

においても定性的には著者らのこれまでの研究結果と同じである。しかし、V型船尾のShip - Aと、中間型船尾のShip - Cと、U型船尾のShip - Bには、船型に対応した以下に示すような流場の明確な差が見られる。

船型による伴流分布 (Fig.2.13) の相違を見ると、直進状態では、Ship - A、Ship - C、Ship - Bへと移るにつれて伴流の範囲は広くなると共に、プロペラ円付近での伴流分布のピークがShip - Aでは中央に一つだったのが、Ship - Cでは左右に二つに分かれだし、Ship - Bでは強い船尾縦渦に対応した二つに分かれた分布となっている。

右へ斜航角がつくと、伴流分布は右よりとなり、かつ、前方からの船首渦に対応する伴流域が現れるが、斜航状態においても伴流域の広がり直進時と同様にShip - Bが最も大きい。

船型による渦度分布 (Fig.2.14) の相違を見ると、直進状態では、一対の強い船尾縦渦と水面付近に一対の弱い逆渦があり、船尾縦渦はShip - A、Ship - C、Ship - Bとなるにつれて強くかつ範囲も広がる。一方、水面付近の逆渦は、Ship - A、Ship - C、Ship - Bとなるにつれて船体形状に対応して幅が狭くなると共に強さも弱くなっている。

斜航状態になると、船尾渦に加えて前方からの船首渦が出てくるが、Ship - Aは渦度の集中が強く、Ship - Bは相対的に集中が弱く範囲は広がっており、Ship - Cはその中間にある。船尾渦の中心は、Ship - A、Ship - C、Ship - Bとなるにつれて船体より遠くへ離れ、船首渦の中心は、Ship - A、Ship - C、Ship - Bとなるにつれて船体へ近づいている。

この渦度分布の船型による変化は、速度ベクトル (Fig.2.15) から明瞭に読みとれる。

2.4.1.4 計測断面間の流場の変化

Ship - A、B両船型についてはS.S.1断面においてもBack側 (右舷) のみ、5孔管による計測を行った。ただし装置の都合上船体近くは計測できなかったため、A.P.断面に比べて情報ははるかに少ないが、わかる範囲でS.S.1断面からA.P.断面 (Fig.2.13、2.14、2.15) への流場の変化を見てみる。Ship - A、Bの、S.S.1断面での伴流分布をFig.2.16に、渦度分布をFig.2.17に、速度ベクトルをFig.2.18に示す。

Ship - Aについては、斜航状態は9°だけしかデータはないが、船首渦はShip - A、Bの両船型とも、船体中心からの横方向の位置は、A.P.断面とあまり変わっておらず、ほぼ船体に沿ってわずかに上昇しながら流れている。なお、Ship - Bの斜航角18°の船首渦はS.S.1断面に比べA.P.断面で渦度のピークが下がっているため少し拡散しているようである。船尾渦については、Ship - AではS.S.1断面の計測範囲内でははっきりしなが、Ship - Bでその一部が計測範囲内に現れているようである。

Ship - Cについては、船体後方のS.S. - 2断面においてA.P.断面と同様の計測を行い、船体後方での流場の変化の様子を調べた。Ship - Cの、S.S. - 2断面での伴流分布、渦度分布、速度ベクトルをFig.2.19に示す。以下にA.P.断面

(Fig.2.13、2.14、2.15) からの流場の変化の様子を述べる。

伴流分布で見ると、S.S. - 2断面では流れはかなり回復しているが、斜航により生じた剥離渦に対応する伴流の回復は遅い。

渦度分布で見ると、直進状態では、一対の船尾縦渦は相殺し急速に減衰している。斜航状態になると、船尾縦渦は弱い渦を吸収して一つの船尾渦領域を形成している。船首渦、船尾渦ともA.P.断面 (Fig.2.14) に比べ渦度の最大値が変化しているため、渦の強さが変わっているように感じられるが、後述の2.4.3の循環の値で見ると渦の強さに大きな差はない。また、2.3.2でも述べたが、斜航状態での渦中心は、船尾渦はA.P.断面から後方では船体中心面から主流方向へ離れてゆくが、前方からの剥離渦は船体中心面に沿う方向に流れている。

2.4.2 表面タフト法による流場観測

Ship - A、B両船型については、船体表面にタフトをはり船体表面流の観測を行った。Fig.2.20にShip - A、Fig.2.21にShip - Bの観測結果を示す。

Ship - A、B両船型の船体表面流れを見ると、直進状態では、船底をほぼ平行に流れてきた流れは、船尾ビルジ部をまわって船側へかけ上ってゆくが、船底から船側へまき上がるころのタフトの示す流向の変化が船尾縦渦の発生を示している。

斜航状態になると、斜航角が大きいほど、上流側船側では船底から船側へかけ上る流れの剥離がおさえられ、船側での下向き流れの成分は小さくなる。一方、下流側では船底から船側へかけ上る流れが強くなり、船尾ビルジ部をまわったところでの流向の変化が大きくなり、強い船尾縦渦の発生を示しており、これに対応して下流側船側の下向き流れも強くなっている。

Ship - AとShip - Bとの流れの相違を見ると、直進状態では船尾S.S.1より後方の船側での流れは、Ship - Aでは喫水の約半分より下部で下向き流れになっているのに対し、Ship - Bではかなり上部から下向き流れを生じており、船尾縦渦の影響がShip - Aに比べて広い範囲に及んでいることを示している。

斜航状態においても、下流側船側ではShip - Bの方が下向き流れの範囲が大きく、船尾渦が下方に強く集中しているShip - Aと、船尾渦が比較的広い範囲に広がっているShip - Bという、渦度の分布状況、集中度の違いを反映している。

全体的には、Ship - BがShip - Aに比べて、船体表面に沿っての流れの変化はゆるやかである。なお、斜航状態では、幅広船底のShip - Bに比べ、Ship - Aでは細い船底を横切る強いcrossflow成分が見られ、これが強い集中渦を作っている原因の一つと考えられる。

2.4.3 循環からみた流場

以上、船体まわりの流場の様子について述べてきたが、

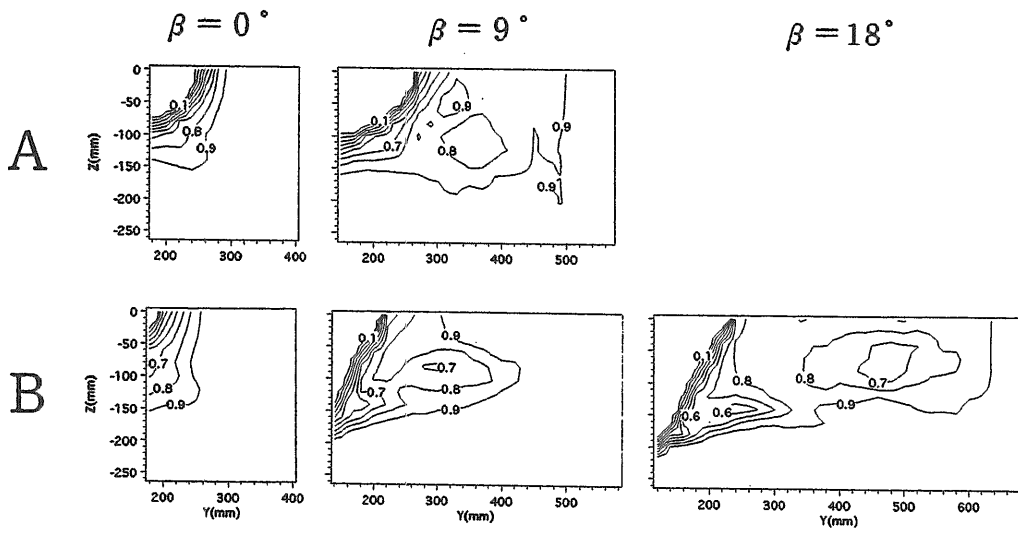


Fig.2.16 Wake Distribution (S.S.1)

