

(昭和 44 年 11 月日本造船学会秋季講演会において講演)

ある進路不安定船におけるスケグ 及び舵数の効果について

正員 川 野 浩 一*

On the Effects of the Skeg and the Number of Rudders of Certain Course-unstable Ships

By Koichi Kawano, *Member*

Summary

This paper reports the results of manoeuvrability experiments (spiral and zig-zag tests) of three small tankers, which are course-unstable. Experiment were carried out those with or without skeg, and with single or twin rudders.

The major conclusions obtained are :

1. The effect of skeg is notable. The skeg of which area is about $Ld/45$ reduces the spiral loop width from $9\sim 10^\circ$ to $1\sim 2^\circ$.
2. The difference between single rudder and twin rudders is not so larger, as far as the results of experiments concerned. However, the ship with twin screws and twin rudders is better than other ships, when steering near the wharf.
3. Even if an unstable loop exists in $\gamma'\sim\delta$ curve, steering ship is not always difficult, and $2\sim 3^\circ$ is allowable in the case of these examples with $\frac{V}{L}=0.09\sim 0.1$ (1/sec).

But steering ship becomes difficult when the spiral loop width is over than $9\sim 10^\circ$.

4. In conclusion, ships of these types with twin screws, twin rudders and skeg are best in steering.

1 緒 言

進路不安定による操船困難は間々見受けられる所であり、そして、これを改善する手段として、スケグ又はフィンの装着、あるいは舵面積の増大等の方法がとられているが、その実例の技術的報告については村田、多田納の小型鋼船に関するもの¹⁾があげられる程度で少いようである。

筆者は今般スケグの有無、舵数等に差異のある、そして著しい操船困難が経験された同型小型タンカー 3 隻について操縦性試験 (スパイラル試験, Z 試験) を試み、その影響を調査すると共に、通常の技倆を有する操舵員が著しい操船困難を覚えるに至る不安定ループ幅の限界についても一つの資料を得たと考えるので併せて報告したい。

2 実 船 要 目 等

試験を行なつた船は A-7, A-8 及び A-9 の 3 隻 D. W. 500T の同型タンカーである。いずれも 2 軸船 (推進器回転方向は外廻り) であるが、A-7 はスケグなし 1 舵, A-8 はスケグなし 2 舵, A-9 はスケグ付 2 舵である。A-7 は後、改造によりスケグを装備した。これら 3 隻の主要目を第 1 表に、船尾形状を第 1 図に示す。舵面積は 1 舵の場合 $Ld/36.2$, 2 舵の場合、合計で $Ld/36.9$ ではほぼ等しく、この程度の船としては普通の大きさと考えられるが、船尾のカットアップが大きく満載状態ではいずれも進路不安定となり、特にスケグのない A-7 (改造前), A-8 では著しい。スケグは約 $Ld/45$ の面積で中心線装備である。なお、A-7 の 1 舵は上下両端に舵厚の

* 防衛庁海上幕僚監部

Table 1 Particulars of Ships

Name of Ship		A-7	A-8	A-9
L_{WL}	(M)		42.70	
B	(M)		7.80	
d	(M)		3.06	
Δ	(T)		716	
C_b			0.690	
L/B			5.48	
∇/L^2d			0.126	
Main Engine			200PS×2	
Propeller	R. P. M.		400	
	$D \times P$ (M)		1.38×0.92	
	No. of Prop.		2*	
	No. of Blades		3	
Rudder	A_r	3.61 M ² ×1	1.77 M ² ×2	
	A_r/Ld	$Ld/36.2$	$Ld/36.9$	
Skeg Area (M ²)		After Converted 2.9	—	2.9
Steering Engine		Manual		Electric

* Direction of Revolution is outward.

