

Title	Manoeuvring and Guidance of Catamaran Wave Adaptive Modular Vessel
Author(s)	Pandey, Jyotsna
Citation	大阪大学, 2017, 博士論文
Version Type	VoR
URL	<a href="https://doi.org/10.18910/67161">https://doi.org/10.18910/67161</a>
rights	
Note	

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

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

Osaka University

## Abstract of Thesis

Name ( Pandey Jyotsna )	
Title	Manoeuvring and Guidance of Catamaran Wave Adaptive Modular Vessel (Wave-Adaptive型双胴船の操縦性能とその制御)
<p>Abstract of Thesis</p> <p>Autonomous path planning of the ship is a very challenging problem in terms of navigation, controller design and guidance algorithm. Specially, controller design for high speed autonomous vehicles such as Wave Adaptive Modular Vessel (WAM-V) is challenging due to uncertainty in dynamic models, significant sea disturbances, underactuated dynamics and unknown hydrodynamic parameters. Usually, highly expert and intelligent controller is required to make a suitable decision considering various environmental conditions. Hence, this thesis deals with the development of an underactuated controller for WAM-V, which is able to navigate between waypoints.</p> <p>A WAM-V is a shallow-draft high speed catamaran vessel, with tremendous controllability and maneuverability. In order to fully understand the dynamic behaviour of WAM-V, MMG type of mathematical model are used. The manoeuvring behaviour of the vessel is also studied with the help of the experiments. This study is divided into two parts.</p> <p>The first part of the study deals with the development of a dynamic mathematical model of WAM-V. In order to develop an accurate mathematical model, captive model tests and free running experiments are carried out. Here, MMG type of model is applied. The resistance force on a mono hull and twin hull has been investigated by captive model tests. The drift tests are also conducted in order to determine the manoeuvring derivatives. In order to study the manoeuvring characteristics of the WAM-V, speed tests and turning tests are conducted at Osaka University free running pond facility. By using system identification method, the free running experimental data are further used to identify the unknown manoeuvring derivatives, which cannot be determined from the captive model tests.</p> <p>In the second part, a fuzzy reasoned double loop controller is proposed for navigation path planning of WAM-V. In the outer loop of the controller, fuzzy controller is utilized to feed the desired heading. In the inner loop, a PID feedback controller is used to correct the desired course generated by the fuzzy reasoned algorithm. The control system provides the required feedback signals to track the desired heading obtained from the fuzzy algorithm. After PID generates the appropriate command, thrusts are allocated to the port side and starboard side thrusters. Finally, thrusts are allocated to both the thrusters based on the lookup table which is obtained from the free running model experiments. Using the proposed controller, several experiments are conducted at Osaka University free running pond facility. The proposed control scheme is successfully performed the navigation path planning.</p> <p>The main conclusions obtained in this thesis are:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. The MMG type maneuvering mathematical model has been found applicable to the model with shallow-draft and twin hull- twin propeller system such as WAM-V.</li> <li>2. In order to better quantify the WAM-V dynamics with respect to autonomous control design, captive model tests and free running model test have enabled significant contribution.</li> <li>3. The waypoint navigation experimental results show that the fuzzy guided waypoint controller scheme is simple, intelligent and robust.</li> <li>4. The goal of this research is to present a solution to the waypoint control problem for the underactuated catamaran vessel (WAM-V), which is achieved successfully.</li> </ol>	

## 論文審査の結果の要旨及び担当者

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

## 論文審査の結果の要旨

本研究は、Wave-adaptive 型双胴船の操縦性能とその制御を取り扱ったものである。この研究は大きく分けて、以下の2つの内容で構成されている。

1. 左右舷に配置されたプロペラの推力配分を考慮した操縦運動性能シミュレーションモデルの構築
2. Fuzzy 制御理論を基礎とした自動航行制御

近年注目されている船舶の自律航行制御には、精度良く運動を見積もることができる操縦性能数学モデルや制御アルゴリズム等の構築が必須であり、研究テーマとして挑戦的であるといえる。特に本研究の供試船は Wave-adaptive 型双胴船という従前あまり例のない新形式船型であり、数学モデルの構築を含め、取り組むべき課題が多い。

本論文は全10章で構成している。

第1章では、研究背景と研究理由を説明している。特に、Wave-Adaptive 型双胴船（以下、供試船という）について、近年の研究を紹介し、本供試船のような双胴船が持つ一般的特質や船型の利点等について述べている。

第2章では、本研究で用いた供試船の概要と搭載機器類について、ソフト及びハードの両側面より説明している。

第3章では、平水中における操縦運動数学モデルについて説明している。今回の供試船では、通常船舶に装備されているような舵ではなく、左右舷に配置されたプロペラの推力配分により操縦運動を行うものとしている。そのことを考慮し、左右の推力差を考慮した操縦運動応答方程式を新たに導き、これが通常船舶についての応答方程式と同様な形になることを示している。

第4章では、前章で考察した、操縦運動数学モデルに含まれる各種の操縦流体力微係数を決定するための実験について取り扱っている。まず、大阪大学船舶海洋試験水槽における平水中抵抗試験及び斜航試験により、前進時及び斜航時の操縦流体力微係数を決定し、それらの特性について論じている。次に、次章での検討に必要な、大阪大学自由航走実験池にて実施した、平水中旋回試験結果を説明している。加えて、本供試船の特徴の一つである左右舷に配置されたプロペラの推力配分の実施に必要な回転方向及び回転数と推力の関係についても整理し、推力配分による操船実施の見通しを得ている。

第5章では、未知数として残された操縦流体力微係数を、前章の自由航走試験結果を用いて同時に決定するためのシステム同定手法を説明している。その結果、本研究で用いた左右舷に配置されたプロペラの推力配分を考慮した操縦運動数学モデルを用いたシミュレーション結果が実験結果と定性的に一致していることを示し、当該モデルの有効性を示している。

第6章から第8章では、与えられた変針点列から時々刻々の指令針路を生成するために Fuzzy 理論を適用し、その中で用いるメンバーシップ関数等について説明している。

第9章では、それを自由航走実験池での実験に用いるための具体的計算手法を示している。また、左右舷に推力を配分するためのアルゴリズムについても説明し、これらを組み合わせた航路保持制御アルゴリズムを提案している。そして、構築したアルゴリズムを用いて自由航走実験池において実験を行い、その有用性を検証している。その結果、Fuzzy 理論による指令針路生成アルゴリズムと、推力配分アルゴリズムを組み合わせた航路保持制御により、供試船の

自動航行制御が可能であることを明らかにしている。

第10章では、以上を総括して結論としている。

以上のように、本論文は、近年注目されている船の自動航行制御について、Wave-adaptive型双胴船を対象とした操縦運動数学モデルの構築と検証及びその自動航行のための制御アルゴリズムを扱ったものである。今回用いた供試船は、従来の船舶とは大きく異なる船型を持つ上、左右舷に配置されたプロペラの推力を配分することによる操縦運動を行うなど、従前の操縦運動分野の研究成果を直接利用しにくいという問題がある。そのような困難な課題に対して、理論や拘束模型実験によって操縦運動数学モデルを構築し、その有用性を自由航走実験により最終的に確認したという点で、学術上の貢献は大きい。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。