

大型高速コンテナ船黒部丸による実船実験

— 2軸船の負荷変動と軸系挙動について —

前橋正雄*・加藤 寛*・高井元弘*

An Actual Ship Test of the Twin-Screw Container Ship “Kurobe-Maru”

By

Masao MAEBASHI, Hiroshi KATO and Motohiro TAKAI

Abstract

An actual ship test of the container ship “Kurobe-Maru (D.W. abt. 32,000 tons)” of N.Y.K. Lines, was carried out under the voyage between Tokyo and New York, from Dec. 5, 1975 to Jan. 25, 1976.

The main object of the test was to collect data about the characteristics of load acting on the propulsive shafting of the twin-screw container ship.

Torque of shafts, number of revolution of shafts, bending moment of shaft, pitch, roll, vertical and lateral accelerations at the aft position and the instruments room, rudder angle, were measured and recorded.

After analyses of the data following results are obtained.

(1) The variations of the torque and bending moment of shaft are influenced by pitch rather than roll. When the ship navigates in heavy pitch condition, the torque and bending moment of shaft fluctuate at the same period of the pitch frequency.

(2) According to shaft-bearing insulation test, it is considered that shaft contact on the stern-tube bearing occurs at shaft speed below about 24rpm.

目 次

1. ま え が き.....	1	4.5 軸—軸受間の電位計測	30
2. 対象船及び航路.....	2	4.6 軸の振り振動成分	32
3. 計測項目及び計測方法.....	2	4.7 船尾管及び船尾管シール装置の潤滑油の作 動状況	38
4. 計測結果及び考察.....	5	5. ま と め.....	38
4.1 航海全般	5	謝 辞.....	38
4.2 八方向航走試験時の負荷変動	14	参 考 文 献.....	39
4.3 旋回時における船尾軸系挙動と負荷変動	14		
4.4 船尾軸系の曲げモーメント分布	27		

1. ま え が き

船舶技術研究所においては、昭和47年度より大型

* 機関性能部

原稿受付：昭和54年12月27日

超高速コンテナ船の船型及びプロペラ軸系についての研究開発が実施されてきた。研究開発目標である大型超高速コンテナ船は3000個のコンテナを積載し、35Ktで航行する計画である。したがって、このような大型で高速で航行するためには、主機関出力としては

25 万馬力で、プロペラ 1 軸あたり最大出力約 6 万馬力という制限から商船としては余り例をみない 4 軸推進方式が考えられている。

このような 4 軸コンテナ船の研究開発にあたっては、実験室的研究のほか、現在運航されている 2 軸あるいは 3 軸船について、その航行実態の調査を行ない、多軸船の実態を把握し、4 軸船設計のための資料の集積が必要とされている。

また、船舶技術研究所においては、46 年度よりコンテナ船を採り上げ、3 年計画でコンテナ船についてのディーゼル機関の性能とその特性¹⁾、コンテナの挙動²⁾及びボッシングの挙動³⁾などの計測を主体として実船実験が行われた。一方、日本造船研究協会においても 45 年度よりコンテナ船の実船試験が実施された⁴⁾。しかし、その大部分は 1 軸船についてであり 2 軸、3 軸のコンテナ船の実態調査の数は少なく、そのうえ、船体運動の計測を主体としたものであり、プロペラ軸系の負荷変動の計測データは少ない。

そこで、当研究所では当所大型超高速コンテナ船の研究開発と歩調を合せ、昭和 49 年度から 3 年計画で多軸コンテナ船の数多くの航海時における軸トルクを計測しそれらの変動及び配分などの解析結果を資料としてまとめることを目的として実船実験が実施された。

本報告はその第 2 年目として、負荷変動と軸系挙動の実態調査を主目的として、機関関係の担当者が、ニューヨーク航路に就航中の日本郵船株式会社所属のコンテナ船「黒部丸」(以後本船と呼ぶ)に乗船し、実施された実船試験の結果である。なお、初年度においても、本船に船体関係の担当者が乗船し、船体運動とトルク変動などについての実船試験を行っている⁵⁾。

2. 対象船及び航路

本船は主機関として、静圧過給方式採用の大形ディーゼル機関を搭載した、船尾軸支持がボッシングタイプの二軸コンテナ船である。また、プロペラの回転方向は外回りである。その主要目を Table 1 に示す。

本船第 21 次航においては、ニューヨーク着がクリスマス後という関係から 1 往復 8 週間の日程であった。因に第 20 次航及び第 22 次航は 1 往復 7 週間の日程で運航されていた。本船の航路図を Fig. 1 に示す。丸印は毎日の正午位置を示す。

