水線および肋骨線形状と造波抵抗

正員 乾 崇 夫* 正員 梶 谷 尚*
正員 武 隈 克 義** 正員 高 橋 雄**

Influence of Designed Waterline and Frameline Forms on
Wave-Making Characteristics of Ships

By Takao Inui, *Member* Hisashi Kajitani, *Member*

Katsuyoshi Takekuma, *Member* Takeshi Takahashi, *Member*

Summary

According to the slender ship theory, the wave-making resistance of ships is definitely determined by the sectional area curve alone as far as the so-called, 'end effect' terms are neglected. As a preliminary verification to this conclusion, a set of three symmetrical models with $C_B=0.55$ ($L/T=20$) are tank-tested.

From the presently obtained results a tentative conclusion may be drawn that the designed waterline form at F.P. $\sim 8\frac{1}{2}$ affects the wave-making characteristics of ships as seriously as the sectional area curve.

細長船理論¹⁾によると、いわゆる端部影響の項を除けば造波抵抗は横切面積曲線の形だけで済む。船型を設計する場合の手順は対象や方法によつて必ずしも一定しないが、横切面積曲線をきめるところまでが第一段で、ついで第二段として水線、肋骨線あるいはバルブの形など、よりこまかい線図そのものがきめられてゆくことが多い。従つて細長船理論の結論がそつくりそのまま通常の船型設計に適用できるのであれば、そのもたらすメリットは非常に大きい。上記の結論がどこまで実際と一致するかを、適当な計画にもつた実験によつてたしかめておくことはこの意味でぜひ必要である。

この種の実験は、要するに横切面積曲線を一定に押えておいて、肋骨線形状をいろいろに変化させたシリーズについて比較をすることになるが、これまでの方法では変化のさせかたにあるひとつの理論的根拠というのがなく、ただ漠然と U とか V とかの表現で適当に変えてきた。しかしこれでは理論的定量的な取扱いに不便であるばかりでなく、船の端部から中央にかけて肋骨線の形状がいろいろに変化してゆく、その variation に全体としてどれだけの型があるかをつかむことができない。

このような場合に、等価吹出し分布の概念を用い、まず全体としてどのような吹出し分布のパターンがありうるかを考え、ついで代表的なパターンにつきそれが表わす船型を流線追跡法で求めるという方法が考えられる。

以下の小論では、はじめにこの考え方の基礎、とくに細長船理論とのつながりについて述べ、ついでこれを応用しておこなつた若干の水槽実験の結果について報告する。

ここで用いた方法は、等価吹出し分布という概念をなかだちとして、数学的アプローチともいえる細長船理論(および極小抵抗理論)と工学的アプローチたる流線追跡法とを両者つなぎあわせたものである。もともとこの2つのアプローチは長所、短所がおもてうらになつてゐる面があり、ある意味で相補的である。船型設計に造波抵抗理論を有効に活用してゆくには、それぞれの長所をいかし、適当なところでバトンタッチするというリレー方式を開発してゆくことも大いに必要なことであろう。このような考え方がこの報告の基礎になつてゐる。

原稿受付 昭和 41 年 7 月 10 日

*東京大学工学部

**三菱重工業長崎研究所

1 細長船理論の基礎仮定

細長船理論は理想流体を対象とした線型理論のひとつであるが、基礎仮定としてつぎの3ある。

$$(a) \text{ 船型条件: } \beta = B/L \ll 1, \tau = 2T/B \approx 1, \quad (1)$$

$$(b) \text{ 力学的条件の1: } b/\lambda(\theta) \ll 1 \quad (2)$$

$$\text{ここに } \lambda(\theta) = \lambda_0 \cos^2 \theta = 2\pi \cos^2 \theta / K_0 \quad (3)$$

$$(c) \text{ 力学的条件の2: } \beta \ll K_0 l, \quad (4)$$

ただし $L (=2l)$, $B (=2b)$, T はそれぞれ船の長さ, 幅, 喫水, $\lambda(\theta)$ は θ 方向素成波の波長, λ_0 と K_0 とはそれぞれ2次元自由波の波長および波数である。

