



Title	実船試験による小型漁船の耐航性について-1：以西底曳網漁船の動揺特性
Author(s)	西ノ首, 英之
Citation	長崎大学水産学部研究報告, v.35, pp.91-102; 1973
Issue Date	1973-08
URL	http://hdl.handle.net/10069/30887
Right	

This document is downloaded at: 2019-04-23T12:43:58Z

実船試験による小型漁船の耐航性について— I
以西底曳網漁船の動揺特性

西 ノ 首 英 之

On the Sea Keeping Qualities of Small Fishing
Boat by Field Measurements—I

The characters of fluctuation of the bull trawler

Hideyuki NISHINOKUBI

The condition of a fishing boat is very different between her departure and arrival, i.e., between outward and homeward voyage, during fishing operation, before and after transshipping of fish from catching boat to fish carrier, and therefore her motions are also different. This paper deals with the rolling, pitching and heaving motions of the response oscillation of the ship under various sea conditions.

A series of field measurements were carried out on board three bull trawlers (No. 97 Choyo Maru, Nos. 23 and 51 Tokai Maru; 140 G.T.).

The variation of each oscillation was recorded continuously for about 12 minutes in the 4 channel data recorder, while the sea conditions were observed by naked-eyes. The characters of oscillation such as rolling, pitching and vertical accelerations were obtained by the method of statistical analysis of the stochastic processes. Accordingly, the several substantial results are:

1) Although it is assumed that measured values of respective rolling, pitching and heaving motions under a certain sea condition are much the same, different values were observed. For instance, the rolling values in the bow sea under the pitching values in the head sea fluctuated under same sea condition.

2) During a fishing operation period (about 3 hours) the change of three motions is very small.

3) The rolling and heaving motions of the fishing boat in the fishing operation are greater than those in the voyage. However, the pitching is less conversely.

4) The author found a comfort index from the result of the measurement of vertical acceleration. The greater is the comfort index, the comfort becomes worse. The comfort, based on the comfort index, is the best in the fishing

commander's bed and then in wireless operator's bed. There is a tendency that the comfort becomes worse in proportion to the distance from the center of the ship.

緒 言

船舶の耐航性に関連する因子は多く、耐航性という概念も漁船の耐航性となると一般船舶すなわち商船とはその運航目的から多少異なると考えられる。漁船においては、大規模な漁具を用いて荒天中においても操業するという特殊性があり、また一般船舶と異なり操業中においては、天候の急変に対して早急な安全対処が行なえない場合がある。特に小型漁船の耐航性については、漁船の大きさと海洋波の波長、波高等との相対的關係と、さらに漁船としての特殊性より論じられねばならないと考える。本報告では、漁具の一部としての小型漁船の凌波性という狭義の耐航性について実船試験を行なった。

対象とした以西底曳網漁船は一航海を通じて見た場合、船の状態は往航時、操業中、漁獲物の運搬船への積替への前後、および帰港時とそれぞれ変化する。種々の自然環境下でこの一航海を通して船の各状態における船体応答運動の実態を明らかにする事は重要な問題と考え本研究を行なった。なお、さらに進んで応答運動相互の関連と操船者の立場から、運航計画上、安全性の限界を予測する指標を求める事ができないかを検討する事が最終目的である。

一般に複雑な運動をする船舶の動揺特性の表現には確率過程と呼ばれる一つの統計的事象としての取扱いが知られている¹⁾²⁾。本研究においても同様の取扱いをし、コログラムおよびパワースペクトラムを計算した。まだ一部資料不足であるが以西底曳網漁船の動揺特性について二、三の知見を得たので報告する。

本論に先だち、本研究に種々有益な助言と御指導を賜った北海道大学水産学部川島利兵衛教授、さらにデータ処理に際しても同学部の電子計算機室利用に便宜を与えられ御指導を賜った同教授および天下井教官、また、本研究の機会を与えられ、終始御助言、御鞭達を賜った本学柴田恵司教授、実験に際し種々御援助を賜った大洋漁業長崎支社橋本芳房氏ほか第97長洋丸、第23および51東海丸乗組員諸氏に深く感謝する。

実 験 方 法 お よ び 資 料

実験は大洋漁業長崎支社所属以西底曳網漁船第97長洋丸、第23および第51東海丸に乗船して行なった。第97長洋丸については1971年12月30日～1972年1月5日の漁場往航時および操業中、第51東海丸については1972年5月1日～3日の間の漁場往航時および操業中、および第23東海丸については同年5月3日～5日の間の帰港時において、それぞれ横揺れ、縦揺れおよび上下動として上下加速度の3運動について計測した。なお、各船共同船型でほぼ同トン数(G.T. 194トン)の船であった。Rolling および Pitching 計測は Vertical-Gyro により船橋において、上下加速度は±2g フルスケールの加速度変換器(共和電業製 120A-2 J)により、船内各所において計測され、記録は船橋で3運動共12分間同時に連続記録された。

