

船体のまわりの流場

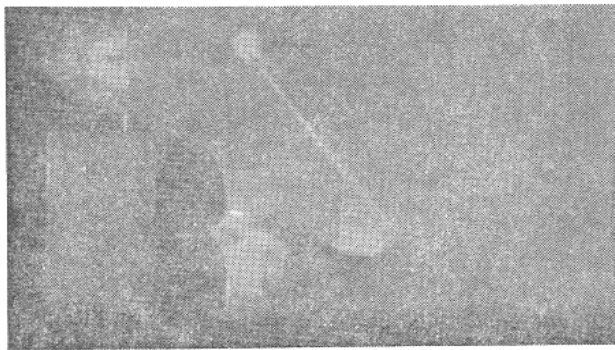


田 中 一 朗*

船体のまわりの流場を求めること、これが現在筆者の所で行っている研究の一つである。本ノートではそのあらましを紹介したい。

流場を求めるといってもあまり明確ではないかも知れないが、これは船体表面上及び表面から離れた流体中の多数の点で、流速、流向、圧力を求めることをいっている。このような問題は、もし水に粘性がなければ、Laplace の式の境界値問題として解析的あるいは数値的に古くから研究されているものである。しかし粘性を考慮して実際の流体を扱う場合、その解答は一挙に複雑になり大変厄介である。船体のまわりの流場はその典型であって、それを実験並びに計算で求めようというのが研究の目的である。

ここで実際の流場がどのようなものかを目で見るために写真を示す。これは模型船の船尾付近の流れを調べるため2本の流出口からフェノールフタレンを流した写真である。黒白写真で



は黒い2本の広がった線になっているが、1本は模型表面に接して置いた流出口から、他の1本は表面から何cmか離して粘性の影響の少ない所から流している。前者は下向きに、後者は上向きに流れており、これから船尾付近では流れは水平ではなく、ねじれながら流れていること

* 田中一郎 (Ichiro TANAKA), 大阪大学工学部, 造船学科, 教授, 工学博士, 船舶流体力学

がわかる。このねじれを2次流れといっているが、この存在が3次元流場の大きな特徴である。単純化したモデルにすると、船底湾曲部(ビルジ部)から渦が発生していると考えられ、丁度三角翼の航空機に見られる剝離渦と同種の流れになる(図1, 2)。

このように船尾流場の性質は中々複雑であるが、最近高効率化、省エネルギー化を旨として船型が大変ずんぐり型になっており、それに伴ってビルジ渦もいよいよ強くなり、その特性を調べることが極めて重要になって来た。特に粘性抵抗の推定とスクュープロペラの設計のために研究は不可欠のものである。すなわち、流場がわかれば表面の摩擦応力が求められ、積分して摩擦抵抗がわかる。又、これに粘性による圧力抵抗を加えれば粘性抵抗が、更に造波抵抗を加えれば全抵抗が求められる。この内で造波抵抗の占める割合は小さく、結局は最初の粘性流場の定量的把握が一番必要となる。又、ねじれ



図1 船尾ビルジ渦

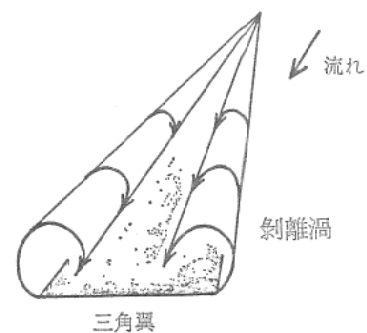


図2 三角翼の剝離渦

た流れがプロペラに入り込むのであるから、その流入速度ベクトルを正確に知ることが最適プロペラ設計のために必要になる。

さて、それではこの研究の進め方はどうするかということであるが、今は実験と計算両面から行っている。実験の方は流速計で丹念に計測すればよいだけであるが、流れがねじれているので簡単でない。一番手頃なのは球型の頭部に圧力孔を5個あけたピトー管を用いる方法で、曳航水槽、回流水槽などで実験を重ねた結果、現在はほぼ実際の流場の性質が明らかになっている。ただ問題は、模型船の流場が求まった時実船ではどうかという推定ができなければならない。これはいわゆる相似則の問題で、このためには実験だけでは不十分であり、是非共理論の骨組が必要になるが、これは3次元境界層理論につながっていく。

Prandtlの創始になる境界層理論の輝かしい発展は周知のことであるが、その理論をもってしても今まで未解決のまま残されていた部分があり、その一つが船体まわりの流場のような3次元で乱流の場合である。船型は勿論翼のように2次元に近くはないし、又、細長い回転体とも違う。特に船尾付近の形状は複雑で、これを理論的に解くにはすべての項を考慮する必要があるため従来はほとんど不可能であった。しかし最近では計算機の発達のため手のかかる数値計算も容易に実行できるようになり、ようやく膨

大な3次元計算が可能になった訳である。この計算の詳細はここでは省略するが、結果は一応満足すべきもので、ねじれた流速分布、摩擦応力分布など3次元流場の立体的構造が次第に明らかになりつつある。

それではこれで問題がすべて解決したかといえば、実はそうではない。流場の主要な部分の構造は定量的に明確になってきたが、船尾端のごく近傍の流場はまだ合理的に究明されていない。この辺は完全流体の理論でも特異的な場所で、流れは極度に複雑である。実験も大変むづかしく、理論的にも粘性厚さが薄いという境界層の仮定は使えない。しかしこの部分の解明なしには、圧力抵抗の問題とプロペラ流入速度分布の問題は未知のまま残る。一体何故プロペラをそのような面倒な場所に置くのかという疑問も出るものと思われるが、これはそこがエネルギー回収の場所として最適であることによるもので、いずれにせよ、より高次の理論を持ち込んでこの辺の流体運動を明らかにすることが今後の課題である。1904年に発表された境界層理論が今日まで数え切れぬほど多数の研究者をそのとおりにしたことは、全く驚くべきことであるが、その秘密は恐らくその理論の見事なまでの鮮かさにあることを思うとき、それがこの後端問題にも持ち込めないだろうかというのが筆者の願いである。