

対しては周速成分が大きく寄与するので、周速をベースとするキャビテーション数 σ_n を一定として比較する方が良いと考えますが著者の御意見をおきかせ下さい。もし、本プロペラで σ_n 一定の比較がありましたら御教示下さい。

【回答】 単独性能が異なるプロペラ間で、プロペラの流体力学的性能のみを単純に比較したい場合、同じ船速、つまりは同じ前進速度とスラストで比較する方が良いと考えて、この様に致しました。この様な条件を設けたとき、当然回転数が違ってきますので、前進速度で無次元化したキャビテーション数を同じにすべきと考えます。また、 σ_n を一定とした実験は行っておりません。

【討論】 伊藤政光君 (1) 平均プロペラ前進常数 J_{mean} での各半径位置での設計有効迎角はどのような考え方で設定されましたか。

(2) MP010, 012 の半径方向荷重分布は MP218 と同一ですか。

(3) 背面側後縁付近の圧力回復についてお尋ねします。Fig. 4 に示された設計二次元翼の圧力回復は二次元境界層計算で剝離を生じない限界を狙ったものと思われませんが、MP010 の実験結果を反映させて設計した MP012 の圧力回復はどの様に設定されたのですか。三次元剝離を考慮した場合、MP012 の圧力回復が限界に近い

ものと判断してよろしいでしょうか。

(4) 本報では中程度の面積比のプロペラを対象としておられますが、最近増加している小面積比プロペラに対しても、キャビテーション発生を抑えるという同じ設計思想で新しいプロペラが設計できるでしょうか。

【回答】 フューズキャビテーションを起こさない範囲内においてなるべくキャビテーションの量を小さくするという基準で設定いたしました。具体的には、キャビテーションバケットの中に伴流中での作動点をなるべく多く入れるという方法を採用しました。

(2) 星野氏への回答(1)をご参照下さい。

(3) MP012 は、単に半径方向の連続性を保ちつつ最大キャンバ位置を翼前縁側に移動するという方針で設計いたしました。3次元境界層計算やシリーズ的な実験などは行っておりませんので、このプロペラの圧力回復が限界に近いものであるかどうかは分かりません。

(4) 可能と思います。この点につきましては、中崎氏他の研究^{a)}(本講演会の講演番号 1-11 の御講演)が参考になると思います。

a) 中崎正敏他：新しい設計手法を用いた3翼小翼面積比プロペラに関する研究、関西造船協会誌(1986年春掲載予定)

8 A Study on Performance and Cavitation of Propellers for High Speed Crafts Including Effect of Boss (1st Report)

【討論】 小山鴻一君 (1) 本計算モデルにおける、翼の付け根付近で後方に流される自由渦の形状をお教え下さい。

(2) Fig. 15 にボスありとボスなしの翼面圧力分布における比較が示されていますが、このときのコード方向の積分値及び K_T , K_Q の値の比較をお示し下さい。

(3) ボス存在の影響を考えると、一般に、ボスによる軸方向加速流による翼迎角減少のための揚力の低下と同時に、ボスによる鏡像効果のための揚力の増加も考えられると思います。又、実験によるとボス後端からプロペラ回転軸に沿って自由渦が流出します。従って、ボスの周りには循環があると考えた方が自然で、そのためには、ボス存在をソース分布のみにて表わすことでは不十分かと思われますが、いかがお考えでしょうか。

【回答】 (1) 本モデルでは、ボス側の trailing vortex をボス表面に沿わせ、ボス後端で roll-up しております。従って、ボス後端から流出するハブボルテックスは考慮されております。

(2) Fig. 15 のボスありとボスなしの翼面圧力分布

のコード方向の積分はおこなっておりません。翼上の line vortex と source にかかる力の計算から求めた K_T , K_Q の値における比較は Table A に示します。

Table A Effect of boss on K_T , K_Q and η_0

Effect of boss	K_T	K_Q	η_0
not considered	0.191	0.043	0.53
considered	0.183	0.042	0.52

(3) 本計算は、ボスを source ring で表わしておりますので、ボス内部から渦は放出されません。しかしながら、この点は、ボス表面もしくは内部に horse-shoe vortex を分布させたとしても、ボス後端で vortex が閉じますので、同じことになると思います。但し、ボスのみが回転している場合でも粘性によりボス後端から渦が発生しますので、そのような渦を別に考えると、より計算が実際に近くなると思います。

【討論】 星野徹二君 (1) ボスによる鏡像効果を考慮すれば、ボス表面にも翼面上の渦に対応する渦が分

布しているように思われます。また、ボス先端からハブボルテックスが流出することを考えれば、ボスの影響を正確に表すためには source 分布だけでなく渦分布も必要ではないかと考えられますが、いかがでしょうか。

(2) 翼表面上での圧力の計算式 (19)~(22) では、翼厚を表わす source 自身による速度 $\left(\frac{1}{2}\sigma\cdot\vec{n}\right)$ が欠落しているように思われますが、いかがでしょうか。下記参照。

$$\vec{v}_{\pm} = \vec{V} \pm \frac{1}{2}\gamma\cdot\vec{r} \pm \frac{1}{2}\sigma\cdot\vec{n}$$

