

## 練習船耕洋丸 (2,000GT型) の操縦性能について— II

## Skewed Propeller 装備後の操縦性能

濱口正人\*<sup>1</sup>・高島末夫\*<sup>1</sup>・田渕清春\*<sup>2</sup>・下川伸也\*<sup>1</sup>・本村紘治郎\*<sup>3</sup>On the Maneuverability of Training Ship "KOYO-MARU" (2,000GT size)- II  
Maneuverability after the Replacement by a Skewed PropellerMasato Hamaguchi\*<sup>1</sup>, Suelo Takashima\*<sup>1</sup>, Kiyoharu Tabuchi\*<sup>2</sup>,  
Shin-ya Shimokawa\*<sup>1</sup>, and Kojiro Motomura\*<sup>3</sup>

There are some ships with efficient propellers, such as Skewed (SP) and Highly Skewed (HSP) ones. One of them is of the Conventional type (CP). Although many papers dealt with analysis of ships' vibration and noise after changing propellers, little is referred to the maneuvering efficiency. We previously reported on the maneuverability of the KOYO-MARU with CP. As the CP of this ship was recently replaced by the SP, we carried out a series of field tests of turning and zigzag maneuver, in order to compare the maneuverability before and after the renewal of propeller. The results obtained are as follows:

- (1) In examining the steady turning ability and yaw quick responsibility while the ship is turning left, the ship with SP is superior to that with CP.
- (2) The correlation between maneuverability indexes  $T$  and  $K$  was obtained from the results of turning and zigzag maneuver tests of the ship with SP, as shown in Fig. 9.
- (3) The simulation of trapezoid maneuvering by introducing another indexes  $Tz$  and  $Kz$  made clear mutual relations of horizontal deviation, vertical deviation, period of taking a fixed rudder angle, and heading angle. Graphical application was shown in Figs. 12 and 13. They are useful for ships steering in inner harbor and keeping off other ships, and operating fishery.

## 1 緒 言

本校練習船耕洋丸の推進器翼は昭和62年6月、通常の

Controllable Pitch Propeller (以下CPと記す)から Skewed Controllable Pitch Propeller (以下SPと記す)に換装された。

水産大学校研究業績 第1355号, 1991年5月13日受付.

Contribution from Shimonoseki University of Fisheries, No. 1355. Received May 13, 1991.

\*<sup>1</sup> 水産大学校漁業学科運用学講座 (Laboratory of Seamanship, Department of Fishery Science and Technology, Shimonoseki University of Fisheries).

\*<sup>2</sup> 水産大学校練習船耕洋丸 (Training Ship Koyo-Mar, Shimonoseki University of Fisheries).

\*<sup>3</sup> 水産大学校練習船天鷹丸 (Training Ship Tenyo-Mar, Shimonoseki University of Fisheries).

SPは翼のスキュー(そり)を大きくしたプロペラであり、スキューを大きくすることによって、翼が high wake zone を通過する時間を半径位置でずらせて、プロペラ起振力を減少させることができる。これは船体の振動や船内の騒音の軽減等に効果的であり、高出力の高速コンテナ船、構造上船体隔壁が少ない自動車運搬船等には Highly Skewed Propeller (以下HSPと記す)が、低速船についてはSPが数多く採用されている。

しかし、HSPやSP装備船の操縦性能についての報告は少なく、特に同一船の推進器をCPからHSPやSPに換えた場合の操縦性能の変化を、実船実験の結果より検討した例はないようである。前に、著者らはCP装備の耕洋丸で実験を行い、その操縦性能について報告した<sup>1)</sup>。今回、SPを装備した耕洋丸の旋回試験とZ試験を系統的に行いSP装備後の操縦性能を調べ、その結果とCP装備時の操縦性能と比較した。さらに、今回の実験結果を総合して避航時や操業時の操船方法について考察した。

## 2 供試船及び実験方法

供試船は本校練習船耕洋丸で、主要目及び線図は前報と同じであるからここでは省略する。前報と比較しやすいように前後喫水、トリム、排水量等前報の実験条件とほぼ同じ状態で実験を行った。実験時の状態をTable 1に示す。SP及びCPの主要目をTable 2に、それらの翼投影形状をFig. 1に示す。実験は富山市の北東方約60海里沖の水深十分な日本海の海域で、昭和62年8月4日に行われた。

Table 2. Main dimensions of the propellers, SP and CP

	S P	C P
Number of Blades	4	
Diameter	3200 mm	
Pitch Ratio	0.75	0.60
Expanded Area Ratio	0.536	
Boss Ratio	0.322	
Skew Back	40.0 deg	—
Rake Angle	0 deg	
Weight	2064 kg	2140 kg
Material	A1BC3 (Ni-A1 Bronze)	

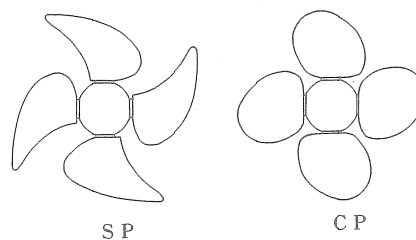


Fig. 1. Projected shapes of propellers.

