HOKKAIDO UNIVERSITY

| | |
|---|---|
| Title | 漁船の転覆機構に関する実験的研究：Ⅰ．31屯型木製底曳網漁船における転覆現象の観察 |
| Author(s) | 川島，利兵衛；天下井，清；稲葉，恭人 他 |
| Citation | 北海道大學水産學部研究彙報，25(2)，128-137 |
| Issue Date | 1974-10 |
| Doc URL | https://hdl.handle.net/2115/23519 |
| Type | departmental bulletin paper |
| File Information | 25(2)_P128-137.pdf |

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

北大水産彙報
25(2), 128–137. 1974.

# 漁船の転覆機構に関する実験的研究

## I. 31屯型木製底曳網漁船における転覆現象の観察*

川島　利兵衛**・天下井　清**・稲葉　恭人**・松島　寛治**・高橋　　生**
土屋　　孟***・山越康行***

# Experimental Studies on the Capsizing Mechanism of a Fishing Boat in Wind Waves

## I. On the observation of capsizing phenomenon for a wooden trawler of 31 tons GT in wind waves*

Rihei KAWASHIMA,** Kiyoshi AMAGAI,** Yasuhito INABA,**
Kanji MATSUSHIMA,** Susumu TAKAHASHI,**
Takeshi TSUCHIYA*** and Yasuyuki YAMAKOSHI***

## Abstract

The authors have been studying on the seakeeping qualities of fishing boat from various view points. The above title name is one of the most important problem in the studies of seakeeping qualities of a fishing boat. There are many theoretical studies on this problem which are based on the statical stability of a fishing boat and a few experimental studies such as the report of a capsizing experiment in San Francisco Bay.

By the way, in this paper, the authors tried to approach this problem by an experimental method with 2-meter fishing boat model of wooden trawler in wind waves. The authors consider that the capsizing of a fishing boat will be directly induced unexpectedly by a wave action in a random sea. In this experiment, the radio controlled 2-meter fishing boat model installed with a measuring apparatus for rolling and pitching motions with cassette recorder was used.

The experiments were performed in wind wave at Lake Ohnuma. The motions of the fishing boat models were measured for head, bow, beam, quatering and following sea conditions, and later the fishing boat model was capsized by a compelling force and photographed by an 8-mm cine-camera.

The results of the experiments did not satisfy the whole aim of the scheme, but the authors obtained some information on this problem.

## 緒　　論

漁船の耐航性に関する問題の中で最も基本的な転覆機構に関する研究において，Rahola に始まる統計的方法による復原性の安全性の判定に関する解析，また船の静復原力曲線に基づく復原性の理論的解析等数多くの研究が報告されているが[1)2)3)4)]，転覆の実験的研究は J. R. Palling ら[5)] が縮尺 1/30,

* 1974年4月　日本水産学会大会で発表

** 北海道大学水産学部漁船運用学講座
(*Laboratory of Fishing Boat Seamanship, Faculty of Fisheries, Hokkaido University*)
*** 水産庁　漁船研究室 (*Fishing Boat Laboratory, Production Division, Fisheries Agency*)

Lpp 5.35 m の貨物船模型を用いてサンフランシスコ湾で実験をしている位で，特に漁船を対象とした例はほとんどない。いうまでもなく漁船は漁労設備や漁獲物の保蔵設備，そして高速力を希望するあまり，必要以上に大きい馬力の主機を積んでいる。また漁業の種類，漁船の性能により出漁し得る範囲はおのずから制限されるとはいえ，魚群，漁場を追って小型な割りにその航行範囲は広く，荒天や風波に出会う機会が多く，他の船舶と比べてきびしい条件下におかれていると言える。著者らは大洋において漁船を転覆させる直接的な起因力は波であると考え，ことに不規則な海洋波の極値が転覆海難の原因であろうという観点から，荒天時の漁船の転覆機構の究明を試みている。この実験で著者らが当初計画したことは，模型船を自航させ転覆現象を観測することにある。転覆を起こさせる方法として，まず GM を変化させる方法をとった。逐次 GM を変えて幾度か実験を繰り返した。GM をかなり不安定な状態に設定し転覆の発生を期待した。しかしながら天然に生成される波を利用して不規則波による転覆現象を観測することは多分に偶然的な要因に支配されることは止むをえないと考えているが，今回の実験では自然の波による転覆を観測することはできなかった。これは極度に GM を小さくすることの意義の問題と実験時の気象条件の変化によりこの期間に転覆の機会を期待できないと判定した。そのため船首に細紐を付けボートで曳航しながら強制外力を加えて大角度傾斜および転覆をさせ，漁船の転覆はどのように起きるのかという初歩的な疑問を解くため強制転覆を観測し若干の知見を得たので報告する。

