The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	数値計算技術を利用した船舶省エネルギー装置の設計手法に関する研究
Author(s)	堀, 正寿
Citation	大阪大学, 2017, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/67156
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

様式３

論　文　内　容　の　要　旨

氏　名　（　堀　正寿　）	
論文題名	数値計算技術を利用した船舶省エネルギー装置の設計手法に関する研究

論文内容の要旨

地球温暖化対策である国際気候変動枠組条約の採択(1992年)を受けて，国際海運では温室効果ガス削減スキームが採択された．これはエネルギー効率設計指標EEDI(Energy Efficiency Design Index)として知られ，新造船の燃費性能に対して規制を課すもので，発効後の造船・海運業界に大きな影響を与えている．そこで推進性能向上技術として期待されるのが，船体に取り付ける様々な省エネルギー装置であり，その性能推定技術の向上，及び設計開発手法の構築が望まれている．本研究では，代表的な省エネルギー装置である省エネ付加物ESD(Energy Saving Device)，及び，その複数組み合わせ状態の開発を効率的に行うために，検討段階に応じた数値計算手法を用いて評価することを提案し，バルブ・フィン付きツイスト舵を対象として，その適用事例を示した．本論文は，以下の6章から構成されている．

第1章では，ポテンシャル流理論，及びCFD(Computational Fluid Dynamics)の数値計算手法の特徴，及び段階に応じた使い分けの重要性を述べた．次に，ESD開発に関する従来の研究事例を述べ，プロペラ前後のESDを組み合せた状態に関する事例が少ないことと併せて，本研究の目的と意義を示した．

第2章では，ESD開発初期段階におけるアプローチとして，計算負荷の低いポテンシャル流理論をベースとした手法を用いて簡易的にESD形状を決定した．ここではバルブ・フィン付きツイスト舵を対象として，単純なプロペラ螺旋渦による後流中の，舵が発生する前後方向力を性能評価指標として，フィンの迎角を変えた場合の最適形状を決定した．

第3章では，CFDを活用して自航性能を推定するための理論体系，及びその要素技術について述べた．初めに，既存のプロペラモデル(翼素理論ベース)に対して，半径方向のプロペラ翼断面形状の違いを考慮するために，二次元翼周りのポテンシャル流場解析，及び摩擦成分を考慮して得られる揚力・抗力係数を用いる手法を提案した．本提案のプロペラモデルによって船尾流場中で作動するプロペラ力を算出し，空間的には変化する時間平均体積力分布として商用CFDソルバ(FINE^{TM}/Marine) に組み込んだ．本CFDシステムによりプロペラ単独性能試験の模擬シミュレーションを行い，プロペラ力算出に係る揚力・抗力係数に2段階の補正を行うことで水槽試験結果を表現できることを示した．

第4章では，第2章で決定した省エネ舵と既存の省エネ円筒形ダクト，及びその両方を装備した低速肥大船型Japan Bulk Carrierを対象としてCFDシミュレーションを行い，その船体周囲流場と諸性能値について水槽試験結果と比較した．先ず，3.2m模型船を用いた水槽試験において，各種ESD搭載による船尾周辺の流場，及び推進性能の変化を示した．CFDシミュレーションでは，船尾周辺流場に関して，別途実施したSPIV計測流場との定性的な一致を示した．推進効率に関しては，水槽試験結果との凡その一致が認められた一方で，その詳細要素であるプロペラ回転数・トルク・スラスト，及び自航要素については乖離している部分もあり，プロペラモデルの改良が課題として残された．船体各部位に働く抵抗値に関しては，曳航・自航間の増減傾向が付加物によって異なり，特に自航状態では複数の省エネ付加物による作用が複雑に絡み合い，流体力学的性能の相乗効果が得られる可能性を示した．また，自航状態のプロペラスラスト・トルクの関係についても述べ，それらを把握することが省エネ付加物開発において重要となり得ることを示した．最後に，第2章における簡易的な性能評価と，CFDによる性能評価の比較を行い，前者が舵単体の形状検討については有用である一方で，ダクトを伴う場合はCFD計算に沿う結果とはならないことを示し，前者における改善点として，プロペラ前方の物体(船体，及びダクト等)による伴流影響の考慮等を挙げた．

第5章では，船速とモデル尺度が省エネ付加物性能に与える影響について述べた．初めに，バルブ・フィン付きツイスト舵とダクトの組合せ状態に対して，水槽試験において船速を変えた場合でも省エネ効果がほぼ一定であること，また本論のCFD手法によってもその効果推定が可能であることを示した．次に，尺度影響の調査のために，全10種類の省エネ付加物搭載状態に対して，第4章で扱った3.2mモデルの8倍のレイノルズ数を想定したCFD計算を行い，3.2mモデルの省エネ効果と凡そ似た傾向が得られたが，舵とダクトでは省エネ効果に対する尺度影響に差異があること，また，尺度の違いによって省エネ傾向が変わる可能性があることも示され，実船建造に対する有益な知見が得られた．一方で，異なる形状・異なる省エネメカニズムの付加物等についての調査が今後の課題として残された．

第6章では本研究で得られた成果と課題を総括し，本論文の結論を述べた．

様式 7

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏　名　（　堀　正寿　）			
論文審査担当者		（職）	氏　名
	主 査	教授	戸田　保幸
	副 査	教授	柏木　正
	副 査	特任教授	日夏　宗彦（今治造船共同研究講座）
	副 査	准教授	鈴木　博善