Notes SP: Skewed controllable pitch propeller

CP: Conventional controllable pitch propeller

Table 1. Principal dimensions and experimental conditions

Item	Experimental conditions	
	Present test	Previous test
<i>Loa</i> (m)	81.40	
<i>Lpp</i> (m)	72.20	
<i>B</i> (m)	13.00	
<i>D</i> (m)	8.40	
<i>df</i> (m)	5.17	5.05
<i>da</i> (m)	5.97	6.07
Trim (m)	0.80 (1.11%) aft	1.02 (1.41%) aft
<i>W</i> (ton)	2,885.0	2,890.0
<i>Cb</i>	0.559	0.562
<i>Cp</i>	0.631	0.653
Rudder area ratio	1/44.2	1/44.1

実験当日の天候は曇および小雨, 風向は実験中ESE, 風速は3.0~4.5m/secであった。海面にはウネリはなく, 海況(気象庁風浪階級表)は2で, 波高は20~30cmであった。

舵角を各舷5°, 10°, 15°, 20°, 25°, 30°の6段階, 船速を微速(145rpm, 翼角10°), 半速(145rpm, 翼角15°), 全速(170rpm, 翼角19°)の3段階に設定して, 各組合わせ毎に旋回試験, Z試験を行った。船首方位をディレクショナル・ジャイロ(東京航空計器製DG-31型)と, ジャイロ・コンパス(東京計器製TG-100型)より, また, 船速をドップラー・ログ(フルン製CI-30型)と電磁ログ(北辰電気製作所製EML-12型)より計測し, これらの信号をデータレコーダ(共和電業製RTP-610A)に収録した。旋回試験では入力信号を回頭角が約400°にわたるまで記録させ, この間のデータを5秒間隔でA/D変換し計算に用いた。これらのデータの中, 前報の結果と比較するため, 船首方位はディレクショナル・ジャイロの値を, また, 船速は電磁ログの値を使用して旋回軌跡を得た。Z試験では舵角指示器からの舵角とディレクショナル・ジャイロによる船首方位をラベット(共和電業製PMS-11型電磁オシログラフ)に記録し, これらの読取値を使用して未定係数法により操縦性指数 $T \cdot K$ を算出した。なお, 操縦性指数 $T \cdot K$ は, 旋回試験から算出した指数を $T_t, K_t$ とし, Z試験から算出した指数を $T_z, K_z$ とする。

### 3 結果及び考察

#### 3.1 旋回試験

##### 3.1.1 旋回中の速力低下, 旋回軌跡および旋回力

直進中の速力( $V_a$ )に対する旋回中の速力( $V_b$ )の低下率( $V_b/V_a$ )と舵角( $\delta$ )の関係をFig. 2に示す。CPの場合は船速が全速のみで行われたので, SPの全速の場合と比較してみる。舵角30°ではCPの場合の $V_b$ は $V_a$ の63%であった。SPの場合の速力低下は3段階の速力で55~63%となり, 特に全速の場合は55%まで低下した。定常旋回中の船速は直進中の船速に対し, ほぼ一定の速力低下率になるという例もあるが, 今回の実験では特に右舵角10°で約24%の開きがあり, また, 左右の旋回方向による低下率では約18%の開きがあった。

定常旋回中の旋回角速度を無次元化した値( $L/R$ )と舵角( $\delta$ )との関係をFig. 3に示す。船速の変化による同じ舵角の $L/R$ 値には殆んど差はなく, 舵角が同じであれば定常旋回中の船速と角速度の比は変わらないことがわかる。

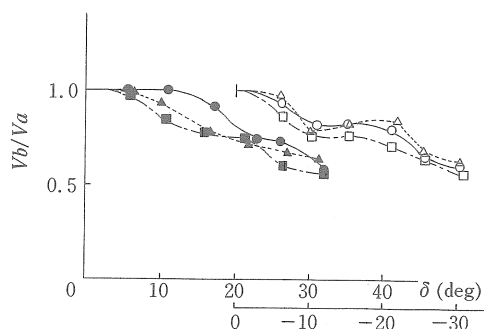


Fig. 2. Changes of speed reduction ratio ( $V_b/V_a$ ) by rudder angle ( $\delta$ ) during steady turning tests.

#### Notes

- $V_a$ : Ship's speed during sailing along a straight course (m/sec)
- $V_b$ : Ship's speed during turning (m/sec)
- $\delta$ : Rudder angle (deg.)
- : Starboard-side turning at full speed
- ▲: Starboard-side turning at half speed
- : Starboard-side turning at slow speed
- : Port-side turning at full speed
- △: Port-side turning at half speed
- : Port-side turning at slow speed

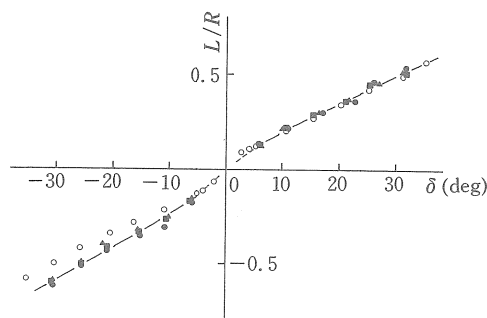


Fig. 3. Relation between  $\delta$  and  $L/R$ .

