

模型船船尾伴流中とワイヤーマッシュ法による 伴流中のプロペラキャビテーションの比較試験

門井 弘行*・岡本三千朗*・吉田 三雄*

Comparative Tests on Propeller Cavitation in the Wake Behind Ship Model and that in the Non-uniform Flow Simulated by Wire Mesh Screen

By

Hiroyuki KADOI, Michio OKAMOTO and Mitsuo YOSHIDA

Abstract

The large cavitation tunnel of the Ship Research Institute has two interchangeable working sections.

The smaller one (No. 1 working section) has a circular cross section of 0.75 m in diameter in which propeller is tested in non-uniform flow simulated by wire mesh screen. The larger one (No. 2 working section) has a rectangular section of 2 m in width and 0.88 m in depth in which propeller is tested in wake behind ship model.

However, relationship between cavitation pattern of the propeller in non-uniform flow simulated by wire mesh screen and that in wake behind ship model has ever been compared scarcely.

Therefore, the differences of cavitation patterns of the propellers, tested by means of the above mentioned different experimental techniques, have been investigated using three geosim ship models and corresponding three propeller models. Axial velocity distribution in the No. 1 working section was simulated by wire mesh screen, which was almost similar to the axial velocity distribution behind ship model measured in the No. 2 working section.

As the results of the tests, following conclusions were obtained.

- 1) At the same angular positions, extent of the sheet cavitation on the propeller blade in the No. 1 working section was much larger than that in the No. 2 working section.
- 2) Processes of the appearance and desinence of the sheet cavitation and cloud cavitation between the No. 1 and No. 2 working section were also very much different.
- 3) Many reasons can be considered with regard to the above mentioned phenomena. One of the main reason may be considered that the nominal wake distribution can be simulated, but the effective wake distribution become much different distribution when propeller is operated. However, this fact did not yet substantiate. In order to solve the problem, development of the flow measuring technique by using Laser Doppler Velocimeter is expected.

1. はじめに

船舶技術研究所の大型キャビテーション試験水槽¹⁾は、従来のキャビテーション試験水槽と同様に、ワイヤメッシュスクリーンによる不均一流中のキャビテーション試験が実施できる直径 0.75 m の円形断面の第

1 計測部と、最大長さ 7 m の模型船をとりつけ、その船尾においてプロペラのキャビテーション試験が実施できる、幅 2 m、深さ 0.88 m、長さ 8 m の矩形断面の大型の第 2 計測部を有し、目的に応じて適時交換して使用できることが最大の特徴である。

ところが、これまで 3 次元不均一流の模型船船尾伴流中におけるキャビテーションパターンと、プロペラ軸にほぼ平行な 2 次元不均一流であるワイヤメッシュ

* 推進性能部

原稿受付: 昭和 57 年 8 月 30 日

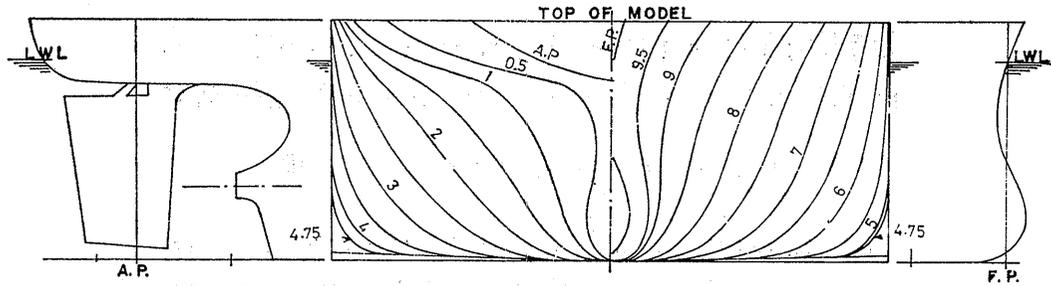


Fig. 1 Stem and stern profile, body plan of the ship model

スクリーンによる伴流中のプロペラのキャビテーションパターンとの関係調べた例^{2),3)}は数少ない。そこで、今回、大きさの異なる3隻の相似模型船と、これらの模型船に対応した3個の模型プロペラおよびそれぞれの模型船の伴流と相似の不均一流れを発生させるワイヤメッシュスクリーン3種を用いて、系統的なキャビテーション試験を実施し、異なった試験法によるプロペラキャビテーションの発生状況の差違を検討した。