(3) 今回の計算では、揚力勾配の修正はどのように考慮されていますか。

(4) 討論者の経験によれば、前縁推力は前進率が小さいほど大きい傾向にあるので、これを考慮すれば Fig. 14 における実験と計算の合いは改善されると思われるます。

【回答】(1) 小山氏への回答(1)と(3)を御参照下さい。

(2) 計算点における source 自身の速度はキャンバ面に対して垂直ですから、 C_p を計算するさいには無視いたしました。この近似が結果にはほとんど影響しないことは確かめております。また、計算点以外の source による誘起速度は (21), (22) 式の V_{ij} の中に含まれております。

(3) 本計算では、揚力勾配の修正はしていません。

(4) 本計算プログラムは、前縁推力の修正を選択できるようにしております。Fig. 14 の計算では、前縁推力の修正を行っておりません。これに関しましては、本文中に記述不足の点がございましたので、論文集の方では訂正させていただきます。

【討論】 笹島孝夫君 今回の計算は、ボスの影響を入れたプロペラ特性の均一流中に対するものですが、Fig. 15 にみるように、翼根部近傍では、計算値は末だ実験値の傾向を正しく表現していないようです。これには、翼根部での循環の値、及び境界層の挙動が関係していると思われそうですが、著者の見解をお教示下さい。

又、模型試験での観察の範囲では、ボス端がとがっていないくともかなり強い渦が発生しており、翼根部で循環は零になっていない印象を受けます。現在のモデルでは循環は翼根部では零になると思いますが、参考のためにボス有無の循環分布の比較を示してくれと幸です。

【回答】油膜法による限界流線の可視化では、境界層の大きな剝離などは観察されておりません。計算値と実験値の不一致の原因は、現在の所はつきり分かっておりません。翼のボス端からも、翼端側に見られる leading edge separation vortex が発生していることも考えられます。

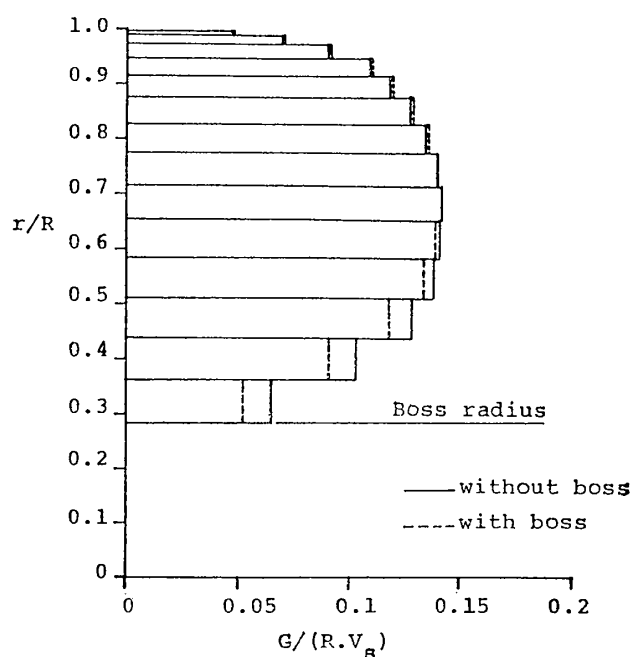


Fig. A Comparison of radial distribution of circulation with and without effects of boss

ボスがある場合とない場合の MP009 の半径方向循環分布の比較を、Fig. A に示します。本文中に述べておりますように、ボスがあると、その排除効果により、軸方向の流れが加速され、ボス近くでの循環はボスなしの時より小さくなります。

【討論】 凌志浩君 (1) MP009 に対する計算モデルで、計算時間はどの程度でしょうか。

(2) Fig. 15 に関する本文中での記述において、ボス近傍 Back 面前縁における圧力の計算値と実験値の開きが比較的大きいことが述べられています。本論文の計算モデルでは、プロペラ翼面の流れの境界条件として、キャンバ面を採用し、翼の厚み効果に対しては、渦分布と独立な吹出し分布によって補正しておられます。この扱いは薄翼に対してはかなり精度が高いと思われます。しかし、ボス部では翼断面の翼厚比が比較的大きいため、本論文の計算モデルの扱いでは、ボス部の Back 面および Face 面の流れに関する境界条件が条分満足されていないのではないかと思います。このことが前記の計算値と実験値の開きが生じた一因と思われますが、いかがでしょうか。

【回答】(1) スラスト、トルクと翼面上の圧力分布を含む計算時間は、東京大学大型計算機センター M-280H で3分ぐらいです。

(2) MP009 の場合は展開面積比が大きいため、ボス近くでも翼厚比はそれ程大きくなりません。ボス面上での翼厚比が 0.116 ですから、薄翼理論に基づいた本モデルでも、Fig. 15 に示された実験値と計算値の差が出る程精度が低いとは思われません。