#### Notes

- $L$ : Ship's length (m)
- $R$ : Steady turning radius (m)
- : Full speed
- ▲: Half speed
- : Slow speed
- : Values of the previous paper

CPの場合と比較すると、原点付近に前報同様非線型の傾向が見られる。また、 $L/R$ 値は右旋回ではCPとSPによる差はなかった。左旋回では舵角 $5^\circ$ から徐々に大きくなり、 $30^\circ$ では約22%に達した。このことはCPの場合よりSPの方が定常旋回半径が小さくなっていることを示し、特に左旋回の場合にそれが顕著であり、左方向への旋回力が大きくなったことがうかがえる。

次に各舵角における縦距( $Ad$ )、横距( $Tr$ )、旋回径( $Td$ )及び定常旋回径( $Ts$ )と船長( $L$ )との関係の1例として全速の場合を Fig. 4 に示す。同図からも明らかなように、

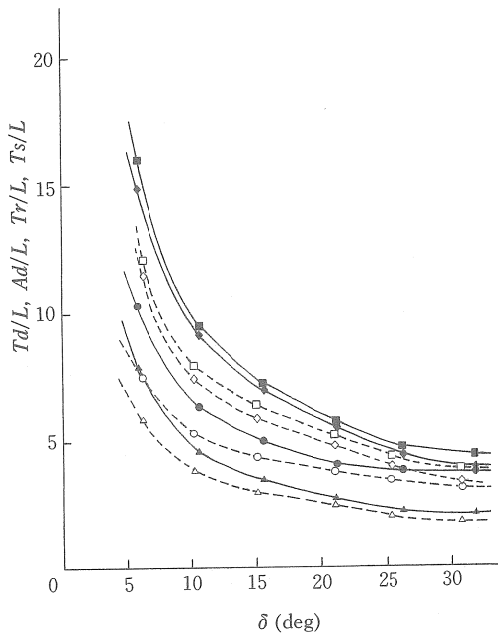


Fig. 4. Relation between  $\delta$  and  $Td/L$ ,  $Ad/L$ ,  $Tr/L$  or  $Ts/L$  at full speed.

- Notes  $Td$ : Tactical diameter (m)  
 $Ad$ : Advance (m)  
 $Tr$ : Transfer (m)  
 $Ts$ : Steady turning diameter (m)  
 ■:  $Td$  of starboard-side turning  
 □:  $Td$  of port-side turning  
 ●:  $Ad$  of starboard-side turning  
 ○:  $Ad$  of port-side turning  
 ▲:  $Tr$  of starboard-side turning  
 △:  $Tr$  of port-side turning  
 ◆:  $Ts$  of starboard-side turning  
 ◇:  $Ts$  of port-side turning

CPの場合と比較すると、右旋回は前報とほとんど変わらない値を示しているが、左旋回は全ての値について右旋回よりも小さな値を示し、左旋回の方が追従性、旋回性ともに優れていることがうかがえる。

### 3.1.2 旋回試験より求めた操縦性指数 $Tt \cdot Kt$

前報と同じ方法により算出した操縦性指数を無次元化した  $T't (= Tt \cdot V/L)$  と舵角 ( $\delta$ ) の関係を Fig. 5 に、 $K't (= Kt \cdot L/V)$  と舵角 ( $\delta$ ) の関係を Fig. 6 に示す。ここでも、CPの場合には左右の舵角による差はあまり見られなかった。SPの場合の追従性指数  $T't$  については、全速の場合、全舵角で左旋回の方が小さくなっており、半速の場合は左右の舵角の差はあまりない。微速になると舵角 $5^\circ$ 、 $10^\circ$ では右旋回の方が小さくなっているが、舵角 $15^\circ$ 以上では  $T't$  の値が大きくなっている。旋回性指数  $K't$  については、全ての舵角、船速で左旋回の方が  $K't$  の値が大きくなっており、左旋回の旋回力が優れていることがわかる。

以上をまとめると、SP装備後の操縦性能がCP装備時に比べて大きく変わった点は、左旋回の方が右旋回よりもその旋回性が特に優れているということである。旋回試験は気象・海象等の外力により、またトリム、喫水、排水量、方形係数等の変化により操縦性に影響を及ぼす。前述した

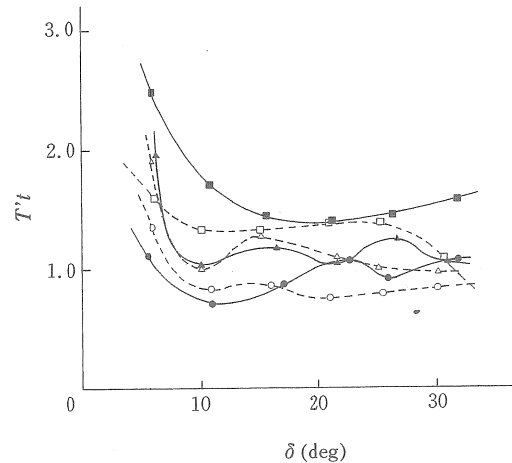


Fig. 5. Relation between  $\delta$  and  $T't$  by turning test.

- Notes  $T't$ :  $Tt \cdot (Vt/L)$   
 $T't$ : Maneuverability indices  
 $Vt$ : Ship's speed of turning test  
 Other symbols are shown in Fig. 2.