2. 供試模型および伴流分布

使用した模型船は3隻で、長さ200mの高速コンテナ船の相似模型船群であり、また、それぞれの模型船に対応した相似模型プロペラ3個を使用した。

供試模型の主要目を Table 1 に、模型船の船首、船尾形状および正面線図を Fig. 1 に、また、模型プロペラの概略図を Fig. 2 に示す。

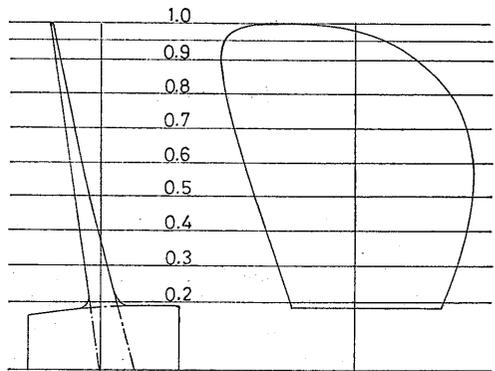


Fig. 2 Propeller model

模型船船尾の伴流分布の計測は5孔管を使用し、第2計測部の縮流部の上流側と下流側の静圧の差圧より求める流速 V_0 (ベンチュリー方式) が 5m/s の場合⁴⁾

Table 1 Principal Particulars of Models

M.S. No.	0234	0274	0275
L_{pp} (m)	6.960	5.800	4.930
B (m)	1.009	0.814	0.715
D' (m)	0.436	0.363	0.309
M.P. No.	0145	0146	0147
D_p (m)	0.258	0.215	0.182
χ_B	0.180		
P/D (0.7R)	1.035		
E.A.R.	0.758		
B.T.R.	0.051		
Z	5		
	MAU-M		

Remarks; D' =Draft of ship model

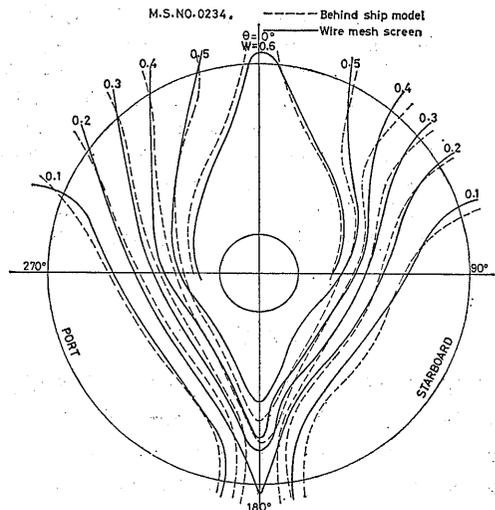


Fig. 3 Comparison of axial wake distributions (M.S. No. 0234)

に行った。また、メッシュ数の異なる数種類の真鍮製金網を組合せて、上記模型船舶尾伴流分布とほぼ相似の不均一流場を第1計測部に発生させるためのワイヤメッシュスクリーンを作成した。このワイヤメッシュスクリーンを用い、第1計測部においてベンチュリー方式による流速 $V_0=5\text{ m/s}$ の場合について、ウェークレーキを使用して、流速分布の計測を行った。

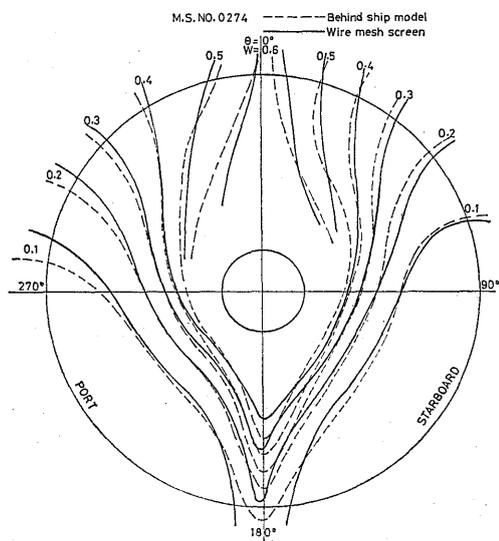


Fig. 4 Comparison of axial wake distributions (M.S. No. 0274)

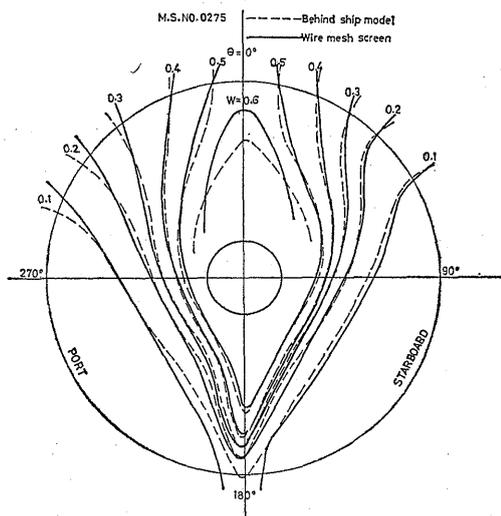


Fig. 5 Comparison of axial wake distributions (M.S. No. 0275)