## 実　　験

### 使用模型船

実験には 31 屯型木製底曳網漁船 A 丸 (Lpp 18.50 m, B 4.38 m (外板 0.06m×2 を含む), D 1.81 m) の縮尺 1/9.25, Lpp 2 m の木製艤装模型船を使用した。実船のオフセットは表 1 に示す通りである。

Table 1. *Ship body offset.*

HALF BREADTH (m)

| W.L.= | 0.000 | 0.250 | 0.375 | 0.500 | 0.750 | 1.000 | 1.250 | 1.500 | 2.000 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A.P. | 0.105 | 0.105 | 0.105 | 0.105 | 0.105 | 0.105 | 0.105 | 0.105 | 1.510 |
| 1/2 | 0.105 | 0.105 | 0.105 | 0.105 | 0.105 | 0.105 | 0.105 | 1.070 | 1.930 |
| 1 | 0.105 | 0.110 | 0.170 | 0.240 | 0.480 | 1.080 | 1.580 | 1.830 | 2.080 |
| 1 1/2 | 0.110 | 0.330 | 0.490 | 0.790 | 1.370 | 1.710 | 1.900 | 2.020 | 2.160 |
| 2 | 0.180 | 0.670 | 0.990 | 1.350 | 1.800 | 2.000 | 2.100 | 2.160 | 2.190 |
| 2 1/2 | 0.260 | 0.990 | 1.340 | 1.640 | 1.940 | 2.070 | 2.170 | 2.180 | 2.190 |
| 3 | 0.330 | 1.230 | 1.610 | 1.820 | 2.040 | 2.140 | 2.190 | 2.190 | 2.190 |
| 3 1/2 | 0.400 | 1.560 | 1.830 | 1.950 | 2.130 | 2.180 | 2.190 | 2.190 | 2.190 |
| 4 | 0.420 | 1.790 | 1.980 | 2.070 | 2.180 | 2.190 | 2.190 | 2.190 | 2.190 |
| 4 1/2 | 0.430 | 1.880 | 2.030 | 2.120 | 2.190 | 2.190 | 2.190 | 2.190 | 2.190 |
| 5 | 0.430 | 1.920 | 2.060 | 2.140 | 2.190 | 2.190 | 2.190 | 2.190 | 2.190 |
| 5 1/2 | 0.450 | 1.840 | 2.020 | 2.100 | 2.150 | 2.190 | 2.190 | 2.190 | 2.190 |
| 6 | 0.470 | 1.660 | 1.920 | 2.050 | 2.050 | 2.190 | 2.190 | 2.190 | 2.190 |
| 6 1/2 | 0.450 | 1.520 | 1.790 | 1.920 | 2.000 | 2.140 | 2.170 | 2.180 | 2.180 |
| 7 | 0.410 | 1.390 | 1.640 | 1.800 | 1.950 | 2.040 | 2.090 | 2.120 | 2.120 |
| 7 1/2 | 0.380 | 1.180 | 1.410 | 1.610 | 1.810 | 1.910 | 1.980 | 2.030 | 2.040 |
| 8 | 0.340 | 0.950 | 1.150 | 1.340 | 1.580 | 1.740 | 1.830 | 1.900 | 1.940 |
| 8 1/2 | 0.290 | 0.780 | 0.950 | 1.080 | 1.300 | 1.450 | 1.550 | 1.630 | 1.720 |
| 9 | 0.220 | 0.520 | 0.620 | 0.720 | 0.880 | 1.030 | 1.130 | 1.230 | 1.360 |
| 9 1/2 | 0.105 | 0.160 | 0.200 | 0.240 | 0.340 | 0.450 | 0.540 | 0.620 | 0.760 |
| F.P. | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |

Table 2. *Experimental condition.*

| Exp. No. | Date & Time | Ship speed m/s (Fn) | Cond. | GM model full (cm) | Kyy/L | Weight model full (Kg) | Weight model full (Ton) | Draught model full (cm) | Trim model full (cm) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1973. 10. 20 11-35 | 1. 01(0. 23) | 1 | 2. 17 20. 07 | 0. 298 | 83. 5 | 60. 8 | 12. 43 1. 15 | 16. 97 1. 57 |
| 2 | 〃 11-42 | 0. 72(0. 16) | 〃 | | | | | | |
| 3 | 〃 11-51 | 0. 67(0. 15) | 〃 | | | | | | |
| 4 | 〃 15-36 | 0. 99(0. 22) | 〃 | | | | | | |
| 5 | 〃 15-42 | 0. 44(0. 10) | 〃 | | | | | | |
| 6 | 〃 15-49 | 0. 67(0. 15) | 〃 | | | | | | |
| 7 | 10-23 15-10 | 0. 41(0. 09) | 2 | 1. 67 15. 45 | 0. 300 | 84. 4 | 68. 5 | 16. 37 1. 51 | 19. 05 1. 76 |
| 8 | 〃 15-17 | 0. 75(0. 17) | 〃 | | | | | | |
| 9 | 〃 15-34 | 0. 80(0. 18) | 3 | 1. 14 10. 50 | 0. 289 | 84. 4 | 68. 5 | 16. 22 1. 50 | 21. 36 1. 98 |
| 10 | 10. 26 | | 4 | 0. 94 8. 67 | 0. 298 | 88. 8 | 72. 0 | 16. 58 1. 58 | 17. 75 1. 64 |

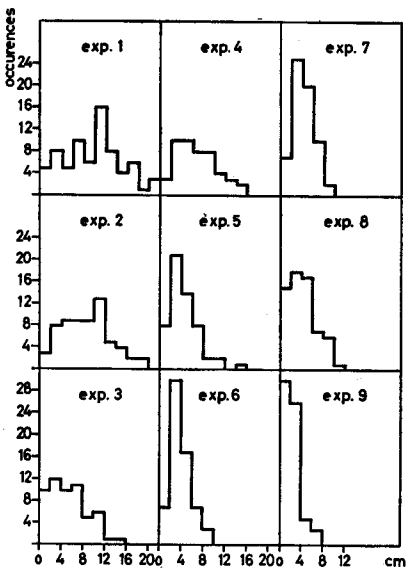


Fig. 1. Histogram of the wave heights.

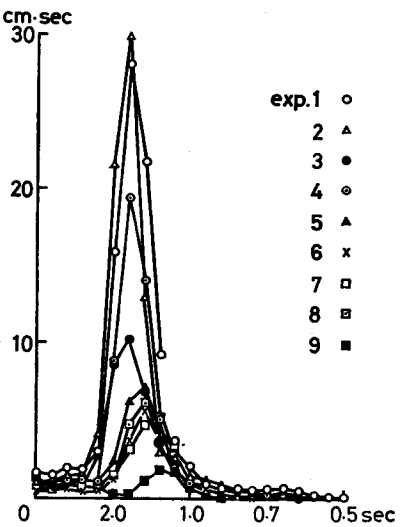


Fig. 2. Power spectra of the wave heights in ohnuma.

## 方　法

実験は北海道大沼湖の北東部，吹送距離が最長となる地点に超音波波高計3台を湖底に設置し，その付近湖面で行なった。運動については Pitching と Rolling の計測を行なった。計測装置として二次元の振子式動揺計に可変抵抗を取り付け，ブリッジ回路を介して電圧として取りだし，その出力をカセットデータレコーダーに連続記録した。また転覆発生時にブザーが鳴るようにしてこれを録音し，記録解析時に役立たせた。模型船は遠隔操縦され，船速は2台のトランシットで1分毎に船位を測定することにより決定した。また波の状態に合わせて逐次状態を表2のように変えた。

