

漁業練習船かごしま丸・敬天丸・南星丸の 操縦性能について

狩 俣 忠 男*

On the Maneuverabilities of Training Ship "Kagoshima maru", "Keiten maru" and "Nansei maru"

Tadao KARIMATA*

Abstract

Determination of wide range maneuverability is required for fishing vessels, research vessels or like, since, the vessels along with normal navigations, are steered at slow speeds or large rudder angle for many hours very often.

Detailed measurements of maneuverabilities through Zig-zag tests are herein reported and reviewed on Kagoshima-maru (G. T. 1,038.14 ton), Keiten-maru (G. T. 854.55 ton) and Nansei-maru (G. T. 75.14 ton).

As to the testing conditions of Kagoshima-maru and Keiten-maru, displacement tonnage of each was nearly 1,400 ton; block co-efficient (C_b) and rudder area ratio ($A_R/L \cdot d$) which greatly influence the maneuverability were also almost the same fore both vessels. However, Keiten-maru showed considerably different performances from the other, such as larger maneuverability indices K' and T' ; more excessive sensitiveness to changing rudder angle, for example. Above differences are considered to be greatly effected by the different hull form factors like L/B .

As for Nansei-maru, the smallest among the three vessels, values of L/B or B/d were accordingly small, still we could obtain rather good results of turning ability, quick responsibility and stability in steering by making rudder area and dead-wood greater.

Since performance data of smaller vessels obtained through usual Zig-zag tests at $10^\circ Z$ shows big dispersion, $15^\circ Z$ or $20^\circ Z$ shall be recommended for the tests on those smaller vessels.

1. は し が き

船舶の操縦性能は旋回性と進路安定性とに分けて考えられ、これらは運動状態によって大幅に変化することが知られているが、一般には通常の航行状態について論ぜられる。

しかし、漁船が漁場で操業する場合などは低速で航行し、大角度の転舵を頻繁にくり返し行なう場合が多い。従って、これらの船ではこのような状態を含め幅広く操縦性能について特徴を把握しておく必要がある。

* 鹿児島大学水産学部漁船運用学研究室 (Laboratory of Fishing Vessel Seamanship, Faculty of Fisheries, Kagoshima University)

本報告書は、鹿児島大学水産学部の漁業練習船かごしま丸（総トン数1,038.14トン）、敬天丸（総トン数854.55トン）および南星丸（総トン数75.14トン）の3船の操縦性能について測定し検討したものである。

2. 実験方法

操縦性能試験は実船によりZ試験¹⁾²⁾を実施した。Z試験は操縦運動を1次系近似の考えに基づいて解析する方法で、非線型性を十分表現できない欠点もあるがデータの処理が比較的簡単であり、平均的性質を知る上で有効である。

かごしま丸、敬天丸、南星丸の主要目および本実験中のコンディションを Table 1 に示す。

Table 1. Principal particulars and Conditions of "KAGOSHIMA MARU", "KEITEN MARU" and "NANSEI MARU".

Item	KAGOSHIMA MARU	KEITEN MARU	NANSEI MARU
Length over all	66.05m	61.90m	25.30m
Length b. p.	59.60m	55.00m	20.70m
Breadth (mld.)	10.80m	11.00m	5.70m
Depth (mld.)	5.40m	4.70m	2.55m
Gross Tonnage	1,038.14 t	854.55 t	75.14 t
Main Engine	1,700 ps.	2,000 ps	400 ps.
Draft: Fore	2.84m	2.83m	1.65m
After	4.57m	4.80m	2.97m
Mean	3.705m	3.815m	2.31m
Trim	1.73m (2.9%)	1.97m (3.58%)	1.32m (6.83%)
Displacement Tonnage	1,425.00 t	1,415.00 t	153.00 t
Block co-efficient (C_b)	0.75	0.58	0.63
Propeller:			
Type	F P P	C P P	C P P
Diameter	2,700 mm	2,500 mm	1,600 mm
Pitch	1,894 mm	1,750 mm	640 mm
Pitch ratio	0.7	0.7	0.4
Developed area ratio	0.472	0.520	0.416
Number of blade	4	4	3
Direction of rotation (View from stern)	Right	Right	Left
Rudder:			
Area	6.048 m ²	5.770 m ²	1.980 m ²
Rudder area ratio ($A_R/L \cdot d_m$)	1/36.5	1/36.4	1/24.2
Aspect ratio	1.640	1.171	1.636
Thickness (t)	0.350	0.400	0.180
t/B	0.182	0.180	0.164
L/B	5.52	5.00	3.63
B/d	2.91	2.88	2.46
$\rho/L^2 \cdot d$	0.1056	0.1196	0.1508