磁気テープに記録されたアナログデータは北海道大学水産学部電子計算機室のデータ集録装置により、読み取り時間間隔0.4秒ごとにデジタル化された。得られた一記録当たり880個の時系列データについてパワースペクトラム計算を行なった。計算処理は本学計算機室利用

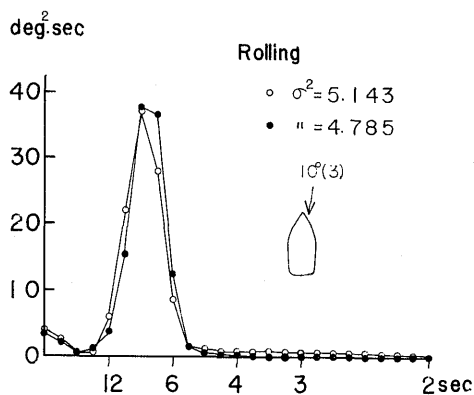


Fig. 1-1. Power spectra of rolling during homeward voyage, about 7.0 knots.

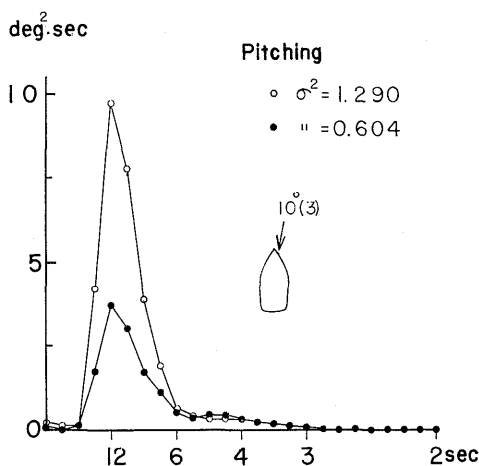


Fig. 1-2. Power spectra of pitching during homeward voyage, about 7.0 knots.

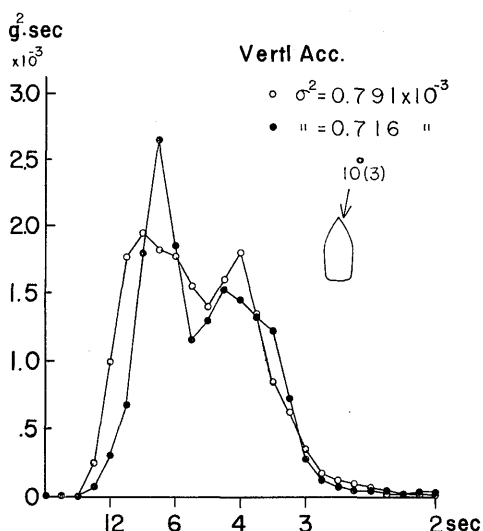


Fig. 1-3. Power spectra of acceleration during homeward voyage, about 7.0 knots.

によった。なお計算プログラムを附録に示した。

結果 および 考察

実際航走中の船の波浪に対する応答運動を明らかにするためには、航走中の船が遭遇する出合波浪を直接計測しなければならない。しかし筆者は波浪を目視観測により各波浪階級に別け、各階級に対応した船の運動の性質および波と船の出合角度に対する動揺特性について考察を行なった。

1. 波浪に対する船の出合角度別の3運動の性質

帰港時で出合角度 10° (Head sea) の場合について2回の計測結果をFigs.1-1~3に、また操業中で出合角度 60° (Bow sea) および 270° (Beam sea) の場合についてそれぞれ3回の計測結果を Figs. 1-4~6 および Figs.1-7~9 にパワースペクトラムとして示した。なお出合角度が船首尾線に対称な場合の Rolling および Pitching はほぼ等しいという結果³⁾を得ているので実験はいずれか片舷方向の場合についてのみ行なった。

1-1 Head sea の場合

Figs. 1-1~3 に示されたそれぞれ2回の計測結果から Rolling と Heaving には振巾および周期の相違は認められない。しかし Pitching については周期は同一であるが平均振巾値に約 0.4 度の差が認められた。この原因について、コログラムより Pitching は Rolling に比べ減衰の大きい運動であり、又出合周期による動揺は固有周期による動揺とはほぼ同じ程度か場合によりそれ以上のパワーを有する事⁴⁾、加えて Head sea では3運動中で Pitching が最も大きいと考えられる事から小型船の場合はこれらが顕著でさらに海況階級が目視による判断の

