OUKA
The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	Simulation Study on Ship Manoeuvring and Control for Establishing Minimum Propulsion Power Requirement under Adverse Weather Conditions
Author(s)	Aung, Myo Zin
Citation	大阪大学, 2021, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/85406
rights	
Note	やむを得ない事由があると学位審査研究科が承認したため、全文に代えてその内容の要約を公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

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 (MYO ZIN AUNG)	
Title	Simulation Study on Ship Manoeuvring and Control for Establishing Minimum Propulsion Power Requirement under Adverse Weather Conditions (荒天下最低推進出力ガイドライン策定のための船舶操縦制御についての シミュレーションによる研究)

Abstract of Thesis

For preventing global warming, it is essential to reduce the emission of carbon dioxide from international shipping. However, the excessive reduction of the ship propulsion power could induce the loss of manoeuvring control, which results in grounding and collision accidents under adverse weather conditions. Thus, it is crucial to establish the minimum propulsion power requirement under adverse weather conditions. For this purpose, in this thesis, a simulation study on ship manoeuvring and control is executed to identify the critical engine power under the severe sea states and the critical sea state under the limited engine power. A modular time-domain simulation model for ship manoeuvring in adverse weather conditions is proposed: the engine-propeller dynamics and the engine control system (governor), including the fuel load limiter for overload protection, are also taken into account. Even if the ship can keep her straight course under the severe wind and waves, it is insufficient. For example, the ship has to avoid the anchored vessels for safely leaving the port. Therefore, for realizing such the ship navigational control, an optimal control-based path-planner and the Line-Of-Sight (LOS) guidance for path-following are implemented in addition to the conventional heading-control autopilot.

This thesis consists of six chapters.

Chapter 1 gives the background, literature survey and outlines of the thesis.

Chapter 2 presents the methodologies applied for modelling the manoeuvring motions for the adverse weather conditions, including steering and propulsion control system, engine load limits, wind and wave drift forces, first-order wave-induced motions, and the assessment of propeller and rudder emergences.

Chapter 3 describes the principal particulars of the subject ship used for manoeuvring simulations. Moreover, the experimental validation of wind and wave drift forces and first-order wave-induced motions in irregular waves for the subject ship are also given.

In Chapter 4, manoeuvring simulations in the different Beaufort wind scale (BF) conditions are executed to assess the safe navigation limit of a Handymax bulk carrier in severe weather. The effects of propeller and rudder emergences on the ship manoeuvring and engine-propeller dynamics are examined. Moreover, the effects of different initial forward speeds on the ship trajectory in the time-domain simulations are also discussed. To be analyzed the effect of smaller propulsion engines in new ships due to tightened Energy Efficiency Design Index (EEDI) guidelines, the performance of different engines power in adverse weather conditions are compared together with their respective EEDI values.

In Chapter 5, the shortcomings of using the conventional autopilot alone under enormous external forces are shown with the course-keeping simulations in different BF conditions. A path-following control strategy based on LOS guidance is proposed to navigate adverse weather conditions with comparative simulations between the conventional autopilot alone and path-follower. Moreover, a general-purpose optimal path-planner is also proposed to obtain the collision-free path with the static obstacles of known positions, representing a small island or an anchorage near a port. Then, path-following simulations on the generated collision-free path are conducted to evaluate the proposed control strategy in adverse weather.

Chapter 6 summarizes the thesis and gives some ideas on potential improvements to the manoeuvring simulator.

様式 7

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏　名　（　MYO　ZIN　AUNG　）		
	（職）	氏　名
論文審査担当者	主 査　教授	梅田　直哉
	副 査　教授	戸田　保幸
	副 査　准教授	牧　敦生

論文審査の結果の要旨

地球温暖化防止のための脱炭素化は今日最重要の全世界的な技術課題のひとつであり、国際海運からの温室効果ガスの排出もドイツ一国分に相当するなど無視できない。このため、国際海事機関は新造船舶に設計燃費基準を強制化したが、その最も確実な対処法は推進機関出力を抑えることである。しかしながら、推進機関出力を小さくすると荒天下の航行能力が不十分となり、座礁・衝突などの事故につながるため、その出力の下限も抑えることが不可欠である。この研究は、国際海事機関が本年 6 月承認した最低機関出力ガイドライン策定のための研究の一つである。これまでの研究は、主に船体に働く力とモーメントの釣合をベースに検討するものであり、激しい動揺で舵や推進器が瞬間的に空中露出する影響や港外に錨泊している船舶を回避して港外脱出する操船への影響などは未解決であった。本論文では、風波中の模型実験で検証された数学モデルと最適制御理論による数値シミュレーションによりこれらの解決を図っている。

本論文は、6 章から構成されている。

第 1 章では、本研究の背景、文献調査、論文の構成を説明している。

第 2 章では、荒天下の船舶操縦運動の数学モデル化の方法を述べている。ここには、操舵・推進制御系、機関出力制限、風波による漂流力、船体動揺、舵・推進器の空中露出を含んでいる。

第 3 章では、シミュレーションに用いた船の主要目、そして当該船舶の風波による漂流力、不規則波中船体動揺の実験的検証を示している。

第 4 章では、荒天下のハンディマックス・バルクキャリアーの安全航行限界を評価するため、種々のビューフォート風力階級下での操縦シミュレーションを実施している。これにより、舵・推進器の空中露出が、船体・推進器・機関の動特性に与える影響を検討している。さらに、初期船速が時間領域シミュレーションによる運動軌跡に及ぼす影響も議論している。さらに、強化された設計燃費基準に適合するように推進機関の出力を絞った影響を調べるため、設計燃費基準の段階ごとの推進機関の荒天下性能を比較している。

第 5 章では、種々のビューフォート風力階級下での保針シミュレーションにより、非常に強い外力下での通常の自動操舵装置の限界を示したうえ、経路追従制御との比較を行っている。さらに、一般化した最適経路追従制御も、小さな島や港外錨泊船のような静止障害物との衝突を自動的に避けるために、提案している。それにより作成された衝突回避経路の追従シミュレーションにより、提案している荒天下制御戦略を評価している。

第 6 章は、論文を総括し、操船シミュレーターの改良の可能性についての考えを述べている。

以上のように、本論文は、脱炭素化という国際海運にとっての重要課題の解決に際し制約となる船舶機関出力の下限を抑えるガイドラインを国際海事機関などが厳密に検討する際の技術的根拠を、風波中の船体、推進器、推進機関、操舵機の動特性を世界に先駆けて力学的かつ包括的に扱い、さらに最適制御理論による座礁・衝突事故回避の操船法も考慮して新たに与えるものであり、学術的にも実用的にも価値は高い。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。