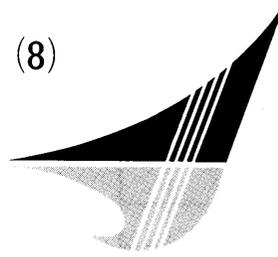


船型学 50年 (8)

— 波なし船型 —

乾 崇 夫
東京大学名誉教授
日本造船技術センター顧問



7月号の訂正

著者校正の見落としが2あった。それも写真の caption を含めてで申し訳なし。

- p.73 左, 上から1行目: 分があるが → 分であるが
p.74 右, 写真7・2: 中速延の波紋 → 中速艇の波紋
以下は朱を入れたが直ってこなかった箇所。
p.74 左, 上から7行目: S201工卒 → S201工卒
同 同, 上から13行目: 両君の年 → 両君の卒
p.75 左, 上から22行目: カン入の → カシオの
同 同, 上から26行目: 速度と, → 速度を
同 右, 文献の1行目: Oniu. → Univ.
同 同, 同 : Arr → Ann
同 左, 下から1行目: Vols 1 ~ 3, →
Vols. 1 ~ 3,

“大きな穴”

拙稿の初回(正月号)に日経社会部T記者の記事(平成2年11月3日朝刊)を引用したが、そのさい、借用に踏み切った理由のひとつに、冒頭の一節「運がよかったのですよ。“大きな穴”がはっきり開いていましたから。」が吾が意を得ているから、と書いた。ところでこの記事はさらに「穴とは船舶工学の中でも先人の仕事を手薄だった造波抵抗の分野。……」と続くのであるが、“大きな穴”の中身について筆者が托した内容と、T記者が受取ったそれとに若干ニュアンスの違いがないでもない。当時、大阪への日帰り出張(10月31日)、や田古里さんの葬儀(11月1日)などの合間をぬっての取材だったから、この程度のズレは止むをえない。T記者のとらえ方は、「先人の仕事を手薄だった“造波抵抗”の分野」そのものが“穴場”であったとしている。これは必ずしも間違いとは言いきれないところがあるが、筆者の“穴”は“波なし船型”または“造波抵抗ゼロ船型”の実現の可能性についての最初の着意とそれに続く実証とを意味していた。T記者の理解が、あながち間違いと言いきれないの

は、それに到る道程が重要だからである。2月号(表2・1)に掲げた通り「波なし船型」のポイントは「急がば廻れ・方法論が決めて」である。ここでいう方法論とは前号(7月号)で述べた「波紋解析」そのものである。そのシンボリックな部分を再出すと、

「……船の造波抵抗の問題は、数多い科学技術史上のケース・ヒストリーのなかでも、かなり特異なケースではないかと……」、また

「……試験水槽が、単に“力を測る”確認の場から、“波を観察する”探究の場へと質的転換を遂げた……」などである。

以下本号では、“波なし”の発想にいたるまでの筆者の思考体験を、40年近い往事を思い出しながら書きとめておく。正月号にも書いた通り、この連載の目的は「…通常の学術論文には陽にはあきらかにされていない“発想”の根元に横たわっていたもの、つまりその研究のモトになっているアイデアの芽がどのような動機で生まれ、どのような経過でその芽がはぐくまれてきたかを書きとめておくこと」であった。従って12回のシリーズのなかでは、今回が一番重要な峠になろう。ところで一口に“波なし船型”といっても、コンピュータの普及・発達と理論の進歩によって、いくつかの段階を経てきているが、以下はそのうちの、ごく初期の第1種・波なし船型、つまり単純船型(単純な船首波系をつくる前半部主船体の意)に比較的大形なバルブを組合わせたものに着目することにする。

Ship of the Year '90

日本造船学会では今年3月、あらたに“Ship of the Year”賞を制定し、技術的・芸術的に最も優れた船(国産)を選定し表彰することとなった。そしてその第1回は過去5年間の建造船が対象となったなかで「クリスタル・ハーモニー」が選ばれた¹⁾。写真8・1は日本郵船