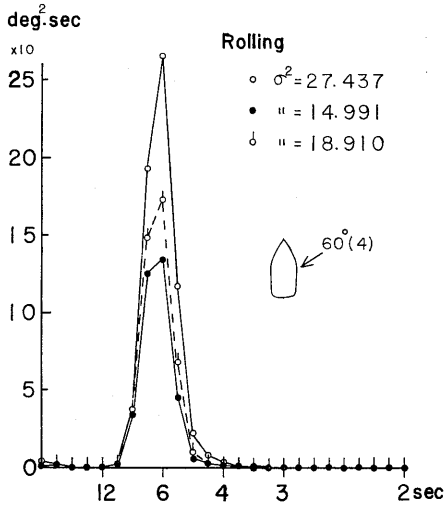


Fig. 1-4. Power spectra of rolling during fishing operation, about 3.5 knots.

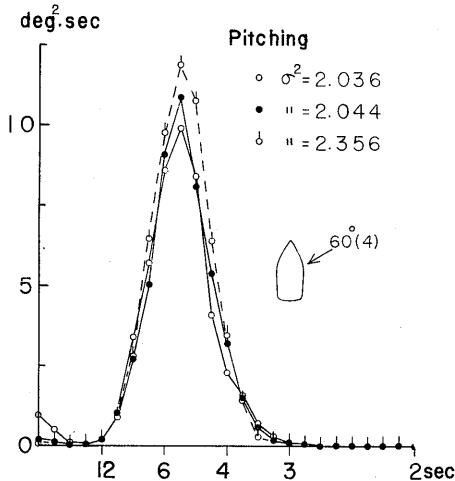


Fig. 1-5. Power spectra of pitching during fishing operation, about 3.5 knots.

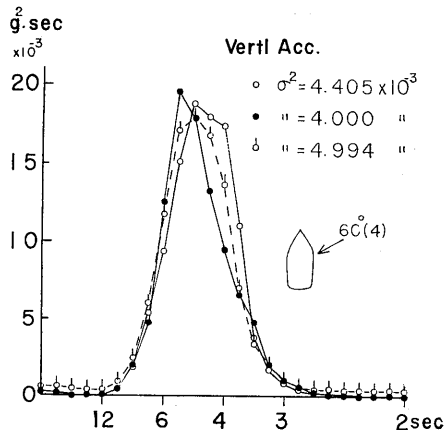


Fig. 1-6. Power spectra of acceleration during fish operation, about 3.5 knots.

ために、同一海況階級でもその上限と下限の差すなわち波高、波長の相違により答応結果が差として現われたと考えられる。Heaving についてはパワーにそれぞれ2つのピーク値が現われている。これらのピーク値の周期はそれぞれ約8秒と4秒である。8秒の周期については、本計測実験の場合、加速度計の設置位置が左舷側に固定したため Rolling 周期と等しい周期のパワーが現われたものと考えられる。Rolling は減衰の小さい運動で船の固有周期がこれに卓越し、また殊に Head sea の場合のために波の影響が少なく、周期、振巾共に相違が認められなかったものと考えられる。

1-2 Bow sea の場合

Figs.1-4~6に示された各運動3回の計測の結果、パワーに差が認められる運動は Rolling で最大1.4度であった。しかし Pitching および Heaving には差はほとんどなかった。Rolling については、有限な波頂線のため“みそすり運動”のような揺れ方により周期に変化はないが振巾には差が現われたと考えられる。また、Head sea での Pitching の場合と同様に海況観測の精度の問題も考えられるがいずれが主たる原因であるかは不明である。一般に Bow sea の場合は3運動共、動揺波形が規則的であった。

1-3 Beam sea の場合

Figs. 1-7~9 に示されるように3運動共、各3回の計測結果には運動の周期、振巾等パワースペクトラムから見て相違は少なかった。ただし本計測の場合、3回の実験時間の間隔は約1時間で、同一曳網操業の曳網開始直後、中期および“寄せ”開始直前のものである。従って海況がこの間ほぼ定常であったものとするれば一操業の全期間を通じて船体運動の変化はなく、また魚の入網効果による運動の変化も無視できると考えられる。

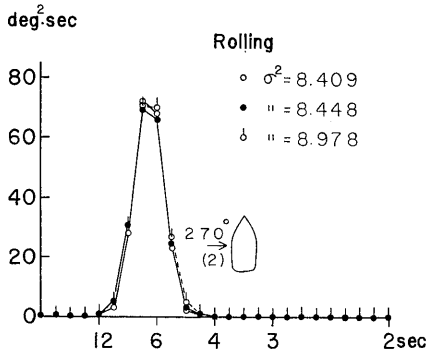


Fig. 1-7. Power spectra of rolling during fishing operation, about 3.5 knots.

