

(昭和 36 年 11 月 造船協会秋季講演会において講演)

高速客船くれない丸における Waveless Bulb の船首波打消しに関する研究 (第 3 報—波形観測)

正員 高 幣 哲 夫* 正員 乾 崇 夫**

The Wave-Cancelling Effects of Waveless Bulb on the
High Speed Passenger Coaster M/S "KURENAI MARU"
(Part III-Photogrammetrical Observations of Ship Waves)

By Tetsuo Takahei, *Member*
and Takao Inui, *Member*

Summary

This is the third and the final one of the three reports concerning the wave-cancelling experiment on the high speed coaster M/S "KURENAI MARU". This report will give the proceedings of ship's wave measurements in the experiments both on the 2.5 m model and on the full-scale ship together with the results of their stereo-analysis.

The quantitative analysis of the observed model's waves has definitely demonstrated the remarkable wave-cancelling effects caused by the attached bulb F 4, which was theoretically designed for the Froude number $F=0.316$, i. e. $V_s=17.60$ knots.

As far as the model's waves, detailed wave-contour maps were obtained successfully at several Froude numbers including $F=0.316$, each in a couple for comparison between two cases: with and without the attached large bulb F 4.

Concerning the ship's waves at their full scale, it was planned to employ a helicopter Sikorsky S-55 C during the speed trials on March 13 and 16, 1961. Two different types of cameras were applied on the helicopter for filming the wave patterns of the running ship: a large sized aerial camera and a 16 mm portable cinecamera (coloured film).

Unfortunately, the bad weather prevented us from recording the ship's waves at her as built condition B1 (on March 13), and this lost chance was partially recovered on March 16 thanks to the co-operation of the captain of her sister ship M/S "MURASAKI MARU". She fortunately was on her daily service from Kobe to Takamatsu and was nearby the mile course off the Awaji Island. In Fig. 10 a remarkable difference of wave features can be observed between two sister ships which are running nearly abreast.

この報告は、今春行なわれたくれない丸の大型バルブによる船首波打消しの実船実験およびこれに先立つて行なわれた東大の 2.5 m 模型水槽試験^{1), 2)}のうち、波形分析という新しい船型学的研究方法を適用した部分について述べたものである。

1 波形観測の目的と方法

今回のくれない丸の実験は、最近東大水槽で開発された Waveless 船型理論^{3), 4), 5), 6)}に基づいて計画されたものである。この理論も、その根源にさかのぼれば波形分析を主とする新しい船型試験の方法によつて、球状船首の造波干渉の機構を理論と実験の両面から明らかにしえたことに端を発している。

原稿受付 昭和 36 年 6 月 20 日

* 茨城大学工学部

** 東京大学工学部

今回の実船試験を通じて、そのもつとも大きな特徴は、既報の Waveless 船型研究の場合の手法にならつて、波形の観察・測定を実施し、またこの理論にもついで船首バルブの設計が行なわれたところにある。このさい、波形の観測は通常の抵抗試験・自航試験と同等あるいはそれ以上の重要性をもつこと、および波形観測の結果を真に有効に役立たせるためには造波抵抗理論の十分の理解と活用とが必要であることはいうまでもない。

まず模型について (1) 船側波形の測定、(2) 俯視写真による2次元波形の観測、(3) ステレオ写真測量による波形等高線図の作製などを行ない、ついで実船についても、模型と同様な観測を実施した。(1)の船側波形の測定は東大水槽の2.5m 模型、運輸技研水槽の5.5m 模型を通じて同じ波数 K_0L ($K_0=g/V^2$, $K_0L=1/F^2$) となるように、 $K_0L=20\sim 8$ の範囲で7点を選んで行なつた。

船側波形を分析すれば、素成波成分のうち伝播方向 $\theta=0^\circ$ 付近のものについて、とくにその位相特性を手取り早くしらべることができるが、 $\theta=0^\circ\sim 90^\circ$ の素成波成分の全領域にわたつて定量的に詳細な解析を行なうためには、前掲文献 2), 3) に既報のステレオ写真測量によつて、横波・縦波を含む全波形の等高線図を求めることが必要となる。模型船の波に関するこのような研究は東大水槽の2.5m 模型について、昭和36年1月中に行なわれた。船首バルブのつかない原船型(船首形状 B0)と、大型船首バルブ F4 の付いた2状態に対し、第1表に示す5種のフルード数でステレオ写真撮影と解析を行なつた。写真の図化作業は国際航業 KK に依頼して、同社の2級図化機 Stereoplotter A8 にかけて1/10の縮尺で図化を行ない、ついでその結果について波形分析を実施した(ただし同表中の $K_0L=12$ は船体前半部を撮影したときの速力と、後半部の速力とに差があつたので図化を行なわなかつた)。以下本報告では F4 バルブの設計速力 $F=0.316$ ($K_0L=10$, $V_S=17.60$ kn) における波形分析の結果に重点をおいて述べる。

Table 1—List of Froude Numbers for Wave Observation Tests

Prescribed Speed			Wave Profile		Wave Contour Map (2.5m Model)	Wave Pattern of Model		Wave Pattern of Ship		Note
F	K_0L	V_S (kn)	2.5m Model	5.5m Model		2.5m Model	1m Model	KURENAI with F4 Bulb	MURASAKI with B1 Bulb	
.267	14	14.87			Fig. 3 (c), (d)	Fig. 3 (a), (b)		Fig. 13		
.289	12	16.06						Fig. 14		
.316	10	17.06	Fig. 1	Fig. 1 Fig. 16	Fig. 4 (c), (d)	Fig. 4 (a), (b)	Fig. 9	Fig. 10 Fig. 12	Fig. 10 Fig. 11	Service Speed, and the Designed Speed of F4 Bulb
.333	9	18.55			Fig. 5 (c), (d)	Fig. 5 (a), (b)		Fig. 15		M. C. R.
.344	8.45	19.14			Fig. 6 (c), (d)	Fig. 6 (a), (b)				10% Overload

Remark: Figs. 3~6 are all on the same scale

2 実船実験におけるステレオ写真撮影

造波抵抗理論に従えば、船の造る後続自由波の漸近的性質がきまると造波抵抗の値もきまる。一方波形函数の漸近展開が適用できるのは船首からの距離を R として、 $K_0R \geq 7$ ($K_0=g/V^2$) からさきである。本船の計画速力は $K_0L \approx 10$ 、従つてステレオ写真撮影の範囲を船首から後方少くとも船長 L の2倍 ($R/L=2$) 以上3倍近くまで及ぼさないと最終段階での波形分析の作業に対して十分な実験的資料とはならない。しかるに試験水槽では水槽室天井の高さの制約と、水槽側壁の幅の制限のため理想的無限水域での広域波形撮影が不可能である。とくに今回使用したステレオ・カメラは昭和26年末から翌27年春にかけて日聖丸実船実験のさいに船上で使用したカメラを改造したもので、レンズの視野がせまく、1回の撮影で1.2~1.3m 程度の狭域測量しかできなかつた。そのためひとつの速力について船首部と船尾部とを船体中央でつないで2回の写真測量を行なうことを余儀なくされた。これに反して、実船の場合には、このような制約がないので、天候さえ恵まれれば広い後続波を含む広域撮影が可能となるはずである。

さて、この場合航空機を使用しなければならないが、これを1機ですませるか、2機併用するかが問題である。通常の地図作製の場合には被写体である地形が静止しているので、1機で連続写真を撮り、これらを2枚づつ適当に組合わせて図化しているが、動く被写体に対しては2機併用が写真測量専門家の間での常識となつている。たとえば船の波ではなく海洋の波浪(いわゆる海象)を2機併用でステレオ解析した例がアメリカにある。

