

(新) 敬天丸のヨーイングについて

嶋 田 起 宜*

On the Yawing of (New) KEITEN MARU

Kiyoshi SHIMADA

Abstract

On July, 1974, the faculty of fisheries, Kagoshima University built a new training ship of 854 tons and 2000 H.P. and named it the KEITEN-MARU, which replaced the old KEITEN-MARU of 300 tons and 500 H.P. The new KEITEN-MARU made its maiden voyage across the Pacific Ocean from December, 1974 to March, 1975 and set out on the second ocean navigation to the Indian Ocean from April, 1975 to July, 1975.

Between the two voyages we made investigation into the relation between the weather adjustment and direction of wind and waves and also the relation between the ship's speed (3, 7 and 12 knots) and yawing rate, while steering the ship with auto pilot.

We got the following results:

- 1) The yawing angle is little influenced by the forces outside the ship in case of the weather adjustment under the dial at 1, 2 and 3.
- 2) The yawing rate is comparatively little when the forces outside the ship come on the bow and very large when the forces outside the ship come on the stern.
- 3) The yawing rate is reduced when the ship's speed is increased and the forces outside the ship come on the bow.
- 4) The yawing rate increases very much when the ship is sailing at the half speed (7 knots) and the forces outside the ship come on the stern.
- 5) The steering error is large when the forces outside the ship are on the beam or stern 45 degree and also large when the ship's speed is slow.

緒 言

ヨーイングの発生原因について杉原¹⁾は操舵、波浪中の水の分子運動、ジャイロ的偶力、前進中の横揺れ等をあげ、またその軽減法については船尾トリムの増加、操舵速度の増加、スケグの装着、舵面積の増加、船速の増加等を述べている。ある一定の性能の下に航走中の船舶が変化の激しい外的要因を考慮し、ヨーイングの発生をおさえる事は広い意味での抵抗の増加としての航路の延長²⁾をおさえる事であり、また海上衝突予防法上の針路の保持とも関連し、ひいては安全運航にも連がる重要な事であると考え二、三の調査を実施したので報告する。

* 鹿児島大学水産学部練習船敬天丸 (Training ship Keiten Maru, Faculty of Fisheries, Kagoshima University)

調査方法

鹿児島大学水産学部では練習船(旧)敬天丸(300トン500馬力)の老朽化の為、1974年7月(新)敬天丸(854トン2000馬力)を建造し完成した。同年12月より太平洋横断の処女航海、および翌年4月からはインド洋への第二次遠洋航海を行った。その間を利用しヨーイングに関する調査を実施した。Auto Pilot に於ける天候調整の不感帯の大小と外況変化との組合せによるヨーイングの変化、また一定の波浪に対して船を八方位へ回転させ航走する事によりヨーイングの発生状況を3ノット、7ノットおよび12ノットに分けて測定した。なお便宜上波浪へ向首した場合を1番とし、順次右廻りに8番迄番号を付した。記録方法は(旧)敬天丸に於ける調査³⁾と全く同様である。即ち、コースレコーダーに直線式ポテンシオメーターを設置し、コースのずれによるペンの動きを電圧に変換しペンレコーダー上に拡大記録する。舵の動きについてはラダーヘッドに設置されたプーリーと、360°方式のポテンシオメーターとがプーリー系により連結され、これにより拡大された舵角信号は電気信号となり横河電機製の二軸式ペンレコーダー上に拡大記録となって表われる。紙送り速度は6 cm/min、1°幅4 mm であり調査時間は各々について10分間とした。なお本船の状態および装備品の種類等は Table 1. の如くであり記録中は全て自動操舵である。

Table 1. Condition of ship and equipment.