Table 1 Principal Dimensions

LENGTH (O.A.)	260.457 m
LENGTH (B.P.)	242.000 m
BREADTH (MLD)	32.20 m
DEPTH (MLD)	19.60 m
DRAFT (MLD)	11.50 m
DEAD WEIGHT	32,343 t
GROSS TONNAGE	37,845.77 t
NET TONNAGE	22,336.52 t
SPEED (SERVICE)	25.65 Kts
MAIN ENGINE	MITSUBISHI SULZER
	12 RND, 2 SETS
M.R. (B.H.P.)	34,800 Ps 122 RPM
SHAFTING	2 SETS
INT. SHAFT DIA.	605 mm
INT. SHAFT LENG.	13.000 m
INT. SHAFT DIA.	605 mm
INT. SHAFT LENG.	6.663 m
INT. SHAFT DIA.	605 mm
INT. SHAFT LENG.	12.800 m
INT. SHAFT DIA.	605 mm
INT. SHAFT LENG.	11.000 m
PRO. SHAFT DIA.	740 mm
PRO. SHAFT LENG.	12.027 m
STERN TUBE	WHITE METAL WJ2
SEAL	MARK 2 800#
PROPELLER	KALBC3 2 SETS
DIAMETER	6.700 m
BOSS RATIO	0.2015
PITCH (CONST)	7.030 m
PITCH RATIO	1.0493
EXP. AREA RATIO	0.68
MEAN BLADE WIDTH RATIO	0.2676
BLADE THICKNESS RATIO	0.0499
ANGLE OF RAKE	8°
NUMBER OF BLADES	5
BLADE SECTION	AEROFOIL

3. 計測項目及び方法

Fig. 2 に本船の一般配置図と計測位置を示す。計測及び観測の項目と方法は次のとおりである。

(1) 軸トルク

左右軸の中間軸にひずみゲージを軸中心線に対して 45° 方向に 4 枚 1 組として貼り付け、スリップリング方式により回転体よりトルクの信号を取り出し、計測室に導き直流増幅器を通し磁気テープに記録する。Fig. 3 は右舷軸トルク測定部と検出用スリップリングである。