が、実船の造る波のステレオ解析については未だその前例がない。

くれない丸の実船試験に際しては、その目的からして(1) 少なくとも航空機による写真観測と、(2) できればさらに進んでステレオ写真測量、までも実施すべき性質のものと考え、その技術的可能性に関して、あらゆる点から検討を加えた。被写体である実船の波形は陸上の地形のように静止はしていないが、さりとて前記海の波のように時間にランダムなものでもない。船が定常直進航走している限り、それは船に対しては時間的に定常である。従つて少なくとも原理上は異なる2つの時点での1機による連続写真1組から図化が、すなわち写真測量が可能なはずである。しかし実際問題としては船の波がそのディテイルまで時間的に不変であるかというとその保証もない。多少なりとも海上の風浪がこれに重畳するので、上記の可能性は、1度とにかく実際にやつてみなければなんともいえない、というのが真相であつた。2機併用すれば成功の確率ははるかに高くなるが、3月13日・16日両日の波形撮影を行なうために2機の航空機と測量用カメラとを確保しておくのに必要な経費は400万円を超える額に達する。しかもその時季が天候の不安定な初春であり万一天候が悪い場合には、これが全くゼロとなる。このような事情で今回は2機の航空機によるステレオ写真測量を断念し、代つて1機による図化の可能性をはじめてテストし、今後の参考に資することにした。この場合かりに図化に成功しなくても、航空写真そのものが科学的資料として役立つことはいうまでもない。なお上記航空写真撮影と併行して16mm カラーフィルムによる実船波形の映画撮影を同時に実施することを計画した。使用する航空機の種類ならびにその飛行高度、飛行速度などの選定は、レンズの性能に余裕の少ない16mm 映画撮影を優先して決定した。船に追従して映画撮影を行なうためには低速飛行のできるヘリコプタが絶対に有利である。一方搭載重量については、第2表に示すように、少なくとも約430kgとなり、航続時間は本船の標柱間航走試験実施の間の約3時間の連続飛行を行なう必要がある。また機体については、測量カメラを取付け、かつ16mm カメラを操作するための十分な大きさの開口を機底に備えているものでなければならない。このような条件に対し、現在利用できる機種のうちでもつとも適当と考えられるものとして、シコルスキ S-55 C を選定した。その性能を第3表に示す。同機には機底に1200×600mm²の開口があり、その前半部に測量カメラ Zeiss RMK 15/23, Pleogon を据付け、後半部の開口から映画撮影を行なつた。

Table 2—Weight List for Cameras etc. fitted on S-55 C

16 mm Cinecamera & Accessories Camera-man (1) & Assistant (1)	ab. 150 kg
Aerial Photogrammetric Camera Camera-man (1)	ab. 200 kg
Conductor, Portable Ultra-Short Wave Telephone	ab. 80 kg
Total Weight	ab. 430 kg

Table 3—Specification for Sikorsky S-55 C Helicopter

Engine	Useful Load	Seating Capacity	Speed		Fuel Consumption	Fuel Capacity
			High	Cruising		
600 HP	1,021 kg	7~8 Pass. & 2 Pilots	85 kn	70 kn	144 l/hr	700 l

16mm 映画の撮影については、まず船首から後方、船の長さの2~5倍程度の波形を画面に収めることとし、ヘリコプタが船の直上からそれた場合にも被写体を捕えうること、機体の振動をなるべく軽減してカメラぶれを防ぐこと、などの考慮から Arriflex 16 に焦点距離16mm および25mm のレンズをつけたものを手持ちで操作することとした。この場合の所要高度は約400mとなる。ヘリコプタの操作については、機体の振動のもつとも少い40knの速度で船の後方から進路に入る。映画撮影のさいには船尾直上付近でさらに約20knにまで減速し、船に追従して(標柱間航走速度は14~19kn)連続撮影を行ない、また測量カメラの撮影にさいしては40knのまま減速せず本船の直上を通過することとした。低速におけるヘリコプタの操縦は横風の影響を受けやすくこれを防ぐには逆風の方が容易である。これを考えて標柱間航走の往復のうち、逆風となる場合に、映画撮影を優先させて上記の操作を行なうこととした。

測量カメラ Pleogon は焦点距離150mm、画面23×23cm、シャッターは2秒間隔で自動的に撮影が行なわれる。撮影の条件については、図化の範囲を船首から後方、船の長さの3倍とすれば、所要飛行高度は約250mとなる。2機の航空機を使用する場合であれば、この高度で船の進路の左右に約150mの距離を隔てて並航して同時撮影を行えばよい。しかし今回は使用する航空機は1機のみであり、しかも映画撮影を優先に考えたた

め、速力の遅いヘリコプタを使用し、かつ飛行高度もやや高く 400m となり、ステレオ写真撮影の立場からは不都合の点が多くなった。

実船試験に先立つて、(1) 使用ヘリコプタにカメラを装備するための現場打合わせ、(2) 実際に就航中の船についての撮影テスト、(3) 標柱の近くに適当な着陸地を探す作業、など準備に万全を期した。

実船試験の第1日、すなわち 3 月 13 日の B1 バルブの試験当日は朝からの雨に風さえ加わる悪天候で、視界が僅かに 400~500m 程度。ヘリコプタは仮基地に選んだ淡路島仮屋町佐野小学校校庭に終日待機したままでついに飛上できず、この日の撮影は中止せざるをえなかつた。

第2日(3月16日)のF4バルブの試験当日も、朝は全天雲でおおわれ、視界もまた必ずしも良好とはいえなかつたが、天候は次第に好転し、無事この日の撮影を終了した。当日は風がほとんどなく、海面も非常に穏やかで、いますこしの光量に恵まれれば、海面撮影の条件として申し分のないものとなつたはずである。本船とヘリコプタとの連絡は出力 1W、通話距離 4,000~5,000m の携帯用超短波無線電話によつて行なつた。当日の実験のあいだに急ぎよ計画を変更し、試験次第のうち、全力出力による航走を中止して、その代りに当日 13:10 に神戸を出港して高松に向う B1 バルブ付の同型の姉妹船むらさき丸* と F4 バルブ付の本船** とを明石瀬戸で並航させて、波形を直接比較できる写真を撮影することにした。その目的は、いうまでもなく 3 月 13 日の悪天候による撮影不能の資料をいくらかでも補うためであつた。

3 船側波形の分析

くれない丸の主船体船型は、Waveless 船型理論が確立される以前に在来の船型学の常識で設計されたもの

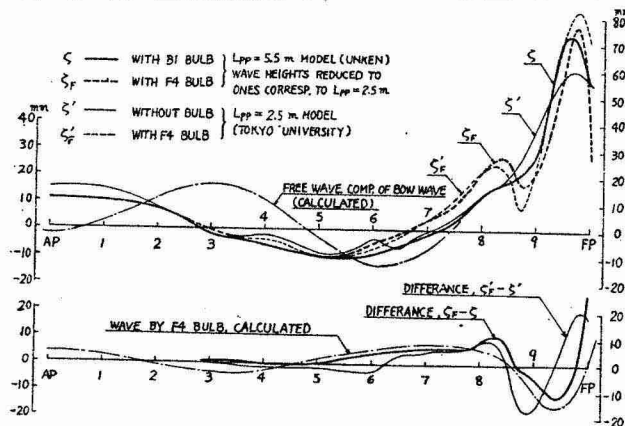


Fig. 1—Measured and Calculated Wave Profiles on the Kurenai Maru Models(L=2.5m and 5.5m)