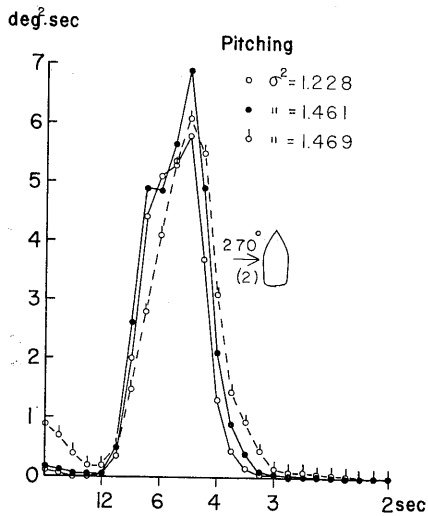


Fig. 1-8. Power spectra of pitching during fishing operation, about 3.5 knots.

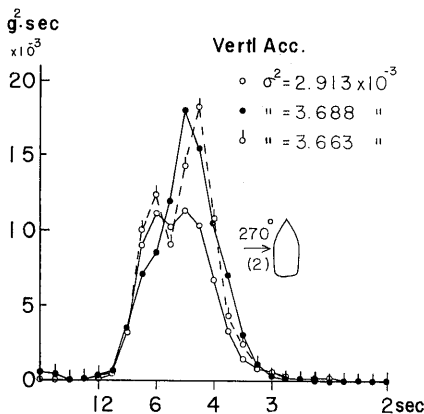


Fig. 1-9. Power spectra of acceleration during fishing operation, about 3.5 knots.

Rolling については、スペクトラムのパワーの周波数範囲は狭く船の固有周期が卓越している事が認められた。Pitching については、貨物船の実船試験⁴⁾の結果スペクトラムに Rolling の周期が現われる事が知られているが Fig.1-8 にも Rolling 周期と考えられる 7 秒附近にパワーのピークが認められる。Heaving については、Head sea の場合と同様にパワーに周期もそれぞれ等しい 2 つのピーク値が見られる。ただし 2 つの山の大小の周期が Head sea の場合とちょうど逆になっている。この原因は、それぞれ Heaving におけるパワーの大なる方の周期が Pitching の周期と一致しているからと考えられる。又パワーの小さい方の周期は Rolling の周期と一致している。従ってこの事は Heaving のパワー スペクトラムには Pitching のスペクトラムの変動が Rolling のそれよりも多く含まれている事を意味すると考えられる。

以上各出合い角度別に 3 運動の動揺特性について考察したが全般的にみて、Rolling は出合い角の変化に対して周期はほぼ一定で固有周期の値を示すが、Pitching および Heaving については周期は変化した。ただし波浪に関する波高、波長、および出合い周期についての目視観測には精度の面で問題が今後に残され、波浪に関するこれらの詳細な計測、と出合い角の Quartering sea および Following sea についても今後明らかにされねばならない。

2. 航海中と操業中の運動

海況と出合い角が同一条件の場合における航海中と操業中の運動計測記録から得たパワースペクトラムを Figs.2-1~3 に示す。これらの図より運動の平均値では Rolling と Heaving は操業中の方が航海中より大きく、その差は、Rolling で 1.5 度、Heaving で 0.012g であった。

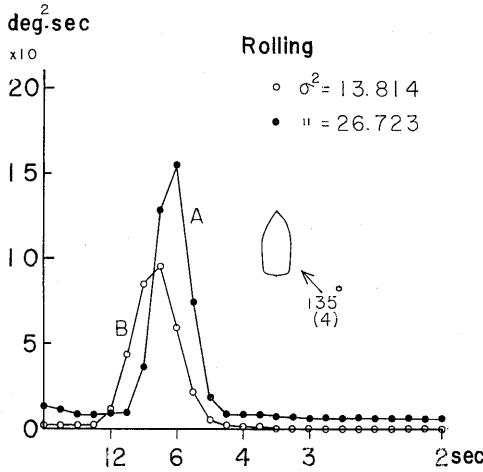


Fig. 2-1. Power spectra of rolling.
A : During fishing operation
B : During outward voyage

