

コンテナ船あめりか丸による 北太平洋航海性能試験

小川陽弘* 佐藤辰二* 小久保芳男**

A Seakeeping Test on a Container Ship
“America-maru” on the North Pacific Ocean

By

Akihiro Ogawa, Tatsuji Sato
and Yoshio Kokubo

Summary

Results of a seakeeping test on a container ship “America-maru” of Mitsui O. S. K. Lines Ltd. on the North Pacific Ocean are reported.

The test was planned according to the ten-years’ plan on the ship tests of the Ship Research Institute and as a collaborational investigation with the Shipbuilding Research Association of Japan.

Pitch, roll, yaw, rudder angle, vertical and lateral accelerations at F.P. and longitudinal acceleration at the navigation bridge were measured and recorded on a Magnetic Data Recorder and on a “Visigraph” recorder.

Weather, atmospheric pressure, visibility, air and sea water temperatures, humidity, wind direction and the Beaufort scale, directions and scales of wave and swell, position of the ship, main engine revolution, super charger revolution, fuel handle notch, governor index and fuel oil consumption are rerecorded from ship’s log book.

Compass course, relative wind direction and speed, ship speed, brake horsepower, auto-pilot adjust, rudder angle and roll angle were read from the indicators of the ship.

Period, height and encounter angle of swell, height and encounter angle of wave, shipping water, slamming, shock or shudder, propeller racing, changing course and speed, damage of hull and containers and seasickness were recorded based on the visual observations.

The measurements were carried out three times a day, each lasting 20 minutes until 7:50, 11:50 and 15:50. A comparative test upon the action of anti-rolling tank were once carried out.

The results of the measurements are graphically shown in the form of daily variation. Each once in the outward and homeward voyages, a rough sea state were encountered. The maximum amplitudes of pitch and roll were 5.0° and 15° respectively, and that of the vertical acceleration attained to 0.75 g.

The ship meets mostly following or quartering seas in the outward voyage, and head or bow seas homeward. In the latter condition, two-nodal vibration were often experienced.

The indication of the ship’s clinometer proved to be bigger than the actual one. The real inclination seems to be 60 to 80 percent of the indicated value.

* 運動性能部 ** 推進性能部 原稿受付昭和46年2月15日

1. はじめに

船舶技術研究所では昭和36年度以来、10年計画のもとに耐航性・経済性・安全性等に関する広範な実船実験を行なって来ており、昭和45年度はその最終年度に当る¹⁾。この間に海上輸送の方法は大きな変革を遂げ、タンカー等の専用船は巨大化の一途をたどる一方、革命的とも言える高速コンテナ船が出現し、瞬く間に貨物船の主役になって来つつある。

このような高速貨物船の出現当初は経済性もさることながら、その動揺特性ことに横ゆれに関していろいろと問題にされたことは記憶に新しいことである。これらは実際の運航上、種々工夫されているようであるが、まだ解決されているわけではなく、特に冬季の航海中船体あるいは甲板積みしたコンテナの波による損傷は常に注目されている。コンテナ船もますます大型化・高速化して行く傾向にある現在、この種高速船あるいは超高速船の波浪中船体運動を主とした航海性能を把握することは極めて重要なことであり、運動性能部では昭和42年度より5年計画により超高速船の耐航性能に関する研究を行なって来ている。

一方、日本造船研究協会においても同様の認識のもとに昭和44年度より第108研究部会(SR-108)を設け、高速貨物船の波浪中における諸性能に関する研究として3年計画で理論及び実験による研究を開始し、以来船研と共同研究を行なっている。このSR-108では46年度に大規模な実船実験が計画されているが、今45年度はこれに対する予備実験の意味も含めて、造船研究者・技術者が実際の航海を体験する必要性が認められ、早速実行に移されることになった。参加者は船研はじめ各大学・研究所・造船所等から2～3名1組の9チームで、45年11月～46年2月の冬季に現在北米航路に就航中の6隻のコンテナ船に分乗して北太平洋の航海を体験し、同時に動揺等の計測を行なうものである。このような主旨にのっとり、乗船者は全く船に注文をつけず、邪魔をせず、平常のままの運航状況のもとで計測するという原則が約束された。

船研の実船試験10年計画では最終2年度は南米航路の客船の予定であったが、一方では大型鉾石船の沈没事故等の関係もあって変更されており、本実船実験も当初計画にはなかったコンテナ船ではあるが、上記のような経緯もあってSRとの共同研究として行なわれたものである。

なおこの種高速船の実船の計測値は非常に少ないことを考慮し、簡単な解析だけ行なったデータを速報の

意味でとりあえず報告し、詳細な分析・考察は後にゆずることとした。

2. 対象船及び航路

対象とした船は大阪商船三井船舶のコンテナ船あめりか丸で、その第9725次航に便乗・計測した。船及びプロペラの主要目をTable 1に、簡単な一般配置図をFig. 1に示す。航路は神戸～名古屋～東京～LOS ANGELES～OAKLAND～神戸の北米航路であるが、計測はこのうち東京～LOS ANGELES及びOAKLAND～神戸間のみについて行なった。今航の毎日の正午位置をFig. 2に示す。

Table 1 Principal Dimensions

LENGTH (O. A)	187.00 m	
LENGTH (P. P.)	175.00 m	
BREATH (MLD)	25.00 m	
DEPTH (MLD)	15.50 m	
DRAFT(MLD)	9.50 m	
DEAD WEIGHT	15,440 t	
GROSS TONNAGE	16,404.77 t	
NET TONNAGE	8,320.87 t	
NOS. OF CONTAINERS	ON DECK	342
	IN HOLD	488
	TOTAL	830
MAIN ENGINE	MITSUBISHI SULZER "8 RND 105" 1 SET MR 28,000 ps×108 r. p. m.	
	PROPELLER	
DIAMETER	(m)	6.700
BOSS RATIO		0.200
PITCH RATIO	(CONST.)	1.158
EXP. AREA RATIO		0.692
MEAN BLADE WIDTH RATIO		0.272
BLADE THICKNESS RATIO		0.048
ANGLE OF RAKE		8°
NUMBER OF BLADES		5

