

曳航水槽と模型試験

伴流計測

船尾にあるプロペラの位置に流入してくる流れの分布を計測する試験について説明します。

プロペラに流入する流れの分布は、プロペラ設計にとって重要であるだけでなく、船尾の流れの一断面を示すことから、船型の善し悪しを判断する一助ともなります。

1. 船の伴流

抵抗試験の説明の際（SRC NEWS No.24）に述べたように、水の粘性のため、船体は周囲の水を引っ張りながら前進します。その様子を示したのが図-1ですが、本図は、船の周りの流れを、船に固定した座標系から見ています。船体表面では、粘性のため水は船にくっついていて流速は零です。船から遠くはなれた位置では、船の影響が無いので、流速は船速に等しくなります。

粘性の影響が及ぶ範囲を、粘性境界層と言います。粘性境界層の厚さは、船首付近ではごく薄いものですが、船尾に近づくに伴い徐々に厚くなり、プロペラ付近ではプロペラの大きさに匹敵する厚さになります。肥形船では、船尾の粘性境界層の厚さが瘦形船のそれに比べて厚くなるだけでなく、流れの剥離のため、プロペラに流入する流れの分布はかなり歪んだ分布となります。

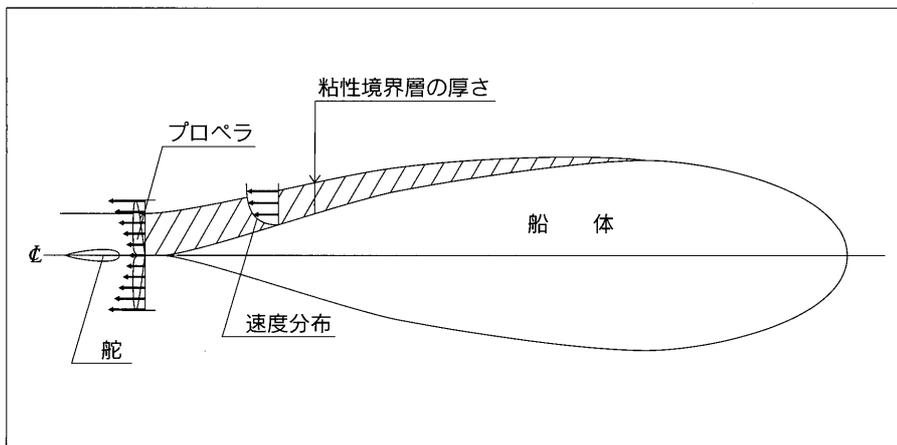


図-1 プロペラに流入する流れ

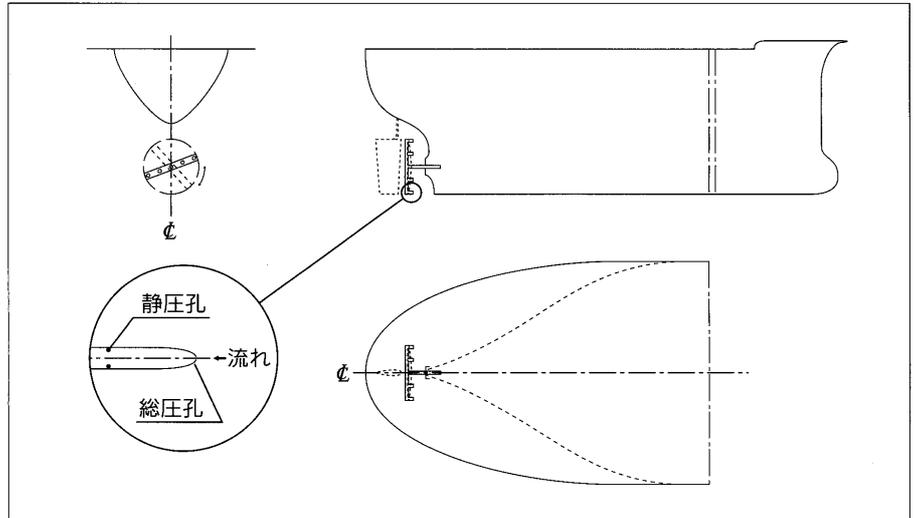


図-2 回転式串型ピトー管の取付状況

2. プロペラ位置の伴流の計測

プロペラの位置に流れ込む流れの流速は、現在、主にピトー管や5孔管（5孔ピトー管ともいう）で計測されています。共に、先端付近に開けられた孔の圧力を計測することによって、流速を求めます。翼車が使用されたこともあります。現在では使用されていません。最近、特殊な研究目的のためにレーザー流速計を使用することもあります。コストの問題もあり、普通の伴流計測では使用されていません。

図-2は、串（櫛）型状に数本のピトー管を連ねた装置を用いて、数カ所の流