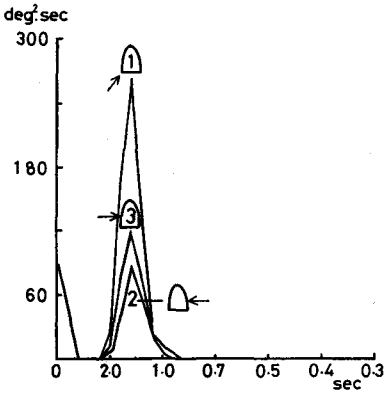


Fig. 3–a. Power spectra of roll ang. exp. 1,2,3

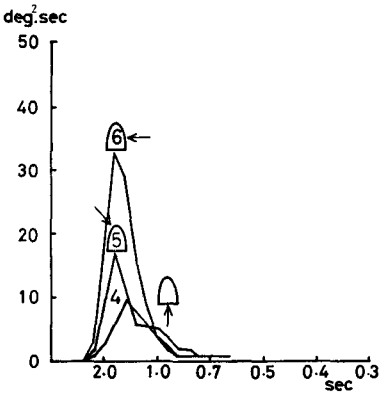


Fig. 3–b. Power spectra of roll ang. exp. 4,5,6

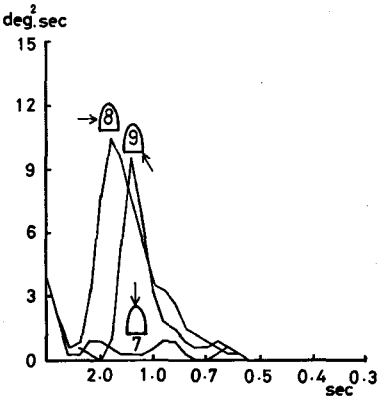


Fig. 3–c. Power spectra of roll ang. exp. 7,8,9

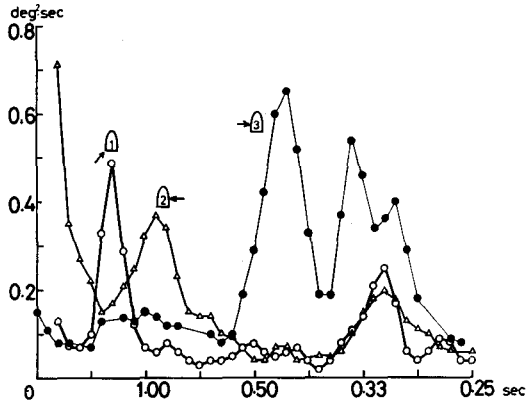


Fig. 4–a. Power spectra of pitch ang. exp. 1,2,3

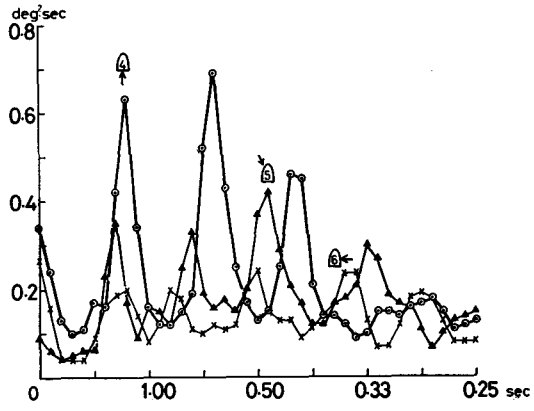


Fig. 4–b. Power spectra of pitch ang. exp. 4,5,6

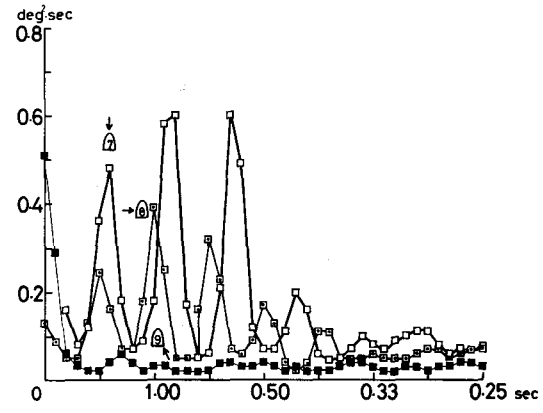


Fig. 4–c. Power spectra of pith ang. exp. 7, 8, 9

## 結　　果

### 1. 運動特性

実験時，超音波波高計によって計測した波高のヒストグラムおよびパワースペクトルは図1,2に示す通りで，最大波高は21 cmであった。実験1,2の波はほぼ同じで，実験4,3,5,8,6,7,9の順に波は小さくなっている。これらの波に対応する模型船の Rolling，Pitching のパワースペクトルを図3,4に示した。Rollingについては，実験2,3,6,8の横方向から波を受けた時に揺れ角は大きく，向い波，追い波の時は揺れは小さい。