

論文審査の結果の要旨

学位申請者 嶋田 直樹

本論文は、「産業用ロボットの外乱オブザーバを用いた高性能接触モーション制御法に関する研究」と題し、全6章より構成されている。

まず、第1章「序論」では本研究の研究背景と従来法による課題を述べ、本研究の研究目的と本論文の概要について説明している。

第2章「力センサレス接触モーション制御の理論検討と技術的課題」では、外乱オブザーバを用いた力センサレス技術をベースとした接触モーション制御の理論検討と技術的課題について考察を行っている。まず、接触運動について関節と環境の弾性特性を考慮した物理的な解析と軸ねじれ振動を考慮した外乱オブザーバを用いた外力推定について述べている。次に、ロボットの接触運動を実現するモーション制御系として、仮想インピーダンス制御、加速度型 PD 力制御系、また加速度コントローラを用いた PD 力制御系から得られた速度制御ベース I-P 力制御系についてそれぞれ比較している。本章のまとめでは、力センサレス I-P 力制御系をベースとした接触モーション制御の実現のため、衝撃力による影響の低減に特化したモーション制御法、推定誤差を含む推定外力による高感度で誤検知の少ない接触検知法の確立が重要であることを述べ、以降の研究目的としている。

第3章「ジャーク信号と動的閾値を用いた高加減速のモーション制御法」では、推定外力の時間微分である外力ジャーク信号と、慣性の影響で生じる外力ジャーク信号の推定誤差に着目した動的閾値を用いた力センサレス接触検知の手法を新たに提案している。提案手法は、接触検知に外力ジャーク信号の動的に変化する閾値を用いることで、摩擦変動の影響を受けにくい。このため、高加減速のモーションに対しても適切な閾値を自動的に決めることができ、誤検知によるロボットの不要な停止を回避することができる。

第4章「力学に基づくブレーキと力制御器の初期値更新によるスムーズな接触制」では、ロボットが環境に接触した際に生じる衝撃力を低減する運動エネルギーに基づくトルク制御によるブレーキ、速度制御ベース I-P 力制御へのスムーズな切り替えによる高性能な接触モーション制御を提案している。提案法を用いることによって、接触後に生じる衝撃力を低減し、力制御による安定した接触運動に短時間で移行させることが可能になる。

第5章「作業空間の環境に対する衝撃力をリミットする動的加速度閾値」では、ロボットと環境が接触する際に生じる衝撃力をリミットする動的な加速度閾値を提案し、ロボットの先端加速度をリアルタイムに制限することでロボットが環境と接触した場合でもロボットの進行方向に対する等価質量を用いた衝撃力をリミットする先端加速度の制限によって、任意の衝撃力を超えないモーション制御法を提案している。

以上のように、本論文では産業用ロボットの力センサレス接触運動の高性能化を実現するための新しいモーション制御法を提案している。よって、本論文は工学上及び工業上貢献するところが大きく、博士（工学）の学位論文として十分な価値を有するものと認める。