けした。これら各区域と船の関係を第1図に示す。

観測は連続した3回の操業（合計400鉢、2134鈎）について実施し、揚がってくる幹なわの方向、位置および枝なわのもつれの長さを測定した。

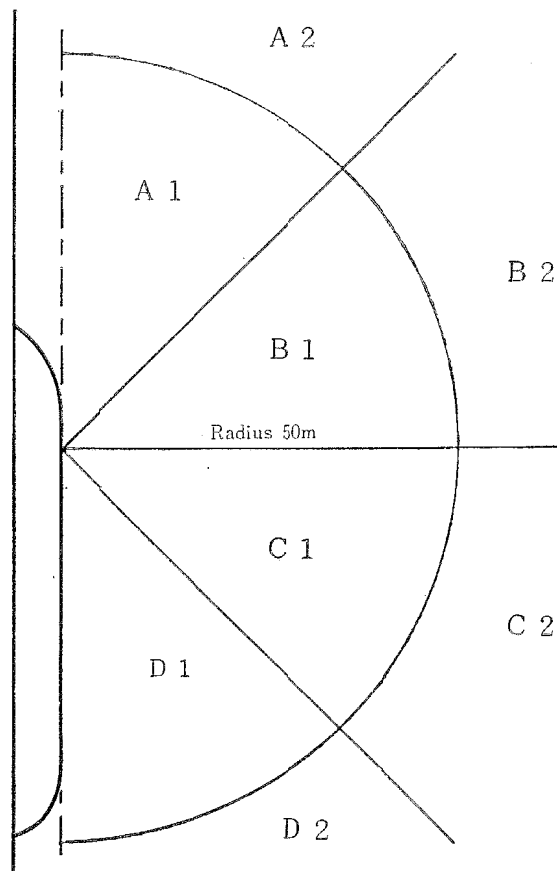


Fig. 1. Stratified the sea surface of the ship's starboard side.

Table 1. The data under investigations of entanglement, etc.

Data No.	1		2		3	
Date	Dec. 29, 1964		Jan. 2, 1965		Jan. 3, 1965	
Fishing ground	10°—36' S	102°—16' W	18°—06' S	115°—06' W	15°—35' S	115°—16' W
Sea condition	3		3		3	
Wind direction	E		E		E	
Beaufort wind scale	4		4		3	
Setting course of longline	90°		250°		250°	
Displacement (ton)	1828					
Draft (m)	$d_f = 3.29$			$d_a = 5.31$		
Trim (m)	2.02 by the stern					

本来、ラインホーラーの揚げなわ速度と船速が無理なく合理的に調整できるものなら、揚げなわの方向は A 1 ないし B 1 の範囲が最も多いと考えられるが、測定結果は第 2 図に示すように B 2 ~ D 2 にわたる区域から約 38% も揚げなわされている。これは漁獲物の影響も考慮されるべきであるが、船の速度調整が簡単でなく行き過ぎの現象が起こり易いことを意味している。

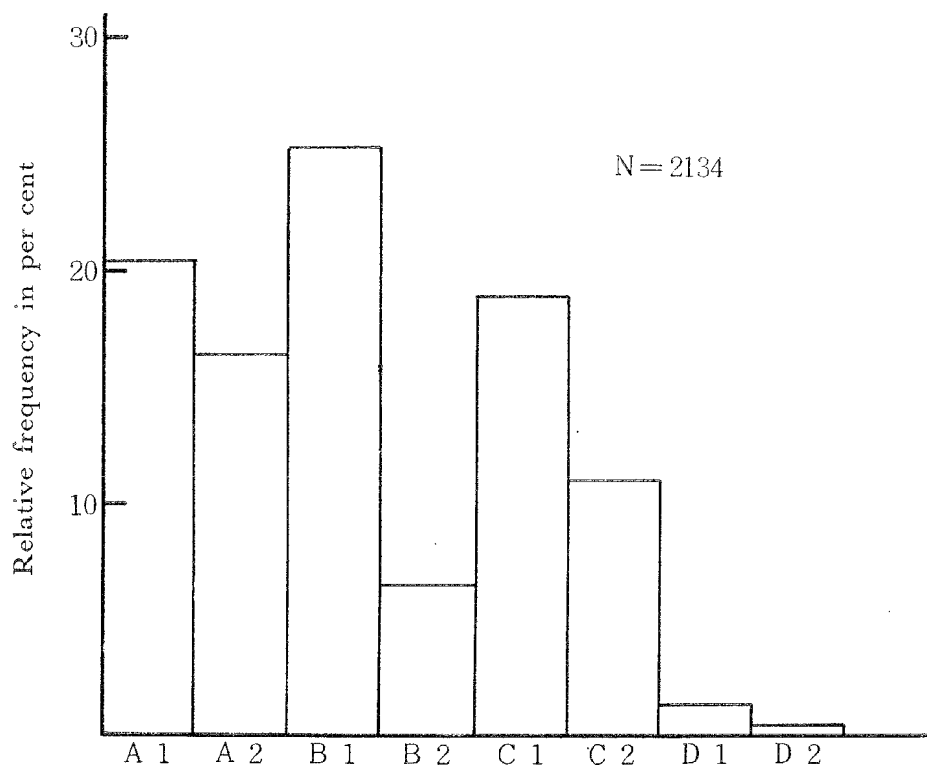


Fig. 2. Relative frequency in relation to hauling direction of main line.
 Note N: Total amount of branch lines.
 A1~D2: Showed Fig. 1.