実験は速度および舵角を種々変えて実施した。すなわち、直進中の速度（初速）をかごしま丸と敬天丸では 12 kt., 10 kt., 8 kt., 6 kt., 4 kt. の 5 段階、南星丸では 9 kt., 8 kt., 7 kt., 丸と敬天丸では 12 kt., 10 kt., 8 kt., 6 kt., 4 kt. の 5 段階、南星丸では 9 kt., 8 kt., 7 kt., 6 kt., 4 kt., 2 kt. の 6 段階とし、かごしま丸は固定ピッチプロペラ船であるから主機回転数により、敬天丸と南星丸は可変ピッチプロペラ船であるから主機回転数一定とし、プロペラ翼

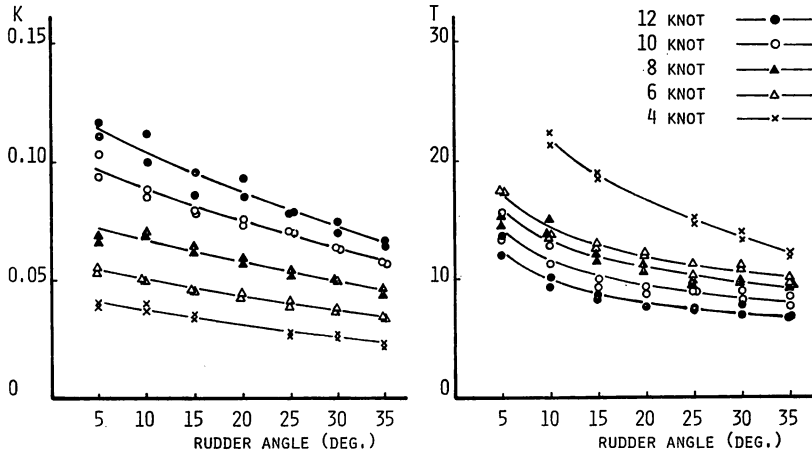


Fig. 1-(a) Relation between K or T and rudder angle on Kagoshima-maru.

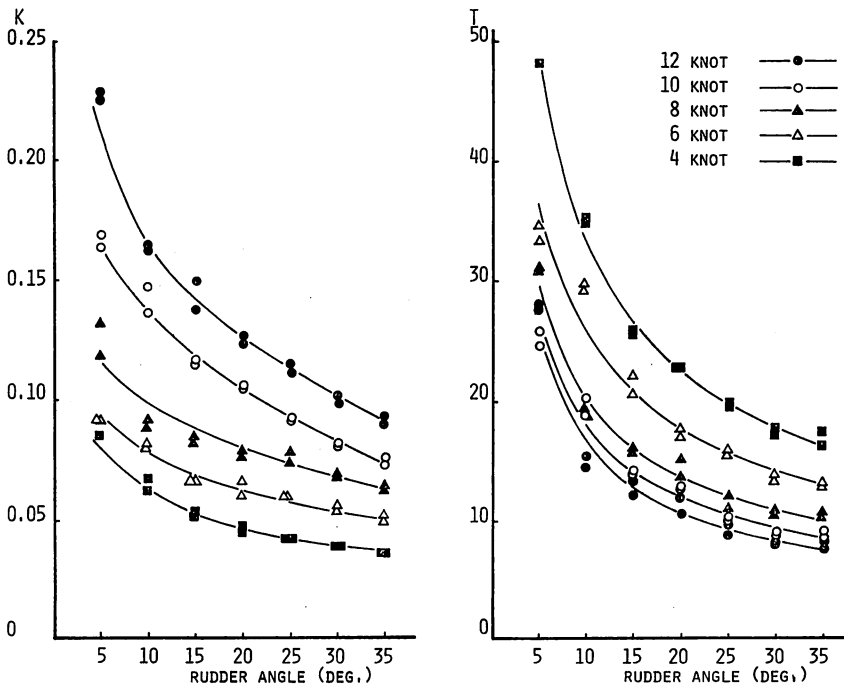


Fig. 1-(b) Relation between K or T and rudder angle on Keiten-maru.

