

底曳網漁船の曳網時の運動性能に関する模型実験

菅 信*・猿田 俊彦*・安野三樹雄*
山越 康行**・鈴木 四郎**

Model Experiments on Ship Motion and Turning Quality of a Stern Trawler Under Towing Net

By

Makoto KAN, Toshihiko SARUTA, Mikio YASUNO
Yasuyuki YAMAKOSHI and Shiro SUZUKI

Abstract

Model tests were carried out on ship motions in regular waves and turning characteristics of a 124 tonnage type stern trawler under the condition of trawling as well as running alone. The trawling condition was simulated by towing a body with the resistance equivalent to one estimated for the real net. The results showed that the ship motions such as pitch, heave and surge in head waves and following waves were little affected by trawling, but that the roll motion in beam waves was decreased because of the increase of the damping. It was also shown that the turning ability was remarkably decreased by trawling and that the heel in turning under trawling occurred in opposite direction to the case of running alone. The turning ability was improved by shifting the outside warp to the inside one, which corresponded to the common practice of loosing the outside warp to make easier turning of a real ship under trawling.

The surge motion of the self-propelled model alone in the following regular waves was examined and it was proved that as the encounter frequency tended to zero the surge amplitude was remarkably increased, for example as much as 13 times of the wave amplitude, and that if the model speed or the wave height was increased somewhat after that, then the model was caught by the wave and fell into the surf-riding condition.

It was moreover shown that the estimation of ship motions by the strip method was not so good as ordinary ships, probably due to the effect of a large and shallow draft stern.

目次

| | 頁 | | 頁 |
|----------------|----|----------------------|----|
| 1. 緒言 | 37 | 4.1 迎波中の船体運動 | 44 |
| 2. 模型実験の概要 | 38 | 4.2 横波中の船体運動 | 46 |
| 2.1 模型船と曳網模擬装置 | 38 | 4.3 追波中の船体運動 | 46 |
| 2.2 模型実験の種類等 | 41 | 4.4 追波中での大振幅前後揺れと波乗り | 46 |
| 3. 平水中航走試験 | 42 | 5. 曳網時波浪中動揺試験 | 55 |
| 4. 非曳網時波浪中動揺試験 | 44 | 6. 非曳網時旋回試験 | 56 |
| | | 7. 曳網時旋回試験 | 58 |
| | | 8. まとめ | 59 |

* 運動性能部

**農林水産省 水産工学研究所
原稿受付：昭和62年2月27日

1. 緒言

底曳網漁船の転覆海難防止などの安全対策をたてる上で、基礎資料のひとつとして曳網時等の特殊な状況

下における船体の挙動を明らかにしておく必要がある。これまでに曳網時の漁船の挙動を模型実験で調べた研究としては、曳網中の Beam Trawler が網を海底の障害物には根掛かりさせた時の挙動を調べた研究¹⁾と、迎波中での曳網時の船体運動とワーブ張力の応答特性を調べた先駆的な研究²⁾があるが、この方面の研究はまだ充分に行われていないのが現状である。

このたび124トン型沖合底曳網漁船の曳網時の運動性能を明らかにするとともに、同船型の単独航行時の運動性能に関する模型実験データそのものも数少ないという現状に鑑みて、その蓄積をはかることを目的として規則的な迎波、追波、横波中の船体運動と平水中の旋回運動を中心に調べる模型実験を行った。

その結果は、縦波中の船体運動は曳網によりほとんど影響を受けないが、横波中の横揺れは曳網の影響で減少するという点と、旋回性能は曳網により極端に悪化し、旋回時の横傾斜は通常の単独航行時とは逆に内傾になるという2点に要約される。これ以外にも一部の転覆海難と関連が深いと考えられている船側開口部位置での相対水位のデータや、波浪中船体運動についてのストリップ法による推定が良い結果を与えないことを示すデータ、或いは追波中の大振幅前後揺れから波乗り状態に至る様子を明らかにしたデータなどが得られており、今回の模型実験結果を資料として取りまとめおくこととした。

2. 模型実験の概要

2.1 模型船と曳網模擬装置

実験に使用した模型船は124トン型沖合底曳網漁船の1/12の木製模型であり、主要目を Table 1 に、模型船の正面線図と船首尾形状を Fig.1 に、模型船の外観を Photo 1 に示す。また模型船と曳網模擬装置の配置図を Fig.2 に示す。船の載荷状態は稚内における現地調査³⁾に基づいて推定した満載出港状態とした。横揺周期は現地調査において得られた実船の10.17秒に相当する値(2.94秒)に正確に合わせることはできな

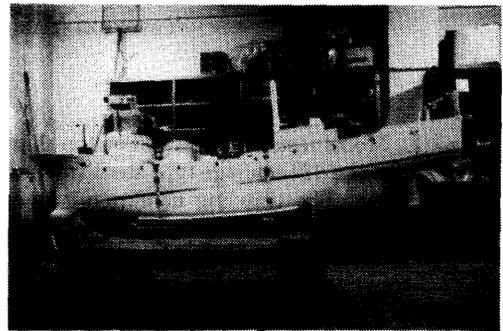


Photo 1 View of Model

Table 1 Principal Particulars

| Items | Ship | 1/12 Model | Remarks | |
|-----------------------------|-------------|----------------|------------------------|-------------|
| Displacement Δ | 471.07 t | 266.0 kg | full departure | |
| Length L_{pp} | 30.58 m | 2.548 m | between perpend. | |
| Breadth B | 7.38 m | 0.615 m | mould | |
| Fore Draft d_f | 1.62 m | 0.135 m | from base line | |
| Aft Draft d_a | 3.62 m | 0.302 m | from base line | |
| Mean Draft d_m | 2.62 m | 0.218 m | from base line | |
| Roll Period T_r | 10.17 sec | 2.68 sec | 2.94 sec as plan | |
| Radius of Gyration κ | | 0.297 L_{pp} | | |
| | KG | 3.36 m | 0.280 m | K=base line |
| | GM | 0.45 m | 0.0375m | |
| | $\otimes G$ | 2.71 m | 0.226 m | to aft |
| Propeller Dia. | 2.30 m | 0.186 m | stock propeller | |
| Dir. of Prop. Rev. | lest, CPP | right ahead | | |
| Rudder Area Ratio | 1/27.3 | 1/27.3 | $A_r/L_{pp} \cdot d_m$ | |

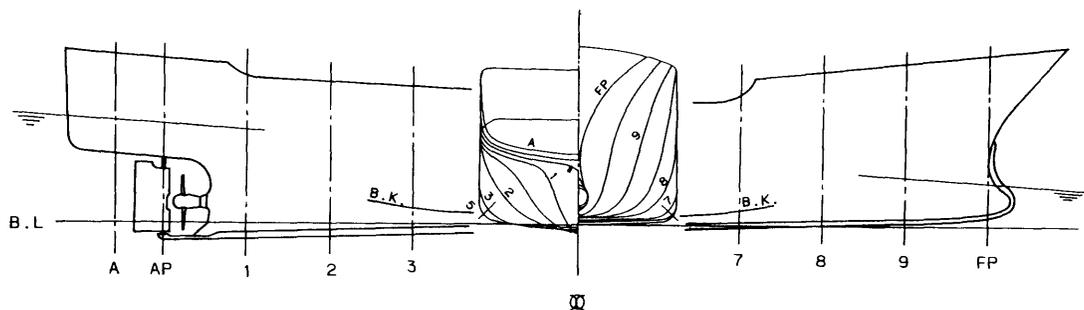


Fig. 1 Body Plan and Profile of Bow and Stern

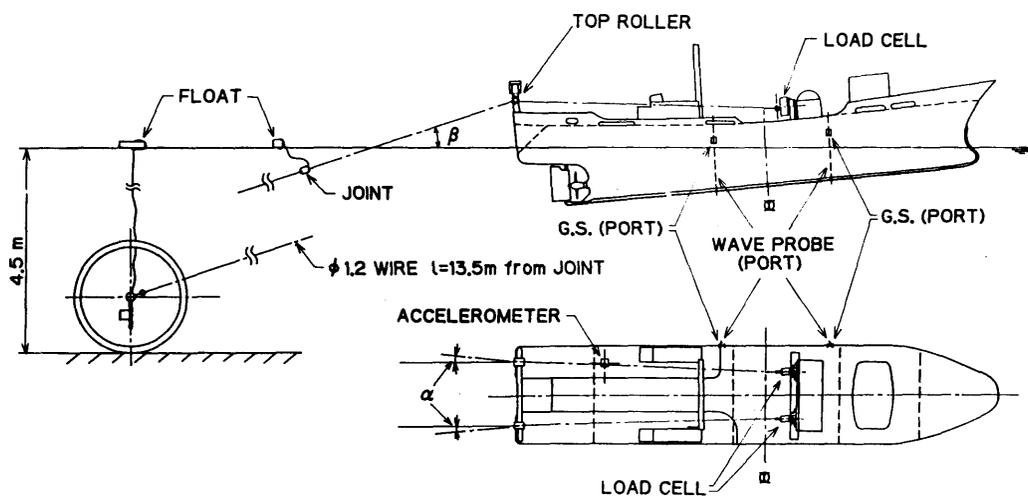


Fig. 2 Arrangement of Model and Towed Body

かったが、2.68秒という比較的近い値に設定できている。縦慣動半径は実船の値が判らないが、模型船の縦慣動半径の $x/L_{pp}=0.297$ という値は、一般商船に比べるとやゝ大き目である。しかし、大きなイニシャルトリムを持ち、また AP より後の船体部分もかなり大きな割合を占めている漁船の場合には妥当な値と考えてよいであろう。使用したプロペラは直径がやゝ小さなストックプロペラ（右まわり前進）であるが回転方向が実船（左まわり、CPP）と逆のため、コントラ舵の上下のねじりを実船の舵とは逆にしてある。

なお、この型の底曳網漁船は一般に載荷門と称する船側開口部を持っている場合が少なくないが、本船の場合は載荷門は無く 2ヶ所のガーベージシュートと称する船側開口部を左舷側に持っている。

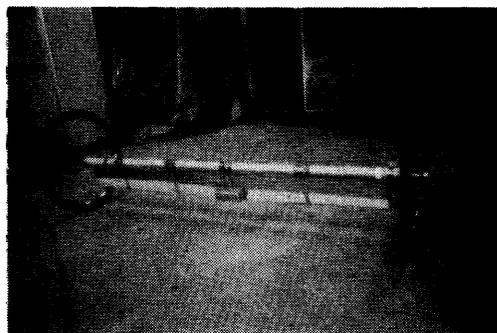


Photo 2 View of Towed Body

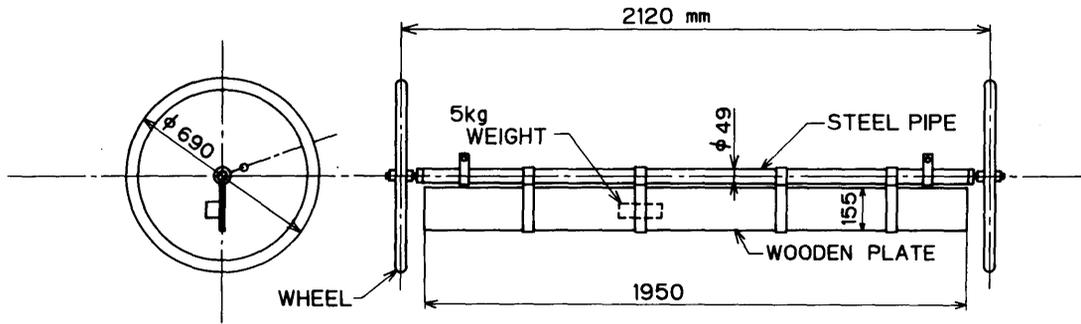


Fig. 3 Detail of Towed Body



Photo 3 Model Running alone in Head Waves



Photo 4 Model under Trawling in Beam Waves

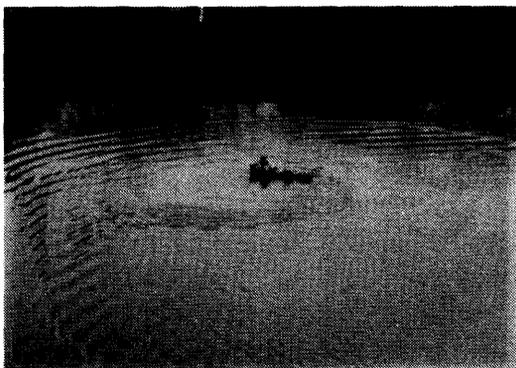


Photo 5 Turning Motion of Model alone
($\delta=40^\circ P$)

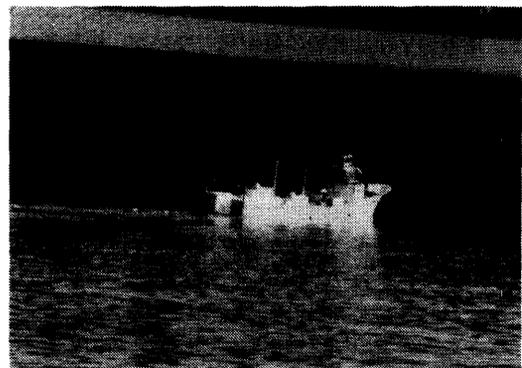


Photo 6 Starboard Turning under Trawling

曳網模擬装置として使用した被曳航体は、Fig.3およびPhoto 2に示すように、両端を自転車の後輪で支えた長さ約2mのパイプに、下端に重錘のついた板を吊りさげ、主として板に働く流体抵抗で曳網抵抗を模擬しようとしたものである。ワープの展開角 α は $7^\circ \sim 10^\circ$ 、仰角 β は $21^\circ \sim 26^\circ$ 、またワープの長さは水深の3倍程度(水深により2.5倍から4倍程度の範囲で変わると言われる)とされており²⁾、今回の実験では仰角が実船とほぼ相似になるように、Fig.2に示すような配置とした。その結果展開角 α は 4° 、仰角 β は約 18° となった。

