S3-15

水中メンテナンスロボットの開発プロジェクト

The Project of Development of Maintenance Underwater Robots

○劉　青[1]，　山中　大輝[1]，　和氣　直道[1]，羽多野　正俊[2]
*Yoo Cheong[1], Taiki Yamanaka[1], Naomichi Wake[1], Masatoshi Hatano[2]

Abstract: This paper is concerned with the project of development of a maintenance underwater robot. Japan is surrounded by the sea, thus off shore structures, such as mega-floats, have been researched and developed. Then in order to maintain those structures under sea level, underwater maintenance robots are required. The robots must be unmanned autonomous robot necessarily.

In this report, we state our concept to construct the underwater maintenance robot. And then we show our constructed some equipment of the robot and basic experiment results. In addition, we made a small prototype robot to study structures concerning with the actual robot.

１．緒言

本プロジェクトは，海洋構造物のためのメンテナンス用水中ロボットの開発を目的としたものである．
日本は海に囲まれており，従来，その海洋利用について様々な研究開発が行われてきた．その中でもメガフロートのような，代替用地としての研究開発が行われてきた．このような構造物は，その特性上，一度設置すると長期間，海上で使用され，そのメンテナンスや修理には陸揚げする必要がある．しかし，陸揚げのための費用や時間，その間の利用不可など，デメリットが多い．これに対し，海面下の構造部分に対し，日常の監視・軽微な修理などを行うメンテナンスロボットシステムが望まれている．

本プロジェクトでは，このような水中メンテナンスロボットを開発することを目的に活動を行っている．本発表では，そのプロジェクト活動について報告を行う．まず開発するロボットのコンセプトについて述べ，製作中の各種機能部品，およびそれらの基礎実験結果について報告する．

２．製作する水中ロボットのコンセプト

本プロジェクトにおいて製作する水中メンテナンスロボットは，主に次のような機能等が求められる．

(1) 想定するロボットの作業環境は，水中の 5(m)四方の構造物内であるため，ロボットの全長は 1(m)程度，想定する作業水深は最大で 5(m)程度とする．
(2) その寸法上，人間が搭乗することは不可能であり，また，水中では無線電波が著しく減衰するため地上からの無線操縦は困難であり，自律型のロボットである必要がある．このような水中ロボットは UUV(Unmanned Underwater Robot)と呼ばれる．
(3) 水中ロボットは，水中における３次元的な位置姿勢制御が必要であり，位置決めに３自由度，姿勢決めに３自由度が必要であり，計６自由度の制御が必要となる．そのため，少なくとも６つのアクチュエータが必要である．本ロボットはモータ駆動によるスクリュー推進（スラスタ）とした．
(4) ６つのスラスタを制御するためには，ロボット自身の位置姿勢計測に加え，動作環境の認識が必要となり，それらのための各種センサが必要となる．
(5) 自律型ロボットの場合，環境認識と自己位置姿勢認識に基づいた制御手法が必要となる．この手法には各種あるが，本ロボットでは，別テーマにて研究中の SLAM(Simultaneous Localization And Mapping)手法を適用することを考える．しかし，この既作成手法は２次元平面を走行するロボットに対するものであり，それに対し水中ロボットは３次元 SLAM となるため，その適用にはさらなる研究開発が必要となる．
(6) メンテナンス作業のためには，ロボットアームが必要であり，またその冗長性の観点から本ロボットでは双腕のロボットアームとする．

ここで，本プロジェクトで最初に実現する機能として，(1)～(3)を考える．

３．ロボット製作

３－１　メインボディの製作

本プロジェクトで考える水中メンテナンスロボットの実現には，少なくとも前章で述べた各種の機能を実現する必要があるが，その中でも最も基礎となるロボットのメインボディの製作を先ず行った．それについて述べる．他大学・メーカ等における，水中ロボット

１：日本大学・学部・精機，２：日本大学・教員・精機

(UUV)の研究開発は，以前より行われており，箱形・円筒形型・球体等, 様々なものが提案されている[1][2]. それらの中でも，本プロジェクトで考えている用途の類似ロボットとしては，円筒形のものが多く，本ロボットでもその有効性を考慮し，円筒形を採用した.

円筒形のボディを実現するための部材として，アクリル・アルミ等がある．ここで，環境認識のためにカメラを用いた画像処理・認識や，LRF(Laser Range Finder)を用いることを想定し，そのために小型のノート PC を搭載することを考える．また，防水方法およびその加工方法，さらに素材の入手のしやすさ等を考慮した結果, 内径 210(mm), 肉厚 20(mm), 外径 250(mm), 全長 450(mm)程度のアルミパイプを２つ直列にした構造とした. 製作したボディは後述の実験の章にて示す.

３－２　スラスタ

推進力を発生させるためのスラスタとして，前述のようにモータ駆動によるスクリューを用いるが，このモータの防水が問題となる．モータの防水の方法としては主に，モーターボートのような，モータをハウジング内に密閉し，スクリューを水中に出し，その間のローター軸をシールドする手法やオイル均圧方式等があるが，小型でかつ水深が深く水圧のかかる水中ロボットの構造には向かず，またマグネット継ぎ手も小型・安価で高出力対応のものは見当たらない.

よって, モータそのものを水没させる手法を考える. 使用するモータはブラシレス DC モータとした．コイル部分は漏電しないため，そのまま水中でも良いが，基板部分は水に濡れると動作しないため流動性が良いエポキシ樹脂を使って基板に樹脂モールドした．Fig. 1 に製作したモータ部を示す.

Fig.1　Constructed sealed brushless DC motor

３－３　小型水中ロボットの試作

水中ロボットを製作するにあたり，小型水中ロボットを製作し，基本構造の確認を行った．Fig. 2 に製作したロボットを示す. タミヤの水中モータを 6 個使用し，その制御のために H8 マイコンを搭載した．また，これは，RC 装置により遠隔操作することが出来る.

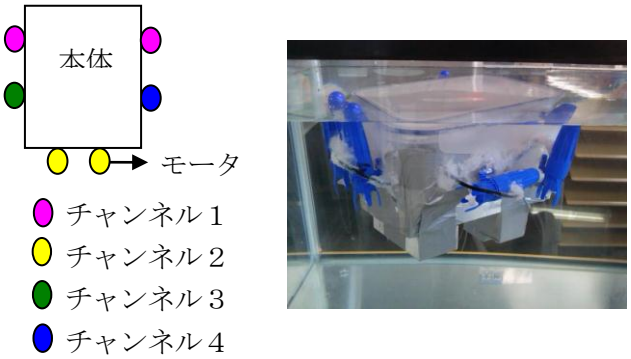

Fig. 2　Constructed small study model of UUV

４．基礎実験結果

４－１　防水モータ

Fig. 1 に示した, 防水加工を施したブラシレス DC モータを水没させ，水中での動作実験を行った．その結果，ショートすることなく正常に動作した．現在スクリューとの接続継ぎ手を製作中であり，今後，それを取り付けて推進力の測定実験を行う予定である.

４－２　浮力実験

水中ロボットの浮力を量るため，大型水槽にて実験を行った．その様子を Fig. 3 に示す．その結果，1 つの円筒ボディの浮力は 19.7N であった.

Fig. 3 Overview of experiments in a pool

５．結言

本プロジェクトで作成する水中ロボットのコンセプトを示し，その基本機構部品の製作と実験結果について述べた．それらの実験結果の詳細等については発表当日に示す予定である.

参考文献

[1] 浦環　高川真一　海中ロボット(1997)
[2] 浦環　高川真一　海中ロボット総覧(1994)