

A-15

第 1 章 総 説

別所 正利*

Introduction to the Theory of Ship Forms in the High Speed Boat

By Masatoshi Bessho

Summary

There have been few ship types exceeding the last hump speed except small and special boats.

However, recent progress of the development of new high speed ship forms is striking and brilliant.

In this chapter, we investigate laws controlling the variety and evolution of high speed ship forms and such laws might lead us new high speed boats of better performance in their resistance and sea-keeping quality.

目 次

1. 1 まえがき	2	1. 3 耐航性能	8
1. 2 平水中性能	3	1. 3. 1 接水性	8
1. 2. 1 摩擦抵抗	3	1. 3. 2 不変々型	9
1. 2. 2 アルキメデスの浮力原理の拡張	4	1. 3. 3 ハスキントの定理, 波なし船型	9
1. 2. 3 造波抵抗, 誘導抵抗	5	1. 3. 4 動揺制止法	10
1. 2. 4 飛沫抵抗	6	1. 3. 5 波力利用推進	11
1. 2. 5 航走安定性	7	1. 4 あとがき	11

記 号 表

A_u : 水線面積	R_u : 造波抵抗
B : 船幅	$r = R / (\rho g \nabla^2 / L^3)$
B_e : 有効波エネルギー吸収幅	S : 浸水表面積
C : 波速	T : 吃水、推力
C_F : 摩擦抵抗係数	T_e : 等価吃水
$C_u = A_u / LB$: 水線面積係数	V : 船速
$Fr = V / \sqrt{gL}$: フルード数	α : 迎え角

* 防衛大学校 機械工学科

g : 重力の定数
 H : 波高
 L : 船長
 M : 船首下げトリム・モーメント
 P : パワー
 R : 抵抗
 R_F : 摩擦抵抗
 R_i : 誘導抵抗

Δ : 排水重量
 $\lambda = B/L$: アスペクト比
 η_T : 推力転換効率
 x : 追波を 0° とする船と波のなす角
 ∇ : 排水容積

1. 1 まえがき

第二次大戦後の船の歴史を特徴付けるものは貨物船の高速化、専用船の大型化、そして大陸間旅客輸送からの撤退であろう。

本シンポジウムはこの中の高速化に関する問題を取り扱う訳であるが、それをいくつかに分類して考えねばならぬだろう。

即ち先ず一般貨物船の高速化については陸上輸送機関の高速化に伴う必然的趨勢であって年々徐々に向上する性質のものである。

次に航空輸送の発達に伴って生まれて来た貨物のある部分を洋上輸送するためにそれに対抗できるように高速の船を開発しようとするものでこれは最近流行している一つの開発動向である。最後は沿岸、沿海の旅客、レジャー、パトロール等の中小型船の高速化であり、稼働日数、乗心地、航続距離の長大化等から航洋性の格段の増強が求められている。

さて高速にするには大きい主機関をつけねばよい訳であるが、新機関の開発は大変長い年月を要するものであり、船の高速化のテンポは第1義的にそれに支配される。

戦後の船用主機の発達は大馬力ディーゼル機関（低速～高速）の出現と船用ガスタービンの実用化にあるとして良からう。

1960年代にアメリカにおける高速船型開発ブームとも言うべき時代があったがその早期実用化を阻害した要因はエンジンであった。

今日我々はその当時期待されたようなエンジン例えば10 lbs/H. P. 以下のディーゼルエンジンを容易に入手し得る訳で、その意味では30年前の技術者達の夢を実現しうる立場にある。

実際当時より熱心に研究開発されて来た、水中翼船、エア・クッション船等は現在実用化され初めており、また半没水双胴船の構想はその研究に開発されたものである事は疑いない。

所で高速船と言う言葉を何気なく使う時は何でもないが工学的議論をしようと思うと何か

定義が欲しくなる。

実際に使われている場合を考えて見ると第1は同種の船の中でより速いと言う意味であろう。第2は船と言う交通手段は空陸のそれに比して低速であり、30ノット以上の船は少ないからそのような船は高速船である。第3のそして最後は学問的定義でフルード数が高いと言う意味で大体は0.5~0.6以上つまりラスト・ハムプ以上の速度を意味すると言うのが常識的な所であろう。

