

プロペラの回転方向変化が推進性能に およぼす影響について

横尾 幸一*・川上 善郎*

Investigation into the Effect of Direction of Propeller Rotation upon the Propulsive Performance of Ships

By

Koichi YOKOO and Yoshiro KAWAKAMI

Summary

Almost all of twin screw ships have been propelled by outward-rotating propellers for a long time. But there is not definite reason to show the superiority of the outward-turning propellers to the inward-turning propellers. Therefore, in order to know the effect of direction of propeller rotation upon the propulsive performance, several experiments have been carried out, with varying the principal particulars of the model ships, bossing angles to the hull surface, and bossing shapes.

The main results obtained from the tests are as follows:

- 1) Bossing shape symmetrical to the bossing center line shows the better propulsive performance.
- 2) Proper angles of bossing center line to the hull center plane seems to be about 20° for the inward rotating propellers, and about 60° for the outward rotating propellers.
- 3) In the range of the tests, inward rotation of propellers showed the better propulsive performance, independent of principal particulars of model ships.
- 4) Superiority of inwardly rotating propellers was clarified from the wake survey by 5-hole pitot tubes.

1. 緒 言

現在までに運航している2軸船の大部分は、外回りプロペラで運転されていて、2軸船は外回りプロペラで動かされることが常識的になり、長い間そのことに疑いを抱かなかつた。それには、いままで1軸船が船のほとんどを占めていたことにも原因があった。しかるに最近の船舶の巨大化・高馬力化は、1軸あたりに吸収できる馬力に限度のあることから、必然的に多軸化の方向に向かっている。

外回りが良いか、内回りが良いかは、当然、その船型、ブラケットあるいはボッシングの形状等に深い関

係をもつわけであり、そのことは、“船型学”¹⁾、“Principles of Naval Architecture”²⁾等にも述べられているが、詳細な実験結果は与えられていない。そこで、現在の最も代表的と思われる船型として、大型タンカーおよび大型コンテナ船をえらび、外回りプロペラと内回りプロペラについて、その推進性能の比較を調査してみた。

その内容は、大別すると、ボッシングに関連しての試験および船体主要目を変化させた場合の優劣に関する試験である。

2. ボッシング形状の影響

2.1 ま え が き

2軸船型のボッシング形状の推進性能におよぼす影

* 推進性能部 原稿受付：昭和49年1月11日

響の調査は Wageningen Tank で行われており、形状の推進性能におよぼす差は大きくないが、取付け軸に対し対称形のものが良いと述べられている²⁾。この時代の船型にくらべて、最近の大型肥大船は、船尾の流れが複雑になり、それがそのままではまるかどうかに多少の疑問がある。また、プロペラの回転方向を変化させて、ボッシング形状の推進性能におよぼす影響を調べた資料は皆無である。そこで、タンカー船型について、ボッシング形状を変えるとともに、プロペラの回転方向を変化させた試験を行い、ボッシング形状とプロペラ回転方向の組合わせの推進性能におよぼす影響を調査した。

2.2 模型船および試験状態⁴⁾

主要目を表 1 に、正面線図を図 1 に示したタンカー模型について、ボッシング取付け部中心線と船体中心線とのなす角を 45° の一定とし、取付け部をその中心線に対称になるようにしたもの (M.S. 0054) および取付け部を上記中心線より外側上方によせたもの (M.S. 0081) と内側下方によせたもの (M.S. 0082) 一すなわち、ふくらませ方が中心線に対して対称でなくなる一についてプロペラの回転方向を変えて試験した。使用した模型プロペラ M.P. 0015 の要目を表 2

表 1 M.S. 0054, 0081, 0082 の主要目
(タンカー、ボッシング形状の影響)

MODEL SHIP	0054	0081	0082
L _{pp} (m)		9.0000	
B (m)		1.5652	
d (m)		0.5115	
C _B		0.847	
C _P		0.852	
C _M		0.994	
k _{CB} (% of L _{pp})		-2.55	
L _{pp} /B		5.75	
B/d		3.06	
▽ (m ³)		5.1035	
S (m ²)	20.5751		20.5741

表 2 M.P. 0015 の要目 (タンカー)

M. P. NO.	0015 ^R
DIAMETER (m)	0.1893
BOSS RATIO	0.170
H/D (CONSTANT)	0.804
E. A. R.	0.443
B. T. R.	0.053
ANGLE OF RAKE	0°
NO. OF BLADES	5
BLADE SECTION	M.A.U.

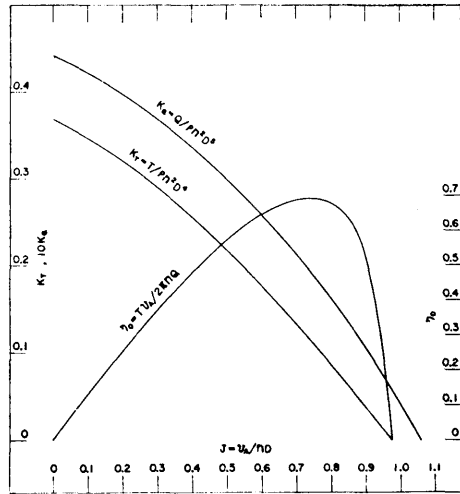


図 2 M.P. 0015 の単独性能 (タンカー)

に、単独性能を図 2 に示す。

2.3 試験結果

M.S. 0081 および M.S. 0082 についての試験結果のうち、自航要素を図 3 に示す。これによると、ボッシング取付け部を外側上方にした M.S. 0081 の場合、プロペラの回転方向を外回りから内回りに変えることにより、 w_T は、 $F_n=0.14$ 付近で約 10% 高くなり、 $1-t$ はやや低下を示したとはいえ、推進性能上有利になった。一方、取付け部を内側下方にした

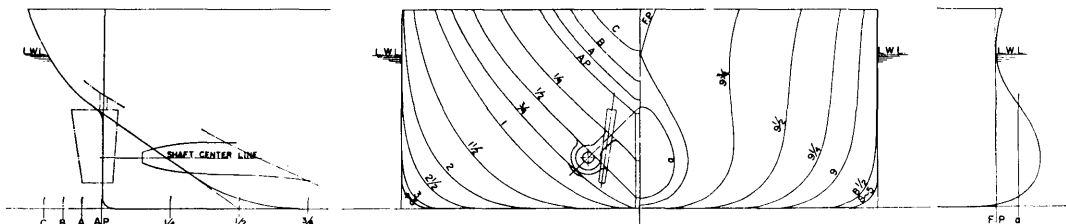


図 1 M.S. 0054 の正面線図および船首尾形状 (タンカー)

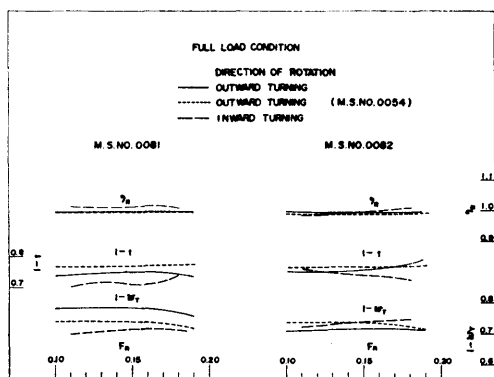


図3 ボッシング形状の自航要素におよぼす影響 (タンカー)

M.S. 0082 の場合は、プロペラを内回りにすることにより、 w_T は若干低く、 t は若干高い値を示し、全体として考えると不利になっている。

プロペラ回転方向の変化に伴って生じた自航要素の差は、ボッシング形状のちがいが原因となっていることは明らかであると思われるが、このことを船尾流れの上で調べるために、楕型ピトー管を使用して、満載状態、 $F_n=0.14$ における伴流分布を測定した。その結果を図4に示す。なお、図中点線で示されているのがボッシング形状である。これをみると、ボッシング取付け部よりもむしろ上方に伴流の集中領域がみられる。このことは、ボッシングが船底より上方に向かう流れをせき止める作用をしていることを考慮すれば当然のことといえるかもしれない。また、ボッシングの取付け方により、ある程度伴流分布の差異が生じている。残念ながら、5孔管での伴流計測を行っていないので、プロペラ回転方向と関連づけての説明はできない。

3. ボッシング取付け角度と推進性能との関係

3.1 まえがき

ボッシングの船体への取付け部は船体に対してある角度をもっていて、この角度が異なるとプロペラの回転方向の推進性能 (主として伴流係数) 上におよぼす影響のしかたが異なることは、その試験結果の一例がすでに発表されている⁵⁾。すなわち、30万トンタンカーおよび1.3万トン貨物船について、それぞれボッシングの取付け角度を変えたとき、プロペラの回転方向による馬力の差として、図5に示すような結果が得

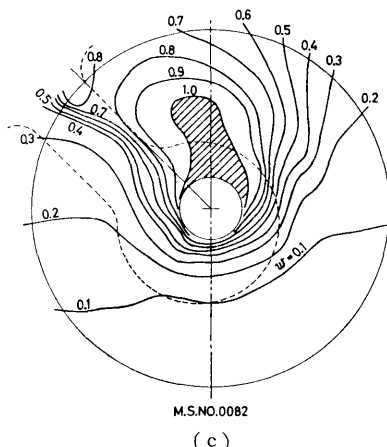
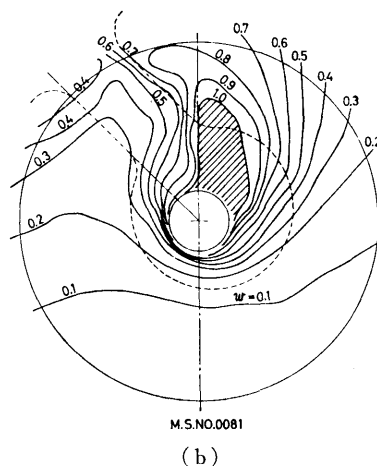
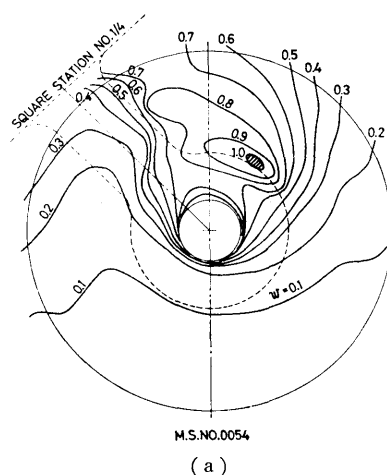


図4 ボッシング形状の伴流分布におよぼす影響 (タンカー)

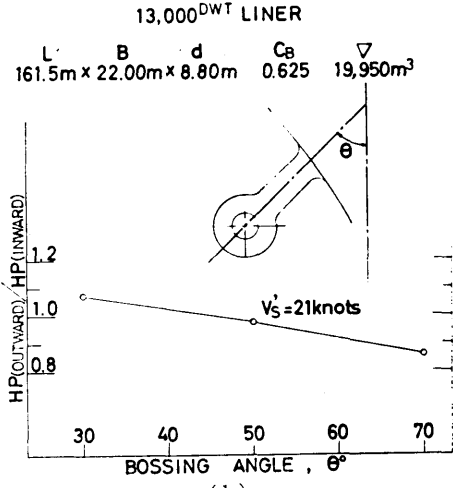
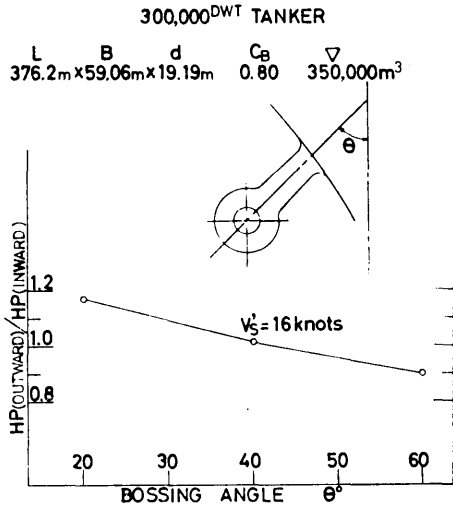