2.2 模型実験の種類等

船舶技術研究所の第一船舶試験水槽(通称80m角水槽)において、ほぼ当所の通常の方法により自航模型船を使用して、主に以下の模型実験を行った。ただし通常の波浪中実験の場合は、模型船上にオートパイロット装置を搭載して波に対して一定の方位角が保たれるようにして航走させられるが、今回は角水槽の標準模型寸法である $L_{pp} = 4 \sim 4.5\text{m}$ よりかなり小さな $L_{pp} = 2.548\text{m}$ という寸法上の制約から、これを搭載することができなかったため、斜め波中の実験は実施しなかった。実験中の模型船の状態の例をPhoto 3~6に示す。

(a) 規則波中船体運動試験

- ・波との出会う角 χ
 180° (迎波), 90° (横波), 0° (追波)
- ・波長船長比 λ/L_{pp}
 $0.5 \sim 3.0$ (迎波, 追波), $1.5 \sim 5.6$ (横波)
- ・波高波長比 h/λ
 $1/40$ ($\lambda/L_{pp} < 4$),
 $1/60 \sim 1/100$ ($\lambda/L_{pp} \geq 4$)

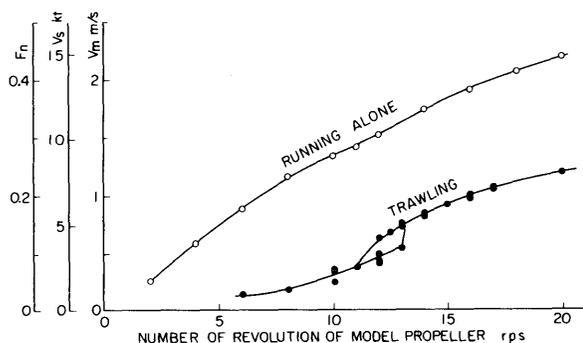


Fig. 4 Speed Test in Still Water

・船速 V_s

4kt~12kt 相当, ただし曳網時は4kt相当のみ

・計測項目

縦揺れ, 横揺れ, 上下揺れ, 前後揺れ

(以上4項目はジンバルに加速度計を搭載したジャイロアクセロメータによる)

横加速度(船尾甲板上, SQ.ST.1)

相対水位(前後ガーベージシュート位置)

曳網張力(左右舷)

舵角, プロペラ回転数, 波, 模型船軌跡

(b) 平水中旋回試験

・舵角 δ

$10^\circ \sim 40^\circ$ (右), $5^\circ \sim 45^\circ$ (左)

・船速 V_s

4kt~12kt 相当, ただし曳網時は4kt相当のみ

・計測項目

(a)と同じ

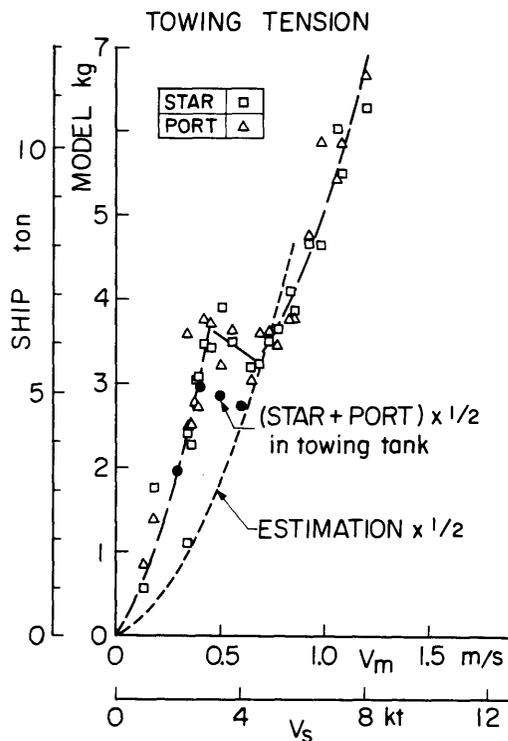


Fig. 5 Towing Tension in Still Water

3. 平水中航走試験

平水中における模型船のプロペラ回転数と船速の関係を Fig.4 に示す。角水槽における自航模型試験では摩擦修正を行っていないので、所要船速での実験を行うために設定すべきプロペラ回転数はこの図から決めることになる。曳網時には、あるプロペラ回転数に対して2つの船速が現れる範囲が存在する結果になっているが、これは次に述べる曳網張力の曲線に折れ曲がりの出ている事と対応するものである。今回の曳網実験にあたっては目標船速4ノットに相当するプロペラ回転数としては上側と下側の平均値をとり12.5rpsとして実験を行った。

Fig.5 は、前記の曳網模擬装置を用いて測定した船速と曳網張力の関係である。点線は124トン型沖合底曳網漁船の代表的な曳網抵抗推定値である³⁾。はじめ、屋内の動揺水槽で曳航台車を用いて2本のワープを1本にまとめて曳航張力を計測したところ黒丸印の結果となり、目標船速の4ノット相当で、ほぼ目標の張力となったため、所要の板面積が得られたものと判断して角

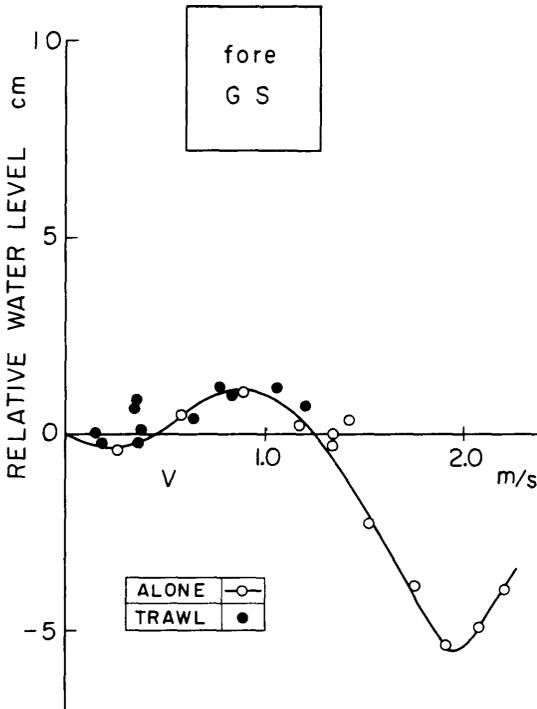


Fig. 6(a) Relative Water Level under Running in Still Water (fore Garbage Shoot)

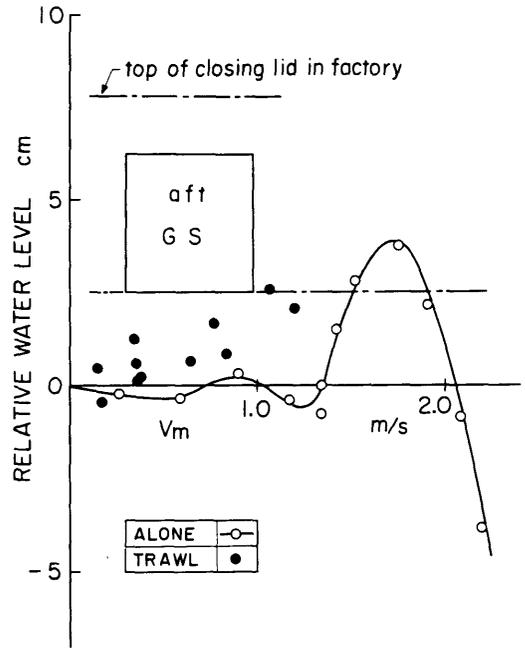


Fig. 6(b) Relative Water Level under Running in Still Water (aft Garbage Shoot)

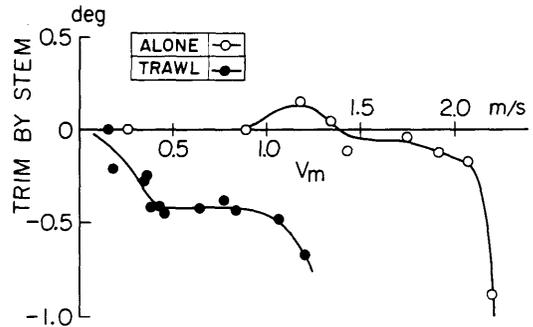


Fig. 7 Trim under Running in Still Water

水槽の実験を行った。ところが目標船速付近で、角水槽と動揺水槽とでは図のように曳航張力が異なる結果となった。これは、曳航張力の曲線に折れ曲がりが現れていることとも関連すると思われるが、本模擬装置の抵抗が板の抵抗だけでなく、車輪部分の接地による抵抗が無視できなかったものと考えられる。従って屋外にある角水槽のように水槽底に泥や落ち葉が堆積している場合とそうでない場合とで異なる抵抗を受けたものと考えられる。しかし船速を特定して曳網を模擬

するには本質的な重要事ではないと考えられたので、今回はこのまま実験を進めた。なお角水槽での実験点が左右のワープにかかる張力を別々に計測して示してあるので、比較しやすいように推定値と、ワープを1本にまとめて計測した動揺水槽の実験値は1/2の値を示してある。

前後2ヶ所のガーベージシュートの位置において測

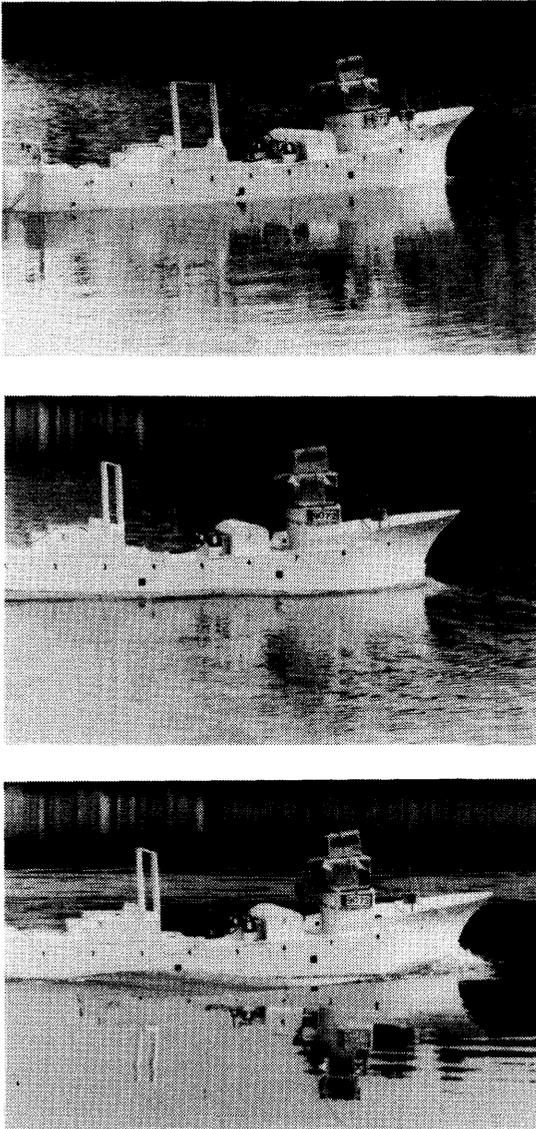


Photo 7 Wave Profile ($V_s=4\text{kt}, 8\text{kt}, 12\text{kt}$ from above)

定した相対水位（水面と船体との相対的な関係を表わす）を Fig.6 (a), (b)に示す。12ノット（模型船速 $V_m=1.78\text{m/s}$ ）の全速航走の場合に後部ガーベージシュートの開口部が一部水面下になるが、本船の場合開口部からダクトで船内の立ち上がりを大きくとってその上端に水密蓋が取り付けられてあり、船内への浸水という事態にはならない。Photo 7には船速と船側波形の関係の例を示す。

Fig.7は、船速とトリム変化の関係を示すものである。トリムはジャイロで計測したものであり分解能（カタログ表示 0.2° 以下）から考えて精度はあまり良くないが、曳網により船尾トリムとなる様子は示されている。

