



帆装船舶の港内操船及び錨泊時の安全性向上に関する研究

高岡, 俊輔

(Degree)

博士 (工学)

(Date of Degree)

2000-03-31

(Date of Publication)

2012-07-20

(Resource Type)

doctoral thesis

(Report Number)

甲0003

(JaLCD0I)

<https://doi.org/10.11501/3168276>

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/DS100003>

※ 当コンテンツは神戸大学の学術成果です。無断複製・不正使用等を禁じます。著作権法で認められている範囲内で、適切にご利用ください。



専攻名	海上輸送システム科学
氏名	高岡俊輔
学位名称	博士（工学）
指導教官名	久保雅義教授
論文題目	帆装船舶の港内操船及び錨泊時の安全性向上に関する研究

論文要旨

本論文は、近年、世界的に「環境保護」「エネルギー保全」という問題がクローズアップされている中で、海運界でもこのような問題への対応を考え、自然なクリーンエネルギーである風力を利用する帆装船舶を「環境対応型船舶」として発展的に開発するための基礎研究を論じたものであり、8章から構成されている。

第1章では、地球規模で環境問題への対応が進められている時代背景を述べ、海上輸送分野でも環境に対応した船舶が要求されていることを示し、無限かつクリーンエネルギーである風力を利用する帆装船舶が今後の海上輸送へ大きく貢献する可能性があることを述べている。

第2章では、次世代の帆装船舶開発の重点項目を浮かび上がらせるために、帆装船舶を運航している船会社及びその乗組員に対して詳細なアンケート調査を行った結果を示している。この調査から、現在の帆装船舶は帆の影響で一般船よりも揺れの少ない耐航性の優秀さを示す反面、装備した帆の影響による操船性不良や錨泊時に走錨の危険性が増加するという実務上の意見の解析結果が得られた。この重要な調査結果より、船舶運航者の視点に立った帆装船舶の現状の問題点を提起し、この問題に対する検討が帆装船舶の今後の普及と発展に重要な課題となることを指摘している。

第3章では、海上輸送において帆装船舶の有用性を検証するため、冬場の過酷な航路として有名であり、かつモーダルシフト推進、環日本海経済圏の活性化等で注目されている日本海側航路を対象にして、気象条件、就航航路状況、荷動きの面より一般船と比較している。これにより、現在、国の方策として推進されているモーダルシフト推進において、TSL（テクノスーパーライナー）と比肩できる船舶であることを示している。

第4章では、現在の帆装船舶の重大な問題点として挙げられている、帆装装置の縮帆時の形状や制御法の不具合による操船への悪影響及び錨泊時の走錨確率増大の問題に対して、縮帆時の風圧面積の最小化を実現した新しいタイプの帆装装置を開発し、これの性能と有効性の確認実験の結果を示した。また、開発した帆を利用した場合の操船性向上及び走錨率低下を明らかにし、今後の帆装船舶に対して必要な帆の利用方法についての検討を行っている。

第5章では、前章で開発した帆装装置の性能を組み込んだ、帆装船舶の操船シミュレータを開発し、操船面へ帆を積極的に利用した場合の操船性向上の可能性をシミュレーションにより確認した。また、風というクリーンエネルギーの最大限の有効利用という面から、操船性を向上させるための帆の制御法のアルゴリズム構築の必要性を述べ、現在の帆装船舶の制御法には無い、帆による操船性向上や錨泊時の安全性向上に貢献できる用途の広い帆の制御法の存在とこれの利用を論じた。

第6章では、前章の制御法の積極的利用による操船性向上を実現させるためのアルゴリズムの構築を行い、それを自動制御化した。この制御法を付加した場合の船の運動性能を、定常風の純帆走時、非定常風の機帆走時に分けてシミュレーションにより評価を行った。この結果から、帆を操船へ利用するための制御法に対して大きなウェイトを占めるのは、帆の旋回速度の大小であることを述べ、現在の帆装システムの帆の旋回速度 ($1\text{deg}/\text{sec}$) では自動制御による操船への効果が期待できないことを指摘した。また、実現可能となる場合の帆の旋回速度を示し、その利用に対しての有効性をシミュレーションにより明らかにした。更に、帆の自動制御時に安全性の向上が期待できるように、船体運動の予測シミュレーション結果を電子海図やARPAレーダ画面上に重畳表示させる「操帆操船支援システム」(SSS: Support system for ship handling by sail control) の提案を行い、今後の帆装システムは従来の省エネルギー重視のシステムから脱却し、操船者が利用し易く、安全性向上、かつ利用用途拡張が施された帆装システムとすべきことの必要性を述べた。

第7章では、現在の帆装船舶の解決すべき課題である、錨泊時に帆装装置の影響による振れ回り幅が増大すること、錨鎖張力増大に起因する走錨の危険性が増すことなどの問題を検討するため、帆装船舶の錨泊シミュレータを開発した。このシミュレータを用いて、帆の影響による錨泊時の船体運動のメカニズムを解明し、また、帆を利用した安全錨泊のための制御法を提案した。

第8章では、本研究で得られた主要な知見について述べ、研究結果の総括と今後に残された問題点を示した。

審 査 概 要

帆装船舶とは、1973年、1978年の2度のオイルショック時に燃料油の高騰に対抗するため船舶にコンピュータ制御の帆を取り付け、船の推進に風力を利用し燃料消費の軽減を目的として作られた船舶である。この船舶はオイルショック後の石油の安定供給、低価格化に伴い今日まで完全にその存在が忘れ去られていた。しかし近年、先進工業国の経済活動の高度化や人口の急増が、化石燃料の大量消費、有害物質の排出などを誘発し、地球環境に多大な負荷を与えるようになってきた。地球温暖化や酸性雨を代表とする地球規模での環境問題がこの表れである。海運界においても上記問題が指摘されはじめ、地球環境保全に対応した船舶の必要性が求められるようになってきている。