(2) 軸回転速度

左右両軸の中間軸に 4 個の鉄片を取り付けパルス方式で電氣的に取り出し計測室にて記録する。

(3) 船尾軸の曲げモーメント

右舷船尾側の中間軸の軸方向 3 箇所に、円周方向 180° を隔ててひずみゲージを 2 枚ずつ 4 枚 1 組と

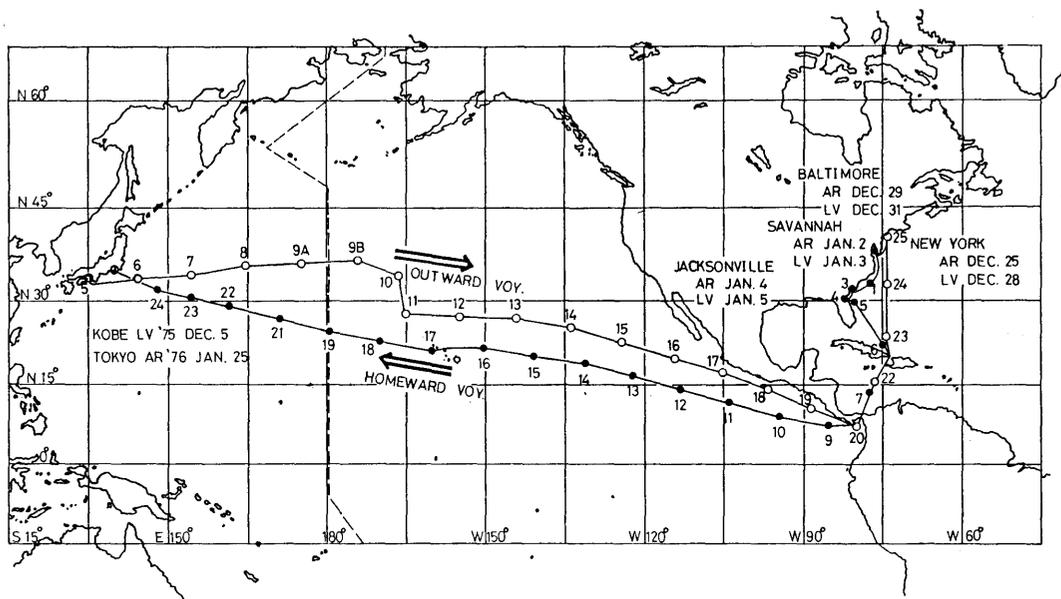


Fig. 1 Course or Noon Position of Ship

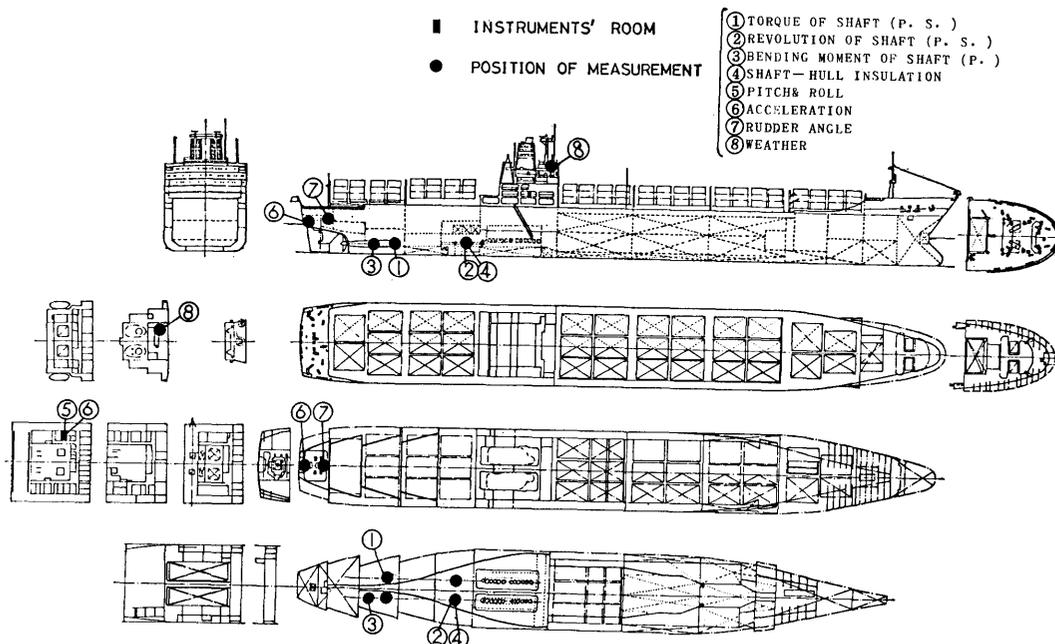


Fig. 2 General Arrangement and Position of Measurements

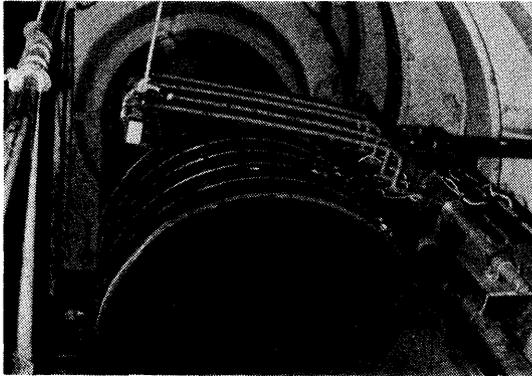


Fig. 3 Torque Measurement

して貼付ける。なお、プロペラ軸寄りの位置にはプロペラからの動的曲げ外力を解析するために、円周方向に 90° 位相をずらして 2 組のひずみゲージを貼り付け、計 4 点の曲げひずみをスリップリング方式により取り出し計測室に導いて記録する。Fig. 4 に曲げモーメントの測定位置を示す。

(4) 縦揺れ (Roll) と横揺れ (Pitch)

左舷の船員室を計測室として、その部屋の卓上に直流ジャイロ式動揺計を設置し船体の Pitch 及び Roll を計測する。

(5) 加速度

船尾舵機室の中央後部と計測記録室において、上下方向及び左右方向の加速度を計測する。

(6) 舵角

操舵機のピストン移動量をポテンショメータにより舵角として検出し計測室で記録する。

(7) 軸—軸受間の電位差

既設の接地金具の一部を利用し、軸と船体間に電気回路を作り一定電圧を与え電圧変化を計測する。

(8) 軸路外壁温度、船尾管系の潤滑油圧力及び温度

ボッシング側壁内面の温度、船尾管及びシール部の潤滑油圧力及び出入口温度を定時計測時に計測記録する。

(9) 気象及び海象

船橋より目視と航海日誌による。

定時計測は 1 日 1 回行うこととし、荒天時には追加計測を行った。また、船長の特別の好意により舵 15° 保持にての旋回時の計測、軸—船体間の電位計測及び八方向計測も行った。(8) 及 (9) を除く計測値はビジュグラフでモニターしながら 14 ch. のデータレコーダに収録した。計測項目のブロック線図を Fig. 5 に示す。

記録時間は 1 回 20~25 分間とした。なおデータについて、解析のために AD 変換を行った時のサンプリングタイムは、トルクの振り振動の場合 0.005 sec, 軸の曲げモーメントの場合 0.01 sec, その他は 0.4 sec である。

