E-13

水中ロボットのための自己位置姿勢制御手法に関する研究

Research on Position and Posture Control Methods of Underwater Robots

○高橋 智博¹,野澤 一樹²,森山 翔太²,坂井 一匡²,羽多野 正俊³ *Tomohiro Takahashi¹, Kazuki Nozawa², Shouta Moriyama², Kazumasa Sakai², Masatoshi Hatano³

Abstract: Recently, ocean energy conversion systems using offshore structures such as mega-floats are been attracting attention. Stable operations performed of those structures require constant monitoring and maintenance. In this study, we propose position and posture control methods using an acceleration sensor for an Autonomous Underwater Vehicle (AUV) for maintenance of underwater structures.

1. 緒言

本研究の目的は,水中ロボットが通信が困難な水中 において自律航行するために必要となる自己位置姿勢 制御手法について提案することである. 海洋上に浮か べたメガフロートに波力, 潮力, 風力などの自然エネ ルギー発電装置を設置した発電プラントシステムの安 定運用のためには、常時監視及びメンテナンスを行う 必要がある. しかし、水中での作業は地上に比べ多く の危険を伴うため、人間の代わりに水中構造部分の日 常的な監視、簡単なメンテナンスを目的とした水中ロ ボットの開発が期待されている[1]. 従来から, 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てしまう. 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、加速度センサおよび水圧センサの情報 から水中ロボットの位置姿勢を推定するための基礎的 検討結果について報告する.

2. 実験機



Figure 1. View of Our Underwater Robot

Table 1. Specifications of Our Underwater Robot

Body	Acrylics cylinder (thickness 5[mm])
Size	L500×W260×H250[mm]
Weight	About 7.2[kg]
Thruster	Brushless DC motor
	HP-ZS2213-22
Battery	Ni-Mh, 12[V], 4200[mAh]×2
microcontroller	mbed NXP LPC1768
	96MHz, memory:512kB

本研究で実験に用いたロボットを Figure 1 に、主な 仕様を Table 1 に示す.

水中での3次元方向の運動を行うため、ロボットには6基の推進器(潜水・浮上用4基,前後旋回推進用2基)を取り付けた。これらの推進機により前後進,下降・上昇,ロール,ピッチ,ヨーの5自由度の運動が可能である。これらの推進器はのコイルを樹脂で覆うことで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[2].

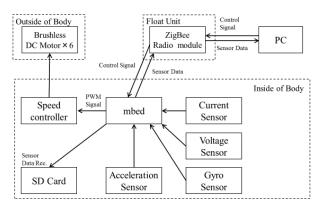


Figure 2. System Configuration of the Robot

水中ロボットのシステム構成を 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 ードに記録として保存する. またリアルタイムで加速 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. 加速度センサの基礎実験

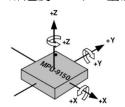




Figure 3. Acceleration Sensor

Figure 3 に示すような水中ロボットに搭載した MPU-9150 加速度センサの精度を検証した. 加速度センサを X 軸と Y 軸が 0[m/s]となるように加速度センサの傾きを調整して設置し, 100Hz で 60 秒間データを取得し SD カードに保存した. 時間は mbed 内部のクロックを用いた. 静止時に取得した加速度センサの値 (X 軸, Y 軸, Z 軸) を Figure 4 に示す. また Figure 5 に Z 軸方向の加速度のグラフを示す.

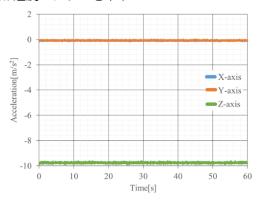


Figure 4. Response of three dimensional acceleration

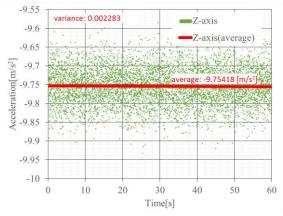


Figure 5. Response of acceleration along to Z-axis

Figure 4 より静止時は加速度センサの値が X 軸, Y 軸, Z 軸の全てがほぼ一定となることがわかる. Z 軸方向のみの加速度を拡大表示した結果を Figure 5 に示す. 平均で-9.754[m/s²]の加速度を検出した. 加速度センサの特性上現れる誤差により加速度の値にばらつきがみられる. そのため, センサの移動速度・移動距離を積分により求める場合はローパスフィルタ等を用いて平滑化を行う必要がある.

10回分(カットオフ周波数:10Hz)の計測値を移動 平均フィルタを用いて加速度センサの高周波ノイズを 平滑化した結果を示す.フィルタを適用した加速度の Z 軸方向の加速度を1回積分、2回積分をそれぞれ行 い、速度と位置を算出した. Figure 6 に速度と位置のグ ラフを示す.

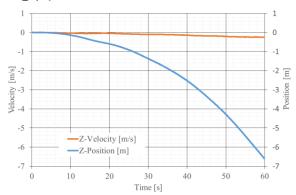


Figure 6. Velocity and Position

Figure 6 より加速度センサ情報の積分誤差の蓄積によって実際には移動していないセンサが 1 分間で 6.6[m]移動した結果が算出された.一般的に知られているように、加速度センサでは誤差を蓄積する性質から位置推定を行うのは困難なことが分かり、水圧センサとの併用が必要である.

4. 結言

水中ロボットの自己位置推定方法の一つとして,加速度センサを利用した方法について述べた.今後は位置推定方法として加速度センサと併用して水圧センサや流速センサを用いて自己位置姿勢認識精度を向上させる手法を検討する.

5. 参考文献

[1] 居駒知樹:「海洋再生エネルギー利用のための複合 浮体システムの研究」, CST2010 シンポジウム, (2010) [2] ユ チョン, 和氣直道:「水中メンテナンスロボット の基礎運動特性に関する研究」,日本大学理工学部卒業 論文, (2013)