Type of ship	Stern trawler	Gyro compass	HOKUSHIN PLATH D-1
Length (L. p. p.)	55.00 m	Auto pilot	HOKUSHIN PT-7
Breadth (mld.)	11.00 m	Course recorder	HOKUSHIN
Depth (mld.)	4.70 m	Checking rudder adjust	3
Draft: Fore	2.80 m	Helm adjust	3
Aft	5.00 m		
Trim	2.20 m		
Rudder area	5.77 M ²		
Rudder area ratio	1/38		
Main engine	Diesel		
	2000 H.P.		

結果と考察

I) 天候調整とヨーイング

Auto Pilot の天候調整に関しては前畑、米沢^{4),5)}等の研究がある。天候調整の不感帯の量はそのまま保針精度に影響するから、天候に見合った出来るだけ小さい数字の目盛位置で使用するのが望ましい⁶⁾とされている。現実はこの目盛を決定するにあたってはコースレコーダー等が多少参考にされる程度で、全んど航海士の主感によって感覚的に決定されているのが現状であろう。

現在本船に装備されている Auto Pilot PT-7 型には 1 から 6 迄の天候調整目盛を有し、

数値1で約0.3°, 数値6で約10°の不感帯の角度が得られる。海面が静穏な状態に於ける場合の天候調整とヨーイングの関係は Fig. 1 の通りである。なお船速は12ノットである。

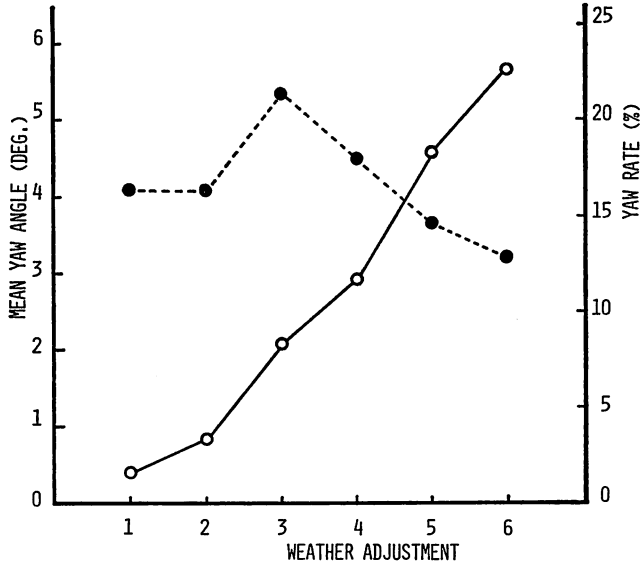


Fig. 1. Relation between mean yaw angle and yaw rate under smooth sea
 ●---● yaw rate ○—○ Mean yaw angle

問題は保針であるからヨーイング角が小さい程良好であり、なおかつヨーイングの繰返しも少ない程良い訳である。操舵回数の増加は舵機の酷使にもつながり極力おさえなければならない事柄である。この条件に最も適するのは目盛1であり、数値が大きくなる程不適となる事は論を俟たない。目盛3に於いては最もヨーイングが激しく他の目盛に比べ忙しく繰返すにもかかわらずヨーイング角は増加の傾向を示した。この事は天候調整の不感帯角度と舵角調整および当舵調整の組合せに於ける船首のコースからの偏角と舵の作動速度との調整不良と考えられる。舵角調整については0.5°~3°を等比率で6段階選択出来る様になっており、通常は目盛3に設定している。当舵調整についても同様に目盛3に設定している。風力や波浪等を無視出来ない状況における結果は次の如くであった。

Table 2 は風力や波浪の状態と船首方位との関係等を示したものである。これらの状況に

Table 2. Relation between Sea Condition and ship's head.