模型船舶尾およびワイヤメッシュスクリーン法により計測した軸方向流速分布を比較して Fig. 3~Fig. 5 に示す。両者はかなりよく一致していると言える。

なお、参考のために3個の相似模型プロペラの曳航水槽で実施したプロペラ単独試験結果を Fig. 6 に示す。

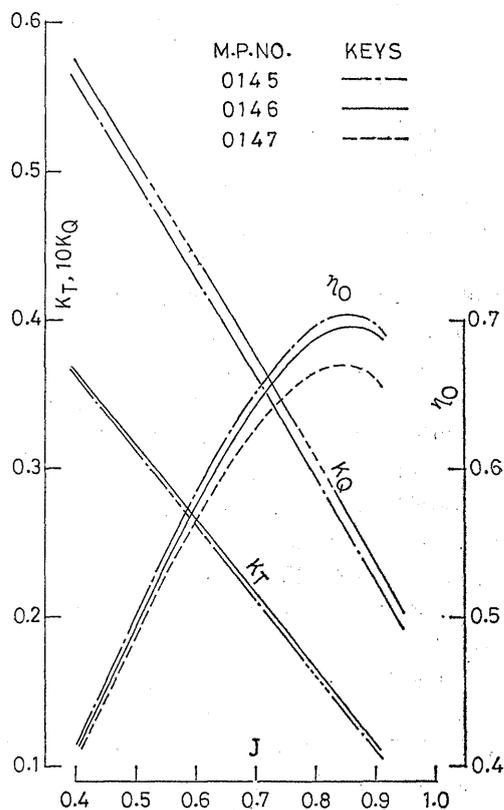


Fig. 6 Results of P.O.T of the propeller models

2. 試験結果

第1計測部および第2計測部における試験ともに推進性能部における標準試験法に基づいて行った。すなわち、プロペラ荷重度としては想定した実船の満載状態で主機関連続最大出力時のスラスト係数 $K_T=0.192$ 、キャピテーション数はプロペラ軸中心線上の静圧とプロペラ回転数を基準としたキャピテーション数 $\sigma_n=2.004$ を実験状態とした。なお、第1計測部と第2計測部において同一のプロペラについては流速およびプロペラ回転数はほぼ等しくレイノルズ数の影響等が無いように考慮した。また、全ての試験を通

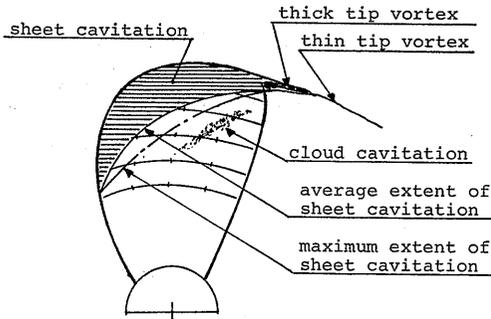


Fig. 7 Explanation of cavitation patterns

じて、水槽水の空気含有率 α/α_s は 35%~45% に保った。 $R_n = nD^2/\nu$ の定義による各プロペラの試験時のレイノルズ数は、M.P. No. 0145 の場合 $R_n \approx 1.4 \times 10^6$, M.P. No. 0146 の場合 $R_n \approx 1.2 \times 10^6$, M.P. No. 0147 の場合 $R_n \approx 1 \times 10^6$ であった。

参考のために、キャビテーションパターンの表現法を Fig. 7 に示す。試験結果として、Fig. 8 a, b~Fig. 10 a, 10 b に、第 1 計測部と第 2 計測部におけるキャビテーションパターンを比較して示す。

試験結果より、3 個の模型プロペラについて共通して以下のことがいえる。

- i) 同一のプロペラ回転角度位置において、キャビテーションの発生面積は、船後状態よりワイヤメッシュスクリーン法による場合の方がはるかに広い。
- ii) キャビテーションの発生から消滅にいたる過程が、2 種の試験法の間で著しく異なっている。すなわち、船後状態では、翼面上に発達したシートキャビテーションの面積が最大になった直後に、シートキャビテーションの後端がくずれ始め、シートキャビテーションの面積は翼の前縁に沿って幅が狭くなる形で減少していき、シートキャビテーションの後端に沿ってクラウドキャビテーションが発生している。すなわちクラウドキャビテーションは主として翼の前縁部から翼弦中央付近にわたって発生している。また、シートキャビテーションとクラウドキャビテーションはほとんど同時（同一の翼回転角度位置において）に消滅している。

一方、ワイヤメッシュスクリーン法による場合は、翼面上に発達したシートキャビテーションの面積が最大になった後、翼半径の小さい部分（例えば $0.6R$ 付近）の前縁から部分的にシートキャビテーションが消滅し、その後には島状のシートキャビテーションが残る。

シートキャビテーションの面積は、翼の半径方向に幅が狭くなる形で減少していき、島状に残ったシートキャビテーションがクラウドキャビテーションに変化していく。したがって、クラウドキャビテーションは、翼弦中央付近から翼の後縁部にわたって発生している。また、クラウドキャビテーションはシートキャビテーションが消滅した後も多少翼面上に発生しており、その後消滅している。

iii) 上記 2 種の試験法によるキャビテーション発生状況の差について、模型寸法の大小により定量的には多少の影響がみられるが、定性的にはほとんど影響はみられない。

4. 考 察

以上述べたように、模型船船尾伴流中とワイヤメッシュ法による伴流中におけるプロペラのキャビテーション発生状況に大きな差のあることが明らかになった。この差を説明するためのいくつかの原因が考えられる。