このような時代背景より、自然エネルギーの利用開発が近年期待されはじめていることから、帆装船舶は石油の消費を節約し、無限かつクリーンエネルギーの活用が期待できるため、「環境対応型船舶」として再び注目を集める可能性がある。本研究は帆装船舶を「環境対応型船舶」として発展的に開発するため、現在の帆装船舶の持つ問題点の究明と解決法を検討した。また、これと同時に現在の帆装船舶にはない、操船者の立場に立った制御法の基礎研究を行い、21世紀の帆装船舶に必要と考えられる新しい制御システムの提案を行っている。

(1) 帆装船舶の実態調査と利用価値の検証

次世代の帆装船舶開発の重点項目を浮かび上がらせるために、帆装船舶を運航している船会社及び乗組員に対して詳細なアンケート調査を行っている。この調査から、現在の帆装船舶は在来船よりも燃料消費量が70～80%で済むという高経済性や帆の影響で船の揺れが非常に少なくなる耐航性の優秀さを示す事を示している。しかしこの反面、装備した帆の影響で操船性不良や錨泊時に走錨の危険性が増加するという重要な問題項目も挙がってきた。帆装船舶の高経済性については数多くの文献があるが、問題点となっている操船面、錨泊面での問題点に関しては殆ど見当たらないため、この問題解決の重要性を指摘している。また、調査によって得られた帆装船舶の優秀性を検証するため、一般的に過酷な航路と言われている日本海側に帆装船舶を就航させた場合の優位性について検討を加えている。この結果、帆装船舶は日本海航行に対し在来船よりも利用価値が高い船舶である事を在来船と比較する形で示している。

(2) 新型帆の開発と実験

帆装船舶の実態調査により判明した帆の影響での問題点を検討し、これを出来る限り解消する帆の開発を行っている。開発に際しては、縮帆時に殆ど風圧面積を残さない方式の帆装装置の開発を行っている。開発した帆の帆装実験は9mカッターを使用し帆走性能試験、錨泊実験及び帆の操船利用の実験を行っている。これより、開発した帆の実用性を示すと共に、帆を制御することにより操船性向上に十分な効果が期待できる事を明確にしている。

(3) 帆の操船利用への可能性追求

帆装船舶は設計の段階で航走効率の良くなる帆の設置位置や傾斜による船の安定性の問題等、いわば

静特性の検討が主に行われ、動特性となる帆がある上での船体運動については殆ど行われていない。特に操船面における不備な点へのアプローチは現在に至っても行われておらず、帆装船舶操船者の負担となり続けている。ここでは、帆の影響による操船面の問題点を検討するため、帆装船舶の操船シミュレータを開発し、帆の利用による操船性向上の検討や操船不良の起きるメカニズムをシミュレーションにより検討を加えている。検討の結果、帆の利用が船の旋回径縮小、最短停止距離の短縮、ターニングベース縮小、定位置の保持などに効果が得られることを示している。

(4) 帆の自動制御による運動性能評価

操船に帆を積極的に利用する事により、操船性向上を実現させる帆制御アルゴリズムの構築を行いその自動制御化を行っている。帆の自動制御化に当たっては、(3)で得られた操船性向上の項目を5つに分け、以下のような名称をつけてシミュレーションにより各制御法における船体運動の評価を行っている。

・直進制御 ・急停止制御 ・回頭制御 ・停留制御 ・斜行制御

シミュレーションの結果、各制御法は操船性の向上を実現できる事を示している。しかし、帆を操船へ利用するための制御法に対して大きなウェイトを占めるのは、帆の旋回速度の大小である事を述べ、現在の帆装システムの帆旋回速度 (1deg/sec) では自動制御による操船への効果が期待できない場合がある事を指摘している。また、実現可能となる場合の帆旋回速度を示し、その利用に対しての有効性を明らかにしている。さらに帆の自動制御時に安全性の向上が期待できるように、本研究で開発したシミュレータでの船体運動の予測結果をレーダー画面上や電子海図上に重畳表示させる「操帆操船支援システム」の提案を行い、今後の帆装システムは従来の省エネルギー重視のシステムから脱却し、操船者が利用し易く、安全性向上、かつ利用用途拡張が施された帆装システムを提案している。

(5) 帆を利用した錨泊法の検討

現在の帆装船舶の解決すべき課題である錨泊時に帆装装置の影響による振れ回り幅が増大する事、錨鎖張力増大に起因する走錨の危険性が増す事などの問題を検討するため、帆装船舶の錨泊シミュレータの開発を行っている。これを用いて、帆の影響による錨泊時の船体運動のメカニズムの解明や、帆を利用した安全錨泊の為の制御法の提案を行っている。

本研究は、地球環境保全を目指して帆装船舶の性能向上を追求した基礎研究であるが、21世紀に再び蘇る可能性の高い帆装船舶のポテンシャルを高める上で重要度は高い。エネルギー問題や環境問題に答える可能性を秘めている。さらに経済的に極めて有利な帆装船舶の投入は海運界にとっても有望な計画となる。また従来帆走商船の欠点とされている点をかなりの程度まで克服する研究成果を上げている点でも評価できる。

本論文について、論文記述内容に関する新規性、信頼性、社会的有効性、論文としての体裁等の観点から3名の審査委員により慎重に審査を行った結果、神戸商船大学における博士(工学)論文として妥当との結論を得た。また併せて行った論文内容ならびに関連専門知識に関する口頭試問形式試験ならびに英語に関する能力試験結果も博士の学位に相当するものと確認された。よって、論文審査および最終試験を合格とする。