写真8・1 “CRYSTAL HARMONY”の船首バルブ

・嶋田武夫常務，三菱重工本社永井昌太郎船舶・海洋技術統括室長を介し，長崎造船所より本号のために特別に提供して頂いた3枚のなかから，船首バルブのみならず，前半部主船体の形状もある程度入っていて，両者の前後位置と大きさの相対的關係がほぼ把握できそうなものを選んだものである。因みに本誌(平2・11)に同船の写真と紹介記事があり，それによると $L_{OA} = 240.96 \text{ m}$ ， $L_{PP} = 205.00 \text{ m}$ ， $V_{\text{trial}} = 23.24 \text{ kn (max)}$ ， $V_{\text{service}} = 22.0 \text{ kn (full)}$ で，仮に $L_{WL} = 210 \text{ m}$ として F_n を求めると， $F_n = 0.250$ ぐらいになる。後出の図8・7にみるように， $F_n = 0.15$ あたりでバルブの大きさは一番小さくて済むはずなので，この程度の F_n 数であれば，大きさ・突出量とも，いま少し小さくできるのでは，との予期もっていたが，上部構造物が大きく，重心の高い客船の場合，復元性確保のため船首水線入角をそれほどfineにできないという事情があったようである。客船ではタンカーなどと異なり，船首の喫水変化が小さいので，バルブによる“波消し”設計はsimpleになるので理論の成果をそのまま反映できる。その意味で一昨年来の客船ブームを迎え，筆者は船首形状に格別の関心を寄せていた。ここでは紙面の都合で割愛したが，大阪商船・三井船舶の「ふじ丸」・「にっぽん丸」の船首バルブもかなり突出量大きい。もっともその F_n 数は $L_{OA} = 166.65 \text{ m}$ ， $L_{PP} = 147.00 \text{ m}$ に対し $V_{\text{service}} = 20.0 \text{ kn}$ (いずれも「にっぽん丸」の値)であるから，仮に $L_{WL} = 150 \text{ m}$ として， $F_n(\text{service}) = 0.268$ となり，「クリスタル・ハーモニー」よりはかなり高くなっている。後出の青函連絡船(写真8・4，図8・8)が，あの程度の突出量でも船長らの

猛反対で，ついに幻の船と消えた当時(1961)の無念さを思い出しながら，隔世の感を深くしている次第である。

昔のバルブはワキ役

一口でいうと1960年頃までのバルブはワキ役に止っていた。つまりバルブは船型全体からみると，極めて微小な“附加物”としてのみ認識され，船型設計の現場でも，また水槽試験にたずさわる純実験やは何論のこと，ウィグレー²⁾，ヴァインブルーム³⁾(共に1935)など造波抵抗理論(具体的にはミッチェルの薄い船の理論)を水槽に持ち込もうと試みた人々も含めて，(そしてハブロックもおそらく)みなそのような前提に立っていた。事実はそうではなく，後述の青函連絡船の例でも判るように，全排水量の2%，従って前半部船舶との比でもわずか4%に過ぎない船首バルブが，造波効果の上では主船体(前半部)と対等にわたり合えるのである。この意味では，それまでワキ役に甘んじていたバルブが，主船体と同格の二人目の主役にのし上ったことになる。ところで1960年以前の球状船首の研究で代表的なものは米国ワシントン水槽の所長であったD. W・テイラー(1923)の43隻からなるシリーズ・テストが有名であるが，いわゆる機械的なシリーズ・テストであって理論が全く加味されていないのと，抵抗試験，つまり“力の計測”だけに終わっているので，バルブの本当の効用を十分に抽出するには至っていない。写真8・2はW.フルード⁴⁾が水槽のできる4年前の1867年の秋，自邸の近く，ダートマウス港外の入江(River Dart)で行った野外実験(曳航試験)に用いた模型で，“Raven”(わたりがらす)は船首の先が鋭く尖った通常船型。これに対し“Swan”(白鳥)は船首のふくらんだ船型で，球状ではないが，ふくらみがあるという点ではバルバス・バウの一種とみなすこと

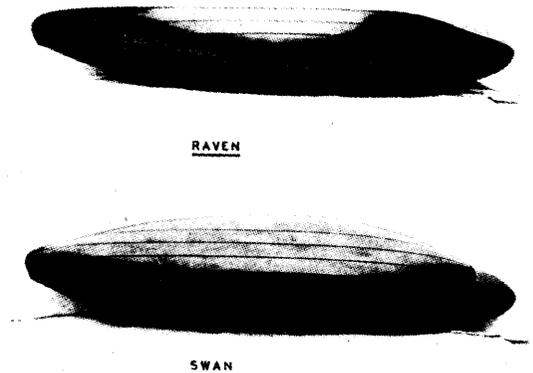


写真8・2 “RAVEN” & “SWAN”

船の科学

もできる。長さ3, 6, 12呎の3組の相似模型について抵抗比較が行われていて、中速まではRavenがよく、それ以上の速度ではSwanが良くなっている。これがおそらく現存記録の残っている広義の球状船首の最初の実験例ではないかと考えられる。(詳しくは263)