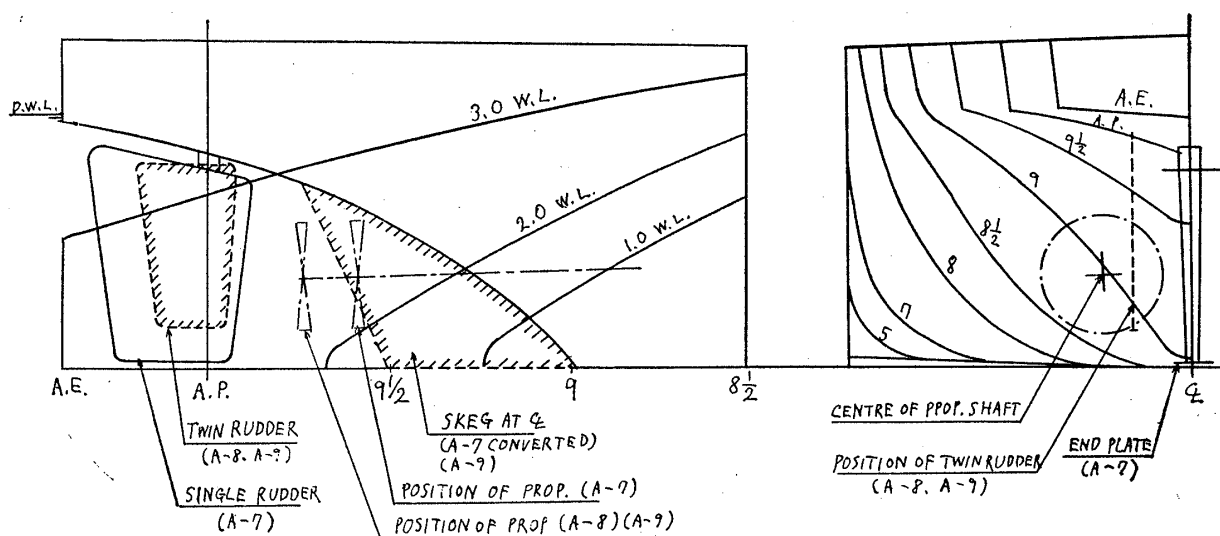


Fig. 1 Lines

約3倍の幅をもつ端板を付けている。従つて有効舵面積は約1.15倍(1/31.5)位になっていると考えられる²⁾。

3 試験の手順と結果

スケグの有無と、1舵、2舵の計4種の組合せに対して15度Z試験とスパイラル計験を行なつた。

試験状態と結果を第2表に示す。操船上問題のある満載状態を主とし、A-7、A-9は軽荷状態も実施したが、各船の喫水には多少の差異がある。

計測は本船装備の磁気コンパスと秒時計によつた。即ち、スパイラル計験では回頭角速度が安定したことを確認の後、1分間の回頭角を読みとつて記録した。舵角が左右10度の範囲では2~2.5度間隔、それ以上の舵角では5度間隔で回頭角速度の計測を行なつた。

Z試験では15度Zを行なつた関係から原針路から左右15度回頭したときの時刻、原針路を通過したときの

Table 2 Condition of Ships and Results of Tests

Cond. of Ships	Name of Ships	No. of Rudder	Skeg	Draft		Speed (Kt)	15° Zigzag Test					Spiral Test		35° Turning Test*			
				d_f (M)	d_a (M)		No. of Test	K'	T'	ψ_{os} (deg.)	T_L (sec.)	ϕ_{os}/T_L	loop width (deg.)	r'	D_A/L	D_T/L	Time of 180° Turn- ing (sec)
Full Load	A-7	1	without	3.17	3.02	7.68	4	2.63	4.09	24.4	24.7	0.99	10	0.54	2.12	1.90	44.1
	A-7	1	with	2.98	2.95	7.58	2	1.52	2.64	11.5	17.5	0.66	1	0.25	—	—	—
	A-8	2	without	3.04	3.04	8.70	3	2.42	3.53	21.4	23.0	0.93	9	0.58	2.15	1.96	51.3
	A-9	2	with	2.88	2.85	7.65	4	1.83	2.96	18.2	18.8	0.97	2	0.38	2.25	2.21	63.1
Light	A-7	1	without	0.50	2.40	9.73	2	1.70	0.70	5.5	5.5	1.00	0	0	—	—	—
	A-8	2	with	0.50	2.02	9.73	2	1.45	1.02	5.5	6.8	0.81	0	0	—	—	—

* Results of 35° Turning Test are mean value of port and starboard turning, and drafts are 3.01~3.05 metre even keel.

時刻, 及び最大回頭角を示した時の時刻と回頭角を読みとつた。

推進器回転数はすべて 380 R. P. M. とし, 試験前に整定させて実験し, 試験終了後標柱間一往復の速力試験を行なつて速力を計測した。船底汚損状態の差異等により速力に若干の差が見受けられる。スパイラル試験で得られた回頭角速度及び操縦性指数の無次元化にはこの直進航走時の速力を使用している。このようにして得られた $r' \sim \delta$ 曲線を第 2~7 図に, また不安定ループ全幅の値を第 2 表に示した。

操縦性指数は連立方程式法で求め, 参考のために Over Swing Angle (ψ_{os}) 及び Course Change Lag (T_L) も第 2 表に併記した。これらの値はこの表に示した試験回数 of 平均値である。試験方法は精度上必ずしも十分ではないが実験回数を増してこの点をできるだけカバーするようにつとめたから平均値でみると大体首肯し得るものである。なお, T_L は T に比例した値であり, ψ_{os} は K と T の積に比例するからこれを T_L で除した ψ_{os}/T_L は K に比例する値である⁸⁾。

