



Title	STUDY ON BIOMIMETIC SQUID-LIKE UNDERWATER ROBOTS WITH TWO UNDULATING SIDE FINS
Author(s)	Rahman, Md. Mahbubar
Citation	大阪大学, 2013, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/26168
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

Synopsis of Thesis

Title: STUDY ON BIOMIMETIC SQUID-LIKE UNDERWATER ROBOTS WITH TWO UNDULATING SIDE FINS

(屈曲型側ヒレ推進機を持つ生物模倣イカ型水中ロボットに関する研究)

Name of Applicant: MD. MAHBUBAR RAHMAN

Underwater robots can explore the unknown resources or sunken ships in the complicated seabed topology of the coastal area and oceans, both from the scientific and industrial perspectives. In our laboratory, a squid-like robot with two undulating side fins which mimics to those of Stingrays or Cuttlefishes has been studied for a long time. The present model is the fifth generation of the Squid-like underwater robot. In this dissertation, the contribution of the applicant towards the development of precisely controllable and environmentally friendly underwater vehicle is discussed. In the study, the CFD computations on the flow field around bodies similar to the Squid-robots were conducted. The simulation of motion of the robot using the undulating fin propulsion system was also carried out. The computation and simulation were verified by comparing the results with the experiment.

The dissertation is divided into five chapters:

Chapter 1 introduces a brief review of research history of developing the Squid-robot. The endeavor of researchers in developing underwater vehicles including undulating side finned robot is mentioned. The background and the objectives of the present study are also discussed.

Chapter 2 describes the CFD computation of the flow field around bodies similar to the Squid-robot. At first, the computation was conducted on a flat body with two undulating side fins then the computation was extended to Model-4 of the Squid-robot. The Finite Analytic Method for space discretization and Euler Implicit Scheme for time discretization along with the PISO algorithm for velocity pressure coupling were used in the computation. Body-fitted moving grids were generated around the bodies using the Poisson equation at each time step. Based on the computed results, the features of the flow field and hydrodynamic forces acting on the body and fin were discussed. A simple relationship among the fin's principle dimensions was established. Subsequently, the relationship was examined by considering the distribution of the thrust force on the fin surface. Finally, for the fin, the open characteristics from computed data were compared with the experimental observations.

Chapter 3 gives an illustration of the braking performance of the undulating fin propulsion system of the squid-robot which was investigated through free run experiment and simulation of the quasi-steady mathematical model. In this study, the quasi-steady equations of motion were solved using the measured and calculated hydrodynamic forces and compared with free-run test results. Various braking strategies were tested and discussed in terms of stopping ability and the forces acting on the stopping stage. The stopping performance of the undulating fin propulsion system turned out to be excellent considering the time and distance from the start of

stopping motion due to the large negative thrust produced by opposite direction progressive wave. It was confirmed that the robot can apply its braking performance effectively even in the complex underwater explorations.

Chapter 4 describes the development of a real time simulator of the squid-robot based on the analysis of towing tank experiment and simulation of 6-DOF mathematical model in 3D space. The accuracy of the simulation was confirmed by comparing the results with experiment. The real time handling simulator was developed based on the mathematical model by using Open Dynamic Engine (ODE). It was confirmed that the robot in this simulator can move in the way similar to real robot using same control parameters.

The final chapter, chapter 5 contains the main conclusions drawn from the computation and simulation studies of the thesis. The future plan for upgrading the underwater robot is also mentioned.

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (MD. MAHBUBAR RAHMAN)			
	(職)	氏 名	
論文審査担当者	主 査	教授	戸田 保幸
	副 査	教授	加藤 直三
	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

近年海中探査等を目的として水中ロボットに関する研究が数多く行われている。それらの中でも水中生物を模擬し、それらのもつ高い運動性能を得ることを目的とした生物模倣型の水中ロボットの研究・開発が数多く行われてきている。本論文では大阪大学において開発されてきているイカなどを模擬した屈曲型の側ヒレを推進や運動制御に用いる生物を模擬した水中移動体の最近の開発について申請者が担当した部分を示したものである。

第 1 章では、関連研究の調査結果について示し本論文の背景を述べている。またイカ型水中移動体のこれまでの開発経緯やこれまで作成されてきた模型について述べている。

第 2 章では屈曲型側ヒレが推進力を出すメカニズムについて考察するために行った CFD (数値流体力学) 計算とその結果について述べている。計算手法としては時々刻々変化するヒレ形状に適合した移動格子の生成手法と、その格子を用いた CFD 手法について説明している。まず抵抗係数として平板を考えた場合の計算結果により進行波状に側ヒレを動かしたとき、そのヒレの上下面の圧力差が常に推力を発生するように生じて変動の小さい安定した推力を発生することを示している。時間平均推力係数を実験と比較し、実験結果を表現しうることを示している。さらに実際の模型形状にヒレがついた計算を行い、実験と比較し計算結果が実験より高めの値を示すことを示している。詳細な圧力分布による検討の結果模型形状によりヒレに誘起された水平方向流れが弱められ高い圧力差が得られることが示されている。平均値の模型実験との差異は、ヒレのつけ根部分に模型ではギャップがあり、圧力差が失われることを示している。この計算結果により模型の改良手法について示している。

第 3 章では、イカ型水中移動体の大きな特徴である停止性能について述べている。最初に模型実験により、非常に高い停止性能が、前後進運動やその場での回転運動に対して得られることを示している。この現象は非定常性が大きいと考えられるが、ヒレや模型に働く力が模型速度やヒレの運動周波数などの状態変数であらわされるとした準定常の運動方程式で推定可能か調査している。その時、流体力の係数は、拘束した模型実験による力の計測などにより求めている。推定結果は実験結果を表現可能であることを示している。また、この推定計算により停止させるための逆進行波の周波数を変えて計算を行い、停止までの距離や時間について検討を行いイカ型水中移動体が非常に高い停止性能を持っていることを示している。

第 4 章では、実時間シミュレータの開発について述べている。水中移動体の 6 自由度の運動方程式について述べ、それら表現するための流体力係数について示している。これによる計算結果と比較するために、いくつかの運動について運動軌跡や姿勢を計測している。計算結果と実験結果の比較により、数学モデルがイカ型水中移動体の運動を推定可能なことを示している。この数学モデルと Open Dynamic Engine を組み合わせることによりオペレータトレーニング用シミュレータの作成を行い、様々な条件での運行訓練が行えることを示している。

第 5 章では本論文の結論と今後の展望について述べている。

以上のように、本論文は水中移動体の新しい推進手法である屈曲型側ヒレの特徴と有用性を示しており今後の水中移動体研究への寄与が期待される。公聴会における論文内容に関する質問に対しての応答も適切と認める。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。