ように、また、Table 1を参照すれば上述の各要素は前報と殆んど変わらない状態であり、これらが操縦性に影響を及ぼしたとは考えられない。さらに、船側・船底の汚れを考慮しても、この汚れが操縦性に影響を及ぼしたとは考えにくい。すなわち、前報の実験が出渠後73日目であるのに対し今回の実験が46日目であって、出渠後は航海中が多く汚れの進行はあまりなかったと考えてよい。これらを考慮すると、操縦性能が向上した主な原因は推進器を変えたことによると思われる。船の推進器を通常のプロペラからSPやHSPに換装する主な目的は、振動や騒音の軽減にある。このことから、換装に伴う振動や騒音の変化について検討した文献<sup>2,3)</sup>は多く見られるものの、操縦性の変化を検討した例は少くわずから後進性能の変化を報告した例<sup>4,5)</sup>があるだけである。耕洋丸の実験結果では特に左旋回の追従性、旋回性が良くなった。すなわち、SPを装備した場合、左旋回中に舵の左舷側に作用するプロペラ後流はCPの場合よりも強いと思われる。CPの場合とSPの場合のプロペラ後流の違いについて詳しく検討した例は数少ないので、今後機会ある毎にこの種の実験を行い、通常のプロペラとSPまたはHSPを装備した船の操縦性能の変化について明らかにする必要がある。

3.2 Z試験

Z試験は操縦性指数  $T \cdot K$  を決定するのに最も有効な方法であると言われており、特に航行中に良く使用される

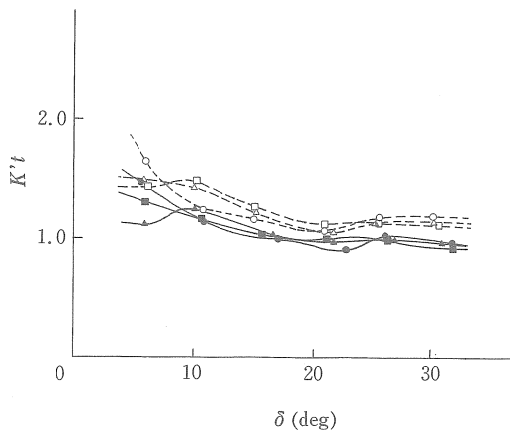


Fig. 6. Relation between  $\delta$  and  $K't$  by turning test.  
Notes  $K't: Kt \cdot (L/Vt)$   
 $Kt$  : Maneuverability indices  
Other symbols are shown in Fig. 2.

通常舵角における操縦性能を知るためには最良の方法である。

Z試験を行った船の  $Tz \cdot Kz$  は前もって知られていないので、計測中のある時刻の舵角  $\delta(t)$  と偏角  $\phi(t)$  が次式を満足するという仮定のもとに、未定係数法を使用して供試船の  $Tz \cdot Kz$  を求めた。

$$Tz \cdot \frac{d\phi}{dt} + \phi = Kz \cdot \delta \dots\dots\dots (1)$$

(1)式から求めた  $Tz \cdot Kz$  を旋回試験と同じように無次元化して  $T'z \cdot K'z$  を求めた。 $T'z$  と舵角 ( $\delta$ ) との関係を Fig. 7 に、 $K'z$  と舵角 ( $\delta$ ) との関係を Fig. 8 に示す。両図からも明らかなように、Z試験を右転から行った場合と左転から行った場合に、小舵角 ( $5^\circ, 10^\circ$ ) で若干の差異はあるが、この差異は実船実験であることを考慮するならば無視できる範囲であろう。旋回試験とZ試験による操縦性指数には、 $Tz > Tt, Kz > Kt$  の関係があるという報告<sup>6)</sup>もあるが、今回の実験について比較すると、概して  $Tz < Tt, Kz > Kt$  となり、 $T$  および  $K$  の値が異なって表れてはいるが、追従性指数はZ試験の方が小さな値で、追従性は良くなっているという結果になった。

上述の異なった結果を生じた理由は、旋回試験とZ試験における計算式に用いた船速の違いが操縦性指数  $T \cdot K$

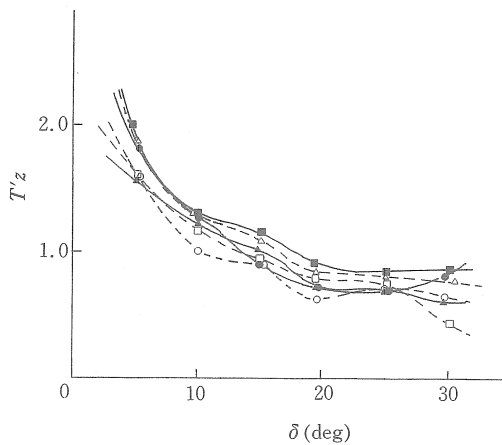


Fig. 7. Relation between  $\delta$  and  $T'z$  by zigzag maneuver test.  
Notes  $T'z: Tz \cdot (Vz/L)$   
 $Tz$  : Maneuverability indices  
 $Vz$  : Ship's speed of zigzag maneuver test  
Other symbols are shown in Fig. 2.

