

## バージラインの操縦性試験について

森 信篤\* 佐藤辰二\* 岡野伊史\*\*

### On the Manoeuvring Experiments of a Barge-Line Model

By

Nobuatsu Mori, Tatsuji Sato  
and Yoshihito Okano

The turning and reverse spiral tests of a barge-line model, which is consisted of a large barge and a pusher, were carried out and the effects of the rudder and skeg areas upon the manoeuvrability were investigated.

In this paper, the results are presented in the form of  $\gamma'-\delta$  curves and are also compared with the test results of the actual ship.

#### 1. ま え が き

バージラインの操縦性能の向上を計るために、スケグの形状および面積の変化2種類と舵面積の変化2種類の組合せについて、旋回試験と逆スパイラル試験を行ない、また実船試験結果と比較して、スケグおよび舵の形状変化が操縦性能、特に針路安定性に及ぼす影響を明らかにした。さらに押船のトリムの変化および舳と押船との連結状態の変化が操縦性能に及ぼす影響についても調査した。

#### 2. 供試模型船等

模型船は舳、押船ともに木製ラッカー仕上げのもので実船の 1/20 のものを使用した。これらの船の主要寸法等を実船と模型船とを対比して表-1に示す。またこれらの模型船の正面線図と船首尾形状を図-1, 2に示す。

プロペラは2軸でヒドロナリウム製のものを使用した。回転方向は船尾より船首方向にみて外回りで、その概要を図-3に示す。1台の直流分捲電動機で減速歯車を介して常に左右同一回転数で駆動した。

\* 運動性能部

\*\* 佐世保重工業株式会社

原稿受付 昭和45年12月3日

表-1 PRINCIPAL DIMENSIONS

BARGE		
HULL		
PATICULARS	SHIP	MODEL
LENGTH BETW. P. P. ( $L_{pp}$ )	113.100M	5.655M
BREADTH (MLD) (B)	18.000M	0.900M
DEPTH (MLD) (D)	7.600M	0.380M
DRAFT (MEAN MLD) ( $d_m$ )	5.560M	0.278M
L/B	6.28	
B/ $d_m$	2.34	
DISPLACEMENT	9,760 t	1,190kg
BLOCK COEFFICIENT ( $C_B$ )	0.841	
TRIM	0.000M	0.000M
PUSHER		
HULL		
LENGTH BETW. P. P. ( $L_{pp}$ )	35.000M	1.750M
BREADTH (MLD) (B)	8.900M	0.445M
DEPTH (MLD) (D)	4.700M	0.235M

DRAFT (MEAN MLD) ( $d_m$ )	3.300M	0.165M
L/B	3.93	
B/ $d_m$	2.70	
DISPLACEMENT	613 t	74.8kg
BLOCK COEFFICIENT ( $C_B$ )	0.582	
INITIAL TRIM	1.4%L	
PROPELLER		
DIAMETER	2.800M	0.140M
PITCH	1.780M	0.089M
PITCH RATIO	0.635	
EXPANDED AREA RATIO	0.590	
BOSS RATIO	0.171	
BLADE THICKNESS RATIO	0.0525	
ANGLE OF RAKE	$10^\circ - 0'$	
NUMBER OF BLADE	4	
DIRECTION OF TURNING	LEFT AND RIGHT	

舵は木製、双舵。左右の舵は1台の操舵機により連動金物を介して駆動し、常に左右同一舵角がとれるようにした。

舵Ⅰは実船と相似で、舵面積比  $2A_R/L \times d$  ( $A_R$  は

舵1枚の側面積)は  $1/61.2$  であり、舵Ⅱは  $1/44.4$  でその前縁の高さは舵Ⅰと同一とし、主として長さ方向を変えて舵面積を変えてある。なお、この場合  $L$  は艇と押船とを連結した状態での艇の F.P. より押船の A.P. 迄の長さ  $6.750\text{ M}$  をとり、 $d$  は艇の喫水をとった。舵Ⅰ、Ⅱの側面および断面形状を図-4に示す。

スケグは木製でスケグⅠは面積比  $2A_s/L \times d$  ( $A_s$  はスケグ1枚の側面積、 $L$  と  $d$  のとり方は艇の場合と同じにした)は  $1/33.4$  で断面は三角形、スケグⅡは面積比は  $1/27.3$  で平板である。いずれも保針性の向上が目的のために船首側が外側にそれぞれ  $5^\circ$  づつひらいている。側面、断面形状および取り付け位置を図-5、6に示す。

実船では押船と艇はワイヤーロープで連結され、その間にはタイヤのフェンダーがいられている。模型船では実船と同じ方法をとると、実験中に艇と押船との相対位置が変化して基礎的な性能を把握することができなくなる恐れがあるので、一応艇と押船との相対位置が変化しないように緊着できる金物を甲板上に取り付けて実験し、最後にこの金物の緊着度をゆるめた実験を行なった。