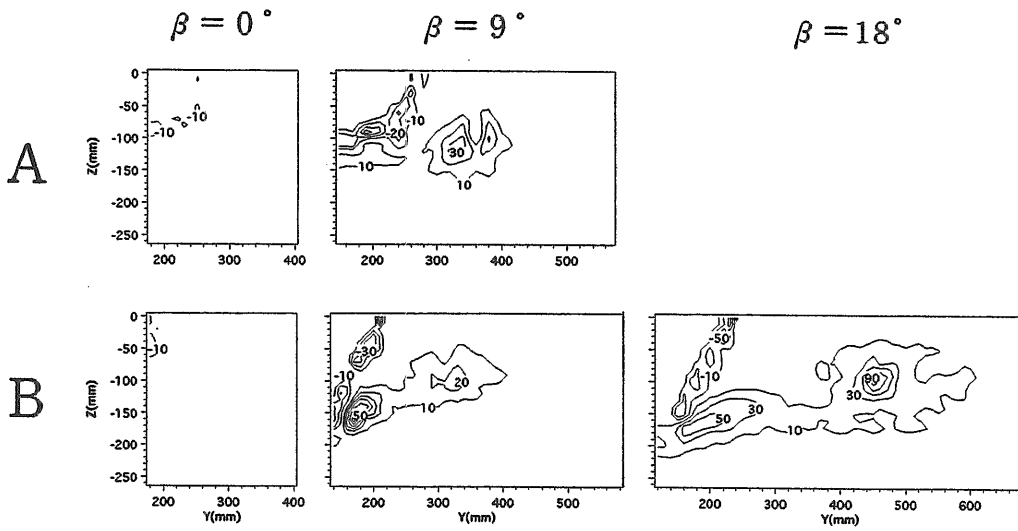


Fig.2.17 Vorticity Distribution (S.S.1)

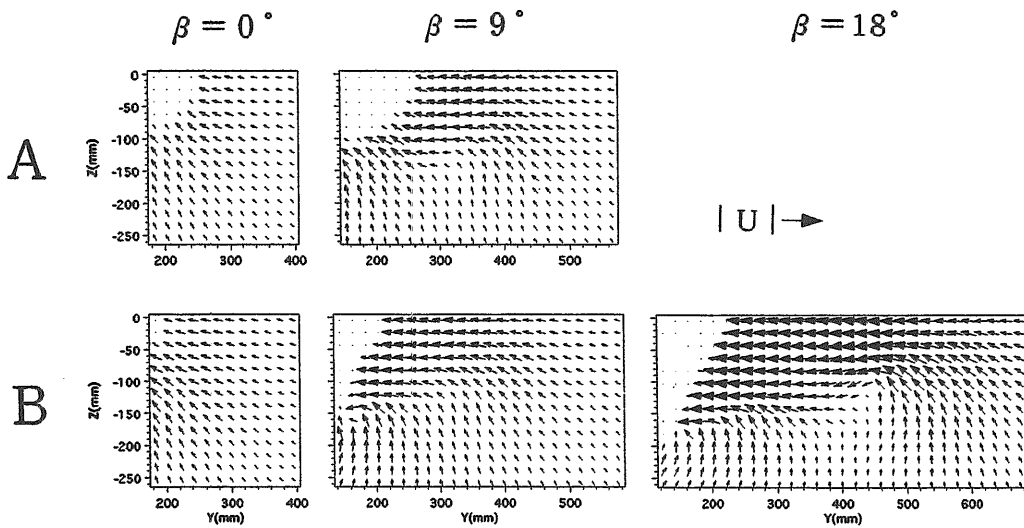
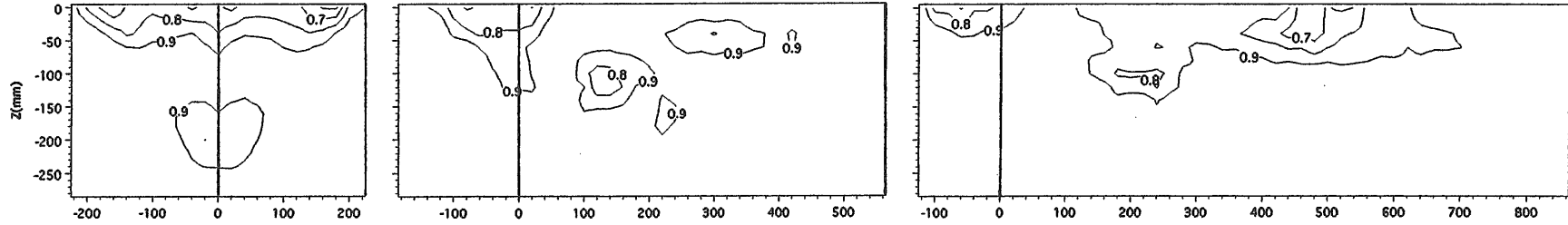
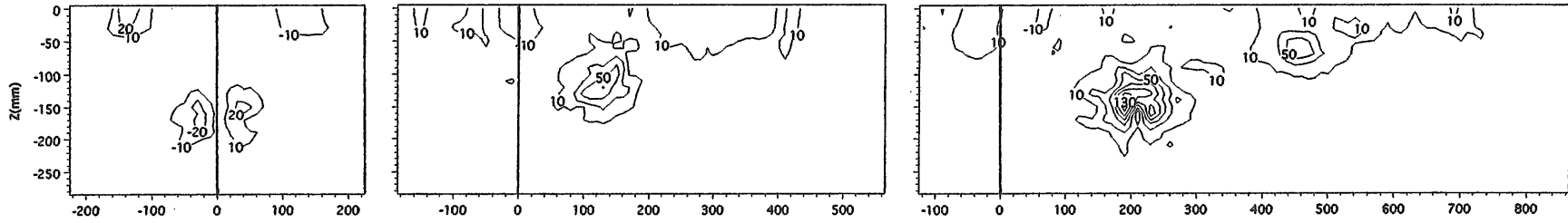


Fig.2.18 Velocity Vector (S.S.1)