	Wind force (m/sec)	Sea Condition			Ship's head & Wind direction
		Wave	Swell		
			Hight (m) 2	Freq. (sec) 7	
A	4	Very Smooth Sea			from Bow
B	11	Moderate	2	5	from Bow
C	7	Slight	2	8	from Stern
D	7	Slight	1.5	5	from Port beam

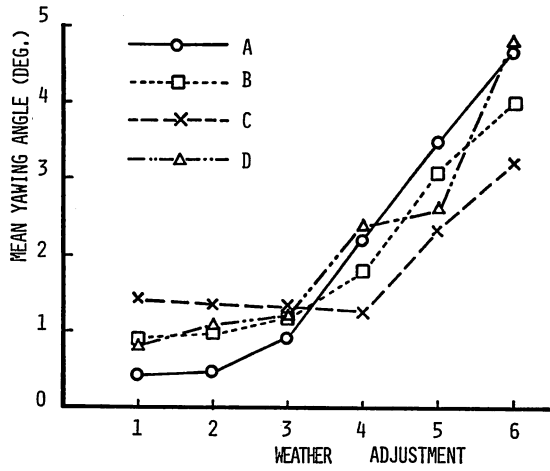


Fig. 2. (A) Relation between Mean yaw angle and Weather adjustment.

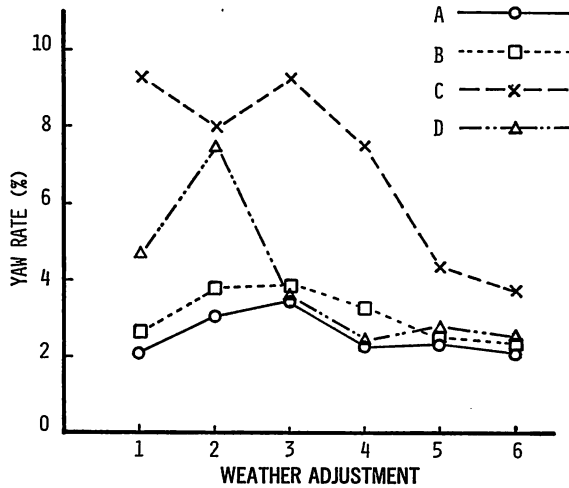


Fig. 2. (B) Relation between yaw rate and Weather adjustment.

において発生した平均ヨーイング角およびヨーイングの発生率は Fig. 2 (A) および (B) に示す。

まず Table 2 (A) を見ると、C 即ち船尾から影響を受けた場合を除き、全て目盛 1 で小さく順次増大の傾向をたどる。特に目盛 4 以後の増加は急激である。これは不感帯角度は前の目盛の約 2 倍になっており目盛 3 で大約 1° であるがそれ以後は角度の開きが大きく変化する事が原因である。C の場合は目盛 1 より漸次減少し 4 で 1 番小さくその後の増加は急激である。一方ヨーイングの発生率は船首方向からの外乱の影響には目盛 2 と 3 で多少増加するもの大した変化は認められない。船尾から影響を受けた場合の発生率は他のいづれから影響を受けた場合よりも非常に頻繁である。D、即ち正横から影響を受けた場合には船首から

と船尾からの場合の中間にある。

これらの結果から多少の波やうねりが存在しても天候調整目盛 1 程度が良好の様である。特に船首からの風力、波浪等に対して有効の様であり、あまり不感帯角度を上げるべきでないと考える。船尾から外乱の影響がある場合には目盛を 4 程度に稍々大きく設定した方が効果的であり、正横からの場合にはその中間の目盛 3 で良好の様である。これらの事は船体が波頂や波底に留まる時間の長短と、水の分子の運動とに関係を有するのは当然である。Fig. 2 (B) に於ける C の場合の目盛 3、および D の場合の目盛 2 の動きについては Fig. 1 の目盛 3 と同様の事が云えるのではなからうか。

II) 船速とヨーイング

船速を 3 ノット、7 ノット、および 12 ノットに変化させ、かつ波浪等に対して八方位に向けた場合に於けるヨーイングの発生率を調査した。各方位に向って航走した時間は 10 分間であり波浪に対して向首した場合を 1 とし、右廻りに順次 8 番迄番号を付した。外況は東よりの風、風力 8m, Slight sea でうねり高さ約 1m、周期約 5 秒である。結果を Fig. 3 に示す。