Fig.8は、自由横揺試験から求めた横揺減衰係数を

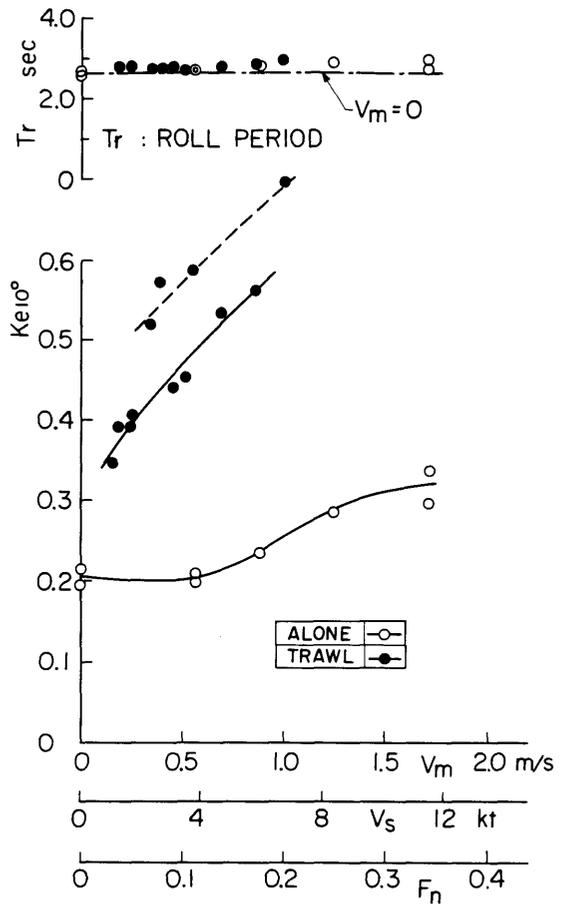


Fig. 8 Damping Coefficient from Free Roll Test

等価線形化した x_{e10} ⁴⁾ で表わしたものである。曳網により横揺減衰が2倍程度と非常に大きくなることが示されている。これらの横揺減衰係数は、後にストリップ法で横揺れ応答を計算するときに使用する。また横揺れ固有周期が曳網によって変化していないことから、曳網の影響は復原力ではなく減衰力として作用しているものと解釈してよいと考えられる。

4. 非曳網時波浪中動揺試験

非曳網時（単独航行時）の規則波中の船体運動の結果について以下に示す。

4.1 迎波中の船体運動

$\chi = 180^\circ$ (迎波) のときの縦揺れ, 上下揺れ, 前後揺

れの結果をストリップ法による計算値と比較して, Fig.9~11に示す。前後揺れは比較的良い一致を示しているが, 縦揺れと上下揺れについては一致度は悪い。ここに示した計算値はOSMによるものであるが, NSMによる計算値も大差のない結果になっており図には示していない。一般商船では, コンテナ船やバルクキャリアなどはもとより, かなりの幅広浅吃水船⁵⁾まで含めて, 計算と実験は良い一致を示すのが普通である。また, 船尾トロールも行う漁業練習船⁶⁾で縦揺れの一致が悪い例はあったが, 縦揺れ, 上下揺れともこれほど一致が悪い例はまれである。この不一致の主な理由としては, 船尾部の大きな張出し部分が水面から露出したり没水したりする実際の挙動が, 微小振幅揺を仮定した今回の計算法には全く考慮されていない

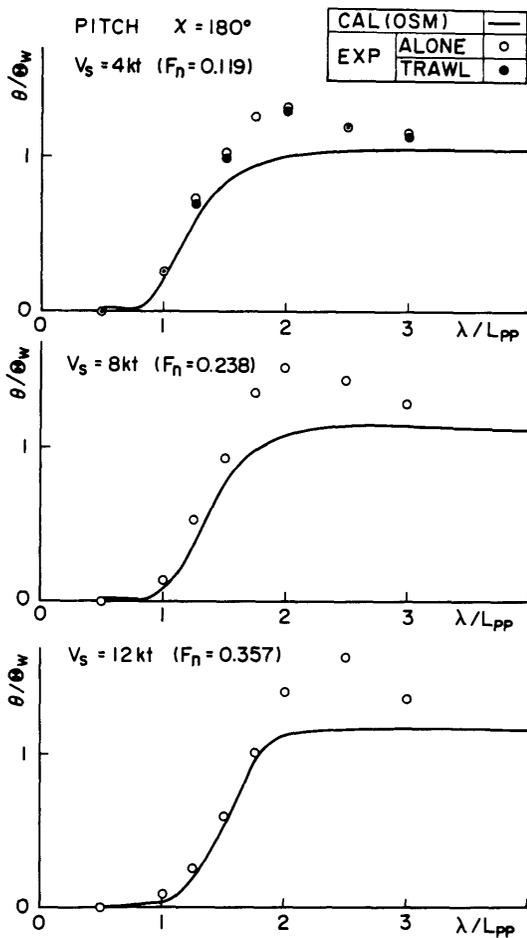


Fig. 9 Pitch in Head Waves

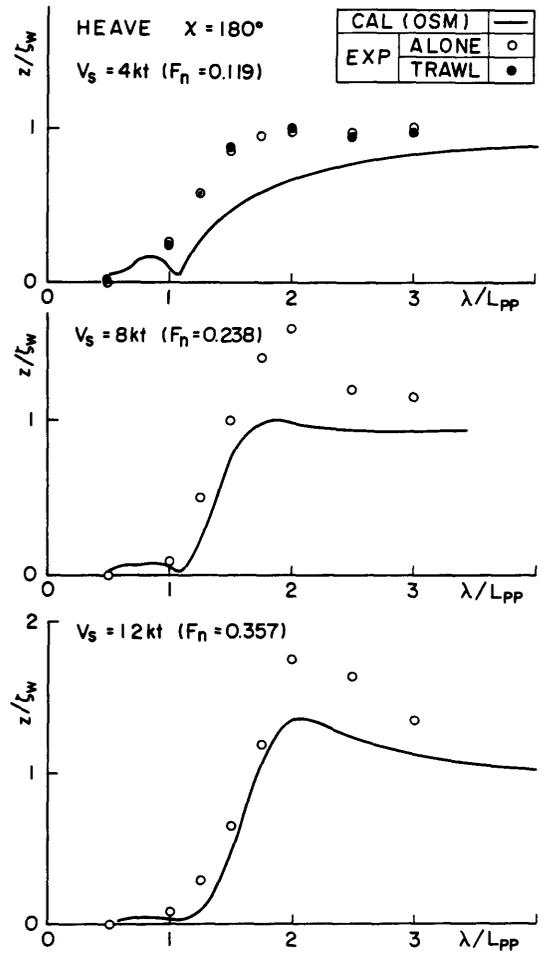


Fig. 10 Heave in Head Waves

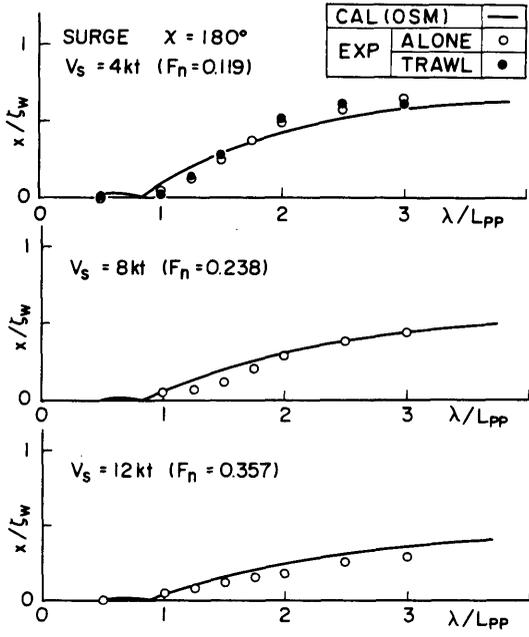


Fig. 11 Surge in Head Waves

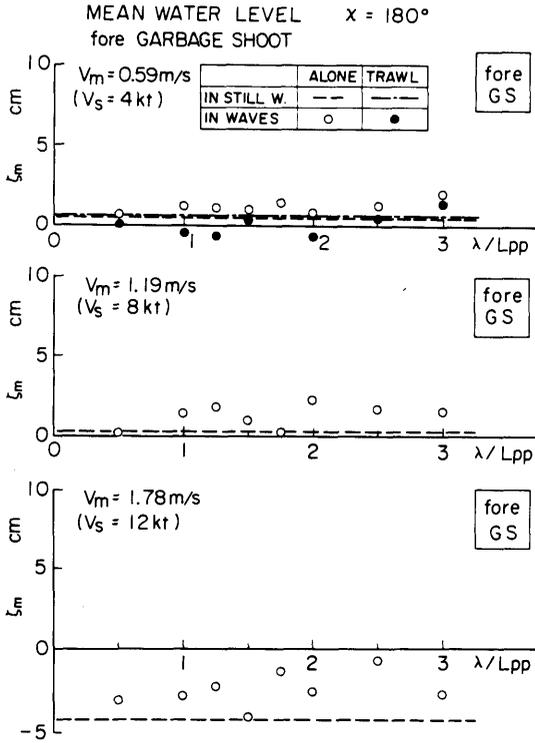


Fig. 12(b) Relative Water Level in Head Waves (Mean, fore Garbage Shoot)

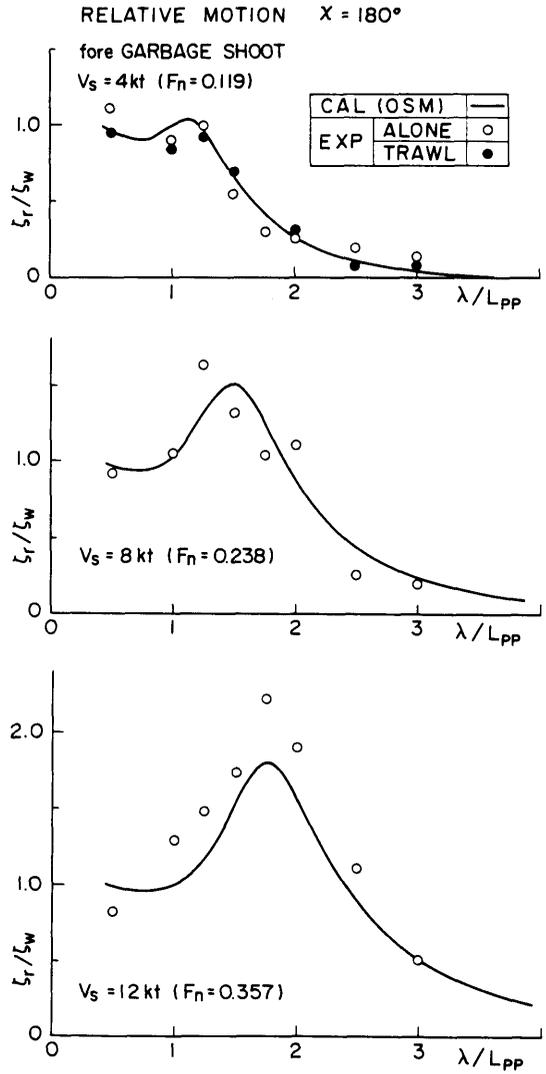


Fig. 12(a) Relative Water Level in Head Waves (Amplitude, fore Garbage Shoot)

ことが考えられるが、SRSLAMTMの利用やもっと簡単な計算法の開発を含めて今後の改良が必要と考えられる。

Fig.12(a)~(d)は前後2ヶ所のガーベージシュート位置における船側相対水位の変動成分と平均値である。変動成分については、運動の推定が悪い割にはストリップ法による推定値と実験結果は比較的一致している。平均値については、定常造波と非定常造波の相互影響の問題はあるものの、ほぼ平水中の相対水位に

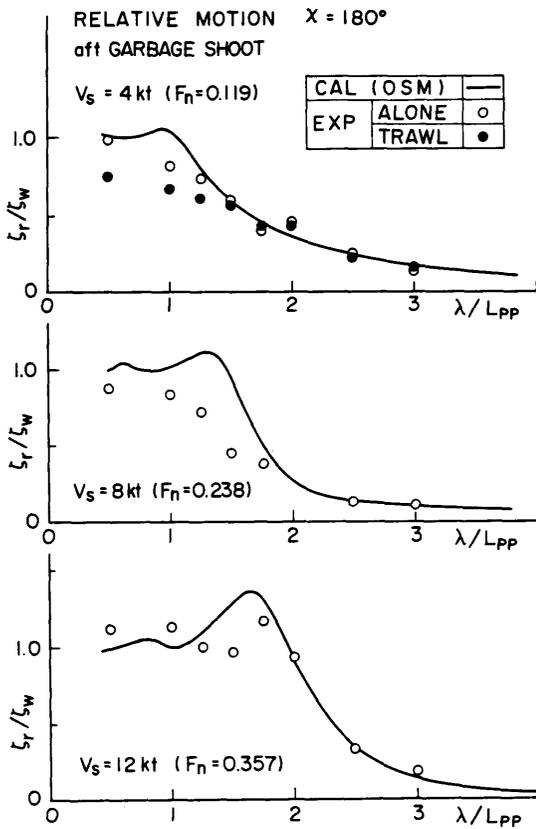


Fig. 12(c) Relative Water Level in Head Waves (Amplitude, aft Garbage Shoot)

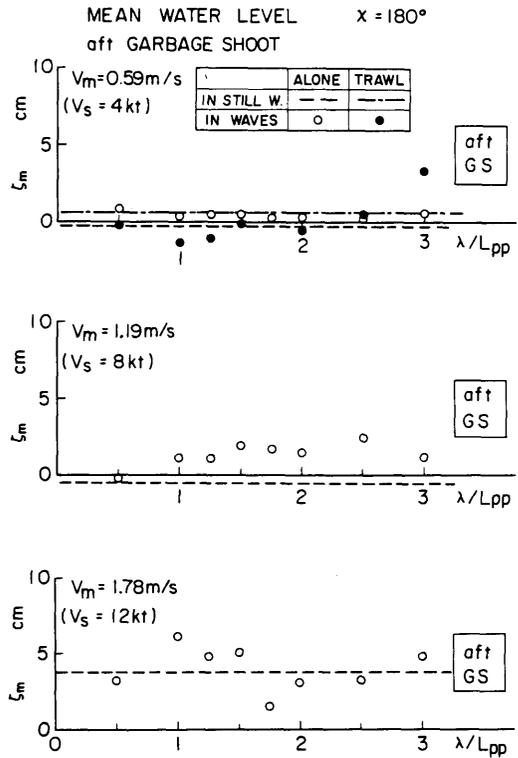


Fig. 12(d) Relative Water Level in Head Waves (Mean, aft Garbage Shoot)

