OUKA
Osaka University Knowledge Archive

Title	船体後半部に取り付けられた小型フィンによる推進性能向上に関する基礎的研究
Author(s)	山下, 力藏
Citation	大阪大学, 2020, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/76574
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

Osaka University

様式３

論　文　内　容　の　要　旨

氏　名　（　山下　力藏　）	
論文題名	船体後半部に取り付けられた小型フィンによる推進性能向上に関する基礎的研究

論文内容の要旨

船舶の燃費向上は，海運会社や造船会社の商業的な競争力向上のための手段としてのみならず環境面でも注目されている．2011年に国際海事機関で採択された条約において船舶のエネルギー効率設計指標によって燃費と直接的に関係性のある二酸化炭素排出量の規制が強化されており，今後段階的にさらに厳しい規制が施行されることが決定している．そのような背景から，燃費向上のための船型開発や船体に装着して燃費を改善する省エネルギー付加物の開発が実施されている．例えばプロペラの直前に設置するダクトやフィンなどが開発され既に実船に装着されている．その中で，フィンは単純な形状ながら性能を改善する効果は大きく，プロペラ直前に装着したフィンでは数%の燃費改善が確認されている。付加物の推進性能改善効果のシミュレーション(Computational Fluid Dynamics : CFD)による推定法についても研究されている．プロペラから離れた上流の船体表面に装着したフィンは，模型や実船の試験で性能改善効果が確認されているが，その効果を推定することは既存のCFD手法では難しく前例がなかった．そこで本研究では，プロペラから離れた船体後部の上流に位置するフィンの効果とフィン影響を受けた流場を実験的に計測した上，それに一致する結果を得られるCFD計算の設定および条件を見いだし，詳細な計算および結果の詳細な解析により推進性能改善効果のメカニズムを明らかにした．

第１章では，本研究の対象であるフィンを含めた付加物による船舶の燃費改善が望まれる背景の詳細や研究の目的，研究の構成について述べた．

第２章では，フィンが流場に及ぼす基礎的な影響を調査するために行った平板と小型のフィンから構成される単純な形状の模型周りの流場計測とそのCFDシミュレーションについて述べた．通常，船尾の流れは非常に複雑であるので，フィンの境界層流れに与える影響を詳細に調査することが難しいと考えられるため、基礎的研究として平板に沿って発達した境界層の内部に置かれたフィン後流の流場について，SPIV(ステレオ粒子画像流場計測)装置による流場計測を実施した．その結果，流れに対して迎角を持ったフィンから渦が発生し，その渦がフィン長さの約７倍離れた下流の流場にも影響を与えていることを確認した．また，計測した流場についてCFD計算も実施した．格子作成には商用ソフトHexpressを用い，CFD計算にはオープンソフトであるOpenFOAMに組み込まれている，定常RANS(Reynolds-Averaged Navier-Stokes)ソルバのsimpleFoamを使用した．一般的に舶用CFDで用いられている程度の設定での計算を実施したが，CFDにより得られる流場は，計測結果に表れるフィン影響を表現できないことが明らかになった．そこで，格子密度の増加や高密度格子の渦近傍への配置など計算格子の改良，流入境界の乱流強度，および固体壁近傍の取り扱いの変更などにより，実験結果をシミュレート可能な計算条件を見出した．

第３章では，一般に公開されている低速肥大船型であるJBC(Japan Bulk Carrier)を対象とし，プロペラから離れた上流位置の船体後部に船体に対して水平に装着したフィンが，推進性能を改善する効果および流場に与える変化について述べた．まず，船長が約2.6mの模型船においてフィンによって推進性能が改善されるフィン位置を自航試験によって探索し，約10%の推進性能改善(主に伴流係数の改善)が得られるフィン位置を見出した．さらに，この位置にフィンを装着した場合と装着しない場合について，流場をSPIV計測し，フィンより発生した渦がフィン後方の流場に与える影響を明らかにした．次に，第２章で得た格子や設定条件を応用してJBCにフィンを装着した場合と装着しない場合のCFD計算を実施し，計算結果のフィンより下流の流場は，PIV計測結果とほぼ一致していることを確認した．これらから，CFD計算が小型フィンによる境界層流場の変形の現象を十分に解像できる条件としての格子密度などの設定に関しての知見を得た．このCFD結果からフィンが推進性能を改善するメカニズムについて検討した。当初はフィンから発生した渦が直接プロペラ面内の流場に影響していると予想していたがそうではなく，フィンから発生した渦はフィンから下流に離れるにつれて上昇してプロペラ面から離れていくがその渦と逆向きの流れが船体近傍で発生していること並びにその逆向きの流れがプロペラ面内に流入することでプロペラ翼の迎角を増大させ，結果的に伴流係数を改善していることを明らかにした．

