

Title	Computation of the Propeller-Hull and Propeller-Hull-Rudder Interaction Using Simple Body-Force Distribution Model
Author(s)	Win, Yan Naing
Citation	大阪大学, 2014, 博士論文
Version Type	VoR
URL	<a href="https://doi.org/10.18910/50514">https://doi.org/10.18910/50514</a>
rights	
Note	

***Osaka University Knowledge Archive : OUKA***

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

Osaka University

## Abstract of Thesis

Name ( Yan Naing Win )	
Title	Computation of the Propeller-Hull and Propeller-Hull-Rudder Interaction Using Simple Body-Force Distribution Model (簡便な体積力モデルを用いたプロペラ-船体およびプロペラ-船体-舵の干渉流場の数値計算法に関する研究)

## Abstract of Thesis

The study of propeller-hull and propeller-hull-rudder interaction is important to predict the efficiency of the propeller as well as its influences on the resistance of the ship hull. By the Computational Fluid Dynamics (CFD) method, the viscous flow computation of the ship hull is normally coupled with some propeller programs by viscous method or by potential flow method. In this study, the new propeller model which has been introduced recently in the author's laboratory is coupled with Reynolds' Averaged Navier Stokes (RANS) solver for ship model and the interaction problem is studied. The proposed propeller model is a simple body-force distribution model which is treated as the infinite-bladed model with a simplified quasi-steady blade element theory with implicit consideration of time averaged propeller induced velocity field. The propeller model is much simplified with its less dependency on grid-type. The two hull forms are used in this thesis and the propeller-hull interaction is studied in two cases for each hull form. The cases for one hull form are computation in original offset without hub and computation in modified hull offset by considering propeller hub and the cases for the other hull form are computations for without-rudder and with-rudder cases. The self-propulsion factors, velocity field and the propeller suction effect are analyzed in each sections of the wake region downstream the propeller. As the primary requirement of nowadays maritime industry is to reduce CO<sub>2</sub> gas emission, the computation of the interaction problem with the energy-saving devices installed on the rudder or somewhere in the appendages is targeted for the future work. In that sense, the effect of rotating hub cannot be neglected due to the presence of strong hub vortex. So, the proposed propeller model is computed for the complex geometry with stern tube and hub to consider the hub vortex and the influence of hub is studied in this research.

The dissertation is divided into seven chapters:

Chapter 1 is Introduction. Some of the previous researches are briefly described and the advantage of the current research is explained. The objectives of the thesis are listed and the scope of the work is explained.

In Chapter 2, the background of the computational methods is presented. Brief review of a CFD code, CFDSHIP-IOWA version 4.0, applied in this thesis including the mathematical models of governing equations, turbulence model, level-set method and the overset grid topology is explained. The theory of the current proposed propeller model is also explained in details and its main advantage is pointed out. The necessary experimental backgrounds are described as the results of experiment will be used for the validation of the computational result throughout the thesis.

In Chapter 3, the propeller-hull interaction for the case in which the propeller hub is not considered is explained. The proposed propeller model is coupled with the Series 60 CB=0.6(S60) hull form in original offset without any modification and without hub. The interaction of the propeller to the hull is analyzed in detail and some successive outcomes are discussed by comparing with experimental data.

Chapter 4 discusses the propeller-hull interaction when the hub is considered in the computation. The effectiveness of the energy saving devices cannot be observed well in the lack of hub in the propeller computation. This factor extends the research to include the stern tube part which is attached to the S60 hull form with

modified offset. The rotational effect of the hub is implemented into the computation and the propeller-hull interaction is studied. The results clearly describe the effect of hub is important in the interaction analysis and the advantage of the hub is pointed out by comparing with the previous computation.

Chapter 5 discusses the propeller-hull-rudder interaction with a modern commercial oil carrier model (KVLCC2). After the propeller model has been proved with simple hull form S60, the study is extended to KVLCC2 which is remarked as the study ship and is used by many research institutes. The interaction behaviors for two cases; without-rudder and with-rudder cases. Both computational results are explained by validating with Experimental Fluid Dynamics (EFD) results that is carried out in Osaka University and the discussions are made based on the comparison between the results.