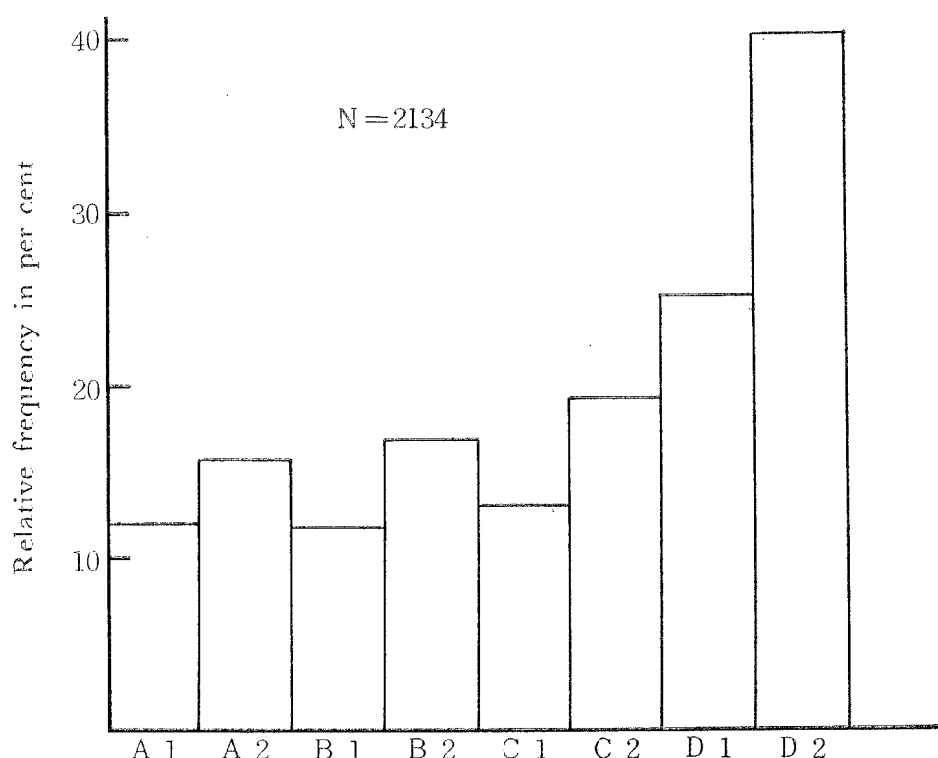


Fig. 3. Relative frequency in relation to entangled branch lines per haul in branch lines on the same direction.

Note Marks : See Fig. 2.

またなわ方向に対する船の無理な姿勢あるいは揚げなわ速度と船速の不調和のため、なわに大きい張力がかかり、なわの水面接点とラインホーラーまでの距離が50m以上になる場合が約24.5%もみられる。これは投なわ後漂流中になわが風波、潮流などの影響で複雑に屈曲し、船体がなわの上への乗り揚げ防止のために漂流中のなわ方向の側面に沿って操船しているからと思われる。

次に揚げなわ方向およびなわの水面接点の位置が漁労作業に与える影響はいろいろ考えられるが、第1に枝なわが幹なわに巻きつくもつれ現象を解析すると第3図、第4図のようになる。第3図は区分された各区域から揚げなわされた鈎数に対するもつれた鈎数の割合を示す。この種のもつれ現象は非常に多く発生するが、ここでは0.5m以上巻きついたもののみを取り上げた。

第3図に示すように、揚げなわ方向に関係なくもつれは発生し、各区域を通して揚げなわの約13~40%の枝なわがもつれ現象を起してしている。しかも、もつれの発生頻度は揚げなわ方向が船首から船尾にまわるほど多く、揚げなわの水面接点が遠いほど各区域を通して発生頻度は多くなっている。

また枝なわ1本当たりのもつれが長くなるほど労働時間は長くなるが、1本当たりのもつれの長さを解析すると第4図のようになる。第4図はもつれた枝なわ1本当たりの平均もつれ長さとなわの区域の関係を示している。この図より各区域を通してもつれが発生すると3m以上のもつれとなり、しかも揚げなわ方向が船首から船尾にまわるほどもつれは長くなる傾向がみられる。