押船は排水量が小さいので、押船には操舵装置と駆動用電動機、減速歯車および軸系のみを積載し、その他の必要な計測器、蓄電池等はすべて艇に積載した。

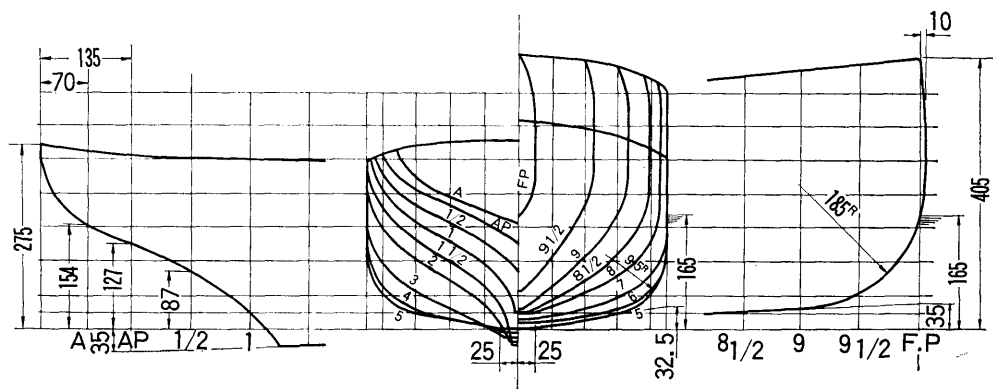


図-1 PUSHERの正面線図と船首尾形状

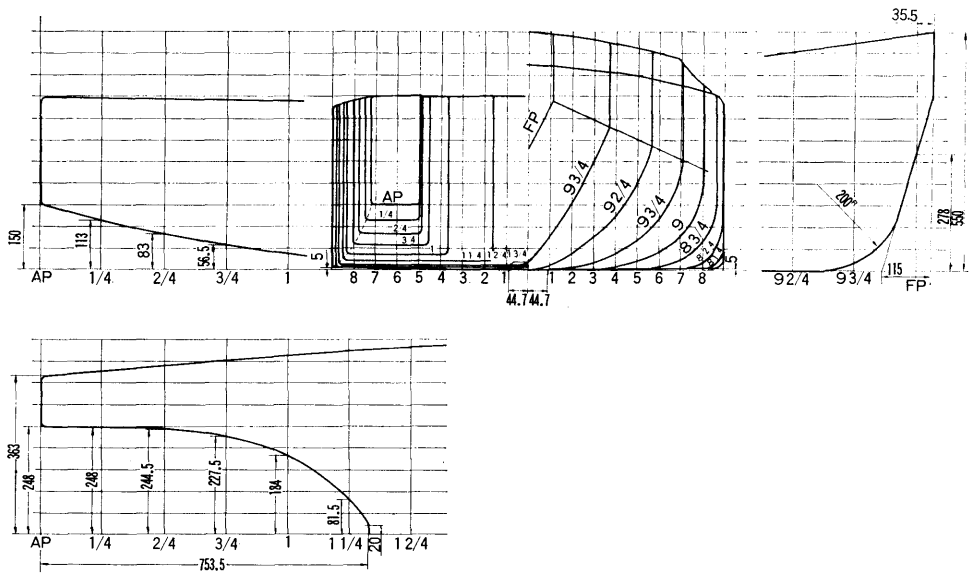


図 - 2 BARGE の正面線図と船首尾形状

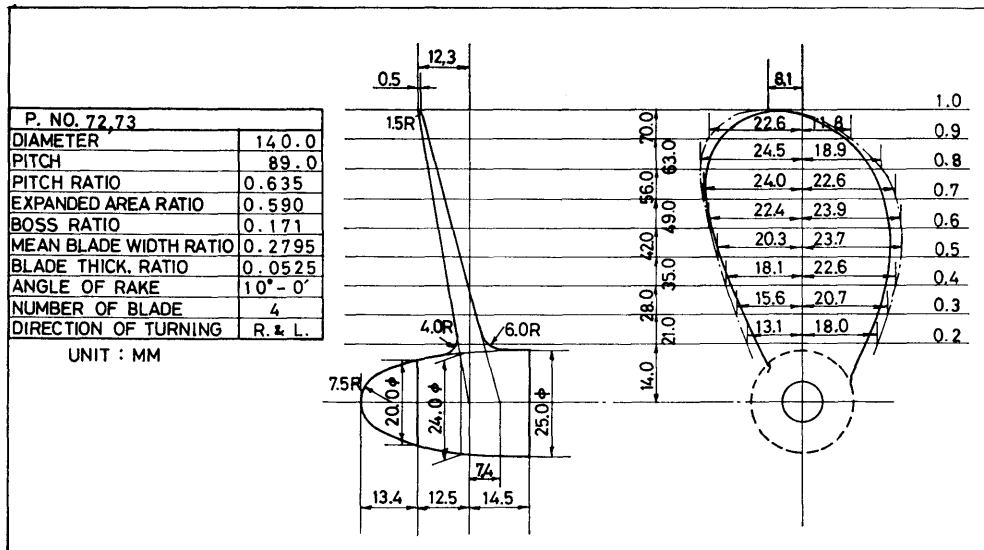


図 - 3 模型プロペラ

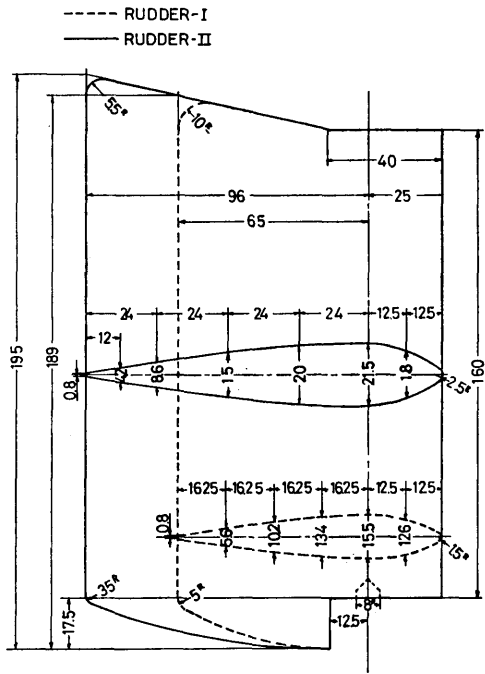


図-4 舵形状

SKEG I

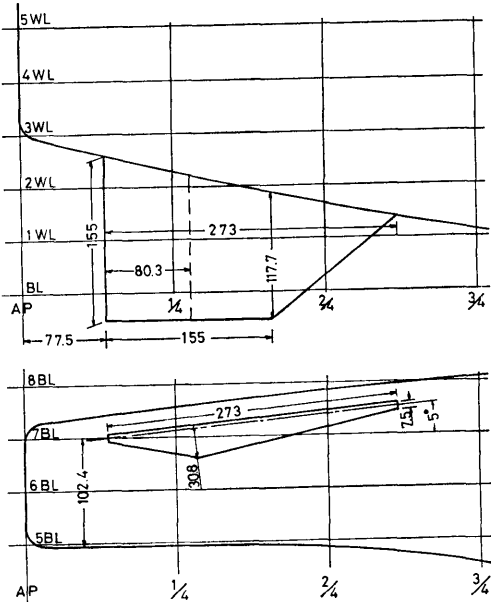


図-5 スケグのI形状

SKEG II

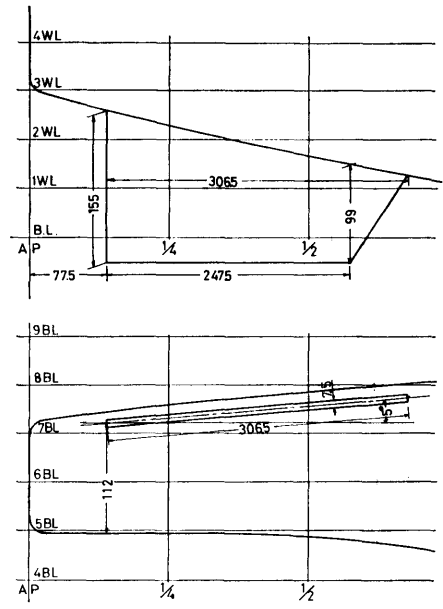
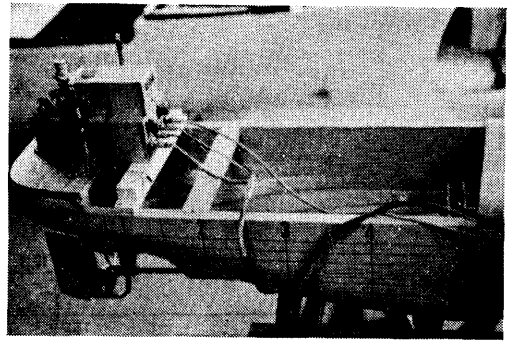