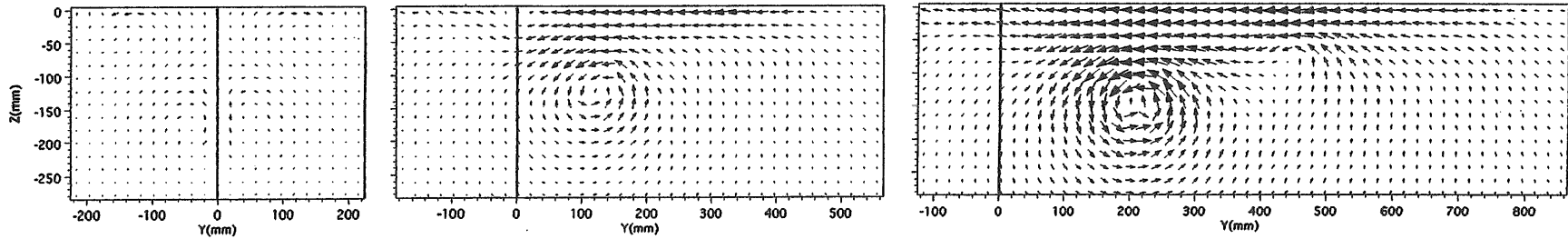
Wake Distribution



Vorticity Distribution



Velocity Vector



$\beta = 0^\circ$

$\beta = 9^\circ$

$\beta = 18^\circ$

Fig.2.19 Flow Field at S.S.-2 (Ship-C)

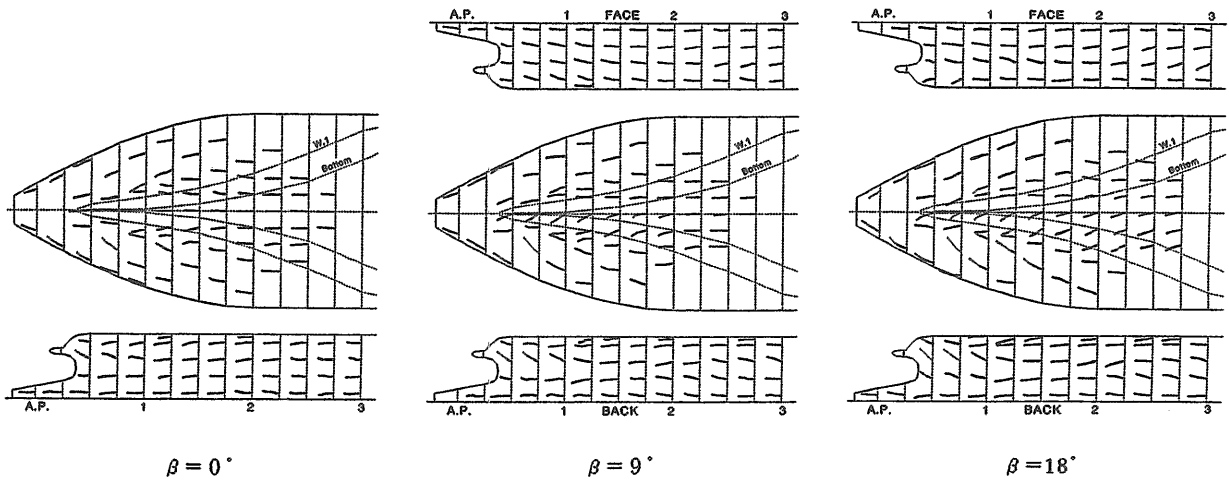


Fig.2.20 Surface Streamlines (Ship-A)

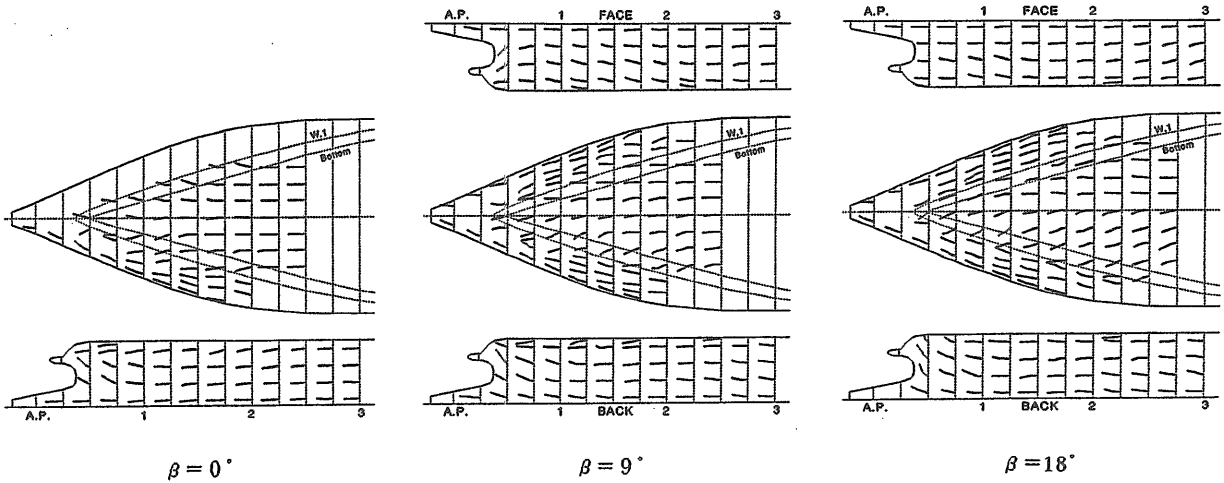


Fig.2.21 Surface Streamlines (Ship-B)

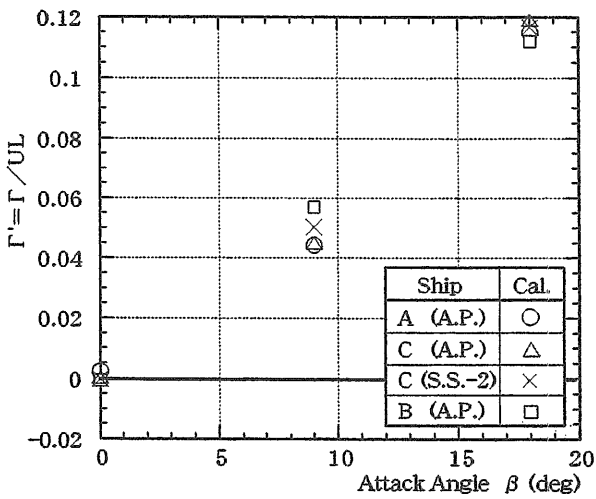


Fig.2.22 Circulation of Trailing Vortex

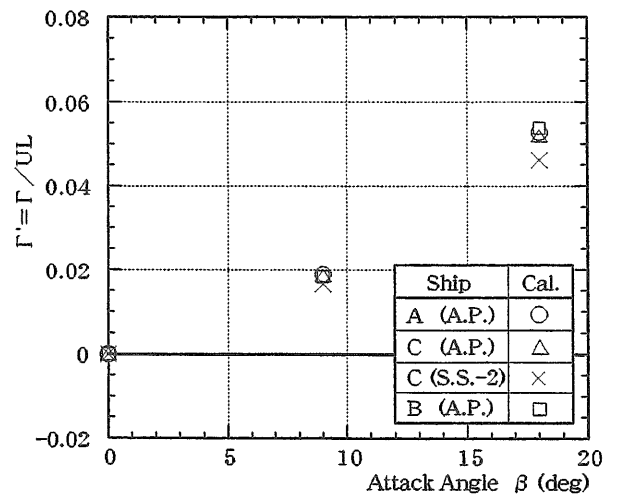


Fig.2.23 Circulation of Bow Vortex Group

ここでは船型等の影響について定量的に検討を行う。

ここに示す結果は、Ship - A、C、BのA.P.断面と、Ship - CのS.S.-2断面の5孔管による計測値から求めた値である。Fig.2.22に計測範囲内の模型船進行方向の全渦成分の循環を示す。また、計測範囲内を船首渦範囲と船尾渦範囲に分割して求めた、船首渦成分の循環をFig.2.23に、船尾渦成分の循環をFig.2.24に示す。Fig.2.25に全渦成分の上下方向の中心位置 Z_0 を示す。