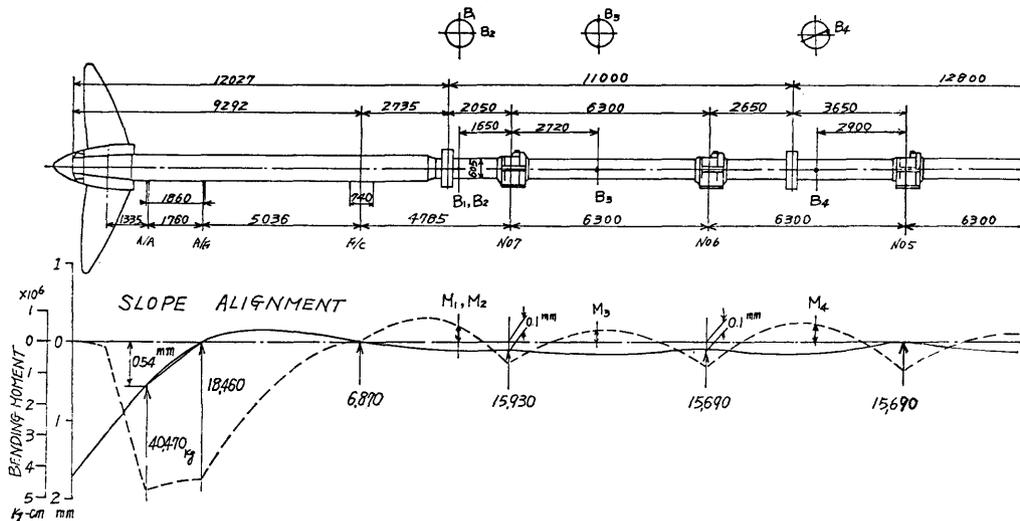


Fig. 4 Measurement Positions of Bending Moment and Shaft Alignment

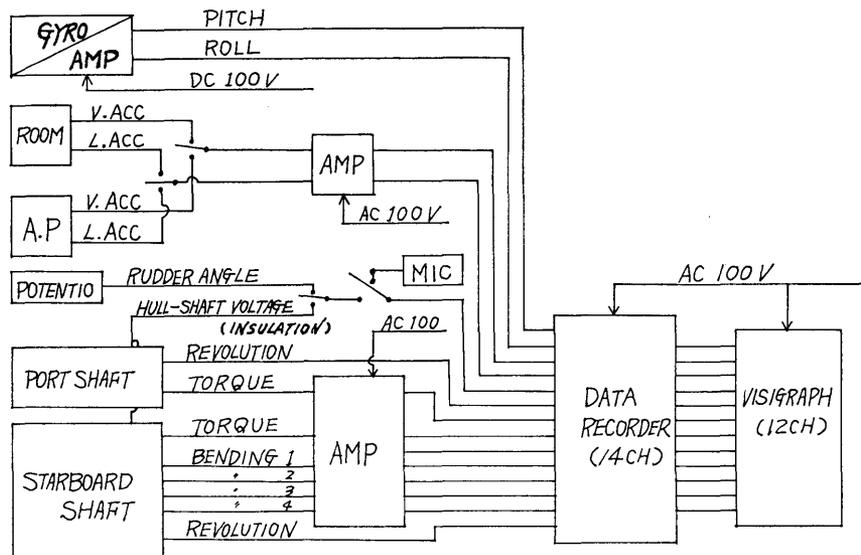


Fig. 5 Block Diagram of Measurements

4. 計測結果及び考察

4.1 航海全般

実船実験実施時期は荒れ易い冬期を選び、昭和50年12月5日より昭和51年1月25日までの本船第21次航であり筆者の内2名が乗船し計測にあたった。

12月5日11時神戸港を出帆以来、低気圧に乗った状態で9日Aまで進んだが、9日B日には前線を脱して穏やかな航行となった。しかし、日付変更線を通るころに、進路前方に発生した広範囲の低気圧に進路をさえぎられた状態になり、低気圧の通過を待つために主機回転数は今までの98.5rpm(22Kt)から76rpm(16Kt)に減速された。しかしながら、この低気圧が停滞したため、その影響を受け始め、10日の21時ごろより横揺れが激しくなり、夜半過ぎ、やむなくコースを南に大きく変えた以後も横揺れはしばらく続いた。船内に設置されているクリノメータによると、左舷に18°、右舷に14°の最大横揺れが表示されていた。Figs. 6~8は12月7日、8日、及び11日の本船航行付近の気象状態を示す。なお丸印は本船の位置を示す。12月10日は緯度にして約10°南下し、11日以降はN27°のコースを航行することになり、船速も24Kt(主機回数110rpm)に増速された。以後ニューヨークまでは比較的平穏な航行が続いた。Table 2に本船第21次航の寄港先、接離岸時、喫水、運航距離、及びスリップを示す。

12月16日カリホルニア沖を南下中、左舷主機制御入力用回転計の発電機系統に故障が発生し、以後ニューヨークまで左舷主機はマニュアル操作となった。12月18日、回転計用発電機系の修理のため、しばらく洋上停止することになり、この機会を利用して軸—軸受間の電位変化を計測した。