このことから幹なわ、枝なわの相対的な物理的性質により、この種のもつれ現象はある程度避けることができない特性と考えられる。しかし揚げなわ方向あるいは水面接点までの距離によりもつれの発生頻度が異なっていることは、揚げなわ中の船の姿勢を合理的に調整すればかなりもつれの発生を防止することができるし、また揚げなわ労働時間の短縮になることと思われる。

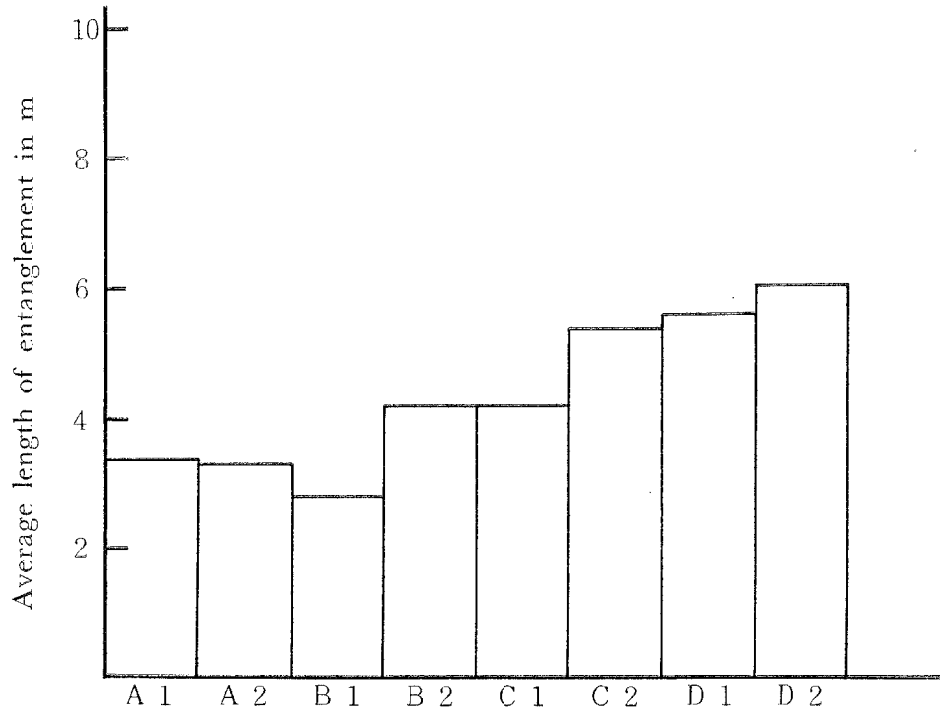


Fig. 4. Relation between the average length of entanglement on the entangled branch lines and hauling directions of main line.

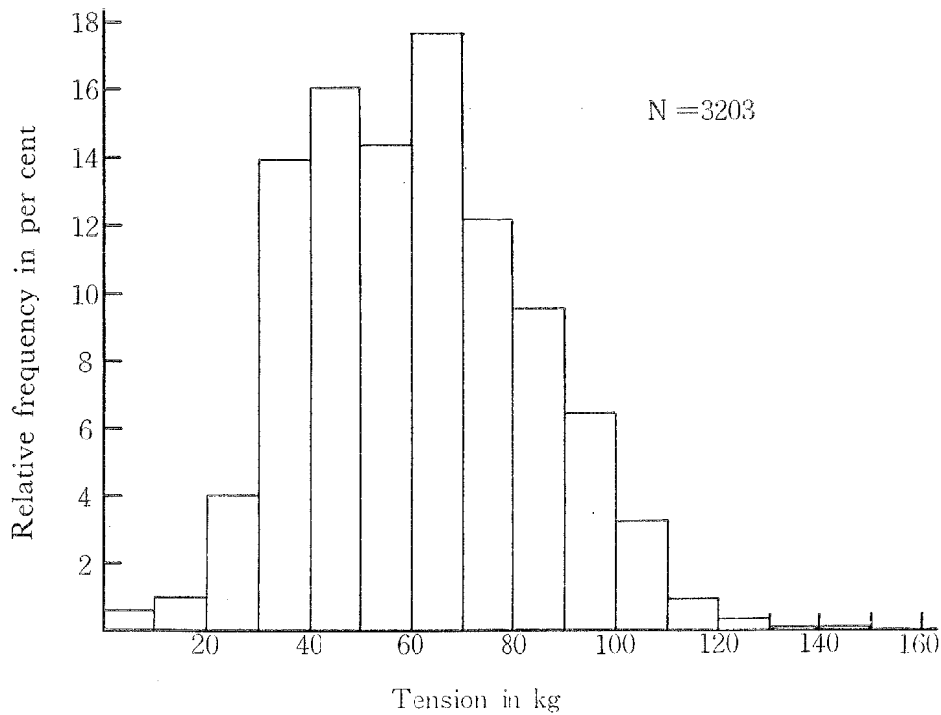


Fig. 5. Relative frequency in relation to the tension on main line.
Note N : Total amount of measuring points.

