

55/12
1K

船体とプロペラとの干渉を考慮した船尾流場と推進性能に関する研究

(課題番号 61460154)

昭和62年度科学研究費補助金(一般研究B)研究成果報告書

昭和63年3月

研究代表者 池 畑 光 尚

(横浜国立大学工学部教授)

1827134

横浜国立大学

は し が き

船体のまわりには、粘性の作用により創成される境界層とそれに連なる伴流，ならびに，自由表面にできる波動が重なり合って，複雑な3次元的な流場が形成される。その船体の後にはプロペラがあり，さらにその後には舵がある。これらの間には相互に干渉作用が存在する。本研究では，プロペラが船体に及ぼす影響のうちのプロペラ上方の圧力変動の問題をまずとりあげ，次いで自由表面の波動に及ぼす境界層と伴流の影響について解明し，その次にプロペラ後流の流速分布をレーザードップラー流速計を用いて計測し，固定翼による回転流回収効果を確認し，さらにプロペラと舵との干渉について理論と実験の面から解析を行った。

研 究 組 織

- 研 究 代 表 者：池 畑 光 尚（横浜国立大学工学部教授）
研 究 分 担 者：丸 尾 孟（横浜国立大学工学部教授）
研 究 分 担 者：鈴 木 和 夫（横浜国立大学工学部助教授）
研 究 分 担 者：田草川 善 助（横浜国立大学工学部助手）

研 究 経 費

昭和61年度	5,400千円
昭和62年度	1,800千円
計	7,200千円

研 究 発 表

(1) . 学 会 誌 等

1) 池畑光尚・船木 洋

プロペラ上方における変動圧力分布の特性解析, 日本造船学会論文集,
第159号, 昭和61年6月

2) 池畑光尚・田原裕介

船体まわりの自由表面流に及ぼす境界層と伴流の影響, 日本造船学会論文集,
第161号, 昭和62年6月

3) 池畑光尚・山崎 寿

渦格子法によるプロペラと舵との干渉の解析, 日本造船学会昭和63年秋季講
演会発表予定, 昭和63年11月

研 究 成 果

1) プロペラ上方における変動圧力分布の特性解析

プロペラ周囲の圧力場の一般解を求めて従来の解との関係について考察し、ついで、渦格子揚力面モデルを用いた計算法によって、プロペラブレードと計算点との間の相対位置関係が変動圧力の分布形状に大きく影響することを示し、それが揚力効果の特性であることを明らかにし、分布の特性解析を行った。例題として5翼プロペラについて、数値計算と水槽実験を行い、理論と実験によってつぎのような結論が導かれることを確かめた。

- i) プロペラ上方の水平平面壁における変動圧力は、計算例の5翼プロペラの場合（レーキ角10度）、チップ直上よりも直径の5～10%前方に変動振幅の最大値が現われることを示した。
- ii) 翼振動数と同調する5次の調和伴流中では、前後方向分布に3つの山が生じ、裾野もなだらかな広い分布特性であることが分かった。
- iii) 左右方向の変動圧力の分布は、均一流と2次の調和伴流中では、ほぼ対称な富士山形であるが、5次の調和伴流中では左舷に最大値をもち右舷に落ち込みをもつ非対称分布になることが分かった。
- iv) チップ直上の変動圧力振幅が必ずしも最大値ではなく、分布形状も流場との関係で変ることが明らかになった。

2) 船体まわりの自由表面流に及ぼす境界層と伴流の影響

粘性による圧力損失を考慮した線形自由表面条件式を用い、ポテンシャル流としての自由表面流の解法にはランキン・ソース法を用いて、粘性影響を考慮した自由表面計算を行うプログラムを開発した。2次の放物線で水線も肋骨線も与えられる数学船型のウィグレイ模型を計算例に選び数値解を求めたところ、次のような結論が得られた。

- i) 船側波形の計算結果は模型実験の実測波形と良く合った。とくに粘性の影響の強い船尾付近において改良が見られた。
- ii) 船体表面圧力分布も計算と実験とで良い一致をみた。
- iii) 圧力抵抗、摩擦抵抗、全抵抗の計算値は、水槽試験による実験値とまあまあの一致を示した。

