



| | |
|--------------|---|
| Title | A CFD Study on the Propeller-Hull Interaction Flow in Waves Using Body-Force Distribution Model |
| Author(s) | Tokgoz, Emel |
| Citation | 大阪大学, 2015, 博士論文 |
| Version Type | VoR |
| URL | https://doi.org/10.18910/53979 |
| 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 (Emel Tokgöz) | |
| Title | A CFD Study on the Propeller-Hull Interaction Flow in Waves Using Body-Force Distribution Model (体積力分布を用いた波浪中を航行する船体とプロペラの相互干渉流れの数値計算手法に関する研究) |

Abstract of Thesis

The computation of the flow field around the self-propelled ship is important to understand the propulsive efficiency in waves or with maneuvering motion. The present CFD (Computational Fluid Dynamics) codes can handle the flow field around a ship with a rotating propeller. However, the computation takes long time due to the difference in non-dimensional time if the real geometry and the rotation of the propeller are treated in CFD code. Therefore, those methods are not easy to be applied to the iterative geometry manipulation, which is very important for the design process. From this point of view, a new body-force propeller model has been developed which uses a simplified quasi-steady blade element theory (BET) to compute the thrust and torque distributions by using the total velocity field obtained from CFD code. The applicability of this new body-force model is investigated by studying the effect of free surface on flow around a rotating propeller. The propeller model is much simplified that the grid type dependency is lessened. Further, the forward speed diffraction problem of fully-loaded KVLCC2 tanker at $Fr=0.142$ in regular head waves is discussed numerically by using the body-force model. Finally, the motions of KVLCC2 at $Fr=0.142$ in regular head waves with wave lengths $\lambda/L=0.6, 1.1$ and 1.6 are predicted by using the proposed propeller model.

The dissertation is divided into six chapters:

Chapter 1 reviews the literatures, points out the objectives and contributions of this thesis. It also presents the overview of the document.

Chapter 2 presents the development of a new body-force model for the rotating propeller within viscous flow code and its application to uniform flow and propeller advancing with the angle of attack. The solid-surface effect on the propeller loading and power is also investigated. The detailed mathematical formulation of the model and the computational outline is explained. The model presented here aims to reduce the computational effort while keeping the effect of ship with motion in quasi-steady manner for propeller. Open-water validation simulations are done for the Modified-AU type fixed-pitch propeller. In the further chapters, this body-force model will be employed for propeller-hull related flow problems.

Chapter 3 introduces the effect of free surface on the flow around a rotating propeller by varying the propeller immersion depth to investigate the applicability of the new body-force method. A simplified quasi-steady BET is coupled with the RANS code CFDSHIP-IOWA to calculate the body-force distributions. The body-force distributions are used for the computation of the flow field around the propeller near the free surface. The computational method, grid generation and the computational outline is explained. Propeller open-water characteristics are simulated in still water for different immersion depths for the Modified-AU type fixed-pitch propeller. The propeller open characteristics are compared with the experimental data. The results of the propeller inflow and the propeller wake are discussed in detail.

Chapter 4 discusses the ship forward speed diffraction problem numerically because of its importance to predict the ship motions in wave fields. The body-force propeller model with a simplified quasi-steady BET is coupled with the RANS code CFDSHIP-IOWA to study the forward speed diffraction problem of the tanker KVLCC2 in fully-loaded condition. The test conditions, ship and propeller geometry are explained. Also, the

CFD method (CFDSHIP-IOWA V4.5) utilized in the current work is explained in detail. Herein, the propeller boss effect is also included. The simulations are done for the ship advancing at design Froude number $Fr=0.142$ under regular head waves with the same wave amplitude ($A=0.009375L$, where L is the ship length) and three different wavelengths ($\lambda/L=0.6, 1.1$ and 1.6). The computations are also carried out without propeller for the same cases to analyze the propeller effect on the flow field. The results are discussed at the end.