また、12月19日には左右に舵を15°にとり旋回時における負荷変動、船尾軸系挙動の変化などを計測した。

12月20日パナマ運河を通過、12月25日15時、小雪の舞うなかをニューヨーク・エリザベス埠頭に接岸した。

12月28日12時エリザベスを出帆、翌9日霧のなかチエサビーク湾を北上ボルチモアに16時40分に接岸した。

明けて1月2日にはサバンナ、4日にはジャクソンビルに寄港し8日の早朝クリストバルよりパナマ運河に入った。

復路の太平洋は前年度の実船実験時(第14次航)と同一コースをとった。1月14日8方向航走試験を行った。

1月16日ハワイ諸島に近いところで前方右舷35°方向より波高6~7mの波長の長いうねりに遭遇した程度で、1月21日までは比較的穏やかな航海であった。

22日、E165°を通過したあたりより風浪が強くな

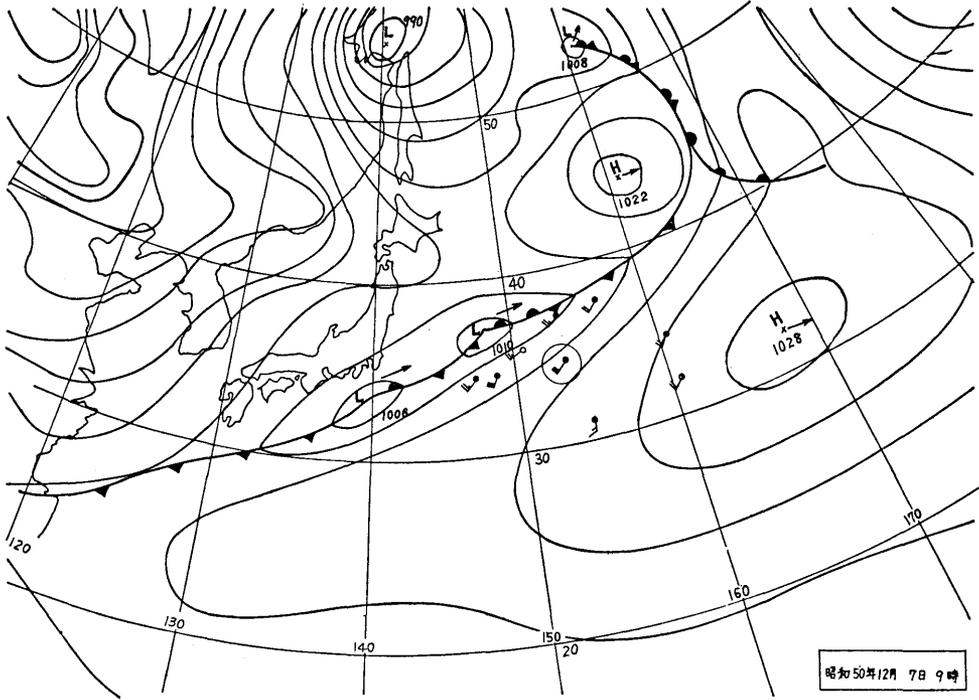


Fig. 6 Weather Chart (Dec. 7)

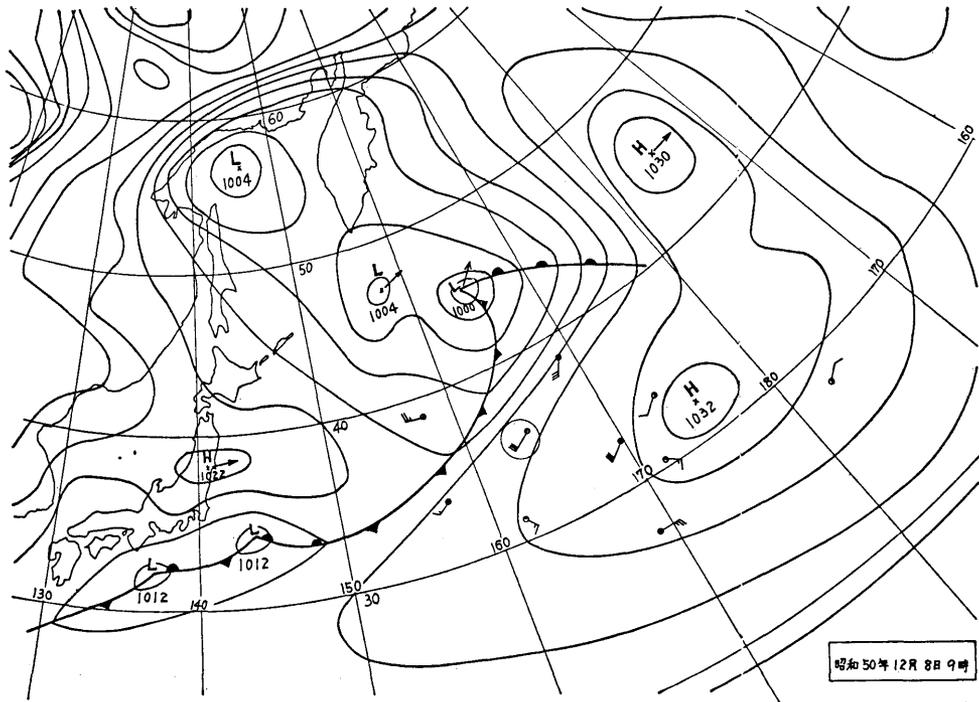


Fig. 7 Weather Chart (Dec. 8)