波消し(完全干渉)の条件

2次元の波の干渉の問題は簡単だが、船の波のように複雑な3次元の波同志の干渉は考えにくい。そこで問題をできるだけ単純化して考える必要がある。幸いに、4月号(正しい船型条件)で述べたように、フルード数0.35を境として、それ以下の低速域では船型の微分特性が、また逆に、それより上の高速域では船型の積分特性が、それぞれ、その速度での造波抵抗に利いてくることが示唆され、5月号(漸近展開)でそれが具体的に数式の上で確かめられた(昭24~28)。商船の常用速度はフルード数0.35以下であるから、ここでは前者、すなわち微分特性が重要となる。ということは、一度に船が造る波全体を考えることなく、船を中央で切離して、前半部船体の造る波系と後半部船体の造る波系とを別個に取扱ってよいことになる。この考え方を“half-body-concept”といっている。まずこれが“波消し”の発想への第1関門である。実際、従来の理論家(ウイグラー、ヴァインブルーム、ハブロックとも)はバルブの問題を扱うときに、まず船首波系と船尾波系とを合成し、これに船首バルブの波を重ねて考えているので、この考え方では絶対に“波消し”の発想は出てこない。

第2の関門は、このような単純化を行ったとしても、たとえば主船体船首波もバルブの波も3次元のケルビン波で、これがどうして“完全干渉”しうるのであろうか、という疑問が残る。これには、ハブロックの素成波理論が明快な助け舟を出してくれている。この理論の示すところによると、5月号の(5・4)式にあるように3次元の複雑なケルビン波も、その構成成分は比較的単純で、進行軸に対し $-\pi/2$ から $+\pi/2$ まで、いろいろな方向に伝播してゆく2次元素成波なのである。素成波自体は、われわれの肉眼にはとらえられないが、眼で見えるケルビン波を消す手段として、この(5・4)式をジッと眺め、右辺の積分記号の中、つまり被積分関数である素成波同志が消し合えばよいと考える。このあたりの発想は数式の表わす物理現象をアタマのなかでイメージすればよい(これを“心象”というのかも知れない)。

第3の関門は容積比数パーセントに過ぎない小さなバルブでどうして等振幅条件が満たせるか、という疑問である。等振幅条件とは、具体的に書けば、たとえば前半

部主船体の(自由)波系を A_F 波、船首バルブのそれを B_F 波として、次式

$$A_F(\theta) \approx B_F(\theta), \quad (8 \cdot 1)$$

が θ のヨコ波成分を中心として、造波抵抗への寄与率の高い領域で成立することである。後述の逆位相条件が成立しているとき——その前に両ケルビン波系の起点が一致していることが必要(位置的同定)——両波系の合成波は

$$\zeta_{w,(A_F+B_F)} \sim \int_{-\pi/2}^{\pi/2} \{A_F(\theta) - B_F(\theta)\} \sin[F(\theta)] d\theta, \quad (8 \cdot 2)$$

となり、右辺の被積分関数のなかの $\{A_F(\theta) - B_F(\theta)\}$ は θ の重要な領域でほとんどゼロ、従ってそれによる造波抵抗も

$$R_{w,(A_F+B_F)} = \frac{\pi}{2} \rho V^2 \int_{-\pi/2}^{\pi/2} \{A_F(\theta) - B_F(\theta)\}^2 \cos^3 \theta d\theta \quad (8 \cdot 3)$$

で、これまた工学的な意味でゼロとなる。これを具体的に示したのが図8・6である。

さて、第4の、そして最後の関門が、「果して逆位相の条件が成立するか」という疑問である。第1から第3の関門までの検討は、“正しい船型条件”と“漸近展開”を骨子とした学位論文をまとめる段階ですでに終わっていたから、学位論文を提出した昭和32年の春頃から、バルブの問題に本腰を入れることにして、まずバルブの波がどのような位相になっているかを調べることにした⁴⁵⁾。

5月号の(5・20)~(5・23)式に示したように、点吹出しの波はC波、中速以下の主船体前半部の波はこれを x で積分した正のS波、逆にバルブ(二重吹出し)の波は x で微分した負のS波、従って原理的には先の尖った主船体の自由波と球に近いバルブの自由波とでは逆位相の関係が成立つことは古典流体力学でよく知られている。図8・1はこれを示したもので、問題はバルブと主船体とのつながりの、いわゆるフェアリング部の形状によってこれがどう変るか、という船型設計上重要なポイントを含めて実測波形から確かめる必要がある。ただここで問題になるのは、バルブだけを単独に曳航し、その波を実測しても無意味なのである。それはバルブのようなblunt bodyの後流は顕著な剥離を伴うからである。そこで、面倒だけれども“実測波形差曲線”を求めなければならない。これは、正確に同一の速度で、はじめバルブつきで走り、その波形を実測し、次にバルブを外してまた波形を測る。そして両者の差を読みとるのである。条件として2回の航走速度が ± 1 mm/sまで正しく一致し