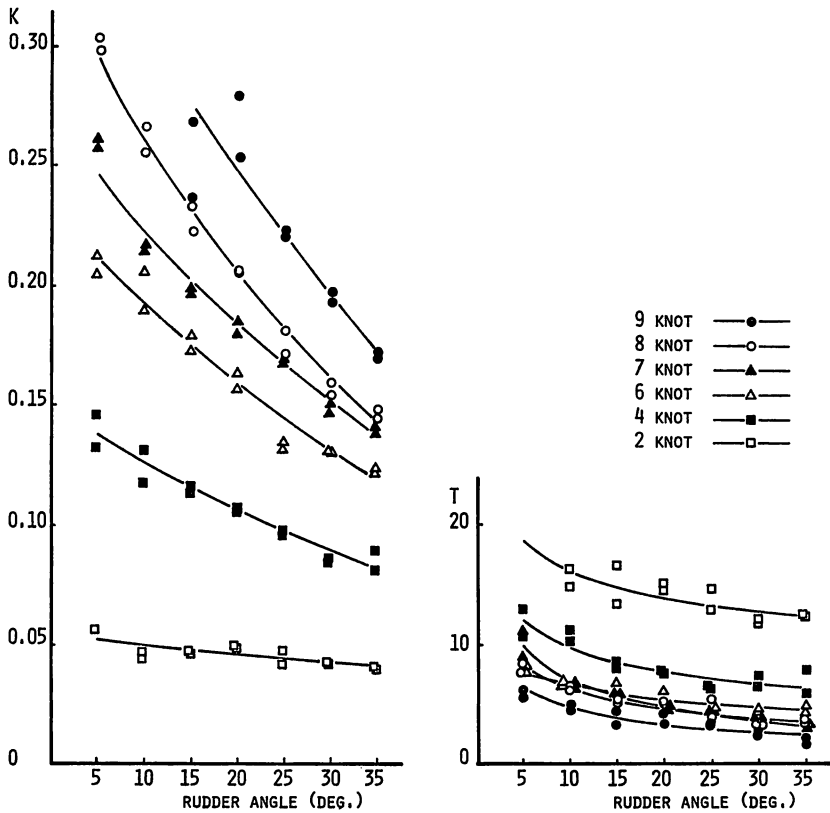


Fig. 1-(c) Relation between K or T and rudder angle on Nansei-maru.

角の変節により速度を整定した。また、舵角は各速度ごとに 5°Z, 10°Z, 15°Z, 20°Z, 25°Z, 30°Z, 35°Z について各2回(右Z, 左Z)づつ実施した。

実験海域は、かごしま丸と南星丸は鹿児島湾奥部において昭和53年8月に実施した。同海域は広さ、水深共に十分であり、周囲を陸岸で囲まれているため波浪やウネリもなく、風速0~2m/sの好条件に恵まれ、外力の影響はほとんどない。敬天丸は串木野沖において昭和53年9月に実施した。同海域も好天に恵まれて海上平穏であったが、風速は2~4m/sあり、多少風の影響があるかもしれないが測定値に大きなばらつきは見られない。なお、Z試験中の風や波などの外力により、測定値にどのような影響を及ぼすか、あるいはその限度等については明らかでないので今後の問題として検討してみたい。

3. 結果および考察

Fig. 1 はZ試験により得た3船の操縦性指数 K, T 解析の結果と舵角との関係を示したものであり、Fig. 2 は K, T について速度の影響を見るための横軸にフルード数を取り、プロットしたものである。