(1) 模型船船尾伴流には軸方向流速成分と周方向流速成分が含まれており、プロペラはこの合成速度が流入してくる。一方ワイヤメッシュスクリーン法では軸方向流速成分のみをシミュレートしている。しかし、この周方向流速を考慮した場合と考慮しない場合のプロペラ翼素にたいする流れの流入角の差はきわめて小さく、プロペラ特性あるいはプロペラ翼面上の圧力分布に及ぼす影響は著しく小さい。したがって上記キャビテーション発生状況の差を説明するにはいたらない。

(2) 模型船後とワイヤメッシュスクリーンの後方（あるいは第 2 計測部と第 1 計測部において）で流れの乱れ度が異なっているであろうことが予想される。

流れの乱れ度がプロペラ特性におよぼす影響についても研究⁵⁾が行われているが、プロペラ特性、すなわちスラスト係数が乱れ度によって上記キャビテーション現象の差を示すほど大きく変化することは考えられない。また、流れの乱れ度とキャビテーションの関係 directly 調べた研究はほとんどなく、これも上記現象の大きな差を説明するにいたらない。

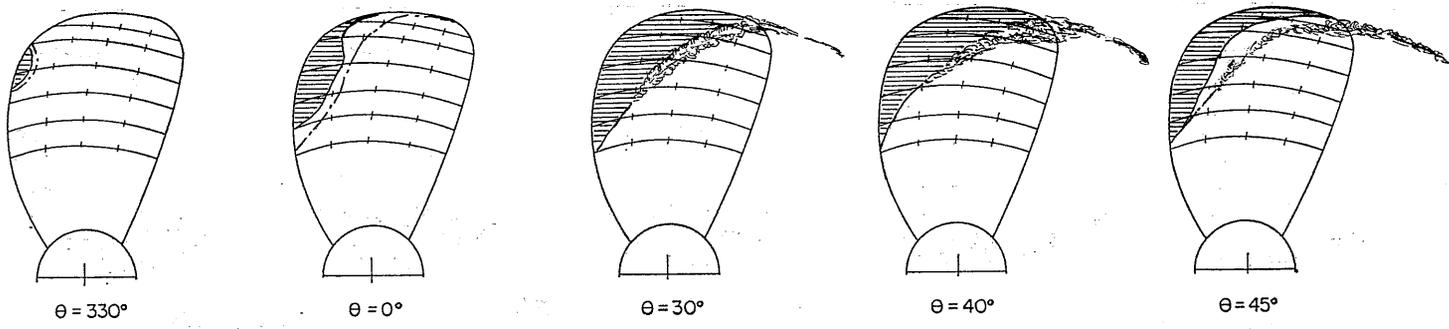
なお、上記 (1), (2) の原因については本報告とは別の研究において詳細に検討し、近日中に報告する予定にしているため本報告中では詳細については述べないことにする。

(3) 最大の原因としては次のことが考えられる。模

M.P.NO. 0145
FULL LOAD, MCR.

$K_T : 0.192$
 $G_n : 2.004$

Behind Condition



Wire Mesh Screen

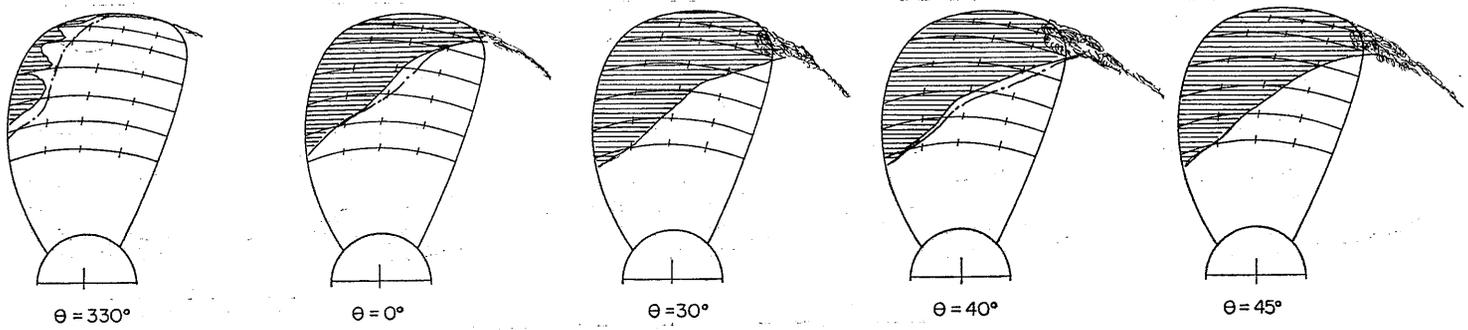
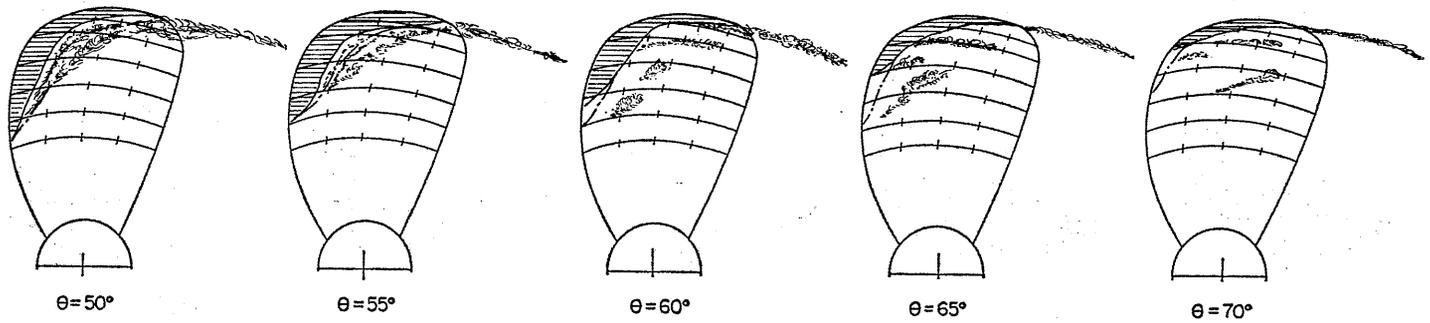