Fig.2.22の全渦成分の循環について見る。A.P.断面での循環を比較すると、Ship - Bが $\beta = 9^\circ$ で少し他より大きめに出ているが、他は大体同じ程度の値である。

船首渦と船尾渦に分けて循環をみると、船首渦による循環 (Fig.2.23) には3船型の間には殆ど差は見られず、船尾渦による循環 (Fig.2.24) に船型による差が出ており、同じ前方船体形状、異なる船尾形状を反映しているものと考えられる。

船体後方で、渦度分布または循環と渦度分布の上下方向中心位置 Z_0 (Fig.2.25) がわかれば、船体に働く横力 Y' は細長体理論における第一次近似で次のように表せる。

$$Y' = 2Y / \rho L d U^2 \cong 2 \rho U \iint \gamma Z dS / \rho L d U^2 = \frac{2\Gamma Z_0}{UL d}$$

但し、 U は船速、 L は船長、 d は喫水、 γ は渦度、 Γ は全循環を表す。

上式を用いてA.P.およびS.S.-2断面の渦度分布より求めた横力を、後述する3分力計測結果と合わせてFig.2.26にCal.としてプロットして示す。渦度分布より求めた横力は、3分力計測値に近い値となっており、5孔管による流場計測が比較的精度良く行われた事を示している。

2.5 流体力計測結果

流体力計測はpitch、heave、rollを自由にし、流体力及び姿勢変化を計測した。船速は $U = 0.81\text{m/s}$ ($Fn = 0.138$)と $U = 0.43\text{m/s}$ ($Fn = 0.073$)の2種類である。これらの計測結果として、Fig.2.27、2.28に無次元のSurge Force X' を、Fig.2.29、2.30にSway Force Y' 、Fig.2.31、2.32にYaw Moment N' 、Fig.2.33、2.34に N'/Y' よりもとめた船体前後方向の圧力中心位置を示す。

Fig.2.27、2.28のSurge Force X' では、全体的に見てShip - A、C、Bの順に抵抗値が小さく、推進性能の観点からはV型船尾のShip - Aの方が良い性能であるといえる。この傾向は、2.4.1.3で述べた船型の違いによる伴流分布 (Fig.2.13) で見られた、Ship - Aの方が伴流の面積が小さかった事と対応している。

Fig.2.27から2.32のSway Force Y' 、Yaw Moment N' では、3船型間に値そのものには大きな差は見られないが、僅かな違いとして以下のことが言える。 Y' では、Ship - BがShip - Aに比べて全体的に少し大きめであり、 N' では、中小斜航角ではShip - Aの方が僅かに大きく、大斜航角ではShip - Bの方が僅かに大きくなっている。Ship - Cは Y' 、

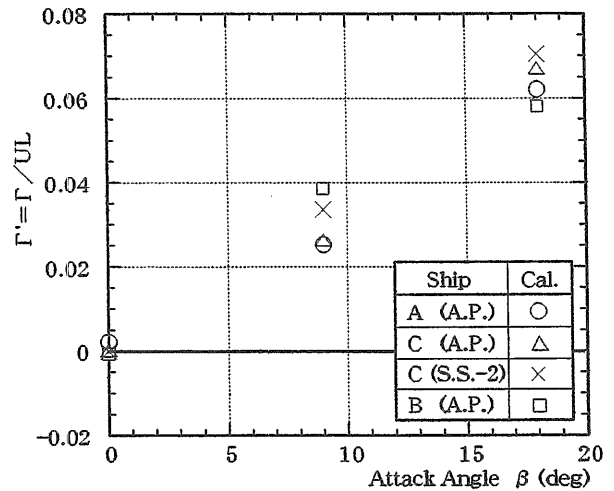


Fig.2.24 Circulation of Stern Vortex Group

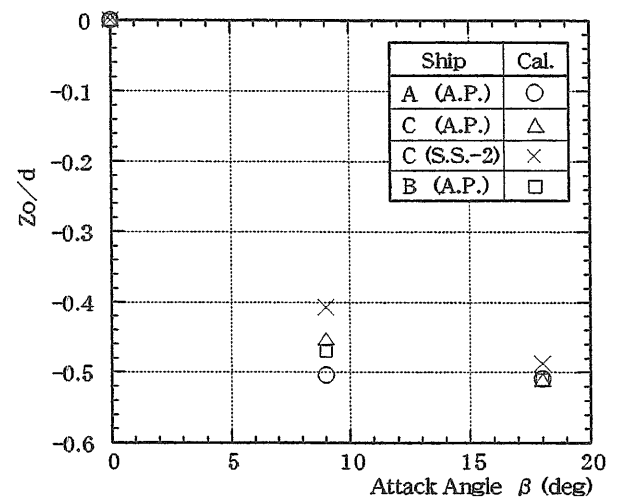


Fig.2.25 Position of Center of Vorticity Distribution

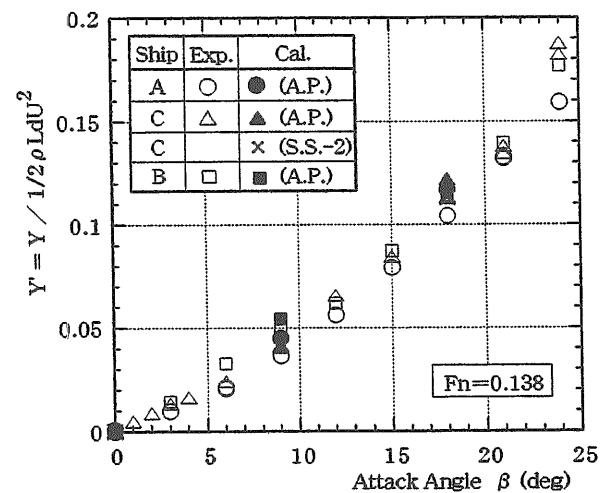


Fig.2.26 Calculated Sway Force using Measured Circulation and Directly Measured One

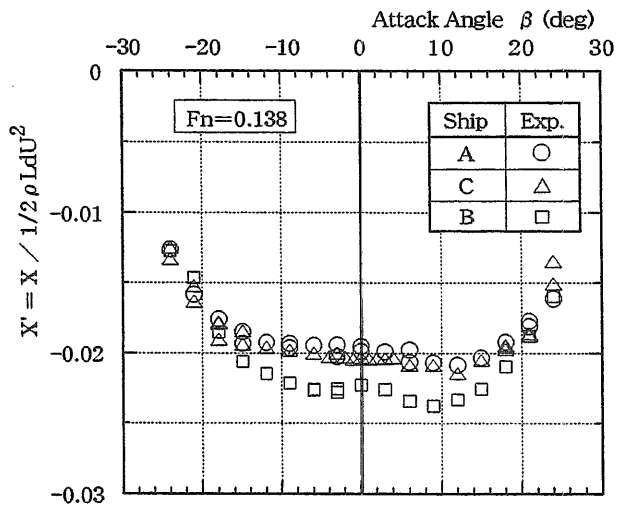


Fig.2.27 Surge Force (Fn = 0.138)