以下の議論は大体においてこの第3の意味で高速と言う事にするが必ずしもこれに固執はしない事にする。

さて以上のような背景をふまえて高速船型の耐航性能について考察しようとするものであるが、Mandel²⁾も言うように大型高速船については出会い周期が小さくなって同調の危険性が少なくなり耐航性は向上する(強度上その他の問題は残るが)ので問題はなく、小型船の耐航性能が主たる考察対象となろう。

一方高速船型については現在の各種船型を含めて数多くの新船型の提案もあり、近い将来の帰趨も定かには見極め難い。

そこで船型を先ず決定するものは抵抗性能であるから、その面から高速化に伴う各種船型の変化(進化)の方向を見定め、ついで耐航性能の面から船型の変化(進化)の方向を眺めようとするものである。またこれからの船では能動的動揺制御が前提となる場合が多いと考えられるのでいわゆる可制御性についても考察したい。

1. 2 平水中性能

船は低速では他の乗物に較べても大変抵抗が小さいのが特色であるが、高速になって来ると急激に抵抗が増大し、またある場合には滑走艇のポーポイジングのような現象を呈し、安定に航走出来なくなる。

先ず大体の概念を掴む為にP.Mandelによって描かれたFIG.1を示す。²⁾

この図の見方は種々あるが、例えば50節の所を見ると小型の通常型船型は水中翼艇に劣り、それを越すには通常型船型では2000トン以上なければならない。

なおこの図中GEM(Ground Effect Machine)は30年前の開発途上のもので現在のSES(水面効果型船)の揚抗比は水中翼よりもずっと優れており20をかなり上回っている。¹⁾

また更に推進効率0.6で屯当たり20馬力位に押えたいならば揚抗比は28以上なければならず、それは数千屯の潜水艦船型で達成可能である、つまり摩擦以外の抵抗がなくては困るというような事もわかる。

実際には抵抗はもっと種々な寸法比に関係するのは周知の事であるから、以上抵抗成分毎にその特徴を上げ抵抗削減の手法とそれによる船型の変化の様相を見ていこう。

1. 2. 1 摩擦抵抗

高速船特に小型のそれでは速度による姿勢の変化が著しく浸水表面積の変化も大きく摩擦抵抗をどう見積るのかについて理論的疑問は多いが現在の所浸水表面に比例すると考えられている。

即ち摩擦抵抗は

$$R_F / \Delta = \frac{C_F}{2} \cdot \frac{S L}{\nabla} \cdot F_R^2, \quad (1)$$

と与えられるが、 C_F は千分の1、 $S L / \nabla$ は十のオーダーとなるのでフルード数が1を越すとこの値は急激に大きくなる。

一般に最適船型では摩擦抵抗は全抵抗の半分になると考えてよいようなので、所望の抗揚比が与えられれば上式から、その型式の船型での速度の上限が定まる。

これを小さくするにはフルード数を小さくする、即ち長さを長くするか、浸水表面積を小さくするしか方法はない。換言すれば船を大きくするか、もしくは動的浮力を利用して滑走する、または水中翼船とすると言う方法に頼る事となろう。

もう一つの方法は空中に浮上する事で船底に空気を吹き込んで浮上するいわゆるエア、クッション型と更に高速では空気の動圧を利用するWIGと呼ばれる型で少なくとも摩擦抵抗に関する限りは大変小さくなり、問題は水面すれすれに高速で走る船の底面に如何に損失少なく空気を供給するかと言う事である。³⁾

1. 2. 2 アルキメデスの原理の拡張

本章では通常型船型を主体に考察するが、その時いわゆる滑走型、半滑走型、排水量型と分類するのが常識であるが次節に進む前に、これについて少し考察しよう。

先ず滑走型では動的浮力で浮いて走るものとされているが、大部分が動的浮力となるには平板でもフルード数で3以上位であるのでそれ以下では静的浮力による部分が増え低速では殆ど静的浮力のみとなって排水量型となる。

