

氏名(国籍)	茅根 エリオ (ブラジル)		
学位の種類	博士(工学)		
学位記番号	博甲第1,305号		
学位授与年月日	平成6年7月31日		
学位授与の要件	学位規則第5条第1項該当		
審査研究科	工学研究科		
学位論文題目	Frequency Domain Repetitive Control of Robot Arm and Transputer Implementation of Control System (周波数領域におけるロボット・アームの繰り返し制御とトランスピュータによる制御システムの実装法)		
主査	筑波大学教授	工学博士	青島伸治
副査	筑波大学教授	工学博士	油田信一
副査	筑波大学教授	工学博士	太田道男
副査	筑波大学助教授	工学博士	岩田洋夫
副査	筑波大学助教授	工学博士	末広直樹

論文の要旨

本論文は、ロボット・アームの姿勢制御に関する理論的ならびに実験的研究について述べたものである。周波数領域における繰り返し制御アルゴリズムを提案し、ダイナミック・パラメータ同定への応用を考案した。実験はダイレクト・ドライブ・ロボット・アームで行い、トランスピュータを用いた制御ボードを設計し、制御システムの実装方法を提案している。

第1章ではロボット制御に関する方法や問題について一般的に述べている。Computed Torque法、適応制御、学習制御などの代表的な制御方法を紹介し、それぞれの特徴を簡単に説明している。エレクトロニクスの進歩により、計算量の多い制御方法も実行可能になった。本研究で用いたダイレクト・ドライブ・ロボットはギアがないため高精度が得られる反面、非線形ダイナミクスの影響も大きいいため、制御の研究用として適している。

第2章では周波数領域における繰り返し制御アルゴリズムを提案し、Lyapunov法によって制御システムの安定性を証明している。ノイズに対するロバスト性も同時に証明された。時間領域のアルゴリズムに比べ、周波数領域のアルゴリズムは計算量が少なく、高周波ノイズに影響されないという利点がある。制御アルゴリズムのパラメータの選択について述べ、実験結果を示している。3種類の軌道を選んで実験したところ、アルゴリズムの収束後に最高誤差がいずれも0.0015 radより小さくなった。

第3章ではダイナミック・パラメータの同定について述べている。モデルの基づく制御法ではダイナミック・パラメータの値が必要であるため、パラメータ同定の研究が重要である。主に step-by-step 法と最小2乗法が使われるが、step-by-step 法では多数の実験動作が必要なので、最小2乗法の方が便利だと思われる。しかし sufficiently exciting軌道が必要であり、regressor ノイズによるバイアスの問題がある。本章で最小2乗法でのノイズの影響を説明している。繰り返し制御で推定された各自由度の角度と角速度の誤差が小さいので、目標軌道の角速度と角加速度の値を regressor の中で使った。ダイレクト・ドライブ・ロボットの同定実験を行い、Instrumental Variable 法での推定値と比較した。

第4章ではロボットの kinematics や dynamics について簡単に説明し、本研究で使ったロボットの Denavit-Hartenberg パラメータやダイナミック・パラメータなどを示している。逆運動力学問題を解き、ロボットの運動方程式を Lagrange-Euler 法で求めた。運動方程式が長く複雑であるため、数式処理ソフトウェア Mathematica を用いた。ロボットの構造の設計には古典的な方法を用いた。最も厳しい状況を仮定し、各リンクに与えられる力やトルクを求め、最高変位が0.16 mm を超えないように設計した。

第5章ではトランスピュータによるロボット制御の実装方法と実時間処理について述べている。トランスピュータを用いた並列システムの割り込みが特徴的なので、実時間処理に関するトランスピュータのハードウェアとソフトウェアについて説明し、各プロセスの計算量の許容上限を求めた。ロボットの逆運動力学並列計算とそのスケジューリングについての論文は比較的多いが、タイミングやシステム管理やセンサとユーザーインターフェースなどについてはあまり発表されていない。本章で deadlock 問題や modularity の必要性などを考えて、実装方法を提案した。

第6章は結論である。

審 査 の 要 旨

周波数領域における繰り返し制御アルゴリズムを提案し、安定性とロバスト性を証明したこと、それをロボット・アームのダイナミック・パラメータの同定に応用し、実験的に有効性を確かめたことは大きな成果である。またロボットとトランスピュータによる制御システムを自ら設計製作し、実装法について研究したことは工学的に意義あるものと認められる。

よって、著者は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。