

時間軸変換と繰り返し学習制御を利用した水中ロボットマニピュレータのダイナミクス解析

坂上 憲光

水中ロボットのマニピュレータ機能は十分に成熟した技術とは言い難い。そのため、水中作業をダイバーが行う機会は今も多い。既存の水中マニピュレータはロボット本体に比べ相対的に小さいため空間的な制約を受け、可能な作業に限られる。したがって、人間に代わり水中作業を可能とする多自由度水中マニピュレータの制御が今後の重要な課題となる。

ロボットの運動制御では、ダイナミクスの解析が重要となる。水中マニピュレータでは、特に流体のダイナミクスの考慮が必要となる。流体を扱う解析法として計算流体力学が一般に知られている。しかし、実時間制御や実験結果との一致性を考慮すると、ロボットの運動制御に用いるには一般的に困難と言える。別の手法として、ロボットの剛体リンクダイナミクスをベースに流体の特性の関連付けを行い、制御やプランニングを目的としてダイナミクスを解析する方法がある。しかし、従来の研究ではダイナミクスを関節角・角速度、角加速度により簡略表現しているため、水中マニピュレータが非定常運動をするときの複雑な流体のダイナミクスの扱いは困難であると言える。

そこで本研究では、水中ロボットマニピュレータの制御とプランニングを目的とし、時間軸の伸縮を利用したダイナミクス解析法を提案する。時間軸の伸縮を利用することで、従来困難であった流体中の多自由度マニピュレータの非定常運動を扱うことが可能となる。その理由は、多変数から構成される非線形ダイナミクスの解析が、"時間"という一つのスカラー量の操作で可能となり、容易になるからである。この時間軸変換法では、複数の時間軸を利用してダイナミクスを解析する。その際、ある時間軸に対応するロボットマニピュレータの入力トルクを求める必要がある。この目的として本研究では繰り返し学習制御を利用する。ただし、水中における学習制御については従来検討されていない。また、流体の特性を考慮したダイナミクスに対する時間軸変換の有効性も明らかにされていない。そこで、この二つの問題を明らかにすることが本研究の重要な役割である。

本論文では、まず水中での繰り返し学習制御について理論的に考察し、水中マニピュレータによる実機実験からその有効性を示す。次に、時間軸変換を利用した水中ロボットマニピュレータのダイナミクス解析方法を理論的に説明する。そして、提案した解析法の有効性について実機実験により確認する。