しかし実験1は斜め追い波中を示すが，この時の Rolling のスペクトルは実験2,3より大きく，また実験8,9では Rolling のスペクトルに余り差がないにもかかわらず，実験9の波は8と比べて著しく小さかったことから，横波の時よりも斜め追い波の時の方が Rolling が大きいことがわかる。Pitching は波状態が同じとみなせる実験5,6,7,8の時に最も端的にこの運動の傾向を表わしている。すなわち向い波中の運動は斜め向い波中よりも大きく，またこの場合の運動は横波中よりも大きくなっている。実験4の追い波の時も Pitching は大きくなっている。今回の実験では船速は小さく，フルード数0.1～0.2程度で，十分な船速が得られなかったためと考えられるが，風波が強くなると保針が困難となり正確に船首方向と波方向との関係が維持できなかった。そのため出会い周期も変化しパワースペクトルのピークが数箇所に出現した。図5にクロススペクトル解析による Pitching および Rolling の周波数応答特性を示した。これは模型船がちょうど波高計の上を通過した時のもので，波高に対する Rolling の周波数応答のピークは周期2～1秒の間に現われている。コヒーレンシイが低いので十分とは言えないが，これについては今後検討する必要がある。

### 2. 強制転覆の観察

図6は強制転覆時の記録で，模型船を曳きながら蛇航し大角度傾斜させて，船首部に取り付けた曳航索を離した後0.5秒ごとの連続写真である。図6-1では大角度に傾斜しそのまま転覆すると思われたので直ちに曳航索を離したが，ブルワークトップが水没しているにもかかわらず強制外力を除いた時点から，左旋回をしながら排水口から有効に排水して徐々に復原した。図7は転覆にまで至らしめた例で，図7-1から図7-5までは0.25秒ごと，図7-6から図7-9は0.5秒ごとの連続写真である。