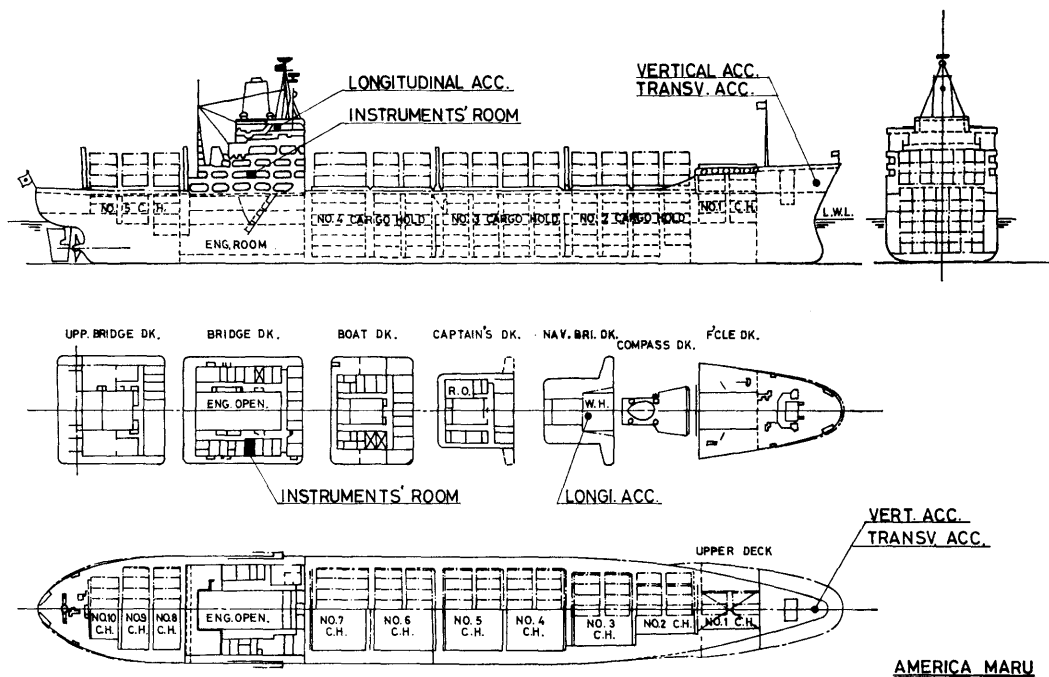


Fig. 1 General Arrangement of Ship and Position of Instruments

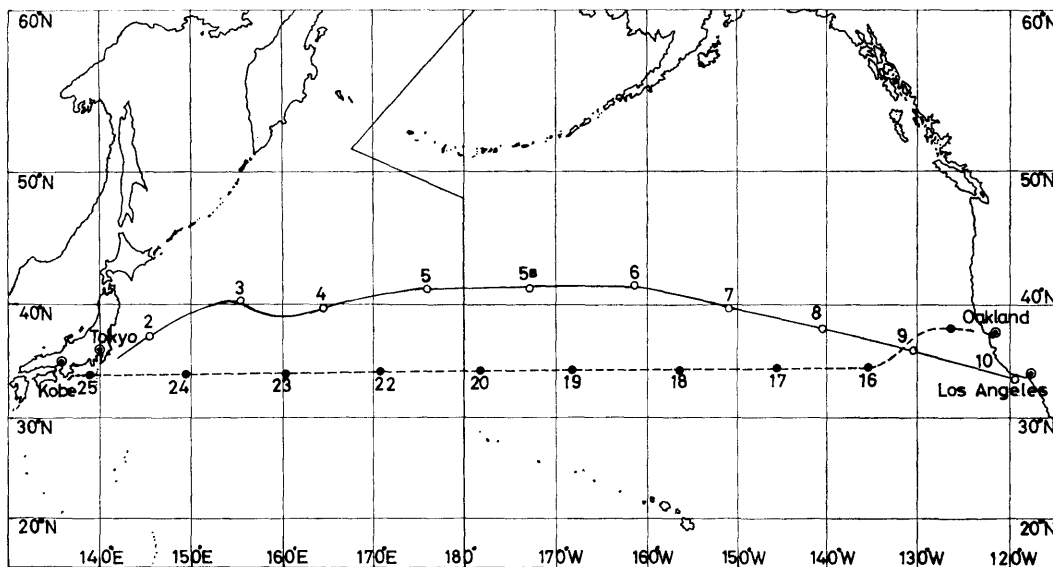


Fig. 2 Noon Position of Ship (in Dec. 1970)

3. 計測項目等

3.1. 持込んだ計測器による計測

計測項目は Pitch, Roll, Yaw, 舵角, F.P における上下及び左右加速度, Bridge における前後加速度

の7項目であるが, このうち計器の故障等により Yaw, 舵角は往航のみ, 前後加速度は復航のみについて計測している。動揺計は計測室にあてた Bridge Deck の一室のベッドを利用して他の記録器等と共にまとめてセットし, 各加速度計はそれぞれ Fig. 1 中

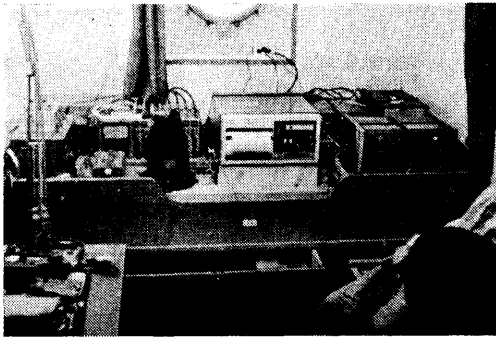


Fig. 3 Setting of Instruments

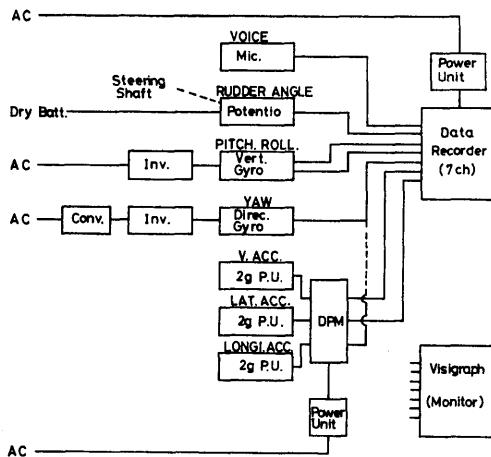


Fig. 4 Setup of Instruments

に示すように所定の位置に取り付けた。計測室の様様を Fig. 3 に示す。

計測記録はデータレコーダー及びビジグラフにとった。各計測器及び記録器等の接続は Fig. 4 に示す。

計測時刻は船の定時計測及び食事等の時刻を考慮して、船内時間（以後特に断らない限り船内時間を用いる）で、

1. 7:30 ~ 7:50 (8時と略称する)
2. 11:30 ~ 11:50 (12時 ")
3. 15:30 ~ 15:50 (16時 ")