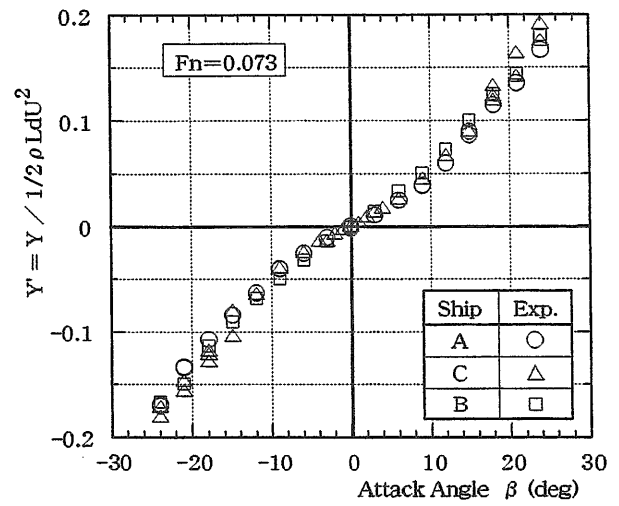


Fig.2.30 Sway Force (Fn = 0.073)

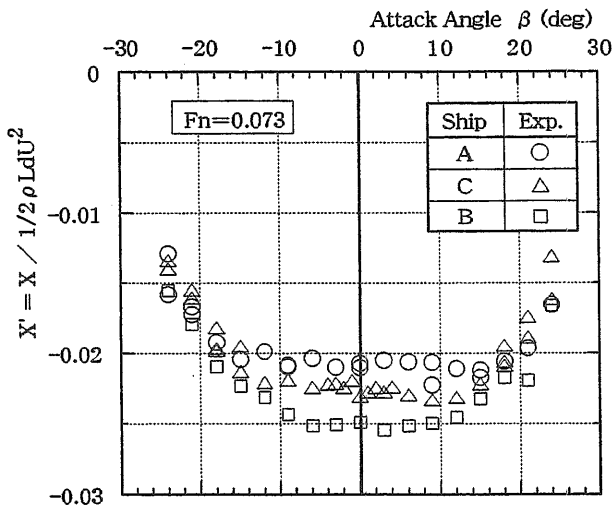


Fig.2.28 Surge Force (Fn = 0.073)

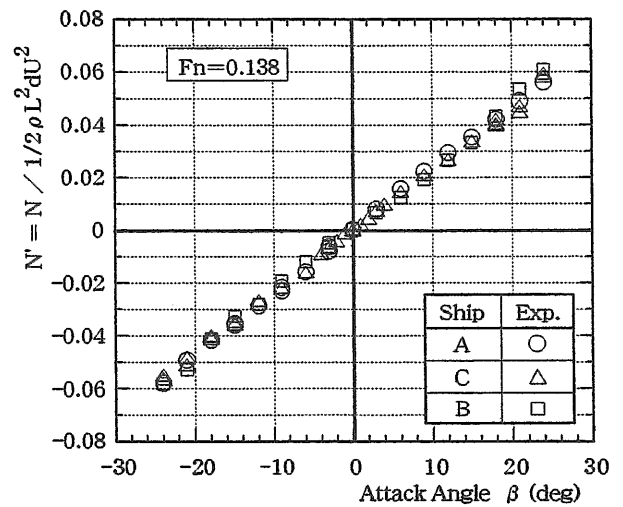


Fig.2.31 Yaw Moment (Fn = 0.138)

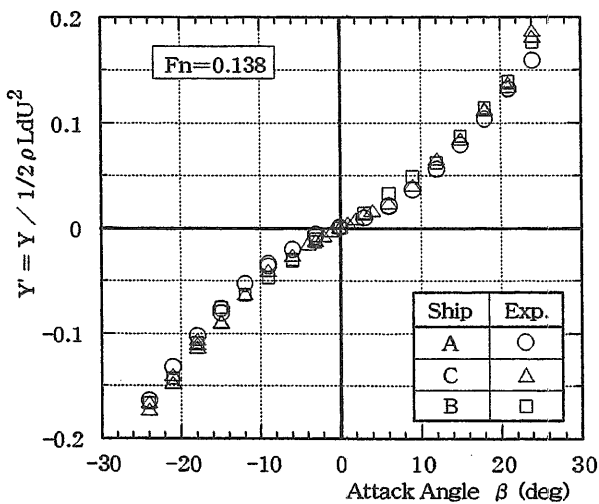


Fig.2.29 Sway Force (Fn = 0.138)

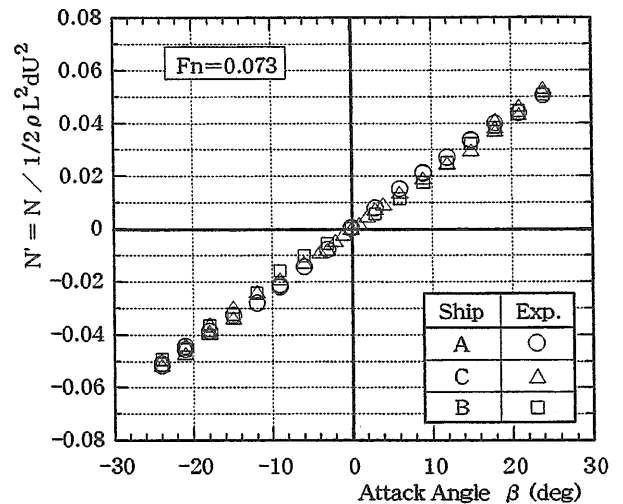


Fig.2.32 Yaw Moment (Fn = 0.073)

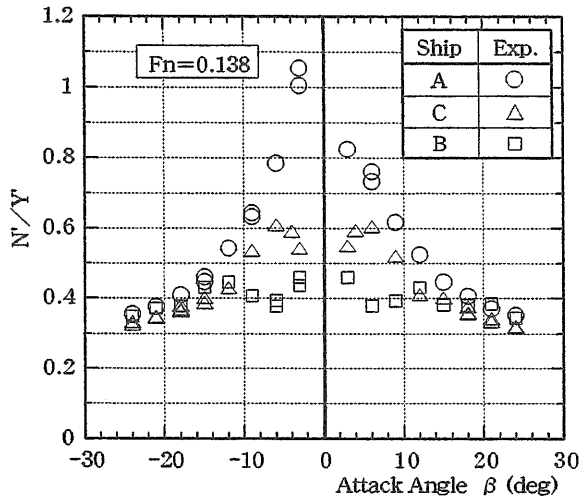


Fig.2.33 Center of Pressure (Fn = 0.138)