Fig. 8 a Comparison of cavitation patterns (M.P. No. 0145)

M.P.NO.0145
FULL LOAD. MCR.

$K_T : 0.192$
 $C_n : 2.004$

Behind Condition



Wire Mesh Screen

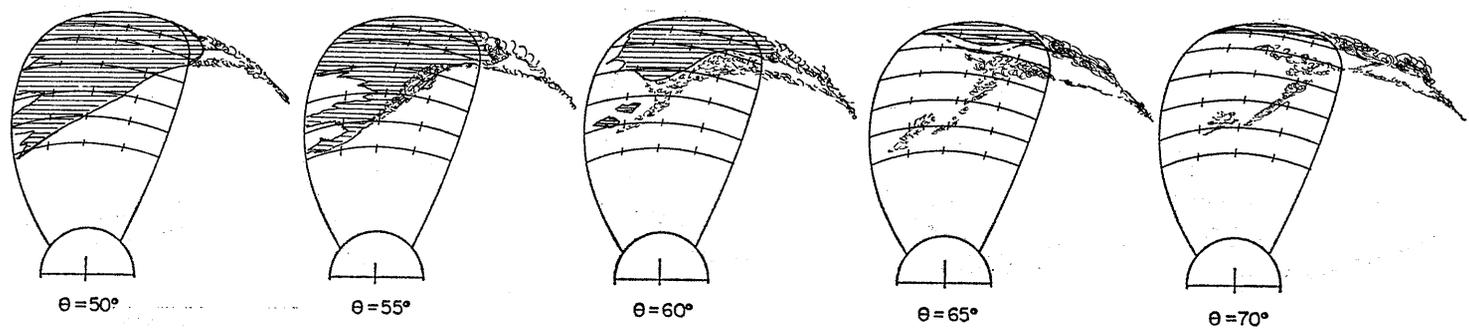
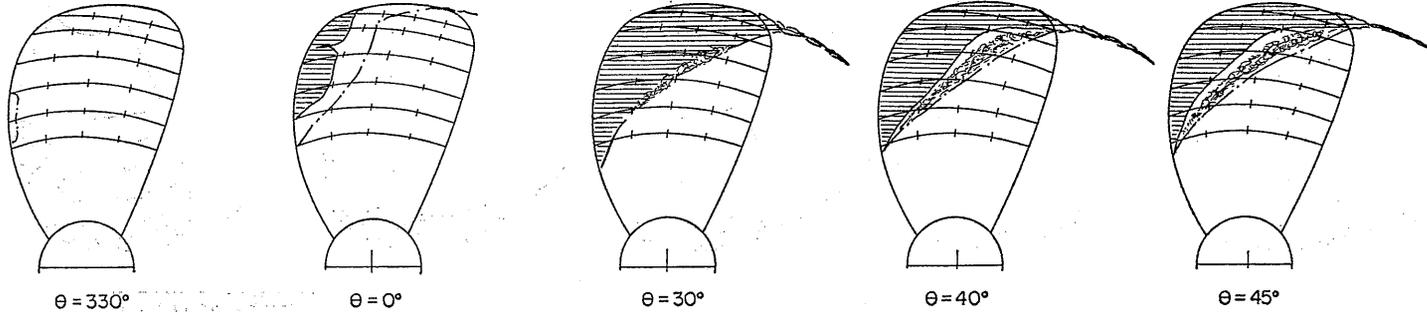


Fig. 8 b Comparison of cavitation patterns (M.P. No. 0145)

M.P.NO. 0146
FULL LOAD, MCR.