近い値とみてよいであろう。

4.2 横波中の船体運動

$\chi = 90^\circ$ (横波) のときの横揺れ, 横加速度, 上下揺れの結果をストリップ法による計算値と比較して, Fig.13~15 に示す。横揺れの計算には自由横揺れ試験で得られた減衰係数を横揺れ角 10° として等価線形化した α_{e10} を使っているが, 実験と計算との一致は長波長域であまり良くない。ただし, これは角水槽の造波機の能力の制限から $\lambda/L_{pp} > 4$ ($\lambda > 10\text{m}$) 程度以上の波長の長い波はあまりきれいに起こせないことや, 前述のように模型船の寸法の制限からオートパイロット装置を搭載できなかったため, 長波長の横波中で $\chi = 90^\circ$ を保ってマニュアル操縦するのに困難を感じたことなどから, 実験精度が縦波中に比べてやゝ悪くなっていることも考えられる。横加速度についても横揺れと同様に実験と計算との一致はあまり良くない。

Fig.16 (a), (b)は相対水位であるが, 変動成分についての推定値と実験値の一致は極めて悪い。

4.3 追波中の船体運動

$\chi = 0^\circ$ (追波) のときの縦揺れ, 上下揺れ, 前後揺れの結果をストリップ法による計算値と比較して, Fig.17~19 に示す。上下揺れおよび低速での縦揺れと前後揺れについては一致度は良い。高速での縦揺れの一緻度はあまり良くはないが運動自体が小さいのでそれほど問題にすることはないであろう。

Fig.20 (a), (b)は相対水位であるが, 特に短波長域で変動成分についての推定値と実験値の一致が良くない。

4.4 追波中での大振幅前後揺れと波乗り

高速での前後揺れについては非常に大きな値が現れており, 定性的には計算と似た傾向を示している。これは, 前後揺れの運動方程式に復原力項がないため,

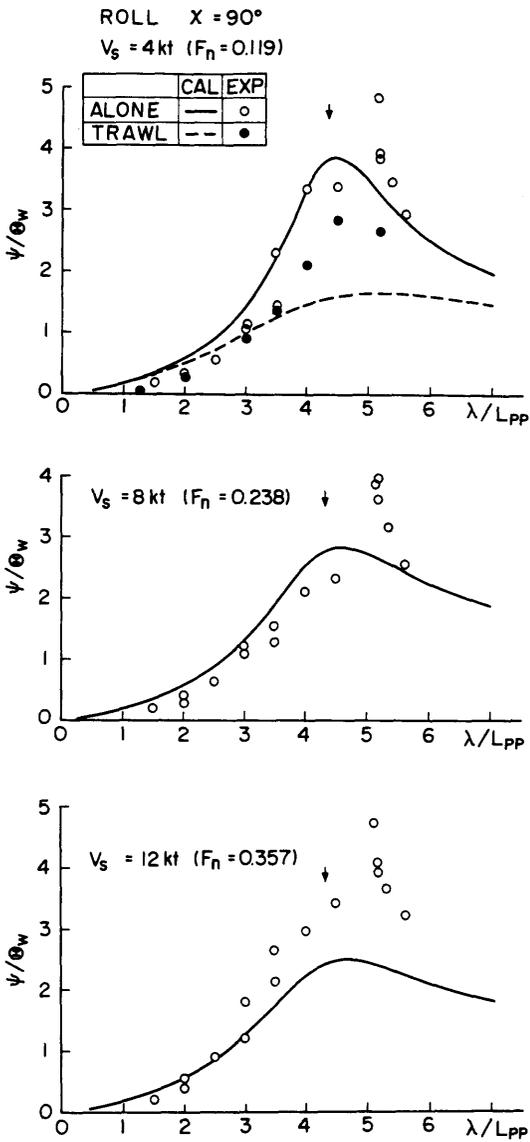


Fig. 13 Roll in Beam Waves

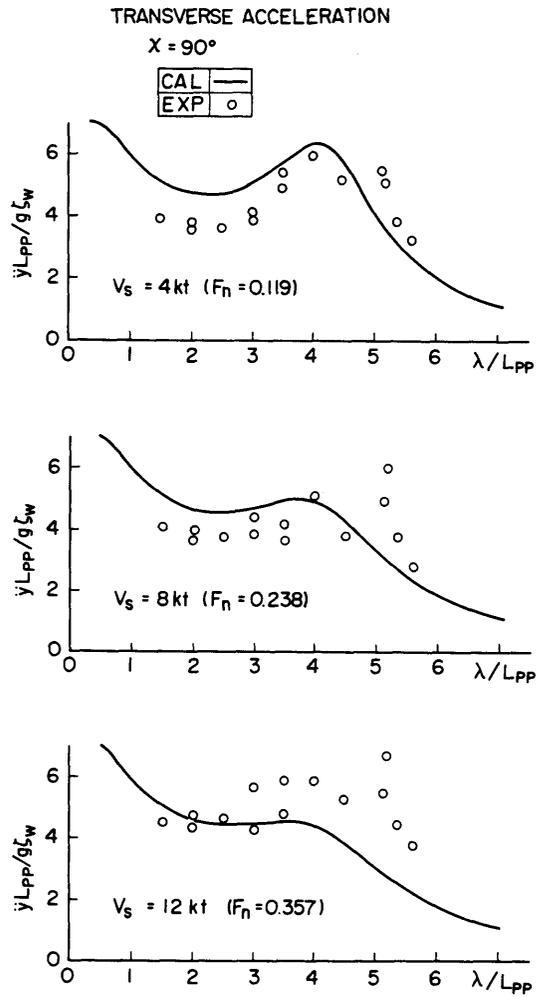


Fig. 14 Transverse Acceleration in Beam Waves

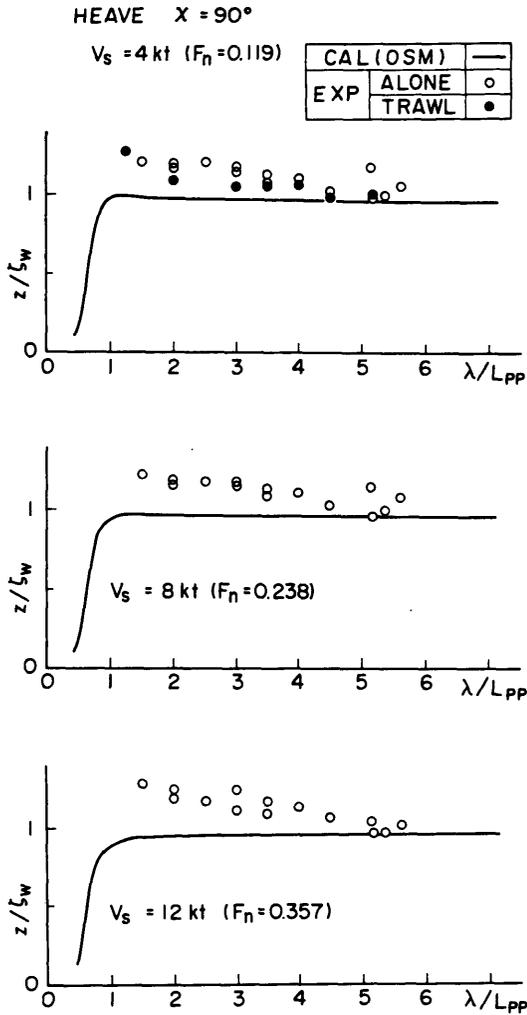


Fig. 15 Heave in Beam Waves

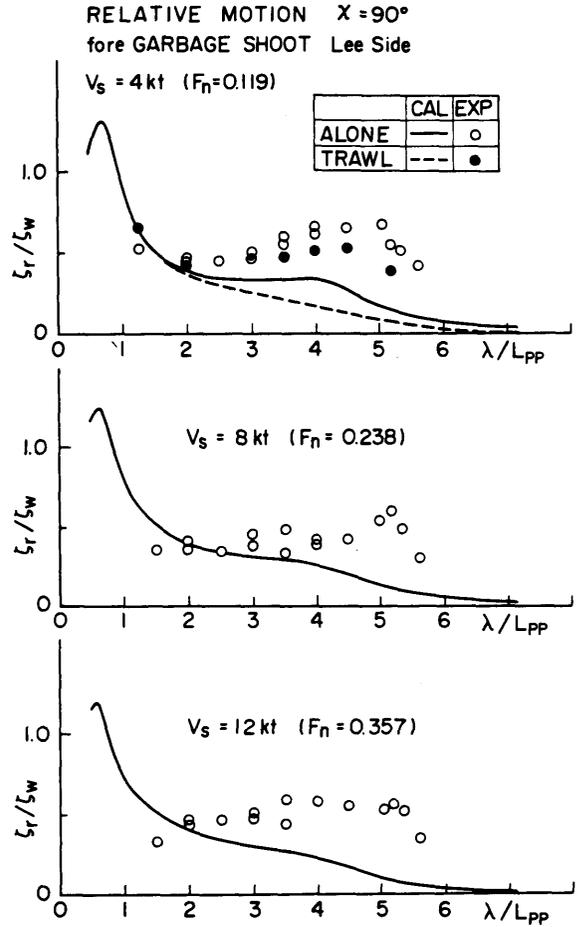


Fig. 16(a) Relative Water Level in Beam Waves
 (Amplitude, fore Garbage Shoot)

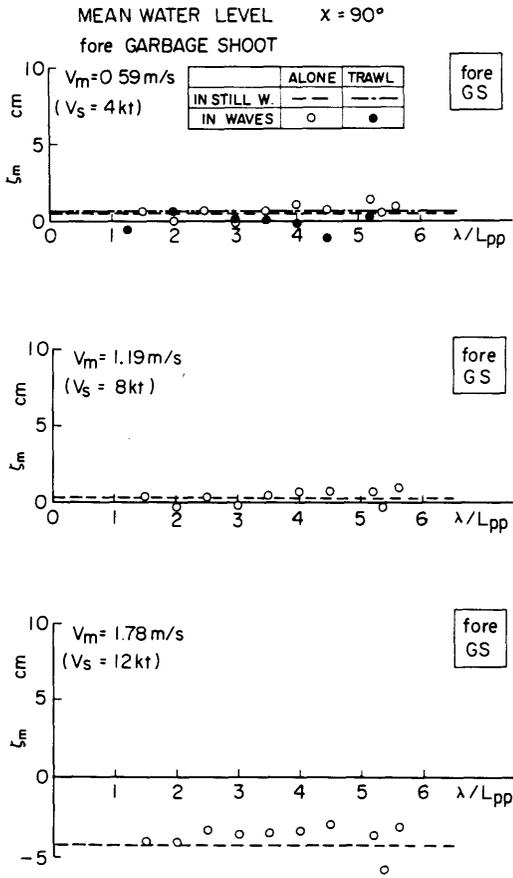


Fig. 16 (b) Relative Water Level in Beam Waves (Mean, fore Garbage Shoot)

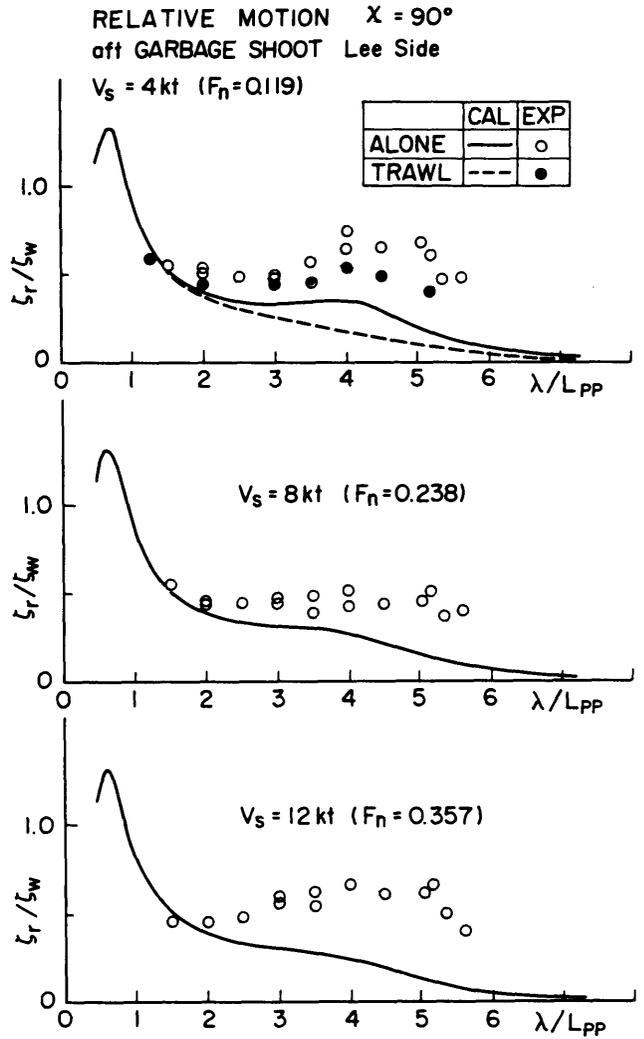


Fig. 16 (c) Relative Water Level in Beam Waves (Amplitude, aft Garbage Shoot)