図 5 ボッシング取付け角度の馬力におよぼす影響⁵⁾

表 3 M.S. 0134, 0108, 0135, 0136 の主要目 (コンテナ船, ボッシング取付け角度の影響)

MODEL SHIP	0134	0108	0135	0136
BOSSING ANGLE	0°	18°	36°	58°
L _{PP} (m)	8.0000			
B (m)	1.0000			
d (m)	0.3333			
C _B	0.56			
C _P	0.57			
C _M	0.98			
l _{CB} (% of L _{PP})	2.40			
L _{PP} /B	8.00			
B/d	3.00			
∇ (m ³)	1.5229	1.5221	1.5228	1.5243
S (m ²)	10.2983	10.2866	10.2937	10.2822

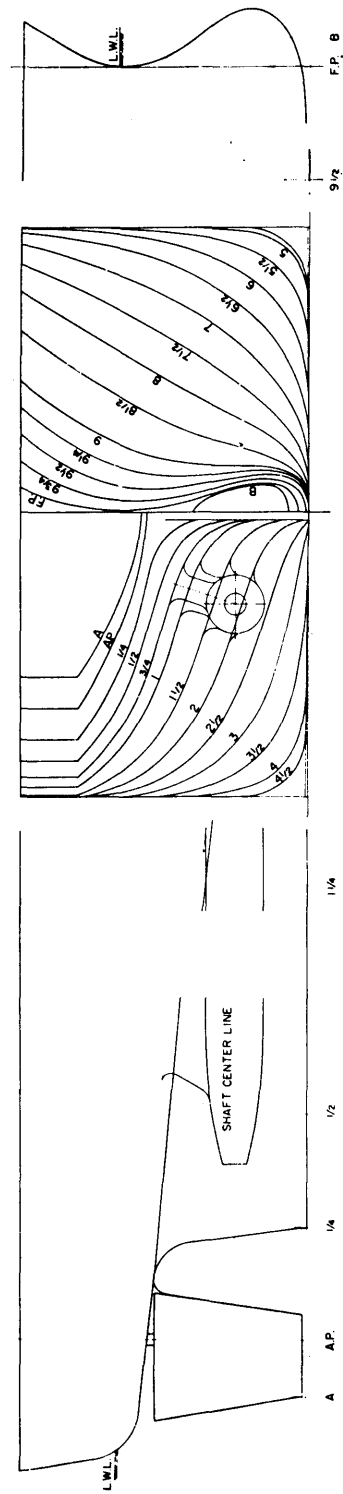


図 6 M.S. 0108 の正面線図および船首尾形状 (コンテナ船)

られている。これによると、いずれの場合も取付け角度 $20^{\circ} \sim 30^{\circ}$ においては内回りが外回りにくらべて約 $16 \sim 18\%$ 低く、 45° 付近ではほぼ一致し、さらに 60° 位になると逆に内回りが外回りにくらべて約 10% 高い値を示している。

最近の大型コンテナ船の場合には、船尾形状および船速がかなり異なるが、定性的には上記のような結果が得られるであろうことは容易に推察される。ただし、定量的には幾分異なる結果を与えるものと思われるので、大型コンテナ船の船型について、ボッシング取付け角度の変化が推進性能におよぼす影響を調査した。

3.2 模型船および試験状態

主要目を表 3 に、正面線図を 図 6 に示したコンテナ船模型について、ボッシング取付け角度をそれぞれ

れ 0° 、 18° 、 38° 、 58° に変化させて試験した。各角度のボッシング取付け図を 図 7 に示す。模型プロペラは、取付け角度 18° の場合に対して設計・製作されたものである (M.P. 0051)。その要目を表 4 に、単独性能を 図 8 に示す。

試験は満載状態のみで行われ、プロペラの回転方向を外回り、内回りにした場合の自航試験を行うとともに、5孔ピトー管を使用してプロペラ面での伴流計測を試みた。摩擦抵抗の計算にはシェーンヘルの式を用い、実船に対する粗度修正量としては0を採用した。また、乱流促進装置は当部常用のものを用いてある。

3.3 試験結果

行われた試験結果の一例として、フルード数 $F_n = 0.29$ についての馬力係数 p' がおよび自航要素すなわち $1-w_T$ 、 $1-t$ 、 τ_R を、取付け角度を横軸にして

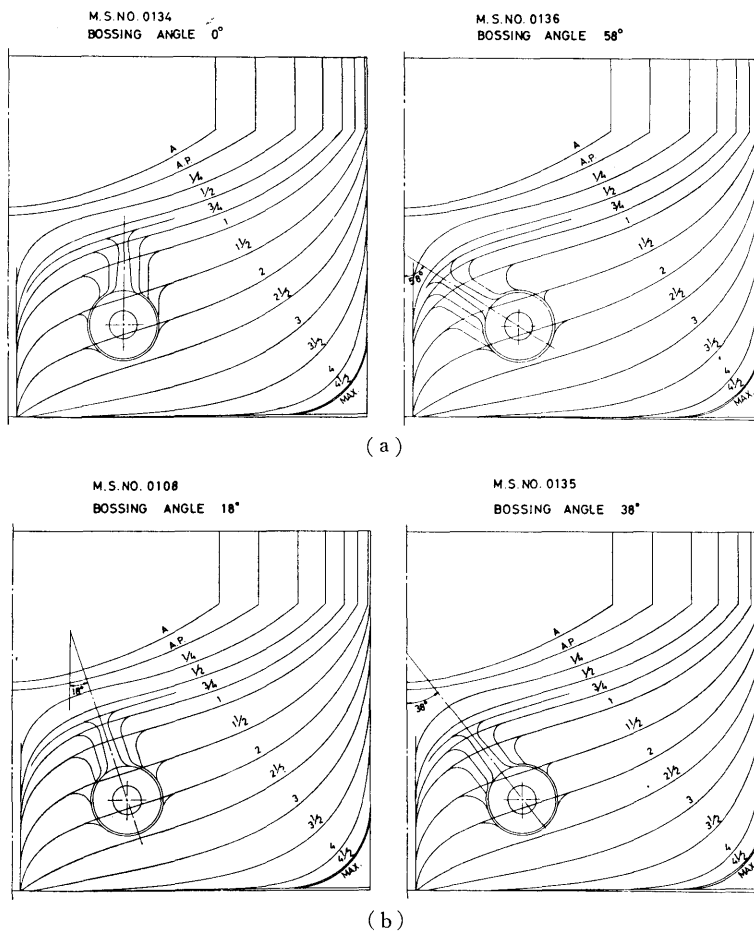


図 7 ボッシング取付け図 (コンテナ船)

表 4 M.P. 0051 の要目 (コンテナ船)

MODEL PROPELLER NO.0051 ^R	
DIAMETER (m)	0.1970
BOSS RATIO	0.180
PITCH (CONSTANT) (m)	0.2453
PITCH RATIO (CONSTANT)	1.245
EXPANDED AREA RATIO	0.8372
BLADE THICKNESS RATIO	0.0570
ANGLE OF RAKE	10°-0'
NUMBER OF BLADES	5
DIRECTION OF TURNING	RIGHT & LEFT HANDED
BLADE SECTION	MAU TYPE

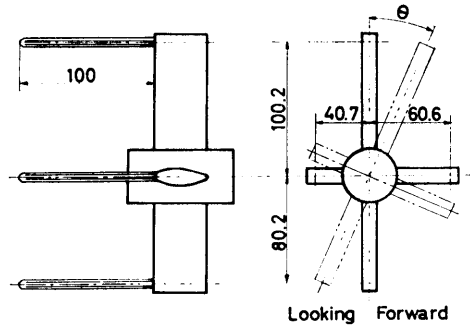


図 9(a) 4脚5孔ピトー管の形状

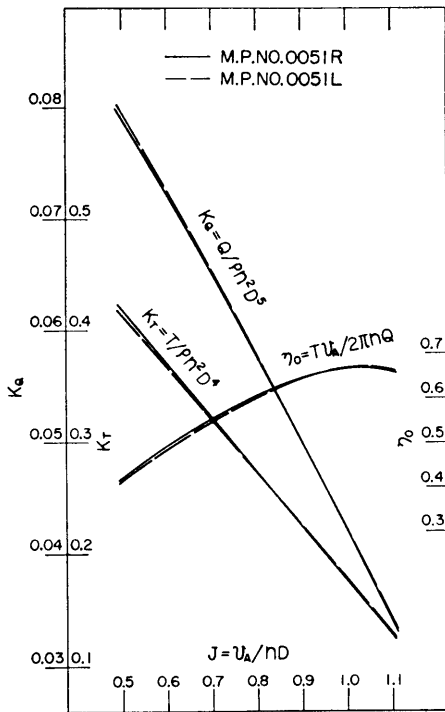


図 8 M.P. 0051 の単独性能 (コンテナ船)

図 9 に示す。

推進性能に着目して考えると、プロペラ回転方向によって取付け角度との関係が異なってくる。すなわち、外回りの場合は p' および $1-w_r$ の値は 0° の場合が高く、角度が増すと、どちらも減少している。一方、内回りの場合は逆に 58° の取付け角度において p' および $1-w_r$ もも最高の値を示している。 $1-t$ や η_R は、取付け角度やプロペラの回転方向のちがいはよっては、それほど大きく変化していない。

以上の結果は、船型は異なるとはいえ、むかし Luke や Baker が行った試験^{6),7)}と似たような結果を示し、また Schoenherr の実験式²⁾(図中細線で記入して

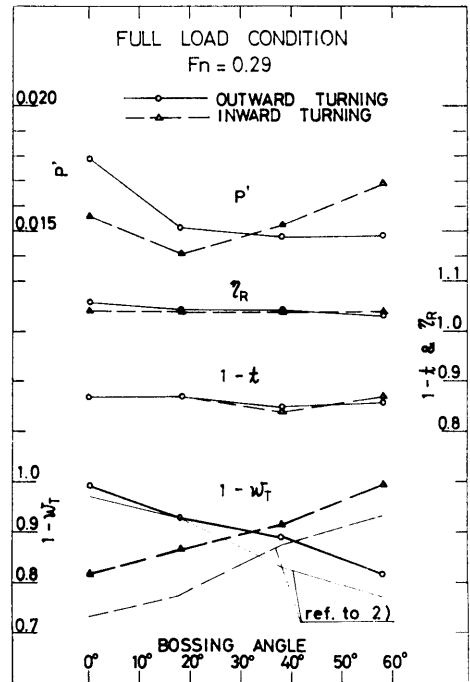


図 9(b) ボッシング取付け角度が p' および自航要素におよぼす影響 (コンテナ船)