$K_T : 0.192$
 $\sigma_n : 2.004$

Behind Condition



Wire Mesh Screen

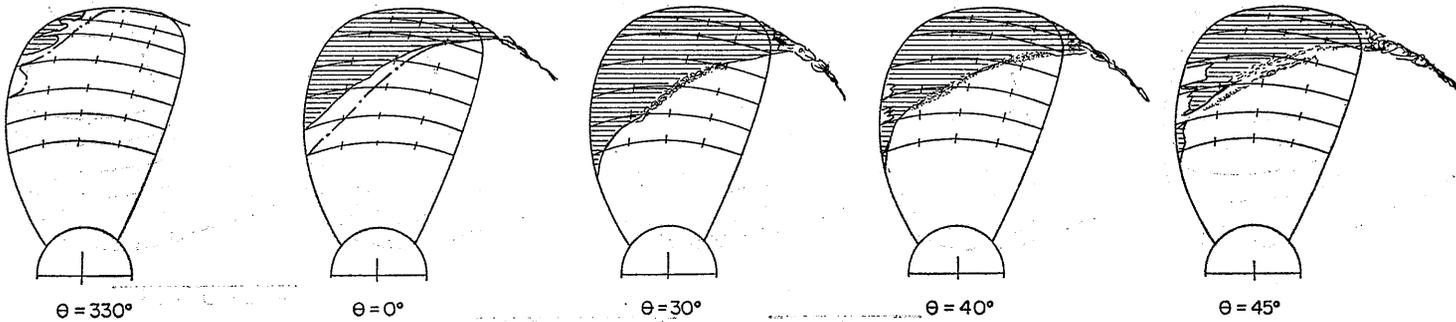
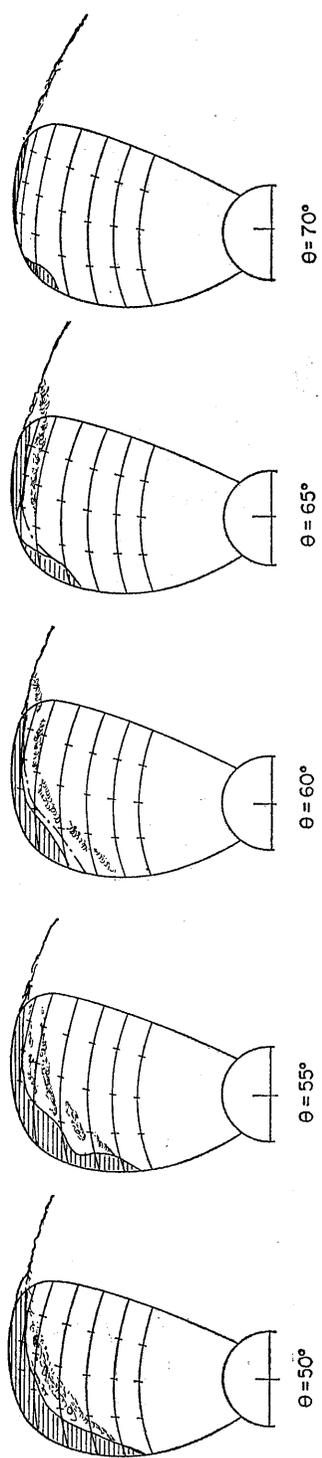


Fig. 9 a Comparison of cavitation patterns (M.P. No. 0146)

M.P. NO. 0146
FULL LOAD, MCR.