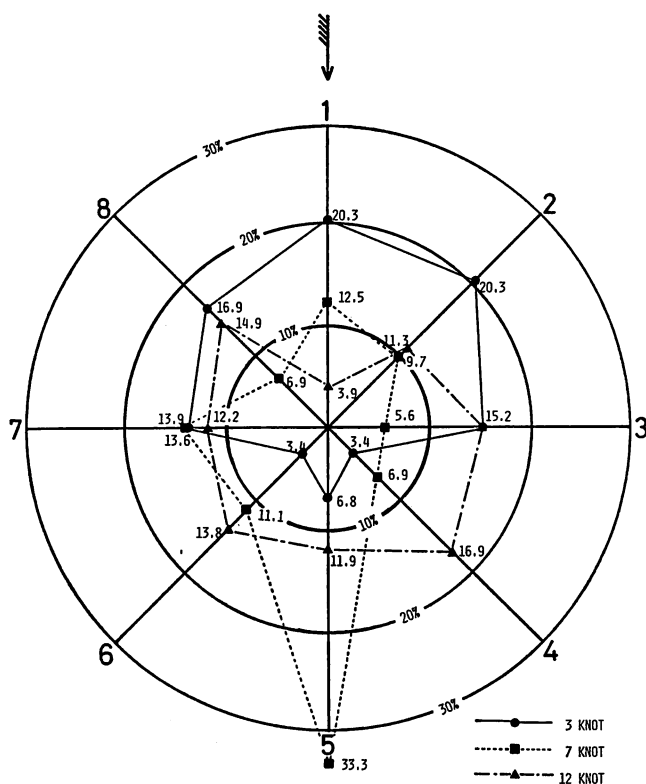


Fig. 3. Relation between yaw rate and the direction of ship's head.

船速が 3 ノットと極めて低速の場合には、1 を中心に右へ 3 迄、また左へ 7 迄、即ち正船

首から左右舷正横迄に於いてヨーイングが激しく、14%から20%の発生率となり風浪の進行方向と船の船首尾線との交差角度が小角度である程発生率が激しい現象を示した。風浪が船尾方向へ廻ると急激に発生率が低下し3%から7%程度に降下した。

船速が7ノットと中速になると、低速時に比較して船の前面からの風浪の影響に対して発生率が低下し、逆に船尾からの風浪に対して発生率が増加した。正船尾からの影響による発生率は特に著しく33%にも達する結果となった。左右舷正横からの波浪の影響に於けるヨーイングの発生率の相違を旧敬天丸(約8ノット)の調査と比較した場合、逆の結果となり、また正船首および正船尾からの影響の場合については、同様の傾向ではあるが発生率の差に著しい相異が発生した。この事が偶然的発生であるものか、または本船固有の特徴であるものかは再調査の必要があろう。

12ノットと比較的高速になると、正船首からの風浪の影響を受ける場合がヨーイングの発生率は一番低く、その他の場合には最高17%から最低11%程度であり大きな発生率の差は認められない。

舵効は流速の2乗に比例し、波の峯と谷とでは水の粒子の回転運動による流速の変化が舵効へ影響し、船首からの波浪の影響と船尾からの影響については全く逆の効果となり、また回頭偶力も水粒子の運動により波の峯と谷とでは逆作用となる事は良く知られている所であり、正横方向からの波浪の影響によるヨーイングの発生率が高いと思われる。今回の場合も正横からの影響による場合は一般的に発生率が高い、しかし状況によってはより高い発生率を惹起した方位も存在した。