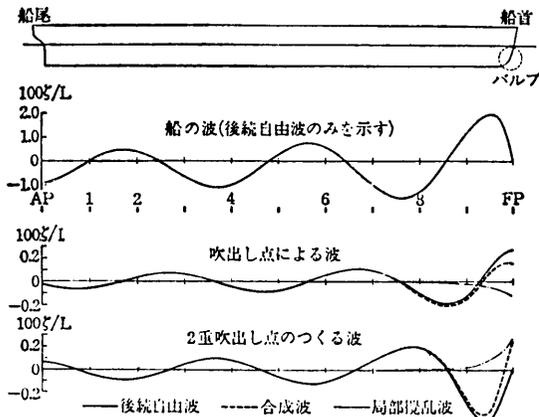


図8・1 吹出し・2重吹出しのつくる波と船の波との位相関係

ていることが望ましい(→速度標定への要請)。図8・2は結果の一例で、主船体は長さ約1.6 mのタンカー模型で、これに排水量比0.156, 0.269, 0.325% (対応するテイラーのf値は6, 10, 15%)の3種のバルブが交換可能となっている。うちf=15%の最大のバルブについての結果である。これによると、このバルブの場合フェアリング部がかなりクビレていたこともあって、位相的には線形理論の示す通り負のS波に近いことが確かめられた。なおこの実験は昭和34年度の関根三馨・滝沢 幌両君による卒論として実施した。

以上をまとめると“波なし”の発想の手順は次の通りとなる。

- 1) Half-Body Concept → fore body と aft body を切り離す。そして fore body の波と船首バルブの波との完全干渉をネラう。
- 2) 両ケルビン波系の位置的同定 → ケルビン波の三角形の頂点を一致させる。(局所非線形影響による補正については後述)。
- 3) 等振幅条件 → $A_F(\theta) \approx B_F(\theta)$
- 4) 逆位相条件
すでに1)~3)が成立することは確認済みで、最後の



写真8・3 最初の“波なし”船型C-201 F2 x A4 (1960年東大水槽)

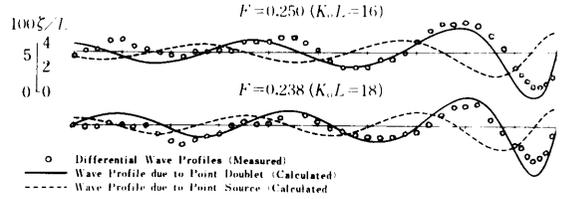


図8・2 バルブのつくる波(実測波形差)と理論との比較

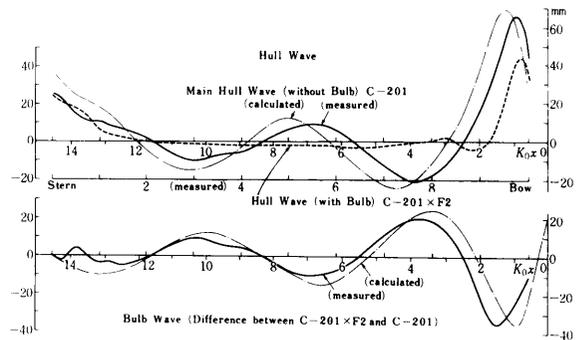


図8・3 C-201, C-201 F2の船側波形

4) が成立するという事は、これは直ちに“波なし船型”の存在を肯定することにつながる。これは従来の船型学の常識を根本からひっくり返すことになるので、この点については当時、自問自答をなんど繰返したか判らない。

最初の“波なし船型”

写真8・3は最初の“波なし船型”で keel line がハッキリしないが、中央が垂れ下がっている、いわゆる Inuid であって、前半部の波消し問題が高弊さん^{43), 47)}の、また後半部の波消し問題が熊野道雄君^{44), 48), 53)}(S25卒、当時香川大学より内地留学)の学位論文となったものである。船尾バルブが船首バルブに比し小さいのは粘性の影響による。なお計画速力(波消しをネラった速度)は $F_n = 0.267$ ($K_0 L = 14$) である。ここでは紙面の都合で船首波波消しの話に的を絞る。さきに5月号でC-201 (2.5 m)のバルブなしとバルブ付きの船首波紋写真(図

