

# 船用プロペラにおけるバックワードチップレーキが 船尾変動圧力および推進性能に及ぼす影響に関する 研究

岡崎, 全伯

<https://doi.org/10.15017/2534405>

---

出版情報 : Kyushu University, 2019, 博士 (工学), 課程博士  
バージョン :  
権利関係 :

氏 名 : 岡崎 全伯

論文題名 : 船用プロペラにおけるバックワードチップレーキが船尾変動圧力および推進性能に及ぼす影響に関する研究

区 分 : 甲

## 論 文 内 容 の 要 旨

地球温暖化の進行を受けて二酸化炭素などの温室効果ガスの排出量削減が世界的な急務となり、地球温暖化防止を目指して 1997 年には京都議定書が、2015 年にはパリ協定が採択され、社会全般にわたる環境保護の気運が高まっている。国際海運では、「エネルギー効率設計指標 EEDI (Energy Efficiency Design Index)」によって船舶の省エネルギー性能が数値化され、その排出規制値は年々厳しくなっている。一方、船体振動は、船体の上部構造、機関室に設置される構成部品や付属する計測機器および配管などの損傷の危険性と密接に関係しており、加えて近年では、騒音に起因する船員の健康被害、操船時における指示伝達の阻害による安全性への影響を最小限にするために船内騒音コードが強制化されるなど、推進効率と振動騒音の両面に対する要求が高まっている。

船用プロペラ設計においては、EEDI 規制値達成のためにプロペラ効率の向上が一段と要求され、プロペラ翼面積の小翼面積化が有効な手段とされる。しかし翼面上のキャビテーション発生量が増加するために船尾変動圧力の増加が懸念され、一般的には効率向上と船尾変動圧力低減は相反関係にあるとされている。

1970 年代中頃から効率向上を図る試みとして、誘導抗力を減らすために翼先端に翼端板や小翼を取り付けたプロペラが検討され、それに続いてプロペラの翼端付近に局所的にレーキを付加したプロペラ、すなわちチップレーキプロペラが考案された。チップレーキプロペラは船体前方となるバック面方向に湾曲させた KAPPEL Propeller に代表されるフォワードチップレーキプロペラと、船体後方となるフェイス面方向に湾曲させたバックワードチップレーキプロペラに分けられ、後者では誘導抗力を減らす効果とともに翼先端部の荷重が減少するためにキャビテーションや船尾変動圧力の低減が期待される。

これまでに著者らも、コンテナ船を対象にバックワードチップレーキプロペラを設計し、バックワードチップレーキプロペラが高効率を維持したまま船尾変動圧力低減に有効である一方、翼先端付近の後縁部でキャビテーションエロージョンの危険性が高いことを確認している。そのためキャビテーションエロージョンに対して十分に考慮する必要があるが、推進効率向上、船尾変動圧力低減の要求を両立させるためにはバックワードチップレーキプロペラを採用することは有効であると考えられる。

そこで、バックワードチップレーキプロペラの推進性能、キャビテーション性能と船尾変動圧力の計算による推定と模型試験による確認、高い推進性能を維持するとともに船尾変動圧力が低減されるメカニズムの把握、実船装着時の振動計測結果を確認することを本論文の目的とする。

本論文は、全 7 章で構成されており、その内容は以下の通りである。

第 1 章は緒論であり、本研究の必要性ならびにこれまでのチップレーキに関する研究について概

説し、チップレーキプロペラの有効性と評価の難しさなど課題について述べた。

第2章では、5種類のバックワードチップレーキプロペラを設計し、キャビテーション観察や船尾変動圧力計測を行うことで、キャビテーションの挙動や船尾変動圧力について確認するとともに、実験結果からチップレーキ形状と船尾変動圧力減少量の関係の把握と減少量推定式の提案を行った。

第3章では、バックワードチップレーキを採用することによる船尾変動圧力の低減メカニズムについて、形状を単純化したプロペラを用いたCFD計算結果などから、翼形状の違いによるプロペラの誘導速度の変化に伴って、翼面上の流速が変化することを示した。さらにはバックワードチップレーキを採用することによる翼面上圧力分布の変化がキャビティ体積の減少に寄与し、結果として船尾変動圧力の低減に結び付いていることを確認した。

第4章では、プロペラ単独性能、推進性能に及ぼすバックワードチップレーキの影響の確認のために、プロペラ単独性能および船後状態での推進性能のCFDによる推定と実験による確認、実船レイノルズ数での推進性能のCFDによる推定を行った。その結果、適切なバックワードチップレーキを採用することで、船尾変動圧力低減の効果を得ながら、プロペラ単独性能、推進性能ともに十分に高い効率を維持することができることを示した。

第5章では、バックワードチップレーキを採用することによる高効率維持のメカニズムについて、フォワードチップレーキプロペラや半径方向のピッチ分布を変更することによって翼先端の荷重を減少させたチップアンロードプロペラのCFD計算結果から、バックワードチップレーキは流入迎角の変化に対して効率の変化が小さいことなどを確認し、高い推進効率を維持することができることを示した。

第6章では、実船用に強度計算を含めて設計検討を行ったバックワードチップレーキプロペラについて模型試験を実施し、プロペラ単独性能と推進性能における有効性および船尾変動圧力とエロージョンに問題がないことを確認した。加えて実船状態での速力試験と振動計測を行い、馬力削減効果を確認するとともに船尾振動の問題もないことを確認した。

第7章は、結論であり、本研究で得られた知見をまとめるとともに、今後、この分野で取り組むべき研究課題について述べた。