Chapter 6 briefly describes the computation on different coordinate systems. The proposed propeller model has been successfully coupled with the hull and the interaction has been studied well. The future works aim at the computation of free running test with the proposed propeller method in inertial coordinate system. This chapter outlines some basic transformation between the inertial and non-inertial coordinate computation and draws the conclusion and proposes the future work. The proposed propeller method has been proved with its effective outcomes. It is concluded that the future work will be proceeding by the computation of the propeller-hull interaction with energy saving devices and the free running maneuvering tests.

In Chapter 7, over all conclusions are drawn from the computational studies. The future plan for upgrading the computational method is also mentioned.

## 論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 ( Yan Naing Win )			
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	准教授	松村 清重
	副 査	准教授	鈴木 博善

## 論文審査の結果の要旨

現在、数値流体力学的手法(以下 CFD)により実際のプロペラを滑り格子により回転させて計算することで、船体・プロペラ・舵の相互干渉流場を推定することも可能になってきている。しかし一船長進む間にプロペラは数十回転するので 4 翼ないし 5 翼のプロペラの翼周りの流れを推定するには非常に小さい時間間隔で計算しなければならない、一船長進む計算に非常に長い時間を要する。従って非常に厳密な手法であるが、省エネルギーデバイスなどを変更して性能を計算するような場合や、船の操縦運動を推定するために用いるのは難しい。一方、非粘性のプロペラ性能計算手法と組み合わせて、CFD 計算の中ではプロペラの影響を体積力分布により表現する手法がある。この方法は多くの研究者により使われているが、非粘性手法での後流渦の形状の仮定やプロペラ面の誘導速度を CFD による結果から差し引いたものをプロペラ性能計算手法の入力として使わなくてはいけないなど不確定の要素が数多い。本論文では、船体・プロペラ・舵の相互干渉流場を計算するために、CFD 計算結果を直接用いる大阪大学で提案された新しい体積力分布の推定手法を船体周りの CFD コードに組み込み計算する手法を提案している。この手法は、プロペラ誘導速度の影響を陰に考慮した翼素理論から時間平均のプロペラ面内の体積力を推定する手法で、これまでの方法より格子の形に依存せず簡便化されており、また舵の存在や運動などによる後流渦の変形も考慮された形になっている。この本論文により提案された手法を用い、いくつかの実験結果がある船型についての計算を行い、妥当性を検討している。本論文の構成は以下のとおりである。

まず既往の研究の概観と本論文の目的及び提案されているプロペラ・船体の相互干渉計算手法の他の計算手法に対する優位性などを述べている。その後、本研究で用いられている CFD コード CFDSHIP-IOWA についてその概要が示されている。また本研究で用いられているプロペラ体積力分布計算の手法が詳細に述べられている。

シリーズ 60 貨物船船型に対する船体・プロペラ相互干渉流場の計算結果が示されている。まず、プロペラハブの影響を考慮しない計算結果が示され、プロペラ後流のハブ渦近傍を除いて本論文の手法は流場をよく推定可能であることを示している。また、実船の推進性能を考える上で非常に重要である自航要素についても精度よく推定できることを示している。しかし船体・プロペラ・舵の干渉を考えるためには舵や付加物とプロペラの回転流の干渉を推定するため必要があるため、ハブの回転を考慮した計算法を提案している。この計算結果は、ハブの回転の影響を考慮しない計算と比較して強いハブ渦を再現できており、付加物を用いた回転流回収による推進性能向上を推定するためには必要な手法であることを示している。

次に KVLCC2 タンカー船型について船体・プロペラ・舵の相互干渉流場の計算結果が示されている。ステレオ PIV 計測による流場と比較し、タンカーのような肥大船の場合、船体周りの面内流速とプロペラ回転速度の相対速度により、右舷の圧力が高くハブ渦が舵の左舷側を通ることなど詳細な流れの特徴を再現できることを示している。また将来の自由航走の推定のための慣性座標系での速度を用いた計算を示し、その後全体の決言を述べている。

以上のように本論文は新しい体積力モデルを用いた船体・プロペラ・舵の相互干渉流場を計算する手法を提案し、実験との比較により妥当性を示している。この手法は今後の高性能船の開発に寄与するところが大いと考えられる。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。