の1日3回を標準とし、夜間には行なわなかった。当初は臨時計測を随時行なう予定であったが、海象の急変がほとんどなかったのと、もしあってもスイッチオンから計測開始までに最低30分は待つ必要があることなどの理由で行なわなかった。一度だけ12時の計測後に Anti-rolling tank のテストを行なったので 13:10 ~ 13:30 に行なっている。また海象が比較的穏やかであり変化しない場合には12時以外の計測を省略したこともある。

(60)

3.2. 船の定時計測（ログブック）による記録

上記の独自の計測器による記録の他に次のものを記録した。

天候、気圧、視界、気温、水温、湿度；船位；風向、風力；Wave の方向、階級；Swell の方向、階級；主機回転数、積算回転数、過給器回転数、主機 Fuel Handle Notch, Governor Index, 燃料消費量

3.3. 船の指示計から読み取った記録

設定針路；相対風速、風向；船速、制動馬力、オートパイロットの設定値（舵角及び天候調整）、舵角；ロール角。

相対風速、風向、船速、制動馬力については計測時間中の平均的な値を、舵角とロール角は平均値及び同時時間中に現われた最大値を読みとった。

3.4. 目視観測等によるもの

うねりの周期、波高、出会角；風浪の波高、出会角；海水打込み、衝撃、レーシング；針路変更、減速、船体及びコンテナの損傷、計測員の船酔い。

その他8ミリシネ、35ミリカラー及び白黒の写真撮影を行なった。

4. 計測結果

計測及び観測した結果は経口変化の形で Fig. 5 ~ 7 に示した。Fig. 5(a) ~ 7(a) は往航（東京 → Los Angeles）、Fig. 5(b) ~ 7(b) は復航（Oakland → 神戸）の記録である。Fig. 5(a), (b) は船の環境条件を表わす海象を示すもので、船の当直士官により観測され Log Book に記載される16方位及び階級による表現と、独自の観測による数値とを併記した。Fig. 6 は船の状態を示すもので、航海中の平均喫水は排水量から求めたものである。Fig. 6 で出航時実測喫水にくらべて以後の喫水が比較的小さいのは主として出航直後 F.P. の Ballast Water を排水しているためである。Fig. 7 は船の動揺・加速度等をビジグラフの記録から読み取ったもので、最大値は定時計測時間中に出現したものを示す。ただし船の指示計によるものは絶えず注視しているわけではないので最大値を見落している可能性もある。出航時 G_0M は往航が 78 cm、復航が 96 cm であったが、航海中の船の G_0M は正確に追跡できなかったので Rolling の比較的長く続いた部分の記録から横揺れ周期をとってこれに代えた。いかなる場合でも（通常は入港時） G_0M は 50 cm 以下にならないようにしているということであった。

Table 2 は往航及び復航の各平均値から算出した

Table 2 Average Sea Margin etc.

PORT	MEAN DRAFT	DISP. (at dep.)	HOURS	DIST.	AVERAGE SPEED	SEA MARGIN	SLIP	
	m	KT	D H M	SM	kt	%	%	EXCL. STAND-BY
TOKYO	8.47	21,100	9—11.45	4975	21.84	36.7	10.8	EXCL. STAND-BY
~L.A.			9—14.00	4987	21.68	41.0	11.5	INCL. STAND-BY
OAK-LAND	9.18	23,380	10— 6.30	5182	21.02	58.3	14.7	EXCL. STAND-BY
~KOBE			10— 9.30	5208	20.87	72.0	15.4	INCL. STAND-BY

Sea Margin, 見かけの Slip 等を示す。シーマージンは Abstract Log に記載された平均喫水に対応する排水量を基準としたものである。Fig. 8 は復航時比較的穏やかな時に、一時的に波高約 3 m, 周期 10 秒程度のうねりが正面やや右寄りの方向 (160°) から来て 1 時間ほど続いた時の写真である。

Fig. 9, 10 はビジグラフの記録の一部で、Fig. 9 は往航時の横ないし後方から波を受け Rolling 及び Pitching の大きい場合の例、Fig. 10 は復航時の、向い波を受けて比較的 Pitching が激しく、衝撃による 2 節振動を起している場合の例である。記入してある時刻 (秒) は単なる目安のため特定の時刻を意味するものではない。

5. 結果及び考察

5.1. 海象及び操船の概況 (Fig. 5, 6 参照)

船長以下乗組員の意見によると、全体としては 12 月には珍らしく荒れない航海ということであったが、往航時 12 月 3 日に荒天に遭遇し、右横 ~ 右後からの大きなうねりを受け、過大な動揺、海水打込み等を避けるために減速、変針した。一般にコンテナ船はスケジュールの制限が強く、一方コンテナが青波の衝撃に非常に弱い (在来船では 2 m 程度の青波では意に介さなかった) という 2 つの大きな理由のために、専ら波から逃げるのが減速・変針の目的で、特に大きな横揺の時の海水打込みは非常に危険でもあるし、lashing も心配になるので、この点に注意しつつ、できるだけ早く荒海を脱出し目的地へ急ぐために、絶えず変針・変速を試みているということである。もちろんプロペラレーシング等によって主機の負荷変動が過大になれば、回転数の変化が激しくなり、危険回転数などに対する考慮も加えて減速の必要に迫られる場合もある。

往航時はその後次第に平穏になり、主として横ない

し斜後方からのうねりを受ける状態が続いた。

復航時も出港直後の 12 月 15 ~ 16 日に正面方向からの風波に会い、僅かながら変針・減速を余儀なくされているが、その後間もなく平穏になって来た。復航では主として向い波に近い状態が多い。

うねりは周期 8 ~ 10 秒程度のものが多かったが、波長を直接目視観測することは困難であった。また非常に荒れた場合とうねりが比較的弱い場合はうねりと風浪とを区別することが難しかった。一般に船体動揺とそれに伴う諸現象に關与するのはうねりが主で、風が従であり、風浪の影響は特別な場合以外は考慮しなくて良いように思われた。

なお気象庁等から電送される天気図及び気象協会の波浪概況図は相当正確で、信頼を以て利用されているようである。

5.2. 動揺・加速度等 (Fig. 6, 7 参照)