に影響したためであろう。したがって、両実験から得られた  $T_z$  と  $T_t$ ,  $K_z$  と  $K_t$  の相関がわかれば、いずれか一方の実験結果の  $T \cdot K$  指数から他の実験方法の  $T \cdot K$  指数が求められることになり都合が良い。この観点からこれらの指数を無次元化して  $T'_z$  と  $T'_t$ ,  $K'_z$  と  $K'_t$  の比較を下記の方法で試みた。

両実験の各舵角毎の  $T'_t/T'_z$ ,  $K'_t/K'_z$  を算出して、これらの上・下限値およびその平均値と Z 試験時の各平均船速との関係を Fig. 9 に示す。同図からも明らかのように追従性指数  $T$  は船速が大きくなるにしたがって、 $T'_z$  に対して  $T'_t$  も大きくなる傾向があるが、旋回性指数  $K$  は船速に関係なく  $K'_t$  と  $K'_z$  の比は一定である。この船速毎の平均値を使用して  $T \cdot K$  それぞれの相関を求めたところ次式のような関係があった。

$$\left. \begin{aligned} T'_t &= (0.1555V_z + 0.45)T'_z \\ K'_t &= 0.9489K'_z \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (2)$$

$V_z$ : Z 試験時の船速

一般に操縦性指数の算出は一定舵角を与えたままの運動からではなく、旋回試験よりも Z 試験のように次々と反転操舵を行う方がよい。この方法のよい点は初期運動を主体として追従性、旋回性の良否を知ることが出来るところにある。しかし、供試船の場合、旋回試験と Z 試験から算出した操縦性指数  $T \cdot K$  には、上記(2)式のような関係がある。また、この(2)式は常用舵角 ( $10^\circ \sim 20^\circ$ ) の範囲にある

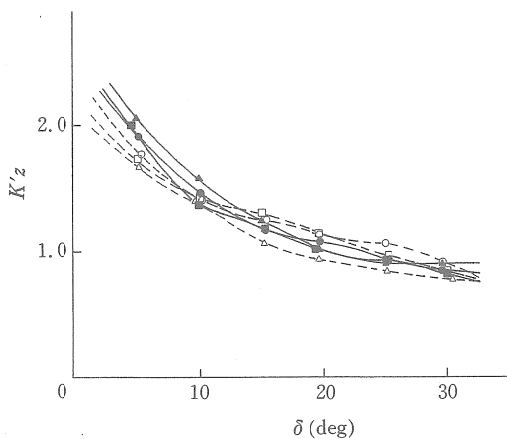


Fig. 8. Relation between  $\delta$  and  $K'_z$  by zigzag maneuver test.  
Notes  $K'_z:K_z \cdot (L/V_z)$   
 $K_z$ : Maneuverability indices  
Other symbols are shown in Fig. 2.

ことから、旋回試験か Z 試験のどちらか一方の試験を行えば、もう一方の試験による操縦性指数を求めることが出来ると言えよう。

### 3.3 K/Tと船速

操縦性指数  $T \cdot K$  はその物理的意味から共通の分母を持っているので、以下のようになる<sup>7)</sup>。

$$K = ((\text{等価的に考えた舵による旋回モーメントの舵角に対する係数}) / (\text{等価的に考えた旋回運動における慣性モーメント})) \times T$$

これを無次元化で考えると、旋回力は  $Ar/L \cdot d$  に、慣性は  $V/L^2 \cdot d$  にそれぞれ比例する。これを上述の表示法にならうと

$$K' \propto \frac{Ar}{L \cdot d} \cdot \frac{L^2 \cdot d}{V} \cdot T'$$

$Ar$ : 舵面積

$d$ : 平均喫水

$V$ : 排水容積

$$\therefore K' \propto \frac{Ar \cdot L}{V} \cdot T'$$

の関係が得られる。多数の実例をみると  $Ar \cdot L / V \cdot K'$

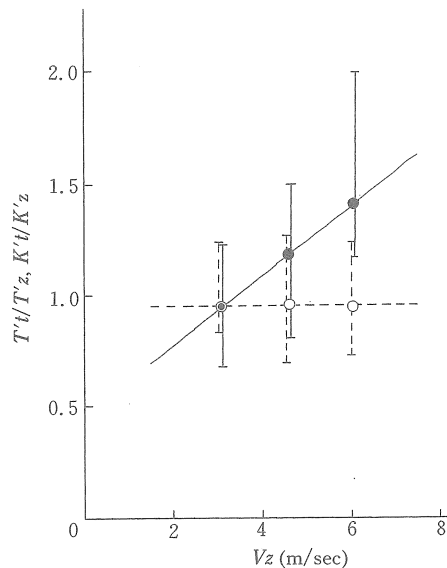


Fig. 9. Relation between  $V_z$  and  $T'_t/T'_z$ ,  $K'_t/K'_z$ .  
Notes  $\bullet$ :  $T'_t/T'_z = 0.1555V_z + 0.45$   
 $\circ$ :  $K'_t/K'_z = 0.9489$

