

氏名	くもん まこと 公 文 誠
学位(専攻分野)	博 士 (情 報 学)
学位記番号	情 博 第 47 号
学位授与の日付	平成 14 年 1 月 23 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
研究科・専攻	情報学研究科システム科学専攻
学位論文題目	STUDIES ON ROBOT CONTROL USING DYNAMIC PARAMETRIZATION (動的パラメータを用いたロボット制御に関する研究)
論文調査委員	(主査) 教授 足立紀彦 教授 熊本博光 教授 吉川恒夫

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は目標経路をダイナミクスを持つパラメータで表現すること(以下動的パラメータ表現)によってロボットのより柔軟な制御を実現することを目的とした研究をまとめたものである。2章でマニピュレータ系における動的パラメータ表現の基礎的性質を明らかにし、3章で経路追従に適した動的パラメータ表現について論じている。4章と5章は双腕協調系および衝突を繰り返すシステムへ動的パラメータ表現による経路追従制御手法の応用例である。

1章は序論であり、ロボット技術の歴史を概観し、時間に関する簡単な歴史を通じて動的パラメータを用いたロボット制御に関する研究に至った経緯を述べる。さらに、各章を要約し論文の構成を示す。

2章では目標経路の動的パラメータ表現を定式化し、マニピュレータの制御に適用する。さらに、動的パラメータのダイナミクスを含んだ閉ループ系の安定性について論ずる。この手法はロボットの目標とする状態を動的なパラメータで表わすものであり、動的パラメータのダイナミクスはロボットの状態に依存するように設計される。この結果、ロボットは現在の状態において、目標とする状態を適切に定めることができ、特に外乱作用時において良好な性能が得られることが期待される。このことを数値例によって確認する。

3章では目標の経路からロボットの位置までの最短距離を軌道誤差と定義し、軌道誤差に基づく動的パラメータのダイナミクスを導出する。導かれたダイナミクスには特異点が存在するが、動的パラメータのダイナミクスを切り替えることで特異点の問題を回避する方法を提案し、2章と同様に閉ループ系の安定性を論じる。さらに、複数のロボットで動的パラメータの値を通信しあうことで全てのロボットが協調して動作することが可能となること、および、マニピュレータのダイナミクス中に含まれるパラメータの不確かさを考慮するために適応制御の手法を適用できることを示した。

4章では、動的パラメータ表現の一つと考えることのできるセルフペーシング(Self-Pacing)を適用した受動的速度場制御(Passive Velocity Field Control)を用いる。この制御器によって2台のマニピュレータを独立に制御し、物体を搬送することを考える。双腕マニピュレータによって物体を把持するために必要な内力制御について考察している。特にマニピュレータが適切に設置されておらず、マニピュレータ間の位置関係が公称値と異なる場合を考え、このような位置誤差に対してシステムがロバスト性を有することを明らかにした。

5章では、繰り返し衝突を伴う運動をするロボットシステムに動的パラメータ表現を適用する。実際のロボットへの応用を考えれば、環境との接触によって生じる衝突は不可避であり、歩行のように繰り返し衝突が生じる運動は多く見られる。制御器のフィードバックゲインを適切に設計することで、システムの状態変数を有界に保つことが可能であることを示し、歩行ロボットへの応用を示した。

6章では、上記の結果をまとめ、今後の研究についての展望を述べている。

論文審査の結果の要旨

本論文は目標経路をダイナミクスを持つパラメータで表現すること（以下動的パラメータ表現）によってロボットの柔軟な制御を実現するための手法に関する研究をまとめたものであり、得られた主な成果は以下の通りである。

1. 目標経路を動的なパラメータによって表現する手法を提案した。それをマニピュレータの制御系に適用し、目標経路を表現するパラメータのダイナミクスを含んだ閉ループ系の安定性を明らかにし、数値例において外乱が作用した時に良好な制御性能が得られることを示した。
2. ロボットを目標の経路に追従させるため、目標経路からロボットまでの最短距離を軌道誤差と定義し、動的パラメータのダイナミクスを軌道誤差に基づいて導出した。導出されたパラメータに含まれる特異点に起因する問題を回避するために、パラメータのダイナミクスを切り替える手法を提案し、切り替えも考慮した閉ループ系の安定性を調べた。また、マニピュレータのダイナミクスに不確かなパラメータが含まれる場合においても適応制御の手法を用いて対応できることも示した。
3. 動的パラメータを用いて複数のロボットが協調して動作するシステムについて考察した。相互に物理的干渉のない複数のマニピュレータが同期して運動するよう、動的パラメータの情報を交換する手法を提案し、また受動的な速度場制御手法によって個別に制御された協調運搬システムの設置誤差に対するロバスト性について検討した。
4. マニピュレータが繰り返し衝突を行う動作において動的パラメータ表現が有効なことを示した。マニピュレータを環境との接触によってインパルスを受けるダイナミカルシステムとしてモデル化し、制御器のフィードバックゲインを適切に選ぶことによってシステムが安定となることを示した。また実際の応用例として、歩行ロボットをに対してシミュレーションを行い、その手法の有用性を確認した。

以上、本論文はロボットの制御手法に関して、目標軌道の動的パラメータ表現という視点から統一的に論じ、いくつかの有用な結果を示したもので、学術上、實際上、寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士（情報学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成13年12月26日実施した論文内容とそれに関連した試問の結果合格と認めた。