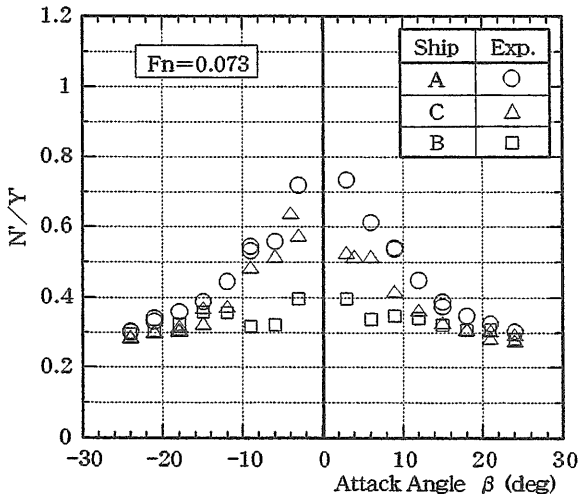


Fig.2.34 Center of Pressure (Fn = 0.073)

N' とも大よそShip - A、Bの中間の値となっている。

Y' 、 N' ではよく見えなかったShip - A、C、Bの3船型の差も、Fig.2.33、2.34の圧力中心位置 N'/Y' で見ると明瞭にその差が現れている。斜航角が大きい場合は3船型ともにあまり差はないが、斜航角が小さくなるにつれて圧力中心は前方へ移動し、針路安定性上重要となる小斜航角において、Ship - Aが最も圧力中心が前方にあり、次いでShip - Cで、Ship - Bは最も圧力中心が後方にあり、かつ、斜航角による圧力中心の位置変化も最も小さい。

回頭運動による圧力中心と比較しなければ針路安定性の評価は出来ないが、斜航状態で見ると、針路安定性上Ship - AよりもShip - C、Ship - CよりもShip - Bが好ましい性質を示している。

参考のため、流体力計測時の模型船の姿勢をFig.2.35から2.40に示す。

Fig.2.35、2.36に示すTrim Angleは、速度の早い $Fn =$

0.138でも 0.2° 程度の傾斜で、計測制度に疑問が残るため船型による定量的な比較はできないが、定性的な傾向は把握できる。

Fig.2.37、2.38に示すSinkageをみると、 $Fn = 0.138$ ではShip - A、Bに比べShip - Cの沈下量が全体的に1mm程度大きい。この沈下量の違いの原因は、Ship - A、Bの流体力計測は中水槽で行い、Ship - Cは動揺水槽で行ったため、船型によるものではなく、曳引車のレール設置精度によるものと考えられる。このため、Sinkageの計測結果については1mmから2mm (Sinkage / d = 0.005から0.01) 程度の誤差が含まれている可能性があり注意を要する。

Fig.2.39、2.40に示すHeel Angleは、多少船型の違いがみられ、Ship - B、C、Aの順に傾斜が大きくなっているようであるが、このHeel Angleの差も 0.2° 程度であり、詳しい検討は行えない。なお、3隻の重心高さKGは同じで、GM値はShip - Aに比べShip - Bが0.01m小さく、Ship - Cはその中間であることを付記しておく。

2.6 まとめ

主要目は同じで、船尾断面形状が相対的にV型のShip - A、中間型のShip - C、U型のShip - Bについて、斜航時船尾流場の把握、船尾形状変化と流場および流体力変化の関係の把握のため、5孔ピトー管計測を主体とする斜航時の船尾流場の計測を行った。

これまでの研究によれば、肥大船が斜航した場合の流場の特徴は、船体前半部から発生する剥離渦 (船首渦) と、船尾縦渦を含む渦グループ (船尾渦) の二つの渦グループの存在である。今回実験に供した3船型についても、斜航角による流場の変化は定性的には大きな差はなく、流場の特徴である二つの渦グループの存在、渦強さの変化、渦の流れる経路などほぼ同じ傾向であった。しかし、定量的には船尾形状の異なるShip - A、Ship - C、Ship - Bの流場に明確な差が現れた。結果を要約すると次のようになる。

1. A.P.断面での伴流分布は、Ship - Bの方がShip - Aより範囲が広くかつ強い。強い伴流分布域は大よそ強い渦度分布域に対応している。
2. 直進時の船尾縦渦は、Ship - B、Ship - C、Ship - Aの順に強い。
3. 斜航時の渦度分布は、積分した全循環としては3船型間に大きな差はないが、Ship - Aは渦度の集積が強く、Ship - Bは広い範囲に分布する。
4. 船首渦による循環は3船型とも殆ど同じであり、船尾渦による循環に船型による差が現れている。
5. 渦グループの中心は、船首渦はShip - Aの方が船体から遠く、船尾渦は逆にShip - Aの方が船体に近い。
6. 渦度分布から推定した横力は、流体力測定結果の横力に近い値となっており、5孔ピトー管による計測がよい精度で行われたことを示している。

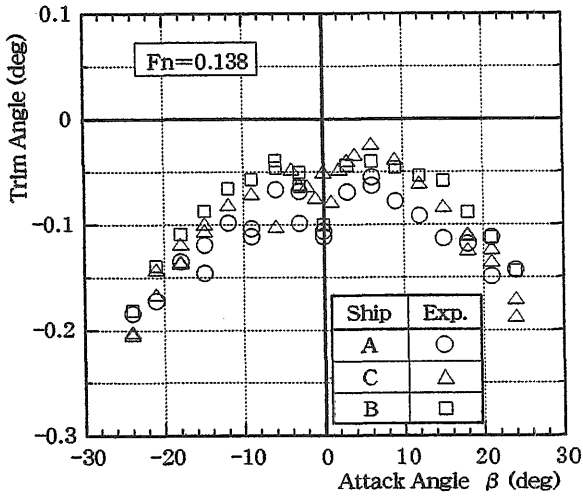


Fig.2.35 Trim Angle (Fn = 0.138)

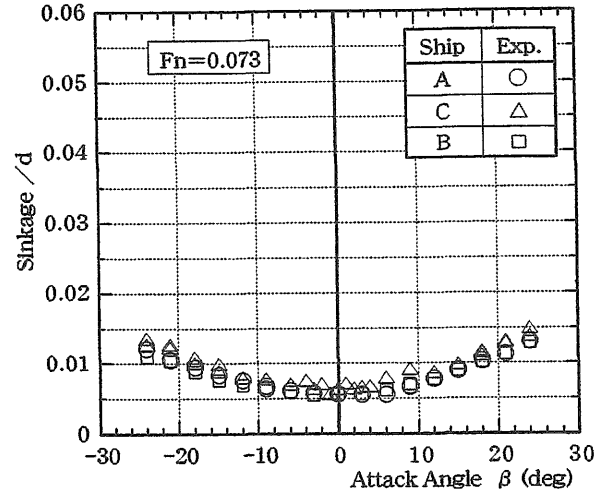


Fig.2.38 Sinkage (Fn = 0.073)

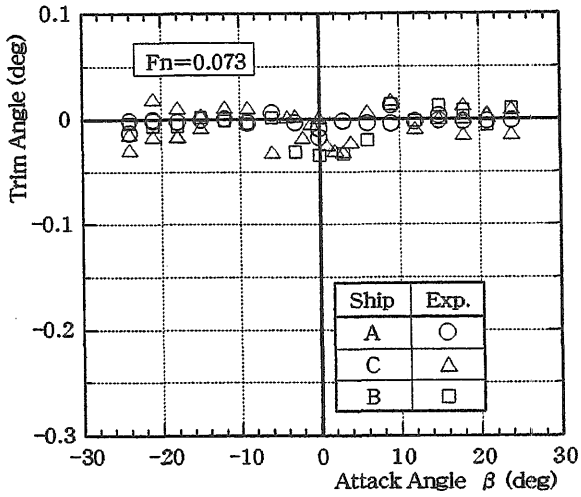


Fig.2.36 Trim Angle (Fn = 0.073)