往航時 T. No. 6 で、一見横揺れ及び上下加速度が急激に減少しているのは、速度を低下させ針路を変えて、波との出会角及び出会周期を変えたことによる効果が現われたものである。F. P. における上下加速度は 3 日 12 時に最大 0.75 g を記録しており、この時の縦揺角振幅は 5.0° であった。また往航時は全体を通じて Roll 角が大きく、横加速度が上下加速度と同等の大きさに、Yaw は Pitch と同程度になっている。まれに極めて長い周期の Yawing を行なうことがあったが、これは横揺れと自動操舵及び同等の外力の組合せによって起るものと考えられる。

オートパイロットの設定は荒天時を除き Helm adjust が 3, Weather adjust は T. No. 17 までが 1.7, T. No. 18 以後は 1.0 であった。自動操舵時の制限舵角は 10° であるが、荒天時にはこれではコースを保つことができなくなる場合があるということであった。

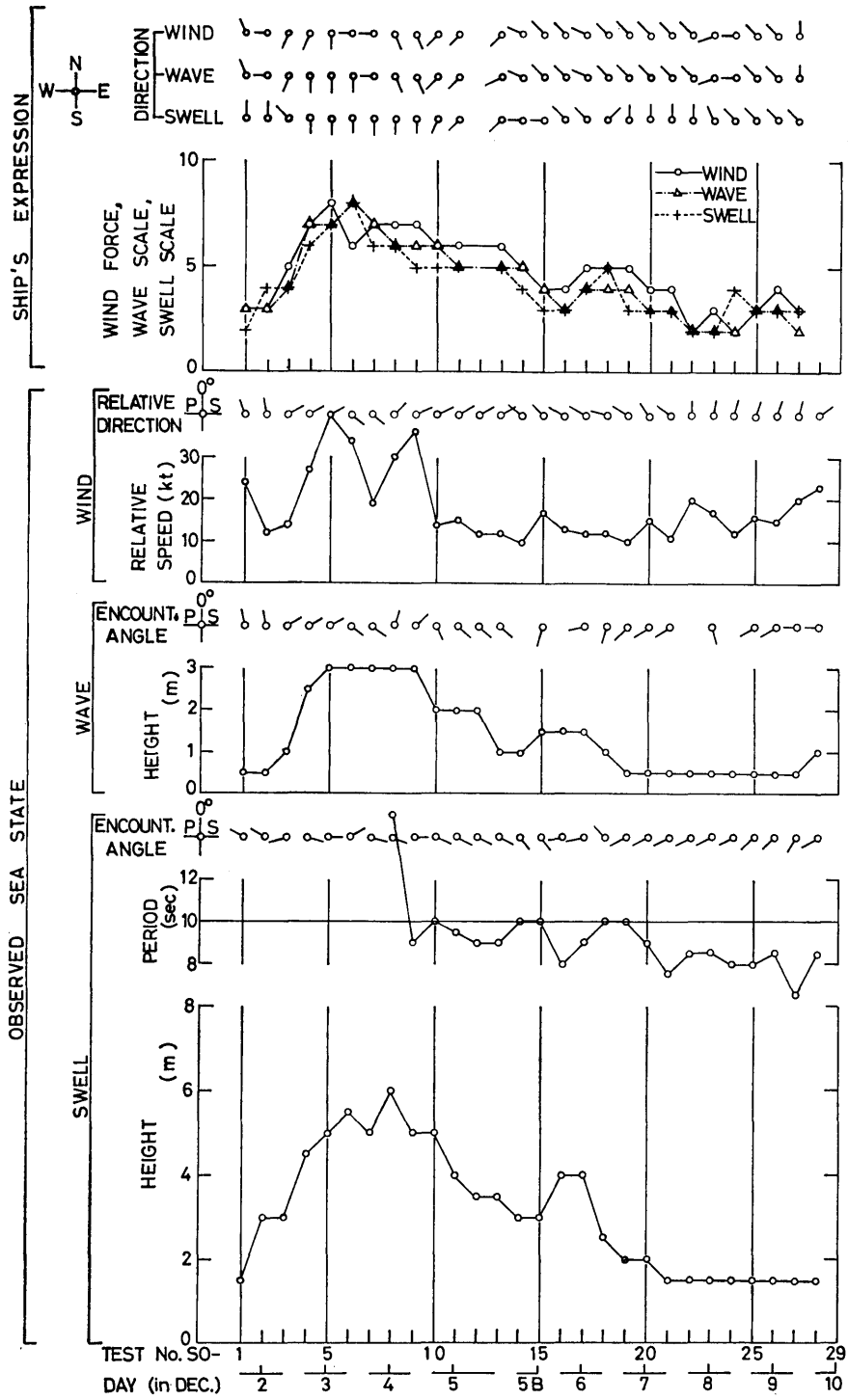


Fig. 5(a) Sea State at Outward Voyage

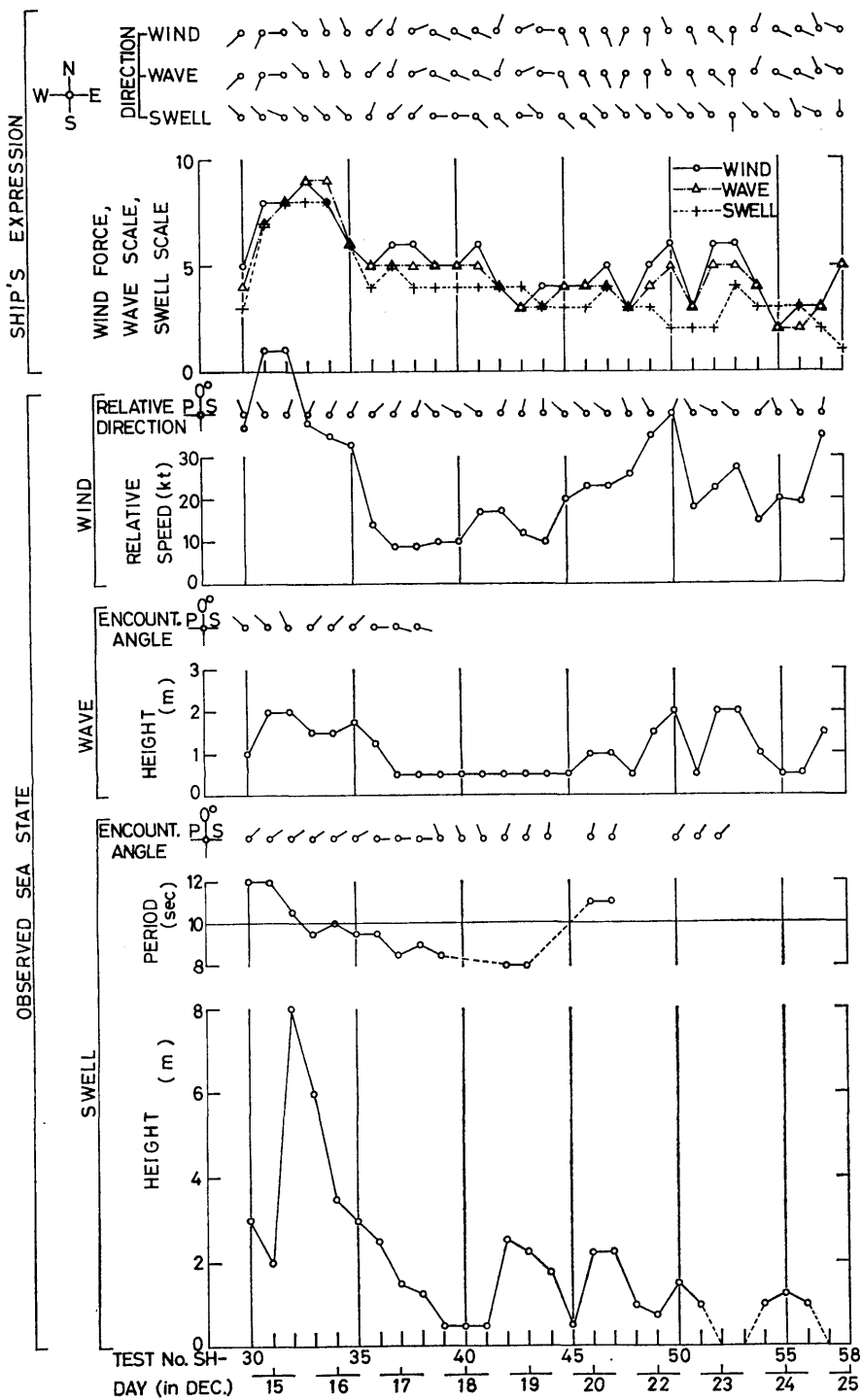


Fig. 5 (b) Sea State at Homeward Voyage

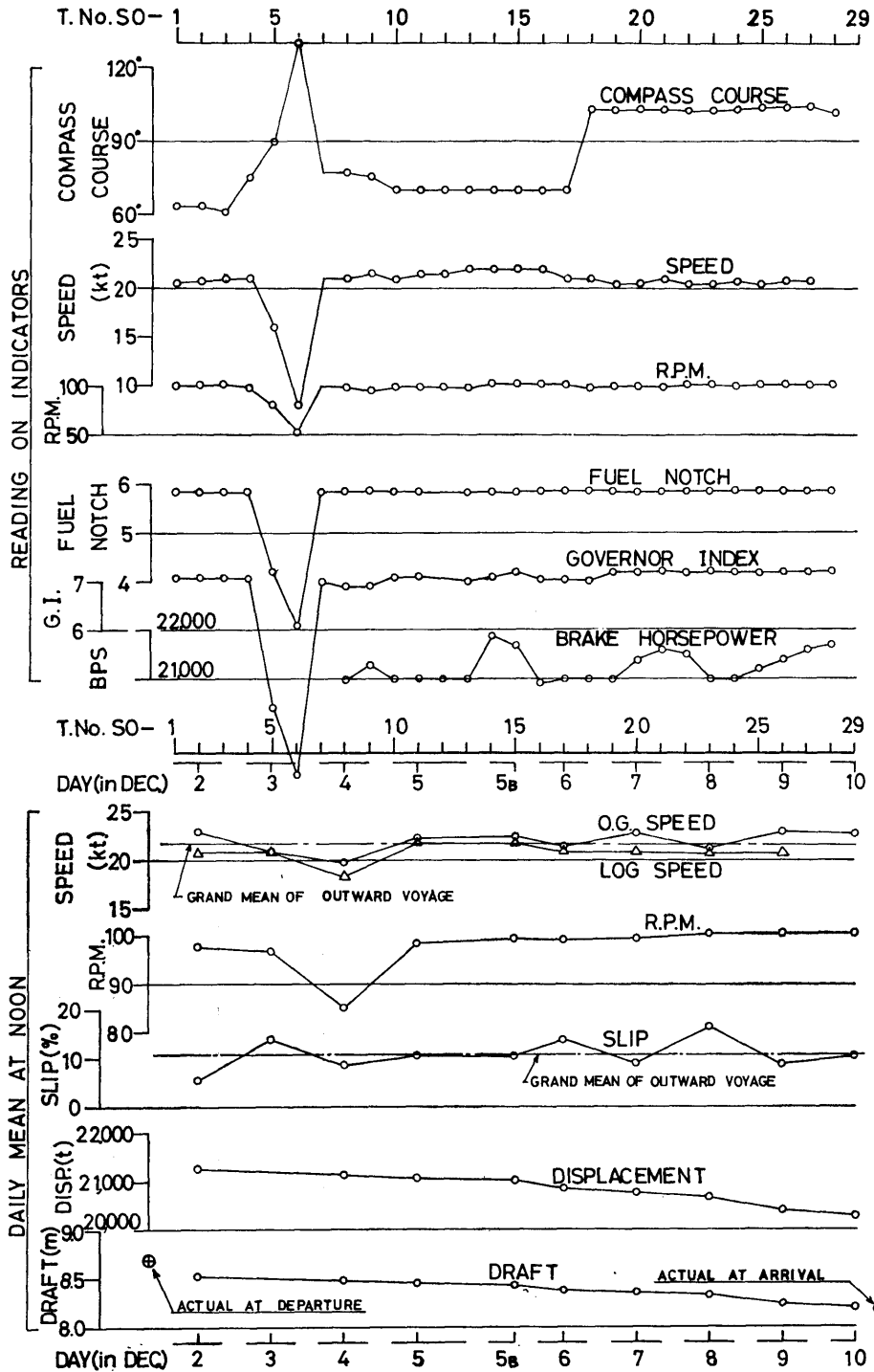