5・1)とそのステレオ解析図(図5・2)を掲げた。そして極座標による波高漸近展開式の応用例として図5・2のラジアル・カットを図5・3として示した。図8・3は同じ図5・2から $\theta = 0$ に対応するラジアル・カット、つまり船側波形を比較したもので、下の曲線がバルブの波を示す“波形差曲線”である。図から判るように線形理論(細い鎖線)に対

船の科学

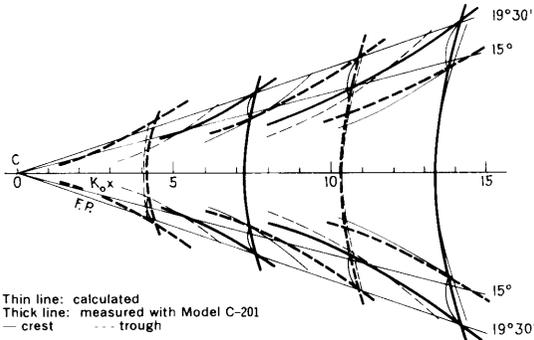


図8・4 C-201の実測波紋パターンと Hogner 波比較

し、バルブなし実測船首波系は船の長さの約6%ほど前方に位相がズレている。これは局所非波形影響によるもので、詳しくは次号に述べるが、主船体とバルブの両波形の位置的同定を確保するためには、この6%Lの補正が決定的に重要な役割を果たすのである。図8・4は上記のズレを補正して、理論によるHogner波と実測波紋(バルブなし)とを比較したもので、実測波紋の方が片側で約4.5%ほど外側にふくらんでいることが判る。

図8・5は造波抵抗係数曲線で曲線Aはバルブなし、Bは船首バルブつき、Cはこれにさらに船尾バルブを加えた場合で、以上いずれも○、●、△が実測、それを結ぶかに見える実線は計算(α、β、δなどの補正を含む、詳しくは37)。また細い点線(D)は、仮に船首バルブの大きさをF_n数の上昇に伴い大きくしうる(可変)と仮定した場合の、“船首波なし”のときの仮空の曲線(計算)であり、これが計画速度(F_n = 0.267)で曲線Bと切し

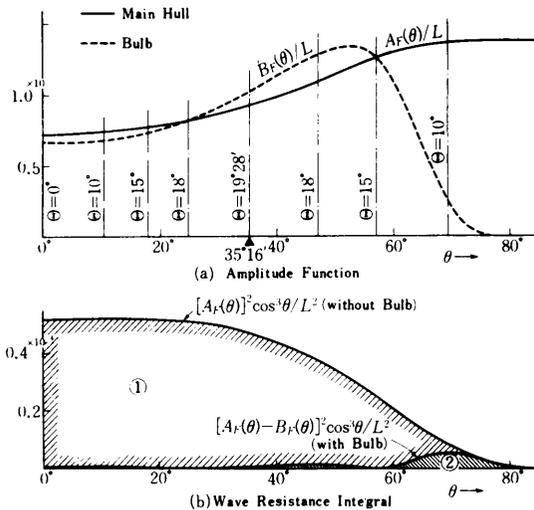


図8・6 振幅関数と造波積分曲線

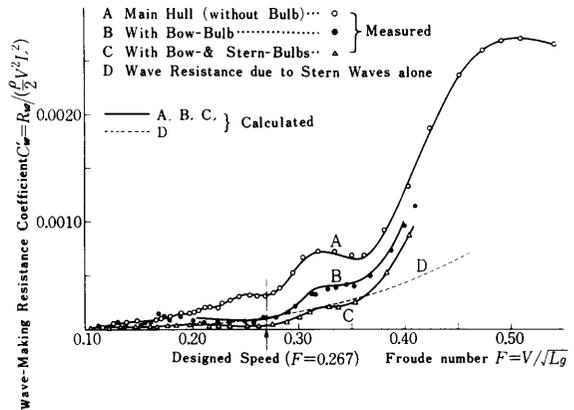


図8・5 C-201におけるバルブの効果

ているところに注意。以上、船首・船尾それぞれのバルブが、計画速度で“波なし”を実現していることが確認された。

図8・5(上)は計画速度での船首波振幅関数A_F(θ)と船首バルブのそれB_F(θ)の比較、(下)は(8・3)式右辺の被積分関数を、もとのバルブなしのそれと比較したものである。工学上、船首波の造波抵抗がゼロになっていることがわかる。図8・7はF_n数によるA_F(θ)とB_F(θ)の変化を示すもので、バルブのような没水体の場合波高最大の速度は比較的低速でしており、通常の喫水比T/L = 0.05程度するとき、F_n = 0.15~0.20でこのピークがある。この速度でバルブを一番小さくできるわけで、タンカーの常用速度に近い。タンカーのように造波抵抗の占める割合がそれほど大きくないにもかかわらず、広くバルブが採用されている理由のひとつはここにある。(第2の理由是非線形造波抵抗の問題で、これについては10月号に。)