3) プロペラ後流のレーザードップラー流速計による計測

本研究の目的の一つに、レーザードップラー流速計システムを整備し、それを用いた流速計測法のノウハウを修得することがある。一方、プロペラの後流は、プロペラ的作用により軸方向と回転方向に加速されているが、その実相は、計測の難しさからほとんど明らかにされていない。しかし、レーザードップラー流速計を用いれば、直接回転するプロペラに流速計を近づけることなく、レーザの焦点をプロペラ直後の計測点に合わせるだけで流速の計測が可能になる。このように原理的には容易に見えたプロペラ後流のレーザードップラー流速計による流速の計測であったが、実際に行ってみると、幾つかの問題点が判明した。

- i) まず第一の難点は、回転流速成分の計測にあった。それは、回転流の流速は遅いため、レーザ光の焦点にできるフリンジ縞を通過する流体中の微粒子の数が少な過ぎて、反射光データが得られず、計測不能の航走がたびたび発生した。この理由は、試験水槽の水によごれが少いことであった。
- ii) 上記の欠点を補うために、白色ポスターカラー絵具の希薄溶液を計測点前方に注入するシーディング処理を行った。このシーディングは効果的で、回転流の計測も可能になったが、水槽水を予想以上に濁らせるため、この実験を実施した後他の実験を行うためには、循環ろ過装置を数日連続運転して、水槽水の透明度を回復する必要が生じた。
- iii) 流速の絶対値は計測できても、流速の方向が判定できないという、熱線流速計などと同じ欠点がある。

これらの難点を克服して行った計測により明らかになったプロペラ後流の性質は、これまで計算で予測されていたこととほぼ一致する点が多く、回転流は軸中心に近いほど強くチップに近づくほど弱いこと、軸方向の流速は半径方向にほぼ一様に加速されていて、プロペラ半径の90~95%程度に縮流したスリップストリームを形成していること、であった。しかし、計算による予測と異なることもあり、その最たるものは、プロペラ直後で流速は軸方向も回転方向もすでに最大になっていて、後方にいくほど少しずつ減速することであった。

さらに、プロペラ直後に固定翼を配し、プロペラ後流の回転エネルギーを回収しプロペラ効率を向上させる固定翼付プロペラの後流計測を行って、プロペラ後流中の

回転流成分が固定翼装置によってほとんど回収され、固定翼の後流には回転流がほとんどなくなっていることも確認した。

以上の実験によって、レーザードップラー流速計による実験技術の基本を修得することができ、今後の研究の発展に明るい見通しを得ることができた。

4) プロペラと舵との干渉に関する理論的解析と実験的研究

プロペラの後流を利用するために、舵はプロペラの後に置かれているわけであるが、そのためプロペラとの間に干渉効果がある。プロペラ後流中の回転流は舵によりかなり整流され、そのエネルギーの一部は回収されて効率向上に寄与しているが、舵のまわりは加速されたスリップストリームが流れるため摩擦抵抗の増加を招いて性能低下を起していることも事実である。一方、舵がプロペラに及ぼす効果は、プロペラ効率を高めるような誘導速度をプロペラ位置に誘起しているか、否か、という事である。

本研究では、理論的には、プロペラと舵の両方とも渦格子モデルで近似して、その流体力学的干渉問題の解析を試みた結果、舵の誘導速度の効果によって、プロペラの効率は若干向上すること、プロペラのスラスト及トルクが7~14%も1回転中に変動すること、プロペラ後流中の回転流は舵によってかなりおさえられることが明らかになった。レーザードップラー流速計を用いて、プロペラ後流中の舵まわりの流速分布を計測したところ、大体理論解析に近い結果を得ることができ、計算に用いた渦格子モデルの妥当性を検証することになった。

以下の頁は著作権者の許諾を得ていないため、公表できません。

p. 6 ~ p. 25

p. ~ p.

p. ~ p.

p. ~ p.

p. ~ p.