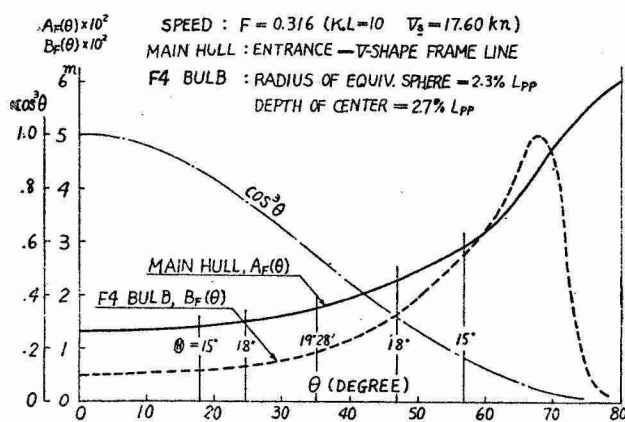


Fig. 2—Approximated Amplitude Functions for 2.5m Kurenai Maru Model

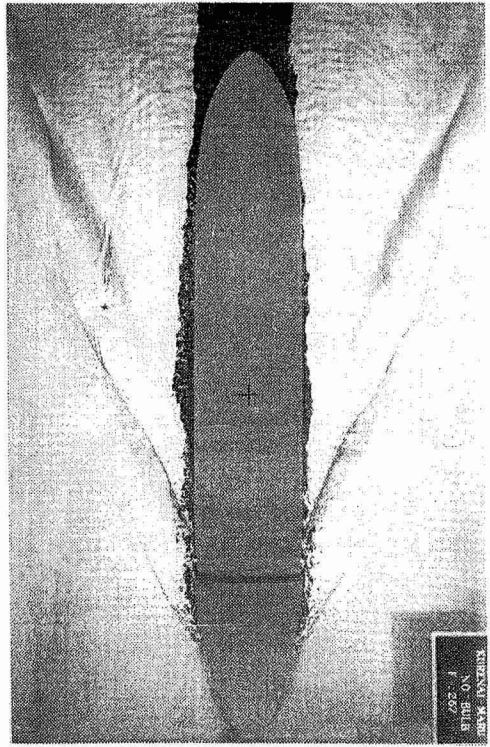
である。従つて Waveless 船型の主船体のはじめからみたすべき理論的諸条件を満足していない。すなわち Waveless 船型は、船首尾から発生する波を、それらの波の発生位置につけたバルブによる波との完全造波干渉によつて、完全消波を期するものである。したがつて主船体の造る後続自由波は船首および船尾のみから発生し、肩波を全く発生しないことが前提条件のひとつとなる。しかるにくれない丸では前肩、後肩から発生する肩波がきわめて顕著であつて、これが船首波に干渉して、その造波特性はかなり複雑なものとなっている。このことは船側波形をしらべれば容易にわかる。第1図(第16図参照)はF4バルブの設計速力 $F=0.316$ ($K_0L=10$, $V_S=17.60$ kn) における船側波形であつて、東大水槽における 2.5m 模型と、運研における 5.5m 模型とにおける両測定波形を比較して示した。実船における船側波形の写真撮影も実施されたが、天候が良くなかつたことと、曳船から撮影したのでカメラの位置が低すぎ、また距離が遠かつたことなどのために波形を画くに足る鮮明な写真がえられなかつた。しかし波形の輪郭は 5.5m 模型のそれとよく一致している。第16図に 5.5m 模型の波形写真の1例を示した。

本船型の主船体船首波およびF4バルブの造波

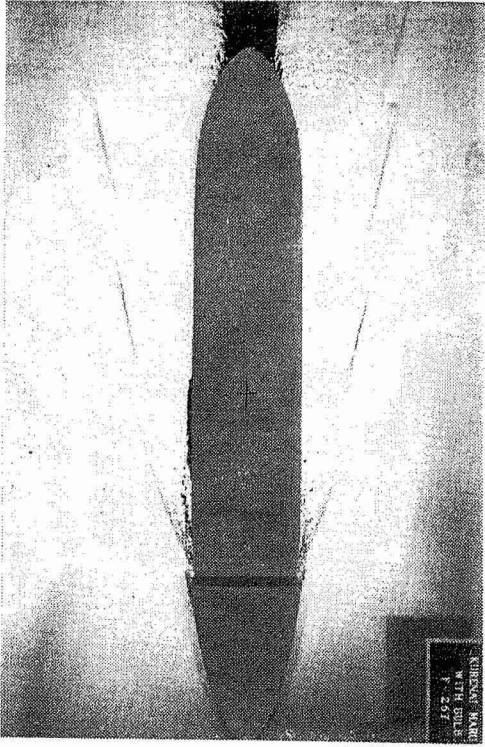
* 浦賀ドック建造、昭和 35 年 8 月竣工。

むらさき丸の当日の状態: $T_{FP}=3.08$ m $T_{AP}=4.46$ m $T_{MEAN}=3.77$ m $\Delta=2,230$ t

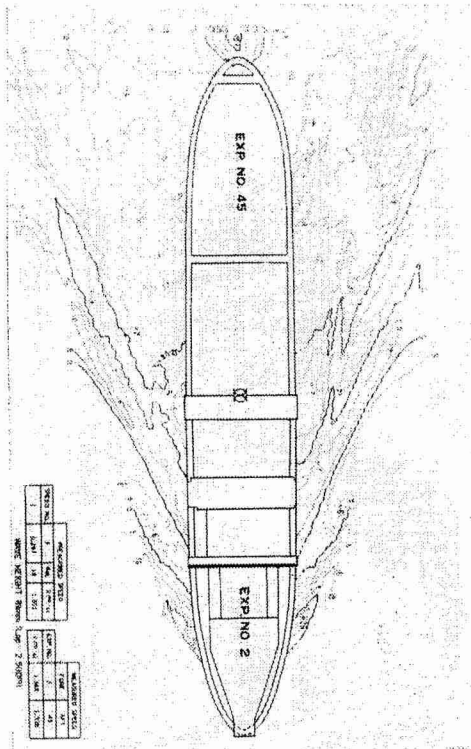
** くれない丸の試験状態: $T_{FP}=3.07$ m $T_{AP}=4.69$ m $T_{MEAN}=3.88$ m $\Delta=2,306$ t



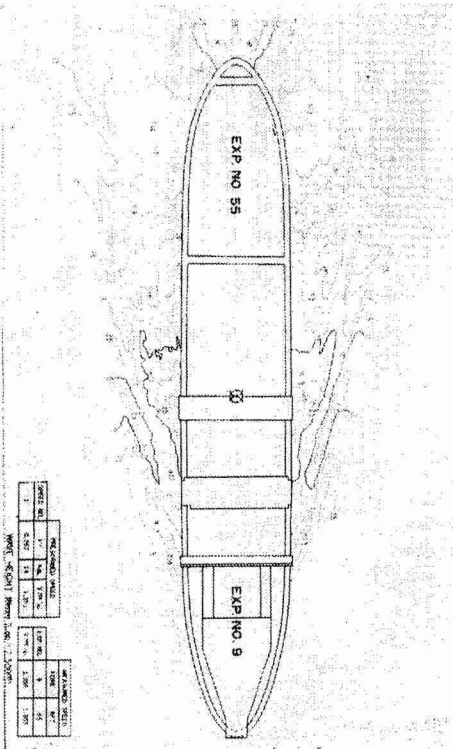
(a) Without Bulb (B0)



(b) With F4 Bulb

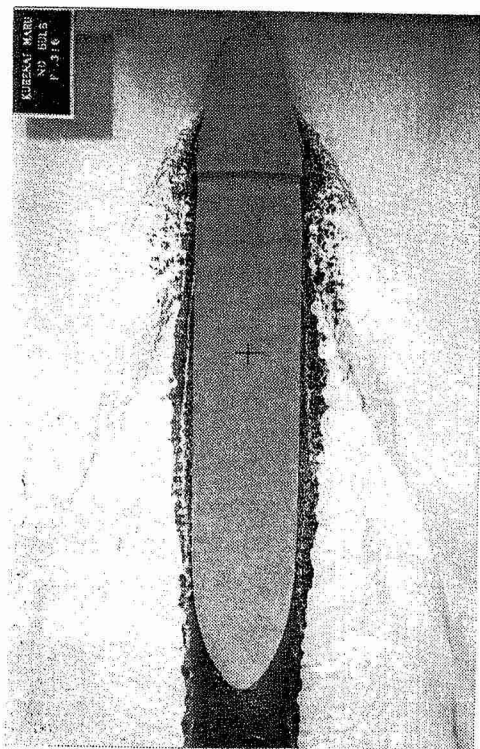


(c) Without Bulb(B0)