第 2 表には参考のために本船竣工時に実施した 35 度舵角の旋回試験成績も併せて掲げてある。

4 結果の考察

本船型は 35 度舵角旋回試験の D_A/L , D_T/L から分るように旋回半径が極めて小さく即ち旋回力が非常に強く, 反対に進路安定性, 追従性の悪い船型であるがこれがスケグの有無, 舵数によつていかに変化しているかについて検討してみる。

4.1 スケグの効果

a) 1 舵の場合

第 2 図から分るように不安定ループ全幅が舵角で 10 度もあつたものがスケグの取り付けにより 1 度に激減した。操縦性指数も K' で 2.63 から 1.52 に, T' で 4.09 から 2.64 に減少し旋回抵抗がかなり増加したことが分る。この場合は A-7 を改造してスケグを付けたものであるが操舵機が人力油圧式であることも関係して原型では保針が極めて困難であつたがスケグ装着後は操舵員の言によれ

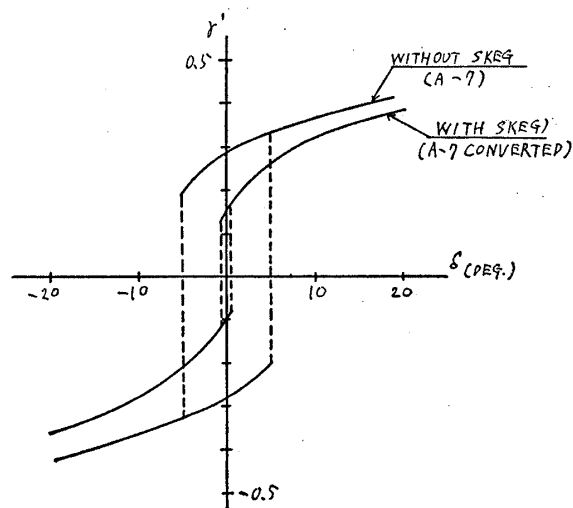
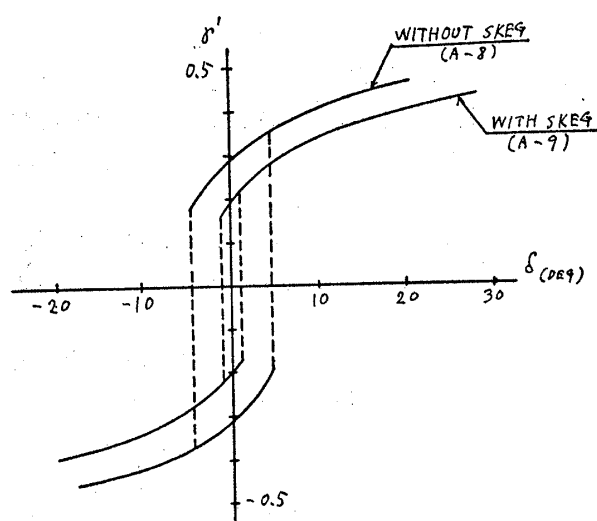
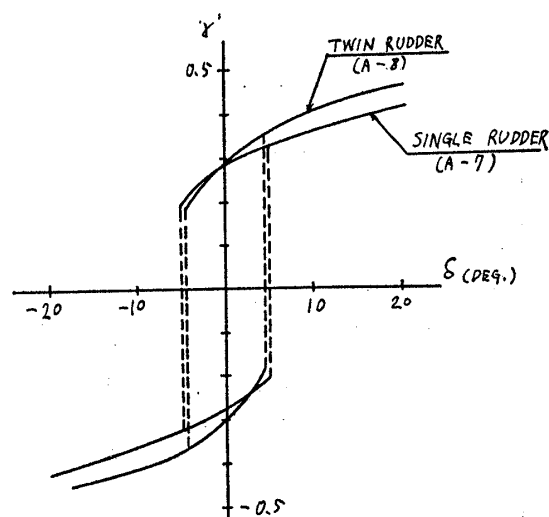