上記3条件のうち, 船型条件 (a) は通常の船型の場合まず満足されていると考えてよい。条件 (b) は船のつくる波が船体によつてこわされないための条件で, これから, この理論が適用しうるフルード数 F_n の下限がきまる。条件 (c) は自由表面が固体壁とみなしうるための条件で F_n の上限を与える。

(4) 式を書直すと

$$F_n \ll (L/2B)^{1/2}, \quad (5)$$

がえられるが, 排水量型船舶では F_n 数の最大値はたかだか0.5の程度であり, 一方(5)式右辺の値は1.5~2の程度であるから, (5)式すなわち条件(c)はまず問題ない。これに反して残る条件(b)には問題がある。もともと細長船理論は数学的な吟味に耐えうる self-consistent な理論であることが, その特長となつているだけに, この条件を無視するわけにはゆかない。(3)式において, $\theta \rightarrow \pm \pi/2$ で $\lambda(\theta) \rightarrow 0$ であるから, 船の半幅 b が有限であるかぎり, 素成波領域の全体について(2)式が成立するような F_n の下限を定めることはできない。ただ実際問題としては幸いに $\theta \rightarrow \pm \pi/2$ の素成波成分が受けもつ造波抵抗の寄与はゼロに極限するから, $\pi/2$ よりやや小さい θ_1 をきめ, $|\theta| = 0 \sim \theta_1$ の範囲で(2)式が成立すればよいということに解釈しても大きな誤りはない。 θ_1 をどの程度にとるかは, 波がどの程度まで消えればよいかによつてきまる。ヨコ波だけを対象にすれば $\theta_1 = 35^\circ$ 程度を考えればよいが, 最近のように船型が次第によくなつてくると, ヨコ波だけ消したのでは不十分であつてタテ波もかなりのところまで消えることが要求されてくる。この意味で $\theta_1 = 60^\circ \sim 70^\circ$ 程度にとるのが適当であろう。いまかりに $\theta_1 = 60^\circ$ とすると, 基準波長 λ_1 は

$$\lambda_1 = \lambda(\theta = 60^\circ) = \frac{1}{4} \lambda_0, \quad (6)$$

となり, (2)式すなわち, 条件(b)は次のように書ける。

$$F_n \gg \left(\frac{1}{\pi} \cdot \frac{B}{L} \right)^{1/2} \quad (7)$$

(7)式右辺の値は $L/B=10$, 5 に対して, それぞれ 0.178, 0.252 となるから, 通常の $L/B=5 \sim 7$ に対しては(7)式を満足する F_n の下限として少くとも 0.30 以上を予想しておく必要がある。この値はタンカー船型はもちろんライナー船型でもその常用フルード数より高いので十分注意しなければならない。

さて, 周知のように細長船理論は3次元の吹出し分布から出発する。いま Lamb の定義による吹出し強さ $V \cdot m(\xi, \eta, \zeta)$ が船体内部の適当な分布面の上に連続的に分布しているとし, このような連続的吹出し分布が一定速度 V で長さの方向に直進運動するときの造波抵抗 R_w の表示式を書く。この段階で上述の3つの条件を入れて, パラメーター β について展開し, β が1に比し十分小さいとし, β の最低次の項のみに注目すると, 最後に