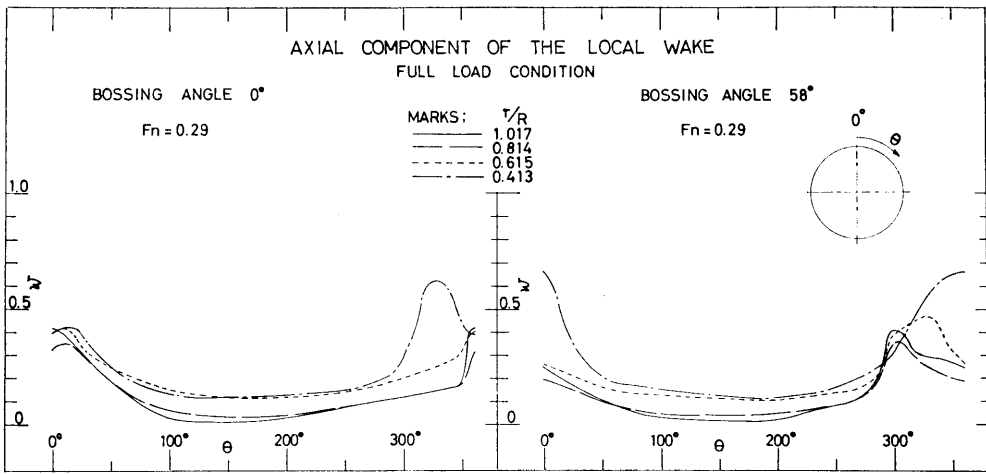
ある)と、数値は異なるが、取付け角度に対する傾向は正確に合っている。Schoenherr は、この原因について、舷側よりの流れと船底からの流れの大小により生ずる流れの傾斜のため、推進器翼の平均有効迎角が、取付け角度によって、回転方向に対して増減し、したがって見掛けの伴流が、それぞれの回転方向に対して変化するとしている。

以上のことは伴流計測結果によっても説明される。ボッシング取付け角と伴流との関係をいっそう明らかにするために、図 9(a) に示す 4 脚の 5 孔ピトー管⁸⁾

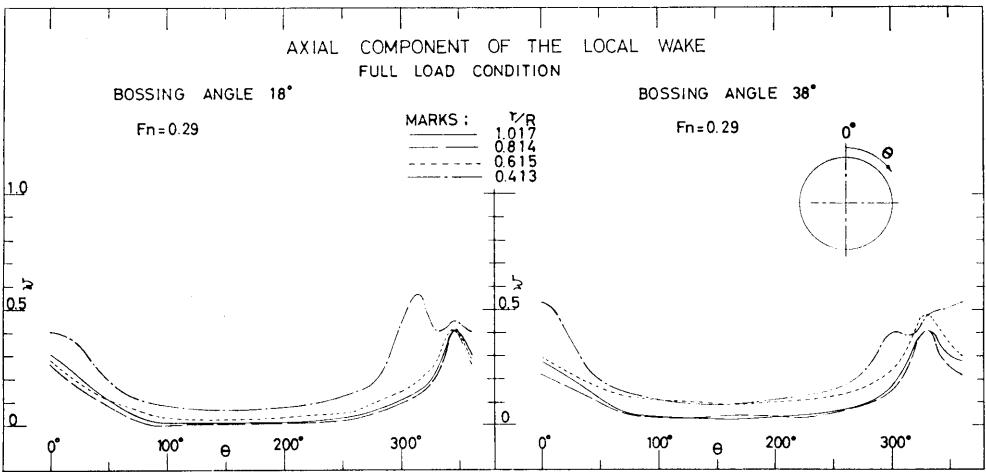
を用いて伴流計測を行った。計測は右舷側で行った。5孔ピトー管の計測位置として、 θ を 15° おきとした。この θ を横軸にしてそれぞれ、軸方向速度成分を 図 10 に、円周方向速度成分を 図 11 に、半径方向速度成分を 図 12 に示す。図中、 r/R の値は各5孔ピトー管の半径方向位置を表す。図 11 によると、 v_T/v_M の符号は (-) を後ろからみて時計回りの方向、(+) を反時計回り方向とすれば、切線速度成分 v_T/v_M は、ボッシングの取付け角度が 0° から 58° に変化すると、 θ が $150^\circ \sim 300^\circ$ 付近では (-) の領域が大幅に減少し、一方 θ が $0^\circ \sim 150^\circ$ 間の (+) の領域が増加して

いる。すなわち円周方向の速度成分としては平均してボッシング取付け角度が 0° のときは時計回り方向の成分が強いが、ボッシング取付け角度が 58° になると反時計回りの成分が優勢になってくる。

つぎに、伴流分布図を 図 13 に、プロペラ面への投影速度成分を 図 14 に示す。伴流分布は $0^\circ, 58^\circ$ とともに、ボッシング取付け部背後に歪んだような流れの分布がみられる。また、プロペラ面への投影速度成分は、 0° のとき船体の外側下方より内側上方に向かっており、かつ外側よりも内側(船体側)の方が相当大きい値をもつが、角度が増加すると様相が変わり、 58°



(a)



(b)

図 10 ボッシング取付け角度が軸方向速度成分におよぼす影響 (コンテナ船)

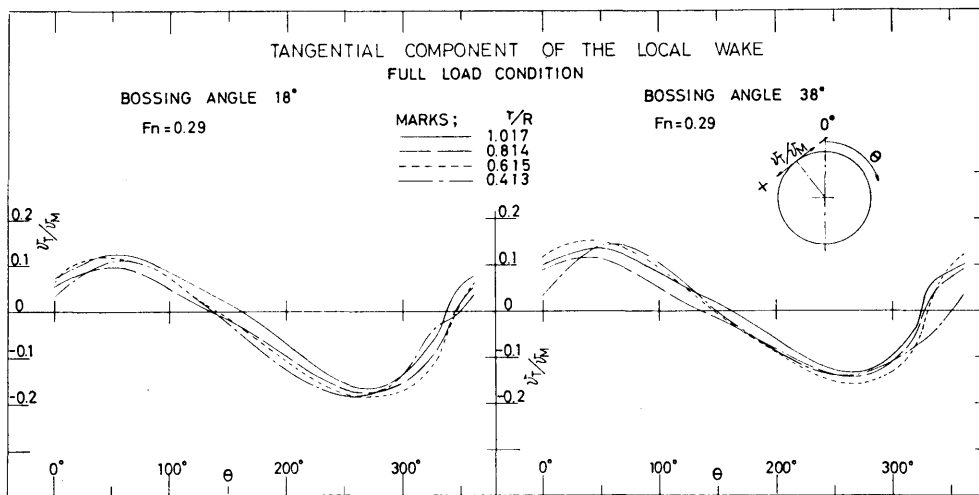
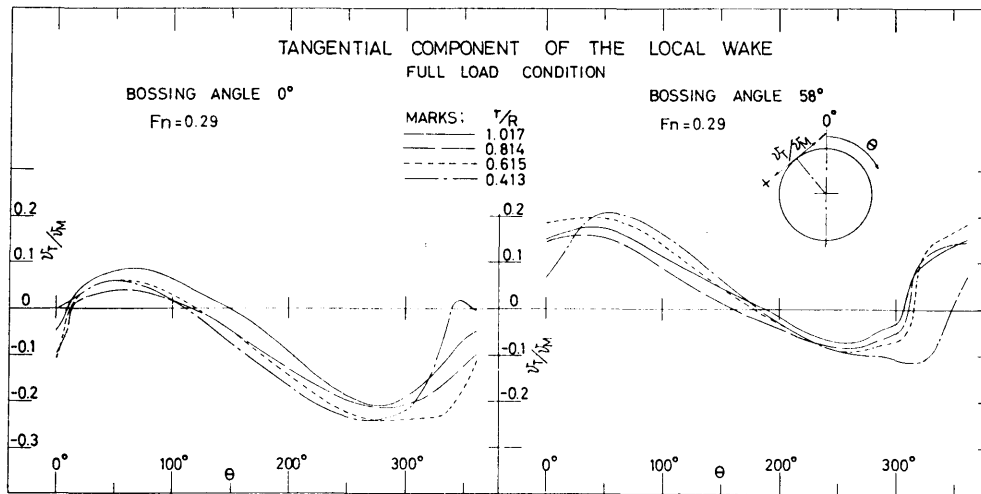
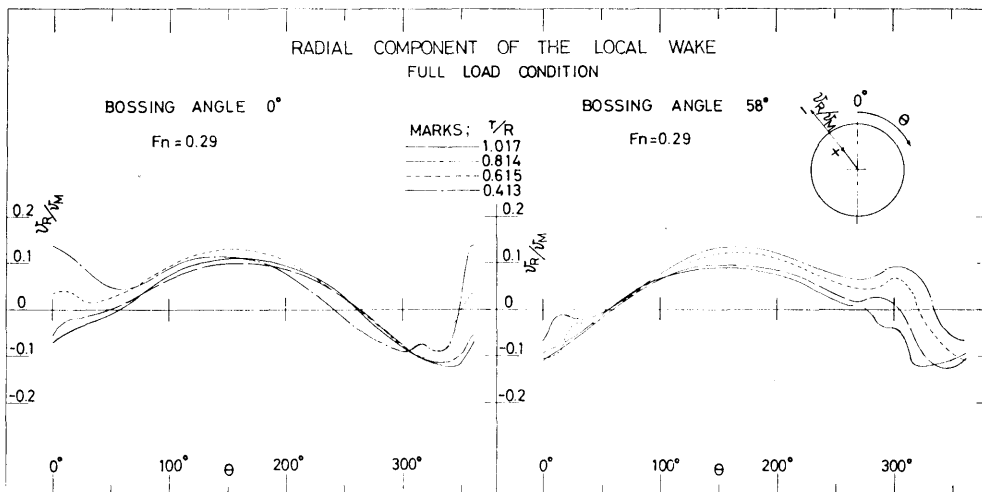
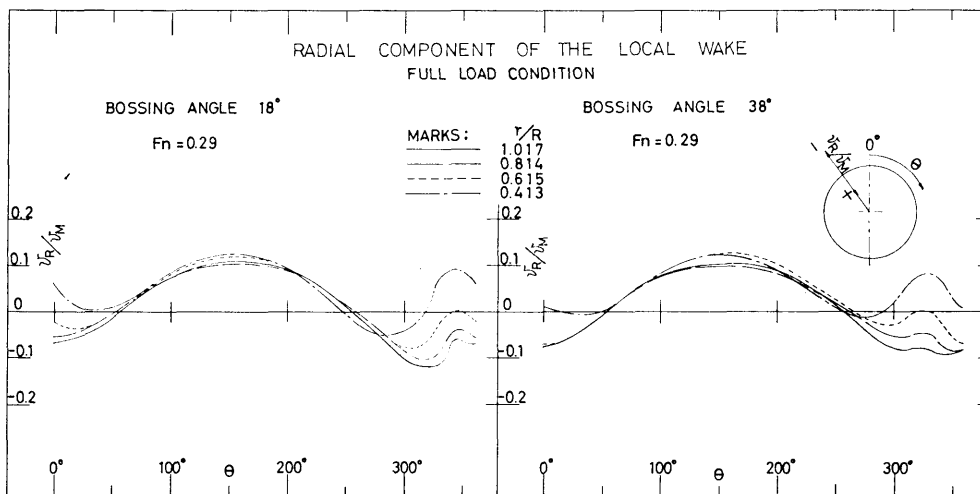