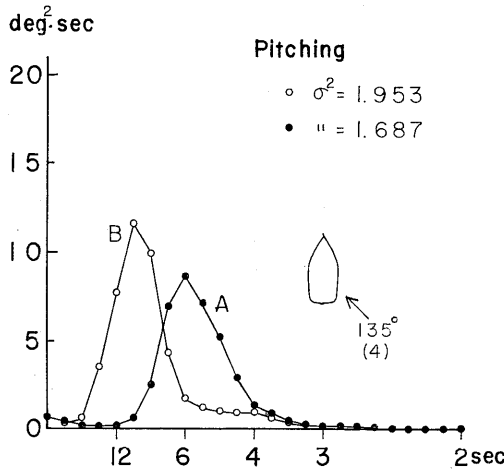


Fig. 2-2. Power spectra of pitching.
A : During fishing operation
B : During outward voyage

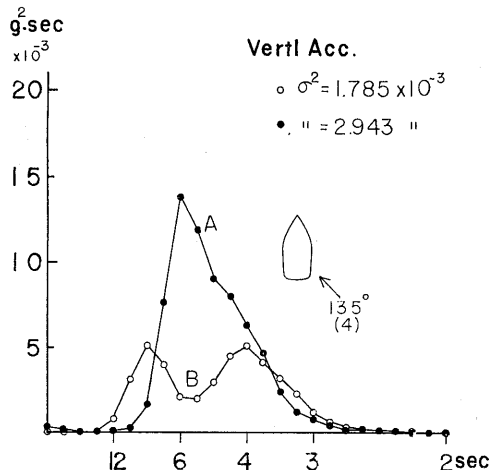


Fig. 2-3. Power spectra of acceleration.
A : During fishing operation
B : During outward voyage

Pitching については逆にわずかであるが航海中の方が大であった。各運動の周期および減衰状態は Rolling と Pitching は共に操業中の方が航海中に較べ周期は短かく、減衰も大であった。Heaving については、減衰は Rolling, Pitching と同様であるが周期については航海状態で卓越した周期の山が8秒と4秒にそれぞれ認められたが操業状態では中間の6秒のみの単一周期のスペクトラムであった。操業中の周期が航走中に較べ短い事については、本実験の場合出合い角が

Quartering sea であり、船速も航海中で9.0ノット、操業中で3.5ノットである事から操業中の周期が短くなる事は当然と考えられる。また3運動共操業中において最も優勢な周期がそれぞれ等しい値を示した。この事については曳網索の張力すなわち漁具の抵抗による影響と考えられる。天下井⁵⁾によればトロール操業中の船体運動は漁具のワープ張力と相関関係があり、特に Heaving が最も関与していると述べている。また Following sea の場合について Heaving は操業中の方が航海状態よりパワーは大きく、Rolling と Pitching は航海状態の方が大きい結果を示している。本実験と比較すると Pitching と Heaving については同結果であるが Rolling については結果は逆である。この相違に関して、オッタートロールの場合は曳網ワープが両舷2本に対し、以西底曳網漁業は2隻曳のため、ワープは船尾に1本であることが考えられる。1本のワープは船首尾線上からのびる事は少なく片舷に寄っているため Rolling を増大させているものと考えられる。

3. 乗組員の各寝台における上下加速度

船の乗心地または船酔に最も影響する運動は Heaving である事は乗船者が認めよく知られている。そこで漁船の乗組

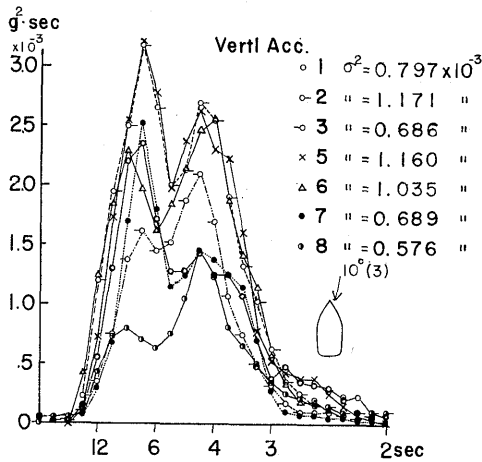


Fig. 3-1. Power spectra of acceleration during homeward voyage, about 7.0 knots.

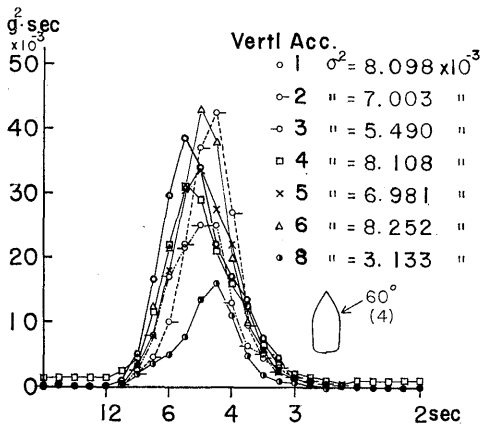


Fig. 3-2. Power spectra of acceleration during fishing operation, about 3.5 knots.

