

# 空気潤滑法による船舶の摩擦抵抗低減技術に関する研究

川北, 千春

<https://doi.org/10.15017/1931892>

---

出版情報 : 九州大学, 2017, 博士 (工学), 課程博士  
バージョン :  
権利関係 :

氏 名 : 川北 千春

論文題名 : 空気潤滑法による船舶の摩擦抵抗低減技術に関する研究

区 分 : 甲

## 論 文 内 容 の 要 旨

国際海運に対する環境対策要求は年々厳しさを増している。船舶の航行で排出される CO<sub>2</sub> は 2007 年で約 8.7 億トン(ドイツ一国が年間に排出する CO<sub>2</sub> 量に匹敵する世界全体の排出量の約 3%) であり、今後も世界の海上物流のニーズは増加し、CO<sub>2</sub> 排出量も増大する傾向にあると予測されている。海運会社では、船舶からの CO<sub>2</sub> 排出量削減などの環境対策は重要な課題であるとともに、競争力強化のために必要な運航コストの削減が必要となっている。これらの課題を解決する方法の一つである船舶の省エネルギー技術開発への期待は大きく、船舶の省エネ化の推進が急務である。今後の船舶の開発には、従来のような船体や推進器形状の最適化のみでなく、さらに一層の省エネルギーを図るための方策が要求されてくる。

船舶の推進のために供給されるエネルギーは、造波抵抗、粘性圧力抵抗、摩擦抵抗および空気抵抗等の流体抵抗やプロペラと船体および舵の干渉影響により生じる抵抗増加に費やされるのみならず、プロペラによるエネルギー損失も少なくない。このうち、摩擦抵抗は大きな割合のエネルギー損失を占めているにもかかわらず、有効な低減手段が見出されていない。このため、実用的な摩擦抵抗低減法の開発は、造船技術者にとって長年の課題または夢であり、地球環境保全のためにも重要なテーマである。

本研究は、実用的な船舶の摩擦抵抗低減法として、気泡を用いた摩擦抵抗低減手法の一つである空気潤滑法、およびその技術を適用した空気潤滑システム (ALS ; Air Lubrication System) を対象とする。一般船舶の推進馬力の推定には模型船を用いた水槽試験結果が用いられるが、ALS 搭載船の推進馬力を模型試験結果より求めることは困難である。その理由は、実船周りを流れるミリオーダーの気泡を模型スケールに換算した場合、マイクロオーダーの気泡を模型船体周りに流す必要があり、単に模型船から空気を吹き出すだけではマイクロオーダーの気泡を生成することが困難なためである。このため、水槽試験では縮尺比よりも大きな気泡を用いることになり、摩擦抵抗低減効果やプロペラ周りの気泡分布を過小評価することになる。したがって、ALS 搭載船の省エネ効果推定には、水槽試験と CFD (Computational Fluid Dynamics, 数値流体力学) を用いた摩擦抵抗低減効果予測手法の組み合わせによる予測技術が必要かつ重要となる。

空気潤滑法では、船底に放出した空気が船体周りの流れによるせん断力で引きちぎられ、気泡となって船体周りを流れる。摩擦抵抗を効果的に低減させるためには、船体周りを流れる気泡が、船体の広範囲で船体壁面近傍を流れる必要がある。壁面から離れた気泡は摩擦抵抗低減には寄与しない。また、船底に空気を吹き出すための動力が新たに必要となるため、可能な限り少ない空気量で、大きな摩擦抵抗低減効果を得るための省エネシステムの開発が課題となる。また、船体周りを流れた気泡がプロペラに混入した場合、プロペラ効率の低下

やプロペラ変動圧力の増加に起因する船体振動の増加といった背反事象も課題の一つである。空気潤滑法を応用した ALS 実現のために必要不可欠な技術は、1) 船体周りの気泡挙動予測技術、2) 気泡による摩擦抵抗低減効果の予測技術、3) 気泡流中で作動するプロペラ特性およびプロペラ変動圧力予測技術であり、本研究は、これらの技術開発を目的とする。

本論文は、5章で構成されており、その内容は以下のとおりである。

第1章は緒論であり、本研究の必要性ならびに船用省エネ装置開発に関連する研究の経緯について概説し、本研究の目的である船舶の摩擦抵抗を低減させるための一手法である空気潤滑法を用いた船用省エネ装置 ALS を開発するための重要な課題を述べた。

第2章では CFD を用いた空気潤滑法による船体周りの気泡挙動予測技術および摩擦抵抗低減効果予測技術について述べた。そして船体周りを流れる気泡流を取り扱うための気泡流モデルと本研究で開発した摩擦抵抗低減モデルについて、平板と船体を対象とした試計算、および、ALS を搭載した世界初の新造船であるモジュール運搬船の海上運転結果と計算結果を比較し、予測法の有効性について述べた。

第3章では模型を用いた船体周りの気泡挙動計測法やプロペラ特性計測法について述べるとともに、ALS を搭載したモジュール運搬船対応模型を対象に実施した実験結果を元に、船体周りの気泡流れの特徴やプロペラに気泡が混入した場合のプロペラ特性への影響について述べた。

第4章では気泡流中で作動するプロペラの変動圧力に関し、その特性や気泡がプロペラに発生するキャビテーションに与える影響について述べた。さらに、二相流体音圧伝搬解析によるプロペラ変動圧力の増減効果の予測手法を用いた数値計算結果からプロペラ周りに気泡が存在する場合のプロペラ変動圧力の増減メカニズムについて述べた。

第5章は本論文の結論であり、本研究によって得られた成果をまとめるとともに、本研究において不足する点や、今後取り組むべき課題について述べた。