Fig. 6(a) Ship's Condition at Outward Voyage

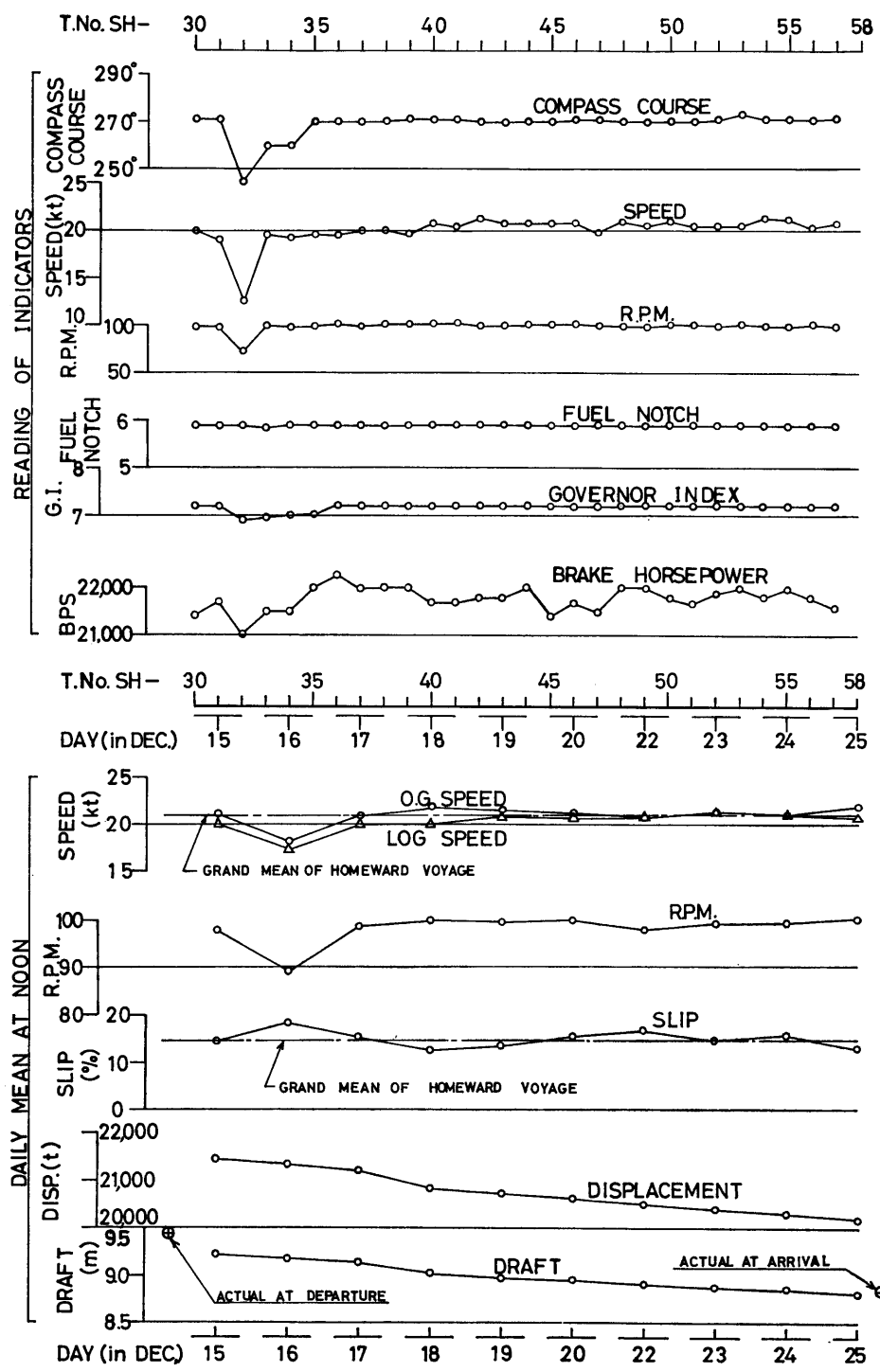


Fig. 6 (b) Ship's Condition at Homeward Voyage

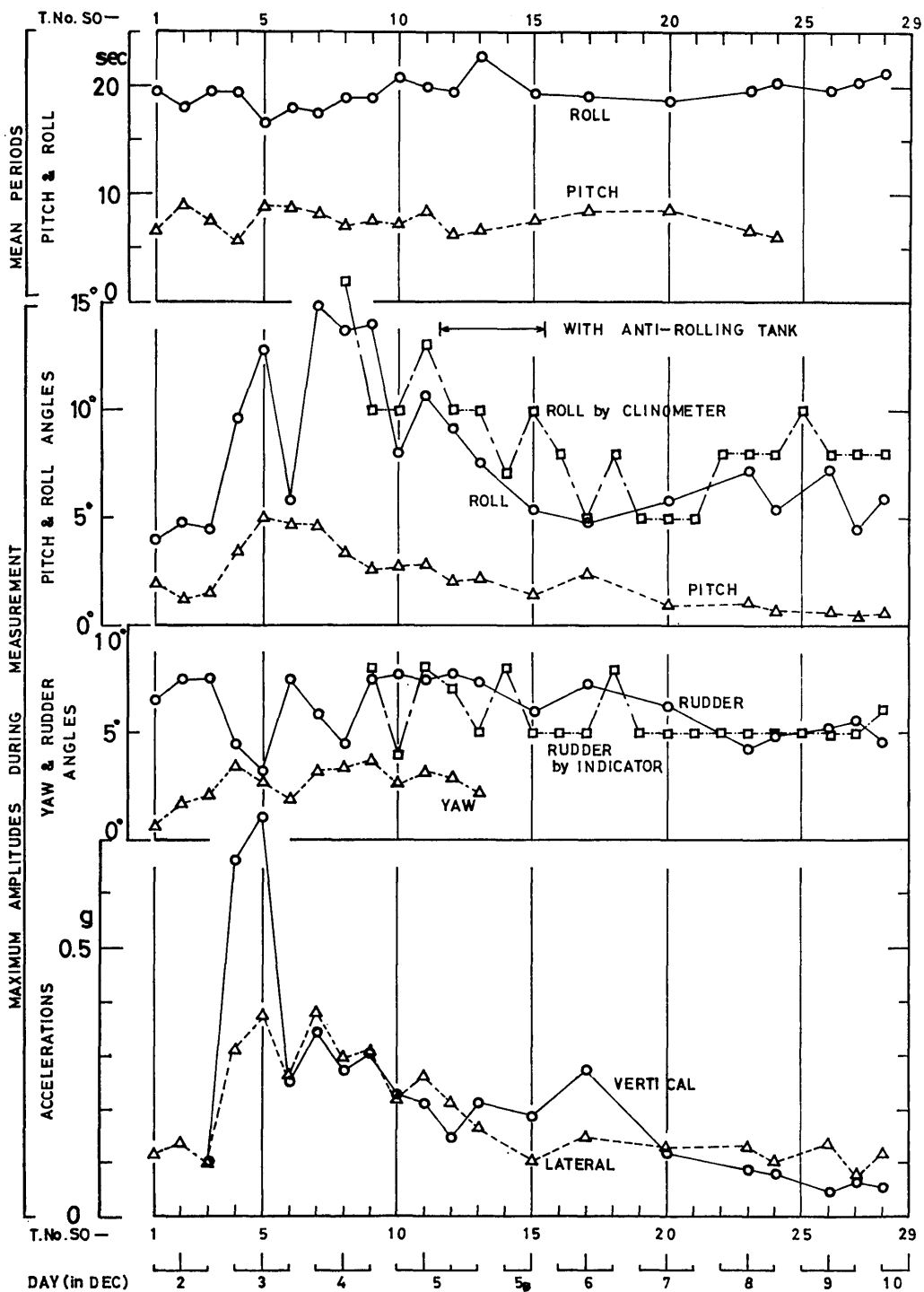


Fig. 7(a) Measured Oscillations, etc. at Outward Voyage

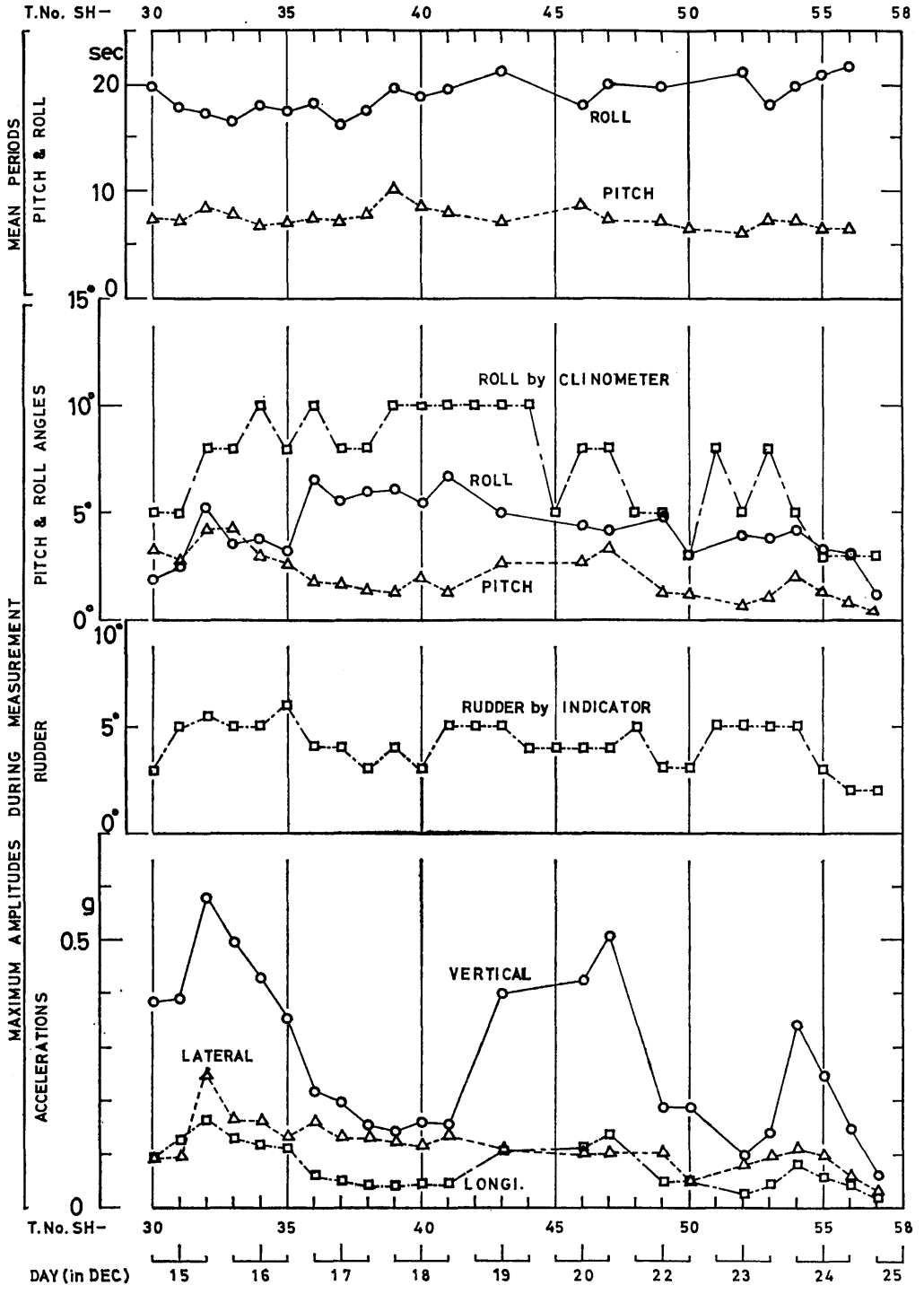


Fig. 7(b) Measured Oscillations, etc. at Homeward Voyage



復航時は主として向い波を受けるので平均速度は低下する。横揺れは少なくなり、周期が長いので、船上ではほとんど縦揺れだけしかしていないような感じがするが、縦揺れ角は往航時の横揺れの大きい時と同程度に過ぎないことがわかる。Yaw は計測できなかったが、非常に少ないようであった。

復航時にはまた Navigation bridge 位置における前後加速度を記録した。加速度の振幅そのものは最大 0.16g 程度なのでそれほど大きいとはいえず、船酔いの原因としても上下加速度よりは影響が少ないように思われた。

船に備えつけの横傾斜計の指度が過大であることは

◀ Fig. 8 Ship in a Head Swell (160°, H_w ≃ 3m, T_w ≃ 10 sec)