と $1/T'$ の関係は大略次のように直線に近似してある<sup>8)</sup>。

$$\frac{Ar \cdot L}{V \cdot K'} \doteq 0.2 \cdot \frac{1}{T'}$$

この関係から、 $T'$ と $K'$ を次元のもつ $T$ と $K$ で整理すると

$$\frac{K}{T} \doteq \frac{1}{0.2} \cdot \frac{Ar \cdot V^2}{V \cdot L}$$

となり、今回の両試験について数値計算すると次のようになる。

$$\frac{K}{T} = 0.000221 V^2$$

そこで、 $Kt/Tt$ と $Kz/Tz$ を各平均船速についてプロットし Fig. 10に示す。同図からも明らかなように、低速時には両試験の実験値は理論値とほぼ同じ値を示しているが、中速、高速と速度が増すにしたがって、旋回試験の誤差は徐々に大きくなっている。一方、Z試験の誤差は小さく実船試験ということから許容される範囲にある。このことからZ試験から求めた供試船の操縦性指数は、一般船舶の操縦性指数と同じように相関関係があると言えよう。

### 3.4 梯形操舵による横偏位置

港内航路や狭水域あるいは一般海域での航行中において、船首方向に横切り船や行会い船または障害物がある場合に避航操舵を行う。この場合、航路幅や可航水域幅等の要因で、原針路からある平行距離しか避航出来ないということ

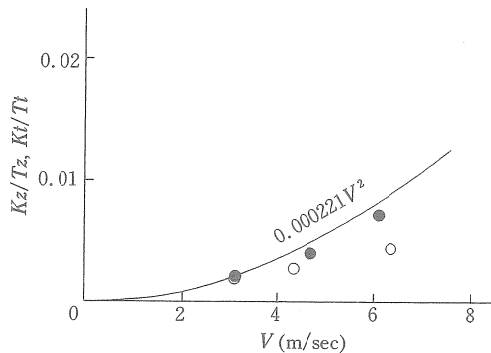


Fig. 10. Relation between  $V$  and  $Kz/Tz, Kt/Tt$ .  
Notes  $V$ : Ship's speed of zigzag maneuver and turning tests (m/sec)  
●:  $Kz/Tz$   
○:  $Kt/Tt$

が少なからずある。したがって、この距離内で航行するための舵角の大きさと時間、反転舵角の大きさと時間を把握しておくことは、経験的知識のみ頼る操船よりも実務上有効である。また、供試船のような漁業実習や海洋観測を行う練習船では、

- 1) マグロ操業の揚縄時に次のボンデンが原針路から離れている場合の操船
- 2) 中層トロール操業時の魚群発見から、その地点に達し投網、曳網を行う際、気象・海象の影響により原針路と同じ針路をとらざるを得ない場合
- 3) 海洋観測において定点に正確に向かう時の操船

等の複雑な操船を行う機会が多い。

操縦性試験法の中に、この平行移動操舵を行う操船法に偏位測定試験と平行移動操舵試験があり<sup>9, 10, 11)</sup>、前者は平行移動の距離を計測することによって操舵に対する船の応答を求めたり、後者は制御工学的立場から伝達関数を求めることを目的として、実際に操船する場合に必要な性能を調べることが出来る。本報では偏位測定試験を参考として、Z試験により算出した各船速、各舵角毎の操縦性指数 $Tz \cdot Kz$ を用いて航跡のシミュレーションを行った。前記(1)式の一次系近似の運動方程式をルンゲ・クッタ・ギル法により解き航跡を求め、供試船の横偏位置と所要舵角、反転操舵時の回頭角、一定舵角時間との関係を調べた。操舵法とシミュレーションした航跡の1例を Fig. 11に示す。同

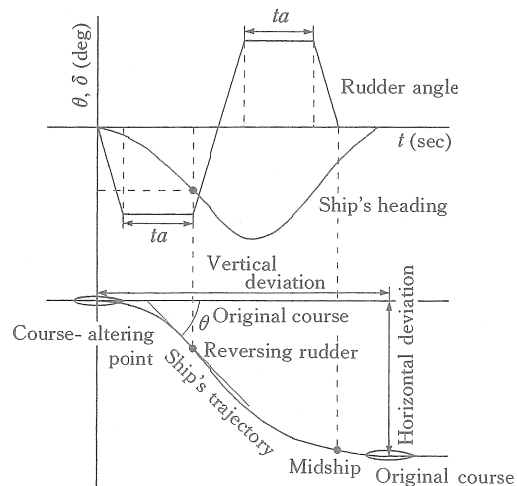


Fig. 11. Illustration of trapezoid maneuver test.  
Notes  $ta$ : Period of taking a fixed rudder angle (sec)  
 $\theta$ : Ship's heading angle

図のごとく、ある舵角で旋回を始め、ある回頭角になった時に同じ舵角の反転舵を同じ時間とり舵中央とする。左右の舵角と一定舵角時間が同じであるので、舵操作量は舵角  $\delta(t)$  と時間軸で囲まれた形の面積であり、これが左右舷同面積となることから、船はある距離を平行移動した後原針路に戻ることになる。