つまりこのように考えると上述の分類はある特定の船型の速度による状態の変化であって船型の相異による分類とは関係ない。

従って上述の分類は滑走しやすい船型、しにくい船型と言うように解釈すべきでその点から言えば角型丸型、ハイブリッド型と分類する方が正しいと言える。

排水量型でも高速船型では普通トランサム・スターンなのでこのような分類は全く相対的なものであって単に船型の相異であると考える立場があってもよい。

特に航洋性能の確保の為に浸水面の変化は好ましくないで純粹の滑走型はさけられる傾向にある点からもこの分類は段々意味を持たなくなって来る。

また現在滑走板等の単純な船型の実験的研究を除いては高速船型に関する理論的研究が殆んど欠除しているので、そのあるべきあるいは到達すべき理想像がない。

ここではこの分類が相対的なものであると言う事を示す為にアルキメデスの浮力原理の拡張定理をあげておく。

それは静的浮力は物体の排除水量の重さに等しいと言う定理は物体が定速で走っていても水面の変位まで考慮すれば成立つと言うものである。⁵⁾

これによれば例えば高速で滑走している時は船は平均水面上に浮き上がるけれど、この定理からは、後方の水面は大きく凹む事が予想され、実際そうになっている。

そしてそのような大きい水面変位は例えば大きい造波抵抗を予想させる。

1. 2. 3 造波抵抗、誘導抵抗

さて通常型船型を高速化する時の最大の難点は造波抵抗の増大と考えられている。
そして普通それをさけるには没水体とすればよいと考えられているようであるが、没水深度と同じ吃水を有する水面貫通船を作って造波抵抗を等しくする事が出来ると言う理論がある。¹⁶⁾

一般に吃水が深ければ深い程造波抵抗は小さくなるからその意味では初めの常識は正しいが上述の理論から抵抗面での没水体の有利性は相対的なもので、後述のように浅深度における航走安定性も大問題である。

さて造波抵抗理論によれば造波抵抗は薄い船理論ではミッチェルにより

$$R_u / (\rho g \nabla^2 / L^3) = r = \text{func} (F_R, T/L, \text{排水量分布形状}), \quad (2)$$

浅い船理論では

$$r = \text{func.}(F_R, B/L, \text{排水量分布形状}), \quad (3)$$

のように与えられる。

従来高速船に関する研究は発表されたものは殆どないが、(2)式については実験値とオーダーがよく合う事がよく知られている。

低速ではミッチェル理論は一般に実験値より遙かに大きい事を考えるとこれは大変力強い助けとなる事が予想される。

所で高速では水頭が大変大きくなるから、もし吃水がそれに比して充分小さければ浅い船として(3)式が適用できるであろう。

即ち

$$T / \frac{V^2}{2g} = \frac{2T}{L} / \frac{V^2}{gL} = \frac{2T}{L} / F_R^2, \quad (4)$$

なる値はフルード数が高くなると1よりかなり小さくなる。

高速船では吃水は小さく、吃水に対して幅は広くなり薄い船理論を適用するのは、かなり抵抗を感じさせるので、この事からも浅い船理論の方が適していると考えられる。

さらにフルード数0.5以上では発散波による抵抗が主体となるので幅方向の排水量分布つまり横断面形状が重要となり、その点からも望ましい。

さて(2)、(3)式の表現を特に選んだのは高速では造波抵抗は略々排水量の自乗に比例するからである。

従って抗揚比は大約排水量長さ比に比例する。

それ故造波抵抗を減らす最も簡単な方法は先ず排水量長さ比を減らす事である。

P. Mandelがこの考えの下に推算した例をFIG.1の中に2000 TON, Slender Ship, 2000 TON DDとして比較しているが ∇ / L^3 は夫々1および 2×10^{-3} である。²⁾

細長化すると復原力が不足する恐れがあるのでその時は双胴とする案があるが、浸水面積

は増えるのでその兼ね合いを考えねばならない。

また造波抵抗については双胴の干渉によって発散波を小さくする工夫が必要である。

斜走艇ではアスペクト比 B/L を大きくすると良い事は知られている¹⁴⁾が上述のように造波抵抗の面からは発散波成分の干渉効果を利用するという意味で幅を大きくする事は有効である。

(高速では横波の波長は長くなって干渉効果が期待出来ないが発散波の波長は大分小さくなるのでこのような事が可能である)

しかし第1義的には前述のように抗揚比は排水量長さ比に比例するので、幅を大きくする時は吃水を浅くしなければならない。

今相当吃水または有効吃水なる言葉を導入すると

$$T_E = \nabla / A_u, \quad A_u : \text{水線面積} \quad (5)$$

これは底面の平均吃水で、水柱に換算した平均底面荷重であり、水中翼の面積をとれば翼面荷重である。

そうすると

$$\nabla / L^3 = (T_E / L) (A_u / L^2) = \frac{T_E}{L} \cdot \frac{B}{L} \cdot C_u \quad (6)$$