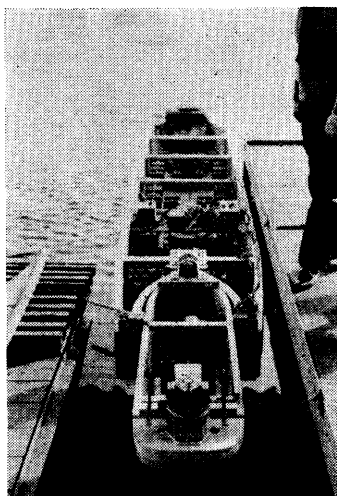
図-6 スケグIIの形状



▲ 写真-1 PUSHERの船尾

▶ 写真-2 連結金物





◀ 写真—3 全体の装備状態

舵、連結金物および全体の器材の装備状態を写真1～3に示す。

### 3. 試験方法、試験状態等

#### 3.1 試験方法

##### (1) 旋回試験

従来当部で常用している方法をそのまま用いた。旋回試験での旋回軌跡は艇の中心線上で⊗の点の軌跡をとり、舵角は $\pm 35^\circ$ 、 $\pm 25^\circ$ 、 $\pm 15^\circ$ の合計6点とした。

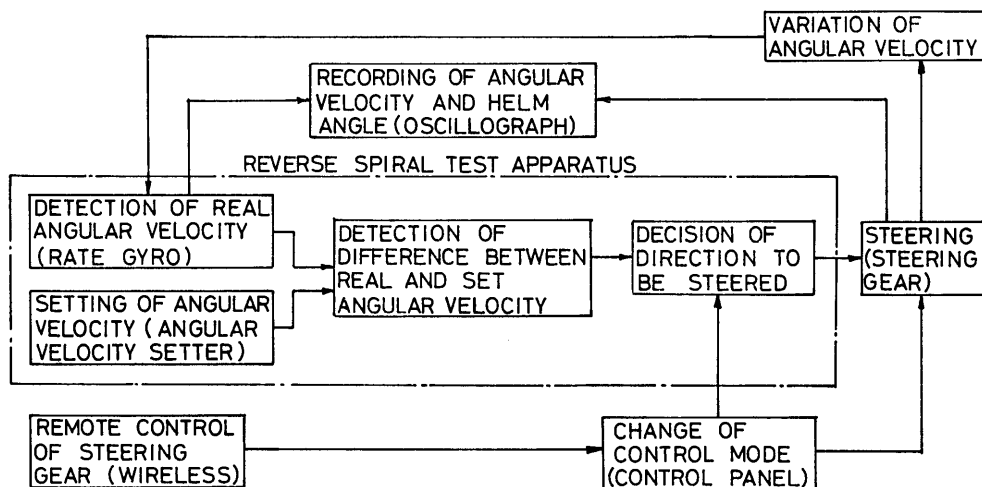
##### (2) 逆スパイラル試験

この試験方法は舵角 $0^\circ$ 付近の操縦特性を明確に把握するための試験法として最近 Bech により提唱され各研究所や造船所で採用されるようになって来たも