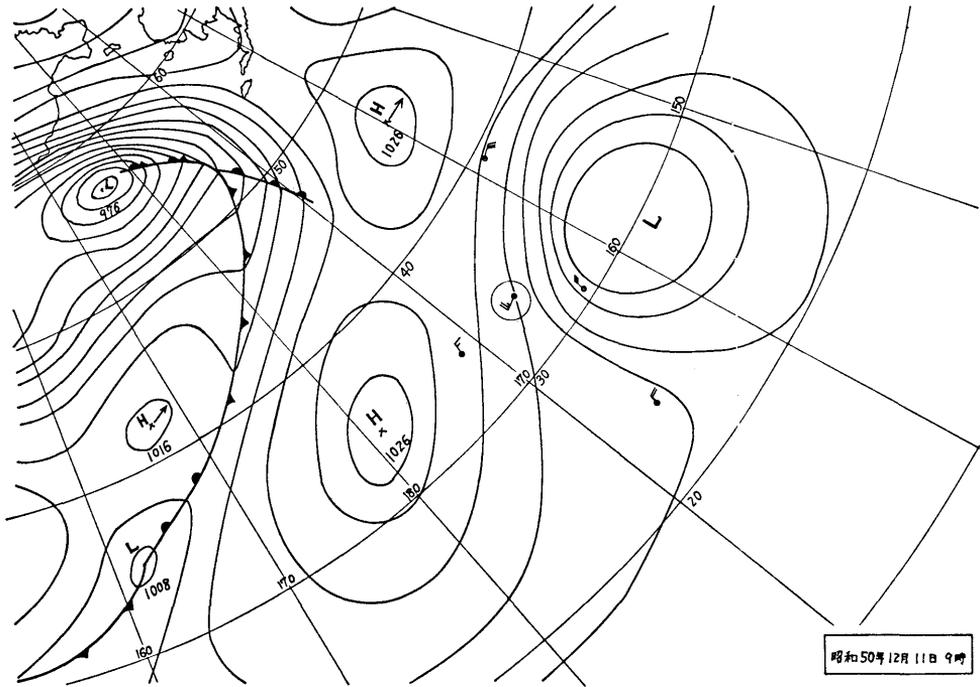


Fig. 8 Weather Chart (Dec. 11)

Table 2 Distance of Running, etc.

NEW YORK CONTAINER LINE KUROBE-MARU NO. 21 VOY.						
PORT	DATE & TIME		MEAN DRAFT m		DIST. RUN SM	SLIP %
	ARRIVAL	DEPARTURE	ARRIVAL	DEPARTURE		
KOBE		12- 5-1100		10.0		
BALBOA	12-20-1700	12-21-0520	9.5	9.5	8,574	3.6
NEW YORK	12-25-1500	12-28-1210	9.5	9.3	2,029	2.7
BALTIMORE	12-29-1640	12-31-0730	9.3	9.2	441	-0.8
SAVANNAH	1- 2-0920	1- 3-0900	9.5	9.7	662	3.0
JACKSONVILL	1- 4-0830	1- 5-0750	9.6	9.4	155	1.0
BALBOA	1- 8-1520	1- 8-1520	9.4	9.4	1,585	3.2
TOKYO	1-25-1450		9.0		8,212	3.4
			OUT WARD		10,603	3.4
			HOME WARD		11,055	3.2
			ONE WARD		21,658	3.3

り、23日には左舷前方 20° よりの強風にあおられ、縦揺れが激しくなり 20Kt (99 rpm) から 15Kt (76 rpm), 更に 11Kt (55 rpm) と減速された。一時、風力 10 が記録された。このときピッチングの全振幅 8°, 船尾部上下加速度全振幅 1.68g が記録された。また、このときの海面は全体が泡で白くなっている、大きな泡となった波がしらが白いすじを引いて風下に吹き流されていき、その間に青黒い水面が見える状況であった。

Fig. 9 は 20Kt から 15Kt に減速される直前の状

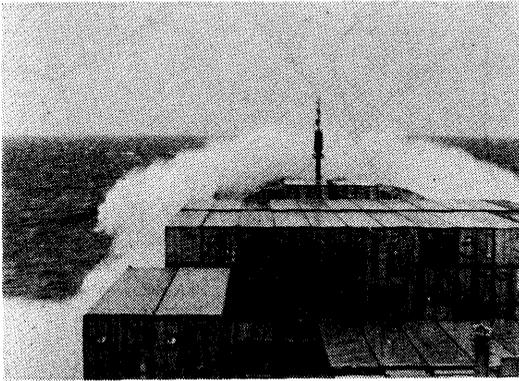


Fig. 9 Fresh Gale (Jan. 23)

態を示す。Fig. 10a, Fig. 10b は大時化のときの計測波形例を示す。ピッチングが激しくなると、加速度、軸トルク、軸曲げモーメントはピッチング周期とほぼ同じ周期で変動している。船尾の上下加速度には、周波数約 1sec の振動が重量している。

24日も強風が続き、21時までほとんど 13~15Kt (76 rpm) で航行され、25日着岸の予定は26日に変更された。

しかし、23時には風がおさまりに、23Kt (110 rpm) に増速され、翌4時から 26Kt (117 rpm) で航行し、ほぼ最初の予定に近い 14時 50分東京大井コンテナ埠頭に着岸出来た。Fig. 11, Fig. 12 は 23日及び 24日の 15時における本船航行近海の気象図である。一見平凡な気圧配置のようにみえるが、それでもこのような状態になっている。なお、第20次航(前次航)の帰航時には、日本近海において小型台風に遭遇し、エンジン操作室の 300Kg ほどもある機が反対側すみまで移動するほどの大時化に会っている。このときのブリッジのクリノメータは P 31°, S 28° の横揺れの最大値を示していた。

Fig. 13 a, Fig. 13 b は往航時における Roll, Pitch, 加速度, 船速, 進路, 風向, 平均軸回転数, 両軸トルク変動値及び両軸間の出力比を示す。Roll, Pitch 及