$$\begin{aligned} R_w = & -\frac{\rho}{2\pi} V^2 l^2 \left[\int_{C(1)} m(1, \eta, \zeta') ds' \int_{C(1)} m(1, \eta, \zeta) \ln \left[\frac{1}{4} r r_0 \{ (\zeta' + \zeta)^2 + (\eta' - \eta)^2 \}^{1/2} \right] ds \right. \\ & + \int_{C(-1)} m(-1, \eta', \zeta') ds' \int_{C(-1)} m(-1, \eta, \zeta) \ln \left[\frac{1}{4} r r_0 \{ (\zeta' + \zeta)^2 + (\eta' - \eta)^2 \}^{1/2} \right] ds \\ & - 2\pi M(1) M(-1) Y_0(2r_0) - 2\pi M(1) \int_{-1}^1 M'(\xi) Y_0(r_0 \xi - 1) d\xi \\ & \left. + 2\pi M(-1) \int_{-1}^1 M'(\xi) Y_0(r_0 \xi + 1) d\xi + \pi \int_{-1}^1 d\xi' \int_{-1}^1 M'(\xi') M'(\xi) Y_0(r_0 \xi' - \xi) d\xi \right], \quad (8) \end{aligned}$$

がえられる。ここに

$$(\xi, \eta, \zeta) = (x/l, y/l, z/l), \quad (9)$$

$$r_0 = K_0 l, \quad (10)$$

$$M(\xi) = \int_{c(\xi)} m(\xi, \eta, \zeta) ds, \quad (11)$$

で r はオイラーの常数 $0.5772\cdots$, Y_0 は第2種ベッセル関数である。(8)式右辺は全体で6項からなるが、そのうちのはじめの2項は吹出しの端部の値 $m(\pm 1, \eta, \zeta)$ だけできるので、これを端部影響 (end effect) の項といい、他の項と区別する。残り4項は吹出しの横切面内での積分 $M(\xi)$ およびその一次微係数 $M'(\xi)$ で与えられ、断面内のこまかな吹出し分布には関係しない。各断面での吹出し総量 $M(\xi)$ は無次元の横切面積曲線

$$S(\xi) = A(x)/b^2 \quad (12)$$

ここに $A(x)$ は横切面積、

と次式

$$M(\xi) = -\beta S'(\xi), \quad (13)$$

で結ばれるから、この部分の R_W への寄与は横切面積曲線が変わらないかぎりその値も変わらない。

2 吹出し分布の型

横切面積曲線一定の条件下に肋骨線の傾向を船首から中央にいたる間いろいろ変化させるに当つて、各断面の形は前後の断面形と全く無関係にきめられるわけではなく、当然全体としてなめらかな fairness が保たれねばならない。それには船型を直接数式表示するか、以下に述べる等価吹出し分布から出発するか、2つの方法が考えられる。しかし前者では無数に考えられる variation に統一的な見解を与えることが困難であつて、その点後者の方法がすぐれている。

さて $M(\xi)$ が一定の条件下で、 $m(\xi, \eta, \zeta)$ の variation を考えるに当つて、水線面積にある程度の制限を設けないと船として基本的に重要な復原性が不足し、実際には使用できないような船型が含まれてくるおそれがある。そこではばこれに対応する副条件として計画喫水面 $\xi=0$ における吹出しの midship に対するモーメント

$$L = \int_{-1}^1 m(\xi, \eta, 0) \cdot \xi d\xi, \quad (14)$$

がある値より小さくならないようにする。

吹出し分布 $m(\xi, \eta, \zeta)$ が次式

$$m(\xi, \eta, \zeta) = m_1(\xi) \cdot m_2(\zeta) \quad (15)$$

のように長さ方向の関数と喫水方向の関数との積で表わされるいわゆる分離型は、Weinblum によつて elementary ship とよばれ、理論とくに数学的アプローチではこの場合だけが主として取扱われている。その理由は極小造波抵抗を変分法の問題として取扱うには2変数 (ξ, ζ) のうち、 ζ をはやく除いて ξ だけの1次元の積分方程式に変形しなければ、解析的处理ができないからである。従つて積分方程式の形で問題を考えてゆく数学的立場では、これまでのところ下記の場合だけが取扱われている²⁾。

(1) $m_2(\zeta) = 1$ で T が無限大 (無限喫水船)