のである<sup>1)</sup>。すなわち従来のスパイラル試験法は或る舵角を保持して航走し、航走状態が安定したところで計測した舵角、角速度および船速の関係から操縦特性を求めようとするのに対し、逆スパイラル試験法は或る角速度を保持するように操舵しながら航走し、その間の平均舵角、平均角速度および平均船速の関係から操縦特性を求めようとするもので、比較的短時間に余り広くない水面で広範囲の試験ができる利点がある。

この試験は最近当部で試作した逆スパイラル試験装置を用いて行なった。本装置を使用しての操縦制御系統図をブロックダイアグラムで示したものを図—7に、その中の増幅制御部の全回路を図—8に示す。

この試験装置を用いての試験要領は、まづ模型船を発進させ所定の速度に安定したら無線で記録器を始動し、若干の後実験を開始する。実験開始の信号により操舵装置の制御は無線による遠隔制御より本装置による制御に切りかわる。本装置では予め設定された角速度と実際の角速度を比較して常にその差が0になるよう操舵方向をきめ操舵装置を自動制御する。適当な距離を航走したら再び無線による遠隔制御に切り替えて実験を終了する。この間の操舵角度としては、旋回試験結果より求めた $r'-\delta$ 曲線を延長して $0^\circ$ 付近の $r'-\delta$ 曲線を推定し、この曲線で設定角速度に対応する舵角を推定し、この角度を中心に $\pm 5^\circ$ 程度になるように操舵装置の舵角設定器で設定しておく。この舵角は左右の操舵時間間隔が大体等しくなるように設定されることが望ましく、これは実験中操舵装置附属の操舵標示灯の点滅の具合で判断できるから、これを



図—7 操縦制御系統

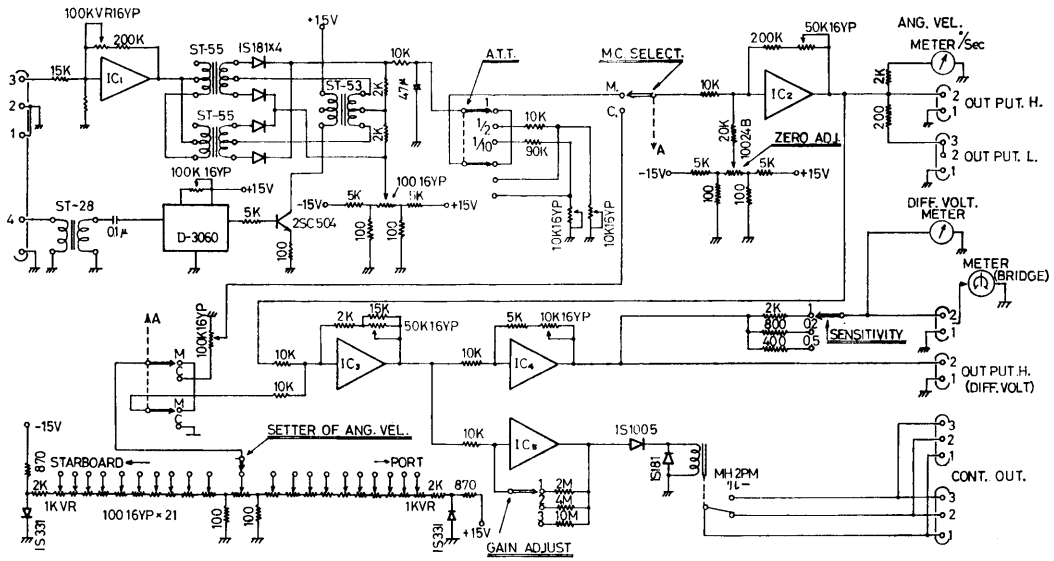


図 - 8 増巾器回路図

みながら  $r-\delta$  曲線を修正し、次の実験の舵角設定を修正してゆく。

今回は設定角速度を  $0^\circ/s$  を中心に正負両方向に  $0.5^\circ/s$  おきに、旋回試験の  $r-\delta$  曲線とつながるところ迄実験した。

3.2. 試験状態等

(1) 載貨状態

載貨状態は満載状態のみとした。

(2) 試験速度

試験速度は実船の  $1/2$  出力相当とした。すなわち  $F_n = 0.13$  で模型船では約  $1.06 m/s$  を基準とした。

(3) 舵とスケグとの組合せ

舵とスケグとの組合せは表-2 中○印のように合計 8 状態とした。

表 - 2

RUDDER	SKEG CONNECTION TRIM	I	II	WITHOUT		
		FIX			LOOSE	
		INITIAL TRIM ( $1.4\% L_{pp}$ )			I. T. + $3\% L_{pp}$	
I ( $1/61.2$ )		○	○	○	○	
II ( $1/44.4$ )		○	○	○		