一方幹なわの数鉢以上にわたる大きいもつれは、なわの両端あるいは大型魚種の釣獲された周辺の鉢にみられ、この種のもつれは海況と魚種に依存して発生し、揚げなわ中の船の操船とはあまり関係しないものと思われる。

無理な揚げなわあるいは大型の漁獲物の存在などにより、揚げなわ中の幹なわにはいろいろな大きさの張力が加わる。過大な張力は幹なわの切断を生じ、これまた作業時間の大きい延長となる。ラインローラーの巻き揚げによるなわなどの水抵抗、釣獲された魚の運動による張力、船の前進あるいは動揺による慣性がなわに与える張力など、なわにかかる張力の原因とその変動の様子は複雑である。

揚げなわ中の幹なわにかかる張力を計測し、その大きさと発生頻度との関係を解析した一例を第5図に示す。張力の計測はガイドローラーの直後に3点式張力変換器を取り付け、歪計を通してラピコーダーに張力変化を連続記録した。第5図は1回の操業128鉢のうち幹なわのもつれている部分を避けて、約55分間連続している記録から1秒ごとに張力を読み取り、それを解析したものである。

揚げなわ中幹なわにかかる張力は全体の90%までが30~100kgの範囲であるが、100kgを越えるものが

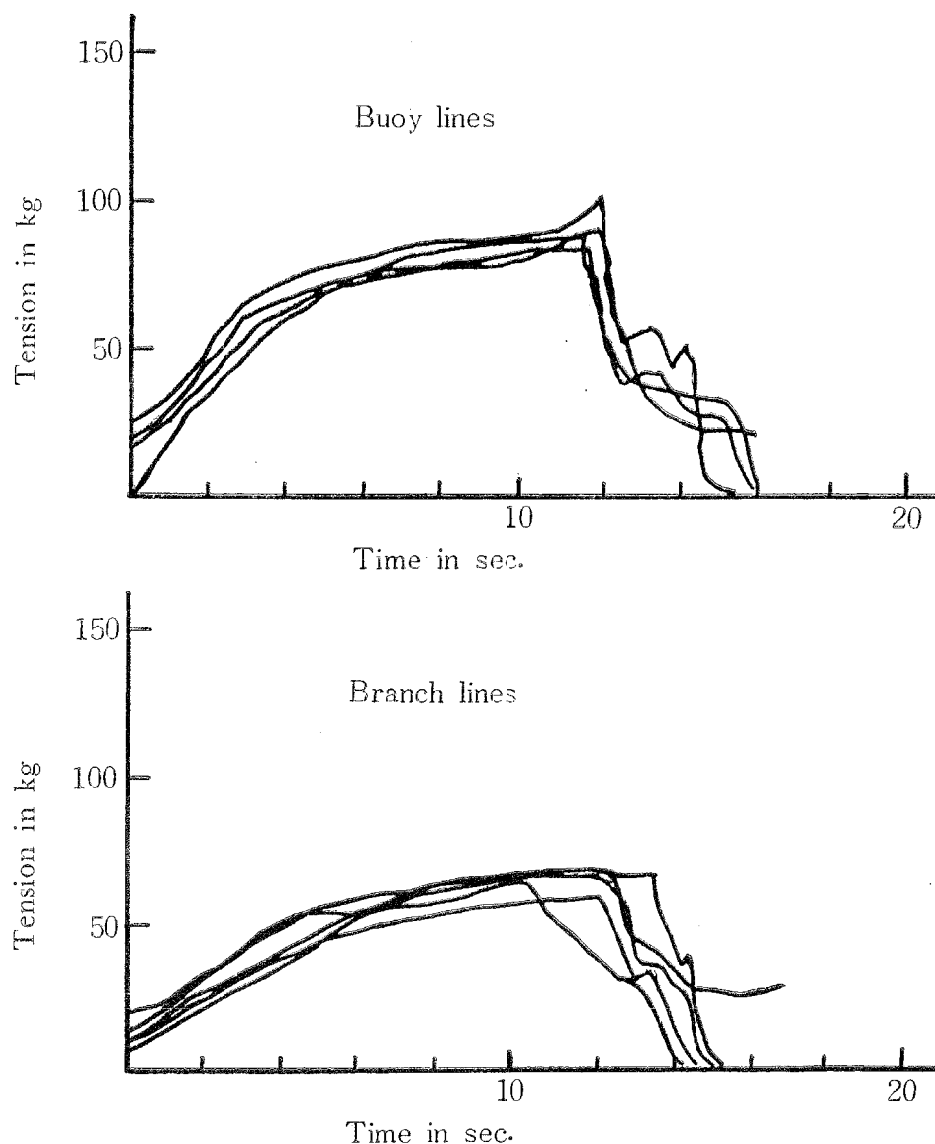


Fig. 6. Variation of the tension on main line under normally hauling state.