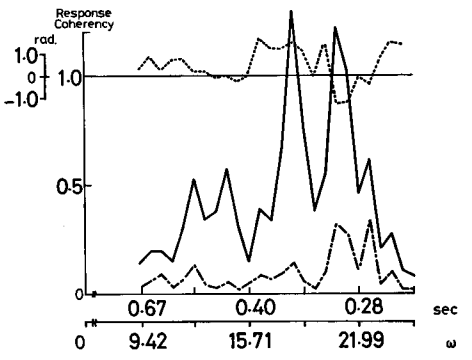


Fig. 5–a. Frequency response of wave-pitch exp. 3

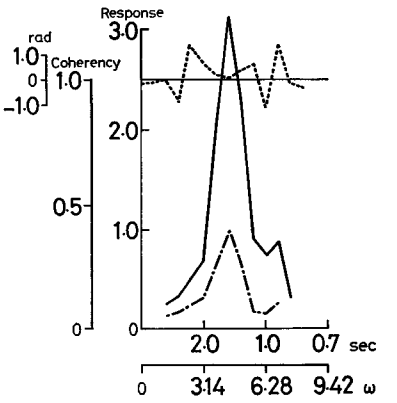


Fig. 5–b. Frequency response of wave-roll exp. 3

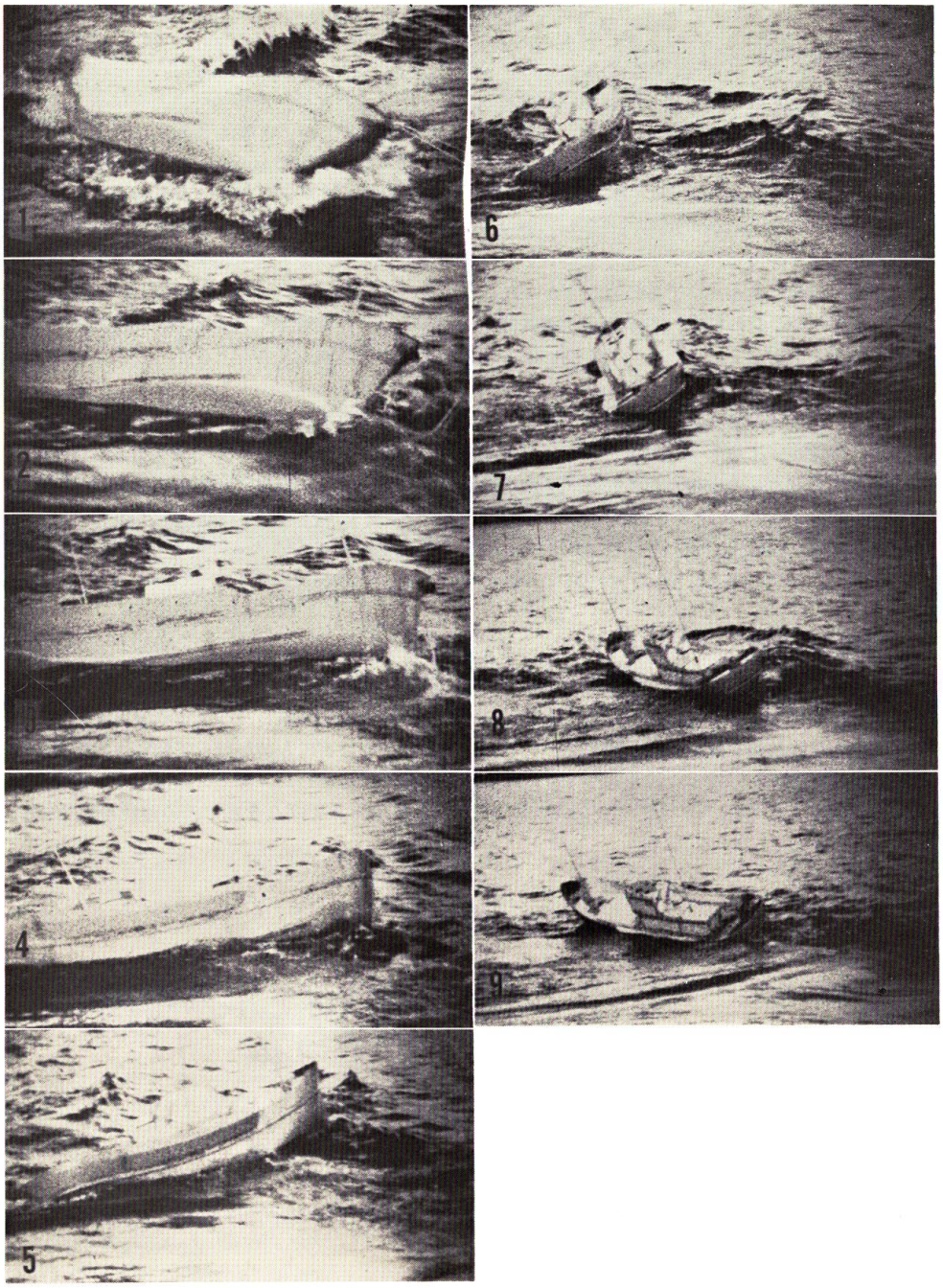


Fig. 6. Photographs which were exposed one frame per 0.5 sec.

