E-13

水中ロボットの水深制御応答特性に関する研究

Research on Characteristics of Time Responses of Depth Controls for Underwater Robots

○西村 光生[1]， 高橋 智博[2]， 荒木 秀介[1]， 羽多野 正俊[3]
* Mitsuo Nishimura[1], Tomohiro Takahashi[2], Syuusuke Araki[1], Masatoshi Hatano[3]

Abstract: Autonomous underwater vehicles (AUV) are needed for stable operations energy conversion systems using offshore structures with constant monitoring and maintenance tasks. In this report, we show our constructed small AUV and the control systems. Then, experimental results of time responses of depth controls are discussed.

１．緒言

本研究の目的は，自律型水中ロボットの自己位置姿勢制御手法について提案することである．従来の海洋調査には遠隔操作無人探査機（ROV : Remotely Operated Vehicle）が利用されてきた．しかし，ROV は電力供給や通信を行うためのケーブルが母船とつながっているため，索による行動範囲の制限を受ける．そこで，索の影響を受けずに自由度の高い行動を可能とした自律型無人潜水機（AUV：Autonomous Underwater Vecicle）が注目されている．AUV の自律航行の実現には，水中における３次元的な姿勢制御及び自己位置制御が必要となる．

本発表では，ロボットに搭載した圧力センサ情報を用いて水深制御を行った結果について，その基礎的な時間応答特性について検討した結果について報告する．

２．実験機

水中ロボット本体を Figure1 に、主な仕様を Table 1 に示す[1]．水中で潜水・浮上を行うため、ロボットには４基の推進器が取り付けられている．これらの推進機により潜水・浮上運動が可能である．これらの推進器はモータのコイル部を樹脂で覆うことにより防水処理を行ったブラシレスモータにプロペラを取り付けたものである．

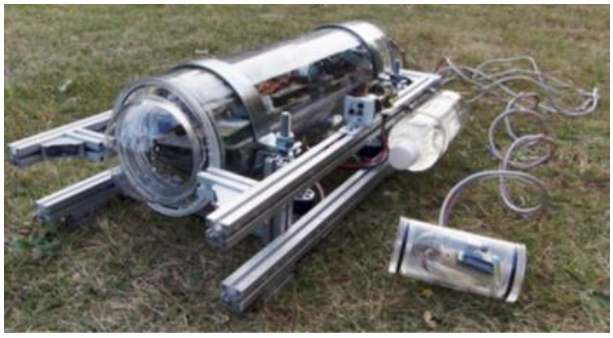

Figure 1. View of Our Underwater Robot

Table 1. Specifications of Our Underwater Robot

Body	Acrylic pipe（thickness 5[mm])
Size	L500×W260×H250[mm]
Weight	7.2[kg]
Thruster	Brushless DC motor HP-ZS2213-22
microcontroller	mbed NXP LPC1768 96MHz, memory:512kB

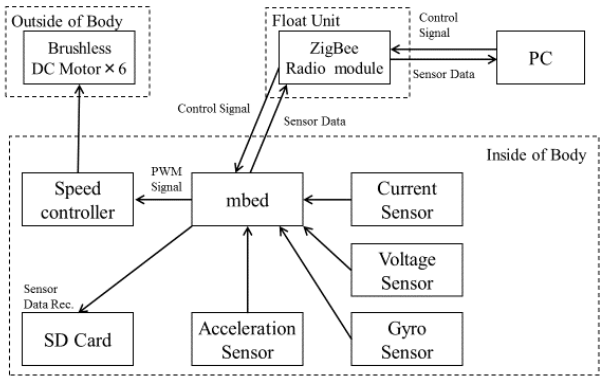

Figure 2. System Configuration of the Robot

水中ロボットの制御システム図を Figure 2 に示す．加速度・ジャイロセンサから機体に印可する加速度と角加速度を取得する．これらのセンサ情報は SD カードに保存する．また加速度情報は積分され速度及び位置を算出する．これにより水中でのオドメトリを求め，フィードバック制御を行う．

３．水圧センサの基礎実験

Figure 3 のように圧力センサを利用した水圧センサを製作し，その特性実験を行った．センサに接続したシリコンチューブを取り付け、もう一方のチューブの先端を水中内に入れる．

１：日大理工・学部・精機，　２：日大理工・院（前）・精機，　３：日大理工・教員・精機

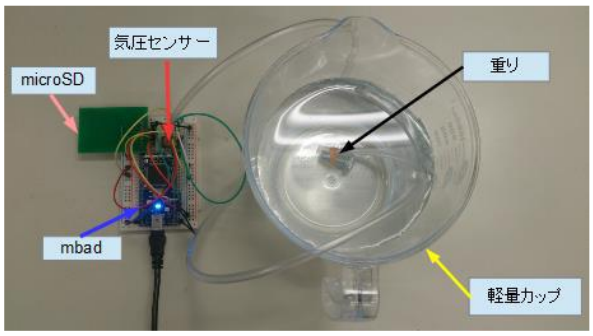

Figure 3. Overview of the experimental devices

これにより水中内のチューブの先端が受けた水圧を圧力センサを出力電圧として計測することができる．この実験装置を用いて水面をゼロ位置とし，水深 1[cm],3[cm],5[cm],7[cm],9[cm]の時のそれぞれの出力電圧を 10ms の分解能で 5 秒間計測する.これを 5 回繰り返し行い,センサの精度を検証した.