図 11 ボッシング取付け角度が円周方向速度成分におよぼす影響 (コンテナ船)



(a)



(b)

図 12 ボッシング取付け角度が半径方向速度成分におよぼす影響 (コンテナ船)

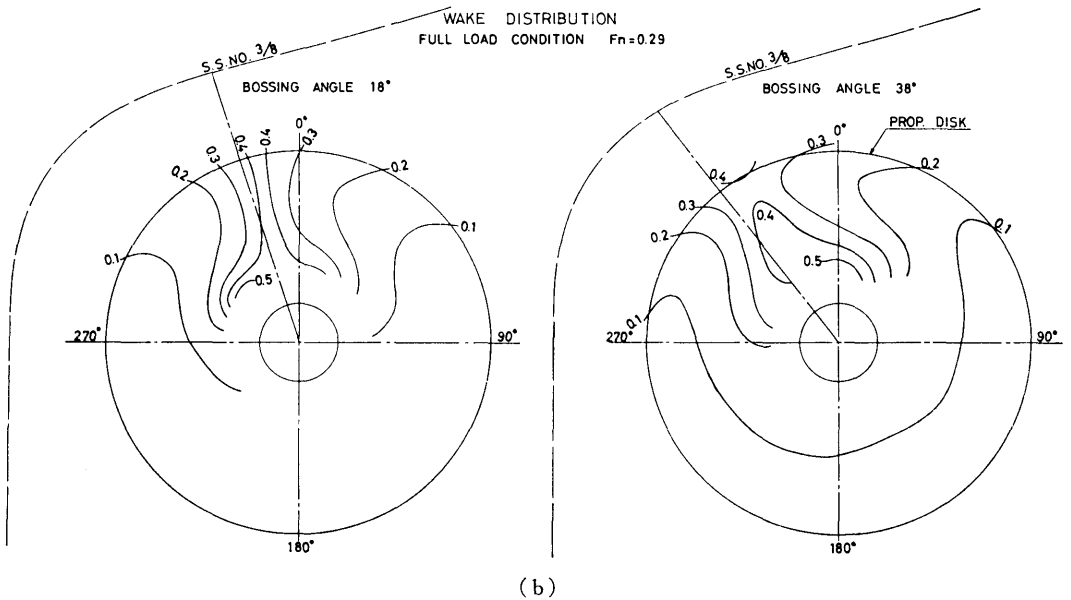
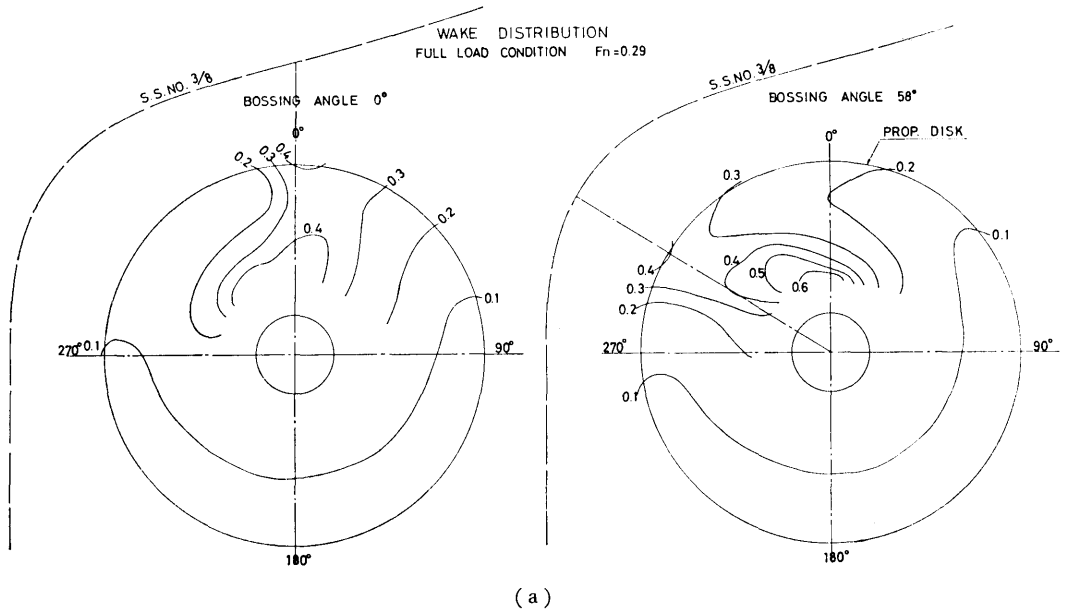


図 13 ボッシング取付け角度が伴流分布におよぼす影響 (コンテナ船)

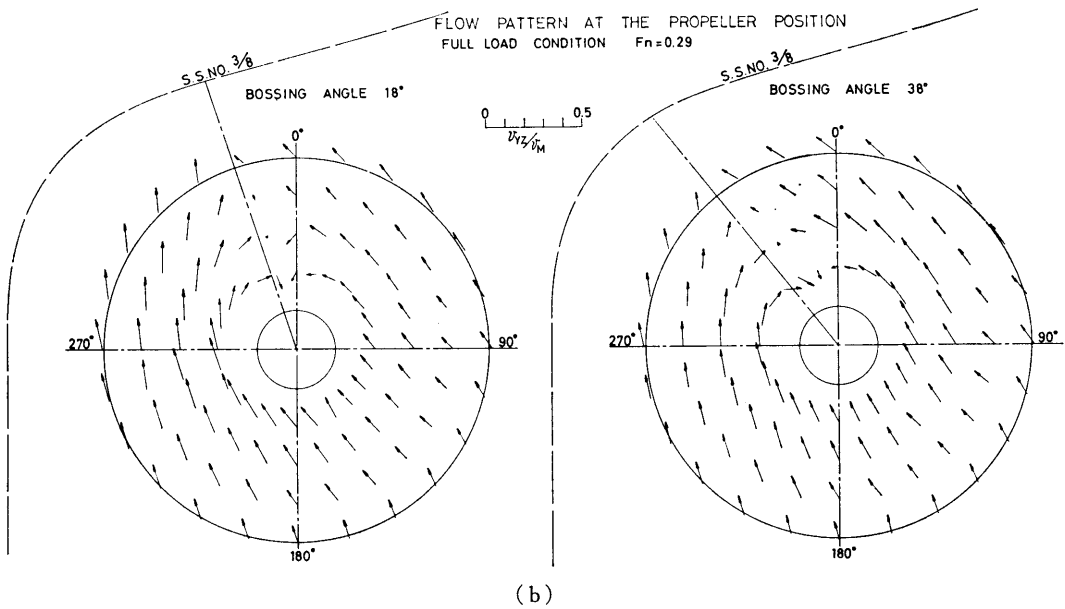
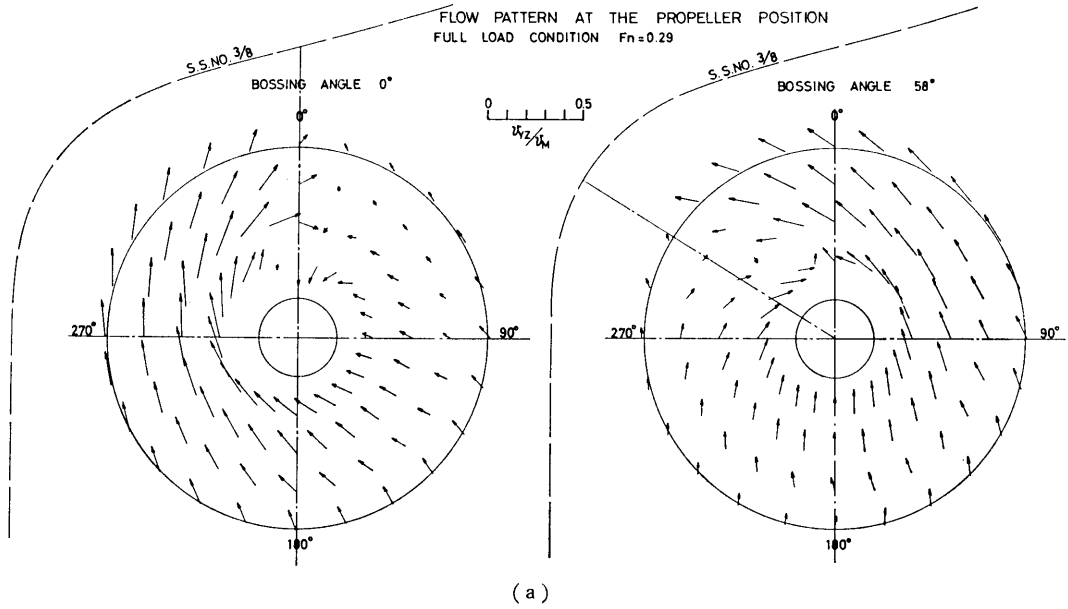


図 14 ボッシング取付け角度がプロペラ面への投影速度成分におよぼす影響 (コンテナ船)

の場合は下側より上方へ、さらに船体側に向かい、内側よりも外側の方がより大きい値を示している。

以上のことを考慮すると、ポッシング取付け角度 0° のとき、平均して円周方向の流速は時計回り方向（すなわち外回りになる）の成分が優勢であるが、角度の変化とともに変わり、 58° の場合は逆に反時計回り方向の成分（内回り）が強くなっていることがわかる。そして、これが上記自航試験結果、プロペラの回転方向を変化した際、現れる差異を説明するものと考えられる。

4. 船体主要目の影響

4.1 まえがき

正面線図が 図 1 および 6 に示されるような、代表的と考えられるタンカーおよびコンテナ船型について、主要目 (C_B , L/B 等) 変化の推進性能におよぼす影響を調査するに際し^{9),10)}、併せてプロペラ回転方向変化の影響も調査した。

4.2 タンカーによる模型試験

4.2.1 C_B および L/B の影響

表 5 M.S. 0122, 0123, 0124 } の主要目 (タンカー, C_B および L/B の影響)
 M.S. 0099, 0101, 0102 }
 M.S. 0145, 0146, 0147 }

MODEL SHIP NO.	0122	0123	0124	0099	0101	0102	0145	0146	0147
L_{PP} (m)	9.0000								
B (m)	1.6364	1.5000	1.3762	1.6304	1.5025	1.3910	1.6364	1.5000	1.3762
d (m)	0.6652	0.6098	0.5594	0.6628	0.6108	0.5654	0.6652	0.6098	0.5594
C_B	0.867			0.847			0.818		
C_P	0.872			0.851			0.822		
C_M	0.994								
Δ_{CB} (% of L_{PP})	-2.82			-2.58			-2.53		
L_{PP}/B	5.50	6.00	6.54	5.52	5.99	6.47	5.50	6.00	6.54
B/d	2.46								
∇ (m^3)	8.4984	7.1407	6.0103	8.2345	6.9940	5.9945	8.0211	6.7421	5.6751
S (m^2)	23.9858	21.9986	20.1661	23.7572	21.8915	20.2723	23.0594	21.1654	19.4186