約 10 % 発生し、150 kg に達するものも現われている。このときの使用漁具は幹なわにクレモナ 30, カッチ染めポリテックスおよびカッチ染めクレモナで、太さはいずれも 27×3×3 本であった。したがって新品時の破断力の最高 75 % 程度の張力がかかっている。そして 100 kg 以上の大きい張力がかかった状態は当時の釣獲状態からみて、いずれもなわに対する無理な船の姿勢が原因とみられる。

幹なわが理想的な状態で揚がってくる場合には、ラインホーラーの巻き揚げ速度による浮子となわの流体抵抗のみで、その張力変化は巻き揚げ速度に関連してほぼ規則正しい変化をする。一例としてこのような状態の張力変化をラピコダーに記録し、連続した記録を模写的に重ねると第 6 図のようになる。

すなわちこのような場合の張力変化は第 6 図に示すように、ラインホーラーのブレーキを緩めると約 2 秒で幹なわの巻き揚げ速度は一定となり、それに伴って漁具の流体抵抗もほぼ一定値に収斂し、次に枝なわの接近でラインホーラーのブレーキをかけることにより揚げなわ速度は減少し、したがって幹なわにかかる張力も減少する。続いて枝なわをかわし終ると(約 2～3 秒)再び揚げなわ速度を上げ張力も増加する。順調な揚げなわの際には幹なわの張力変化に以上のようなサイクルをもち、異常な大きい張力がかかることはないと考えられる。また枝なわが揚がる場合と浮子が揚がる場合の収斂時における張力の大きさが異なるのは、水中における漁具の抵抗係数が異なるためと思われる。

3. 揚げなわ中の船のヨーイングについて

揚げなわ中に発生する枝なわのもつれ、あるいは幹なわにかかる異常な張力は、主としてなわ方向に対する相対的な船の姿勢に関係する傾向がある。投なわはほぼ直線に近い針路で行なわれるが、揚げなわまでの漂流中になわはきわめて複雑に屈曲する。揚げなわ中操船者はこの屈曲に沿って船を航進し、適当な方向になわが来るように主機、舵を利用して操船するため、船首方位の変化も複雑である。

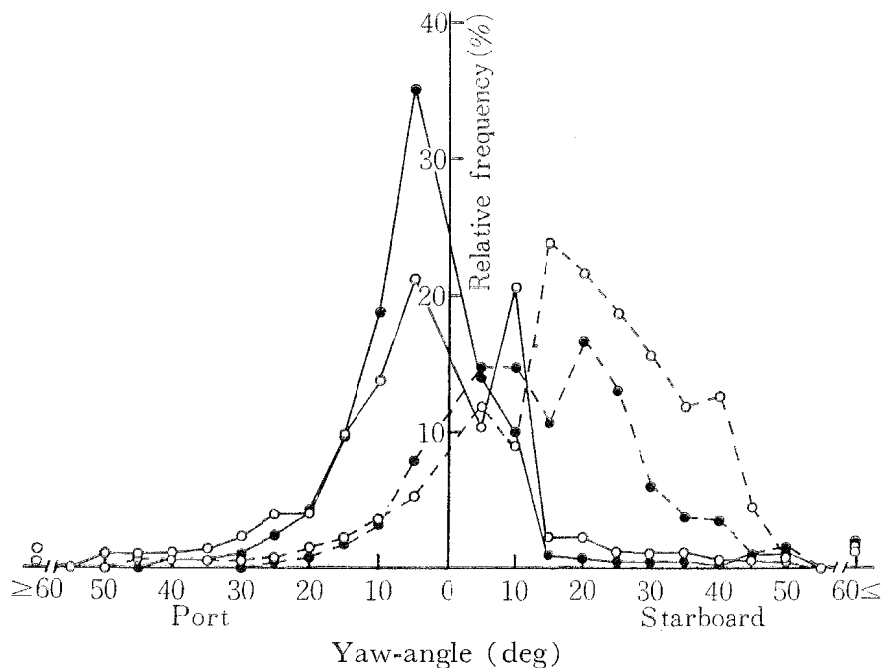


Fig. 7. Relative frequency in relation to yaw-angle.

Note —●— : Data No. 1 N=207 ...●... : Data No. 3 N=216
 —○— : // No. 2 // 174 ...○... : // No. 4 // 134
 N : The number of yawing, Data No. : Showed Table 2.

揚げなわ中の船のヨーイングを解析した結果を第7図に示す。第7図の資料は耕洋丸が操業中、揚げなわの開始から終了まで約4～5時間連続してコースレコーダーに船首方位を記録させ、連続した4日間の記録を解析し、揚げなわ中に現われる偏角の大きさとその頻度との関係を示したものである。この時の海況などについては第2表に示した。

Table 2. The data under investigations of yawing.