【討論】 泉田 泰弘 君 (1) Fig. 11, Fig. 13 などのボス表面上の圧力分布を示した図で、斜め方向の座標軸の単位は何でしょうか。また、この図の上で翼はどのように配置されているのでしょうか。

(2) ボス比やボス部の形状がマクロなプロペラ性能(スラスト, トルク)にどのように影響を与えるかは、例えば砕氷船装備プロペラなどのようにボス比が著しく大きなものを考えると、興味を引かれる所です。この点について、お教え下さい。

【回答】 (1) ボス表面の周方向の座標です。翼間を4

等分割し、それぞれを Fig. 13 に示しております。また、翼は、図中の“BLADE”とした所に配置されております。図中の“LEADING EDGE”と“TRAILING EDGE”は、翼の前縁と後縁の位置を示しております。また、圧力分布はピッチ面に沿った値であり、横軸は統一をとるためにプロペラ軸方向の座標でプロットしております。

(2) ボス比を変えたシリーズ的な計算は行っておりません。MP009 に関するボスなしの K_T , K_Q , η_0 の計算値を Table A に示します。

9 Self-Excited Vibration of Propeller Nozzles Experienced on Ocean-Going Tugboats (2nd Report)

【討論】 笹島 孝夫 君 (1) 2次元模型での試験で、実船と模型の R_e 数の差(主に迎角 ε の差と考えられますが)は翼面粗上の差が補償しているとのことですが、数値的にどのような関係ですか。

(2) 2次元翼でみると、Fig. 7 から零揚力角は $\varepsilon = -2.5^\circ$ 位ですが、ノズル直前の流入速度ベクトル分布ほどのようであったか。

ノズルに対する流れの初期迎角が 3° 以上、あるいは -3° 以下であれば、ダンピングは負にならないと考えてよいのか。

【回答】 (1) 実船と模型との R_e 数の違いにより、ノズル断面の揚力特性 $C_L(\varepsilon)$ は影響を受けず、抗力特性

$C_D(\varepsilon)$ のみが変わると仮定している。両者の R_e 数の差により $[C_D]_{\min}$ は約 0.012 だけ実船が小さくなるが、おおよそこの分だけ実船粗度が大きい事によって実船の C_D が増加する。このため両者で C_L , C_D と C_T も同じ特性になるとみなされる。

(2) ノズル直前の流入速度ベクトル分布は計測しておりません。その後行った流れ可視化により、ノズル後端から軸対称の渦輪が流出することが観測されていることから考えて、速度分布は少なくとも軸対称と考えます。

ノズルに対する流れの初期角度が 3° 以上又は -3° 以下であれば、今回のダンピングは負になりません。

10 SES シール構造様式の動的諸特性について

【討論】 田中 拓 君 Fig. 15, 16, 17 に関し、cushion 圧変動 (ΔP_c) と bag 圧変動 (ΔP_b) に次の特徴が見られます。

(1) BFS と PLS の計算値は、 ΔP_b の方が ΔP_c より小さいが、LBS では逆になっている。

(2) BFS と PLS は、 ΔP_b と ΔP_c の計算値には差があるが、計測値には差が余りない。

このことから、LBS が BFS, PLS と傾向の異なる理由および計算で ΔP_b と ΔP_c の間に差がでる最も大きな原因をお教え下さい。

【回答】 御指摘のとおり、BFS, PLS と LBS には根本的な差異があります。それは LBS では最下端のローブが、海面の微小変位に対しても変形することです。 ΔP_c は文中の式(8)における $\dot{V}_c$ により支配され、これは強制変動項となっています。 ΔP_b は式(17)で表わされ、 $\dot{V}_b$, Q_b により支配されますが、これらの項の割合が BFS, PLS と LBS で異なります。すなわち、BFS, PLS では $\dot{V}_b$ は小さく、 Q_b が支配的となりますが、

LBS では最下端のローブにおける $\dot{V}_b$ が $\dot{V}_c$ と同様に強制変動項となり、これが支配的となります。

次に LBS では計算、実験ともに ΔP_b , ΔP_c に差が表われているが、BFS, PLS では実験値に計算値ほどの差が見られないという御指摘ですが、上記のように BFS, PLS と LBS ではバッグ部の変動効果に大きな差異があり、非線形の影響も異ったものと考えられますので、今後の課題の一つとして検討したいと思います。

【討論】 村尾 麟一 君 (1) 圧力変動が極めて大きい範囲で実験と数学モデルが比較されていますが、微小圧力変化による線型化の仮定と矛盾しているといえませんか。

(2) シール構造様式および波面条件が流量係数に及ぼす影響について御教示下さい。

【回答】 (1) 圧力の変動幅が平衡値と同オーダーなので線形化の範囲を外れているのではないかと、この御指摘だと思いますが、今回の計算で省略した高次の項は、いずれも $P \propto Q^2$ の関係における ΔQ の自乗項であり、 ΔP