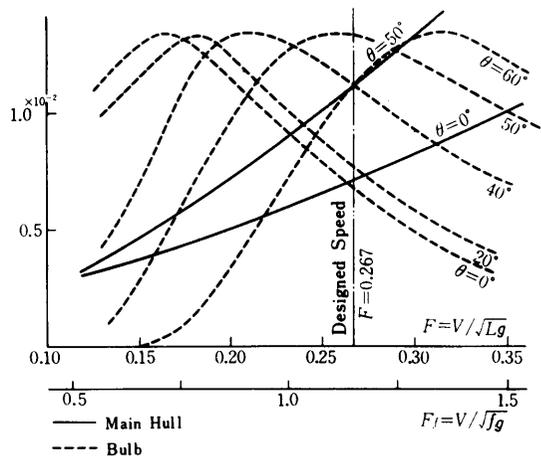


図8・7 F_n数と振幅関数

応 用 例

以上はInuidについての“波消し”の話で、最後に実用船型への応用例として、これまでも再三引用したことのある青函連絡船（長さ 120 m, 18ノット）の実験結果を示す。写真 8・4 は青函連絡船シリーズの船首形状と船首波紋を比較したもので、(上)在来船型(国鉄の原設計)、(中)バルブなし理論船型、(下)バルブつき“波なし”船型となっている。バルブの大きさは面積比(f 値)で 20.0% 容積比で 2.02%, 計画フルード数は約 0.27 である。実験は 1961 年の 10 月から 11 月にかけて行われた。この実験は実用船型としての“波なし船型”(正しくは“船首波なし船型”)の第 1 号であるばかりでなく、バルブの前後および深さ方向の位置、大きさのみならず、バルブを除いた前半部主船体の形状(線図)も、従来のような経験的技法でなく、純粋に理論によって求めた最初の例で、最後にバルブの前後位置については波紋解析により補正を加えてある。

まず、波紋写真の中段を飛ばして、上段と下段を比較すると、後者では船首波がほとんど消えていて、抵抗試験(図 8・8)の結果、両者の造波抵抗の比は 1 対 0.42 すなわち 58% の減少になっている。本船(原設計)の場合、実船換算で粘性抵抗と造波抵抗はほぼ等しいから、主機馬力、つまり燃費の節減は 30% にもなる。これは従来の経験船型学では全く考えられなかった成果であった。しかも原型は、当時優秀船型といわれていた関釜連絡船「金剛丸」の線図によったものであるから、この差は波紋解析という科学に基づいた方法論と“力の計測”だけに頼って試行錯誤を重ねてきた従来の手法との本質的な差を示すものといつてよいであろう。これがうまく行ったのは中段のバルブなし、理論船型では肩の波が弱く、単一の船首波系だけになっていて、これはまさにバルブと位相的に正反対の波になっているのである。従ってバルブ船型の決めではバルブ自身よりも、そのもとになっている主船体の設計にあることが判る。

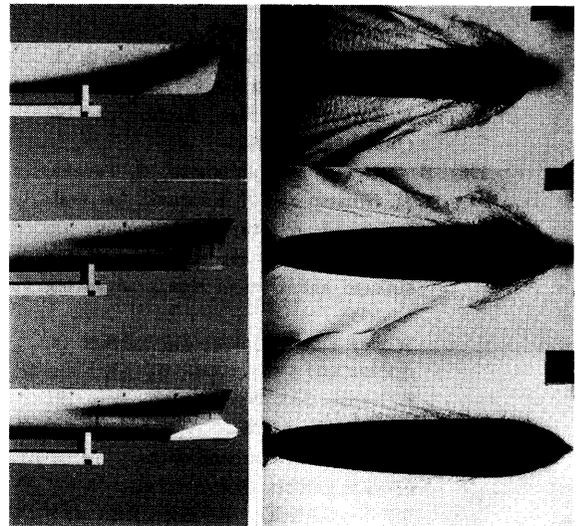


写真 8・4 青函連絡船シリーズの船首形状と船首波 (1961年東大水槽)