であるから細長比を小さく保つに幅を大きくすれば当然吃水を小さくしなければならない。この等価吃水はSESでは飛行機の翼面荷重なみの値をとっているようであり¹¹⁾、また水中翼ではこれによって強度的に大きさが制限される。

最後に水中翼では造波抵抗のかわりに誘導抵抗を考えねばならないが、丸尾によって示されたように高速で造波抵抗は誘導抵抗に等しい¹⁴⁾、あるいはそれを分けて考える事は出来ない。

実際細長翼理論では誘導抵抗は

$$R_1 / \Delta = \frac{\alpha}{2}, \quad \Delta = \frac{\pi}{4} \rho B^2 V^2 \alpha, \quad \alpha, \text{迎角}$$

$$r = R_1 / (\rho g \nabla^2 / L^3) = 4 / (\pi^2 \lambda^2 F_R^2), \quad \lambda = B / L, \quad (8)$$

となり(3)式と同じ形になっている。

1. 2. 4 飛沫抵抗

これは低速では殆ど問題にならない成分で、今まで研究も少なくよくわからない部分である。

従来わかっている事と言えば、先ず飛沫に2種類あって一つは斜走艇の船首部で斜に出て行くもの、もう一つは船側に沿って膜状をなすものである。

先ず後者については楔状断面の船体が水面に突入する時の水面上昇としWagner理論を適用して実験によく合うと言う研究がある¹³⁾ので線型造波理論を使っても大勢を掴む事は容易であろう。

実際には吃水が増えると舷側水面上昇は飛躍的に大きくなるので造波抵抗との関連で問題があり、やはり理論的に舷側の水面上昇を小さくするような船型を研究しておく必要がある。

前者については丸尾によって抵抗値を与える理論式が示されており、またそれをなくするには船底の圧力分布が前縁で有限または0となればよい事が示されている。¹⁴⁾

大変高速では造波抵抗は減って来てこの飛沫抵抗が主となって来るのでこれを減少させるまたはなくする事は充分考えるに値する。

前縁で線型的に圧力が0となる翼型は流体機械ではShock Freeとして知られておりカムバーと厚みで揚力を発生する事になる。

同様な事が滑走板でも考えられる訳でそれを以下Splash Free船型と呼ぶ事にしよう。

その数学校型は浅い船理論で圧力が周縁上で0となるものである。

実際にそのような圧力分布で造波抵抗の小さいものを探索した結果では断面形状はいわゆるオメガプレーン型¹⁵⁾でオメガの字を逆にしたようになる場合が殆どである。あるいはまた飛沫を出さないようにしたと言う新明和工業の救難飛行艇の断面に似ている。¹³⁾

線型理論により何例かについて船型を計算して見た所ではこの船型は計画速度における沈下(上昇)、トリム量は静止時に殆ど等しいことがわかった。

これは動的浮力成分が大変小さく、いわば排水量型船となっている事を意味する、つまり飛沫をなくするとその根の近くにある激み線沿いの高压部分がなくなって動的浮力は殆どなくなる事を意味すると考えられる。

これは逆に浸水表面積を減らす為に動的浮力を期待するならば飛沫抵抗の増加は避けられないと言う事になる。

最後になったが水中翼船ではストラット部を除き飛沫抵抗がないのは言うまでもない。

1. 2. 5 航走安定性

滑走艇ではポーボイジングと呼ばれる現象があり平水中では安定航走が不可能となる場合がある事は飛行艇体の同じ現象と共によく知られており理論的実験的にもよく知られている。¹¹⁾

その結果によれば大変な高速で底面のアスペクト比が大きくなると発生しないので今考えているような高速船型では先ず問題にならないと考えられる。

この現象は普通船型についてよく知られた速度に伴う沈下、トリムの変化に関連している。つまり低速では船底の圧力は下がり、沈下しかつ船首にトリムするが、ラストハムブにさしかかると急激に船尾トリムとなり、さらに高速になると平均水面上に浮上して来る。