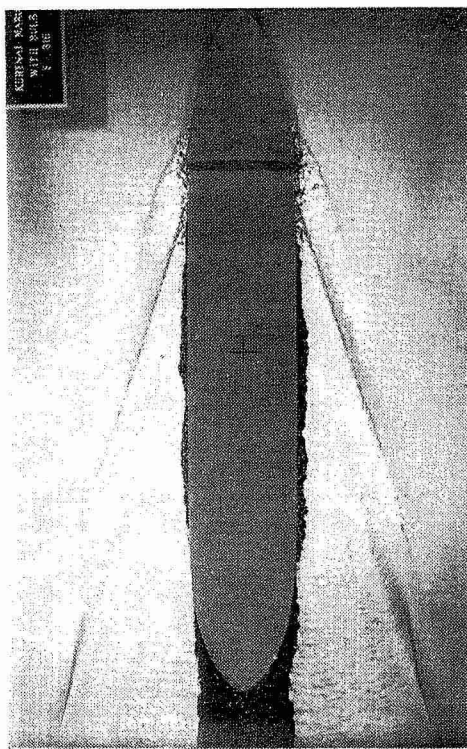


(d) With F4 Bulb

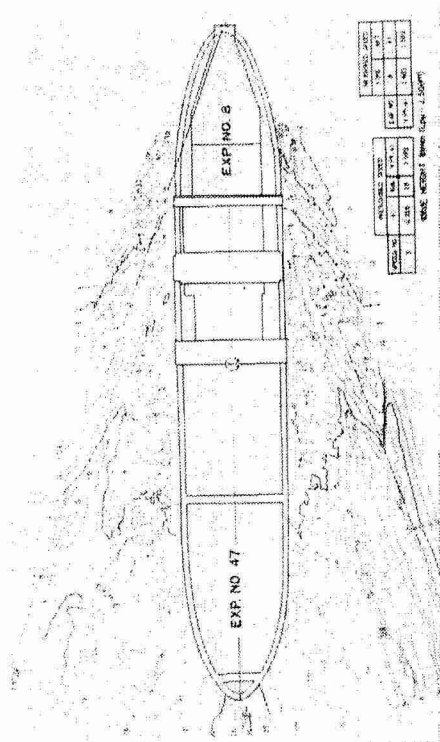
Fig. 3—Photos and Stereo-Analysis for 2.5m Model's Waves at Froude Number $F=0.267$ ($KaL=14$), Corresponding to $V_s=14.87$ knots (Tokyo Univ. Tank)
 (a), (c) Without Bulb (B0) (b), (d) With F4 Bulb



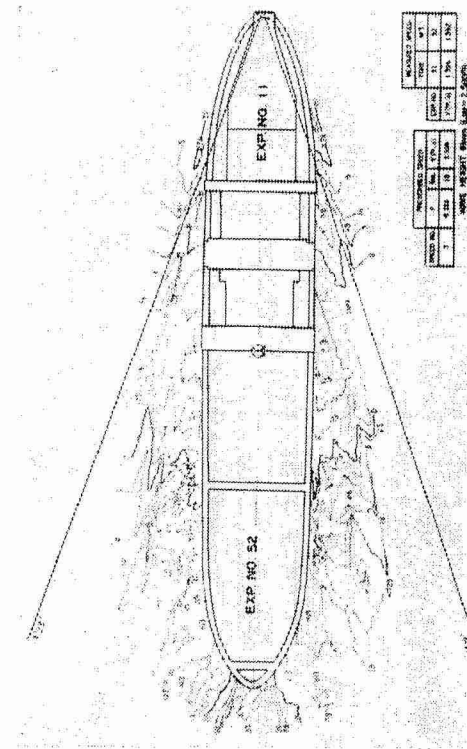
(a) Without Bulb (B0)



(b) With F 4 Bulb



(c) Without Bulb (B0)

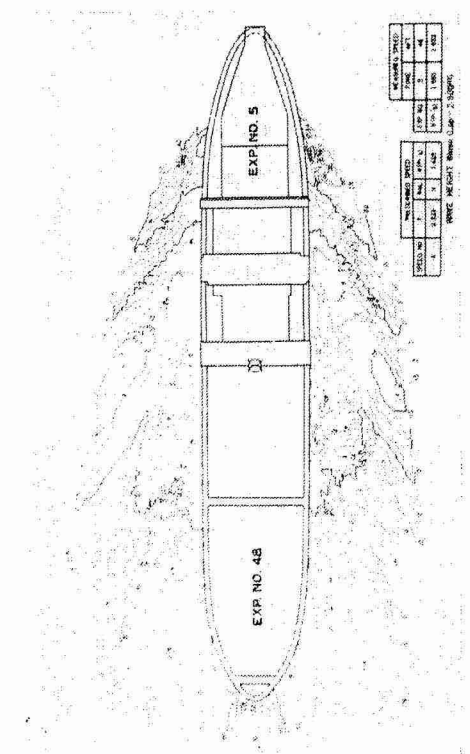


(d) With F 4 Bulb

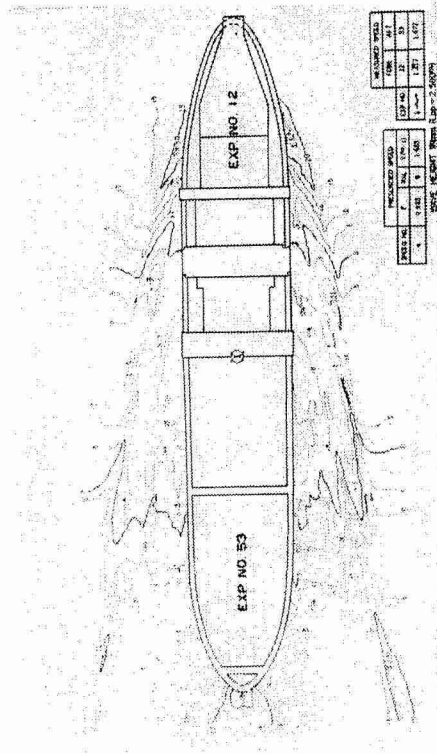
Fig. 4—Photos and Stereo-Analysis for 2.5-m Model's Waves at Froude Number $F=0.316$ ($K_0L=10$)

Corresponding to $V_s=17.60$ knots (Tokyo Univ. Tank)

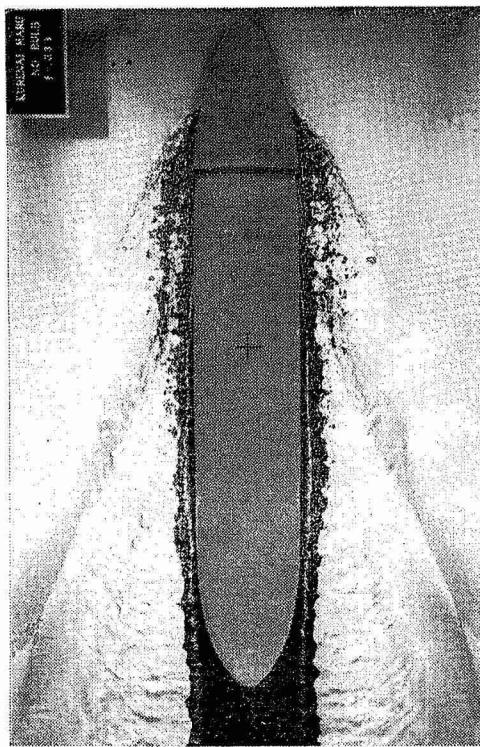
(a), (c) Without Bulb (B0) (b), (d) With F 4 Bulb



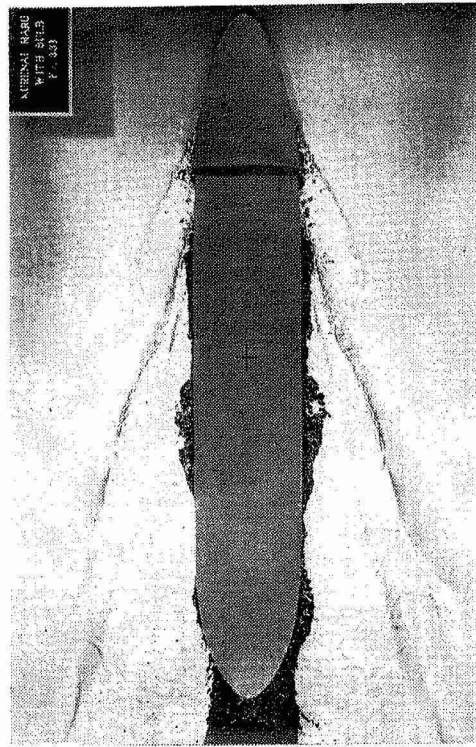
(a) Without Bulb (B0)



