

8 チップボルテックスのプロペラ性能に及ぼす影響について

【討論】 佐々木紀幸 君 (1) H_{xTip} の値は、3 回程度で converge すると考えてよろしいのでしょうか。又、(6) 式の中の a_E/Z は、チップ付近を代表する chord 長の方が良いではありませんか。

(2) 今後の方向として、前縁剥離渦全体の浮き上がりを考慮することが考えられますが、何か具体的に考えておられますでしょうか。

【回答】 (1) チップボルテックスの剥離を含めたプロペラ後流渦の繰返し計算では、作動前進率 J が小さいほど、また、プロペラのピッチ比 P/D が大きいほど収束までの回数は多くなります。本論文中の DTNSRDC 4118 プロペラの場合、 $J=0$ では 7 回で収束しており、 $J>0.2$ では 3 回となっています。

次に(6)式は、MAU プロペラについてシリーズ計算を行い、その結果に合わせるよう求めたものです。本式はチップボルテックスの第 1 次配置として決めたもので、最終的な値として本式を表わすのであればご指摘のとおりであると思います。

(2) 前縁剥離渦の計算は以前プロペラ翼形状をした 3 次元直進翼で試みたことがあります、あまりうまくいきませんでした。航空関係のデルタ翼背面にできる大規模な渦と違い、プロペラ翼背面の前縁部にできる剥離渦はごく局部的であるため、vortex lattice method で計算するには限界があるように思います。従って、現在のところ特に計算を試みようとは考えていません。

【討論】 凌 志 浩 君 (1) チップボルテックスの強さの決定に、何か特別な配慮がなされていますか。

(2) Fig.21 など、VLM CAL.3 による翼端付近の翼背面における負圧のこぶは、キャビテーションパターンなどの実験事実により確認できるのでしょうか。

【回答】 (1) 計算上チップボルテックスの強さを決めるための配慮はしていません。

(2) ご指摘のとおりプロペラ翼面の圧力分布とキャビテーションとは密接な関係があると思います。このため、圧力分布からすぐキャビテーションのパターンを連想しがちですが、キャビテーションはキャビテーション発生のメカニズムと関連して考えるべきだと思います。今後は、本モデルを基にキャビテーション推定法について検討したいと考えています。

【討論】 星 野 徹 二 君 今回の後流渦の計算結果は、

a) スリップストリーム内の渦面のピッチは、幾何学的ピッチより多少大きいのに対し、チップボルテックスのピッチはこれよりかなり小さい。

b) スリップストリーム内の渦面のピッチは、プロペラからの距離が増大するにつれ増大する。

等、討論者の計測結果¹⁾と良く一致した傾向を示しており合理的な結果と思われます。次の点に関し御教示下さい。

(1) Fig.7 に示された VLM CAL.2 による計算結果では、スリップストリーム内の外側半径位置での後流渦のピッチが内側のピッチの 2~3 倍と非常に大きくなっていますが、Fig.15 のピッチ角ではそのように見えませんがでしょうか。また、後流渦のピッチが大きい(CAL.2)の方が誘導速度が小さく、 K_T , K_Q は大きくなるように思いますが、Fig.24 では逆になっているのは何故でしょうか。

(2) Figs.21~23 の圧力分布で、翼後縁における圧力分布が必ずしも閉じていないようですが、Kutta の条件が正しく満足されていないのではないのでしょうか。

参考文献

- 1) Hoshino, T.: Hydrodynamic Analysis of Propellers in Steady Flow Using a Surface Panel Method, 2nd Report: Flow Field around Propeller, 日本造船学会論文集第 166 号, Nov. 1989.

【回答】 (1) 後流渦のシミュレーションは渦の代表接点上で行っている関係上、Figs.15~17 に示したピッチ角はプロペラから等距離位置での値とはなっていません。また、後流渦は(4)式の関係で配置しますので、渦形状は各後流渦の計算をする接点のピッチ角と直前の半径できまります。このため、Fig.15 に示したピッチ角だけで渦の形状を判断するのは困難といえます。

次に、後流渦のピッチ角が大きい CAL.2 の方が K_T , K_Q が大きくなるはずだのご指摘ですが、たしかに一般的にはそのとおりだと思います。しかし、本プロペラの Γ 分布図 Fig.6 と 18 を見ていただくとわかりますが、プロペラの中央付近の半径から流出する渦の強さは Γ の差分が流出しますので、さほど強い渦は流出していません。これに比べて翼先端部から流出する渦の強さは格段に大きく、翼先端から流出する渦の形状がプロペラ性能のほとんどを決めるといって過言でないと思います。この見方で見ると CAL.2 より CAL.3 のチップボルテックスのピッチ角の方が大きくなっています。

(2) ご指摘のとおり圧力分布の形状から見ると、後縁での Kutta の条件は満たされていないように見えますが、本計算では後縁での計算は行っておらず、若干翼の内側に入った点での計算を行っています。このため背面と正面の圧力分布に若干の差が生じるものと思います。また、文献 3), a) にも示されていますが、vortex lattice 法とは、格

別 Kutta の条件を課さなくとも自動的に Kutta の条件は満たされると考えています。

a) 市川明夫, 安東茂典, 中島邦男: 垂音速揚力面の数値計算誤

差に関する覚え書, 日本航空宇宙学会誌, 第25巻, 第287号 (1977).