Kは速度に比例して大きくなり、舵角による K の変化も高速になる程大きい。かごしま丸は

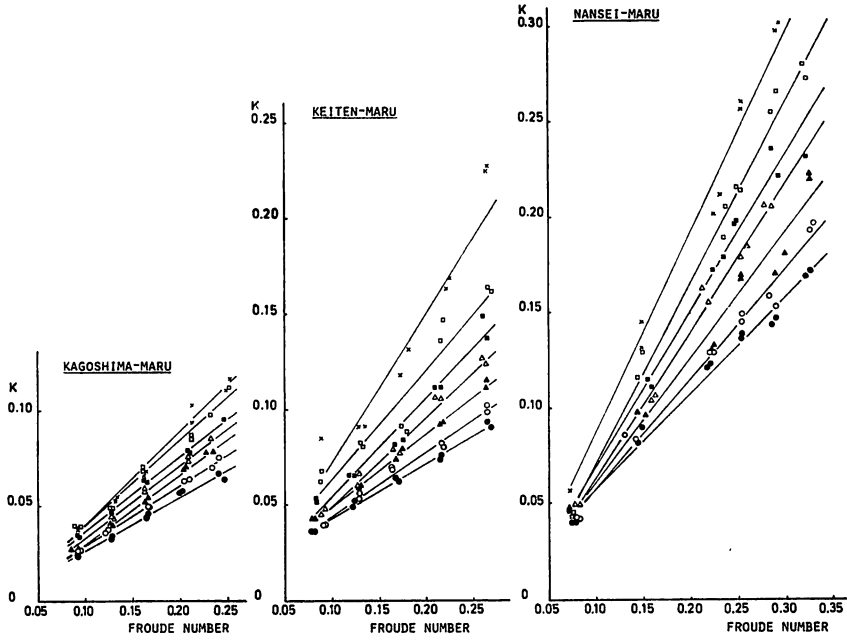


Fig. 2-(a) Relation between K and froude number.

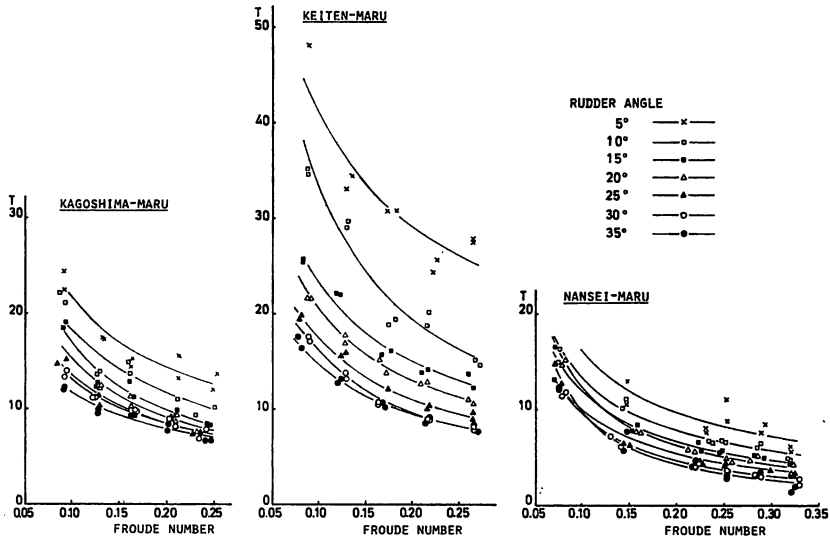


Fig. 2-(b) Relation between T and froude number.