(b) With F 4 Bulb

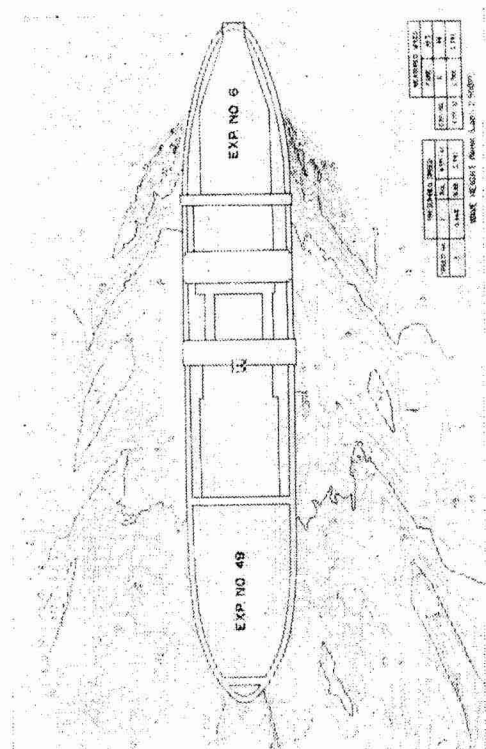


(c) Without Bulb (B0)

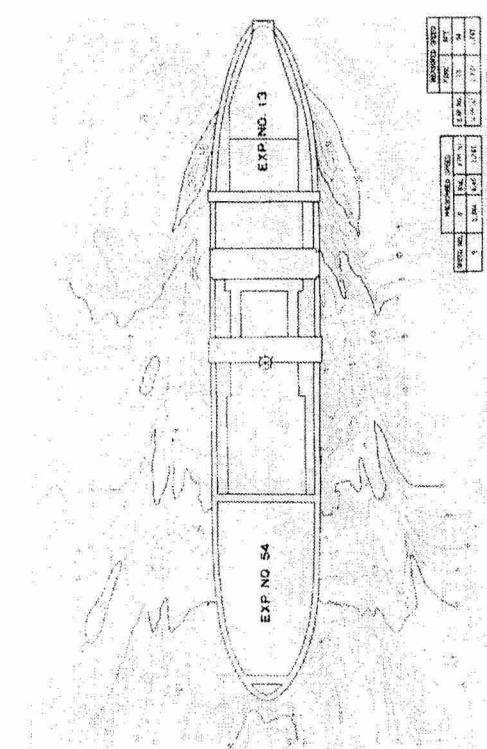


(d) With F 4 Bulb

Fig. 5—Photos and Stereo-Analysis for 2.5-m Model's Waves at Froude Number $F=0.333(K_0L=9)$, Corresponding to $V_s=18.55$ knots (Tokyo Univ. Tank)
 (a), (c) Without Bulb (B0) (b), (d) With F 4 Bulb



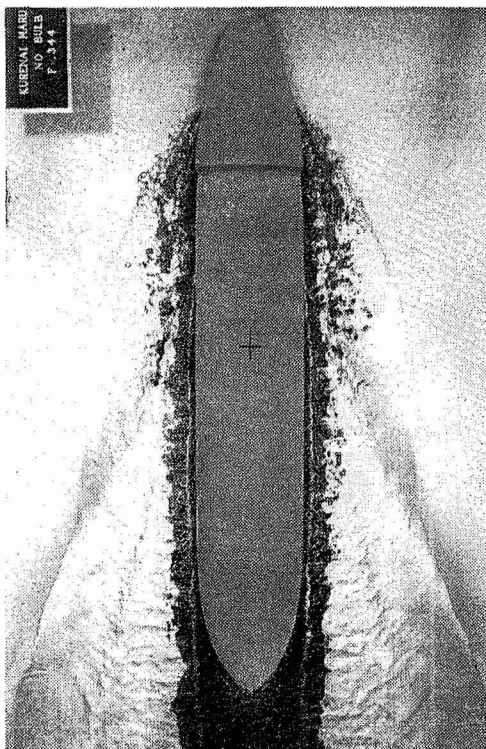
(a) Without Bulb (B0)



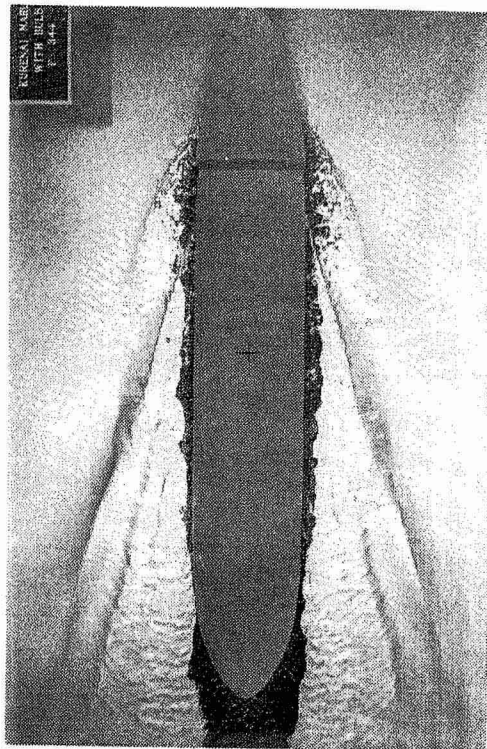
(b) With F 4 Bulb

Fig. 6—Photos and Stereo-Analysis for 2.5-m Model's Waves at Froude Number $F=0.344$ ($K_0L=8.45$), Corresponding to $V_s=19.14$ knots (Tokyo Univ. Tank)

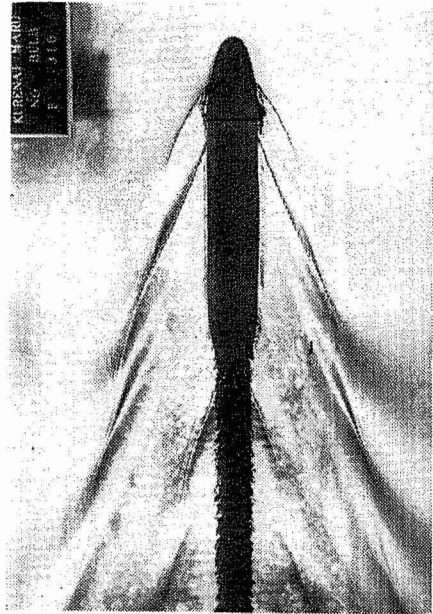
(a), (c) Without Bulb (B0) (b), (d) With F 4 Bulb



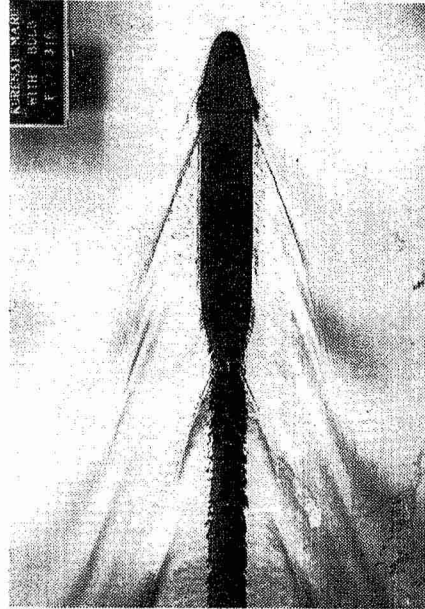
(c) Without Bulb (B0)



(d) With F 4 Bulb



(a) Without Bulb (B0)



(b) With F 4 Bulb

Fig. 9—Photos for 1.0m Model's Waves at Froude Number $F=0.316$ ($K_0L=10$), Corresponding to Fig. 4 ($L=2.5$ m) and Fig. 10 (Full-Scale) (Tokyo Univ. Tank)

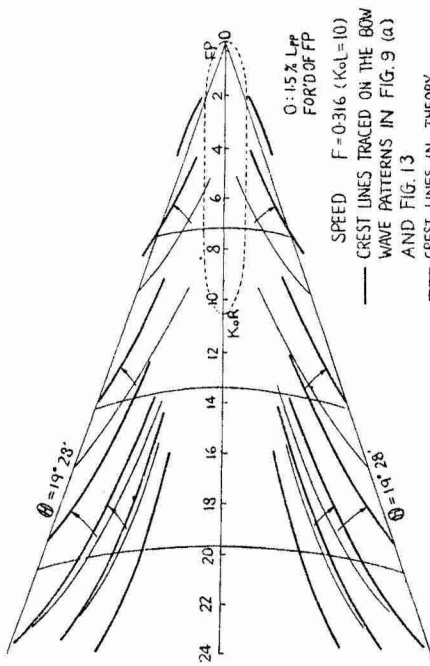


Fig. 7—Measured and Calculated Crest-Lines for the Bow Wave Patterns ($F=0.316$)