9 A Study on correlation of vortex cavitation noise of propeller measured in model experiments and full scale

【討論】佐々木紀幸君 (1) 本文の(23)式の k の値が, 実船の σ_N そのものに依ると考えられた理由をお教え下さい。

(2) 模型と実船での回転数比 (n_m/n_s) は, どの程度でしょうか。又, n_m を変更して k を比較しても k の値に変化は無いと考えて良いでしょうか。

【回答】(1) 渦キャビテーションの初生段階での k の値は 0.35 であることが知られています。一方, ある程度発達した渦キャビテーションについては 0.15 という値が今回の研究で得られました。したがって, k の値は一定ではなく実船のキャビテーションの状態により変化するものと思われます。

(2) 模型と実船での回転数比 (n_m/n_s) は 8.6 です。通常, n_m を変更しても模型試験でのレイノルズ数の変化は大きくないと考えられますので k の値は変化しないものと思われます。この点につきましては模型試験での調査を行っております。

【討論】笹島孝夫君 (1) 著者は, 緒言でシート及びバブルキャビテーションについては, 模型と実船でのキャビテーション雑音の相関は確立されていると述べているが, 国際試験水槽委員会・キャビテーション委員会での調査でも, 各水槽間のデータを統一する様な一般的な手法についてはまだまだ研究の余地があるとしています。ただし, キャビテーションパターンによってスケールリングを細かく検討する事の必要性が指摘されており, この意味では重要な寄与と考えます。¹⁾

(2) 著者は, 空洞水槽での模型試験データ (ハイドロフォンは側壁取付け) と実船データ (ハイドロフォンは外板取付け) を直接比較していますが, 本来なら両者について, 側壁影響を加味した音場の検定が必要であろうと考えます。即ち, 両者共, 自由音場に換算した上で, スケールリングを考える方が良いと思うがどうか。特に, 低い周波数側での相関が良くない (Figs.14-16) のは, 先に青雲丸プロペラについての比較検討結果²⁾を考えると, 音場の相異の影響が大きいと思われる。

(3) Fig.5 と Fig.12 の比較は, $p=0.871$ のものであるが, Fig.14, 16 の $p=0.614, 0.871$ の場合でも σ_i の差は同じと考えているのか。又, キャビテーションパタンの比較は, 発生位置のみを考えているようであるが, 太さ, 広がりはどうか。

参考文献

1. Report of Cavitation Committee, 19th ITTC, p.198, Madrid (1990).
2. 本文文献1)。

【回答】(1) 個々の水槽での模型試験で計測されたシート及びバブルキャビテーションの雑音データとそれに対応する実船計測データが比較的良く一致していることが報告されております。しかし, 御指摘のとおり, 各水槽間のデータを統一する手法については研究の余地があるものと思われま。各水槽間において計測データが必ずしも一致しないのは, 流場の違いや, 2) で御指摘のありました壁面の影響の相違によるものと思われま。

(2) 側壁影響はハイドロフォンが取り付けられている壁の影響が最も大きいと考えられます。実船もハイドロフォンを取り付けた船底外板の影響がありますので, 模型試験データと実船試験データを直接比較しました。しかし, 厳密に比較するには御指摘のとおり音場の検定による計測データの自由音場への換算, あるいは, 壁面の影響が無い計測法を考える必要があるものと思われま。

(3) $p=0.614, 0.952$ の場合も同じと考えております。キャビテーション雑音の相似則が適用できるのはキャビテーションパターンが模型と実船で相似な場合ですから, 模型試験からキャビテーション雑音の相似則を用いて推定した雑音レベルが実船での計測値と一致すれば模型と実船でキャビテーションパターンが相似であると考えられます。また, 渦キャビテーションの太さ・広がりについてもほぼ相似であるものと思われま。

【討論】黒部雄三君 (1) Fig.14 と 16 の推定値にも $\sigma_n=2.25$ の模型実験の結果が使われていますが, ピッチが違っても模型と実船でのキャビテーションの相関は同じだったのでしょうか。また, $p=0.871$ の高周波域で右舷側の音圧が左舷側に比べて低くなっていますが, この差はどう考えるのでしょうか。

(2) 1kHz 付近では特に実測値と推定値が一致していますが, 模型実験と実船実験での背景雑音の処理はどのようにされましたか。

【回答】(1) ピッチが異なる場合も同じ相関が得られております。キャビテーション雑音の相似則が適用できるのはキャビテーションパターンが模型と実船で相似な場合ですから, 模型試験からキャビテーション雑音の相似則を用