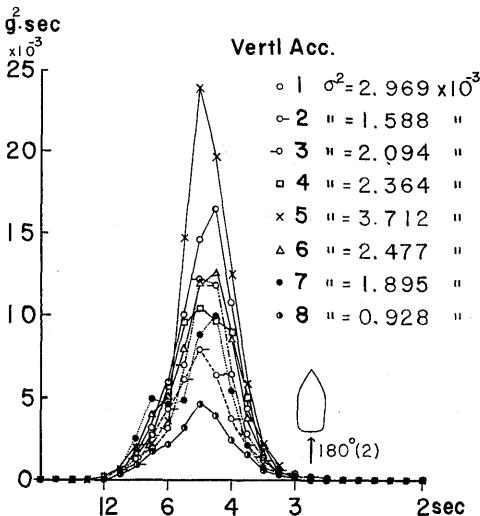


Fig. 3-3. Power spectra of acceleration during fishing operation, about 3.5 knots.

員の各寝台において乗心地度を計測するために上下加速度を指標として比較した。パワースペクトラムを Figs. 3-1~3 に示す。加速度計は Fig. 4 に示す各寝台の枕の位置に設置し計測を行なった。この場合、加速度計は船体に固定したため Pitching 角度 θ の影響が $g \cdot \cos \theta$ として含まれている。Figs. 3-1~3 より同一計測時における周期は各寝台共等しい。しかし加速度の振巾の平均値には各寝台で大きい差が認められた。Figs. 3-1, 2, 3 のそれぞれにおいて最も上下加速度が小さく、従って乗心地が最も良いのは船橋の漁撈長の寝台であった。次いで良好な場所は通信長室および船長室の各寝台であった。比較的船首部に近い機関長室および一般乗組員室等の各寝台間では順位をつける事は本実験結果の範囲では困難であるが、ほぼ船首に近いほど乗心地は悪くなる傾向が認められた。最も乗心地が悪い船員室寝台と最も良い漁撈長寝台との上下加速度の差は帰航時 (Fig. 3-1) で 0.010g。操業時の Fig. 3-2 で 0.035g および同じ操業時の Fig. 3-3 で 0.031g であり、それぞれ漁撈長寝台の1.4倍、1.6倍および2.0倍であった。

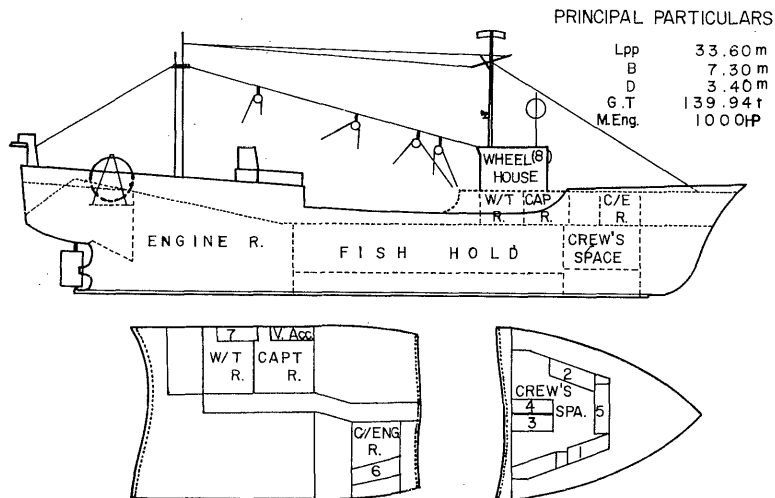


Fig. 4. General arrangement of the Tokai-Marú, No.51.

要 約

以西底曳網漁船の実船試験によって、Rolling, Pitching および上下加速度についての統計的動揺特性は次の通りであった。

1. 目視観測による海況階級が等しく、波と船との各出合い角度別の3運動の動揺特性は、Head sea のとき、2回の計測結果では Rolling と Heaving は周期、振巾共に相違はないが Pitching は、周期は等しいが振巾は異なった。
Bow sea のときは、Rolling の振巾が3回の計測で各々異なった値を示した。
Beam sea のときは、3回の計測結果が3運動共に相違は少なかった。
スペクトラムから Pitching には Rolling の固有周期が表われる。また Heaving のスペクトラムには Pitching のスペクトラムの変動分が Rolling のそれより多く含まれている。
2. 約2時間30分の一曳網中における3運動の動揺特性には時間の経過に伴う変化は認められない。従って魚の入網効果による運動の変化は無視できる。
3. 操業中と航海中との運動の平均振巾値の比較は、Quarterming sea の場合、Rolling と Heaving は操業中の方が大きく Pitching はわずかながら航海中の方が大であった。
4. 船の乗心地指標を乗組員の各寝台で計測された上下加速度をもって比較した場合、最も良好であったのは船橋の漁撈長の寝台で、次いで通信長および船長の寝台であった。一般乗組員の寝台間では明らかな順序はつけ難いが船首に近い程悪い傾向が認められる。