4. 実験結果と考察

旋回実験における解の⊗の旋回軌跡の一例を図-9 に示す。また 3-2 で示した各状態ごとの結果をいわゆる  $r-\delta$  曲線で表わしたものを図-10~17 に示す。角速度  $r$  を  $V/L$  にて除し無次元値  $r'$  にする際の  $L$  は舵面積比の場合と同じ  $L$  を用いた。実験中の様子を写真-4 に示す。

4.1. 実船試験との比較

実船試験結果と模型試験結果とを比較したものを図-18 に示す。実船試験結果は  $r-\delta$  曲線の様で表わされているものを無次元化し、 $r'-\delta$  曲線にして比較したが、この際実船試験では直進速度のみで旋回中の速度の記録がないため、止むなく模型試験における速度減少の状態より実船の速度減少を推定して計算した。したがって多少点がちっている。

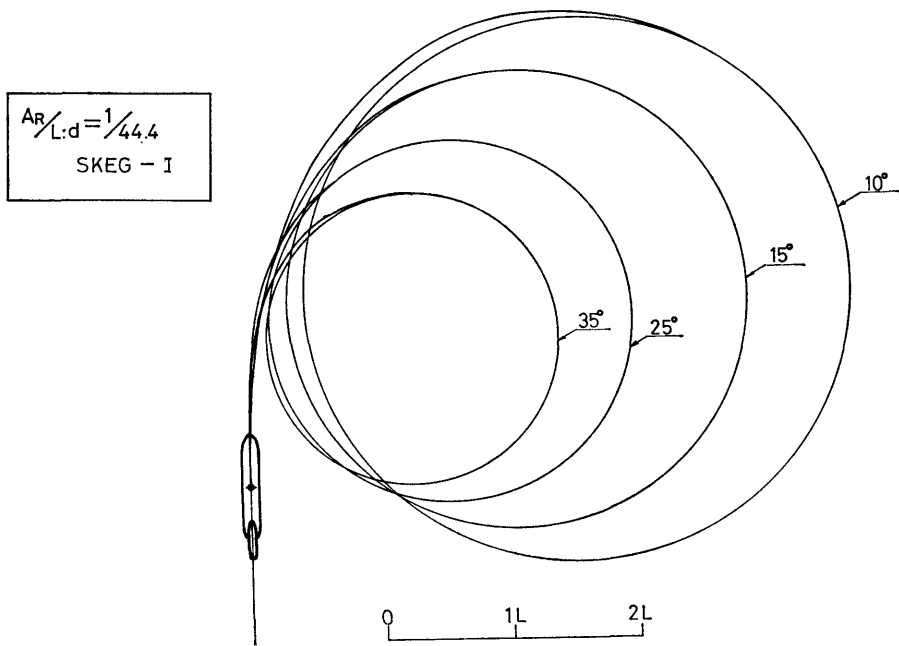


図 - 9 旋回軌跡の1例

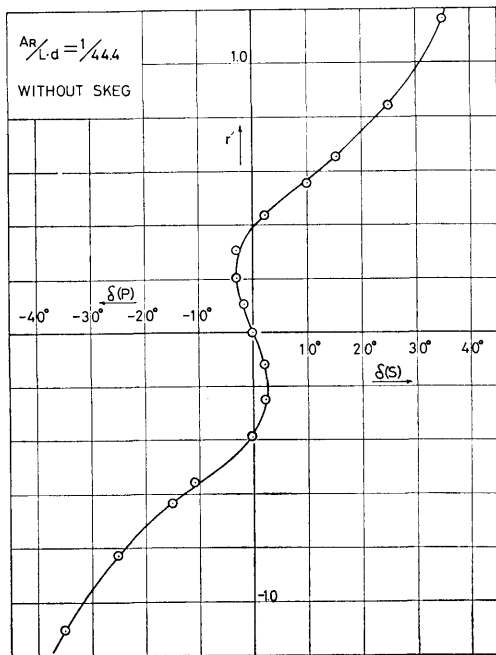


図 - 10  $r' - \delta$  曲線

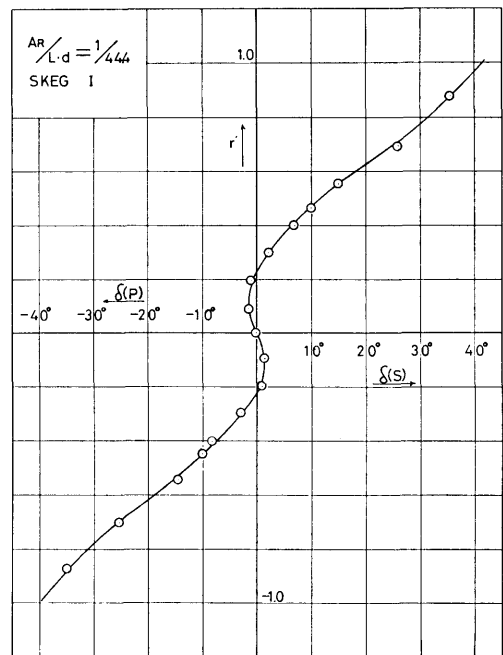


図 - 11  $r' - \delta$  曲線

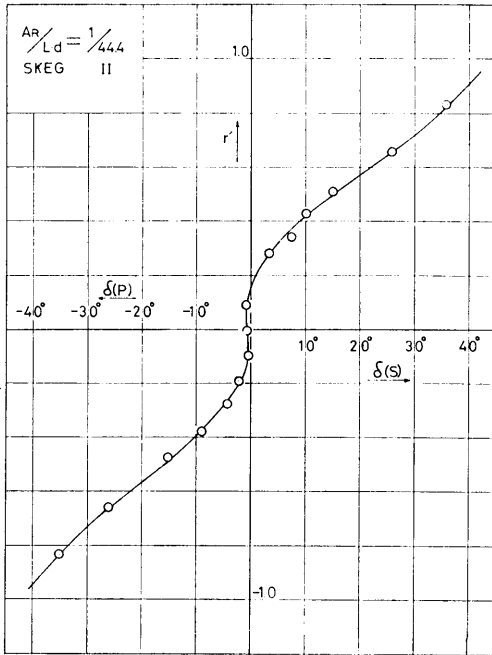


图-12  $r' - \delta$  曲线

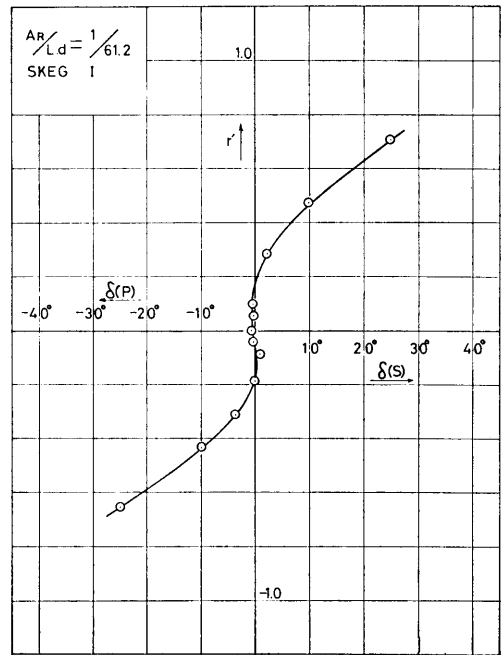