Data No.	1	2	3	4
Date	Dec. 7, 1967	Dec. 8, 1967	Dec. 6, 1967	Dec. 10, 1967
Sea condition	1	3	2	2
Wind direction	SW	SW	SSE	S
Beaufort wind scale	2	4	4	4
Setting course of longline	50°	350°	290°	320°

無理なく揚げなわができるように複雑な操舵が行なわれ、その結果揚げなわ中のヨーイングの偏角分布は海況あるいはなわの屈曲度によって異なり、しかも第7図に示すように右舷側の分布型態の偏差が大きい。また漂流中なわが大きく右あるいは左に屈曲しているために、頻度分布のモードは中央より右あるいは左に偏位している。またヨーイングの偏角分布の型は操業の日により不規則な変化がみられる。そして発生する偏角の大きさは60～100度に達する異常に大きい偏角が両舷とも1～2%現われるが、その大部分は50度以下とみてよい。

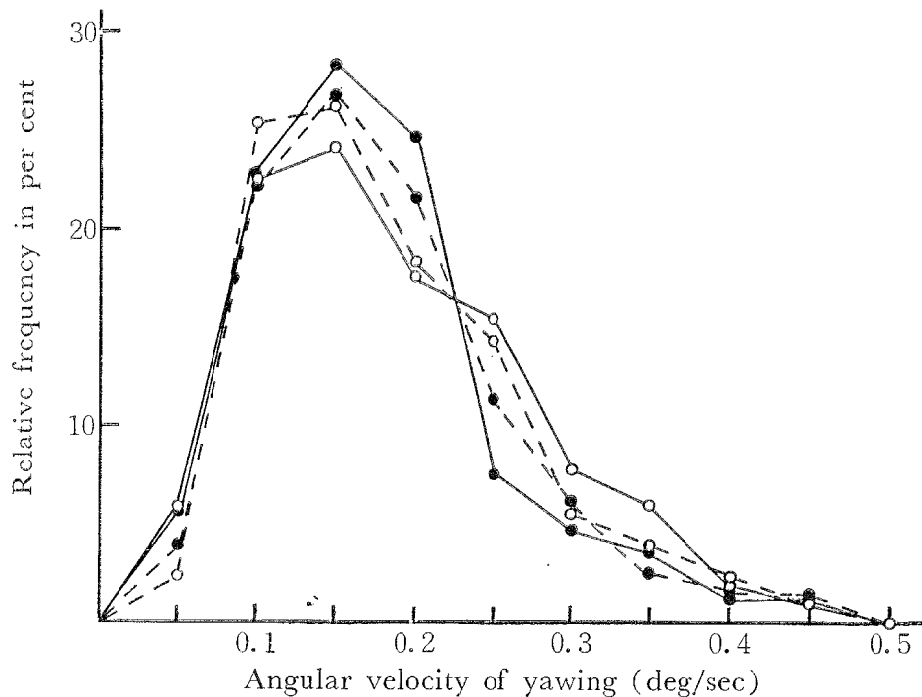


Fig. 8. Relative frequency in relation to angular velocity of yawing.

Note Marks: Shown Fig. 7.

しかし揚げなわ中操船上重要な点は、揚げなわ速度となわの屈曲を考慮していかに速く船の姿勢を良くするかということである。したがって揚げなわ中のヨーイングの解析では、その偏角の大きさとともに角速度を調べる必要がある。ヨーイングの解析に用いた資料から、揚げなわ中に発生するヨーイングの角速度の大きさとその発生頻度を解析した結果を第8図に示す。

第8図にみられるように角速度の大きさとその発生頻度との関係は、操業の日にあまり関係なくほぼ一定とみられる。これは偏角の分布が海況や漂流なわの形状に支配される傾向が強いのに対し、角速度は船の旋回力や追従性すなわち船固有の操縦特性に支配されるためと考えられる。解析の結果 $0.6 \sim 0.9 \text{ deg/sec}$ の角速度となることも約2%あるが、 $0.05 \sim 0.3 \text{ deg/sec}$ の角速度でヨーイングしながら揚げなわしている。本船の公試結果では最大 $1.53 \sim 1.73 \text{ deg/sec}$ の角速度を出し得る能力があり、したがって揚げなわ中は最大旋回能力の20%以下で操船していることになる。

次に以上のような角速度分布を出すためには、どのような舵角がとられているかを推定してみる。簡単にするため揚げなわ中プロペラは常に作動し、ほぼ一定速度で航進している場合を仮定し、舵角15度の操縦性能を一次系近似により計算し、舵角と角速度の関係を示すと第9図のようになる。ただし計算はアナログ計算機 MELCOM EA 7420 型を使用した。この図からよく発生する角速度が 0.3 deg/sec 以下とすると、舵角の大きさにより異なるが操舵後約5秒のおくれがある。このおくれが操船を困難にする一因とみられる。