船速 ( $V$  m/sec) としては、港内航路航行、操業時には 3.0 m/sec を、狭水域、一般海域航行中には 4.5, 6.0 m/sec を用いた。なお、シミュレーションに用いた  $T_2 \cdot K_z$  は Z 試験の平均船速から求めた左右舵角の平均値である。舵角所要時間は旋回試験の結果から求めた値である。シミュレーションした結果、得られた値は船速が 4.5 m/sec と 6.0 m/sec の場合に余り差が見られなかったので、 $V = 3.0$  m/sec と 6.0 m/sec の場合について考察した。 $V = 3.0$  m/sec の場合を Fig. 12 に、6.0 m/sec の場合を Fig. 13 に示す。両図から、舵角  $20^\circ \sim 35^\circ$  の各回頭角に対する横偏位置は、 $V = 3.0$  m/sec の場合で約  $0.5L$ 、6.0 m/sec の場合で  $0.1 \sim 1.1L$  の差があることがわかる。また、その時の一定

舵角時間はそれぞれ、 $9 \sim 33$  sec,  $7.5 \sim 14$  sec である。これらのことから、供試船の場合、変針後いかに早く原針路に戻るかを考慮すると、横偏位置、舵角所要時間から舵角は  $20^\circ, 25^\circ$  で行えば効率的であると思われる。

また、これら両図は横偏位置できる距離がわかれば、舵角の大きさを決めると回頭角、一定舵角時間がわかり、許容の横移動距離で原針路に戻ることを示している。次にこれらの図の利用方法について述べる。

まず移動できる横偏位置を海図や目視で決定し、横軸にその値 (図例で  $5L$ ) をとる。そして上方へ平行移動すると予定 (所要) 転舵角 ( $30^\circ$ ) の線と交わる。その交点の縦座標が転舵してからの回頭角を表す。さらに、その交点から横軸に平行線を引き、同舵角の一定舵角時間線との交点を得る。この交点の横座標軸を上横軸で読み取れば、転舵および反転舵の一定舵角時間が得られる。なお、参考までに原針路に戻るまでの船首方向の縦偏位置を破線で表しているのので、この距離も一定舵角時間同様、破線との交点を求め下横軸で読みとれば求めることが出来る。

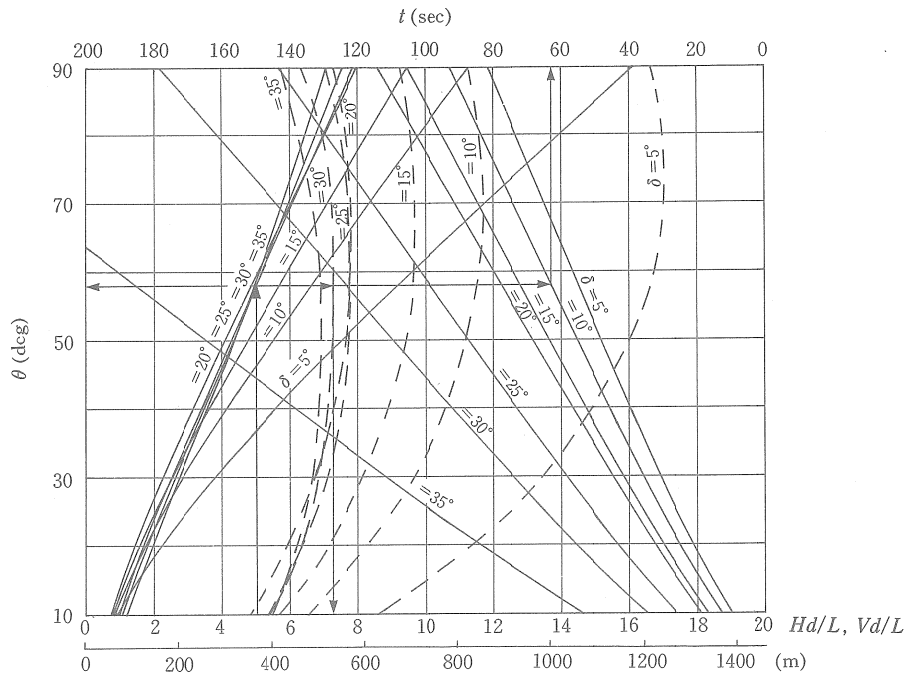


Fig. 12.  $\theta$  in relation to  $Hd/L$ ,  $Vd/L$  and  $t$  at ship's speed of 3 m/sec.