Chapter 5 presents the prediction of the motions and the propeller performance of KVLCC2 at $Fr=0.142$ in regular head waves with wavelengths $\lambda/L=0.6, 1.1$ and 1.6 using body-force propeller model. The body-force propeller model with a simplified quasi-steady BET is coupled with the RANS code CFDSHIP-IOWA. The experiment conducted in the towing tank of Osaka University, including the PIV (Particle Image Velocimetry) measurement for the wake field is briefly explained. The complicated flow field around the self-propelled ship in waves is investigated and the wake flow is compared with the PIV measurements. The simulation results for the thrust and time histories are compared with the PIV measurement results.

Chapter 6 summarizes the development of the new body-force propeller model and the application of it for propeller-hull related flow problems. And, investigates possible future research.

論文審査の結果の要旨及び担当者

| 氏 名 (Emel Tokgöz) | | |
|---------------------|---------|--------------------|
| 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 | 松村 清重 |
| | 副査 准教授 | 鈴木 博善 |

論文審査の結果の要旨

波浪中を自航する船体の船体周りの流れと推力を計算することは、実海域における推進性能を理解するためには非常に重要である。現在の最も進んだ数値流体力学プログラム（CFD）では、船体について回転するプロペラをそのまま離散化して取扱い船体周りの流れを計算することが可能になってきている。しかしこの手法ではプロペラ翼周りの流れの時間スケールと船体が1船長進む時間スケールが大きく異なるため、波浪中の運動や操縦運動をプロペラの付いた状態で計算するには非常に長い計算時間がかかることになり、実際の設計のための計算に用いることは不可能である。このような状況の中、本研究では CFD 計算中のプロペラのモデル化として用いられている体積力分布を非粘性流プロペラ性能推定プログラムと相互に計算するのではなく、CFD 計算の内部で計算する新しいプロペラのモデル化を提案している。また、いくつかの簡略化した流れに対する予備計算のあと波浪中でプロペラを作動しピッチ、ヒープ運動しながら前進する模型船の周りの流れに適用し詳細な実験と比較検討している。

第1章では、これまでの研究の概要を示し、本研究の目的と研究全体の概要を示している。

第2章では、回転するプロペラを CFD 計算で表現する体積力分布の新しい計算手法について示している。詳細な手法の説明と一緒に用いられる CFD コードの概要が示されている。一様流中に置かれたプロペラに適用した結果を示し、船体の一部を模した平板の影響やプロペラへ斜めからの流入速度の場合について計算結果が示されている。比較的短い計算時間でプロペラの単独性能や斜航の影響、固体壁の影響について計算が可能なことを示している。

第3章では、単独プロペラと自由表面の干渉問題に対して提案された手法を適用した結果を示している。ここでは本研究で提案されたプロペラ体積力モデルがプロペラの一部が空気中に露出するような場合にも適用可能であるか調べるため、内藤らによる実験と比較検討し推力、トルクのプロペラ没水深度による変化がある程度推定可能であることを示している。

第4章では、船体が固定された状態で波浪中を前進するいわゆるディフラクション問題について述べている。船体にプロペラを取り付けても新しいモデルは問題なく CFD プログラムとともに動き、波の影響による推力の変動の推定が可能であることを示している。

第5章では、波浪中をピッチ、ヒープ運動しながら前進する場合に適用している。波長船長比 $\lambda/L=0.6, 1.1, 1.6$ の場合に適用し実験と比較検討を行っている。計算された運動、推力変動は実験結果をよく推定しており、本研究で提案したプロペラモデルが波浪中で有効に機能していることを明らかにしている。計算結果の流れ場とステレオ PIV 実験による位相平均流場を比較検討し流れ全般にわたりよい一致が得られることを示している。

第6章では、本研究の結論を述べ、今後の研究課題について述べている。

以上のように、本論文は波浪中における推進性能推定法に必要な手法を提案しており、更なる省エネルギー船型開発のために必要な情報を提供するものであり、今後の船型開発に重要な貢献をするものである。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。