速を同時に計測する場合を示します。本図に示すように、通常、ピトー管の配置の都合上、舵とプロペラをはずして計測します。本図のようにピトー管をプロペラ軸の回りに回転させる方法以外に、船外の移動装置を使用して左右、上下方向に移動させる方法もあります。プロペラ等の影響も計測したい場合は、プロペラや舵を付けたままで、ピトー管を横から挿入して計測する方法もあります。

ある位置の流速を10~30秒間計測した後、次の計測位置へピトー管を移動させ、再び計測するという手順を繰り返すのが普通ですが、当センターでは、ピトー管を連続的に移動させて計測する方法を開発し（SRC NEWS No.2）、試験に要する時間の短縮を実現しています。

ピトー管では、総圧、静圧二つの圧力を計測して流速を求めています。これは、流れがピトー管の軸に平行に流れてくることを前提としており、ピトー管の軸方向の流速成分のみを計測できます。平行でない場合は誤差がでるだけでなく、肥形船のプロペラ付近の流れのように、流れの向きが船の進行方向とは大幅に異なる場合は、何を計測したのか不明ということにもなります。

5孔管では、先端に設けられた5個の

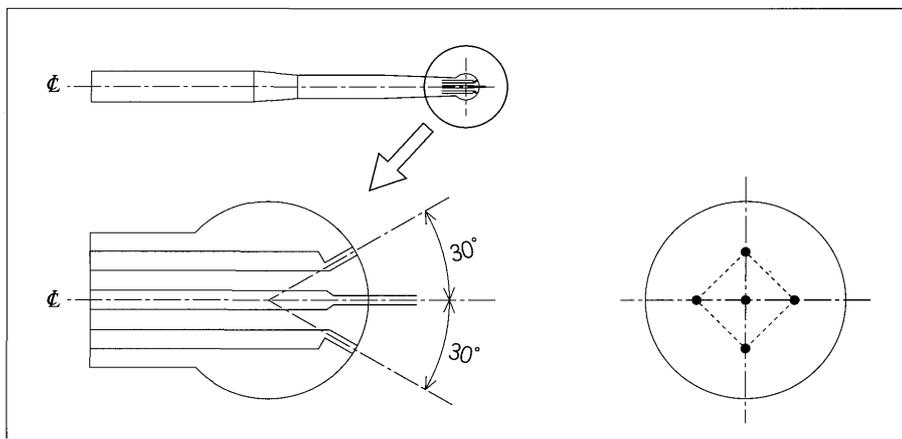


図-3 5孔管

孔の圧力を計測することによって、流れの大きさと向きを同時に計測することができます。この場合は、串型にはしないで、1本の5孔管のみを移動させて計測させるの普通で、串型ピトー管の場合に比べて、試験の所要時間が多くなります。計測装置のセット方法等、他の点については、ピトー管の場合と殆どおなじです。

現在では、ピトー管を使用する場合に比べて、より正確でより多くの情報が得られる5孔管を使用する場合の方が多くなっています。

3. 計測例

5孔管によるプロペラ位置の伴流計測の計測例を図-4、5に示します。

図中の等高線は、船の長さ方向の流速の分布を示します。数値はこの等高線の値で、伴流係数 $1-w$ と呼ばれています。伴流係数は、各位置の流速の船速に対する比を表す係数で、船体近くで小さく、船体から離れた位置では大きくなり $1-w \approx 1.0$ となります。伴流係数をプロペラ円内で平均した値は、プロペラに流入する流れの平均値を示し、公称伴流係数 (nominal wake coefficient) と呼ばれています。