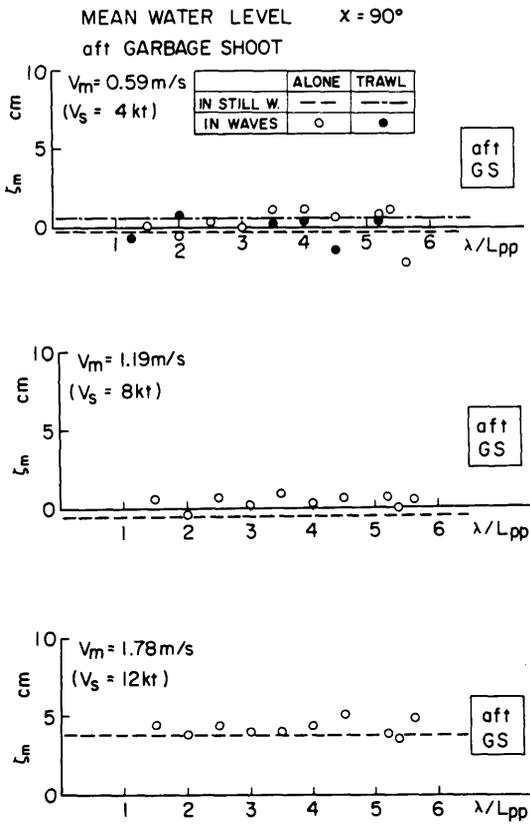


Fig. 16 (d) Relative Water Level in Beam Waves (Mean, aft Garbage Shoot)

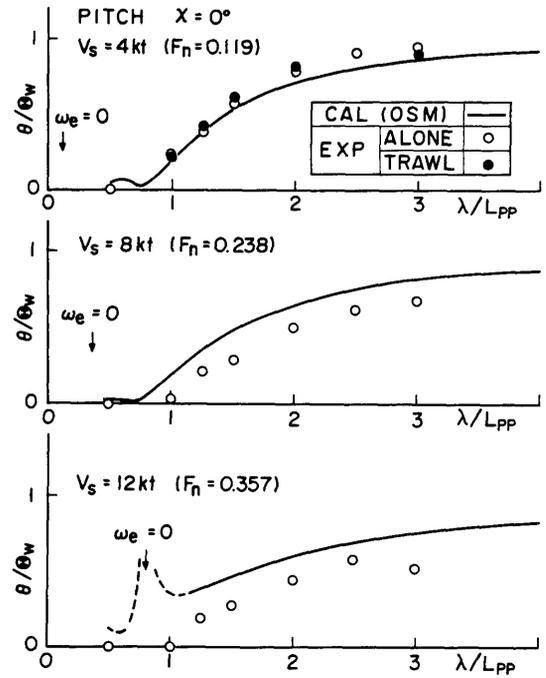


Fig. 17 Pitch in Following Waves

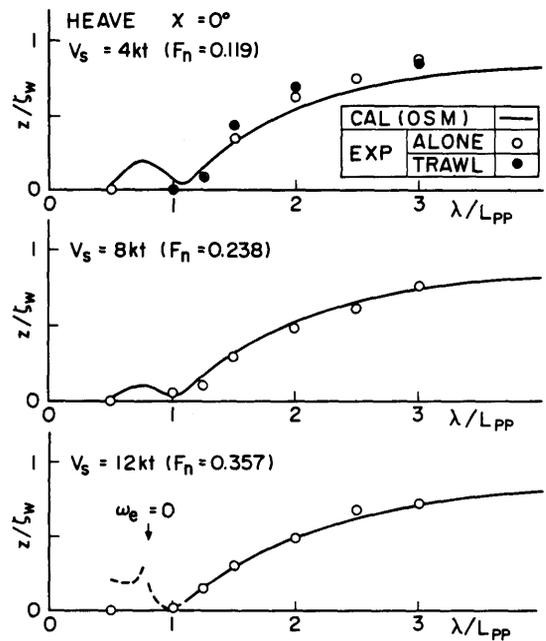


Fig. 18 Heave in Following Waves

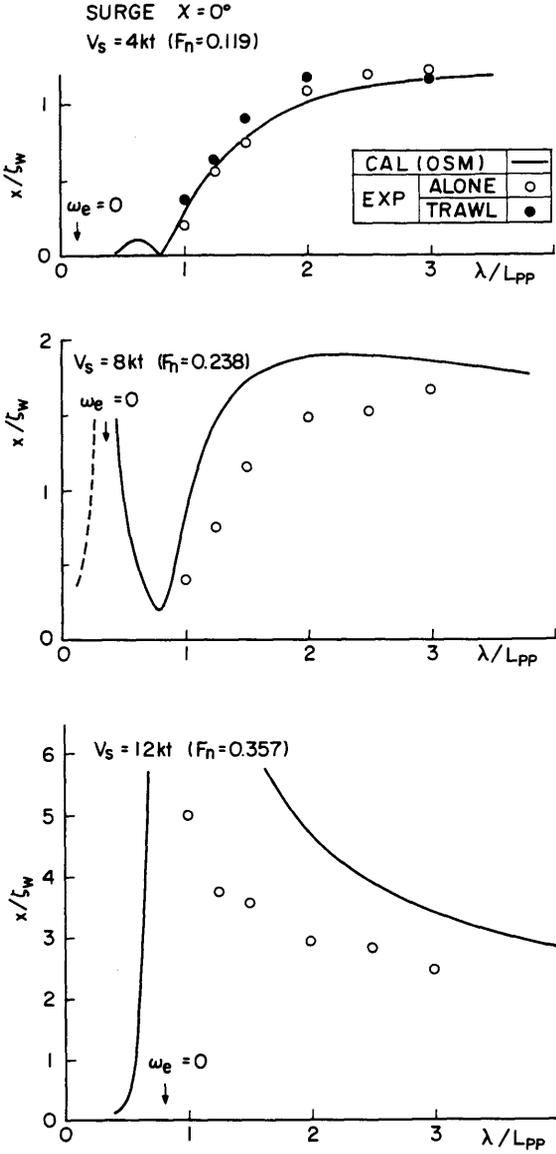


Fig. 19 Surge in Following Waves

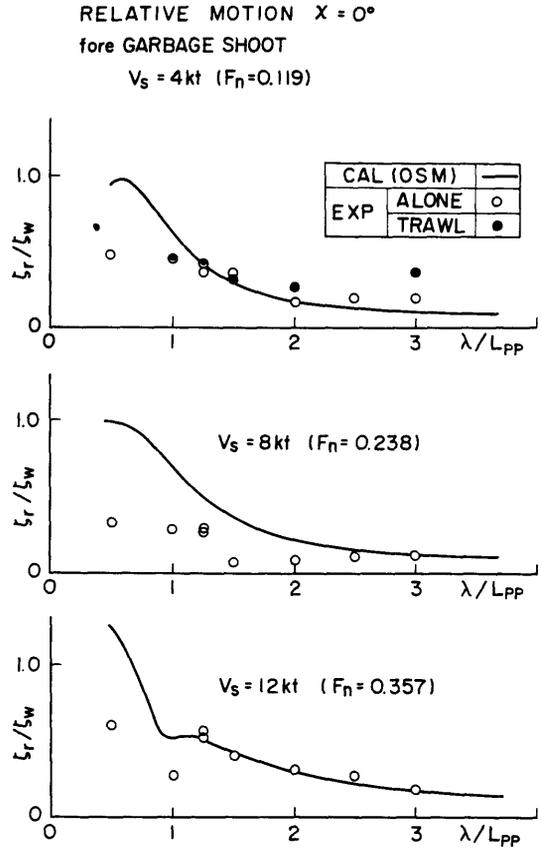


Fig. 20(a) Relative Water Level in Following Waves (Amplitude, fore Garbage Shoot)

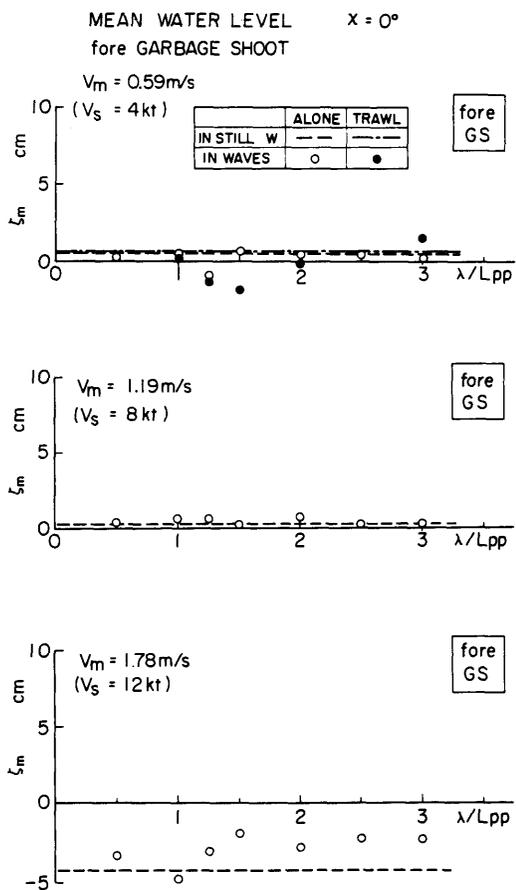


Fig. 20 (b) Relative Water Level in Following Waves (Mean, fore Garbage Shoot)

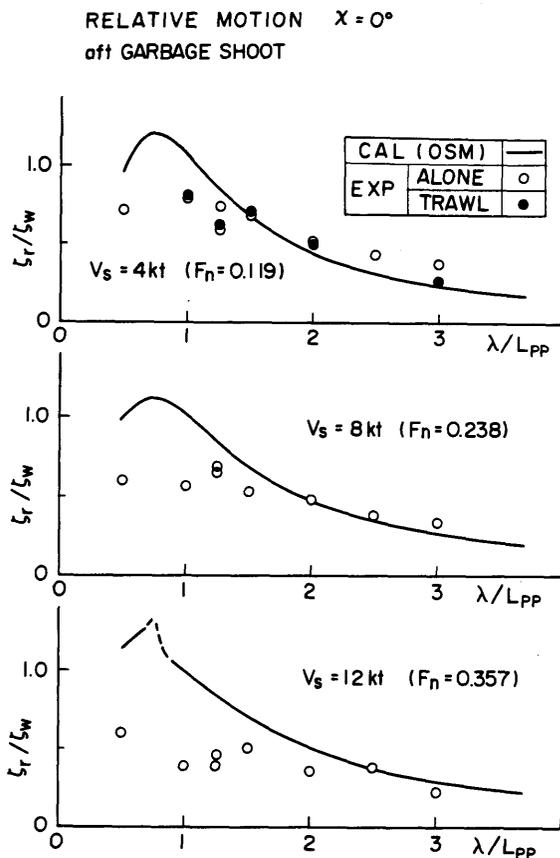


Fig. 20 (c) Relative Water Level in Following Waves (Amplitude, aft Garbage Shoot)

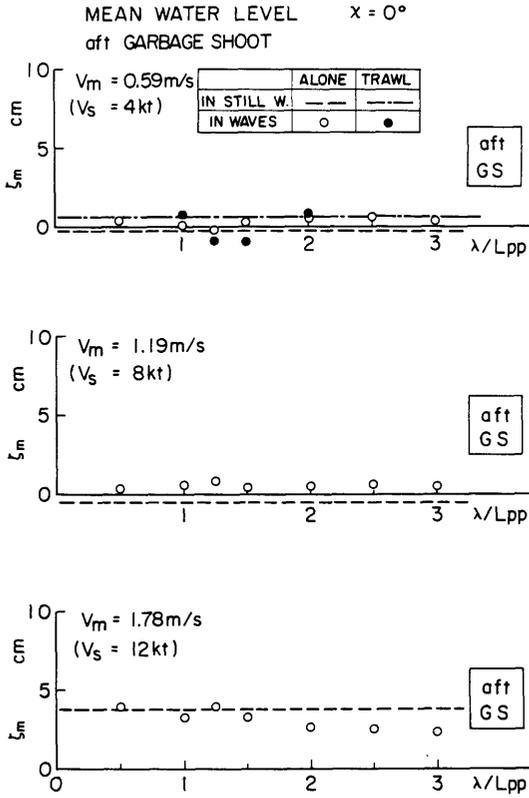


Fig. 20 (d) Relative Water Level in Following Waves (Mean, aft Garbage Shoot)