$K_T : 0.192$
 $\sigma_n : 2.004$

Behind Condition



Wire Mesh Screen

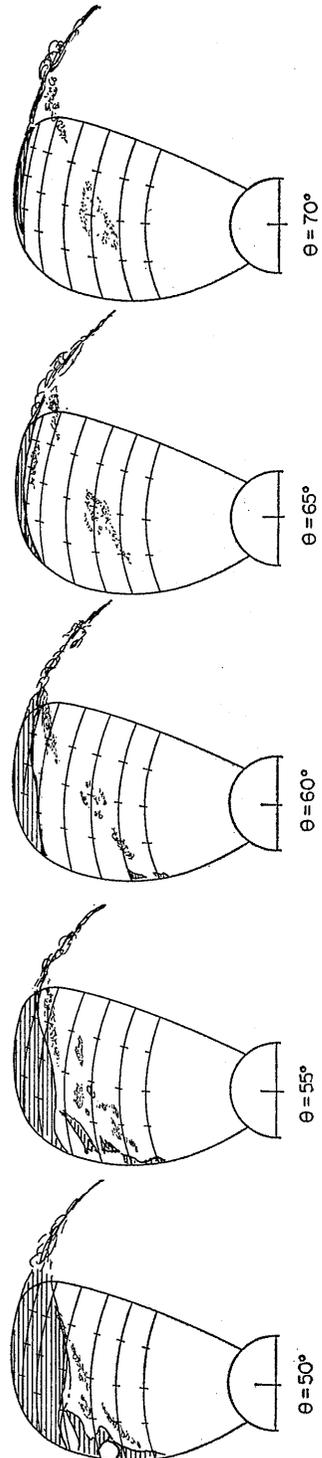
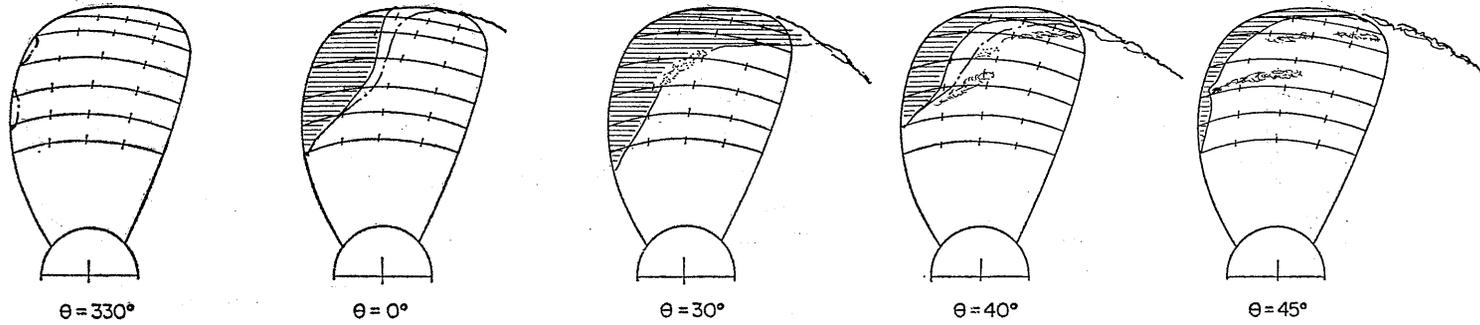


Fig. 9 b Comparison of cavitation patterns (M.P. No. 0146)

M.P. NO. 0147
FULL LOAD, MCR.

$K_T : 0.192$
 $G_n : 2.004$

Behind Condition



Wire Mesh Screen

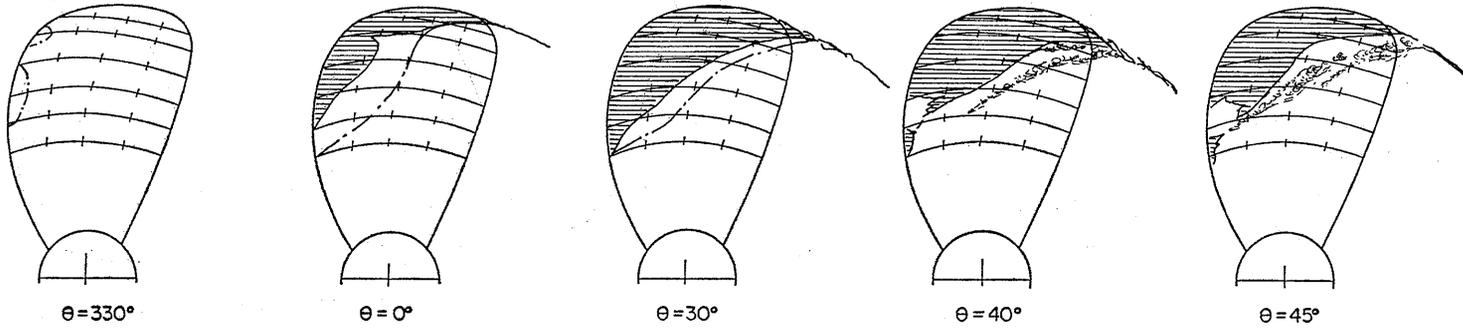
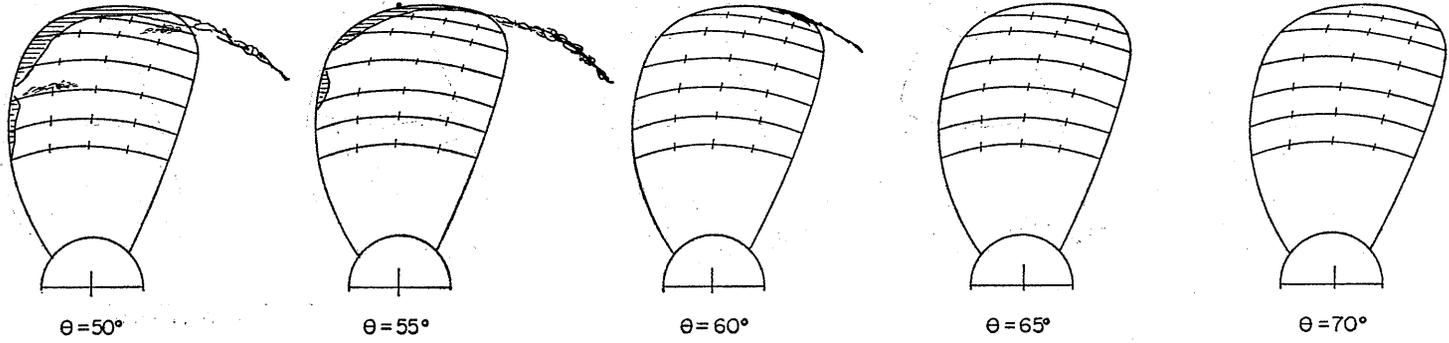


Fig. 10 a Comparison of cavitation patterns (M.P. No. 0147)

M.P.NO. 0147
FULL LOAD, MCR.