Fig. 2 $r' \sim \delta$ Curves for Single Rudder


Fig. 3 $r' \sim \delta$ Curves for Twin Rudder

Fig. 4 $r' \sim \delta$ Curves for without Skeg

ばほぼ満足な状態である。

b) 2 舵の場合

これは A-8 と A-9 の比較であり、第3図に $r' \sim \delta$ 曲線を示す。この場合も1舵の場合と同じくスケグの採用により不安定ループ全幅が9度から2度に減少している。 K' , T' もそれぞれかなり減少していることが第2表から分る。スケグの大きさは1舵の場合と同じであるが、不安定ループ幅の減少量、 K' , T' の減少量等が1舵の場合より少くないのは2舵の中の一方の舵即ち旋回中心側の舵がスケグの作った渦流により効果を減じているのではなかろうか？ A-8 も操船にはかなり困難を感じているが A-9 は A-8 に比べて進路安定性がよい上に電動油圧式操舵機を装備しているから操船しやすい。

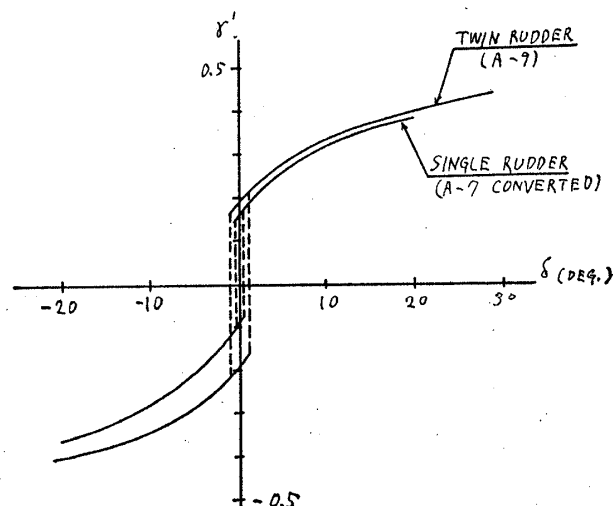
4.2 舵数の影響

a) スケグのない場合

これは A-7 改造前と A-8 の比較であり、第4図に $r' \sim \delta$ 曲線を示す。この図から明らかなように2舵の A-8 の方が r' が大きいがループ幅はやや小さい。2舵の方が旋回抵抗は小さいようである。一方 K' , T' は2舵の方が小さく、又35度舵角の旋回試験の結果も2舵の方が K' は小さい。即ち、Zと旋回の方からは2舵の方が旋回抵抗が大きいと考えられ、スパイラル試験の結果と相反している。これは、スパイラル試験のような定常状態では本船型は2軸船であるから2舵の場合舵に当る斜流がプロペラレースの影響で整流されて抵抗を弱める作用をするのに反し、非定常なZ試験や、35度のような大舵角ではプロペラレースが逆に舵の有効度を増大させると考えられないであろうか？ この付近は今後更に研究すべき所と考えられるが、ともあれ、 $r' \sim \delta$ 曲線上のこの程度の差では操船上の優劣は決め難く、いずれも保針性が悪いが、実際の操船は K' , T' の小さい A-8 の方が若干よいようである。これは結局2舵の方がプロペラレースの中に舵が入り、操舵に対する応答が早いこと、及びいずれも人力油圧操舵機であるが、2軸の方が操舵トルクが小さいことによると思われる。

b) スケグがある場合

これは A-7 改造後と A-9 の比較であり、 $r' \sim \delta$ 曲線を第5図に示す。右旋回と左旋回で若干アンバランスが見られるが、全体としてはスケグがない場合と同じく2舵の方が r' が大きい。この理由は前述と同じくプロペラの整流作用によると考えられるが、 K' , T' が大きくなったのは先きにも述べたよう


Fig. 5 $r' \sim \delta$ Cur sevfor with Skeg

に一方の舵の効果がスケグのために減少したためかと思われる。 $r' \sim \delta$ 曲線及び K' , T' からでは1舵の方が操船し易いように考えられるが、この場合も実際は2舵の方が保針し易いようである。この辺の事情を具体的に示すには15度Zの指数では無理のようであり、不安定ループ幅が1~2度であるから5度位の小舵角試験をやればよいのかも知れない。また、その場回頭等の前進速力のない時の回頭力の発揮の点でもプロペラレース中で舵が作動する2舵の方が優る事実は離着岸時にしばしば経験された。

第6図は満載状態の以上すべての $r' \sim \delta$ 曲線を一括したものであり、スケグの効果がよく分る。

4.3 軽荷状態

軽荷状態における $r' \sim \delta$ 曲線は第7図のようでスケグの有無や舵数の差は殆んどない。これは大きい船尾トリムのため旋回抵抗が非常に大きくなっていること、2舵のA-9の方が1舵のA-7より舵の発生する旋回モーメントが大きいと思われるが、A-9にはスケグがあつて旋回抵抗も増加しており、これらが重つて結局同じような $r' \sim \delta$ 曲線が得られたものと思われるが、船尾喫水もかなり違つているので正確な比較は難しい。しかし、いずれにせよ軽荷状態では K' 及び T' の小さいことから分るように操船上の問題はない。