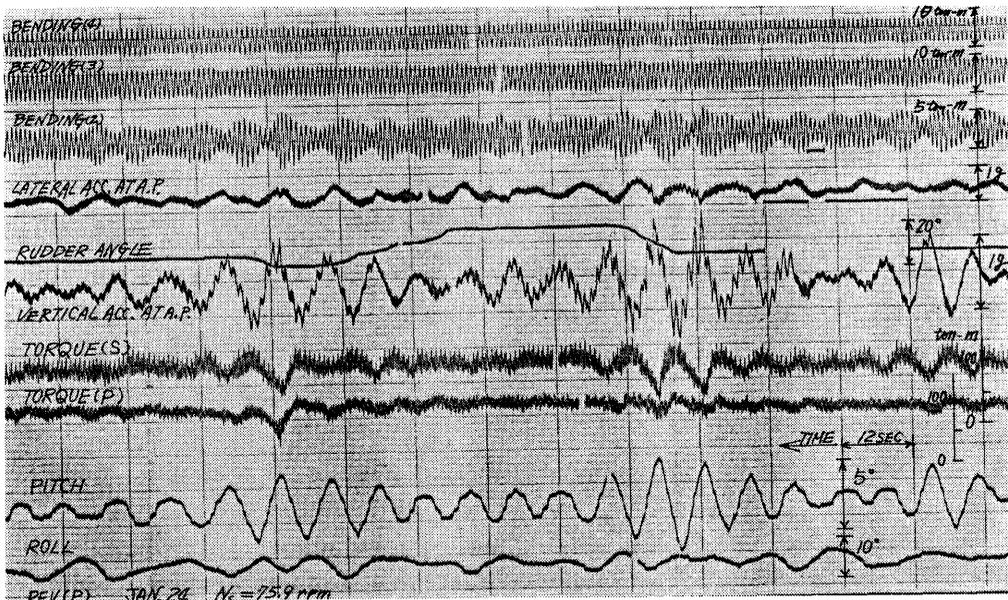


Fig. 10 a Example Record at Heavy Pitching (A)

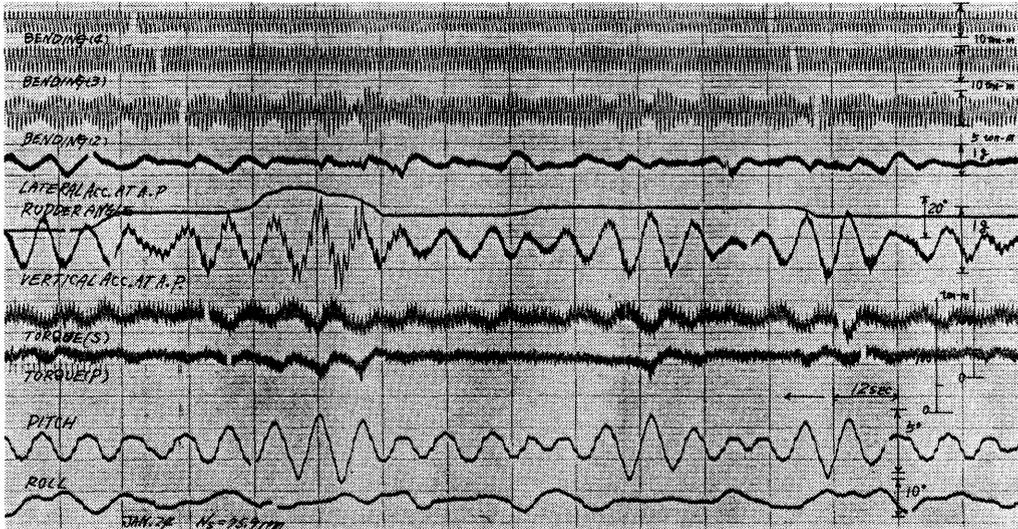


Fig. 10 a Example Record at Heavy Pitching (B)

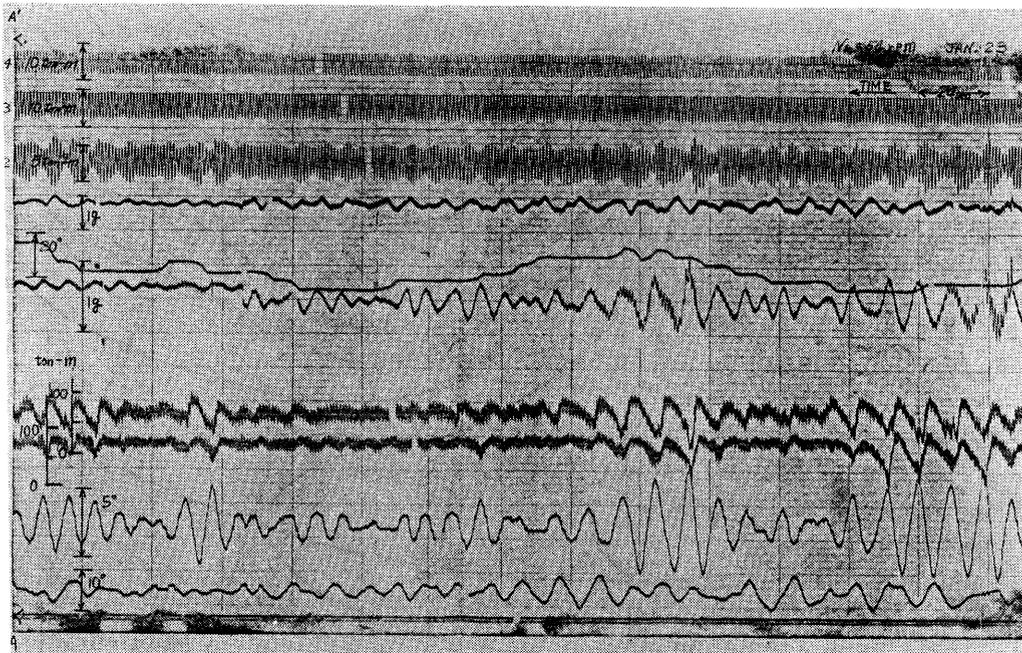


Fig. 10 b Example Record at Heavy Pitching (A)