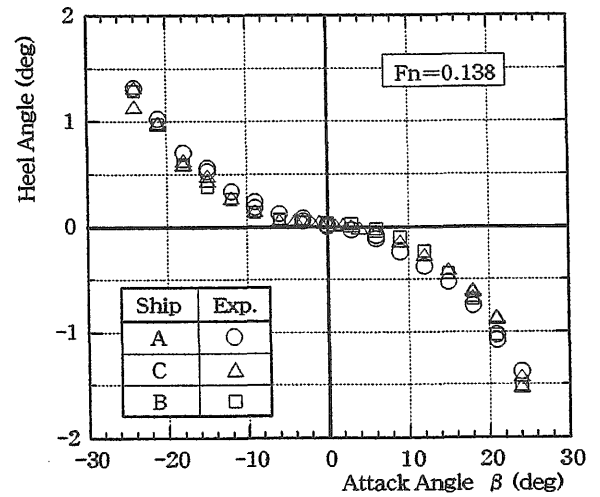


Fig.2.39 Heel Angle (Fn = 0.138)

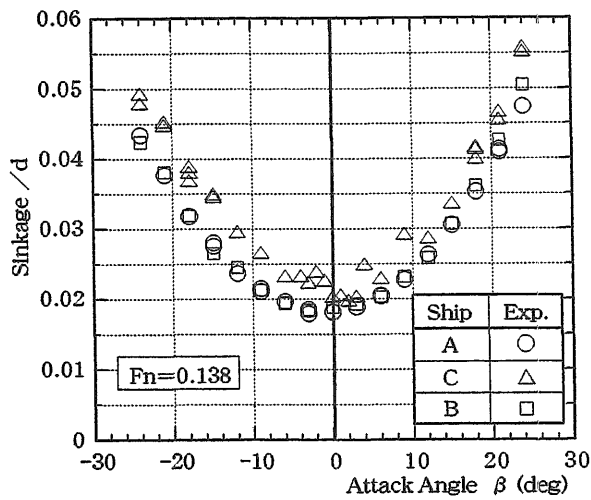


Fig.2.37 Sinkage (Fn = 0.138)

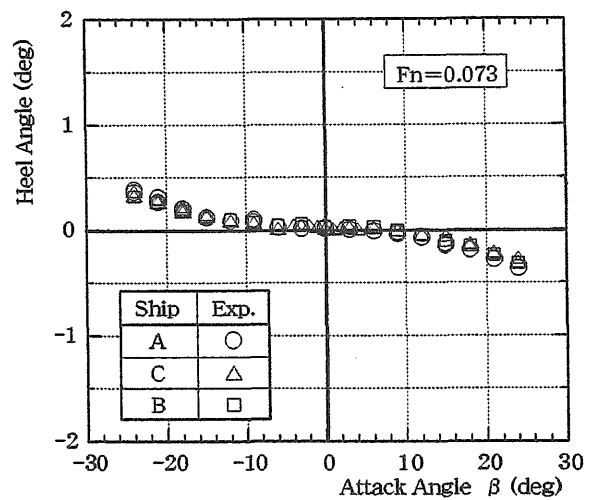


Fig.2.40 Heel Angle (Fn = 0.073)

7. 流体力測定では、斜航による圧力中心位置に船型による差が明瞭に現れた。圧力中心位置は、斜航角が大きいくところでは3船型とも同じような値を示すが、斜航角が小さくなるにつれて前方へ移動し、Ship - Aの圧力中心が最も前方で、次いでShip - C、Ship - Bとなっている。

操縦運動は斜航運動と回頭運動の組み合わせであるが、本研究では斜航状態のみしか扱っていない。精度良い操縦流体力推定法の開発のためには、回頭運動時についても同様な流場データの収集が望まれる。

なお、本研究は日本造船研究協会第221研究部会における共同研究の一部として行われたものであり、関係各位に厚く感謝します。

参考文献

- [1] 大森拓也、藤野正隆、宮田秀明、金井誠：肥大船の操縦運動中の流場に関する研究（第一報 斜航状態）、日本造船学会論文集、第176号、(1994)
- [2] 藤野正隆、大森拓也、宇佐美修吾、江口純弘、宮田秀明：肥大船の操縦運動中の流場に関する研究（第二報 定常旋回中の船体流体力と圧力分布）、日本造船学会論文集、第177号、(1995)
- [3] 牧野雅彦、児玉良明、Andrew Sowdon：斜航状態の肥大船の船体にかかる流体力のCFD計算、船舶技術研究所報告、第33巻 第1号、(1996)
- [4] 高木通俊：自動車における流れの可視化、流れの可視化学会誌、Vol.5 No.19、(1985)
- [5] 柏谷達男：肥大船の進路安定性と流体力に関する実験的研究（続報）、関西造船協会誌、第169号、(1978)
- [6] 溝口純敏：斜航船体まわりの流れと流体力、関西造船協会誌、第195号、(1984)
- [7] 野中晃二、不破健、二村正：斜航船体まわりの流場と流体力の計測、西部造船会会報、第66号、(1983)
- [8] 野中晃二、不破健、二村正：斜航船体まわりの流場と流体力の計測（第二報 タンカー船型）、西部造船会会報、第72号、(1986)
- [9] 奥野武俊：斜航船体まわりの流場計測、関西造船協会誌、第212号、(1989)
- [10] 永松哲郎：船体形状と流場、船体まわりの流れと船型開発に関するシンポジウム、推進性能研究委員会第5回シンポジウム、日本造船学会、(1993)
- [11] 二村正、原口富博、上野道雄、野中晃二、吉野良枝：斜航船体についての伴流と流体力の測定、船舶技術研究所研究発表会講演集、第62回、(1993)
- [12] 二村正、原口富博、野中晃二、吉野良枝：斜航船体の船尾流場計測、船舶技術研究所研究発表会講演集、第64回、(1994)
- [13] 二村正、野中晃二、原口富博、上野道雄：斜航船体

の船尾流場計測、第23回可視化情報シンポジウム、Vol.15 Suppl. No.1、(1995)

- [14] 野中晃二、二村正、原口富博、上野道雄：斜航する船体の船尾流場の計測、日本造船学会論文集、第177号、(1995)
- [15] SR221：「操縦運動時の船体周囲流場に関する研究」報告書（第2年度）、(1995)

3. 操縦流体力推定法の研究（その1. 実用的推定法）

3.1 概要

船舶の操縦性能推定のために、現在最も一般的に用いられている操縦運動方程式を表わす数学モデルの基本的構成は、主船体・プロペラ・舵の単独性能を主体にし、これに3者間の相互干渉を組み込ませるという形になっている。

プロペラおよび舵の単独性能については既に種々の実用的推定法があるため、操縦流体力の推定においては、主船体に働く流体力と主船体・プロペラ・舵の3者間の相互干渉流体力の推定が重要研究課題となっている。

