OUKA
The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	Computational fluid dynamics study on ship maneuvering in calm water and waves
Author(s)	Roychoudhury, Seemontini
Citation	大阪大学, 2021, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/85408
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

Form 3

Abstract of Thesis

Name (ROYCHOUDHURY SEEMONTINI)	
Title	Computational fluid dynamics study on ship maneuvering in calm water and waves (数値流体力学を用いた平水中および波浪中の船舶操縦性に関する研究)

Abstract of Thesis

Over the years, dependable estimates of maneuvering performance have been obtained using mathematical model for equations of motion and model testing to get the hydrodynamic force coefficient but are costly, time-consuming and the flow field to understand the propeller-hull-rudder interaction is rarely measured. Alternatively, Computational fluid dynamics (CFD) provides answers to the pitfalls of model testing but it has its challenges. One of the major factors affecting the accuracy of computational studies of ship hydrodynamics is the propeller modelling. Several researches have focused on using fully discretized propeller modelling for maneuvering simulations. However, it requires elaborate modelling and is computationally exhaustive especially in maneuvering studies. Alternatively, a body force propeller model capable of capturing the hull-propeller-rudder interaction efficiently is advantageous. In this study, we propose an approach of using Unsteady RANS coupled with the Osaka University (OU) propeller model for KCS free maneuvering studies. The model uses the total inflow velocity at the propeller plane thus eliminating the need of assuming the direction and path of the free vortex, critical to maneuvering simulations. The model is thus efficient in unsteady/asymmetric flow.

This is one of the first attempts to use the RANS solver coupled with the OU body force propeller model in free-running 6 Degrees of Freedom (DOF) simulations with moving rudder. The time-series results of self-propulsion, zigzag maneuvers, and turning circle maneuvers were validated against experimental data of IIHR wave basin for motions, self-propulsion point, and neutral rudder angle. The results were also compared against other propeller models to understand its effectiveness. The study was further extended to studying course-keeping in waves (λ/L=0.65, 1.00, 1.15, and 1.37). Fourier series analysis was conducted for unsteady time series in wave conditions and compared with data from various institutes to ensure reliable prediction. Additionally, the velocity profile and pressure plots around the moving rudder were studied and compared with OU-PIV measurements. The general forecast of motions was promising and quantitative values of maneuvering characteristic was reasonable.

The whole thesis is organized as an essay containing eight chapters as follows:

Chapter 1 provides an insight into the status of available numerical assessment capabilities of maneuvering characteristics. The objective and motivation of this study are described thereafter.

Chapter 2 describes briefly the theory of the computational methodology (solver and the propeller model) used in this study.

Chapter 3 presents the test matrix along with the geometry data used in all computations.

Chapter 4 details the adopted grid systems used in this computational study.

Chapter 5 presents the simulation design describing the adopted boundary conditions, numerical schemes and feedback controllers.

Chapter 6 furnishes the computational results of self-propulsion under course-keeping control and maneuvering in calm water. The analysis of the local flow field has also been added.

Chapter 7 discusses the computational results of maneuvering in head waves. The harmonic analysis of the unsteady series has also been added.

Chapter 8 concludes this study by summarizing and reviewing our main findings.

様式７

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏　名	（ ROYCHOUDHURY SEEMONTINI ）		
	（職）		氏　名
論文審査担当者	主 査	教 授	戸田 保幸
	副 査	教 授	梅田 直哉
	副 査	准教授	牧 敦生
	副 査	准教授	鈴木 博善

論文審査の結果の要旨

長い間、船舶の操縦性の信頼のおける推定のためには船体の運動方程式から導かれる数学モデルとその方程式中の流体力微係数を求める模型実験が必要であった。これには多額の費用と時間がかかるだけではなく、船体、プロペラ、舵の相互干渉を理解するための流場計測などは、これよりもさらに多くの時間が必要なため、ほとんど行われていないのが現状である。これに対して計算流体力学 (CFD)は流れの詳細を可視化可能であり、性能と現象の関係を解明できる可能性を秘めている。しかし、操縦運動の自由航行状態の CFD 計算を行うには長い計算時間が必要であり、特にプロペラの実幾何形状を完全にモデル化する場合、プロペラ翼回転の時間スケールと操縦運動の時間スケールが大きく異なるため非常に長い時間がかかる。本論ではこれに対し、プロペラの翼が次の翼の位置に来る時間で時間平均したプロペラ体積力モデル（大阪大学モデル）を使用することにより、プロペラに働く上下力や横力の詳細を失うことなく自由航行操縦運動を計算する方法を示している。これにより、比較的短時間でプロペラが回転し、舵を動かしながら自由に航行する模型船の運動と流れを計算できるようにしている。この手法が自由航行をする船体周りの流れの推定 CFD に用いられたのは本論文が初めてであるとしている。

自航回転数、中立舵角を含む進路保持操船、Z 試験状態、旋回操船状態に対する時系列計算結果をアイオワ大学の角水槽で行われた実験と比較することにより検証を行っている。また計算結果は、回転する実幾何形状を取り扱うものも含む他の手法を用いた結果とも比較検討し、提案手法が有効であることを示している。本論文の手法を様々な波長船長比における波浪中の進路保持操船に拡張している。この計算結果の時系列に対してはフーリエ解析を行い、いくつかの研究機関で得られた実験結果と比較することにより、信頼できる推定が行いうることを示している。さらに舵周りの流れ場や舵表面の圧力を解析することにより現象の詳細を示している。流れ場は大阪大学の水槽で得られた SPIV（ステレオ粒子画像計測法）計測結果と比較し、本論文の手法により推定が可能であることを示している。

論文は以下の８章からなっている。

第１章では、数値計算による操縦性予測の現状を示している。また本研究の目的と動機が示されている。

第２章では、本研究で用いられたソルバーとプロペラモデルについて数値計算手法の理論を示している。

第３章では、本研究で用いられた船型の要目、幾何形状および計算を行った状態について詳細を示している。

第４章では、慣性座標系で、船体とともに動くバックグラウンド格子と船体周りの格子、プロペラ周り、舵周りの格子、およびこれらの格子の重合など、計算格子の詳細を示している。

第５章では、適用した境界条件、数値計算スキーム、操縦性運動計算時に用いるフィードバックコントローラの詳細を示している。

第６章では、平水中の計算結果と実験結果を比較するとともに、舵周りの流れ場の比較も行い、本研究で提案の方法によって十分な精度を有する計算結果が得られることを示している。

第７章では、波浪中の計算結果を示し、利用可能なデータと比較し、計算結果を評価している。

第８章では、本論文で得られた知見をまとめている。

以上のように、本論文は比較的短時間で自由航行状態を直接 CFD 計算する手法を提案しており、操縦性能と流場の関係を解明できる可能性を示している。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。