图-14  $r' - \delta$  曲线

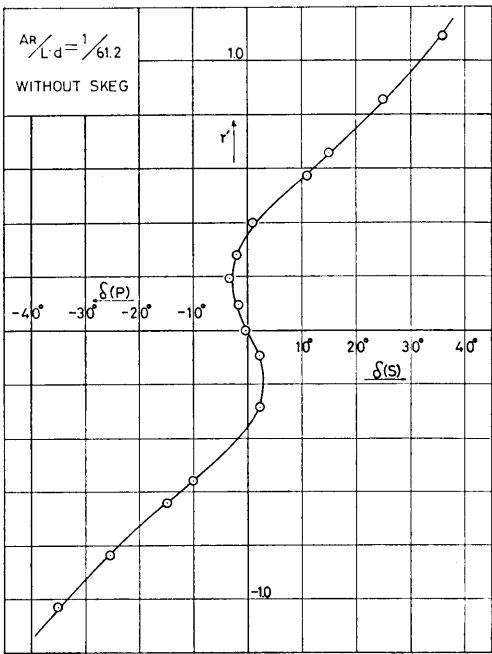


图-13  $r' - \delta$  曲线

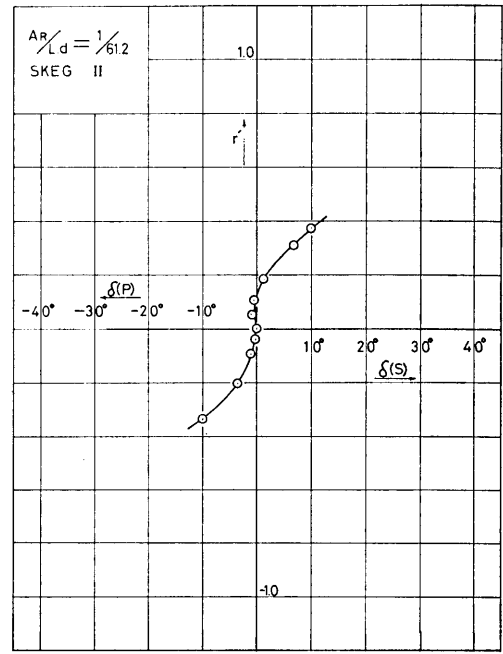


图-15  $r' - \delta$  曲线



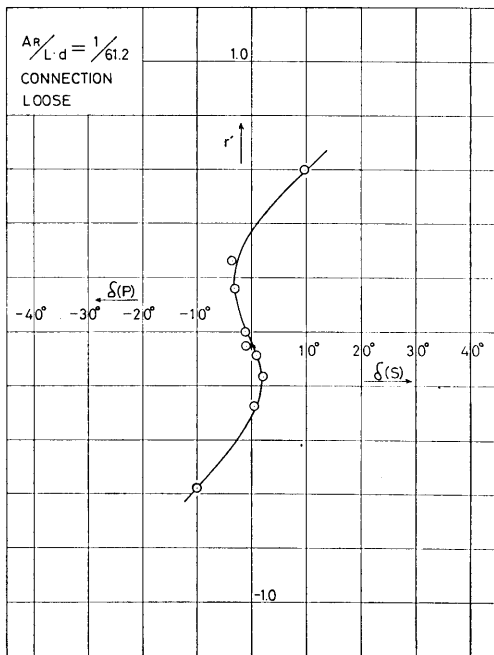


図-16  $r' - \delta$  曲線

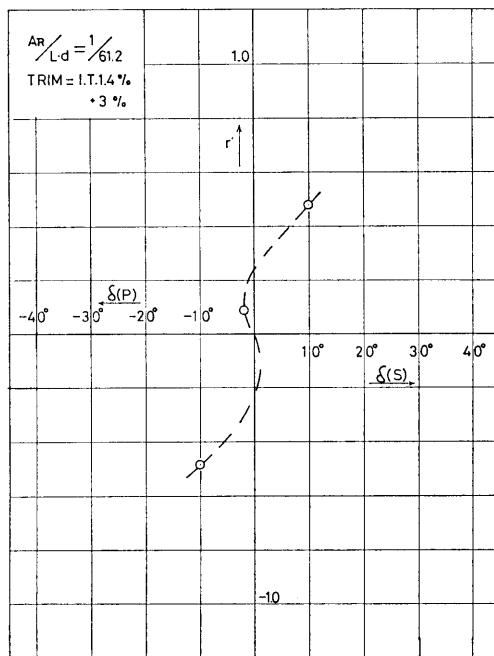


図-17  $r' - \delta$  曲線

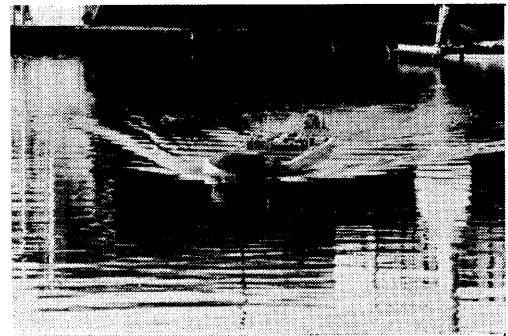


写真-4 実験中の模型船

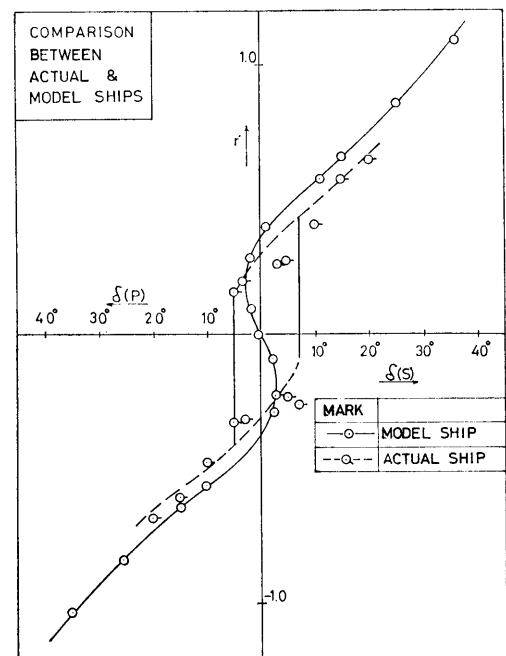


図-18  $r' - \delta$  曲線  
(実船と模型船の比較)

同図より実船、模型船ともに不安定領域があるが、実船の約  $12^\circ$  に対して模型船では約  $6^\circ$  とかなり狭い。一般に実船と模型船との試験結果を比較すると旋回性ではほとんど差異はなく、針路安定性では模型船の方が安定側に出るのが普通である。さらに本船の場合前述のように舢と押船の結合の状態が異なり、実船の場合は舢と押船との相対位置が多少変化するから、操舵に対する舢の応答もその分だけ遅れる。さらに変化の方向は舢の中心線に関して押船の船尾が舢を旋回させようとする方向と反対の方向、すなわち操舵の効果が減少させる方向になる。したがって、不安定領域も多