文 献

- 1) 川島利兵衛 外：漁船の耐航性について(その1)。北大水産彙報, 18(4), 345~356 (1968)
- 2) 山内保文：耐航性に関するシンポジウムテキスト。日本造船学会, 53~97 (1969)
- 3) 西ノ首英之：実船試験による小型漁船の耐航性について(予報)。本誌, 33, 85~92 (1972)
- 4) 第63研究部会：船舶の耐航性に関する実船試験。日本造船研究協会報告, 47~59 (1968)
- 5) 天下井 清：船体運動と漁具との力学的関係について(I)。北大水産彙報, 22(1), 67~72 (1971)

Appendix Computation program for power spectrum.

```

C    POWER SPECTRUM
      SEG ENTRY NO1,NO2,NO3
      DOUBLE PRECISION SHIP,DATA
      COMMON CX(121),M,LH,LHP,BPX(121),DT,LHM,W(5,4),PPX(5,121),CALIB
      READ(5,1000) ((W(I,J),J=1,4),I=1,5)
1000  FORMAT(4F8.4)
      999  READ(5,1001) SHIP,MARU,COND,NEN,MONTH,NICHI,JIKAN,NCH,KUMI,
      1WAVE,KULAS,SPEED,TAPE,PART
1001  FORMAT(A7,I3,A4,1X,6I5,5X,A4,1X,I5,F5.1,2F5.0)
      WRITE(6,3001)
3001  FORMAT(1H1,////,6X,14HSHIP NAME MARU,4X,4HCOND,7X,3HNEN,5X,5HMONTH
      1,5X,5HNICHI,5X,5HJIKAN,3X,3HNCH,2X,4HKUMI,2X,10HWAVE KULAS,3X,4HKN
      2OT,2X,8HTAPE NO.)
      WRITE(6,2001) SHIP,MARU,COND,NEN,MONTH,NICHI,JIKAN,NCH,KUMI,
      1WAVE,KULAS,SPEED,TAPE,PART
2001  FORMAT(1H ,4X,A8,I7,4X,A4,4(5X,I5),2I6,2X,A4,I6,F7.1,2X,2F4.0)
      WRITE(6,2000) ((W(I,J),J=1,4),I=1,5)
2000  FORMAT(1H ,//,5X,7HW(I,J)=,/,4(5X,F8.4))
      N=0
      1READ(5,1002) DATA,ICH,M,LH,DT,CALIB,RCO
1002  FORMAT(A8,I2,2I5,F5.1,F10.5,F5.0)
      WRITE(6,3002)
3002  FORMAT(1H1,///,5X,9HDATA NAME,4X,2HCH,9X,1HM,7X,3HLAG,8X,2HDT,
      110X,5HCALIB,6X,4HR.CO)
      WRITE(6,2002) DATA,ICH,M,LH,DT,CALIB,RCO
2002  FORMAT(1H ,/,5X,A8,I7,2(5X,I5),F10.1,F15.5,F10.0)
      LHP=LH+1
      LHM=LH-1
      CALL NO1
      CALL NO2
      CALL NO3
      N=N+1
      KAISU=NCH*KUMI
      IF(N-KAISU) 1,7,7
7  READ(5,1009) JEND
1009  FORMAT(I3)
      IF(JEND-999) 999,8,999
8  STOP
      END