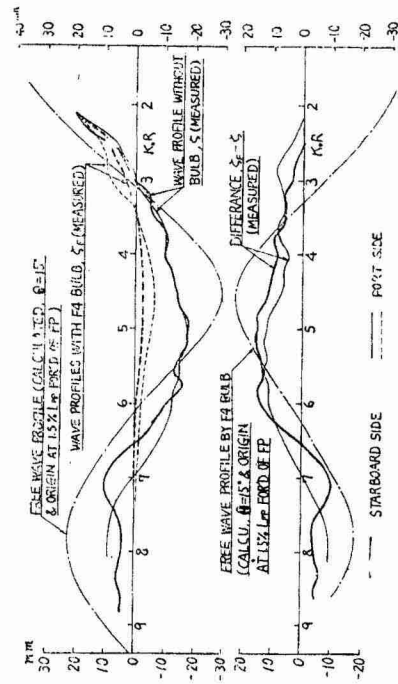


Fig. 8—Radial Section Profiles analysed from Stereo-Contour Wave Maps Fig. 4 (c), (d) at the Radial Angle $\theta = 19^\circ 28'$ ($F=0.316$)

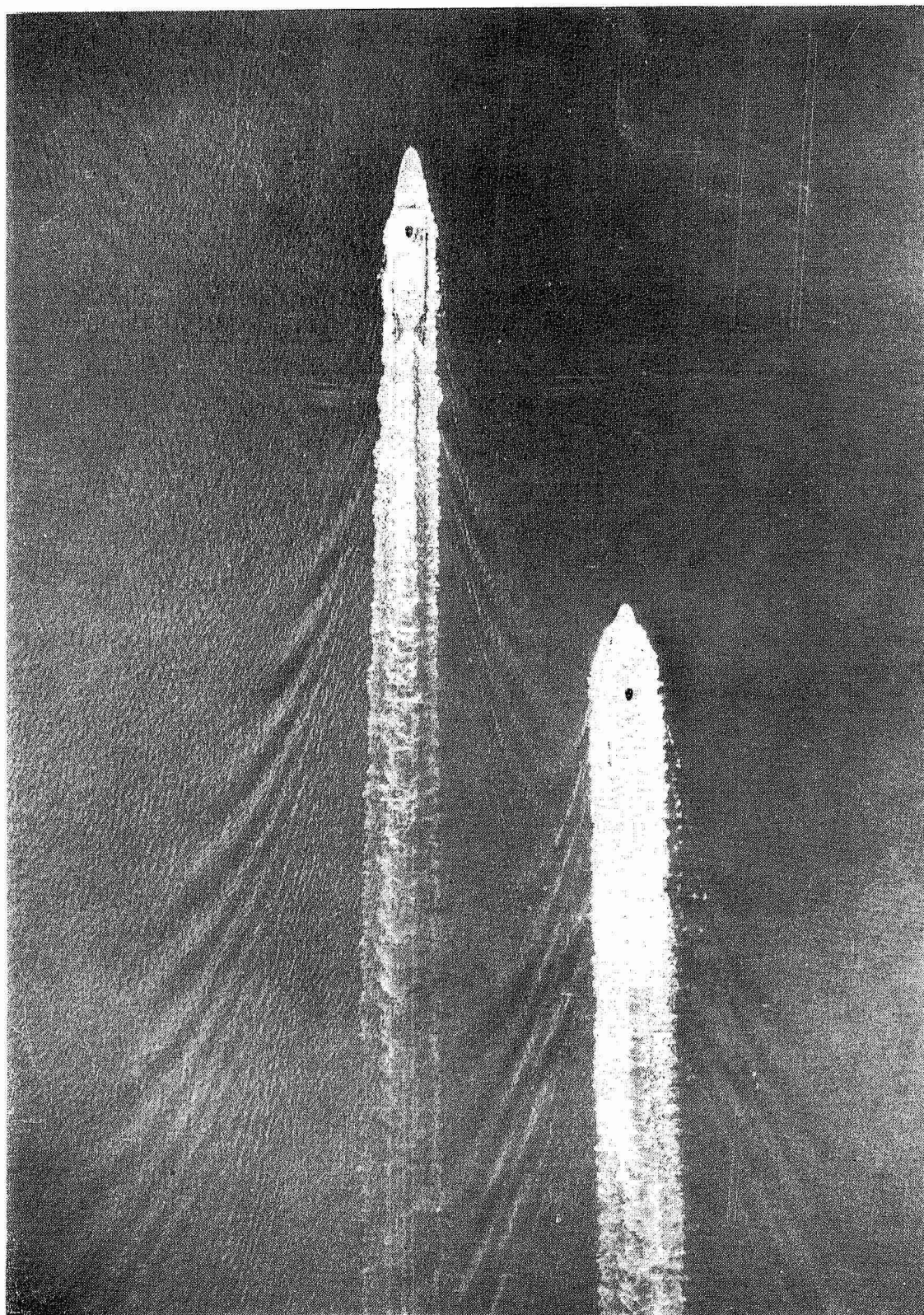


Fig. 10—Photo by Aerial Camera Showing the Wave-Cancelling Effects on the *M/s Kurenai Maru* attached with F 4 Bulb (*Upper*), in Comparison with the Syster Ship *M/s Murasaki Maru As Built Condition with B 1 Bulb (Lower)*, at the Speed V_s = about 17.6 knots (off Akashi)

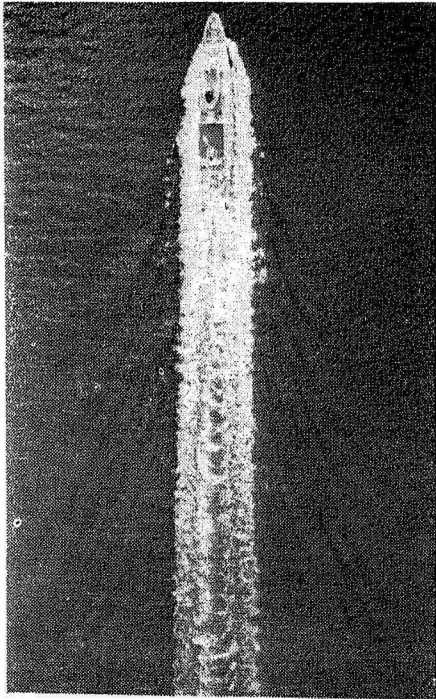


Fig. 11—Photo by Aerial Camera for the Waves of the M/s Murasaki Maru as Built Condition with B1 Bulb, at the Speed V_s = about 17.6 knots (Off Akashi)

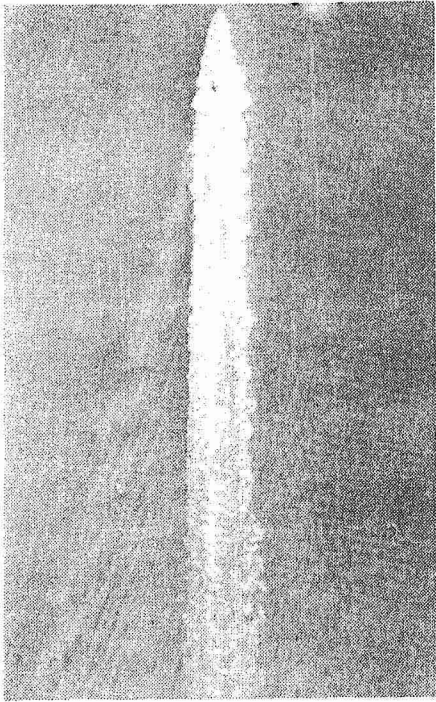


Fig. 13—Photo by Aerial Camera for the Waves of the M/s Kurenai Maru attached with F4 Bulb, at the Speed V_s = 14.4 knots (off Kariya, Awaji)