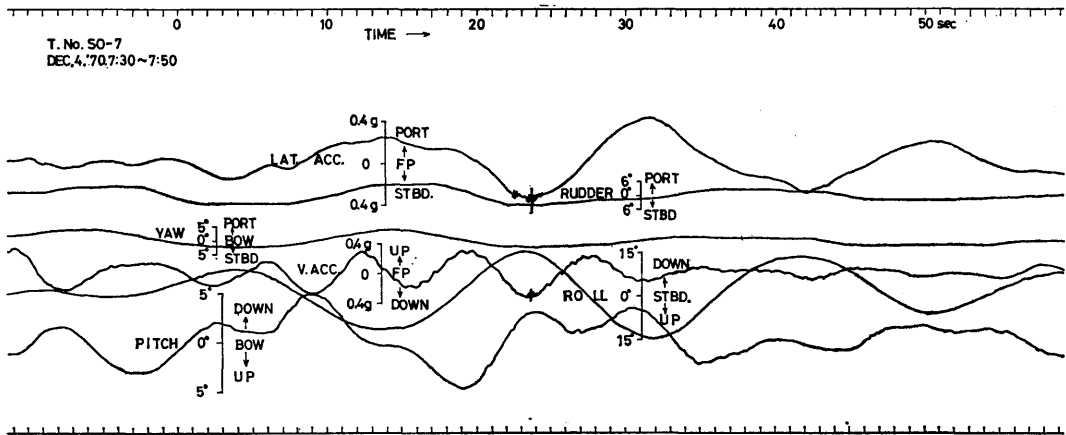


Fig. 9 A Part of Records at Heavy Rolling and Pitching

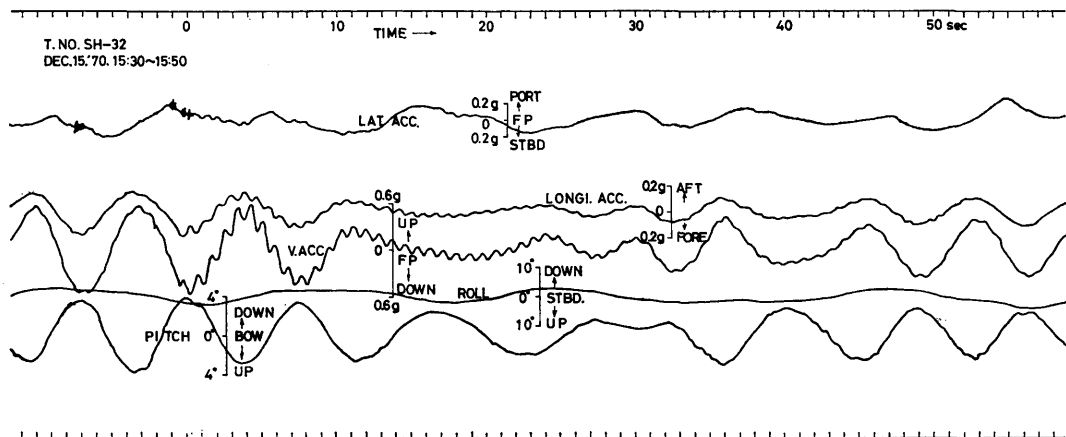


Fig. 10 Example Record including Longitudinal Vibration

時折耳にするが、これを計測した最大振幅とその時の傾斜計の読みとの関係について調べてみると、傾斜計の指度が 10° 以上では約0.8倍、 10° 以下では0.6倍程度が実際の傾斜角になると考えて良いようである。

5.3. 減揺水槽について

往航時12月5日の12時の計測(T. No. 11)後にAnti-rolling tankに注水、13時10分～13時30分の間臨時計測(T. No. 12)を行なった。海象はほとんど同一と見なすことができる状態であったが、横揺の最大振幅は少し減少したことが認められた。このAnti-rolling tankは横揺周期18秒に合せて設計されているが、計測時の船の周期は約20秒であった。横揺振幅は $10^\circ \sim 12^\circ$ で、周期が長いので、船上では振幅の減少は感じられなかった。この程度の横揺角では乗組員にとっては「揺れ方が素直でなくなる」ことの方が問題だというような意見もあった。注水途中の自由水効果による異常な横傾斜は不慣れな我々にも明らかに感じられるほどのものであり、これらの心理的な不安感が減揺水槽に対する不信感にもつながっているのではないかと思われた。本船の場合にはGMに余裕があれば荒天時にも使用することがあり、横揺角が非常に大きい時には効果が認められたということである。

5.4. 振動について

最大縦揺角が 3° を超えるような場合にはほとんど船首付近の波の衝撃による2節振動を起している。典型的な例はFig. 10に見られるが、固有振動の周期は約0.87秒で、約30～40秒継続する。振動による加速度の振幅は比較的小さく、 $0.1g$ 以下であるが、周期が極めて短かいため、加速度変動の勾配(仮に加加速度と称する)が非常に大きくなり、特にBridgeのこの加加速度は非常に不愉快であるばかりでなく、業務にも差支えるのではないかと思われた。なお最も多いのは縦振動であるが、横振動あるいは振り振動と思われるようなものも時に感じられた。

衝撃による振動以外にもディーゼルエンジンの振動があり、Bridgeの机上で文字を書くことは不慣れな我々には困難であった。本船は振動は少ない方に属するというところであるが、動揺による加速度と共に船の居住性を著しく害していると思われる。

5.5. その他

航海中自らの経験と船長以下乗組員との接触によっ

て、船に対する認識を深めることができた。

第1に要望されるのは、荒海中でも安心して乗ってられる船を造ることである。乗船者にとっては燃料消費量は何%か増えることよりも、僅かでも動揺や振動が減り、居住性が改善され、安心して運航できることの方がより重要な問題のように思われた。現在の船は余りにも乗組員のプロ意識と責任感、それに「慣れ」に期待し過ぎているのではなからうか。

船長の意見としては、コンテナ船については前記の弱点を除けばほとんど問題はなく、特に冬の北太平洋を航海しようとする以上、どんな船を持って来てもどうしようもないのではないかと、むしろ5, 6万トン以上の専用船の方が波に弱く危険度が非常に大きいように思う、実船実験をするならばそちらの方がもっと切実な問題であろうということであった。

そういった意味でも造船技術者・研究者はもっと船に乗って実際の海象や船の運航状況を体験すべきであると考えている。

6. おわりに

この実船試験は初めに述べたように、実験者は船に対して何も註文をつけず、平常のままの運航状況を観測・記録する建前で行なわれ、減揺水槽のテストはその唯一の例外である。自分の職場にぞろぞろ乗り込まれてウロウロされるのは誰も余り快いものではないが、本船の場合は船長以下全乗組員が非常に積極的に協力して下さった。幸か不幸か余り荒天にめぐまれなかったため、実験の目的を十分に果たしたとは言えないが、それでも太平洋航路の「体験航海」はいろいろな意味で成功であったと信じている。これも実験の準備の段階からいろいろお世話になったあめりか乗組員の方々を始め、大阪商船三井船舶の関係各位の御協力に負うところが大きい。特に宮増船長、加藤機関長、長尾1等航海士、浜2等航海士の皆さんには絶えず教えられることが多かった。ここに改めて厚く御礼申し上げる次第である。

参考文献

- 1) 山内保文ほか、船舶技術研究所における実船試験——現状とその成果について——、昭和44年度船舶技術研究所特別講演会講演概要、1969.