III) 操舵誤差

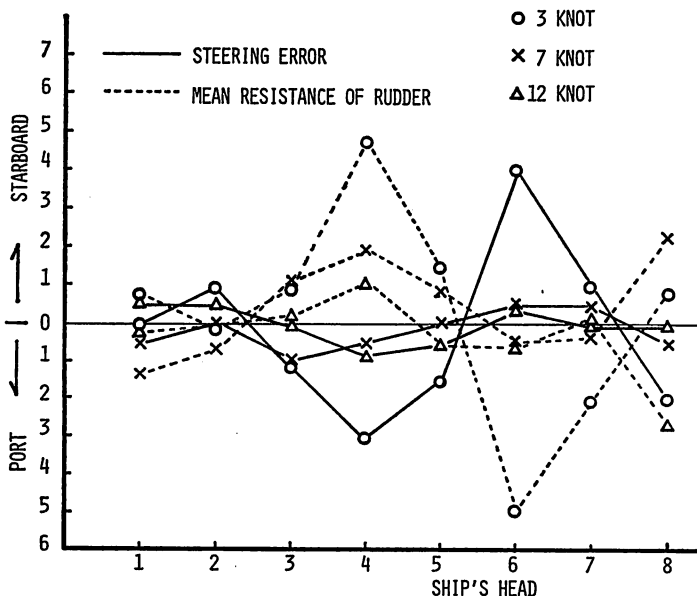


Fig. 4. Relation between the steering error and the Mean resistance of rudder.

船速3ノット、7ノットおよび12ノットの状態に於ける基準針路からの平均的な航跡のずれと、それに対する平均抵舵とを Fig. 4 に示す。

操舵誤差および平均抵舵ともに、船速が遅いと基準針路よりの偏位が大きく、船速が増加するに従い基準針路に沿う様になる。

この事は船速の相異に起因する舵効の優劣の表われであろう。4および6の方向、即ち左右舷船尾45°からの風浪の影響ある場合はいずれの船速の状態に於いても船尾を風浪に落される傾向があり、特に低速時に於いてその傾向が強く操船時に注意を要する。

要 約

(旧)練習船敬天丸(300トン500馬力)の老朽化の為(新)敬天丸(854トン2000馬力)を建造し1974年7月完成した。同年12月より翌年3月迄の太平洋横断の処女航海、および1975年4月から7月迄のインド洋への第二次航海の途中を利用して自動操舵中における天候調整と波浪の方向によるヨーイングの発生率、および船速とヨーイングの関係等に関して調査を行い次の結果を得た。

1) 天候調整目盛、1、2および3では外乱の影響が多少変化しても余りヨーイング角に変化は認められなかった。

2) 外乱の影響が船首からの場合にはヨーイングは比較的少く、船尾からの影響に対しては非常に多くなる。

3) 船速が増加するに従い船首からの外乱の影響によるヨーイング率は減少する。

4) 船尾から外乱の影響を受けると中速(約7ノット程度)でヨーイングの増加が著るしい。

5) 操舵誤差は正横および船尾45°から外乱の影響を受けた場合が大きくなる。特に低速時に著るしい。

終りに本調査を進めるにあたり資料収集に御便宜を賜った辺見富雄船長をはじめ御協力を載いた鶴留松穂一等航海士、湯脇泰隆二等航海士その他乗組員各位にお礼申し上げる。

参 考 文 献

- 1) 杉原喜義(1967):理論運用学(船体運動編)。
- 2) 小山健夫(1967):外洋航行中の船の最適自動操舵系に関する研究, 造船協会論文集, 122, 18-35.
- 3) 嶋田起宜(1974):風浪によるヨーイングの発生と船体の偏流について, 本誌, 23, 172-176.
- 4) 前畑幸弥(1965):天候調整等の自動操舵に及ぼす影響について, 日本航海学会誌, 33, 25-34.
- 5) 前畑幸弥・米沢弓雄(1967):オートパイロットにおける天候調整の改善, 日本航海学会誌, 37, 1-7.
- 6) 北辰オートパイロット PT-7型シリーズ取扱説明書(1973):北辰電機製作所。