(2) $m_2(\zeta) = 1$ で T が有限,

(3) $m_2(\zeta) = 1 - \zeta^4$ (T 有限),

しかしながら実際に使用されている船型は、これよりもだいたい複雑で、肋骨線の傾向は船の端部から中央にいたる間に微妙な変化を示しているのが普通であり、肋骨線形状が船の全長にわたつてひとつの型を保持している例は皆無といつてもよい。従つてどうしても非分離型を含めて問題を考えねばならないし、また上述の極小抵抗理論における理論解析上の制約ということもあつて、非分離型の場合にどうなるかという点にこそもつとも大きな関心もたれる。

さてこのような非分離型の吹出し分布を取扱うには、たとえば、

$$m(\xi, \zeta) = \sum a_i \xi^i + \zeta \sum b_i \xi^i + \zeta^2 \sum c_i \xi^i + \cdots, \quad (16)$$

とすればよい。もつとも肋骨線形状の変化は造波抵抗に対してそれほど鋭敏ではないので、将来はともかくも現段階でこの種の実験計画を立てるに当つては、(16)式右辺のはじめの2項まで、すなわち ζ の1次項までで十

Fig. 1 Typical patterns
for Source Distribu-
tion $m(\xi, \zeta)$

たが、ここでは前後対称船型のみを考えており、前半部船体の範囲で、船首と中央とで吹出し分布およびそれから導かれる肋骨線形状がどのような傾向になっているかを表示している。最後の⑥、⑦はそれぞれ④、⑤をさらに複雑にしたもので、 $m(L)$ と $m(K)$ との大小関係が船首から中央にいたる間で2回変つている場合である。これらよりもさらに複雑なパターンも考えられなくはないが、船型としてみた場合あまり意味はないので一応この7種の変化を考慮しておけば十分である。

3 応 用

前節に述べた考え方を $C_B=0.58\sim 0.60$ 程度的高速ライナーの前半部船型に適用してみる。この種の船型は浮力中心が midship より後方にあり前半部の方が後半部よりもかなり fine であるから、前半部のみについては $C_B=0.55$ ととる。喫水比は $L/T=20$ とし、このような前後対称船型を計画する。流線追跡によつてえられた船型がなるべく実用船型に近い平底となるように、等価吹出しの分布面は船体縦中心線面をとらず、Pien^{3),4)}によつて拡張された、いわゆる2スケルトン (skelton) 分布とする。すなわち側曲面の形を

$$\eta = \pm 0.12(1-\xi^2)^2, \quad (17)$$

ととり、その深さ T_0 を実喫水 T の0.7倍にとる。(長さの半分 l で割った無次元値は実喫水が $t=0.10$ 、分布面の深さが $t_0=0.07$ となる)。

左右対称の wall-sided な側面 (17) に吹出しを、またその底面 $\zeta=t_0$ には軸が鉛直方向を向く二重吹出しをそれぞれ分布させる。後者は実底面 $\zeta=t$ がより一層平底に近づくために加えたものである。

まずはじめに基本型として Fig. 1 の①に相当するものとし次式

$$m(\xi) = 1.393240\xi - 0.710861\xi^2 - 2.494148\xi^3 + 2.042789\xi^4, \quad (18)$$

の分布をえらび、底面の鉛直二重吹出しとして、

$$B(\xi, \eta) = 0.1\xi^2(53.333\eta - 888.883\eta^2 + 3703.63\eta^3), \quad (-1 \leq \xi \leq 1) \quad (19)$$

をおく。(18) 式からただちに各横切面での吹出しの総量 $M(\xi)$ は次式で与えられる。

$$\begin{aligned} M(\xi) &= 2 \int_0^{t_0} m(\xi) d\zeta = 2 t_0 \cdot m(\xi) \\ &= 0.35 \times [1.393240\xi - 0.710861\xi^2 - 2.494148\xi^3 + 2.042789\xi^4] \end{aligned} \quad (20)$$