これは高速では船によって水はせき止められ水面は上昇する所為であると考えられる。

この現象、つまり高速における水のせき止め効果は上の説明からわかるように没水体では力の方向は逆に働きやはり安定した航走は望めない。

例えば没水細長回転楕円体ではHavelock等により頭下げトリムモーメントの略算式（理論高速の近似値）が提案されている。¹⁵⁾

$$M \approx R_w \frac{V^2}{g}, \quad R_w : \text{造波抵抗}, \quad (9)$$

それ故没水体を安定に航走させるには充分大きい安定翼を装備するか、またはSWATH等では水線面積を充分採って復元力を補ぎなわねばならない。

1. 3 耐航性能

耐航性能と言うのはかなり広い性質を含んでいるがここでは単に波浪中動揺性能について論ずる事にしよう。

即ち波浪中を如何に安定に航走し、如何に動揺を少なくするかと言う問題を考える事とする。

この時平水中性能の良い、つまり抵抗の少ない船型が耐航性能が良いとは必ずしも言えない点に問題がある。

例えば角型滑走艇は抵抗面では丸型より優れているが耐航性では劣り、小型高速船の航洋性能の問題はここにある。

普通は先ず抵抗性能の面から船型が決まりその耐航性能を検討するがそれを逆にして先ず耐航性能の良い船型を考えて後で抵抗性能を検討する方法もある訳で、SWATH船型の場合がこれに相当しよう。

いづれにしても動揺を少なくするのが問題であるがその定量的な目標値はと言うと動揺をなくするという以外にない。

つまり平水中の抵抗の場合は前節で見たように現実にある下限値があるけれども動揺の場合はそれがなく「揺れない船」が目指すものであると言う事である。

このような観点に立って以下に先ず有用な2, 3の概念を説明してその後各論に移る事とする。

1. 3. 1 接水性 (Water Holding Character)

高速船特に小型の滑走型の場合、波浪中動揺の特徴はその非線型性にあると言われる。

これは波浪中での浸水表面積の変動が激しく動揺等の高周波成分が大きくなる事であるが、これが理論的取扱いを複雑にし、また一方航洋性能を阻害している。

極端な場合は空中に飛び出して波浪中を安定に航走出来ないと言われている。

ここで比較の為に高速で走る自動車を考えて見よう。

高速になると車体に働く空気力が問題になり、一時代前の型ではそれが上向きの揚力となり、タイヤの接地圧が減ってスリップし易くなり危険である。

それ故この揚力を抑さえる為にレーサーでは後に翼をつけてまた最近の乗用車では車体の形で車体を地面に押し付けるようにしていると言う。

これをRoad Holding Character (接地性)と呼んでいる。

この事情は今の場合に大変よく似ているので我々もWater Holdingと言う考えを導入するの

が望ましいと考える。

つまり波浪中を高速で安定航走するにはしっかり水を掴んでいる必要があると言う事である。

この見地に立つと自動車の場合もそうであったように動的揚力は有害であって滑走型は不利である。

実際にこの点では丸型船型の方が優れていると言われている。

その極限は排水量型船型と言う事になり、例えば前節で述べた飛沫なし船型などは吃水も充分深く良い Water Holding Character を持つと考えられる。

またそう言う船型では相対的に浸水面積の変化も小さく理論的取扱いも楽になると考えられる。

三菱の SSB(Semi-Submerged Bow)と称し、船首船底に没水体を附加したもののこの性質を補強したと考えても良い。

この例でもわかるように抵抗増加には気をつけねばならない。¹¹⁾

最後にスラミング防止の為に船首部吃水を深くすると言う考案も接水性保持と考えてよからう。⁶⁾

この時もまた次の不変々型を利用するなどして抵抗が増大しないように留意すべきである。

1. 3. 2 不変々型 (Invariant Deformation)

抵抗をある値に保ったまま船型を変える事が出来るとすると、今の場合動揺性能を改良する事が出来る可能性がある訳で大変便利である。

造波抵抗理論ではそのような変形が可能である事が示されておりそれを不変々型と呼ぶ。前節で述べた没水体と等しい造波抵抗をもつ水上船もその例であるが薄い船理論によって研究された例では幅を広くした場合などを扱って実験的にもそれは可能である事を示している。¹⁶⁾

その理論によれば、不変々型では排水量、浮心前後位置は不変であるが、浮心の上下位置は変えられる。

この変型は前後端を除きプリズマ曲線を変えなければ剰余抵抗は変わらないと言う D.W. Taylorの結論に一致する。¹¹⁾

上掲の研究例では船幅を広げて復原性を改善した場合を取り扱っているが、動揺性能を改善するには逆に幅を狭くする方が望ましいと考えられ¹⁹⁾、それは容易に可能であろう。またこの変型で定性的にはあるが球状船首船型に対応するマイヤー・フオーム船型があり、これが耐航性の改善に有用である事をよく示している。