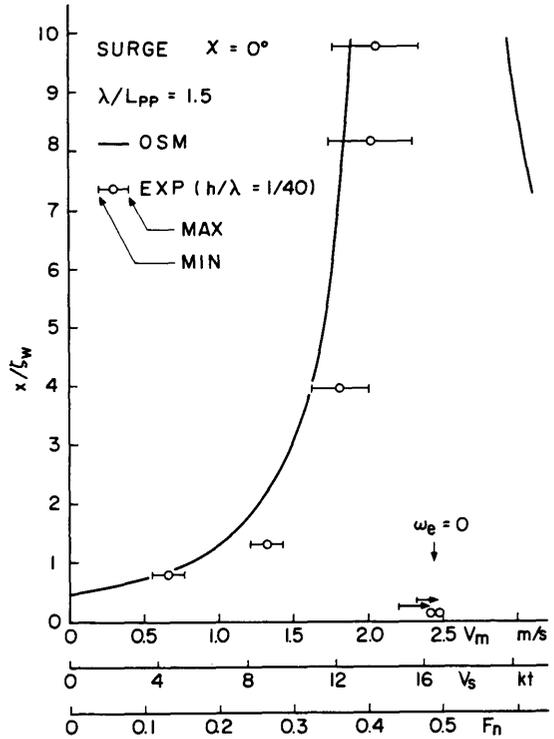


Fig. 21 (a) Surge in Following Waves ($\lambda/L_{pp} = 1.5$)

波との出会周波数 ω_e が 0 に近づくにつれて、 $1/\omega_e$ の形で前後揺れが発散してゆく現象である。実際には、計算のように前後揺れが無限大に発散するのではなく、ある限界点を境に船が波に捕捉された形となり、波と等速になって一種の安定状態すなわち波乗り状態

に入ることになる。これを特定の波長の波についてももう少し詳しく調べた結果を Fig. 21 (a)~(d) に示す。例えば Fig. 21 (b) は $\lambda/L_{pp} = 1.25$ について示したものであるが、船速を増し $\omega_e = 0$ に近づいてゆくにつれ

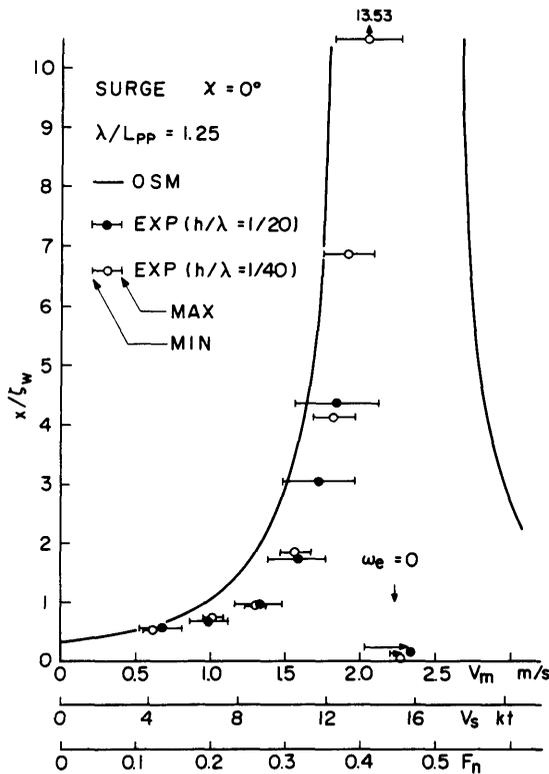


Fig. 21 (b) Surge in Following Waves
($\lambda/L_{pp}=1.25$)

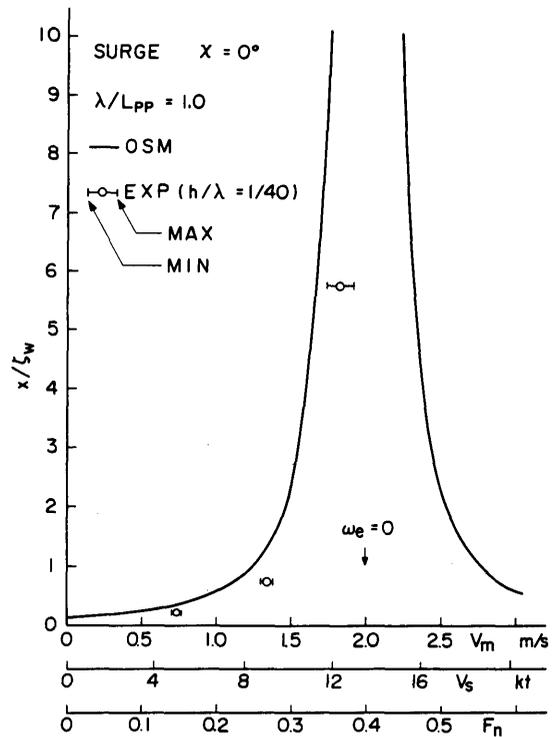


Fig. 21 (c) Surge in Following Waves
($\lambda/L_{pp}=1.0$)

て、前後揺れ振幅が大きくなり、観測された最大値としては波振幅の13.5倍という値が得られている。図の各実験点に付けた横線は速度変動の範囲を示している。プロペラ回転数を更に上げた場合には、往復運動としての前後揺れはなくなって波乗り状態になっており、平水中の船速よりかなり増速されている。また波高が高いほど速度変動の範囲も大きく低速から波乗り状態になるらしいことがうかがえ、前後揺れにより変動する船速の最大値が波速を越えると波乗り状態になるという第1近似的な仮説 ($\chi = 0^\circ$ の場合)⁹⁾を裏付けているようにも見える。プロペラ回転数を更に上げた場合には、波乗り状態を脱出して再び前後揺れが現れてくることが推測されるが、自航モーターの能力の限界からそこまでの実験はできなかった。Fig. 21 (d)は前後揺れの周期を示したものであり、計算と実験は良

く合っており、波乗り状態に近づくにつれて前後揺れの周期が非常に長くなってゆく様子が判り、この現象を直感的に把握するのに役立つものと考えられる。

なお、Fig. 17, 18の縦揺れと上下揺れの高速での計算値で $\omega_e = 0$ の付近に現れている特異な傾向は、前後揺れの場合に現れるものとは全く別の性質のものであって、実際にそのような現象があるわけではなく、この付近での船体断面の上下揺れの流体力の内挿精度が悪いために起こる計算技術上の問題であり、改善を必要とする点である。また、今回直接の関係はないが斜め追波では、左右揺れと船首揺れに同様の問題が起こる。この場合は船体運動に実際にそのような現象が起こる上に計算技術上の問題としても起こるので、少なくとも計算技術上の問題の方は解決しておかなくてはならない⁹⁾。

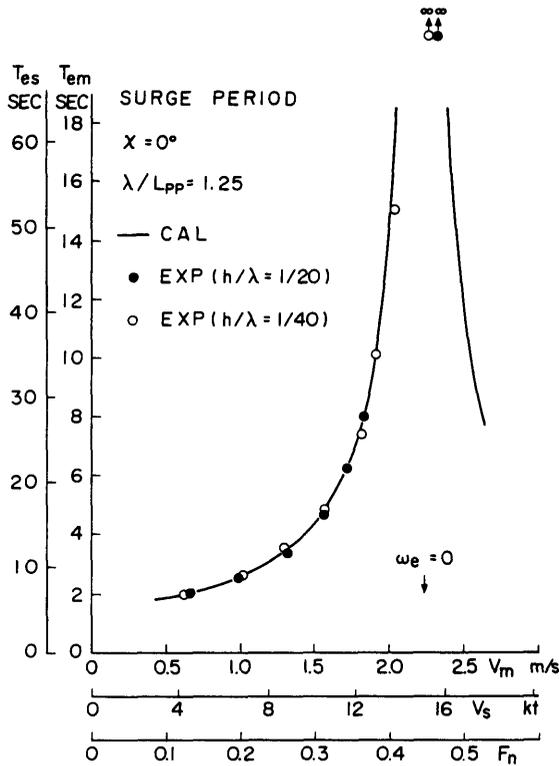


Fig. 21 (d) Surge Period in Following Waves ($\lambda/L_{pp}=1.25$)

5. 曳網時波浪中動揺試験

曳網時の規則波中の船体運動については、通常のトロールでは曳網速度は4ノット程度といわれていることから、4ノット相当の場合の模型実験を行った。実験結果は、4ノットで単独航行時の結果を示した前出の各図に併せて載せてある。

迎波中では縦揺れ、上下揺れ、前後揺れとも単独航行時との違いは認められない(Fig. 9~11)。

横波中では横揺れが減少しているが、曳網により横揺れ減衰が非常に大きくなることから合理的な結果とみなせる(Fig. 13)。横加速度については、加速度計(サーボ式を使用)が故障したため計測されていない。横波中の上下揺れについては、多少曳網の影響がでて減少しているようにも見えるが大きな影響ではない(Fig. 15)。

追波中でも縦揺れ、上下揺れに曳網の影響がでていように見えない(Fig. 17~18)。前後揺れが曳網の影響で多少大き目になっているようにも見えるが、それほど大きな影響ではない(Fig. 19)。

曳網により迎波中で縦揺れ、上下揺れが増えるという模型実験結果もあるが⁽²⁾、今回はそれとは異なる結果となった。今後この点を更に検討する必要があると思われる。

Fig. 22 (a)~(c)は波浪中での曳網張力の測定値である。平均値は平水中の値と大きな違いはないが、変動張力の振幅は迎波の場合、 $\lambda/L_{pp}=1.25$ 付近にピークがあり船体運動のピークよりかなり短波長側に出ている。これは曳網張力が船体運動の振幅だけでなく位相にも強く左右されるという当然の結果を示している。

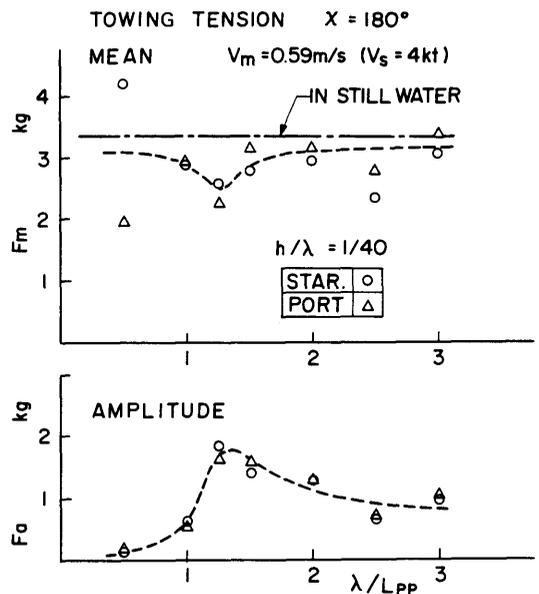


Fig. 22 (a) Towing Tension in Head Waves

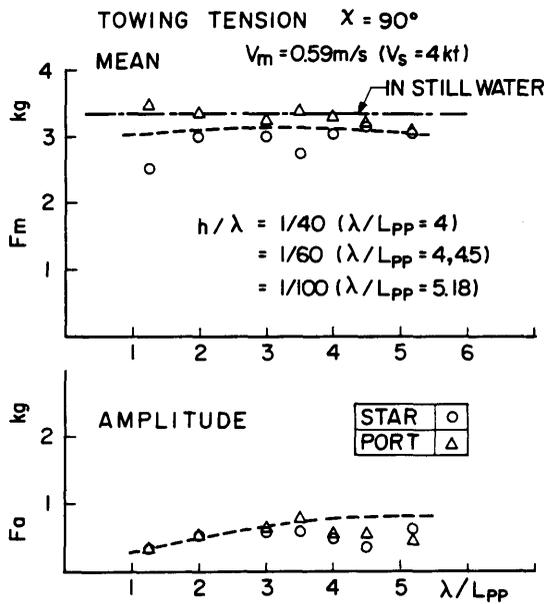


Fig. 22 (b) Towing Tension in Beam Waves

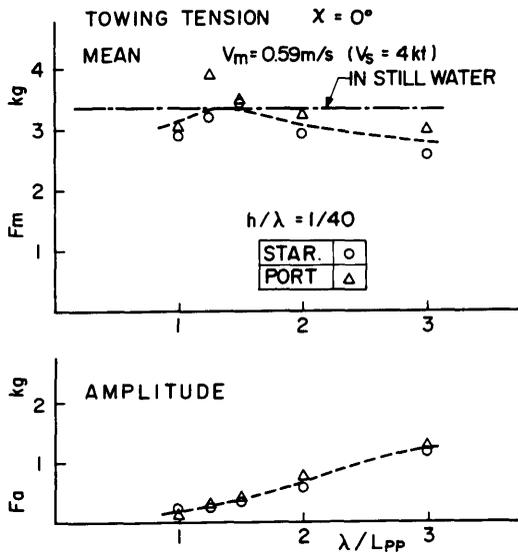


Fig. 22 (c) Towing Tension in Following Waves

6. 非曳網時旋回試験

単独航行時の旋回性能試験の結果を Fig. 23 に示す。大舵角の定常旋回特性で左右の非対称性が大きく現れているが、旋回性能には特に問題はない。また針路安定性にも問題はなさそうである。これは舵面積比 $Ar/L_{pp} \cdot d_m = 1/27.3$ というかなり大きな舵を持っていることや、大きな船尾トリムの状態であること等によるものと考えられる。また、高速(12ノット)と低