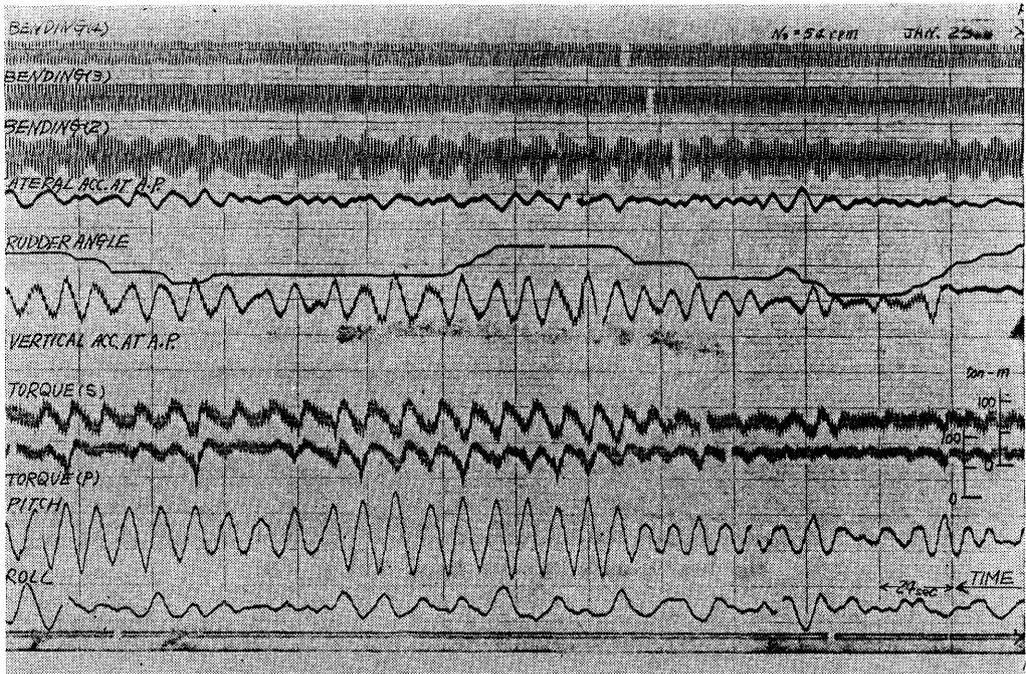


Fig. 10 b Example Record at Heavy Pitching (B)

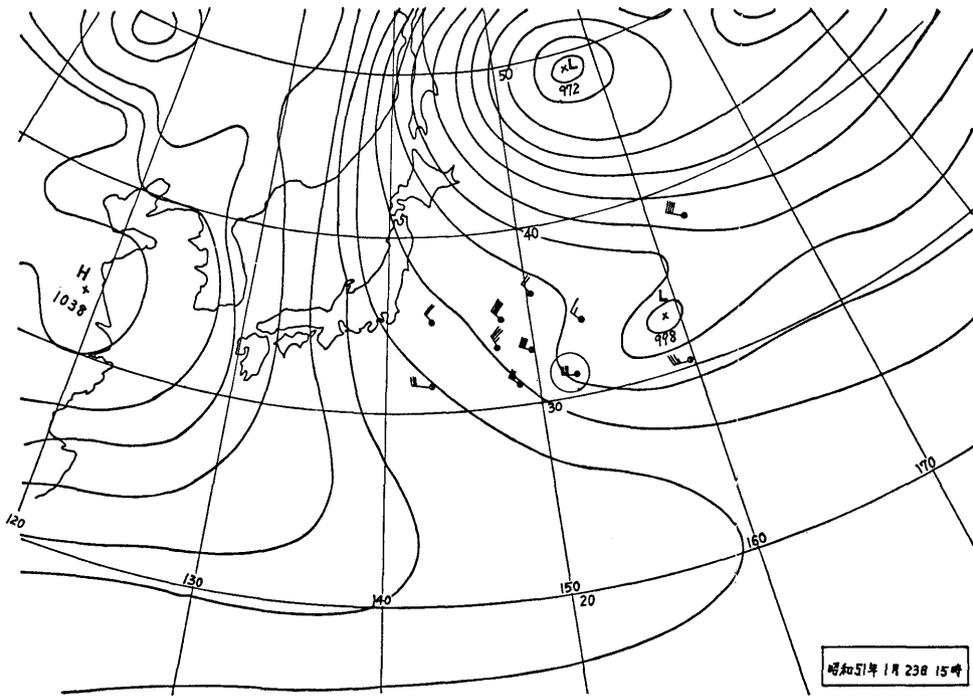


Fig. 11 Weather Chart (Jan. 23)