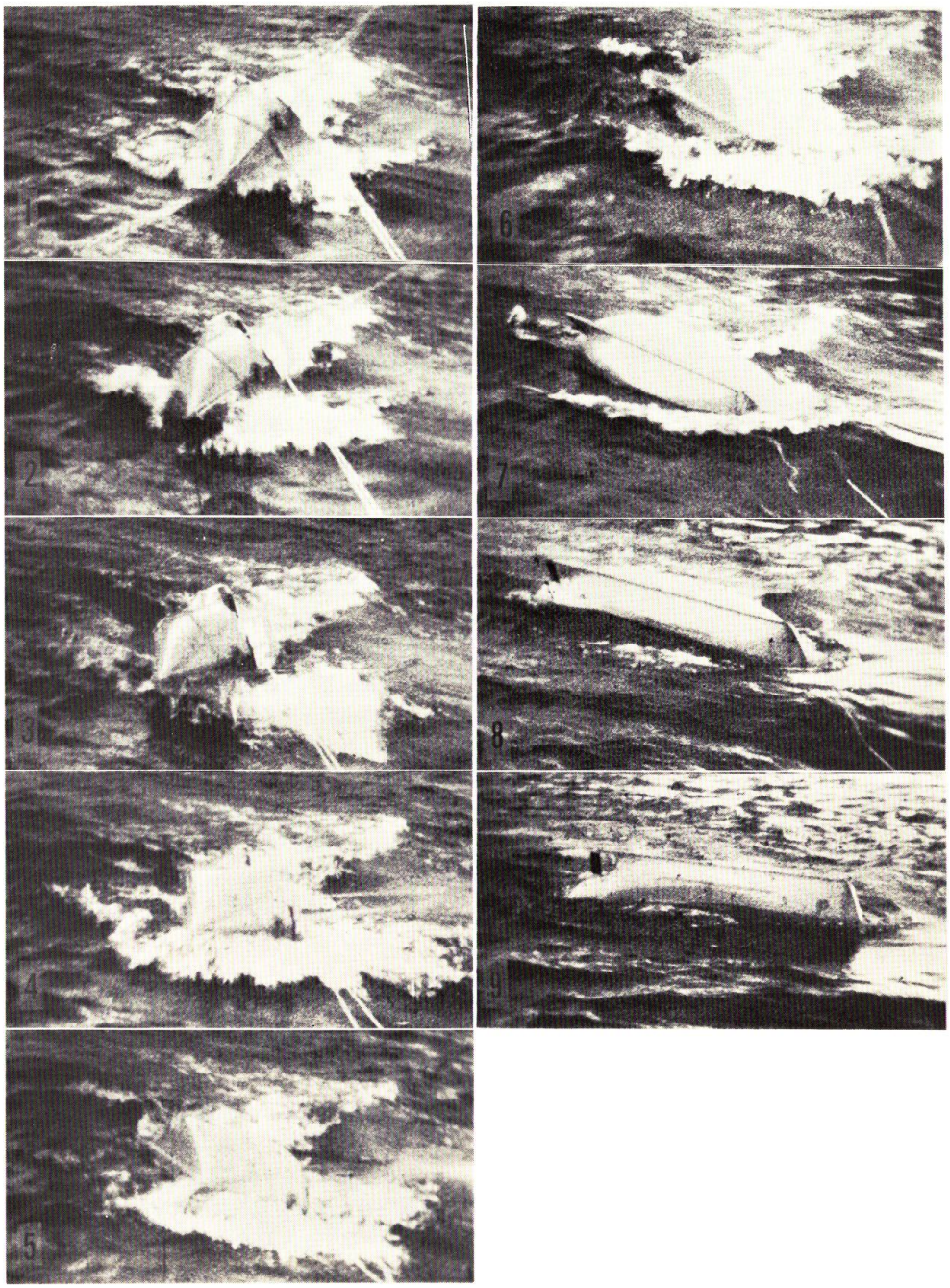


Fig. 7. Photographs which were exposed one frame per 0.25 sec. for No. 1 to No. 5 and per 0.5 sec. for No. 6 to No. 9.

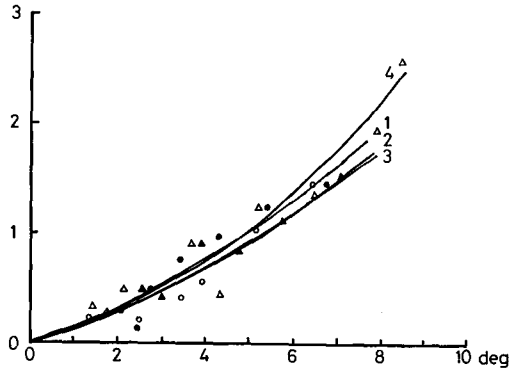


Fig. 8. Extinction coefficient for the rolling motion (A MARU).