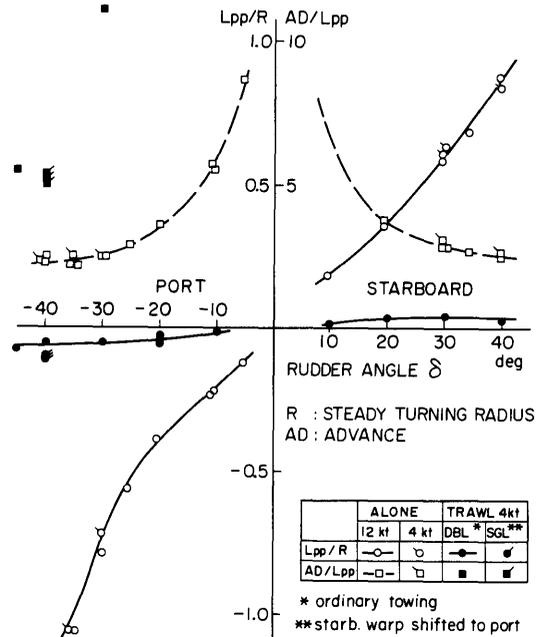


Fig. 23 Turning Ability

速(4ノット)で旋回性能には差がないことも示されている。

Fig. 24 は定常旋回中の船速低下の結果である。やはり左右の非対称が現れており、旋回運動の激しい左旋回の時により大きな船速低下を起こしている。

旋回時に発生する横傾斜の測定結果を Fig. 25 に示す。操舵直後に先づ舵に働く流体力により旋回内側への傾斜が急激に増大し最大外傾角に達した後、定常旋回に入るとともに一定の外傾角に落ち着いてくる

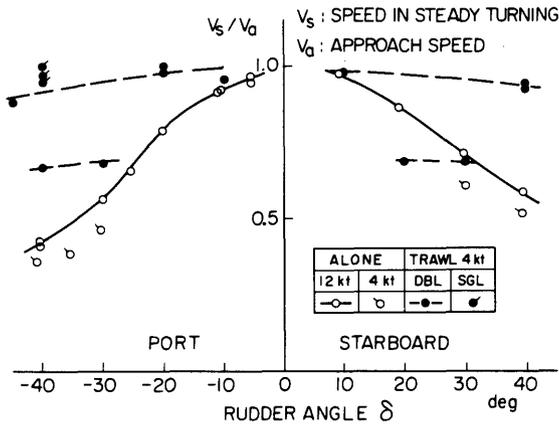


Fig. 24 Speed Reduction in Turning Motion

(Fig. 30 (a)参照)。その3つの段階のそれぞれを図に示してある。定常旋回中の外傾角に左右の非対称性が大きく現れており、旋回運動が激しい左旋回の方が傾斜角が小さいという一見直感とは異なる結果であるが、これは Fig. 24 で示したように旋回中の速度低下が旋回運動の激しい左旋回の方に大きく現れておりその効果として説明できるであろう。

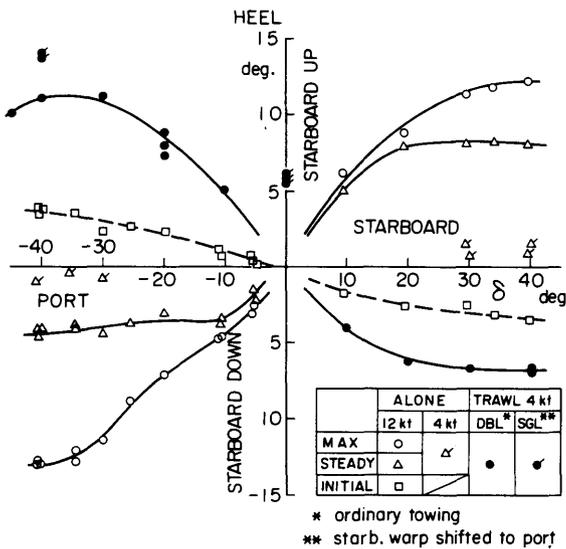


Fig. 25 Heel in Turning Motion

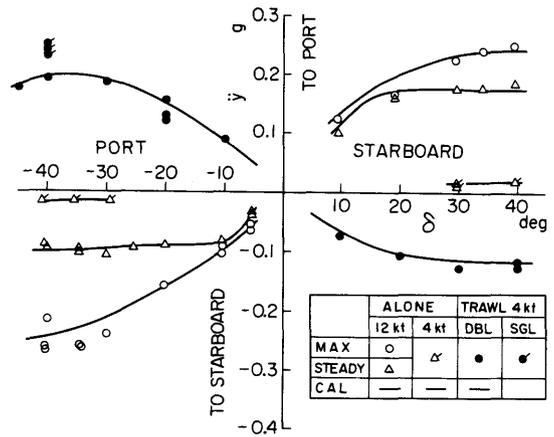


Fig. 26 Transverse Acceleration in Turning Motion

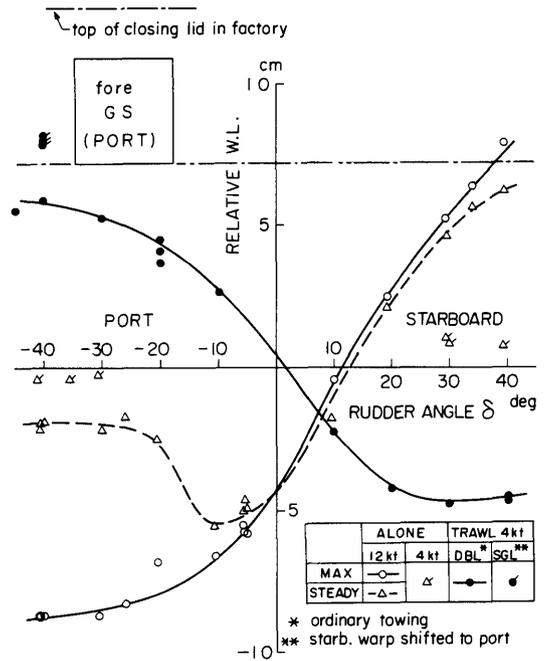


Fig. 27 (a) Relative Water Level in Turning Motion (fore Garbage Shoot)

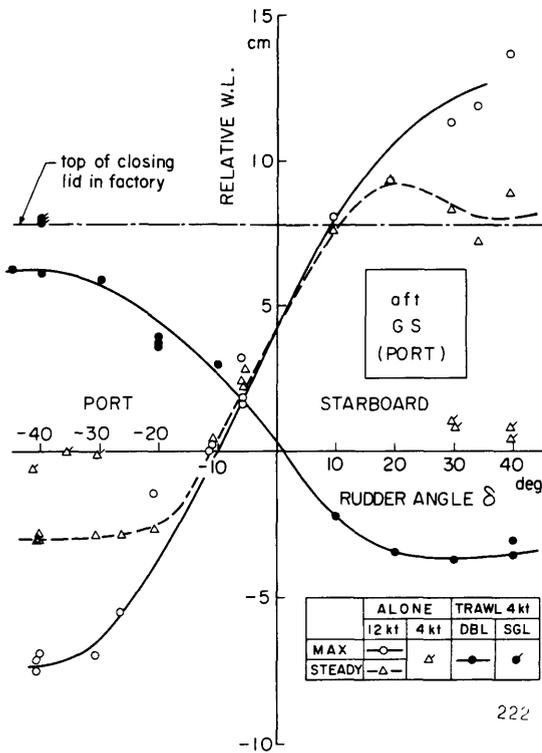


Fig. 27 (b) Relative Water Level in Turning Motion (aft Garbage Shoot)

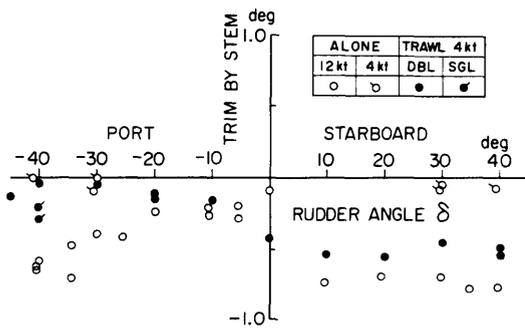


Fig. 28 Trim in Steady Turning

旋回中に左舷側船尾甲板で測定した横加速度の結果を Fig. 26 に示す。傾斜角の結果 (Fig. 25) と似た傾向である。図中に計算値として示したものには、傾斜角を θ 、定常旋回半径を R 、定常旋回中の船速を V_s としたとき、 $g \cdot \sin \theta + V_s^2 / R$ の値を実験値を用いて計算しその平均的な曲線を示したものであるが、定常旋回中の横加速度のほか最大外傾の時に生ずる最大横加速度もこれで大体推定できることを示している。

前後 2 ケ所のガーベージシュート位置における旋回時の相対水位を Fig. 27 (a), (b) に示す。本船のガーベージシュートは左舷側にあるが、大舵角での右旋回の際に後部のガーベージシュート開口部は大きく水没し、船内の立ち上がりの上に付いている水密蓋が閉じられていなければ船内への浸水が起こることを示している。

Fig. 28 は定常旋回時のトリム変化の測定結果を示したものである。ジャイロによる測定であり、分解能があまり良くない (カタログ表示 0.2° 以下) 等の問題もあり、左右の非対称 (特に小舵角時) の原因は不明であるが、かなりの船尾トリムが出ていることは判る。

7. 曳網時旋回試験

曳網時の旋回試験の結果は、単独航行時の結果を示した前出の各図に併せて載せてあるが、大きな特徴のひとつは、曳網により旋回性能が極端に悪化することである。Fig. 23 によれば例えば舵角 40° の操舵の場合、右旋回、左旋回とも 20 倍以上も定常旋回径が大きくなっている。

曳網時の旋回性能が極端に悪化することは底曳漁業の関係者には良く知られているが、外側のワーブを繰り出しながら舵を取ると多少旋回しやすくなるといわれている。図中、黒丸印にひげのついた左 40° の実験点は 2 本のワーブのうち旋回外側 (今回は右舷側) にあたる方の 1 本をもう片方の内側のワーブにまとめて曳網したものであるが、確かに定常旋回径が 1/2 程度に小さくなり、旋回性能が改善されていることが判る。また曳網時には定常旋回径が 10~20 倍以上も大きくなっているにもかかわらず、縦距が 2~4 倍程度にしかならないのは、Fig. 31 (a), (b) に単独時と曳網時の旋回軌跡の例として示したように、曳網時には操舵直後にコースが大きく変わるがその後なかなかコースが変わっていかないという特徴があるためと解釈できる。

曳網時の旋回運動に関するもうひとつの特徴は、

Fig. 25 に示したように、旋回中の横傾斜角が大きな内傾角になることである。操舵直後の内傾状態から横揺れ固有周期で自由横揺れしながら、内傾状態のまま定常値まで増大し単独航行時のように最大値のようなものは現れない(Fig. 30 (b)参照)。ワープの曳網張力がトップローラーのかなり高い位置で船を旋回の内側に曳くわけであるから内傾になるのは当然であり、またこのワープの曳網張力が船尾で大きな旋回抵抗として作用し旋回性能を悪化させる原因であることは言う迄も無い。ワープを旋回内側の片側にまとめた場合は、先にのべたように旋回性能は改善されるものの、内側への横傾斜は一層大きくなっている。

旋回時の横傾斜が単独時と逆になるのであるから、横加速度、相対水位も同様に単独時とは逆に現れており、それぞれ対応する図に結果が示されている。

Fig. 24 の旋回中の船速低下の図では、曳網中に不連続な点がでていたが、これは普通に言う旋回中の船速低下ではなく、Fig. 4 で示したように船速の安定点が2ヶ所あるため、操舵をきっかけにして高速側の安定点から低速側の安定点に移ったものと解釈すべきであろう。実際には曳網時の旋回では、旋回運動が極めて緩やかであることと、大きな曳網抵抗が支配的となり旋回が原因となる船速低下はほとんど起こらないとみてよいであろう。

Fig. 29 は定常旋回中の曳網張力であるが、Fig. 24 の旋回中の船速低下の図で、不連続な点がでていた右 20° や 30° 等に、曳網張力の不連続点がでていないことは、船速が2つの安定点の間で移るという上の推測を裏付けているものであろう。

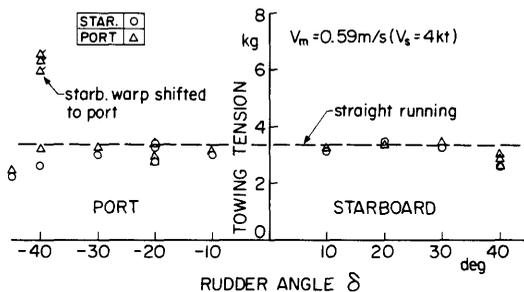


Fig. 29 Towing Tension in Steady Turning

Fig. 30 (a), (b)に上で述べた諸計測項目の生データの記録例を、単独旋回時と曳網旋回時について示しておく。

実際の曳網状態では、ワープの長さは2000m程にもなると言われており、今回の模型実験ではワープの仰角をほぼ相似にしたものの、ワープの長さまで相似にすることは不可能であった。1/12という縮尺比からいうとこれは167mに相当し、今回の模型実験ではその1/10以下のかなり短いものを使ったことになる。幾何学的な相似性も保たれてはいないが、曳網時の旋回運動に関する定性的な特徴は把握できたと考えてよいであろう。