なお浅い船理論のそれに関する研究は殆どないが、高速船型では必須と考えられるので今後の研究がまたれる。

1. 3. 3 ハスキントの定理、波なし船型

動揺を少なくするには

A)同調をさける

B) 波強制力を小さくする

C) ダムピングを大きくする

の3つが必須である。

大型船では高速になる程出会い周期が小さくなり(向波)従って同調点を離れて行く事になるので有利となると言われている。²⁾

この点でも小型船は逆に不利であるが、その為には固有周期を変える(後述)方法がある。B, Cに関しては有名なハスキントの定理があり、前進速度のある場合について¹⁾はあまり研究されていないが、造波ダムピングは波強制力の自乗に比例する(正確には前進速度のない時)ので造波ダムピングについてはB, Cは互いに相反する要求である。

また波強制力は船が動揺する時に放射する波の振幅に比例する。

この定理を利用すれば容易に波強制力のない物体形状が求められ、特に浮遊構造物に応用されている事は周知の通りである。¹⁷⁾

またSWATH船型はこの考えから案出されたといわれている。

なお前進速度のある場合の波なし船型を導入するのは容易であるが未だ研究された例はない。

最近このような場合核関数の計算が簡単に出来るようになったのでこの種の理論的研究が進むものと期待している。

1. 3. 4 動揺制止法

以上のような概念や理論に基づいて検討を進めていけば動揺の少ない船型が出来て行くがさらに広い周波数範囲で揺れ難くするにはアクティブな方法が採られなければならない。そのような方法を採る時に考えておくべき事を以下に述べる。

a) 可制御性(Controllability)¹²⁾

制御し易い船型を採用しなければならない訳で、これは実際上は静的復原力の小さい、つまり水線面積の小さい船型と言う事になり、その極限が没水体であり、全没水中翼、SWATH等である。¹⁹⁾

いわゆる波なし船型では水線面積が小さく、一般にそうすると固有周期は長くなり、同調点は大変長波側に移ってしまう。

b) 制御力

制御に必要な力を出す方法または装置で、よく知られているように、ジャイロ・モーメント、各種減揺水槽、重錘移動等船内に装備されるものと、フィン(水平、垂直、舵)、船尾フラップ等船外に装備されるものがあり後者の場合平水中抵抗増加を充分考慮する必要がある。

c) 制御方式

最近近代的自動制御理論の実用化は目覚ましく、華々しいものがあるが、一方我々の場合船に働く流体力について理論的、実際の知識は大変精巧なものとなっているので、両々あいまって予測制御(Feed forward)技術はさらに一段と進歩して行くであろう。¹²⁾

さて以上のような見方で各モードの動揺についてどうなっているかについては多くの夫々

の解説記事によって考えて頂く事にしたい。¹²⁾

1. 3. 5 波力利用推進

最後に波浪中抵抗について考慮したい所であるがここでは敢えて上記項目とした。

その趣旨は船は波の中で常に抵抗が増加するのではなくそれ相当の装置を具える事によって波から推力を得る事が出来る事を強調したいと言う事である。

さて波浪中の船の動揺と言うのは入射波がその力で船に運動を強制して、船にエネルギーをあたえ船はその運動で波を四方に発散してそのエネルギーを消散する過程である。

実用上略々充分信頼性のあるストリップ法ではこの船体の発散波のエネルギーによって近似的に抵抗増加が推定出来る事がわかっている。¹⁸⁾

そこで若し何等かの方法で波が船体に対してなす仕事の内幾分かを系外に取り出せば動揺は軽減し、またその取り出したエネルギーを利用して例えば推力に転換出来れば状況によって推力の方が抵抗増加を上廻る事になる。

一色等はこの推力への転換装置としてフィンによるいわゆる羽搏き翼推進効果を利用して実際推力が得られる事を示した。²⁰⁾

このようにして得られる単位時間当り波吸収パワーと推力は波高Hの自乗に比例し

$$P = \frac{\rho g}{2} \left(\frac{H}{2} \right)^2 \left(V + \frac{C}{2} \cos x \right) B_E, \quad T = \frac{P}{V} \eta_1 \quad (10)$$

ここで B_E は有効波吸収幅とも呼ぶべき量で、実際に吸収されたパワーが、入射波のこの幅分のパワーに相当する事を示すものとする。¹⁸⁾

この式から吸収エネルギーは向波の時最も大きい事がわかるが、また B_E は船体波頂線への投影長さに略々比例すると考えられるので斜め向波の時最大となると考えられる。