論文審査の結果の要旨

地球温暖化対策である国際気候変動枠組条約の採択(1992 年)を受けて，国際海運では温室効果ガス削減スキームが採択されている．これはエネルギー効率設計指標 EEDI(Energy Efficiency Design Index)として知られ，新造船の燃費性能に対して規制を課すもので，発効後の造船・海運業界に大きな影響を与えている．そこで推進性能向上技術として期待されるのが，省エネを目的として船体に取り付ける様々な省エネルギー装置である．その性能推定技術の向上，及び設計開発手法の構築が望まれており．本研究では，代表的な省エネルギー装置の省エネ付加物 ESD(Energy Saving Device)開発を効率的に行うために，検討段階に応じた数値計算手法を用いて性能評価することを提案し，バルブ・フィン付きツイスト舵を対象として，その適用事例を示している．本論文は，以下の 6 章から構成されている．

第 1 章では，ポテンシャル流理論，及び CFD(Computational Fluid Dynamics)の数値計算手法の特徴，及び段階に応じた使い分けの重要性を述べている．次に，ESD 開発に関する従来の研究事例を述べ，プロペラ前後の ESD を組合せた状態に関する事例が少ないことと併せて，本研究の目的と意義を示している．

第 2 章では，ESD 開発初期段階におけるアプローチとして，計算負荷の低いポテンシャル流理論をベースとした手法を用いて簡易的に ESD 形状を決定している．ここでは，バルブ・フィン付きツイスト舵を対象として，単純なプロペラ螺旋渦による後流中の舵が発生する前後方向力を性能評価指標として，フィンの迎角を変えた場合の最適形状を決定している．

第 3 章では，CFD を活用して自航性能を推定するための理論体系，及びその要素技術について述べている．初めに，既存のプロペラモデル(翼素理論ベース)に対して，半径方向のプロペラ翼断面形状の違いを考慮するために，二次元翼周りのポテンシャル流場解析，及び摩擦成分を考慮して得られる揚力・抗力係数を用いる手法を提案している．本提案のプロペラモデルにより，船尾流場中で作動するプロペラ力を算出し，空間的には変化する時間平均体積力分布として商用 CFD ソルバ(FINE™/Marine) に組み込んでいる．この CFD システムによりプロペラ単独性能試験の模擬シミュレーションを行い，プロペラ力算出に係る揚力・抗力係数に 2 段階の補正を行うことで水槽試験結果を表現できることを示している．

第 4 章では，第 2 章で決定した省エネ舵と既存の省エネ円筒形ダクト，及びその両方を装備した低速肥大船型 Japan Bulk Carrier を対象として CFD シミュレーションを行い，その船体周囲流場と諸性能値について水槽試験結果と比較を行っている．先ず，3.2m 模型船を用いた水槽試験において，各種 ESD 搭載による船尾周辺の流場，及び推進性能の変化を示している．CFD シミュレーションでは，船尾周辺流場に関して，別途実施した SPIV 計測流場との定性的な一致を示している．推進効率に関しては，水槽試験結果との凡その一致が認められた一方で，その詳細要素の自航要素については乖離している部分もあり，プロペラモデルの改良が課題として残されていることを示している．船体各部位に働く抵抗値に関しては，曳航・自航間の増減傾向が付加物によって異なり，特に自航状態では複数の省エネ付加物による作用が複雑に絡み合い，流体力学的性能の相乗効果が得られる可能性を示している．また，自航状態の

プロペラスラスト・トルクの関係についても述べ，それらを把握することが省エネ付加物開発において重要となり得ることを示している．最後に，第 2 章における簡易的な性能評価と，CFD による性能評価の比較を行い，前者が舵単体の形状検討については有用である一方で，ダクトを伴う場合は CFD 計算に沿う結果とはならないことを示し，前者における改善点として，プロペラ前方の物体(船体，及びダクト等)による伴流影響の考慮等を挙げている．

第 5 章では，船速とモデル尺度が省エネ付加物性能に与える影響について述べている．初めに，バルブ・フィン付きツイスト舵とダクトの組合せ状態に対して，水槽試験において船速を変えた場合でも省エネ効果がほぼ一定であったこと，また本論の CFD 手法によってもその効果推定が可能であることを示している．次に，尺度影響の調査のために，全 10 種類の省エネ付加物搭載状態に対して，第 4 章で扱った 3.2m モデルの 8 倍のレイノルズ数を想定した CFD 計算を行い，3.2m モデルの省エネ効果と凡そ似た傾向が得られたが，舵とダクトでは省エネ効果に対する尺度影響に差異があること，また，尺度の違いによって省エネ傾向が変わる可能性があることも示され，実船建造に対する有益な知見を得ている．一方で，異なる形状・異なる省エネメカニズムの付加物等についての調査を今後の課題としてあげている．

第 6 章では本研究で得られた成果と課題を総括し，本論文の結論を述べている．

以上のように，本論文は代表的な省エネルギー装置の省エネ付加物の数値計算手法を用いた設計手法を提案し，多くの実験により手法の検証を行い，設計へ利用可能な範囲を明確に示している．これにより，今後の省エネルギー船開発へ大きな貢献が期待できる．

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める．