K, T共に小さく、敬天丸では K, T共に大きく、南星丸ではKが大きくTが小さいという特徴を示している。

Tは3船ともフルード数0.15以上では、フルード数が大きくなるに従い僅かに小さくなる

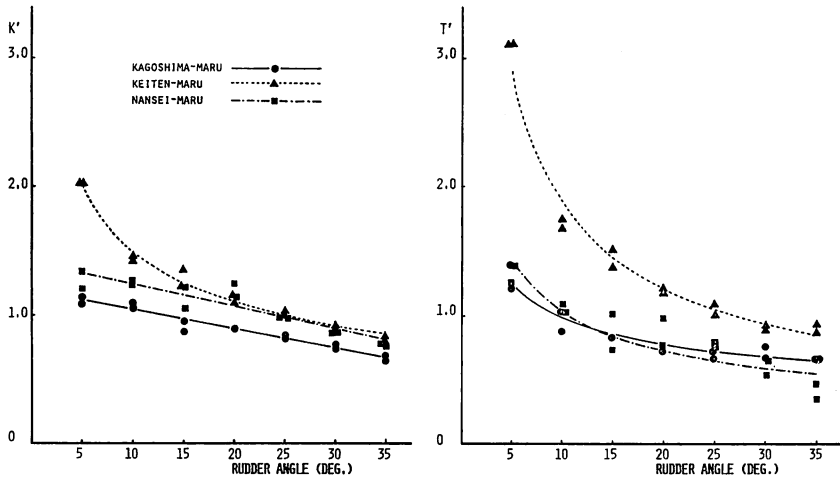


Fig. 3 Relation between K' or T' and rudder angle.

がほとんど平坦である。しかし、大略0.1以下になるとTは急に大きくなり針路安定性が悪くなる。

小瀬, 金, 小林⁵⁾によれば, Z試験は運動の非線性と操舵量の違いに基づく運動の周波数域の相違の相乗した結果として進路安定性を大変強調してK, Tの変化で表現するのでZ試験を進路安定性の判別法として使用すると大変有効であるという。このことから見ればかごしま丸, 南星丸は進路安定性が優れているが敬天丸は低速, 小舵角において多少問題があると考えられるのでスパイラルテスト等を実施してみたい。

Fig. 3 は比較のためにK, Tを無次元化してK', T'としたものである。

3船とも積荷等による喫水の変化は少なく, 舵面積比は比較的大きいのでK', T'共に良好である。3船の特徴としては, かごしま丸は進路安定性に優れ, 敬天丸は旋回性がよい。南星丸では旋回性は敬天丸とほぼ等しく良好で, 且つ, 進路安定性はかごしま丸と同程度に良好である。

かごしま丸と敬天丸において船体要目および実験時のコンディションが大略等しいことは性能を比較する上で興味ある点である。すなわち, Table 1 に示す通り排水トン数は共に約1,400トンであり, 方形係数(C_b), 舵面積比(A_R/L・d_m), 幅と深さの比(B/d_m)など操縦性能に大きな影響をもつ項目がほとんど同じ値を示している。

しかし, 長さ幅比(L/B)はかごしま丸の5.52に対し敬天丸は5.00であり, 肥大度を $\rho/L^2 \cdot d_m$ で表わすと0.1056と0.1196で, 敬天丸がかごしま丸よりも肥大船型である。その結果K'は約10%, T'は約20%かごしま丸より大きい値となり, 5°Zの小舵角Z試験ではK', T'は共にかごしま丸の約2倍に達している。

小舵角Z試験におけるK', T'の急増の原因としては船尾附近の形状と舵のアスペクト比が考えられる。

船尾附近の形状は, かごしま丸はサイドトロール式であってクルーザースターンのすっきりした形であるのに対し, 敬天丸は船尾トロール式であるためカウンターが長く張り出し肥大し

ている。

舵のアスペクト比はかごしま丸 1.640 に対し敬天丸は 1.171 で小舵角において舵効が小さく進路安定性を悪くしている原因となっていると考えられる。

この種船尾式トロール船では、船尾形状の影響により、舵面積比は希望する大きさにすることができても高さを十分とることができず、従って、小さいアスペクト比となるものが多いが、注意を要する。

南星丸は 3 船の中で最も小型であり、従って、 L/B , B/d_m も小さい。 L/B , B/d_m が小さい場合は、一般に K' , T' は相伴って上昇するが南星丸では舵面積比を $1/24$ と大きくすることによって T' を小さくし、 K' も大きくなっている。更に、大きな Dead Wood, イニシャルトリムとして大きな船尾トリムを持つことが針路安定に好結果をもたらしている。