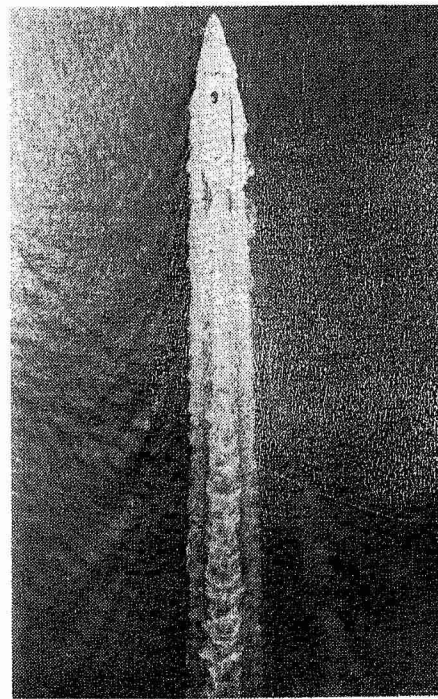


Fig. 12—Photo by Aerial Camera for the Waves of the M/s Kurenai Maru attached with F4 Bulb, at the Speed V_s = 17.3 knots (off Kariya, Awaji)

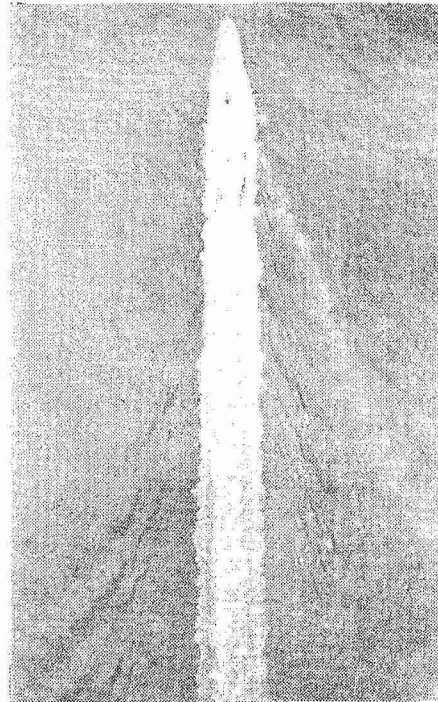


Fig. 14—Photo by Aerial Camera for the Waves of the M/s Kurenai Maru attached with F4 Bulb at the Speed V_s = 15.8 knots (off Kariya, Awaji)

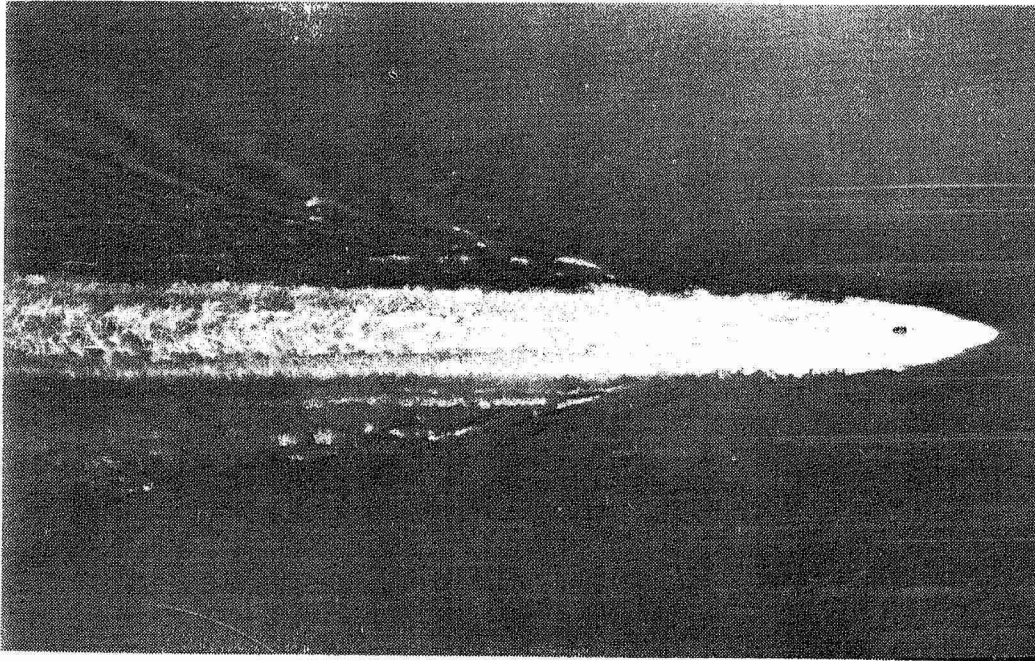
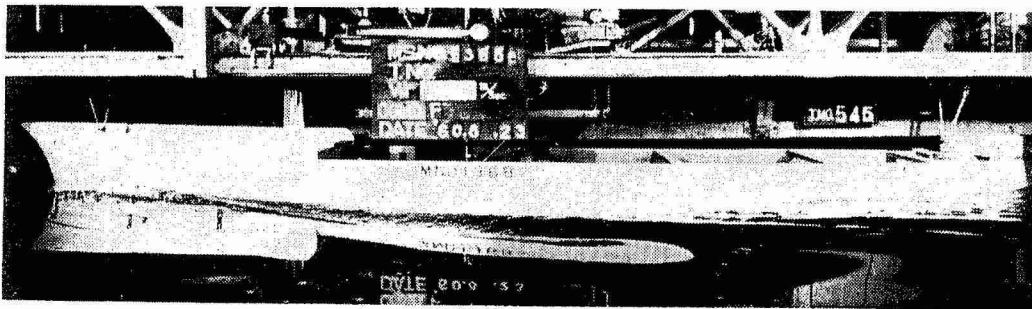
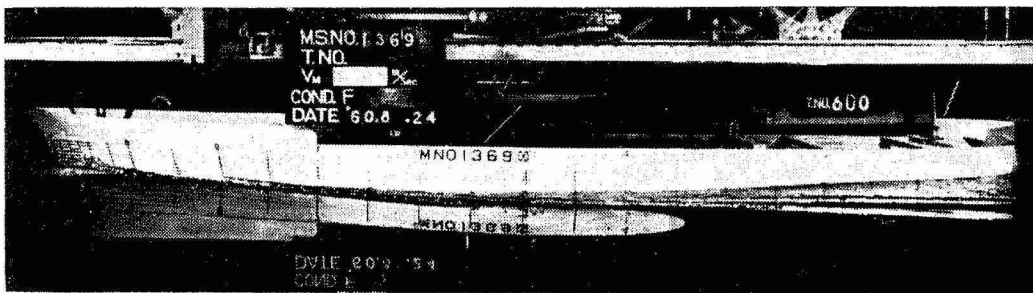


Fig.15—Photo by Aerial Camera for the Waves of the M/s Kurenai Maru attached with F 4 Bulb, at the Speed $V_S=18.4$ knots (off Kariya, Awaji)



(a) With B 1 Bulb (As Built Condition)



(b) With F 4 Bulb

Fig.16—Photos for Wave Profile Measurements on 5.5m Kurenai Maru Model (Mejiro No.1 Tank), at Froude Number $F=0.316$ ($K_0L=10$, $V_S=17.60$ knots)

特性を第1論文付録4のように推定して、それぞれの振幅関数を求めると第2図 ($F=0.316$ に対するもの) のようになる。この図で素成波伝播角 θ の小さい領域における F 4 パルプの振幅関数 $B(\theta)$ が主船体の $A(\theta)$ に比してまだかなり小さいにもかかわらず、抵抗試験ではこの F 数あたりで F 4 パルプがもつともきいているようになっている理由は次のように考える。すなわちくれない丸の船型は、船首から前肩にかけての造波特性が複雑で、これは在来船型学の経験によつて、船首波横波の成分 (θ の小さい成分) の一部分を前肩波の造波干渉によつて、ある程度緩和させるのに成功している。したがつて付加すべきパルプは主として船首波の残余横波成分と、干渉をうけず、ほとんどそのまま残っている全縦波成分とを打消すものであればよい。実際今回の各種写

真測定結果についてみても、F4 パルブによる船側波形振幅の変化はさして大きくないにもかかわらず、縦波には著しい干涉効果があられている。このことから F4 パルブが本船型の $F=0.316$ の速力に対してほぼ満足すべきものであることが推定できる。

この主船体船首波、および F4 パルブの波の振幅関数に基づいて、船首波については局部波を除いた後続自由波のみの漸近波形を理論的に計算し、パルブの波については局部波をも含めた全理論波形曲線を求めて、第1図に実測波形曲線と比較して示した。