また，以下の式に,圧力センサが出力した電圧値を代入すると測定対象の水深を求めることができる.

$$h = \frac{(V_{out}-V_{off})\times 15\times 6894.76}{2.7\times 1000\times 9.8} \quad (1)$$

V_{out}：センサの出力電圧
V_{off}：大気圧の時のセンサの出力電圧

(1)式を使って 1[cm]~9[cm]の各 5 回の平均から推定水深値を算出し、プロットした時間応答グラフの一つを Figure 4 に示す．どの水深でも推定値と実測値の誤差は±0.5[cm]に収まっており、圧力センサは水深制御に有用であることがわかった.

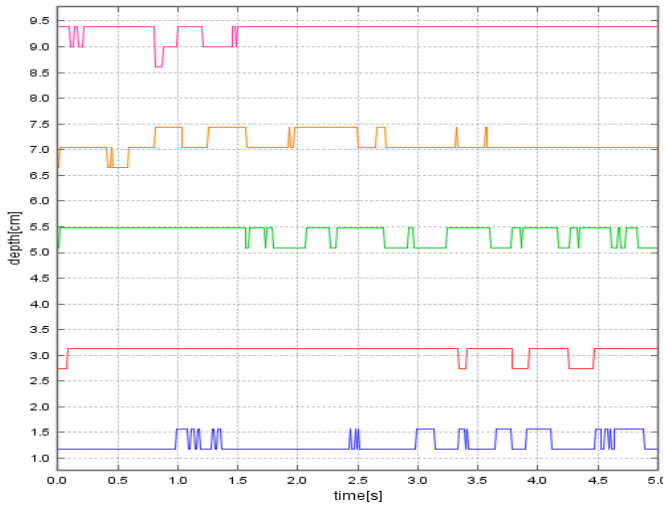

Figure4 . Time responses of the pressure sensor

4．水中ロボットの位置制御実験

水中ロボットに圧力センサを搭載し,目標水深を PC から入力し，P 制御によって目標水深まで潜水させる実験を行った．水深 18[cm]～30[cm]まで 3[cm]間隔で目標値を与えて，水深位置決め実験した際の各時間応答グラフを Figure 5 に示す．中性浮力は水面で中性となるように調整した．よってその際，ロボット本体の底部に設置された水圧センサの水面位置からの位置は -15cm となるため，Figure 5 において初期状態が-15cm となっている．目標値 18[cm]の時は目標水深が浅すぎるために，推進器が水中に十分沈まずに所定の推力を発生させることができず，1[cm]程度の定常誤差を発生している．その他の目標値に対しては，おおよそ目標の水深に達していることが分かる．なお，各応答においてしばしば見られるピーク値であるが，ロボットの水深が急変化しているのではなく，水中センサへの急激な圧力変動などのノイズの影響であると考えられる.

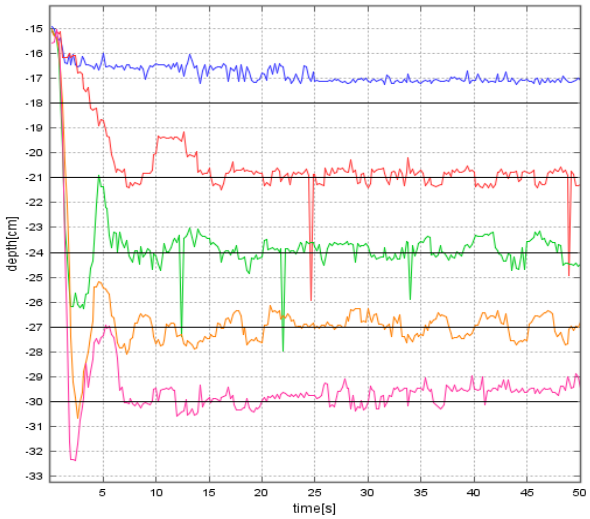

Figure 5. Time response of the depth controls

5．結言

圧力センサを用いた水中ロボットの水深制御は有用であることがわかった.今後は更なる改良を行う予定である.

参考文献

[1] 井上 凛人：「水中メンテナンスロボットの動力学に基づいた姿勢制御に関する研究」，日本大学理工学部修士論文，(2015)