また復原性に関係のある量として (14) 式の L は

$$L = 2 \int_0^1 m(\xi) \cdot \xi d\xi = 2 \times 0.13 = 0.26, \quad (21)$$

となる。

つぎに、(20)・(21) の条件のもとに吹出し分布を非分離型に拡張してみる。(16) 式の右辺のはじめの2項までとり、

分であろう。この場合各横切面内の吹出しの喫水方向分布は直線的な変化を示すことになる。このようにして考えられる吹出し分布の型を並べてみたのが Fig. 1 である。図は前後対称船型の前半部船体における等価吹出しのうち計画喫水 $\zeta=0$ と、分布面の底部 $\zeta=t$ における吹出し強さ $m(L)$ 、 $m(K)$ の ξ 方向、すなわち長さ方向の変化を示したもので $\xi=0$ が中央、 $\xi=1$ が船首位置に対応する。パターンは全体で7種考えられる。①は基本型で喫水方向に一樣な分布である。②と③は分離型 (またはこれに近いもの) で、②は全体にわたつて下ふくらみ (いわゆる逆Vでこれを記号 Λ で表示する)、③はその反対のいわゆるV型である。②の場合には中央横切面がバルジつきのようになり商船の型としては適当かどうか、また復原性にも問題を残しがちな船型である。④以下⑦はいずれも非分離型であつて、前3者にくらべて一段と複雑になっている。④は船首付近で Λ (逆V)、すなわちバルブ状となり、中央ではV、⑤はその反対に船首付近でV、中央でUとなつている。図の中に記入してある Λ や VU は以上のことを意味している。(従来 UV というと前半部がU、後半部がVというように用いられてい

$$m(\xi, \zeta) = \sum_1^4 a_i \xi^i + \zeta \sum_1^4 b_i \xi^i, \quad (22)$$

とおき、未定係数 a_i , b_i を条件 (20) に対応する

$$\left. \begin{aligned} 1.398240 &= a_1 + \frac{t_0}{2} b_1 \\ -0.7108613 &= a_2 + \frac{t_0}{2} b_2 \\ -2.494148 &= a_3 + \frac{t_0}{2} b_3 \\ 2.042789 &= a_4 + \frac{t_0}{2} b_4 \end{aligned} \right\} ((t_0 = 0.07)) \quad (23)$$

と、条件 (21) に対応する

$$0.13 = \sum_1^4 \frac{a_i}{i+2}, \quad (24)$$

Fig. 2 Sectional Area Curve and Designed Waterlines

Fig. 3 Selected Source Distributions

すなわち

$$0.13 = \frac{a_1}{3} + \frac{a_2}{4} + \frac{a_3}{5} + \frac{a_4}{6}, \quad (25)$$

とから定める。変数 8 コに対し、条件式の数 は 5 コであるから、これだけでは一義的にきまらない。つまりいくらでも variation はありうるが、そのうちもつとも簡単なものとして、

$$a_1 \neq 0, a_2 = a_3 = a_4 = 0 \quad (26)$$

とおくと、変数は全部で 5 コとなり、次式のようにきまる。

$$\begin{aligned} m(\xi, \zeta) &= 0.39 \xi \\ &+ \zeta (28.80685 \xi - 20.31032 \xi^2 \\ &- 71.26137 \xi^3 + 58.36540 \xi^4), \end{aligned} \quad (27)$$