4 全波形の分析

4.1 模型試験における全波形

東大水槽の 2.5 m 模型について求めた波高等高線図を、そのもととなる波形写真* とともに第 3~6 図に示す各図の (a), (c) はパルブのない普通型船首 (船首形状 B0) の波形で、既述のように B1 パルブ付の船型の波形と考えても差し支えない。(b), (d) は F4 パルブ付の船型の波形である。特に第 6 図の $F=0.316$ ($V_S=17.60\text{kn}$) における波形図は一見して、パルブによる造波干涉がきわめて有効に行われており、船首縦波がほとんど完全に消えていることがわかる。またその結果として逆に前肩から発生する縦波が純粋な形で、まえよりも明瞭に現われてきている。

つぎに第 4 図 (c), (d) の実測波形図 (2.5 m 模型, $F=0.316$) について波形分析を行なつてみる。理論波形と実測波形の平面図形 (主として等位相線の幾何学的形状) の前後および左右の差異 (後述) を考慮に入れて、FP 前方 1.5% L_{BP} の付置に原点を定めて、船体中心線と $\Theta=19^\circ 28'$ をなす放射状鉛直面で (a), (b) の各実測波形断面プロファイルを作る。その (a), (b) の波高差が F4 パルブによる波をあらわすと考えられる。その結果を第 8 図に示す。同図にはこれら実測プロファイルに重ねて船首波およびパルブの波の近似理論波形プロファイルを、第 1 報既報の理論式に基づいて、その自由波成分の漸近波形から計算して示した。ただし計算した波形は $\Theta=15^\circ$ に対するもので、これは、船体の存在による自己干涉影響によつて、実測波形が理論波形よりも左右に拡がっていることを考慮に入れたものであり、これらの取扱いについては文献 4) にならつた。

以上によつて本船のごとく、その対応する特異点分布系が非常に複雑な、いわゆる実用船型の場合においても、比較的簡単な特異点分布でおきかえて、ある程度までその造波特性を近似的に推定しうることがわかる。

4.2 実船試験における全波形

2. に述べたようにヘリコプタ 1 機を使用し、これに搭載した測量カメラ (1 コ) によつて、速力試運転のさい高度 400 m から実船の進路上で本船の後続波形を連続撮影した。第 1 表に示した 4 種の速力における F4 パルブ付の場合の波形写真を第 11~15 図に示す。これらのうち第 11 図は 3 月 10 日の予行飛行のさい、晴天の午後 2 時頃航海中の姉妹船むらさき丸 (B1 パルブつき) を撮影したもので、波形比較のために掲げた。曇ついても雲間から薄日がさす程度であれば (例えば第 10 図)、海面の小波が画面上に微妙な明暗のパリエーションをつくつて、測量写真としての要求に十分かなうものがえられる。なお太陽の位置については船の進路方向に天頂からやや低い高度位置がもつとも適当で、このような条件下では海面の強い反射をさけ、かつ画面全体に一樣に調子の良い写真像がえられる (カラーフィルムの撮影についても同じ)。

この測量写真は約 2 秒間隔で連続撮影を行ない、そのうちの相隣る 2 枚を 1 組として図化機にかけた。図化機の操作は実体視に習熟した専門家の手にまたねばならないが、担当技師の報告によれば後続波の山の頂あるいは谷にある細波のディテールが異なる 2 時点での 2 枚の画面相互で若干変化しており、実体視の手がかりが失なわれ、船の波の実体視が予想以上に困難であることがわかつた。この障害を除くために、写真処理によつて上述の細波による攪乱を消すとか、波の山の線あるいは谷の線の座標位置をひとつひとつの写真上で正確に求めて、2 枚の間の座標差 (すなわち視差差) から波高を算定するなど種々の試みを行なつたが、未だ十分には成功していない。飛行高度が、映画撮影を優先したために、測量カメラに対してはやや高すぎ、写真縮尺が小さすぎたことも図化作業の条件を不利にしている。

さきに 2. に述べたように、3 月 13 日の悪天候による撮影不可能のケースを補なうための処置として、F4 パルブ付のくれない丸と B1 パルブ付の同型船むらさき丸を明石瀬戸東方において、その付近での航海速力約 17.60kn ($F=0.316$) で並航させて異なる 2 船型にもとづく後続波形の直接比較に資することにした。その写真

*波形写真は水面にメッシュ 150~170 のアルミ箔粉を散布して撮影した。

の1枚を第10図に示す。またこの図と比較するために、その後東大水槽において1m模型をあらたに作り、2.5m模型の場合よりも広い範囲の後続波形の写真撮影を行なった。その $F=0.316$ の速力のものが第9図である。実船では海水特有の現象として船首尾付近で波が白泡を含んでいるが、この点を除けば、模型と実船とで波型模様様が極めてよく酷似している。なお模型はプロペラなしの状態であつて、それにもかかわらず実船と模型との船尾波紋の相似性のよいことから、実船の後方に八字形にひろがる白波も、プロペラ後流のために生ずるものではなく、船尾波の第1の山が白波となつたものであることがわかる。

また、くれない丸の船型が幅の広い、浅喫水の高速客船であるため、通常のLinerなどに比較して、船尾波が遙かに大きく、本船の造波抵抗のうち船尾波の受持分がかなりの割合に達することが、第10図などの資料から想像できる。さて、さきに理論と実測の幾何学的波模様の中に、前後および左右の差異があることを述べたが、このことを具体的に示したものが第7図である。これは第9図(a)の1m模型および第11図の実船の両波模様、そのFP前方1.5% L_{BP} の位置に原点を置く理論波形を重ねたものである。実測波形パターンが理論パターンに比べて、波模様の広がることは理論船型の場合⁶⁾と同様であるが、この変形は船の遙か後方にまで及んでいる。これと同じ現象は第10図の実船船尾波についてもいえる(この場合船首波が消え、その干渉がないので船尾波が純粋に近い形で出ている)。

なお今回は、実船後続波のステレオ解析には成功しなかつたが、後流域にみられるらせん(螺旋)状のプロペラ後流に着目すると、これが見掛けの立体像を作り、これから逆に後流の流速分布図を求めることができる。

4.3 16mm カラーフィルムによる実船波形の観測

B1バルブの試験の当日は悪天候のために撮影できなかつたが、F4バルブの試験における4種の速力の波形、およびくれない丸、むらさき丸両船並航時の実況が16mmカラーフィルムに収められた。これに、今回の試験でくれない丸にF4バルブを取付ける工事の実況と、さらに実船試験終了後、東大水槽で実船試験との比較のために行なつた1m模型による波形観測の結果などを加えて1巻(約1000尺)としたものが東大水槽に保管されている。

5 結 語

この報告では、今回の実船試験でえられた数多くの波形観測の資料の1部を示し、そのうち特に、F4バルブを計画した設計速力 $F=0.316$ ($V_s=17.60$ kn)について、定量的な波形分析を行なった結果について述べた。今回の研究においては水槽試験、実船試験を通じて波形分析が重要な役割を果している。これが船型試験の新しい方法として、今後大いに発展することを期待するものである。

模型による全波形の図化の範囲を拡げることについては、東大水槽において現在新たに測量用特殊ワイドカメラを計画し、かつこれに伴つて必要な水槽内の諸設備を整えつつある。実船の全波形についても、今回の貴重な経験によつて、航空写真撮影から図化にいたる各作業段階にわたつて、必要な方策を確認することができた。

今回の実船波形観測にさいして、ヘリコプタの使用については三菱重工業名古屋航空機製作所の関係各位の厚意ある配慮をうけた。また波形の図化、測量カメラの使用については国際航業KK、16mm映画の撮影については岩波映画製作所の関係各位の協力に負う処が大きい。ここに記して深く感謝の意を表する。

文 献

- 1) 乾・高幣：高速客船くれない丸におけるWaveless Bulbの船首波打消しに関する研究(第1報—水槽試験)(昭36・11 造船協会講演会にて発表予定)
- 2) 重満・甲斐：同上(第2報—実船試験)(同上)
- 3) 乾・高幣・熊野：球状船首の造波効果に関する水槽試験，造船協会論文集108号(昭35・11)
- 4) 高幣哲夫：Waveless Bowの研究(その1)，同上
- 5) 熊野道雄：Waveless Sternの研究(その1)，同上
- 6) 高幣哲夫：Waveless Bowの研究(その2)，造船協会論文集109号(昭36・5)
- 7) 熊野道雄：Waveless Sternの研究(その2)，同上
- 8) 井島武士：海岸・港湾測量，森北出版(昭35)