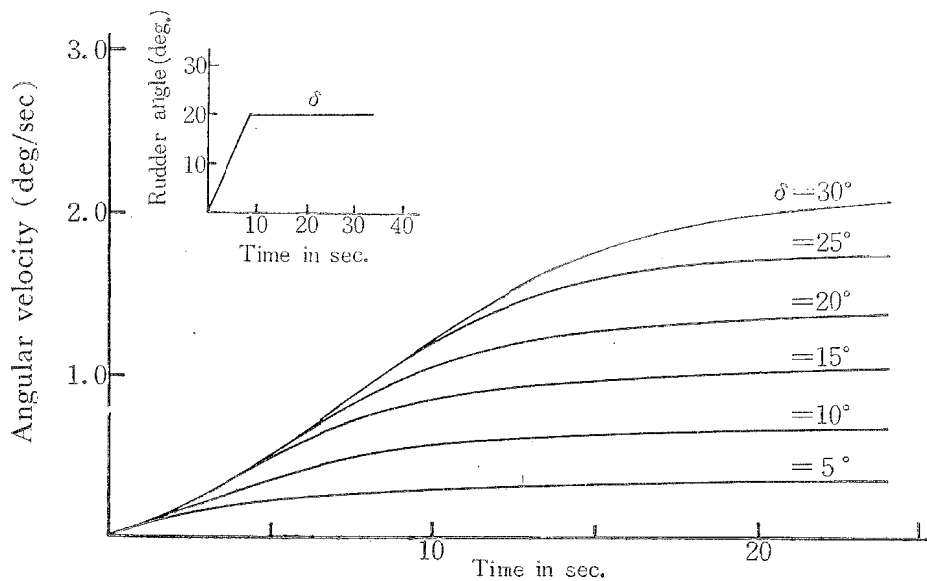


Fig. 9. Theoretical increase in angular velocity of yawing with rudder angle (δ°).

4. 揚げなわ方向に対する船の追従性について

前述のように揚げなわ速度と船速が合理的に追従していても、揚げなわの船に対する相対方位が90度以上になると、枝なわのもつれなどの発生が多くなり作業時間が長くなる。したがってなわに無理な張力をかけず適切な方向から揚げなわをするためには、つとめてなわの屈曲に追従して船首方位を保てばよい。また操業海域のなわの屈曲の度合例えば由率分布などが詳しく判明すれば、そこで操業する漁船の操縦性が合理

的に決定される。著者の知る範囲ではなわの屈曲を測定した結果は見当たらず、著者は数回にわたりその実状の計測を試みたが天候などにより成功しなかった。そこで今回は揚げなわ中の船の運動を基礎として、なわに対する船の針路の追従性を検討してみる。

いま操舵による船の運動が次の一次系近似で表示できるものとする。

$$T \frac{d\dot{\theta}}{dt} + \dot{\theta} = K\delta^* \dots \dots \dots (1)$$

ただし $\dot{\theta}$ は角速度、 T 、 K は船の時定数、ゲインに相当する指数で δ^* は舵角である。また舵角 δ^* を入力とすると出力 $\dot{\theta}$ に対する伝達関数 $G_1(j\omega)$ は $G_1(j\omega) = K / (1 + j\omega T)$ で表わせる。一方揚げなわ中にはなわの屈曲状態を見ながら操舵するが、実際に屈曲状態を確認して操舵を指令するまでには、ある時間的な遅れがある。この遅れすなわち反応時間は操船者の個人差となわの屈曲の推定の難易（これは風向、風力、海況、視界などにより影響されるものとみられる。）などにより異なるが、その量を L とすると実際舵角 δ^* と操舵手のとる舵角 δ_0 の間には $\delta^* = k\delta_0(t-L)$ の関係となり、その伝達関数 $G_2(j\omega)$ は、 $G_2(j\omega) = ke^{-j\omega L}$ となる。ただし ω は周波数、 k は比例定数である。

揚げなわ中には船の速度調整のほか、揚げなわ方向に無理のないように船首を保針するため、あて舵などきわめて複雑な操舵をしている。この舵の動きを調和解析の考え方によると、どのような型の操舵もこれを無数の周期、振幅の異なる正弦操舵に分解することができるし、またそれぞれの正弦操舵に対する船の運動を重ね合わせると、もとの操舵すなわち現実の操舵に対する船の動きを知ることができる。この考えに基づき操舵手の遅れを考慮した操舵手 δ_0 —舵 δ^* —船の運動 $\dot{\theta}$ を一つの系とした伝達関数 $G(j\omega)$ は、 G_1 、 G_2 を直列結合することにより

$$G(j\omega) = \frac{K}{1 + j\omega T} \cdot ke^{-j\omega L} \dots \dots \dots (2)$$