(上)在来船型 (中)バルブなし理論船型
(下)バルブつき“波なし”船型

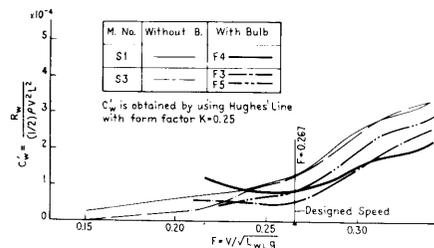


図 8・8 青函連絡船シリーズの抵抗曲線

〔参 考 文 献〕

- 1) 日本造船学会誌 743 号 (平 3・5)
- 2) Wigley, W. C. S.: The theory of bulbous bow and its practical application, Trans. N. E. C. Inst. Eng. & Shipbs., Vol. 52 (1935/36), 65
- 3) Weinblum, G.: Die analytische Ausbildung von Schiffen, Z. A. M. M. (1935), 205
- 4) The Papers of William Froude (1810-1879), INA (1955), 129-133

船の科学

- on Wigley geosim models (3. An analysis and application of hull surface pressure measurement),
Wigley 相似模型の水槽試験結果の評価 (3. 船体表面圧力計測結果の検討),
J. Kansai Soc. Nav. Archit. Jpn. 197 (June 1985), 55-64.
- 196) S. Ogiwara, M. Namimatsu, H. Tanaka, M. Hinatsu and H. Kajitani: An evaluation of resistance components on Wigley geosim models (4. On the sinkage and trim of steady advancing models),
Wigley 相似模型の水槽試験結果の評価 (4. 走行時における船体の姿勢について),
J. Kansai Soc. Nav. Archit. Jpn. 197 (June 1985), 65-75.
- 197) H. Miyata: Flow around ships,
船のまわりの流れ (流れとコンピュータ・グラフィックス特集), 日本機械学会誌 88巻 799号 (1985年6月), 629-632.
- 198) H. Miyata: FSSW, 砕波, 首飾り渦 (抵抗推進研究の話題 3),
日本造船学会誌 673号 (1985年7月), 2-15.
- 199) H. Miyata and Y. Tsuchiya: FSSW, wave breaking, turbulence and finite-difference simulation,
FSSW, 砕波, 乱れと差分シミュレーション (物体に働く流体抗力 4.3),
第1回推進性能研究委員会シンポジウムテキスト (1985年7月), 141-149.
- 200) Y. Tsuchiya, M. Kanai and H. Kajitani: A computation of viscous flow of Wigley model (third report).
Wigley 模型の一粘性流モデル (第3報),
T. West-Japan Soc. Nav. Archit. 70 (Aug. 1985), 43-52.
- 201) H. Miyata and S. Nishimura: Finite-difference simulation of nonlinear ship waves, J. Fluid Mechanics 157 (Aug. 1985), 327-357.
- 202) H. Miyata, S. Nishimura and H. Kajitani: Finite difference simulation of non-breaking 3-D bow waves and breaking 2-D bow waves,
Proc. 4th International Conference on Numerical Ship Hydrodynamics, Washington (Sept. 1985), 259-292.
- 203) H. Miyata, S. Nishimura and A. Masuko: Finite difference simulation of nonlinear waves generated by ships of arbitrary three-dimensional configuration, J. Computational Physics 60-3 (Sept. 1985), 391-436.
- 204) H. Kajitani: An aspect of viscous flow under blockage effect,
Proc. Osaka International Colloquium on Ship Viscous Flow, Osaka (Oct. 1985), 52-70.
- 205) H. Miyata, C. Matsukawa and H. Kajitani: A separating flow near the free surface,
Proc. Osaka International Colloquium on Ship Viscous Flow Osaka (Oct. 1985), 300-318.
- 206) H. Kajitani:
船型設計中の流体力学,
北京船用機械節能與新技術討論會論文集, 北京 (Oct. 1985), 1-25.
- 207) H. Miyata, C. Matsukawa and H. Kajitani: Shallow water flow with separation and breaking wave,
J. Soc. Nav. Archit. Jpn. 158 (Dec. 1985), 11-23.
- 208) H. Miyata, H. Kajitani, M. Katsumata and F. Ishibashi: Wave breaking on a two-dimensional submergible,
二次元没水体上の砕波現象,
第35回応用力学連合講演会講演予稿集 (1985年12月), 135-138.
- 209) N. Baba: Higher-order accurate direct simulation of separating flows,
剝離流の高精度直接シミュレーション,
第35回応用力学連合講演会講演予稿集 (1985年12月), 143-146.
- 210) Y. Doi and H. Kajitani: Study on characteristics of stern waves including viscous effects,
1st. International Workshop on Water Waves and Floating Bodies, Cambridge (Feb. 1986), 1-4.
- 211) H. Miyata, H. Kajitani, M. Katsumata and F. Ishibashi: Nonlinear wave-induced forces on a shallowly submerged body, Proc. 5th International Offshore Mechanics and Arctic Engineering (OMAE) Symposium, Tokyo Vol. 1 (April 1986), 218-224.
- 212) H. Miyata: Computational towing tank experiments by a finite-difference method,
Proc. International Conference on Computational Mechanics Vol. 2, Tokyo (May 1986), VII. 65-70.
- 213) Y. Doi, H. Kajitani and T. Kitamura: Effects of boundary layer and wake on characteristics of stern waves,
船尾造波特性に及ぼす境界層・伴流の影響,
J. Soc. Nav. Archit. Jpn. 159 (June 1986), 23-31.
- 214) N. Baba, H. Miyata and H. Kajitani: Simulations of a viscous flow around