少広くなる可能性もある。また実船試験は公試で行なわれたものでなく、就航後、運航途上にて行なわれたために精度上も不利な点があったことを考慮すると、図-18 程度の差異は止むを得ないものとする。したがって、爾後にのべる模型試験結果より実船の特性を推定するに当っては前記のように模型船の方が多少安定側にあることを考慮に入れて推定する必要がある。

4.2. 舵面積の影響

舵 I, II それぞれについてスケグを変えた場合の結果を比較に便利のように重ねたものを図-19, 20 に示す。これらの図よりスケグのない時、スケグ I をつけた時のそれぞれで舵 I と II のいずれを用いても操縦性能はほとんど変わらない。スケグ II の場合で舵 I のときは大舵角の旋回はしていないが、小舵角の場合より判断して、舵 II に比較して僅かに旋回性が劣ると推定される。しかし全般を通じてみると舵面積比の変化は操縦性能にはほとんど影響を及ぼさないと云える。

一般に舵面積比はそれぞれの船について最適値があり<sup>2)</sup>、本船の場合は舵 I, II がその最適値に近い値であったためにこのような結果となったものとする。

4.3. スケグの影響

図-19, 20 より、いずれの舵の時もスケグ II をつけた時は、旋回性は若干劣るけれども針路安定性は不

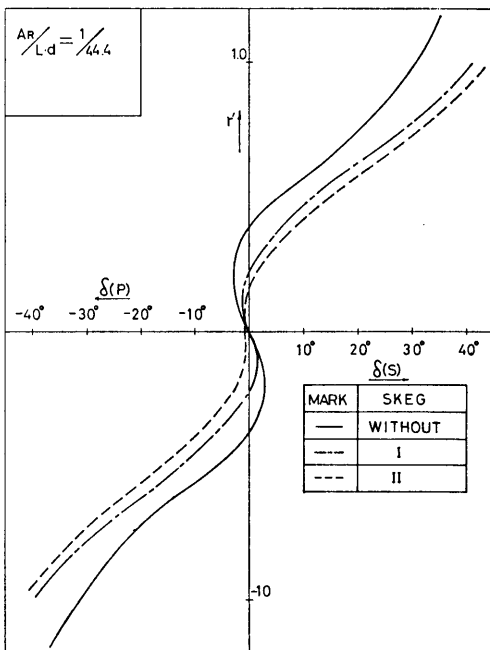


図-19 r' - delta 曲線 (スケグの影響)