となる。また系の針路安定性などについては、 $\delta_0 = f(\theta, \dot{\theta}, \ddot{\theta}, \dots)$ としてやればよい。

揚げなわ中の操船の容易さすなわち無理なく自由になわの屈曲に沿って揚げなわができるということは、操舵に対する船の応答がすみやかで、舵の動きと船の運動の間に位相のずれが少ないことが一つの条件と考えられる。この条件を満足するためには、 $\delta^* = \delta e^{j\omega t}$ で表わされる操舵方法を運動方程式に与え、 ω を $0 \rightarrow$

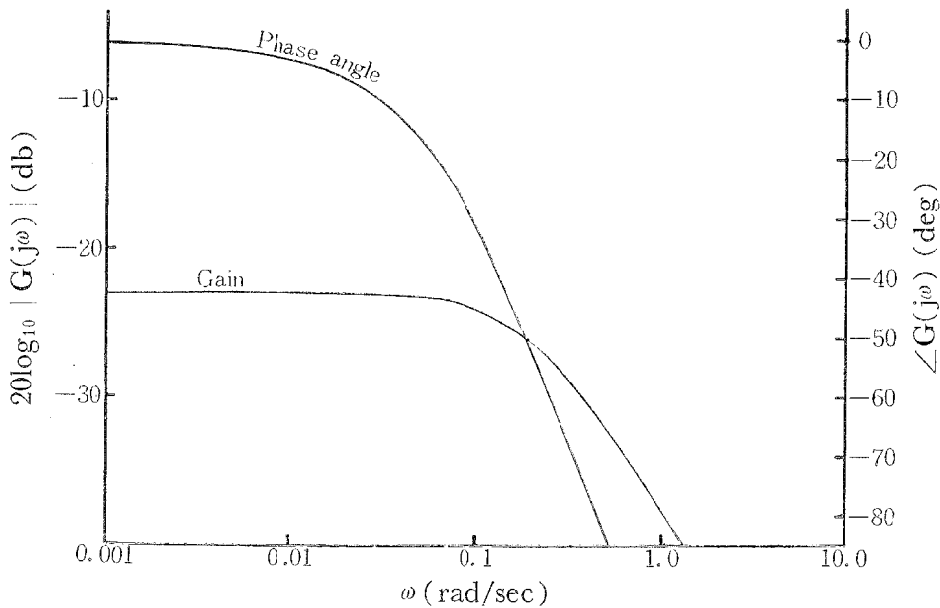


Fig. 10. Bode diagram

ω に変化させた場合のゲイン、位相のずれ調べればよい。 δ は振幅である。船の洋上実験によりLの値を決めた例は見当たらないが、陸上における実験結果¹⁾では、 $L=0.38\sim 0.50$ sec とされている。ここでは $L=0.50$ sec, $k=1.0$ と仮定し供試船²⁾のT, Kをそれぞれ 5.25 sec, 0.071 1/sec とし(2)により周波数応答を計算すると第10図のようになる。

第10図に示すように操舵周期が非常に長ければ船の運動はよく追従し、振幅の減少も小さい。しかし揚げなわ中にみられる $\omega=0.01$ ぐらいから位相のおくれが目立ち、供試船の操舵機の最大限界 $\omega=0.03$ ぐらいから位相の遅れが急に大きくなり追従性が悪くなる。

このような船の持つ操縦特性が前述のような揚げなわ中の船の運動に影響し、揚げなわ作業に種々問題をなげかけているものとみられる。したがって揚げなわ中に必要な最小限度の船の操縦性が合理的に決定できると、それに伴って定数TおよびKの値が定量的に決定できる。

5. 要 約

マグロはえなわの揚げなわ中の作業特に、なわ方向と枝なわのもつれおよび幹なわの張力変動などと船の運動について実船資料を解析したが、要約すると次のようである。

- (1) 船の正横より後方から揚げなわされる枝なわは全枝なわ数の約40%ある。
- (2) 揚げなわされる幹なわの方向が船の正横より後方になるに従い、枝なわのもつれの頻度が多くなり、またもつれの長さが長くなる。
- (3) 幹なわにかかる張力は100~150 kgになる場合が約10%あるが、その大部分は100 kg以下である。
- (4) ヨーイングの偏角の大きさはほとんど50度以下、またその角速度は0.5 deg/sec 以下である。
- (5) 供試船の操縦性特性より周波数応答を計算した結果、揚げなわ作業中舵の追従が悪くなる場合がある。

終わりにご指導を賜った本校杉原喜義教授ならびに張力測定にご協力をいただいた耕洋丸片岡一等航海士(当時)にお礼申し上げる。

文 献

- 1) 近藤 政市, 1967: 基礎自動車工学, p 88. 養賢堂.
- 2) 高島末夫, 大村干之, 1969: 練習船耕洋丸の操縦性試験について, 本報告, 17巻3号.