```

```

SUBROUTINE NO1
COMMON CX(121),M,LH,LHP,BPX(121),DT,LHM,W(5,4),PPX(5,121),CALIB
DIMENSION X(1100),CCX(121)
READ(5,1005) (X(I),I=1,M)
1005 FORMAT(16F5.0)
DO 10 J=1,LHP
CX(J)=0.0
10 CONTINUE
TX=0.0
DO 20 I=1,M
TX=TX+X(I)
20 CONTINUE
AVEX=TX/FLOAT(M)
DO 11 I=1,M
X(I)=X(I)-AVEX
X(I)=X(I)*CALIB
11 CONTINUE
DO 30 J=1,LH
MJ=M-J
DO 40 I=1,MJ
IJ=I+J
CX(J)=CX(J)+X(I)*X(IJ)
40 CONTINUE
CX(J)=CX(J)/FLOAT(M)
30 CONTINUE
DO 60 I=1,M
CX(LHP)=CX(LHP)+X(I)*X(I)
60 CONTINUE
CX(LHP)=CX(LHP)/FLOAT(M)
DO 70 J=1,LHP
CCX(J)=CX(J)/CX(LHP)
70 CONTINUE
WRITE(6,1006) (X(I),I=1,M)
1006 FORMAT(1H ./,5X,5HX(I)=./,16(F8.2))
WRITE(6,1016) AVEX
1016 FORMAT(1H ./,5X,5HAVEX=,F10.5)
WRITE(6,1007) (CCX(J),J=1,LHP)
1007 FORMAT(1H ./,3X,7HCCX(J)=./,10(F10.5))
RETURN
END

```

```

SUBROUTINE NO2
COMMON CX(121),M,LH,LHP,BPX(121),DT,LHM
DIMENSION SUMX(121)
PAI=3.14159

```

```

DO 80 L=1,LHP
SUMX(L)=0.0
80 CONTINUE
DO 90 L=1,LH
DO 100 J=1,LHM
S=PAI/FLOAT(LH)*FLOAT(L)*FLOAT(J)
T=COS(S)
SUMX(L)=SUMX(L) +CX(J)*T
100 CONTINUE
BPX(L)=DT*(CX(LHP)+2.0*SUMX(L)+(-1.0)**L*CX(LH))
90 CONTINUE
DO 110 J=1,LHM
SUMX(LHP)=SUMX(LHP)+CX(J)
110 CONTINUE
BPX(LHP)=DT*(CX(LHP)+2.0*SUMX(LHP)+CX(LH))
RETURN
END

SUBROUTINE NO3
COMMON CX(121),M,LH,LHP,BPX(121),DT,LHM,W(5,4),PPX(5,121)
LHM2=LH-2
LHM3=LH-3
LHM4=LH-4
LHM5=LH-5
DO 120 I=1,5
DO 130 L=4,LHM3
LP1=L+1
LP2=L+2
LP3=L+3
LM1=L-1
LM2=L-2
LM3=L-3
PPX(I,L)=W(I,1)*BPX(L)+W(I,2)*(BPX(LP1)+BPX(LM1))
1          +W(I,3)*(BPX(LP2)+BPX(LM2))
2          +W(I,4)*(BPX(LP3)+BPX(LM3))
130 CONTINUE
PPX(I,LHP)=W(I,1)*BPX(LHP)+2.0*(W(I,2)*BPX(1)
1          +W(I,3)*BPX(2)
2          +W(I,4)*BPX(3))
PPX(I,1)=W(I,1)*BPX(1)+W(I,2)*(BPX(LHP)+BPX(2))
1          +W(I,3)*(BPX(1)+BPX(3))
2          +W(I,4)*(BPX(2)+BPX(4))
PPX(I,2)=W(I,1)*BPX(2)+W(I,2)*(BPX(1)+BPX(3))
1          +W(I,3)*(BPX(LHP)+BPX(4))
2          +W(I,4)*(BPX(1)+BPX(5))

```

```

PPX(I,3) = W(I,1)*BPX(3) + W(I,2)*(BPX(2) + BPX(4))
1           + W(I,3)*(BPX(1) + BPX(5))
2           + W(I,4)*(BPX(LHP) + BPX(6))
PPX(I,LH) = W(I,1)*BPX(LH) + 2.0*(W(I,2)*BPX(LHM)
1           + W(I,3)*BPX(LHM2)
2           + W(I,4)*BPX(LHM3))
PPX(I,LHM) = W(I,1)*BPX(LHM) + W(I,2)*(BPX(LHM2) + BPX(LH))
1           + W(I,3)*(BPX(LHM3) + BPX(LHM))
2           + W(I,4)*(BPX(LHM4) + BPX(LHM2))
PPX(I,LHM2) = W(I,1)*BPX(LHM2) + W(I,2)*(BPX(LHM3) + BPX(LHM))
1           + W(I,3)*(BPX(LHM4) + BPX(LH))
2           + W(I,4)*(BPX(LHM5) + BPX(LHM))
120 CONTINUE
WRITE(6,3008)
3008 FORMAT (1H ,/,9X,1HL,18X,2HCX,17X,3HBPX,17X,3HPPX)
WRITE(6,2008) (L,CX(L),BPX(L),(PPX(I,L),I=1,5),L=1,LHP)
2008 FORMAT(1H ,/,(110,5X,F15.5,5X,F15.5,5X,5F15.5))
RETURN
END

```