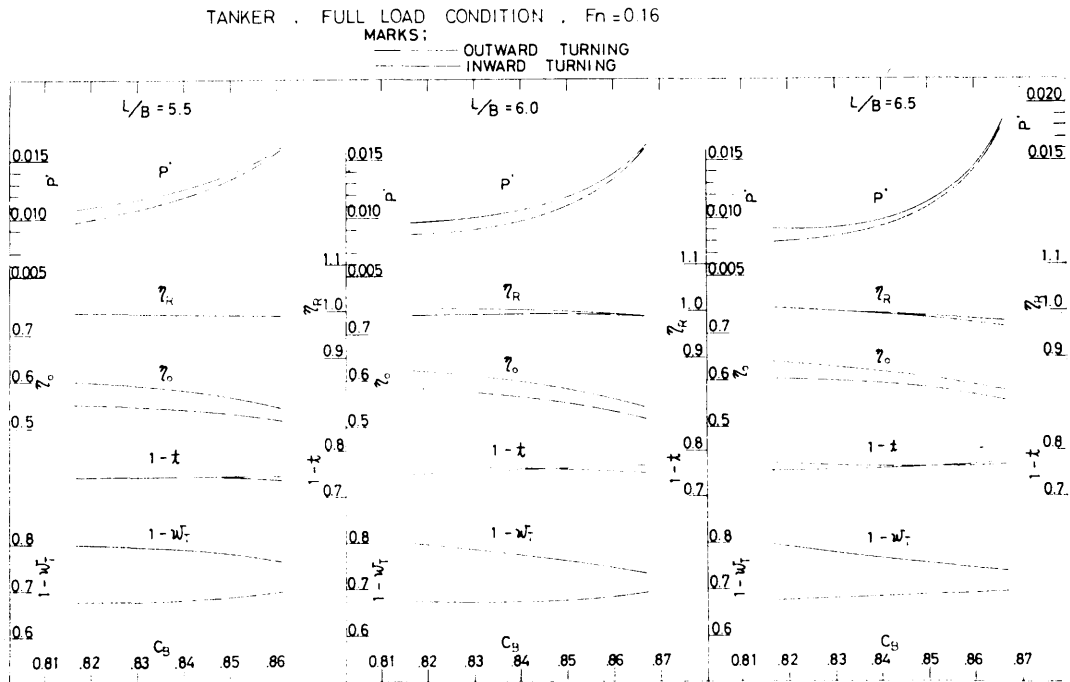


図 15 C_B および L/B の p' , 自航要素におよぼす影響 (タンカー)

$C_B=0.82, 0.84, 0.86$ の各船型について、それぞれ $L/B=5.5, 6.0$ および 6.5 に変化した場合、その満載状態のみについて試験した。

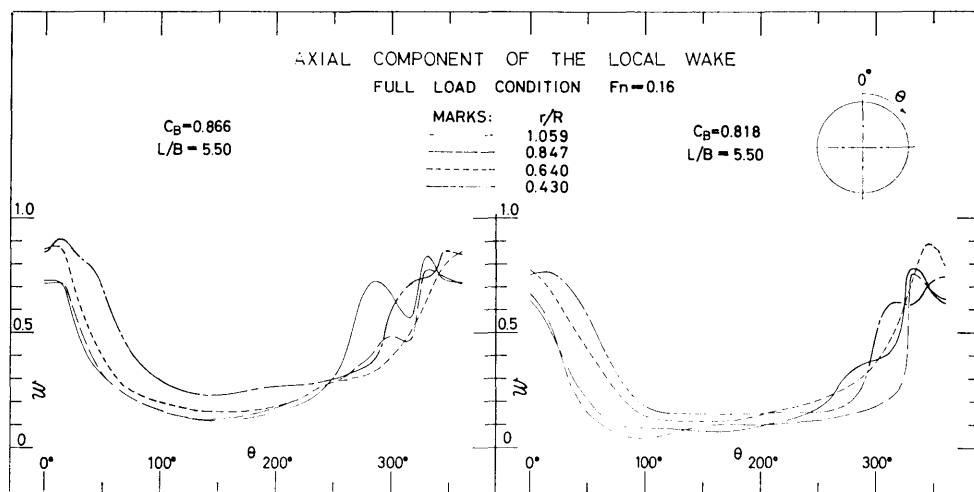
模型船長は一定とし、 C_B の変化に対しては、主船体を $(1-C_F)$ 法⁹⁾ により変化させた。各模型船の主要目、試験状態等を表 5 に示す。模型プロペラは 2 章の試験に使用されたもので、その要目は表 2 に、単独性能は図 2 に示されている。

摩擦抵抗の算定にはシェーンヘルの式を用い、実船

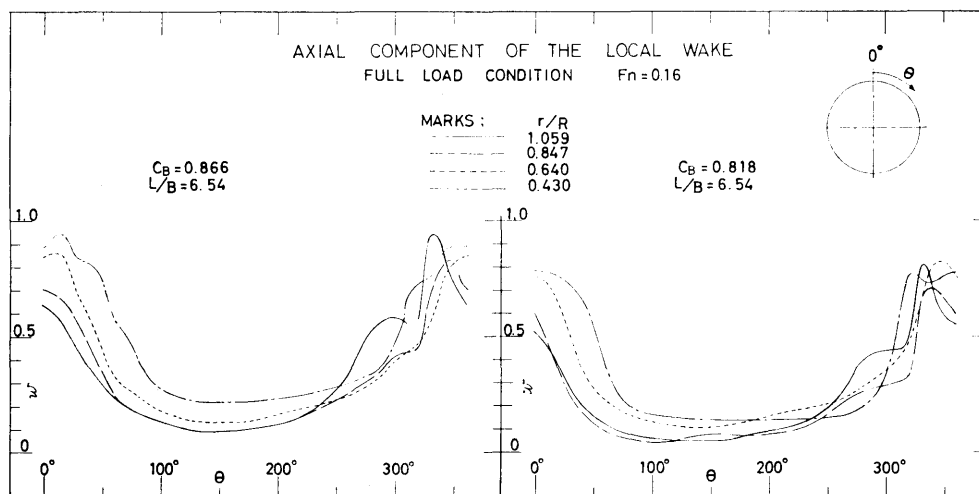
に対する粗度修正量としては -0.0003 を採用した。

試験結果として、フルード数 $F_n=0.16$ における自航要素等を、 L/B ごとにまとめ C_B を横軸にして図 15 に示す。これを見ると一般的な傾向として次のようなことが考えられる。

- (1) L/B の如何をとわず $1-w_T$ の値は、 C_B の増加によって、プロペラの回転方向が外回りの場合には減少し、一方、プロペラの回転方向が内回りの場合にはあまり変化しない。



(a)



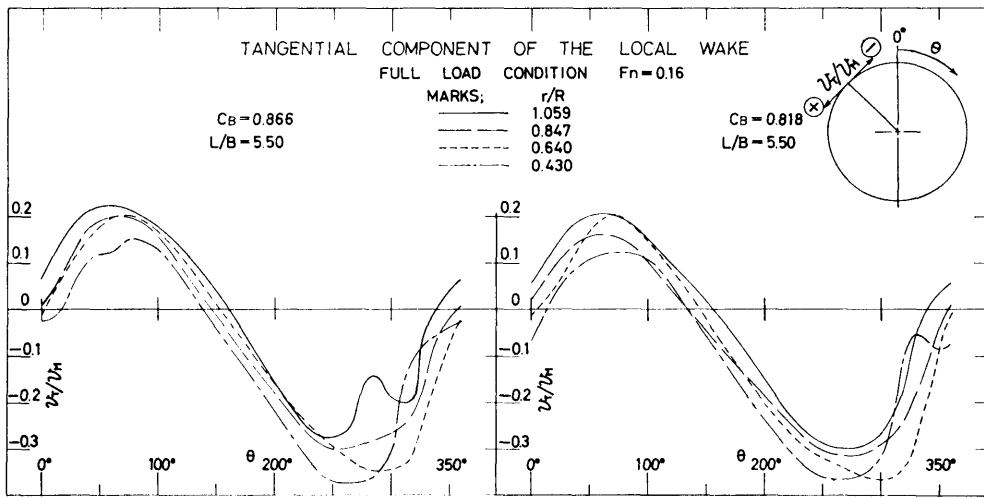
(b)

図 16 C_B および L/B の軸方向速度成分におよぼす影響 (タンカー)

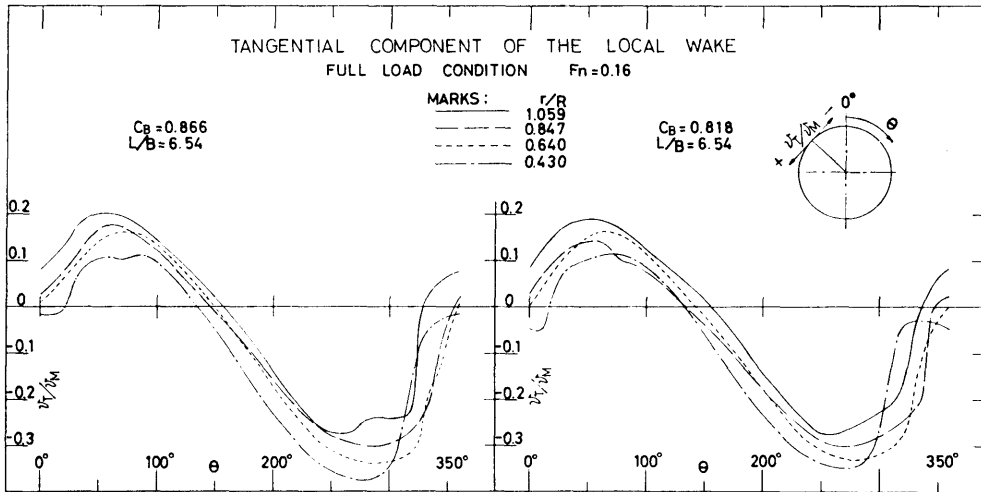
- (2) $1-w_T$ の値としては、 L/B にかかわらず、 $C_B=0.82$ の場合は内回りの値が外回りにくらべて 10% 以上も低く、 C_B が増加するにしたがってその差も少なくなる。すなわち、 C_B が大きくなるほど、プロペラの内、外回りに対する伴流の差が小さくなっている。
- (3) $1-t$ および η_R に関しては、例外的な点もみられるが、 C_B によっても L/B によってもあまりはっきりとは変化していない。

- (4) 馬力係数 p' は、 $C_B=0.82$ の場合、内回りと外回りの差がもつとも目立つが、 C_B が増加するとその差が小さくなって来る。

表 5 に示すすべての模型船に対し、4脚5孔ビト一管を使用して伴流分布の計測を行った。その結果の数例として、 $C_B=0.86, 0.82$ の各々について $L/B=5.5, 6.5$ の船型の4つの模型船について以下の図を示した。すなわち軸方向速度成分を 図 16, 円周方向速度成分を 図 17, 半径方向速度成分を 図 18, 伴流



(a)



(b)