$K_T : 0.192$
 $\sigma_n : 2.004$

Behind Condition



Wire Mesh Screen

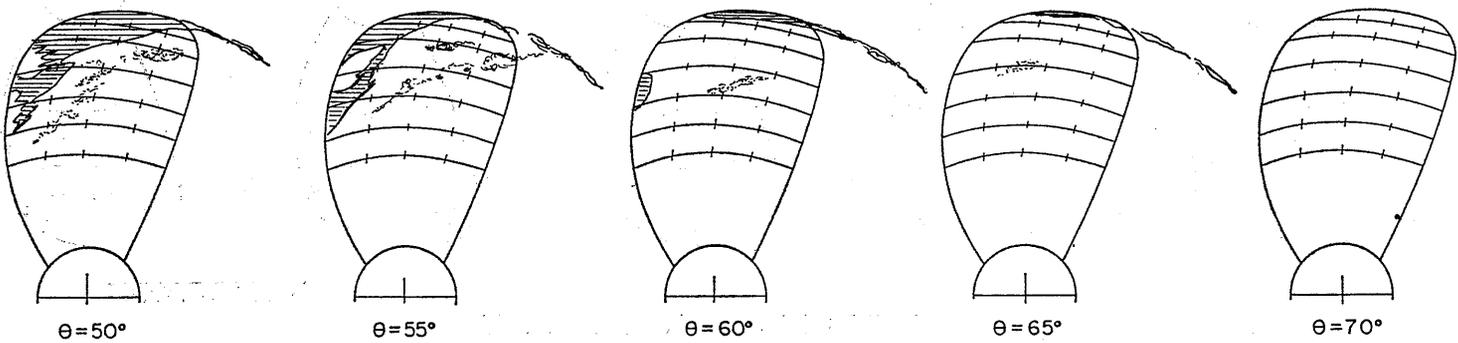


Fig. 10 b Comparison of cavitation patterns (M.P. No. 0147)

型船船尾で計測した伴流はプロペラが作動していない場合の公称伴流分布であり、この軸方向成分をワイヤメッシュ法でシミュレートしているから、これも公称伴流分布である。しかし、プロペラを作動させた場合、模型船船尾の有効伴流分布とワイヤメッシュスクリーン法による有効伴流分布とはまったく異なった流速分布となっていることが予測されるが、この問題についてはいまだ確認された例はまったくない。

幸いに、近年レーザードップラー流速計による流速計測法の開発⁶⁾はめざましいものがある。ここで述べた2種の試験法によるキャビテーションパターンの大いなる差違の原因を究明する最大の武器としてレーザードップラー流速計による流速計測法の確立を多に期待するものである。

5. おわりに

大型キャビテーション試験水槽において、ワイヤメッシュスクリーン法（第1計測部）と模型船船尾伴流中（第2計測部）において、同一模型プロペラを用いて比較試験を行ったが、得られた主な結論は次のとおりである。

(1) 同一のプロペラ回転角度位置において比較すると、翼面上のキャビテーションの発生面積は、模型船船尾の場合よりワイヤメッシュ法による場合の方がはるかに広い。

(2) 2種の試験法の間で、シートキャビテーションおよびクラウドキャビテーションの発生から消滅にい

たる過程が著しく異なっている。

(3) 2種の試験法の間に見られるキャビテーション現象の大いなる差違の最大の原因としては、公称伴流分布を一致させても、プロペラが作動することにより模型船船尾の有効伴流分布とワイヤメッシュ法による有効伴流分布とはまったく異なった伴流分布となることが予測される。しかし、これを確証した例がこれまでにまったくない。この問題を解決するためには、レーザードップラー流速計による流速計測法の一日も早い確立が望まれる。

参考文献

- 1) 推進性能部：“大型キャビテーション試験水槽の建設について”，船研報告，第14巻，第7号（1977）
- 2) 門井弘行，宮田秀明：“最近における船用プロペラのキャビテーション試験法”，キャビテーションに関するシンポジウム（第2回），テキスト，日本学術会議（1978）
- 3) H. Kadoi and T. Sasajima：“Cavitation Erosion Prediction Using a Soft Surface”，International Shipbuilding Progress, Vol. 25, No. 286（1978）
- 4) 門井弘行，岡本三千朗，鈴木 茂：“キャビテーション試験水槽における模型船船尾の伴流分布”，船研報告，第17巻，第3号（1980）
- 5) 池畑光尚 他：“プロペラ特性に及ぼす流場不均一性と乱れの影響”，造船学会論文集，第150号（1981）
- 6) 角川 明 他：“レーザードップラ流速計によるプロペラ近傍流場計測例”，第38回船研発表会講演集（1981）