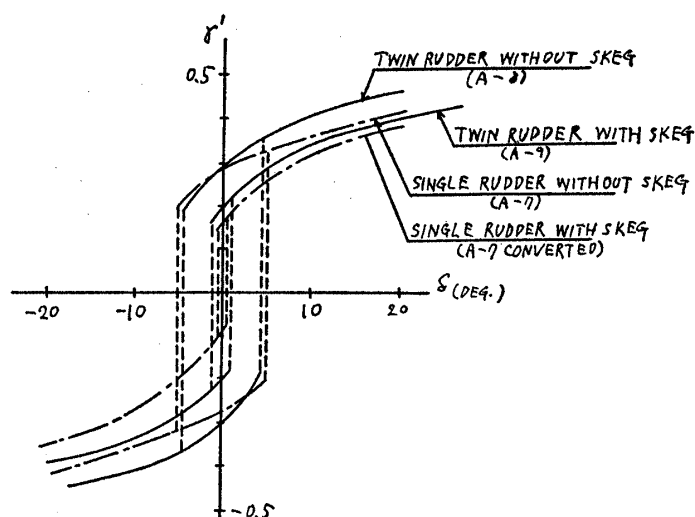


Fig. 6 $r' \sim \delta$ Curves in Full load Condition

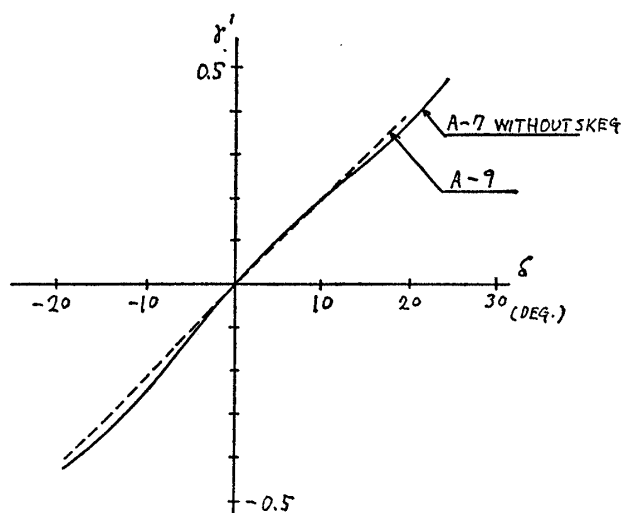


Fig. 7 $r' \sim \delta$ Curves in Light Condition

5 結 論

以上を総合すると、

- (1) スケグの効果は顕著であり、不安定ループ全幅 9~10 度あつたのが $Ld/45$ 程度の面積のスケグ装備により 1~2 度に減少した。
- (2) 本船型の場合、1舵と2舵の性能上の差異は余り見られないが、実情は2舵の方が保針は多少楽のようであり、また離着岸等の際、前進速力のないまま回頭力を発揮できるという点で2軸2舵の操船上の便利さは無視できないものがある。
- (3) $r' \sim \delta$ 曲線において、不安定ループがあつても必ずしも操船困難ではなく、問題はその程度であり、本船型程度の $V/L = 0.09 \sim 0.1$ の船では保針可能な不安定ループ幅は 2~3 度位迄は許し得るようである。しかし、9~10 度になると著しい操船困難におち入る。
- (4) スパイラル試験のような定常状態ではプロペラレースの整流作用で舵の旋回抵抗は減少するようである。また、2軸2舵の場合スケグがあるとその大きさにもよると思われるが一方の舵の有効性が減少することが考えられる。
- (5) 本船型では2軸2舵スケグ付が操船上最良と考えられる。

この研究に関して、終始懇切なご助言をたまわつた大阪大学野本助教授及び多田納久義氏に対し厚くお礼申し上げます。また実験に協力して頂いた海上自衛隊横須賀、佐世保両地方総監部技術部の方々及び本実験を支援し

て下さった海上幕僚監部の方々にも謝意を表する次第です。

参 考 文 献

- 1) 村田良雄・多田納久義：小型鋼船の進路不安定とその対策，関西造協誌第113号（昭39.5）
 - 2) 川崎重工：肥大タンカー船型の操縦性と特殊舵の効用，川崎技報第31号（1967.10月）
 - 3) 川野浩一・村田良雄・松岡史香・安井三郎：操縦性試験における実船模型船の相関実例，造協論文集第113号（昭38.6）
-