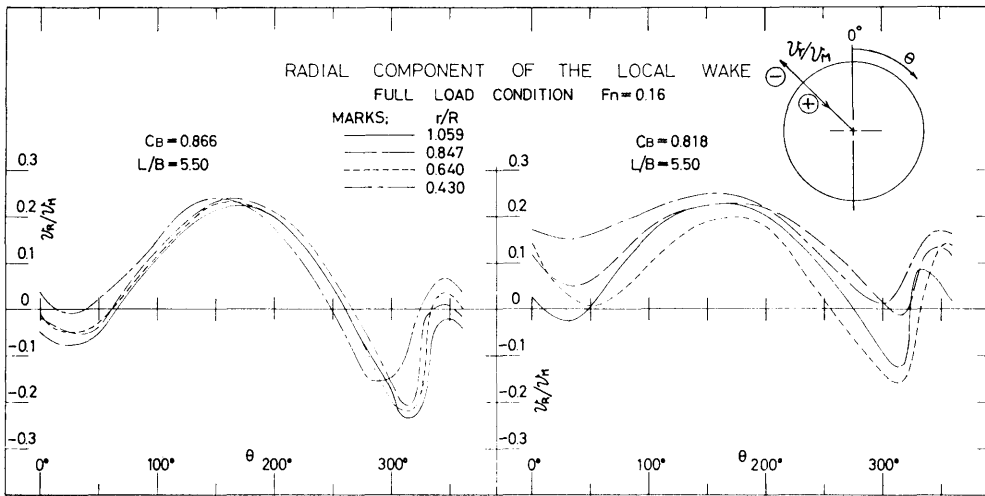
図 17 C_B および L/B の円周方向速度成分におよぼす影響 (タンカー)

分布を 図 19, プロペラ面への投影速度成分を 図 20 に示す。図 16~18 をみると, 各測定位置において微妙なちがいはみられても平均して考えると大きなちがいはないように思われる。図 19 および 20 をみても, 上述の $1-w_T$ の差を明確に示すようなパターンは現れていないが, 図 20 中, プロペラ直径よりも外側で, 船体に向かう流れの方向が, C_B によりやや異なってみえるくらいである。また, L/B の変化による伴流分布の差は極めて小さく, C_B の影響の方が大きく現れ

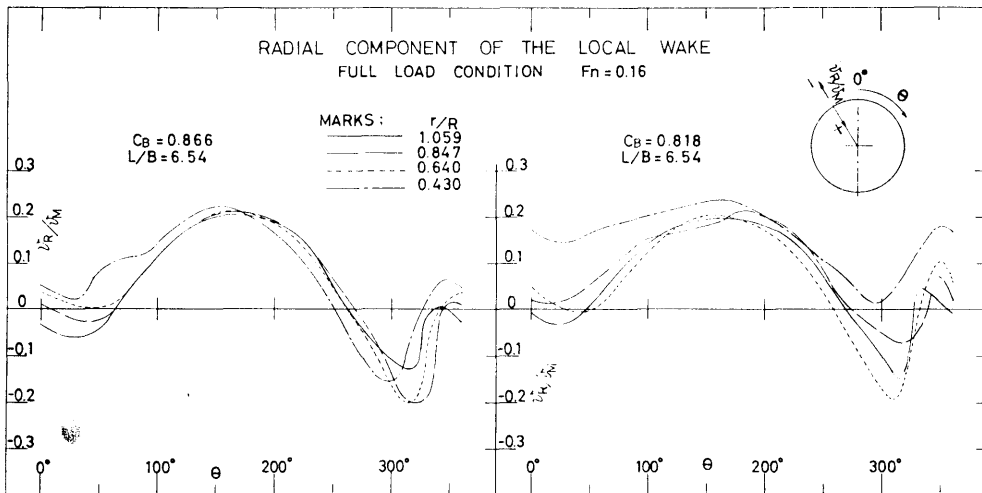
ている。

4.2.2 l_{CB} の影響

つぎに, l_{CB} が変化した時には, プロペラの回転方向変化の推進性能におよぼす影響がどのように現れるかを調べるために, 表 5 の模型船群中の 1 隻 M.S. 0101 ($L/B=6.0$, $B/d=2.46$, $C_B=0.847$, $l_{CB}=-2.58\%$) をはさんで $l_{CB}=-1.58\%$ および -3.58% の模型船を作って試験した。その要目等を 表 6 に示す。試験結果のなかから, $F_n=0.16$ における自航要素等を l_{CB}

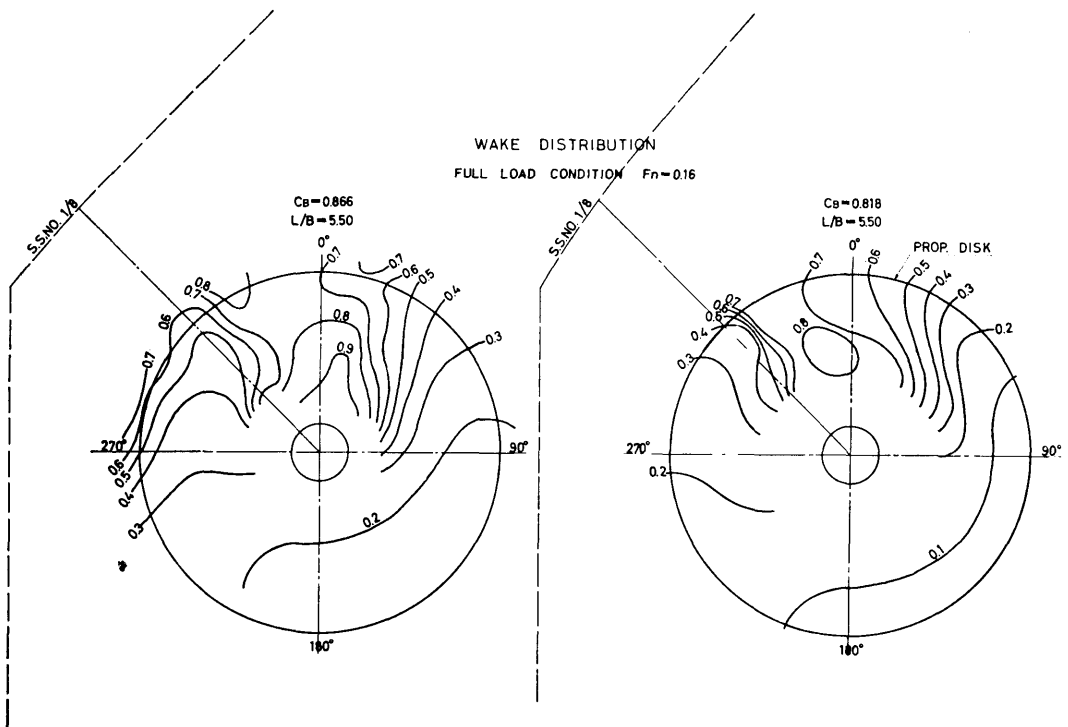


(a)

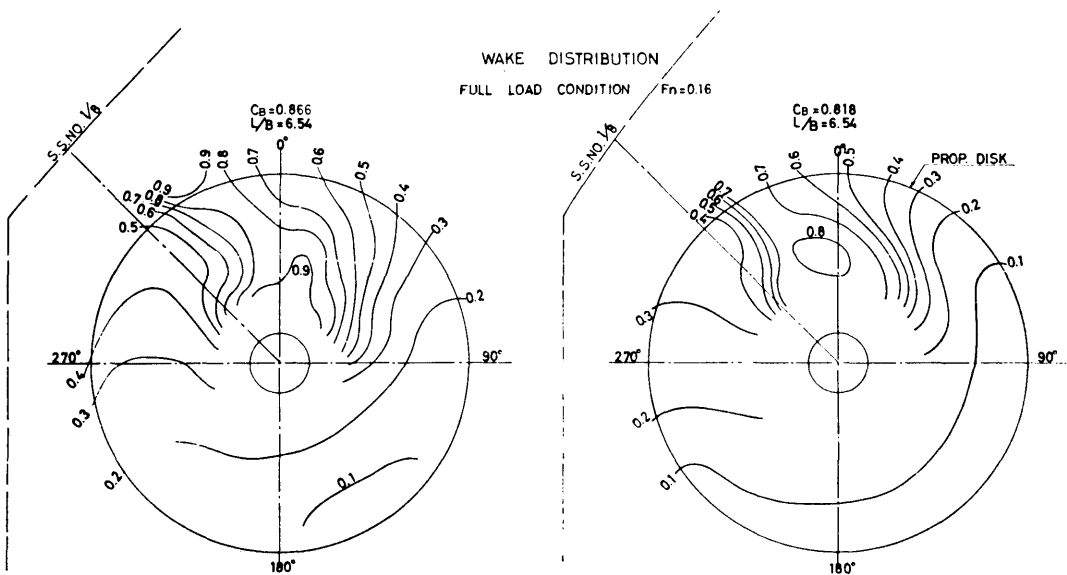


(b)

図 18 C_B および L/B の半径方向速度成分におよぼす影響 (タンカー)



(a)



(b)

図 19 C_b および L/B の伴流分布におよぼす影響 (タンカー)

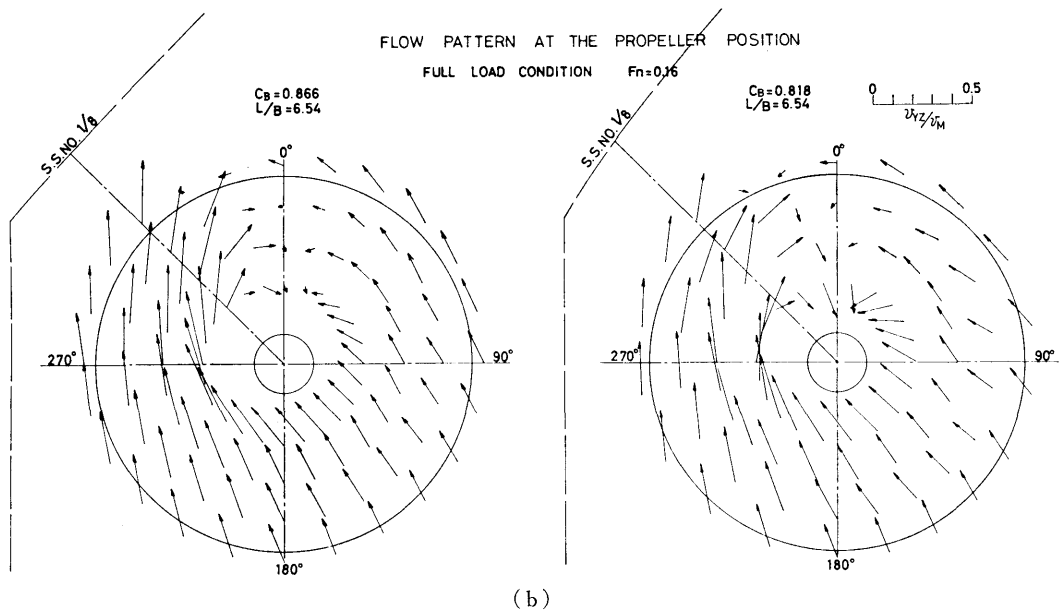
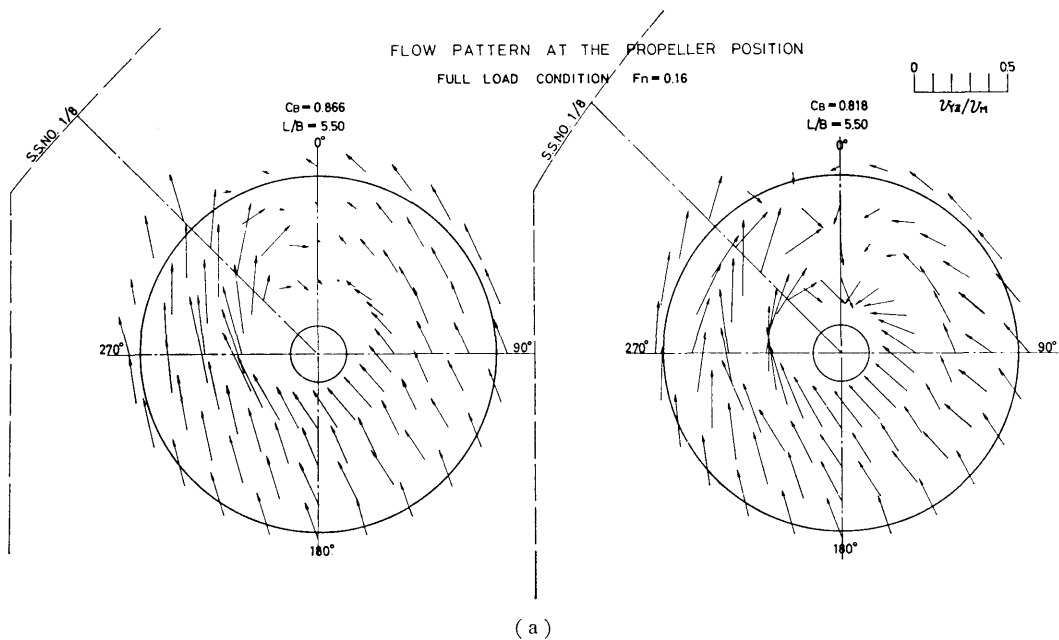