8. まとめ

今回実施した模型実験の結果は下記のように要約できる。

(1) 縦波中(迎波, 追波とも)での船体運動(縦揺れ, 上下揺れ, 前後揺れ)の振幅応答に曳網による影響はほとんど認められなかった。

(2) 横波中での横揺れの振幅応答は曳網により減少した。横揺れ減衰係数は曳網により単独航行時の2倍程度に増加した。

(3) 平水中での旋回性能は曳網により極端に悪化した。旋回による横傾斜は常に内傾になった。ワープを旋回内側の片舷にまとめた場合は旋回性能はある程度改善されるが、内傾角が一層大きくなった。

(4) 非曳網時(単独航行時)の規則波中の船体運動は、実験値とストリップ法(OSM, NSMとも)による推定値との一致度が良くなかった。とくに従来あまり問題のなかった迎波の縦揺れ, 上下揺れにおいて一致が悪かった。

(5) 非曳網時(単独航行時)の規則追波中の $\omega_0 = 0$ 付近で大振幅の前後揺れから波乗り状態にいたる挙動を示す実験データが得られた。

なお、本文では触れていないが、曳網時に波浪中(風力階級6程度に相当する不規則波)を迎波状態で左旋回させたところ、平水中での旋回性能からは推定できないような良好な変針をし、角水槽中央部の水中に設置してある超音波式波高計の架台に曳網模擬装置とワイヤーが根がかりして取れなくなり実験を打ち切ったという経緯があった。このことから、波浪中では風下側になら変針し易くなるが、風上側には一層変針しにくくなることが推測される。その問題を含め、今後の課題としては、転覆海難の発生が揚網時にも少なく

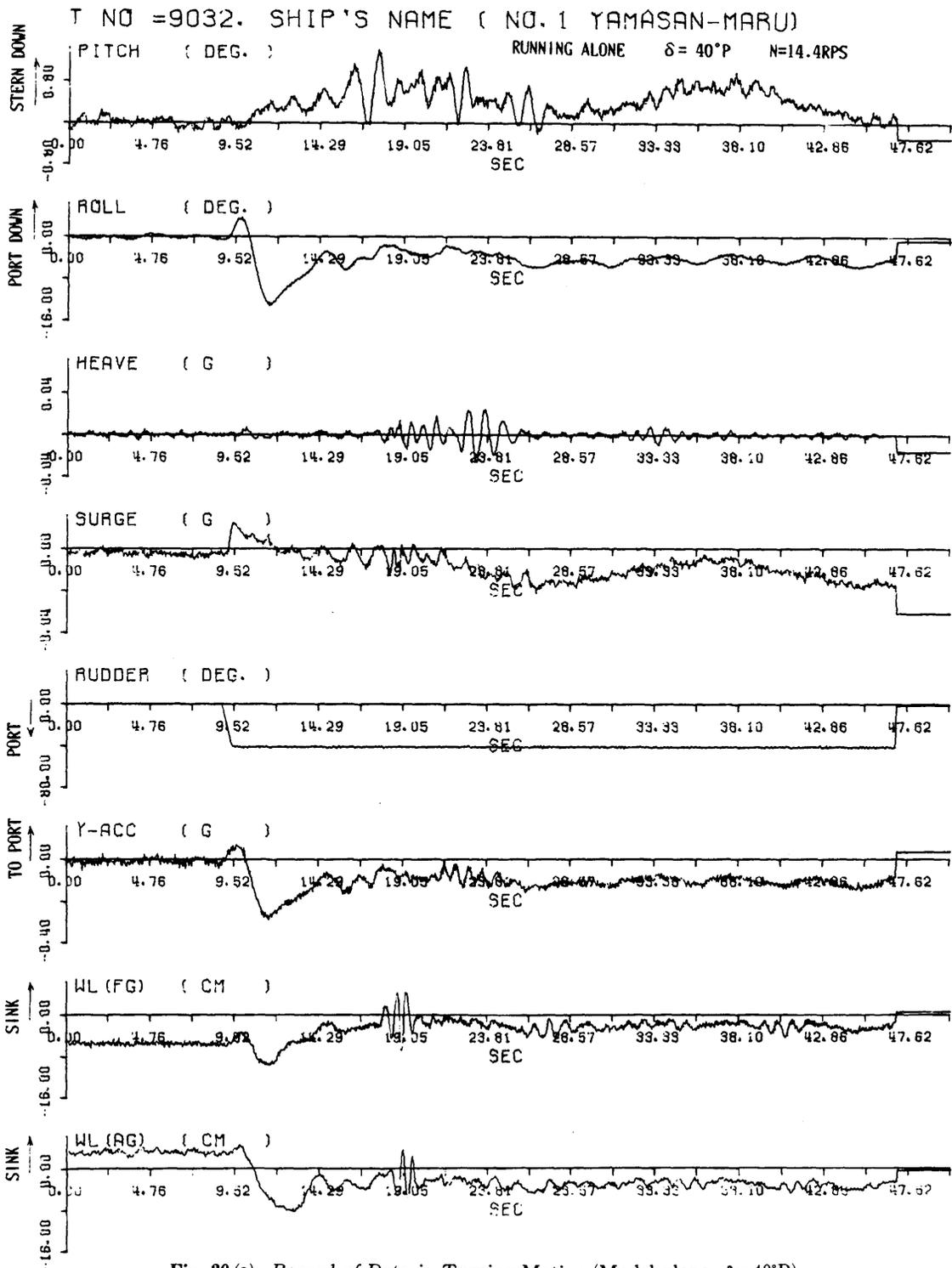


Fig. 30(a) Record of Data in Turning Motion (Model alone, $\delta = 40^\circ P$)

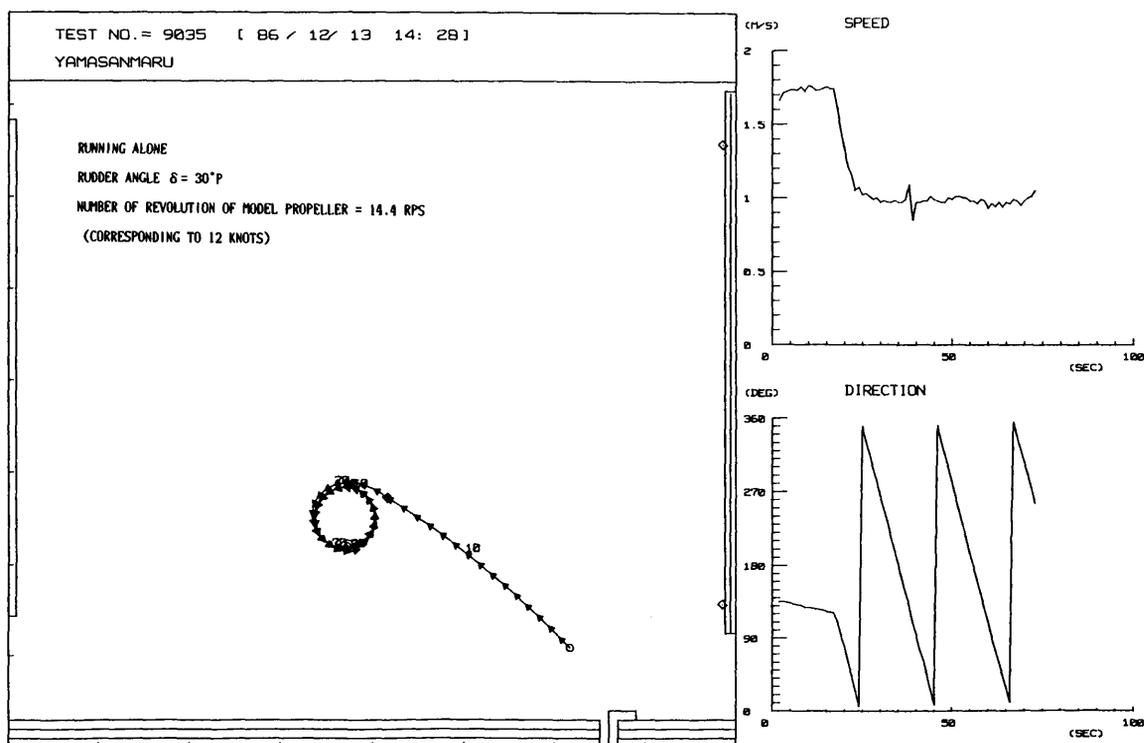


Fig. 31 (a) Trajectory of Model in Turning Motion
(Model alone, $\delta = 30^\circ P$)

いことから、揚網時の安全性に係わる問題や、漁獲が多すぎた過載時の問題等も取り上げる必要があると思われる。また今回も、模型船上に8ミリビデオを搭載し船尾のスリップウェイから波の打ち込みを観察したが、波高波長比 $1/40 \sim 1/20$ 程度の規則波ではほとんど打ち込みは発生しなかった。しかし乗組員が波にさらわれて海中転落する事故の発生も少なくないことから、海中転落事故防止の安全対策を図る上でもス

(342)

リップウェイからの波の打ち込みの問題は引き続き注目しておく必要があると思われる。

本模型実験は、日本造船研究協会第31基準研究部会の作業の一環として実施したものであり、部会長の土屋孟水産工学研究所前所長、および第一分科会座長の菅井和夫船舶技術研究所次長をはじめ、委員各位の有益な御討論と御鞭撻に心から謝意を表します。

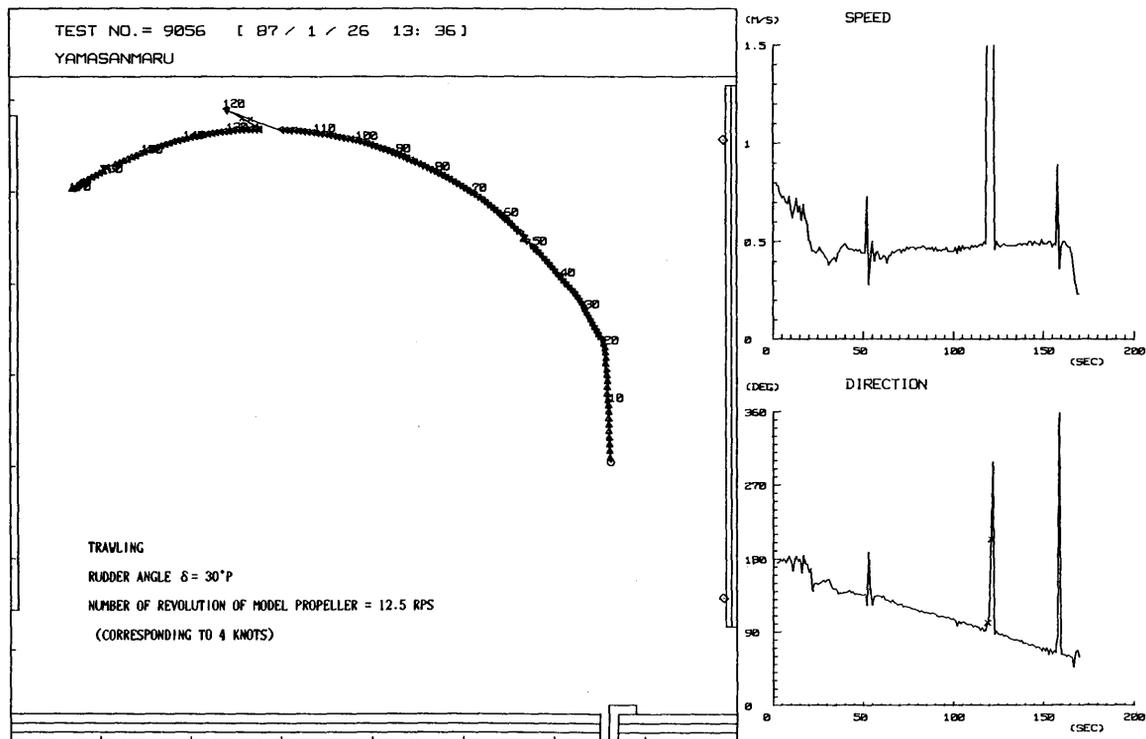


Fig. 31 (b) Trajectory of Model in Turning Motion
(Trawling, $\delta = 30^\circ P$)

参考文献

- 1) H. Vermeer and J. A. Korteweg; Safety of Beam Trawler with a "Fastening" Net, Second International Conference on Stability of Ships and Ocean Vehicles, Tokyo, 1982. 10
- 2) 天下井 清・川島利兵衛; 曳網中の船体運動とワープ張力の応答特性について, 日本水産学会誌, 51(2), 1985
- 3) 日本造船研究協会第31基準研究部会; 漁船の安全対策に関する調査研究, 研究資料, No.162R, 1987. 3
- 4) 高石敬史・猿田俊彦・吉野良枝; 船体に働く横揺れ減衰力について, 船研報告, 16-5, 1979. 9
- 5) 猿田俊彦・菅 信・石田茂資・安野三樹雄; 幅広浅吃水船の波浪中運動性能に関する模型実験, 第48回船研研究発表会講演集, 1986. 11
- 6) 菅 信・猿田俊彦・石田茂資・安野三樹雄; 漁船船型の波浪中運動性能に関する模型実験, 第5回水産工学研究推進全国会議報告書, 1986. 6
- 7) 渡辺巖・沢田博史; 二方向不規則波中の船体縦曲げモーメントにおよぼす弾性応答の影響, 日本造船学会論文集, 第158号, 1985. 12
- 8) 菅 信; プロローチング発生要因に関する考察, 運動性能部部内研究会資料, 1986. 7
- 9) 石田茂資・菅 信; 斜め追波中の動揺特性とプロローチング, 第8回運動性能研究委員会資料, 1985. 10