Fig. 4 に K' と T' の相関関係を示す。

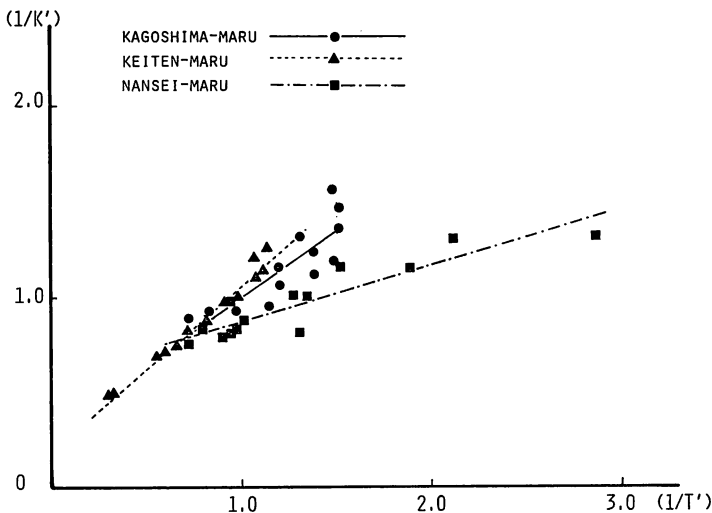


Fig. 4 Relation between turning ability (K') and stability in steering (T').

Note; Kagoshima-maru: $(1/K') = 0.703(1/T') + 0.290$
 Keiten-maru: $(1/K') = 0.868(1/T') + 0.192$
 Nansei-maru: $(1/K') = 0.288(1/T') + 0.587$

旋回性と進路安定性は普通相反する性質で、旋回性を良くすれば進路安定性は悪くなり、進路安定性を良くすれば旋回性は悪くなる。舵面積が一定であれば大体一直線となり、舵面積を大きくすれば直線の傾斜が大きくなる。

図では K' , T' の逆数を取り $1/K'$, $1/T'$ としているから $1/K'$ は小さい程旋回性が良く、 $1/T'$ は大きい程進路安定性が良い。

かごしま丸は敬天丸より傾斜が僅かに小さく、且つ、右に寄っているのが良好である。南星丸は傾斜が小さく $1/T'$ が大きくなっても $1/K'$ はあまり大きくならないという優れた性能であることを示している。

4. む す び

漁業練習船かごしま丸, 敬天丸, 南星丸について速度および舵角を種々変えてZ試験により操縦性能を測定した。

かごしま丸と敬天丸は排水トン数, C_b , $A_R/L \cdot d_m$, B/d_m などがほとんど等しいが, 敬天丸は L/B が小さいため K' は約 10%, T' は約 20% かごしま丸より大きい。更に, 低速, 小舵角において進路安定性が悪くなるのは船尾の形状と舵のアスペクト比に関係があると思われる。

南星丸は小型船であるため L/B , B/d_m が小さく, C_b は大きいが舵面積や Dead Wood を大きくすることにより旋回性, 進路安定性共に良い値を示している。

フルード数 0.1 以下では 3 船とも進路安定性が悪くなる。

一般に Z 試験は $10^\circ Z$ で行なわれるが, 小型船ではデーターにばらつきが大きいので $15^\circ Z$ または $20^\circ Z$ が適当と思われる。

最後に, 本実験を行なうに当り御協力を頂いたかごしま丸植田総一船長外乗組員各位, 敬天丸辺見富雄船長外乗組員各位, 並びに, 南星丸柿本亮船長外乗組員各位に対し, 深甚なる謝意を表す。

文 献

- 1) 野本謙作・田口賢士・本田啓之輔・平野 進 (1956): 船の操縦性に就いて (1). 造船協会論文集, 99, 75-82.
- 2) 野本謙作・田口賢士 (1957): 船の操縦性に就いて (2). 造船協会論文集, 101, 57-66.
- 3) 志波久光・水野時雄・富田哲治郎・江口治三 (1959): 模型船による最適舵面積の研究. 造船協会論文集, 105, 71-82.
- 4) 野本謙作 (1964): 船の操縦性. 造船協会誌, 424, 794-808.
- 5) 小瀬邦治・金 鐘三・小林弘明 (1973): 回頭角速度 Z 試験法とその実船および自航模型船への適用. 関西造船協会誌, 149, 91-99.