本研究の対象とする流体力は主船体に働く操縦流体力であり、主船体の単独性能を推定する実用的手法を開発する事が本研究の目的である。

斜航運動と旋回運動の組み合わせからなる操縦運動をしている主船体（以後単に船体と称する）に働く流体力の主要項は慣性項と減衰項であり、慣性項は付加質量と付加慣性モーメントによる流体力として表され、減衰項においては揚力体としての流体力が重要になる。

操縦性能の推定においては、付加質量と付加慣性モーメントはこれまでの経験から完全流体中での値を用いても実用上十分とされており、Hess & Smith法 [1] に代表される種々の推定法も実用化されており、問題は減衰項の推定となるが、減衰項の中でも船体抵抗については船舶抵抗分野で用いられている推定法を用いればよく、要は Sway Force と Yaw Moment の推定となる。

操縦運動する船体に働く流体力の推定の問題は、滑らかな物体表面からの3次元剥離を伴う粘性流場の推定の問題であり、解法は、そのまま粘性流場問題として解く方法と、剥離渦流域を自由渦層で近似し lifting potential flow として解く方法に分けられる。

3次元物体まわりの剥離を起こした高 Reynolds 数流れを、支配方程式である Navier - Stokes の式と連続の式を数値的に解いてゆく CFD (Computational Fluid Dynamics) は、船舶においては、推進抵抗の分野ではすでに実用の域に達しつつあり [2]、操縦性の分野でも計算が始められているが [3][4]、計算機の急速な進歩と相まって将来実用化されるのは確実と考えられるものの、多大の計算時間と計算機容量を必要とするため、設計段階において必要となる船体形状を少しずつ変えた数種類の船型について種々の運

動状態での流体力の推定に用いるには、なおしばらくの時間が必要であろう。

lifting potential flowとして近似的に操縦流体力を求める方法は、さらに大別して次の三つに分けられる。

1番目は小縦横比薄翼理論に基づく方法で、船体に働く操縦流体力は船体を細長くて薄い翼と仮定して得られる流体力と本質的には同じであり、これに船体の厚さの影響を加えて表そうというもので、多数の模型実験結果をもとに補正を行い精度を高めている。その代表が貴島の式 [5]で、船型主要目の中の僅か5個のパラメーターだけで主船体に働く操縦流体力を簡単に推定でき精度も比較的良好いため、実用的推定式として現在最も広く用いられているが、推定式の係数決定に用いられた船型群から外れた船型については信頼性の確認が十分でなく、5個のパラメーターだけでは表せない船体形状の影響は考慮出来ない。

船体主要目が同じでも、局部的に船体形状が異なると操縦性能が大きく異なる場合があり [6]、船体主要目の影響だけでなく、フレームライン等の微妙な船体形状の影響を考慮出来る精度良い操縦流体力推定法の開発が、操縦性能の基準を満足する船型を設計しなければならないという、IMO 暫定基準への対応の必要性からも、現在強く望まれている。

2番目は細長体理論にもとづく方法で、船体は細長く船長方向への流れの変化はゆるやかで船体各断面で2次元に近い流れになっていると仮定し、上流断面から下流断面に向かって、上流から流れてくる剥離渦の影響を取り入れながら各断面毎に2次元的に流場を求めて行く方法で、フレームライン等の船体形状の影響が考慮でき、計算時間も計算機容量も3次元計算に比べてはるかに少なく済み、これまで発表された文献においても比較的良好な結果が得られており、設計段階で利用できる実用的推定法という点からは現在のところ最も有望な方法と考えられる。

3番目の方法は、細長体の仮定を用いずそのまま3次元流場の問題として解く方法であり、lifting potential flow近似で細長体理論によるか、3次元流場計算を行うかは、理論上の問題よりも、利用できる計算機の容量と速度および流れのモデル化を含めた計算技術の問題が主であると考えられる。実用船型についての3次元流場計算による操縦流体力推定もすでに始まっているが [7]、粘性流場のCFDほどではないが細長体理論による方法に比べて多大の計算機容量と時間を必要とする。

操縦性能推定のため船型を変えて多数の運動状態について流体力を求める必要がある場合、細長体理論による方法は2次元的手法という取り扱いの簡単さと計算時間の短さにおいて非常に有利であり、設計段階における船型チェックのための操縦性能推定に対して、現状では最も有望な方法と考えられる。

船体に働く操縦流体力の推定に細長体理論を用いる方法はいくつか発表されているが、その中で代表的なものが不破 [8]、松本 [9]、溝口 [10] の方法であろう。

不破は、実用船型に対し、細長体理論を用いて流体力を実用的精度で推定できることを初めて示したが、その方法は細長体理論における第1次近似解として求めるものであり、剥離渦層を表す離散渦はビルジ部から直線的に流れるモデルで近似している。なお不破は、船体近くでのみ成り立つ内部解のみよりも、船体から遠方で成り立つ外部解と組み合わせた合成解の方が良い結果が得られることを示している。

松本の方法は基本的には不破の方法と同じであるが、渦層の扱いを更に簡略化しキール下方から直線的に流している。流場は内部解で表現し、横流れ成分の3次元補正として断面積の等しい回転体による修正を行っている。

溝口の方法は、不破や松本の方法に比べてより実際に近い流れのモデルを用いている。剥離渦はビルジ部の圧力最低位置より流出し流れに沿って変形するという、直線渦よりも実際に近い流れのモデルとなっている。流場は反対称成分については内部解を用い、船首尾付近での3次元性を補足するため、肥えた船型に対しては無理と思えるが、2次元平板翼の流れを参考にした補正法を与えている。

不破の方法が発表されてから今日まで24年、溝口、松本の方法の発表からも14年が過ぎた。これらの方法はその時代において要求される精度を満足してきたが、今日では当然の事ながらより高い精度と信頼性が要求されている。

操縦流体力の推定においては、線形項のみならず非線形項まで含めて、フレームライン等の船型の微妙な変化にも対応できる、精度良い推定法の開発が要求されている。そのためには、設計現場等で容易に扱える実用的方法であることは勿論、要求される精度が理論的に保証されている方法であり、多数の実用船型の実験結果との比較検証により信頼性も保証されている方法であることが必要であろう。

本研究においては、以上のような状況を考慮し、精度、信頼性とも高く取り扱い容易な実用性の高い推定法を目標に、以下の5点を推定法開発における基本方針とした。

- (1)船体に働く Sway Force と Yaw Moment を求める。
- (2)流場および流体力の式は、2nd order まで精度が保証されていること。
- (3)流場表現は内部解と外部解より作る合成解を用いる。
- (4)船体形状はルイスフォーム等の近似ではなく実際の形状を用いる。
- (5)浅水域にも適用出来ること。

(1)の意味は、操縦性能推定に必要なのは total force としての sway force と yaw moment であり、局所的な圧力分布や横力分布は直接には必要ない。そのため、局所的な流体力の計算を必要としない、余分な計算は省ける方法が望ましいという事である。

(2)は、操縦運動に対し非線形な性質を持つ操縦流体力の推定には、船体の細長比による摂動展開において leading order の項のみでは不十分で最低限 2nd order の項まで考え