水中ロボットアームによる水泳時の四肢に働く非定常流体力の測定

Measurement of Unsteady Fluid Force Acting on Limbs in Swimming Using A Robot Arm

○ 高橋 明美 (東工大) 正 中島 求 (東工大)

Akemi TAKAHASHI, Graduate School of Tokyo Institute of Technology, 2-12-1 Ookayama, Meguro-ku, Tokyo
Motomu NAKASHIMA, Tokyo Institute of Technology

Key Words: Swimming, Fluid Force, Robot Arm, SWUM

1. 緒言

著者ら⁽¹⁾は全身の剛体動力学と非定常流体力を考慮した水泳人体シミュレーションモデル SWUM の提案を行い、その中でシミュレーションにおける流体力モデルの諸係数を決定するために四肢模型を用いた非定常流体力の測定を行っている。しかし、この模型は1自由度しか有していないため泳動作を再現しているとは言いがたく、実際の水泳時に発生する流体力についてはいまだに不明な点が多いのが現状である。

そこで本研究では、5自由度を有し水泳時の人間の四肢に近い運動が可能な水中ロボットアームを製作し、回流水槽中で四肢の各部に働く非定常流体力を測定する。本論文では、水中ロボットアームの機構および制御方法の仕様について述べ、予備実験の結果を示す。

2. 水中ロボットアーム

2-1 機構仕様 本実験に使用する、(株)三井造船昭島研究所製の水中ロボットアームの機構について述べる。図1にロボットアームの写真を示す。本ロボットアームは上肢と下肢の両方を表現可能であるが、ここでは上肢として説明する。肩の屈曲/伸展、内転/外転、回旋と肘の屈曲/伸展、および手首の回内/回外の合計5自由度を有し、これらの組み合わせによって泳動作を再現する。各関節にはひずみゲージを用いたモーメントセンサを取り付け、手首のひねりを除く3つの関節の3軸回りのモーメントを計測する。また、胴体部上面に三分力計を取り付け、ロボットアーム全体に加わる荷重を計測する。

各部の寸法は日本人標準体型をもとに決定した。上腕部および前腕部の寸法は、上肢の動作と下肢の動作の両方を行うことから両者の中間となるようにしている。手部は着脱可能な構造とし、上肢の動作を行う際には手の模型を、下肢の動作を行う際には足の模型を取り付ける。

2-2 計測制御システム 本システムは入力データとして各関節の関節角1周期分をcsv形式で与えれば、自動的に起動時および停止時用の運動データ作成とサンプリング周波数に合わせた時間補間を行い、制御用の角度指令データを作成する。動作時には角度指令データをDA変換した後サーボモータに入力する。

動作データとして各関節の角度、荷重データとして各関節の3軸まわりモーメントと三分力を計測する。これらのデータをAD変換した後csv形式で出力する。

3. 予備実験

3-1 実験装置 実験は(株)三井造船昭島研究所の船舶実験用垂直循環型回流水槽を用いて行われた。

3-2 試技内容 本予備実験では、クロール、平泳ぎ、背泳ぎ、バタフライの4泳法をロボットアームによって再現した。上肢は上記4泳法全て、下肢はクロールのバタ足と背泳ぎのバタ足、平泳ぎの3種類を行った。

4. 実験結果

一例としてクロール上肢の実験映像を図2に示す。また荷重・モーメントの計測結果として三分力計の出力結果を図3に示す。周期8s、流速0m/sの場合である。xは推進方向、yは横方向である。最大で約70Nの推力を発生していることがわかり、横方向についても入水時(17s付近)に大きな流体力が発生していることがわかる。

5. 結論

水中で泳動作に近い動作を行うロボットアームを製作し、予備実験によって流体力の測定が可能であることを示した。

引用文献

- (1) 中島・佐藤・三浦, 全身の剛体動力学と非定常流体力を考慮した水泳人体シミュレーションモデルの開発, 機論B, 71-705(2005), 1361-1369.

Fig. 1 The robot arm

Fig. 2 Photograph of experiment (Crawl's upper arm)

Fig.3 Force and moment of dynamometer