図中の矢印は、この面内の流れの向きと大きさを表すベクトルです。

図-5の肥形船の例では、図-4の瘠

型船の例に比べて、流れの分布図が大きく歪んでいることがわかります。

4. 伴流分布の尺度影響

以上は、模型船の伴流計測の話です。設計に必要なのは、実際の船の伴流分布です。実船では、レイノルズ数が模型船

のそれに比べて非常に大きいので、粘性境界層の厚みの船の大きさに対する割合は小さくなります。模型船の場合に比べて半分程度になることもあります。

しかし、模型試験結果から、実船の伴流分布を正確に推定することは未だ困難です。その理由は、模型試験結果と比べるべき実船の伴流分布の計測例が少ないこと、一つの数値ではなく分布全体を推定しなければいけないこと、単純に境界層の厚みが薄くなるだけでは済まない違いがあること、等です。伴流分布の尺度影響に関しては多くの研究がなされており、現在、幾つかの実用的方法が提案され、実際にも使用されていますが、その正確さに疑問を持たれながら使用されているのが現状です。数値流体力学を始めとする今後の研究の発展が期待される分野です。

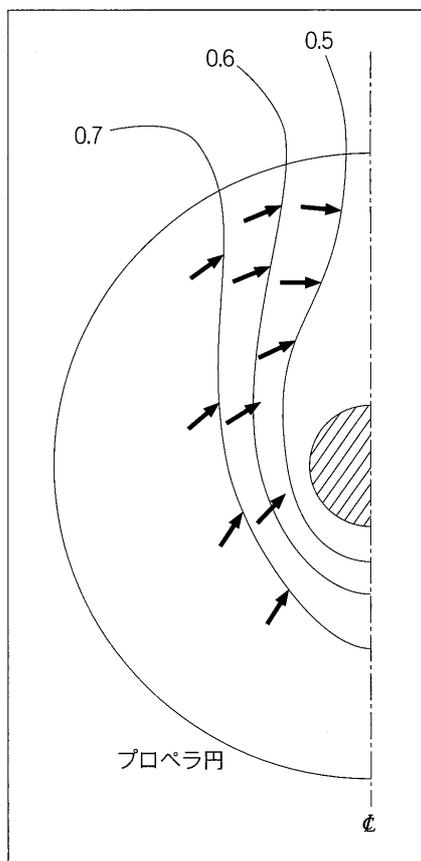


図-4 やせ型船の計測例

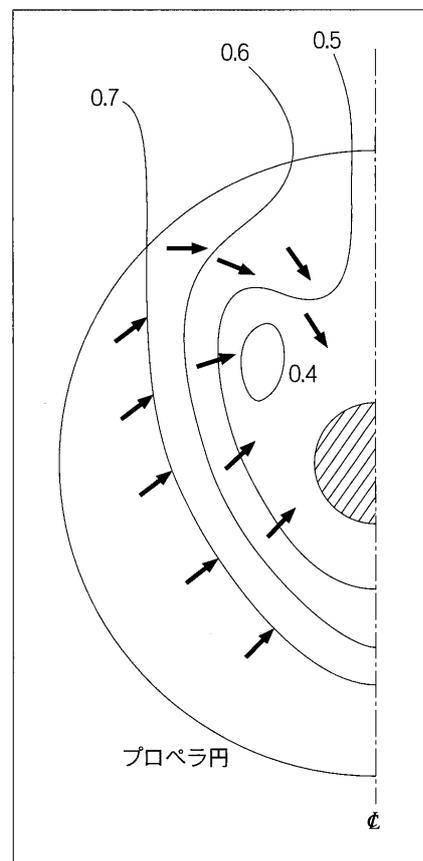


図-5 肥形船の計測例