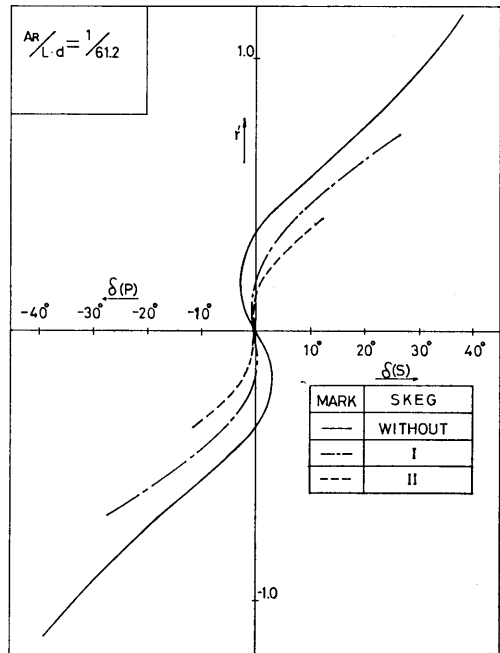


図-20 r' - delta 曲線 (スケグの影響)

安定領域がほとんどなくなる程度にまで改善されていることが判る。ただし、4-1 でのべたように模型船では不安定領域がほとんどなくなっても実船では多少残る可能性があることに注意を要する。

4.4. 連結部の状態と押船のトリムの影響

図-21 は舵 I でスケグなしの状態、(イ) 連結金物で両船を緊着したとき、(ロ) 連結金物をゆるめたとき、(ハ) 押船のイニシャルトリムにさらに 3% のトリムを加えたときの 3 状態を比較に便利のように重ねたものである。

(イ) と (ロ) では操縦性能はほとんど変らなかった。これは連結金具をゆるめたけれども、フェンダー材として使用した発泡スチロール板が、操縦した時船体に作用する流体力に対して案外に固く、フェンダー材としての効果がほとんどなく、したがって操縦に伴って起きると予想していた押船と舳との間の相対位置の変化が意外に小さかったためにこのような結果になったものとする。

(ハ) の場合は記録器の故障で十分な記録がとれなかったけれども、実験の経過より図示のような特性と推定された。トリムの増加により押船の船首部の水中側面積は減少するけれども、ここは舳の船尾に入る部分で水中側面積の大部分は舳の船尾にかくれてしまう

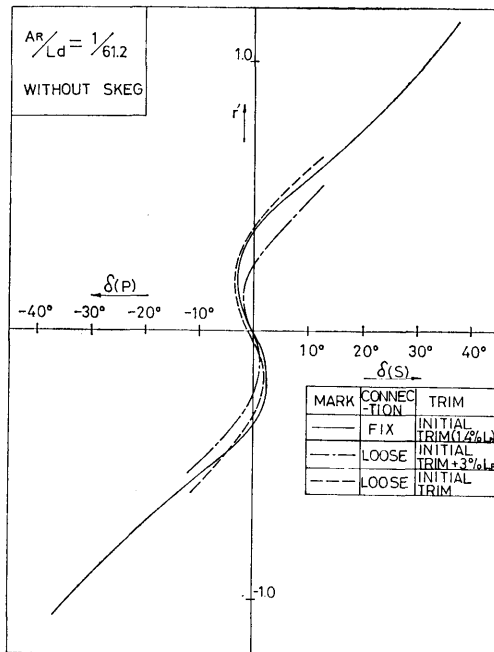


図-21  $r' - \delta$  曲線

ので、たいした影響はなく、船の中心より離れた船尾部の水中側面積が増加したので、当然の結果ではあるが、針路安定性は相当に改善されていることが判る。したがって、トリムの増加とスケグの取り付けの併用

により針路安定性は相当に改善されることが期待できる。

## 5. むすび

以上の結果を要約すると

- (1) 模型試験と実船試験の結果を比較すると針路安定性は模型船の方が稍安定側に出ている。
- (2) 舵面積を現在のものより多少増加しても操縦性能はほとんど改善されない。
- (3) スケグⅡをつけたときは模型船では針路安定性は不安定領域がほとんどなくなる程度にまで改善されるが、旋回性は若干劣化する。ただし(1)の事実より実船では多少の不安定領域が残る可能性はある。
- (4) 連結状態の変化の影響はフェンダー材の選択が適当でなかったために操縦性能に及ぼす影響はほとんどあらわれなかった。
- (5) 押船のトリムを増加させることによりかなりの針路安定性の改善が期待できる。

## 参 考 文 献

- 1) L. Wagner Smitt. "THE REVERSED SPIRAL TEST" HYDRO-OG AERODYNAMISK LABORATORIUM REPORT No. HY-10 May 1967
- 2) 志波久光「模型船による最適舵面積の研究」造船学会論文集第105号 昭和44年7月