

Title	Study on the Energy-Saving Mechanism of Rudder-Bulb-Fins System Applied to KVLCC2 Model in Waves
Author(s)	Htay, Win Naing
Citation	大阪大学, 2022, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/89631
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

Abstract of Thesis

Name (WIN NAING HTAY)

Title

Study on the Energy-Saving Mechanism of Rudder-Bulb-Fins System Applied to KVLCC2 Model in Waves
(波浪中におけるKVLCC2模型に対する舵-バルブ-フィンシステムの省エネルギー性能に関する研究)

Abstract of Thesis

Along with the making vigorous efforts on meeting the specific customers' demands, the shipyards have been facing consistently many challenges concerned with global energy crises and environmental protection. One of the biggest challenges is to enforce the carbon dioxide emission regulations implemented by the International Maritime Organization, mainly the Energy Efficiency Design Index (EEDI) in the last decade. By the same token, the United Nations adopted the Sustainable Development Goals (SDGs) to protect the planet. In this regard, ship designers are exploring the advanced technologies to construct efficient ships with low carbon dioxide emissions. The rudder-bulb-fins system (RBFS) is one of the energy-saving technologies by recovering the rotational energy of the propeller slip stream that can fulfil the above-mentioned demands. The propulsive performance of the KRISO very large crude oil carrier (KVLCC2) model ship with RBFS system containing the various fin configurations were investigated by comparing the efficiency of the model with the conventional rudder in regular head waves. A Computational Fluid Dynamics (CFD) code, CFDSHIP-IOWA V4.5, was utilized for hydrodynamic numerical simulations and the computational results were validated with the available experimental data, which were carried out in the towing tank of Osaka University. The improvement by RBFS was observed in many wave conditions but the gain was smaller than in calm water and was almost zero in one wave condition for one RBFS. Overall, CFD predicted well and had good agreement with the Experimental Fluid Dynamics (EFD) in self-propulsion performance prediction in waves.

The thesis is comprised of six chapters in total.

The dissertation begins with an introduction that consists of general background concerned with current environmental regulations, various energy saving devices (ESDs), some literature reviews on ESDs, and motivation for this study. In the general background, currently facing problems around the world in ship design, types of energy-saving devices and the working principle of rudder bulb-fins system are briefly explained.

Chapter 2 consists of two parts; geometry and test conditions. In the first part, the principle particulars and diagrams of the objective model ship, propeller, and rudder are shown. The second part represents the summary matrix of the simulations conducted in five wavelengths.

Chapter 3 is about the methodology composed of two sections; namely as CFD and EFD. In the first section, details of the generated grid, an overview of CFDSHIP-IOWA, and adopted computational domain and boundary conditions are described. The second section gives a brief explanation of the experimental setup and measurements.

In chapter 4, the results and discussion on the comparison of RBFS and normal rudder are stated by dividing into three sections; motions analysis, viscous flow fields, and self-propulsion analysis. In motion analysis, two degree of freedom motions (heave and pitch) are discussed including the first harmonic analysis. The axial velocity fields predicted at three longitudinal positions (upstream of a propeller, AP, and downstream of a rudder), single transverse, and horizontal positions are illustrated in section 2. The 3D vortex flow comparison is also shown in the second section. In the final section of chapter 4, graphs and tables of effective wake, thrust, resistance and efficiencies are demonstrated. The validation against EFD results in each case is performed.

Chapter 5 shows the simulations of new fins modifying span length, root camber profile and angle of attack in three wavelengths. Comparison of those newly designed fins and original fin is carried out from the aspect of motion, flow field and self-propulsion analysis with the aid of graphs and tables.

The summary of the entire work performed is described with the specific and remarkable facts from each and single section in chapter 6. The suggested works that should be done in the future are mentioned.

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (WIN NAING HTAY)			
論文審査担当者	(職)	氏 名	
	主 査	教 授	鈴 木 博 善
	副 査	教 授	梅 田 直 哉
	副 査	准教授	牧 敦 生

論文審査の結果の要旨

船舶運航からの二酸化炭素排出削減への要求あるいはエネルギー価格の高騰から、推進性能改善のため、多くの省エネルギー付加物が提案され、実際の新造船にも数多く取り付けられている。二酸化炭素排出に関して、国際海事機関のEEDI（エネルギー効率設計指標）規制によりこれを確実に減少させる必要があり、また実海域航行中の二酸化炭素排出量削減も今後、規制されていくと考えられている。このような状況の中、これまで提案されてきた多くの省エネルギー付加物は、平水中での推進性能を改善するために設計されており、これらが波浪中でも有効かどうかを調査した研究はほとんどない。本論文では、これまでの研究により、平水中性能が改善されることが確認されているバルブ・水平フィン付き舵について、波浪中の性能を調査している。通常舵も含めて様々な省エネルギー型のバルブ・水平フィン付き舵を装備した場合の、標準的タンカー（KVLCC2）船型について CFD（Computational Fluid Dynamics）計算により、その性能を調査し、波浪中での自航試験結果と比較している。この結果から、波浪により大きな船体運動が生じる場合、平水中において最適な舵付加物による性能改善効果は、平水中ほどでは無いものの通常舵より大きな効果を有し、通常の水平フィン付き舵による効果をも上回ることを示している。これら性能の推定には CFDShip-Iowa V4(CFD ソフトウェア)および大阪大学プロペラモデルによる数値計算を適用し、プロペラ作動時の舵付加物周りの流れ場を Stereo PIV 装置による詳細計測結果と比較検討している。その結果、CFD による推定は十分実験結果を説明できることを明らかにしている。さらに、その性能変化がなぜ起こるのかを調査するため、詳細な流れ場の解析を行っている。

本論文は 6 章から構成されている。

第 1 章では、現状の環境規制などの状況を述べるとともに省エネルギー付加物全般の調査について述べ、本論文の背景を示している。また研究目的と、本論文で取り扱ったバルブ・フィン付き舵の作動原理について述べている。

第 2 章では、本論文で用いた模型船、プロペラ、舵の概要について述べている。また計算および計測を行った波浪条件、速度、プロペラ回転数などの状態について述べている。

第 3 章では、本研究で用いた CFD 手法と比較対象とする計測に関する EFD(Experimental Fluid Dynamics)手法について述べている。前者では、格子生成、計算領域、境界条件について示すとともに CFDShip-IowaV4 と大阪大学プロペラモデルについて示している。後者では実験機器と計測手法について述べている。

第 4 章では、通常舵とバルブ・水平フィン付き舵の母型について船体運動、自航要素、粘性流場の 3 つに分けて計算結果を計測結果と比較検討している。その結果、自航試験、粘性流場の比較から本研究で示したシミュレーション手法は、実際の現象をよく表現できることを示している。

第 5 章では、平水中で大きな性能改善が認められた水平フィンの翼幅を変更したバルブ・水平フィン付き舵の計算を行っている。この結果によると、波浪中では、平水中ほど改善効果は大きくないが、十分な性能向上が見られることを示している。

第 6 章では、本論文の結論を示すとともに、今後行うべき研究について述べている。

以上のように、本論文は省エネルギー付加物装備の船舶の波浪中性能推定手法について述べており、例としてバルブ・水平フィン付き舵を装備した船舶の解析を行っている。これらの結果は、実海域性能改善のための指針を与えており、今後の船舶の実海域推進性能向上に寄与するものと考えられる。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。