- a circular cylinder by a higher-order difference method,
J. Soc. Nav. Archit. Jpn. 159 (June 1986), 32-43.
- 215) H. Miyata: 水波問題における差分計算,
計測制御学会 第27回流体計測部会講演会テキスト (1986年6月), 29-34.
- 216) H. Miyata, H. Kajitani, M. Zhu and T. Kawano: Nonlinear forces caused by breaking waves,
Proc. 16th Symposium on Naval Hydrodynamics, Berkeley (July 1986). 514-536
- 217) H. Miyata: Finite-difference simulation of breaking waves,
J. Computational Physics, 65-1 (July 1986), 179-214.
- 218) S. Kuzumi, Y. Tsuchiya, M. Kanai and H. Kajitani: A study on the blockage effect,
Blockage Effect に関する一考察,
T. West-Japan Soc. Nav. Archit. 72 (Aug. 1986), 75-82.
- 219) H. Miyata:
自由表面を含む流れの差分シミュレーション,
日本機械学会関西支部第145回講習会テキスト, (1986年10月), 83-96.
- 220) T. Sato, H. Miyata, N. Baba and H. Kajitani: Finite-difference simulation method for waves and viscous flows about a ship.
船体まわりの波と粘性流の差分シミュレーション法,
J. Soc. Nav. Archit. Jpn. 160 (Dec. 1986), 14-20.
- 221) T. Sato, H. Miyata and N. Baba:
自由表面を含む粘性流の差分シミュレーション,
第36回応用力学連合講演会講演予稿集 (1986年12月), 325-328.
- 222) N. Baba and H. Miyata: Higher-order accurate difference solutions of vortex generation from a circular cylinder in an oscillatory flow.
J. Computational Physics 69-2 (April 1987), 362-396.
- 223) H. Miyata, H. Kajitani, S. Akifuji, M. Haba and M. Kanai: Wave formation about a ship bow advancing in head seas,
J. Soc. Nav. Archit. Jpn. 161 (June 1987), 10-23.
- 224) H. Miyata and N. Baba: Large-scale computations of flows about an advancing body,
進行物体まわり流れの大規模計算,
第6回シミュレーション・テクノロジー・コンファレンス発表論文集 (1987年6月), 103-106.
- 225) N. Baba: Large-scale computation of separated flows,
剥離流の大規模計算,
構造工学における数値解析法シンポジウム論文集 11 (1987年7月), 451-456.
- 226) H. Miyata:
計算水槽の将来,
日本造船学会誌 697号 (1987年7月), 2-12.
- 227) H. Miyata:
アメリカズ・カップと造波抵抗,
日本造船学会誌 698号 (1987年8月), 38-40.
- 228) H. Miyata, H. Kajitani, T. Kawano, M. Zhu and M. Takai: Numerical study of wave breaking by a finite-difference method,
IUTAM Symposium on Non-Linear Water Waves Abstracts, Tokyo (Aug. 1987), 66-67.
- 229) H. Miyata:
計算流体力学と船舶海洋流体力学——数値水槽の発展方向,
第13回造船学会夏季講座 新しい造船学テキスト (1987年9月), 247-261.
- 230) H. Miyata, Y. Tsuchiya, S. Yoshida, Y. Ogawa and H. Kajitani: Development of a new-type hydrofoil catamaran (1st report: Configuration design and resistance properties),
新型双胴水中翼船の開発 (第1報: 形状計画と抵抗特性),
J. Soc. Nav. Archit. Jpn. 162 (Dec. 1987), 11-19.
- 231) H. Miyata, H. Kajitani, M. Zhu, T. Kawano and M. Takai: Numerical study of some wave breaking problems by a finite-difference method,
J. Kansai Soc. Nav. Archit. Jpn. 207 (Dec. 1987), 11-23
- 232) H. Miyata, T. Sato and N. Baba: Difference solution of a viscous flow with free-surface wave about an advancing ship, J. Computational Physics, 72 (1987), 393-421.