第４章では本研究で得られた成果を総括した上で課題について述べ，本論文の結論を記した．

様式 7

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏　名	（　山下　力藏　）

	(職)	氏　名
論文審査担当者		
主 査	教授	戸田　保幸
副 査	教授	梅田　直哉
副 査	准教授	鈴木　博善

論文審査の結果の要旨

船舶の燃費性能向上は，海運会社にとっては運用時の燃料コスト低減，造船会社にとっては商品競争力の向上になることから重要な問題である．近年は地球温暖化等の環境面からも注目され，2011 年に国際海事機関で採択された条約において船舶のエネルギー効率設計指標によって燃費と直接的に関係性のある二酸化炭素排出量の規制が強化されている．今後段階的にさらに厳しい規制が施行されることから，燃費向上のための船型開発や船体に装着して燃費を改善する省エネルギー付加物の開発が実施されている．例えばプロペラの直前に設置するダクトやフィンなどが開発され既に実船に装着されている．その中で，フィンは単純な形状ながら性能を改善する効果は大きく，プロペラ直前に装着したフィンでは数％の燃費改善が確認されている．付加物の推進性能改善効果のシミュレーション(Computational Fluid Dynamics ： CFD)による推定法についても数多く研究されている．しかしプロペラから離れた上流の船体表面に装着したフィンは，模型や実船の試験で性能改善効果が確認されているが，その効果を推定することは既存の CFD 手法では上流で流れ場に放出された渦の拡散が激しいため難しく前例がない状態である．そこで本論文では，プロペラから離れた船体後部の上流に位置するフィンの効果とフィン影響を受けた流場を実験的に計測した上，それに一致する結果を得られる CFD 計算の設定および条件を見いだしている．また詳細な計算結果の解析により推進性能改善効果のメカニズムを明らかにしている．

第１章では，本研究の対象であるフィンを含めた付加物による船舶の燃費改善が望まれる背景の詳細や研究の目的，研究の構成について述べている．

第２章では，フィンが流場に及ぼす影響を調査するために行った平板と小型のフィンから構成される単純な形状の模型周りの流場計測とその流場の CFD シミュレーションについて述べている．これは非常に複雑な船尾流れに対してフィンの境界層流れに与える影響を詳細に調査することは難しいため，基礎的研究として平板に沿って発達した境界層の内部に置かれたフィン後流の流場について，SPIV(ステレオ粒子画像流場計測)装置による計測を実施している．その結果，流れに対して迎角を持ったフィンから渦が発生し，その渦がフィン長さの約７倍離れた下流の流場にも影響を与えていることを確認している．また，計測した流場に対して CFD 計算を実施している．この時， CFD 計算にはオープンソフトである OpenFOAM に組み込まれている定常 RANS(Reynolds-Averaged Navier-Stokes)ソルバを使用している．一般的に舶用 CFD で用いられている程度の設定を用いた計算を実施し，その場合 CFD により得られる流場は，計測結果に表れるフィン影響を表現できないことを明らかにしている．そこで本論文では，格子密度の増加や高密度格子の渦近傍への配置など計算格子の改良，流入境界の乱流強度，および固体壁近傍の境界条件の取り扱いの方法の変更などにより，実験結果をシミュレート可能な計算条件を見出している．

第３章では，低速肥大船型である JBC(Japan Bulk Carrier)を対象とし，プロペラから離れた上流位置の船体後部に船体に対して水平に装着したフィンが，推進性能を改善する効果および流場に与える変化について述べている．まず模型船を用いた自航試験により，フィンによって推進性能が改善されるフィン位置を探索し，約 10%の推進性能改善(主に伴流係数の改善)が得られるフィン位置を見出している．さらに，この位置にフィンを装着した場合と装着しない場

合について，流場を SPIV 計測し，フィンより発生した渦がフィン後方の流場に与える影響を明らかにしている．次に，第２章で得た格子や設定条件を応用して JBC にフィンを装着した場合と装着しない場合の CFD 計算を実施している．その結果，計算によるフィンより下流の流場は，PIV 計測結果とほぼ一致していることを確認している．これらから，CFD 計算が小型フィンによる境界層流場の変形の現象を十分に解像できる条件としての格子密度などの設定に関しての知見を得ている．またフィンが推進性能を改善するメカニズムについて詳細な検討結果を示している．当初はフィンから発生した渦が直接プロペラ面内の流場に影響していると予想していたがそうではなく，フィンから発生した渦はフィンから下流に離れるにつれて上昇してプロペラ面から離れていくがその渦と逆向きの流れが船体近傍で発生していること並びにその逆向きの流れがプロペラ面内に流入することでプロペラ翼の迎角を増大させ，結果的に伴流係数を改善していることを明らかにしている．

第４章では本研究で得られた成果を総括した上で課題について述べ，本論文の結論を記している．

以上のように，本論文はこれまでの計算では難しかった境界層内に取り付けられたプロペラから離れた上流の船体表面に取り付けられたフィンによる推進性能への影響を推定可能にするための CFD 計算条件を明らかにするとともに，フィンから発生した渦が境界層を変形させプロペラ位置での流入速度分布を改良することにより性能を向上させる現象を詳細に解析している．これらの結果から今後の付加物による推進性能改善への指針を与えており，船舶流体力学の発展に寄与している．

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める．