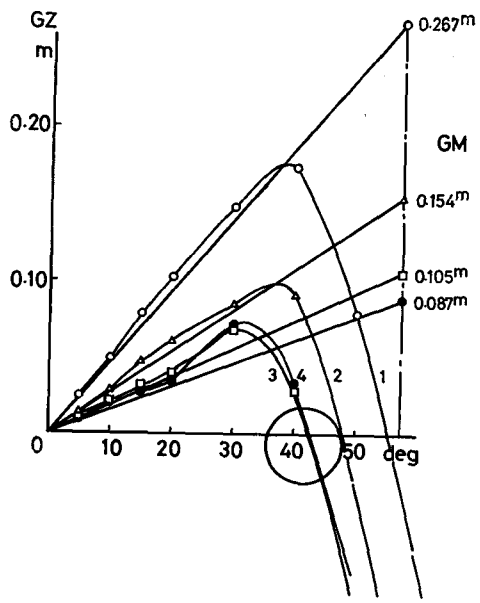


Fig. 9. Statical stability for A MARU.

図7-2では曳航索を離す寸前に強く手前に引張った。曳航速度によっても異なるだろうが，復原力を失ってから船底を露出し，180度回転するまで2.5秒を要した。転覆は瞬時に起きる現象であると言える。また，一方同状態における水槽で検定したブルワークトップ冠水までの傾斜角は34度，復原力喪失角は40度～50度であった。各実験時の状態における船の減衰曲線は図6のとおりで，状態1,2,3は自航試験時のもので，1,2,3の順にGMは小さくなっており，状態3におけるGMは模型船で1.14 cm，実船で10.5 cmである。状態4は強制転覆時のもので，さらにGMを小さくし模型船で0.94 cm，実船で8.67 cmと非常に不安定な状態であると考えられる。実船のオフセットより計算した各実験状態の復原力曲線を図7に示す。状態4で復原力喪失角は43度である。これは静水時模型船を傾斜させ喪失角を検定して得た40度～50の値とほぼ一致しており，模型の状態が理論的な復原性範囲とよく合っており実務上適切であったと判断できる。また状態3,4において30度付近で復原力が大きくなっているのは，この船のブルワーク付近の張り出し部分が静的復原力に有効に働いている結果と思われる。以上の実験時における模型船内の計器および状態調節用錘りは固定され移動しないように，また完全防水をほどこし船内への浸水のないようにした。

## 考　　察

不規則波浪中の転覆現象の発生は現に後をたたないことを思えば著者らの研究は一層すすめられなければならないが，今回の自航試験および強制転覆試験の観測から，今後の実験遂行上次の有意義な示唆を与えられた。

1. 船速と運動の関係は無視できず，模型船の推力を大きくし少なくとも船速2 m/secまで得られるようにする必要がある。また振子式運動計測装置では振子の慣性の影響が大きく正確な運動の計測，転覆時の傾斜角の測定値が得られなかったことから，やはりバーチカルジャイロによる計測が必要である。また転覆時の船内浸水は危ぐしたほどでなかった。
2. 自然の波浪による転覆を観測するためにはさらに多くの実験の繰り返しに待たなければならない

が，強制転覆試験において大角度傾斜時にさらに引張り外力を加えたときに転覆したということから，大角度傾斜に伴ない二次的な外力を考えた転覆条件を与えることも考慮する必要がある。以上の知見をふまえてさらに漁船の転覆機構の究明をすすめたい。

## 文　　献


1) 渡辺恵弘 (1947). 船舶の復原性より見た安全示数. 日本造船学会論文集 **79**, 9–21.
2) Watanabe, Y., Yamagami, N., Inoue, S. and Manabe, D. (1955). The Stability-Standard of Sea-going Ships. *J. Soc.* Naval. Archit. Jap. **97**, 171–181.
3) 加藤　弘 (1955). 船の安定性能の簡易判定法. 日本造船学会論文集 **98**, 39–53.
4) 土屋　孟(1971). 漁船の復原性能の理論的解析法について. 漁船研究技報 **25**, 1–29.
5) Paulling, J.R., Kastner, S. and Schaffran, S. (1972). *Experimental Studies of Capsizing of Intact Ships in Heavy Seas.* 59p. U.S. Coast guard headquarters, Washington.