Fig. 4 Body Plans

Fig. 2 の曲線 A が、これらの吹出し分布から流線追跡法で求めた実際の船型の横切面積曲線を示し、B-CD は計画喫水線の形を示している。Fig. 3 は側面におかれた吹出し分布の長さ方向の変化を ζ 喫水をパラメーターとして表わしたもので、太い実線で示したのが基本型 (18) 式の分布である。Fig. 4 は正面線図で、これらの図では基本型に相当するものを UU-121, (27) 式に対応するものを VU-121 と記してある。後者は前節 Fig. 1 のパターン⑥に属するものである。なお VU-121 について採用した底面二重吹出しは

$$B(\xi, \eta) = 0.06543 \xi - 0.05454 \xi^2 - 0.01088 \xi^3, \quad (-0.8 \leq \xi \leq 0.8) \quad (28)$$

である。

底面二重吹出しは軸が鉛直であるから、その効果は流体をその断面内で上または下に向けるだけであつて横切面の形は変えるが、その面積は不変である。Pien は二重吹出しのほかに、吹出しをも考慮しているが、実用上その必要はなく、鉛直二重吹出しのみで十分であり、かつその方が上述の条件を満足するので応用上好都合である。

上述の2つの船型 UU-121 と VU-121 とを比較すると船首付近の水線形状にかなりの差があることが Fig. 2 からあきらかである。そこで、2番目の船型 VU-121 と計画喫水線の形状が $\xi=0.7\sim 1.0$ (横切面番号で $8\frac{1}{2}\sim F.P.$) の範囲で酷似しており、前節のパターン③に属するものを3番目の船型として求めてみた。この場合、肋骨線の形状が船首から中央にいたるまでVになつているので、復原性はあまる傾向になり、これを無理に押えると、かえつておもしろくない。そこで簡単に (23) 式右辺の係数 $b_1, b_2, \dots$ が $a_1, a_2, \dots$ に比例する (分離型) としその比例常数を p とする。

$$b_i = p \cdot a_i, \quad (29)$$

このとき (22) 式は、

$$m(\xi, \zeta) = (1 + p \cdot \zeta) \sum_{i=1}^4 a_i \xi^i \quad (30)$$

のように書ける。これから係数 $a_1, a_2, \dots$ は (23) 式左辺の基本型 UU-121 に対する値の $1/(1 + pt_0/2)$ 倍となる。 p としていろいろの値が考えられるが $m(K) \geq 0$ の条件を考えると、もつとも極端な場合として $m(K) = 0$ より

$$1 + pt_0 = 0 \text{ あるいは } p = -1/t_0 (t_0 = 0.07), \quad (31)$$

したがつて

$$1/(1 + pt_0/2) = 1 + k = 2, \text{ あるいは } k = 1, \quad (32)$$

すなわち $m(L)$ の値は基本型のその2倍になつていゝ。このとき (14) 式の L の値も自動的に2倍になる。このようにしてきめた吹出し分布から求めた船型を VV-121 とし、前述の2隻と合わせて Figs. 2~4 に示してある。この船型に対する底面二重吹出しは次式の通りである。

$$\begin{aligned} B(\xi, \eta) = & \eta(13.694406 \xi - 217.57531 \xi^2 + 1122.7798 \xi^3 - 2164.7894 \xi^4 \\ & + 1402.8319 \xi + \eta^2(-321.60403 \xi + 4681.42053 \xi^2 - 20328.298 \xi^3 \\ & + 27021.405 \xi^4 - 9389.8950 \xi^5) + \eta^8(2199.2080 \xi - 31123.073 \xi^2 \\ & + 134839.09 \xi^3 - 211253.55 \xi^4 + 206739.48 \xi^5), (-0.8 \leq \xi \leq 0.8) \end{aligned} \quad (33)$$

Table 1 Calculated End Effect' Terms
($C_W \times 10^4$)

F_n	0.15	0.20	0.25	0.289	0.354
$K_0 L$	44.44	25	16	12	8
UU-121	0.813	1.811	2.587	3.087	3.791
VU-121	1.303	2.302	3.007	3.577	4.288
VV-121	1.595	2.593	3.389	3.868	4.573