この問題は縦波で研究が始められたばかりで今後の発展を期待するばかりであるがこのような視点にたつと横運動のモード、つまり左右ゆれ、船首ゆれを利用して波エネルギーの吸収、推力の発生等が期待しうる事になり、垂直な制御面、ヨットのセンターボードのようなもの、舵等の機能についての新しい視点が開けて来る。

1. 4 あとがき

以上記してここまで来ると本シンポジウムの標題である「高速船々型の耐航性能の推定法」から益々遠ざかってしまったようで大変心苦しい。

しかし高速船を研究しようとして成書論文等を集めて見て先ず困惑する事はその殆どすべてが経験と事実の羅列であり、アイデアの試行錯誤であって、それらの内どれが信用出来どれが信用出来ないかの判断が全くつかないと言う事である。

また部分的にはある程度現象を説明出来る理論計算法や系統的实验結果効果等は得られるが、高速船船型の成立ち、あるいはどうしてそうなければならないかと言う事を説明する理論、いわば船型の性能を支配する概念、理論と言うものが決定的に不足しているように思われる。例えば角型船型は滑走性能が優れている、丸型船型は抵抗は大きいが耐波

性がよいと書いてあったと思うとその後に現在では丸型でも抵抗の小さいものが造られていると言う記述が続くと混乱してしまってどうしてよいかわからない。

本文はこのような状況を踏まえて耐航性能推定法にうつる前に高速船々型を考えるに当たって指導的理念として役立つような概念理論を列与したもので表1、2はその要約である。P. Mandelも言う通り、特殊目的に限れば全没水中翼船、エアクツション船等の特殊船型も有用であるが、ペイロードの大きい事が要求される多目的な用途では在来の単胴船が断然優れている²⁾けれどもフルード数の高い領域での実績は殆どなく今後の研究開発が期待される所である。

特に中、小型高速船の耐航性を現状に比して飛躍的向上させる事が出来れば、現在の交通機関の全面的高速化の風潮に乗って需要の増大を期待出来るであろう。

以上心苦しさの弁解として読者の御寛容の程を切に願って結びの言葉としたい。

以上

参照文献

- 1) D.W.Taylor, "Speed and Power of Ships" Ransdell Inc., Washington, D.C., 1933
- 2) P.Mandel, "A Comparative Evaluation of Novel Ship Types" .S.N.A.M.E. vol.70, 1962
- 3) P.Mandel, "Water, Air and Interface Vehicles" M.I.T. Press, 1969
- 4) D.Savitsky, "Planing Craft", Naval Engineers Journal, vol.97, No.2, 1985
- 5) M.Bessho, "Line Integral; Uniqueness and Diffraction of Wave in the Linearized Theory, "International Seminar on Wave Resistance," Tokyo, 1976
- 6) J.W.Kehoe, Jr., "Finding a Frigate for the Future", Proc.USNI, June, 1989
- 7) 丹羽誠一「高速艇工学」, 舵社, 1979年第4刷
- 8) 日本造船学会「第2回耐航性に関するシンポジウム」 昭和52年12月
- 9) 日本造船振興財団「外洋新形式船舶に関する調査研究報告書」 昭和61年3月
- 10) 日本造船学会「船型と耐航性」運動性能研究委員会第5回シンポジウム, 1988年11月
- 11) 日本造船学会「高速艇と性能」推進性能研究委員会シンポジウム, 1989年6月
- 12) 日本造船学会「マリンビークルの運動制御」1989年12月
- 13) 菊原静男, 飛沫の研究, 東京大学工学部学位論文, 昭和32年9月
- 14) 丸尾孟, 水面滑走体の造波抵抗理論, 日本造船協会々報81号, 1949
- 15) 別所正利, 没水体の造波抵抗理論について, 日本造船学会論文集, 99号, 昭和31年
- 16) 別所, 水野, 波無し分布の応用について, 日本造船学会論文集116号, 昭和39年
- 17) 別所正利, 動揺問題に於ける波無し分布, 日本造船学会論文集117号, 昭和40年
- 18) 別所正利, 水波工学入門, 日本造船学会誌, 昭和57年4月
- 19) 別所, 経塚, 山内, 林田, 縦揺れ制止ひれによる船の動揺軽減について, (続報), 日本造船学会論文集189号, 昭和58年
- 20) 日本造船振興財団, 波力利川振動推進の研究開発, 昭和63年一平成元年