



Title	SPIV Flow Field Measurement around the Stern of a Self-propelled KVLCC2 Model Ship in Regular Head Waves
Author(s)	Mwangi, Benson Oyunge
Citation	大阪大学, 2021, 博士論文
Version Type	VoR
URL	<a href="https://doi.org/10.18910/85407">https://doi.org/10.18910/85407</a>
rights	
Note	

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

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

The University of Osaka

## Abstract of Thesis

Name ( MWANGI BENSON OYUNGE )	
Title	SPIV Flow Field Measurement around the Stern of a Self-propelled KVLCC2 Model Ship in Regular Head Waves (波浪中を自航するKVLCC2模型周りの船尾流場計測)

## Abstract of Thesis

In order to curb the greenhouse gas (GHG) emissions from the shipping industry, the International Maritime Organization (IMO) introduced the Energy Efficiency Design Index (EEDI) for all new ships. To achieve the requirements for the EEDI, there is need to investigate the propulsive performance for ships in waves. Therefore, in this study, the effect of the wave amplitude and energy saving devices (ESDs) on the self-propulsion factors, motions, thrust, torque and the flow field around the stern of a self-propelled model ship has been investigated in waves. The velocity distribution at the stern with various amplitude waves were analyzed and discussed with respect to the thrust fluctuation in waves. Regarding ESDs, a normal rudder and rudders with a bulb and fins (RBFs) were used with an aim of recovering the lost energy or gaining extra thrust by utilizing the rotational flow after the propeller in waves. The fins for the RBFs were horizontal on both sides of the rudder with a zero angle of attack and a similar foil section but facing opposite directions in order to generate a forward force from the rotational flow behind the propeller. It was investigated in calm water and the increase of propeller efficiency was observed. To understand the effect of the rudders on the self-propulsion factors, motions, thrust, torque and the flow field around the stern of the model ship, the results for with and without rudders were compared. The study was done for a 3.2m KVLCC2 model tanker in fully loaded condition, appended with a propeller and rudders at a design Froude number of 0.142 in short and long waves.

The dissertation is organized in five chapters.

Chapter 1 is the introduction that mainly shows the background and the objective of the research and literature review of the previous studies.

Chapter 2 gives the details of some of the equipment and facilities that were used in this study. The particulars of the model ship and propellers are also discussed. The test conditions and the method that was used to make the phase averaged measurement is shown in detail.

Chapter 3 presents the motions and force measurement results. In this study, heave and pitch motions were free and surge was free by using a weak spring to compensate for the unbalance of the steady force. So, the surge motion due to wave exciting force was measured as well as the slow surge motion through mass weak spring system. Time histories for heave and pitch motions, thrust, torque and effective wake are shown. From the results, the efficiency improvement was observed by RBF system in short waves and a decrease of efficiency was not observed for all wave ranges. The time averaged inflow velocity increases as the wave amplitude increase for long waves. So, the efficiency decreases as the wave amplitude increases for long waves.

Chapter 4 presents the results for the flow field in calm water and in waves. The velocity distribution and vortex behavior around the stern of the model ship are explained with respect to the wave amplitude and ESDs effect in waves. The velocity distribution was also discussed with respect to the thrust fluctuations. Regarding the ESDs, the results for with and without rudder are compared so as to understand the effect of the rudders on the flow field. It was observed that there is no substantial effect by the rudders especially on the flow field upstream of the propeller. However, there was a significant effect on the flow field downstream of the propeller. For the wave amplitude effect, the lower velocity part related to the longitudinal bilge vortices moves vertically and the high velocity area enters the propeller plane with respect to the effective inflow in Chapter 3.

Chapter 5 gives a summary of the conclusions for this study as well as the future works.

## 論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 ( MWANGI BENSON OYUNGE )		
	(職)	
論文審査担当者	主査	教 授 戸田 保幸
	副査	教 授 大沢 直樹
	副査	准教授 鈴木 博善

## 論文審査の結果の要旨

海事産業からの温室効果ガス排出を削減するために、国際海事機関（IMO: International Maritime Organization）は新造船に対してエネルギー効率指標を導入している。この要求にこたえるためには、波浪中の推進性能を向上させる必要がある。本研究では波浪中の推進効率を詳細に調査するために、肥大船の一例として KVLCC2 (KRISO Very Large Crude oil Carrier) の 3.2m 模型船を用いた広範な実験を行っている。実験では時間平均の自航要素と推力変動に及ぼす波振幅の影響と省エネルギー付加物の効果への波浪の影響を調査している。またそれらと流れ場の関係を調査するために、波浪中において船尾周りのプロペラのつかない曳航状態とプロペラ作動時のプロペラ前後の断面の流場の計測を行なっている。波の振幅の影響については詳細な流れ場の計測により、波浪中で船体運動によりビルジ渦が船体と相対的に上下に動き、プロペラ面への速度欠損の大きい部分の導入が平水中のようにできなくなり、時間平均流入速度が大きくなることを示している。またこの現象と推力変動の振幅の関係について検討している。波浪中の付加物の効果についての検討では、通常舵を装備する場合と、バルブと水平フィンを装着した舵を用いた場合の波浪中の推進性能試験と、プロペラ舵周りの流れの計測を行っている。この水平フィンは左右舷でそれぞれ下向き上向きのキャンバーを持つ翼型で、右舷側で下降流、左舷側で上昇流となるプロペラ後流を利用して付加的な推力を得ようとするものである。この付加物は平水中での効果が確認されている一方、船体運動のある波浪中での効果は確認されていなかったが、本研究での詳細な推進性能試験により、波長波高比の広い範囲で効果があることを示している。またプロペラ作動時の舵後方の流れ場の計測により、回転流を少なくし効率を上昇させていることを示している。

本論文は以下の 5 章からなる。

第 1 章では、研究の背景、研究目的を説明し、既往の研究に基づいた本研究の位置づけを含む序論を述べている。

第 2 章では、実験設備、実験装置、使用した模型とプロペラ、舵の主要目について詳細に説明している。また、実験を行った条件と計測手法、特に波浪中において位相平均流場を計測する方法について示している。

第 3 章では、船体運動と流体力の計測結果を示している、本研究では、上下揺と縦揺が自由となるようなマウントを用いており、上下揺と縦揺の時系列とフーリエ解析結果を示している。前後揺に対しては弱いばねと付加力により、時間平均の抵抗を打ち消したうえで自由となる装置を用いていることを示しており、これによる波強制力による前後揺の時系列計測結果とフーリエ解析結果も示している。流体力は推力、トルクとともに推力によってバランスされない部分の抵抗の計測結果も示している。これらについて時系列の解析と時間平均の値から導いた時間平均自航要素を示し、波浪中推進性能に関する検討結果を示している。

第 4 章では、波浪中の船尾周りの位相平均流場の計測結果を示している。波振幅の変化による流場の変化についてプロペラが作動していない曳航状態とプロペラ作動時の計測結果により波浪によるプロペラ流入速度の変化を説明している。流場計測結果と第 3 章の結果を比較することにより波浪中推進効率と船体プロペラ舵の干渉流場の関係を述べている。

最後に本論文で得られた知見をまとめている。

以上のように、本論文は波浪中の肥大船の推進性能に関して重要で新たな知見を示しており。今後の波浪中における温室効果ガス削減に大きく寄与するものと思われる。また公聴会においても活発に質疑応答がなされた。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。