上述3船型については細長船理論と流線追跡法との両方から造波抵抗を計算することができる。とくに前者では (20) 式の $M(\xi)$ が一定であるから、3船型間の差だけを求めるのは端部影響の項だけの計算ですむ。第1表にその結果を $C_W = R_W / (\rho/2 V^2 L^2)$ の形で示す。これによると基本型 UU が一

番小さく、VU・VV の順に大きくなつていゝが、後述の実験と比較すると、 $F_n = 0.30$ 以下でその傾向は大体よくあつていゝようである。

Table 2 Particulars for Tested Models ($L = 2.5 \text{ m}$)

Model	UU-121	VU-121	VV-121
L/B	6.263	6.22	6.127
L/T	20	20	19.38
B/T	3.194	3.214	3.162
C_B	0.547	0.550	0.522
C_p	0.581	0.581	0.582
C_M	0.947	0.950	0.896
$d/(L/10)^3$	4.367	4.403	4.403
$S/(L/10)^2$	16.91	17.14	16.72
$A_w/(L/10)^2$	9.50	9.66	9.84
$I_w/(L/10)^4$	1.280	1.280	1.375
$K(\text{Hughes})$	0.28	0.34	0.30

4 実 験

前節の3船型につき2.5m 模型の水槽試験を実施した。抵抗試験、船側波形、波紋観測の3つを併用したがとくに後者を重視した。乱流促進用の stud は高さ1.5mm の plates tud を s.s. $9\frac{1}{2}$ に10mm の間隔で

植えた。摩擦式は Hughes 式を用いた。第2表には供試模型船の要目および形状因子 K の値を示してある。 K には若干の差がみられるが実験当時のレールの状態が必ずしも十分良好とはいえなかつたのである程度の誤差を含むものと想像される。

Fig. 5 の船側波形, および Fig. 6, 7 の波紋写真からきわめて明瞭なことは, UU が VU, VV と非常にちがうこと, および VU, VV が非常によく似ていることである。この傾向はある程度は予想されたことであるが, 予想よりもはるかに顕著な結果が表われている。横切面積曲線が同じでも, F.P から s. s. $8\frac{1}{2}$ あたりまでの肋骨線形状, とくに計画喫水線の形状が異なる

と造波特性は相当に変ることがわかる。もつともその差は, F_n がまずに従つて次第に小さくなつてくることはたしかであつて, この傾向は細長船理論の基礎仮定からもうなづける。

Fig. 5 Wave Profiles

Fig. 8 Resistance Test Results

ため底部二重吹出しを除いた側面吹出しだけの計算については示していないが, $F_n = 0.29$ でみると UU, VU では二重吹出しを加えることによつて C_W はかなり大幅にまし, VV ではほとんど変つていない。この底部二重吹出しは横切面の形は変えるが面積にはほとんどきいてこない。細長船理論の立場では C_W の変化はないはずであるが計算の方法によつて結論が変つてくる。このあたりにも今後さらに究明しなければならない点が残されている。

以上等価吹出し分布から出発してシリーズ船型の計画を立てる方法について述べ, その応用例として, 横切面積曲線が一定で, 水線形状・肋骨線形状を異にする3種の船型間の比較を行なつた。このシリーズで比較すべきパターンはほかにも, たとえば Fig. 1 の④など, まだ残されているがこれらはバルブつき船型を含めて次の機会にとりあげたいと考えている。

この報告に関係のある実験には小川清勝君, 計算および解析には足達宏之, 山口真裕両君の協力をえた。記して厚く謝意を表する次第である。

References

- 1) Maruo, H. : J. Z. K. 112 (1962)
- 2) Maruo, H. : Fifth Symposium on Naval Hydrodynamics (Bergen, 1964)
- 3) Pien, P. C. : Do.
- 4) Pien, P. C. : D. T. M. B. Tech. Rep. 2144 (1965)

Fig. 6 Wave Patterns ($F_n=0.250$)

Fig. 7 Wave Patterns ($F_n=0.316$)