図 20 C_B および L/B のプロペラ面への投影速度成分におよぼす影響 (タンカー)

表 6 M.S. 0101, 0125, 0126, 0127, 0128
の主要目 (タンカー, l_{CB} および B/d
の影響)

MODEL SHIP	0101	0125	0126	0127	0128
L_{PP} (m)	90000				
B (m)	1 5025			1 4348	
d (m)	0 6108		0 5833		0 6522
C_B	0 847				
C_P	0 851				
C_M	0 994				
l_{CB} (% of L_{PP})	-2 58	-1 58	-3 58	-2 58	
L_{PP}/B	5 99			6 27	
B/d	2 46		2 20		
∇ (m ³)	6 9940	6 9929	7 0024	6 3761	7 1275
S (m ²)	21 8715	21 7774	21 8466	20 6161	21 7828

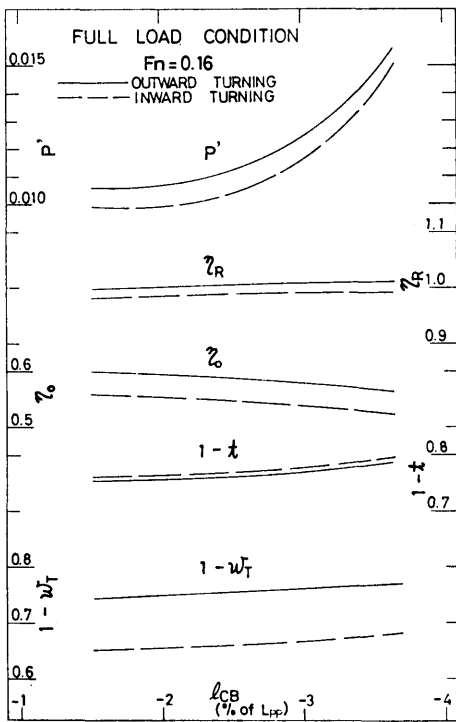


図 21 l_{CB} の p' および自航要素におよぼす影響 (タンカー)

を横軸として 図 21 に示す。

試験した範囲の l_{CB} の変化に対しては, l_{CB} の位置に無関係にプロペラの回転方向を外回りから内回りにすることにより $1-w_T$ の値としては平均して約 14% の減少を示しており, これが主な原因となって, 内回りにすると p' は約 5% 減となっている。

4.2.3 B/d の影響

また, B/d が変化した時の様子を知るために, その主要目等を 表 6 に示すような, $B/d=2.20$ および

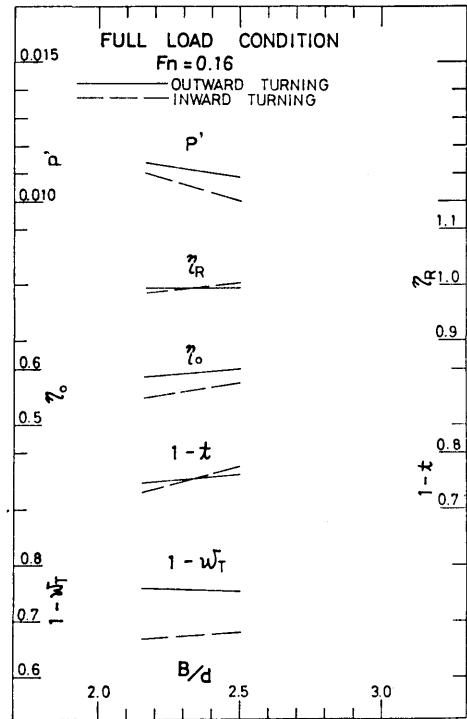


図 22 B/d の p' および自航要素におよぼす影響 (タンカー)

2.46 の 2 種類の模型船について同様な試験をしたが, この範囲では, B/d の大きさに無関係にプロペラの回転方向を外回りから内回りに変化することにより, $1-w_T$ の値としては約 10% の減少を示した。(図 22)

4.3 コンテナ船による模型試験

3.2 のコンテナ船のうちの 1 隻 M.S. 0108, ボッソング取付け角度が 18° の船型 ($C_B=0.56$, $L/B=8.0$, $B/d=3.0$) に対して C_B を 0.52 および 0.60 に変化させ, また, 一方 L/B を 7.0 および 9.0 に変化させた一連の試験で, プロペラの回転方向変化の推進性能におよぼす影響を調べた。

各模型船の主要目等を 表 7 に示す。

試験の一部はすでに報告されている¹⁰⁾が, プロペラの回転方向を変化したときの $F_n=0.29$ における自航要素等の差異を C_B ベースおよび L/B ベースとして 図 23 および 図 24 に示した。

試験した範囲で, C_B または L/B の変化に対して, いずれもプロペラの回転方向を外回りから内回りに変化させたことにより, $1-w_T$ の値としては約 7~10% の減少を示し, p' としても平均して 7% の減少を示

表 7 M.S. 0108, 0109, 0110, 0132, 0133
の主要目(コンテナ船, C_B および L/B
の影響)

MODEL SHIP	0109	0110	0108	0133	0132
LPP (m)	7.0000	9.0000	1.0000	8.0000	
B (m)			1.0000		
d (m)			0.3333		
C_B		0.563		0.604	0.528
C_P		0.574		0.610	0.550
C_M		0.980		0.990	0.960
δ_{CB} (% of LPP)	+2.35		+2.40	+2.17	+2.54
LPP/B	7.00	9.00		8.00	
B/d			3.00		
∇ (m ³)	1.3348	1.7176	1.5221	1.6284	1.4351
S (m ²)	9.0832	11.5522	10.2660	10.5870	10.1525

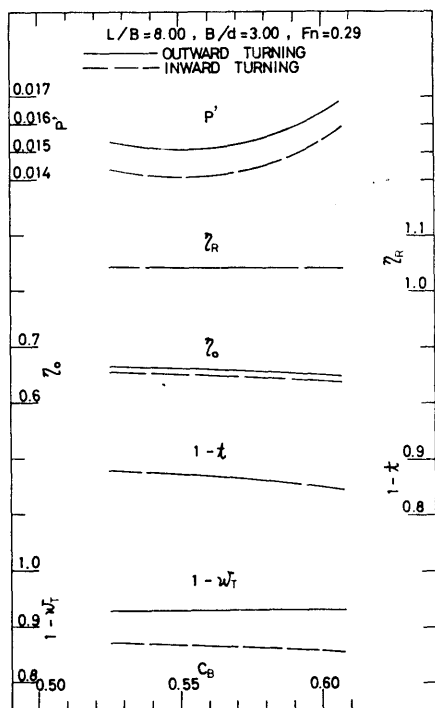


図 23 C_B の p' および自航要素におよぼす影響 (コンテナ船)

している。 t や η_R はプロペラ回転方向のちがいによりほとんど変化していない。

5. プロペラ回転数の影響

5.1 まえがき

以上に述べたように、プロペラの回転方向を外回りから内回りに変化させることにより推進性能の改善がみられ、平均してタンカーで約 5%、コンテナ船では約 7% の馬力節減が得られた。しかし、この馬力節減の中には、内回りプロペラの時には、プロペラ回転数

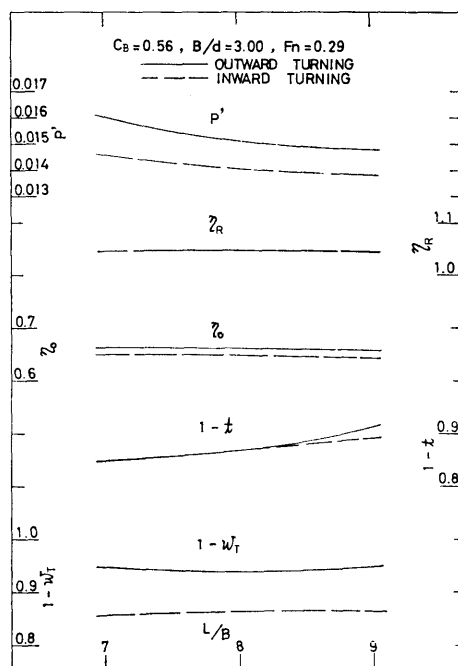


図 24 L/B の p' および自航要素におよぼす影響 (コンテナ船)

が外回りの時に比べて小さくなっているための馬力低下が入っているのも、もし、内回りの回転数と等しい回転数を得られるような外回りのプロペラを設計し試験した場合、プロペラ効率の是非、そして推進性能におよぼす影響はどうなるかを確かめるために模型試験を計画した。

5.2 模型試験

模型船は 4.3 のコンテナ船中の 1 隻 (ボッシング取付け角度 18° , $C_B=0.56$, $L/B=7.0$, $B/d=3.0$) を使用し、内回りの回転数と同一のプロペラ回転数を得られるように設計・製作した模型プロペラを用いて自航試験を行った。このプロペラの要目を表 8 に、単独性能を図 25 に示す。

表 8 M.P. 0079 の要目 (コンテナ船)

MODEL PROPELLER NO. 0079 ^R	
DIAMETER (m)	0.1970
BOSS RATIO	0.180
PITCH (CONST.) (m)	0.2650
PITCH RATIO (CONST.)	1.345
EXP. AREA RATIO	0.8372
BLADE THICKNESS RATIO	0.0570
ANGLE OF RAKE	10°
NO. OF BLADES	5
DIRECTION OF TURNING	RIGHT & LEFT
BLADE SECTION	MAU