Notes  $Hd$ : Horizontal deviation

$Vd$ : vertical deviation

$t = t_a$ , —:  $Hd, t$ , ---:  $Vd$



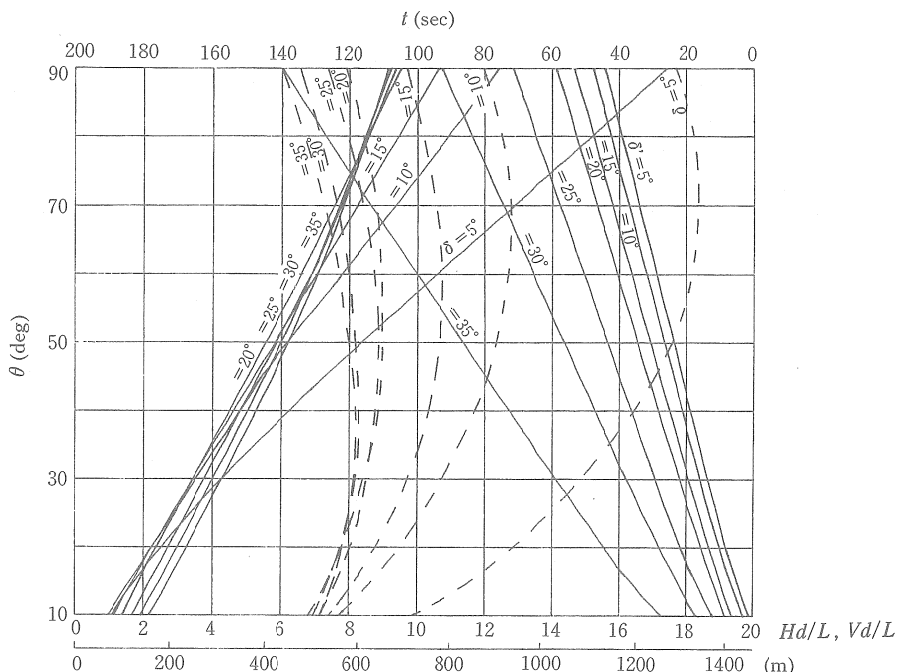


Fig. 13.  $\theta$  in relation to  $Hd/L$ ,  $Vd/L$  and  $t$  at ship's speed of 6 m/sec.  
Notes Symbols are shown in Fig. 12.

この図は風、波、潮流等外力の影響を考慮しないで作成してある。このため、実際の海面では値が多少異なるが、経験的により操船するよりは合理的に利用出来、港内、一般海域での航行あるいは漁場における操船に実務上十分役立つものと考えられる。

#### 4 結 論

練習船耕洋丸が推進器をSP装備とした機会に、旋回試験およびZ試験を行い、操縦性能について前報と比較検討した結果を要約すると次のとおりである。

- (1) 定常旋回中の船速は全速、舵角 $30^\circ$ の場合、直進時の55%まで低下する。また、舵角毎の速力の低下率は小舵角で多少のバラツキがあるが、各船速とも右旋回、左旋回でほぼ同程度である。
- (2) 各船速とも、旋回方向による旋回軌跡および旋回力は右旋回の場合にはC P装備時とS P装備時の間にあまり

差はなかった。しかし左旋回の場合には追従性、旋回性ともに良好となった。

- (3) 旋回試験、Z試験から求めた操縦性指数 $T \cdot K$ には(2)式のような相関があり、どちらか一つの試験を行えば他の試験の $T \cdot K$ が推測できる。
- (4) Z試験から求めた操縦性指数 $T \cdot K$ は、一般船舶の指数と同じように相関関係があった。
- (5) Z試験結果の操縦性指数 $T_z \cdot K_z$ を使用して、梯形操舵によるシミュレーションを行って、横偏位置、縦偏位置、一定舵角時間と回頭角との関係を明らかにしFigs. 12, 13を得た。
- (6) Figs. 12, 13を使用すれば港内、避航、操業時の操船に有益である。

SP装備後左旋回の追従性、旋回性が良くなったが、これについて検討した例は殆んどなく、プロペラ後流と舵の関係は通常のプロペラとHSPまたはSPについて明らかにする必要がある。プロペラ後流については、プロペラ単

独試験、自航試験および実船試験等によりプロペラ効率が解析検討されているが、最近ではプロペラ後流場を可視化できる装置も実用化され各種実験が行われている<sup>12)</sup>。今回これらプロペラ後流と、更には舵との関係については実験は行われなかった。この点については、今後実船や模型試験を行い検証していかなければならないと思われる。なお、左旋回の旋回力が良くなったことについて、別の機会に行った予備実験の結果を検討したところ、今回の実験結果とほぼ同様の傾向であった。

終わりに実験を行うに当たり、御協力を戴いた耕洋丸船長片岡昭吉教授（当時）ほか、乗組員各位に対し厚く御礼申し上げます。

## 文 献

- 1) 本村紘治郎・実藤 了・高島末夫・浜口正人・片岡昭吉・乾 栄一・長友洪太・田淵清春：水産大研報，**36**，49-59 (1988).
- 2) 山崎正三郎・高橋通雄・奥 正光・伊藤政光：日本造船学会論文集，**149**，88-99 (1981).
- 3) 日本造船研究協会：船尾振動・騒音の軽減を目的としたプロペラ及び船尾形状の研究報告書，61-194 (1983).
- 4) 山崎正三郎・高橋通雄・奥 正光・伊藤政光・玉島正裕：日本造船学会論文集，**152**，101-116 (1982).
- 5) 矢吹英雄・飯田敏夫・日下治夫：日本航海学会論文集，**71**，29-36 (1984).
- 6) 元良誠三：造船協会論文集，**104**，63-71 (1958).
- 7) 操縦性シンポジウム：20-21 (1964).
- 8) 関西造船協会編：造船設計便覧，445-447 (1983).
- 9) 第2回操縦性シンポジウム：14-15 (1970).
- 10) 野本謙作・鳥野慶一：日本造船学会論文集，**126**，131-140 (1970).
- 11) 鳥野慶一：日本造船学会論文集，**128**，103-118 (1971).
- 12) 大内一之・小倉理一・河野嘉雄・折戸博允・塩津高志・玉島正裕・恋塚 初：日本造船学会論文集，**163**，66-78 (1988).