自航試験結果の無次元表示および自航要素をまとめて図 26 に示す。

これによると、プロペラ M.P. 0051 の内回り回転数と設計したプロペラ M.P. 0079 の外回り回転数と

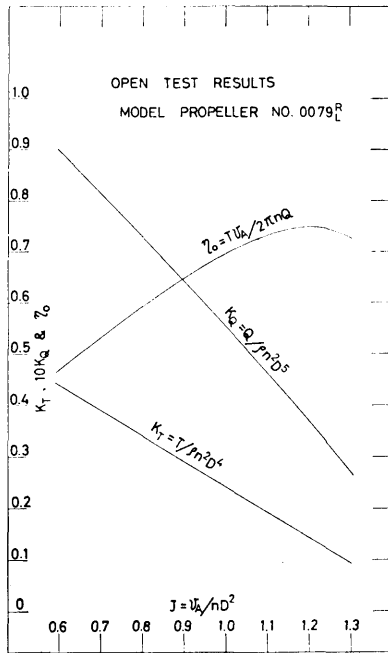


図 25 M.P. 0079 の単独性能 (コンテナ船)

は正確に一致しているが、 p' は明らかに外回りの場合高い値を示し、また、自航要素のうちでも、 $1-t$ は一定であるが、 $1-w_T$ は内回りのプロペラ (0051) の場合にくらべ約 10% 高く、 η_R は約 5% 低下を示した。結果的にみて、内回りの方が良好な結果が得られた。

6. ボッシングとブラケットの比較

6.1 まえがき

2 軸船の軸支持法として代表的なブラケット型とボッシング型についての抵抗・推進性能におよぼす影響の比較はいまでも研究されてきた。しかし、プロペラの回転方向の変化による推進性能上への影響のしかたがブラケットとボッシングではどうなるかという問題は、あまり調査されていないように思われるので、コンテナ船を使用して試験を行った¹⁰⁾。

6.2 模型船および試験状態

模型船の主要目等を表 9 に、正面線図を図 27 に示す。図 27 にみるように、ブラケットの場合は、さらに船体との結合部に小さいボッシングをもっている。模型プロペラは 3.2 に示されたものと同じ M.P. 0051 である。

6.3 試験結果

p' および自航要素をまとめて図 28 に示す。これによるとブラケット、ボッシングのいずれの場合も、

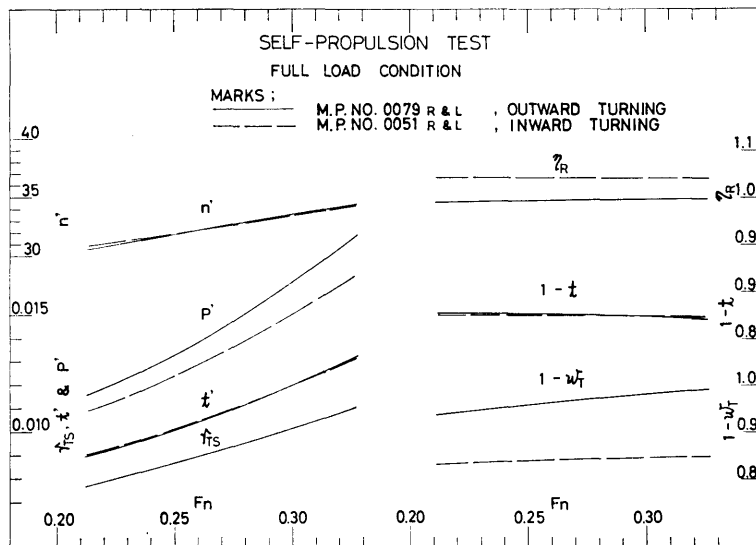


図 26 回転数を同一にした時の内回りプロペラと外回りプロペラの性能の比較 (コンテナ船)

表 9 M.S. 0108 の主要目 (コンテナ船)

MODEL SHIP NO.		0108	
WITH APPENDAGE		BOSSING BRACKET	
L_{PP}	(m)	8.0000	
B	(m)	1.0000	
d	(m)	0.3333	
C_B		0.56	
C_P		0.57	
C_M		0.98	
l_{CB}	(% of L_{PP})	2.40	
L_{PP}/B		8.00	
B/d		3.00	
∇	(m^3)	1.5230	1.5112
S	(m^2)	10.3718	10.1054

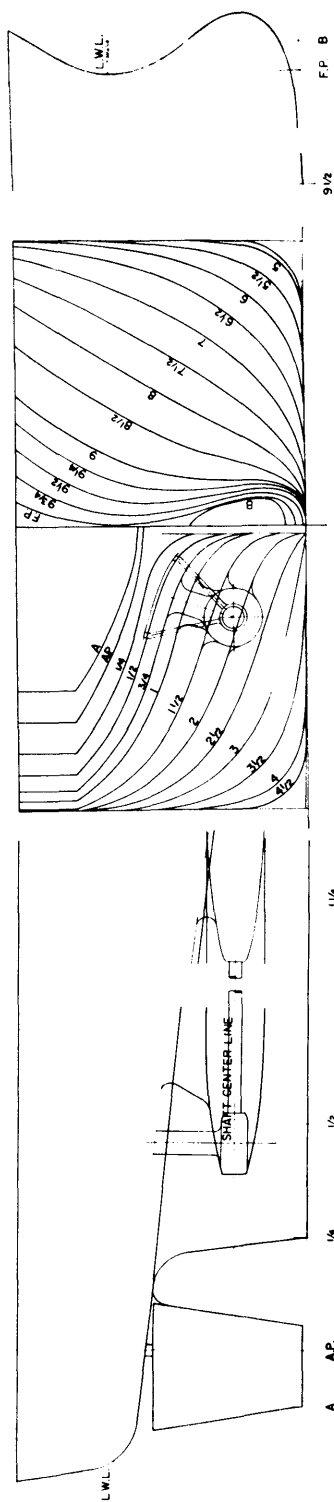


図 27 M.S. 0108 の正面線図および船首尾形状 (コンテナ船)

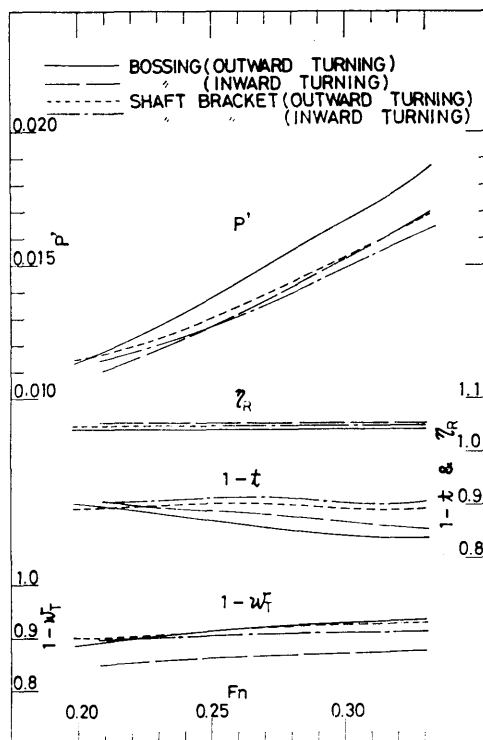


図 28 ボッシングおよびブラケットの p' , 自航要素におよぼす影響 (コンテナ船)

プロペラの回転方向が内回りの場合の方が外回りにくらべて p' および $1-w_T$ が減少しているが、ブラケット型よりもボッシング型の方が、プロペラの内回り回転による利得が大きく、後者におけるプロペラの外、内回りの p' の差は、前者の差の 2 倍に達する。これは、プロペラ面への流入速度、プロペラ軸との流入角度がボッシングの場合とブラケットの場合では異なる

し、プロペラの回転方向のちがいによる影響もボッシング付の船体の方が大きいことは容易に推察される。

7. 結 言

複雑な船尾流れは、船型によっておおいに異なるのは当然であるが、いずれにしても、主船体に沿うスムーズな流れが船尾部でかき乱されることはまちがいない。

このかき乱された流れの中の付加物には、単に長さ方向 (X方向) の抵抗成分ばかりでなく、あるいはY方向、X方向の力またはモーメントのようなものも当然作用し、主船体に影響をおよぼしているであろう。

正面線図が 図 1 および 6 に示されるような、ともにボッシング軸支持法をもつタンカーおよびコンテナ船型を比較すると、船尾形状のちがいやボッシングとのとりあいがそれぞれ特徴をもっていることがわかるが、この船におけるプロペラ面の伴流分布は 図 19(b), 13(b) にみられるように、どちらもボッシング取付け部背後に伴流集中域がみられ、伴流率の値が異なるとはいえ分布の様相そのものは大きく変わっていない。さらに、円周方向速度成分を示す 図 17(b), 11(b), プロペラ面への投影速度成分を示す 図 20(b), 14(b) によれば、プロペラ面での投影速度成分としては船体の外側下方より内側上方に向かっており、かつ、外側よりも内側(船体側)の方がより大きい値をもっている。結局、平均して円周方向の流速は時計回り方向(外回り)の成分が優勢であり、このことがプロペラの回転方向に当然影響を与えるものと思われる。

いままでに行った試験結果を要約すると以下のようなになる。

- (1) ボッシング形状としては、取付け部中心線に対し対称形のもが無難な結果を示している。
- (2) 大型コンテナ船の場合、外回りプロペラの時には、ボッシング取付け角度が約 60° 、内回りプロペラの時には約 20° が、最小の p' を示す。

- (3) 試験範囲内では、船体主要目 C_B , L/B , l_{CB} 等を変化させても、プロペラの回転方向の差が推進性能におよぼす影響のしかたは変わらず、内回りプロペラの方が外回りプロペラにくらべるとよい結果を示した。

推進性能の見地からのみならず、プロペラ起振力やキャピテーションの面からも確かめねばならないことも多く、付随する未解決の問題も多く残され、また、理論的探究の方面も手がつけられてないが、これからは新しく起こるであろうと思われる船型開発の問題に適応して、さらに研究を進めてゆくつもりである。

最後に、一連の計画・実験・解析に御協力をいただいた LITAC (ライナーとタンカーの船型研究委員会) の各委員の方々、そして関係各位に深く感謝の意を表す。

参 考 文 献

- 1) 山懸昌夫; 船型学, 昭和27年, 天然社
- 2) Principles of Naval Architecture, Vol. 2, 1949
- 3) W.P.A. Van Lammeren, et al.; Resistance, Propulsion and Steering of Ships, 1948
- 4) 横尾幸一他; バルブ付肥大船型の推進性能に関する研究, 船研報告 8 卷 2 号, 昭和46年 3 月
- 5) ÅKe Williams; JÄMFÖRANDE UNDER-SÖKNINGAR BETR. EN- OCH TVÅPROPELLERDRIFT FÖR HANDELSFARTYGG, SSPA Report Nr. 21, 1967
- 6) W.J. Luke; Experimental Investigation on Wake and Thrust Deduction Values, T.I.N.A., 1910
- 7) G.S. Baker; The Efficiency and Steering Effect of Inward and Outward Turning Screws, T.I.M.A., 1931
- 8) 門井弘行, 小久保芳男; 4 脚 5 孔ピトー管のキャリブレーション, 船舶技術研究所 推進性能部 技術資料 No. 9, 昭和45年
- 9) 横尾幸一他; バルブ付肥大船型の推進性能に関する研究, 船研報告 11 卷 2 号, 昭和49年 3 月
- 10) 横尾幸一, 川上善郎; 大型 2 軸コンテナ船の推進性能に関する 2, 3 の実験について, 船舶 46 卷 5 号, 1973