

氏 名	奥 田 信 雄 おく だ のぶ お
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	論 工 博 第 1287 号
学位授与の日付	昭 和 55 年 3 月 24 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	デジタルサーボとその応用に関する研究

(主 査)
論文調査委員 教 授 花 房 秀 郎 教 授 明 石 一 教 授 樫 木 義 一

論 文 内 容 の 要 旨

工作機械、工業用ロボットなどの各種装置の制御性能向上のために、これに用いられるサーボ機構の高精度化、高速化ならびに計算機との適合性を考慮したデジタル化が要請されている。この論文は、直流電動機を用いたサーボ機構の高速化、デジタル化を計ることを目的として、3種類の制御系構成方式を提案し、それぞれについての特性解析を通じてその設計方式を確立し、さらにこれを工業用ロボットに適用して、その有用性を明らかにしたもので、2編9章からなっている。

第1章は第1編の序論で、電気油圧パルスモータと本論文で提案するサーボ系とを比較しながら、本研究の目的を述べている。

第2章では、サイリスタにより制御される直流電動機を用いたサーボ系に、容量形パルス発信器によるデジタル位置フィードバックを行うとともに、パルス中間の微小回転角に比例した電圧を局部フィードバック信号に用いて、停止位置でのハンチング防止に用いる方式について、 z 変換を用いて制御系の減衰特性を評価することにより、高ゲインで適当な減衰特性を有する実用的なサーボを実現するための設計指針を与えている。

第3章では、パワートランジスタを500 Hzの搬送波でパルス幅変調方式により制御するトランジスタ化デジタルサーボを提案している。位置および速度の検出に、発光ダイオードを用いた光学的検出器を用い、フィードバック信号をデジタル化したのが特徴である。位置検出の原理は、前章の容量形パルス発振器の場合と同様であるが、光学的検出器の方が分解能が高く、高速化に適することを示している。また速度検出は検出器の出力パルスを適当なサンプリング周期ごとに計数する方式を用いる。このようなフィードバック方式では、位置および速度信号のデジタル化による制御偏差の増加が問題となるが、このような制御偏差の上限を理論的に明らかにし、特に速度信号に関しては、サンプリング周期の適当な選定により、量子化のための制御偏差の増分は実用上問題とならないことを明らかにしている。

第4章では、サーボ系の前向き回路のアナログ増幅器をデジタル化したパルスドライブサーボを提案している。この方式においては、位置および速度フィードバック信号の処理のタイミングが問題となるが、

位置フィードバック信号とは独立に計数された速度フィードバックパルスを、パワートランジスタのチョッパ周期ごとに制御レジスタに送り込む方式が、制御系の遅れを少なくするのに有効であるとしている。速度検出器のパルス計数期間は、チョッパ周期と一致させる必要は無く、パルス計数にともなう遅れと、量子化による制御誤差を考慮して定められるが、パルス計数期間を考慮して、制御系の特性を拡張 z 変換を用いて表示し、根軌跡法によりサーボ系設計の指針を与えている。

第5章は第2編の序論であり、生産システムにおける工業用ロボットの有用性について述べている。

第6章では、デジタルサーボの移動ロボットへの適用に関して述べている。まず生産システムにおける物品搬送の自動化に際しての移動ロボットの必要性について述べ、そのハードウェアの構成、制御アルゴリズム、ソフトウェアを説明した後に、移動ロボットの動特性とデジタルサーボ特性との整合性において、デジタルサーボの有効性を明らかにしている。

第7章では、数値制御工作機械とハンドリングロボットよりなる自動加工システムについて述べている。このようなシステムのプログラミングには、グラフィックディスプレイ装置を用いた対話形システムが適当であることを述べ、切削加工過程およびワークのハンドリング過程を統一したプログラミングシステムを提案している。

第8章では、デジタルサーボのハンドリングロボットへの適用について述べている。このようなロボットでは、ワークを機械まで運ぶことと、ワークを機械に取付ける機能とが必要であり、後者の作業のためには、ワークの製作公差のために適応制御機能が必要である。デジタルサーボはこのような速度制御と力制御のいずれにも用いることができ、デジタルサーボと計算機との接続方式、制御アルゴリズムを提案するとともに、実験によって、その有用性を検証している。

第9章では、本論文の内容を要約して結論としている。

論文審査の結果の要旨

計算機を導入したメカニカルオートメーションの普及とともに、サーボ機構の高速化、高精度化および計算機制御との適合性を考慮したデジタル化が要請されている。本論文は直流電動機を操作端とするサーボ機構のデジタル化に関して、種々の制御系構成方式について組織的に研究し、さらにこれを工業用ロボットに適用して、その有用性を確かめた結果をまとめたもので、得られた主な成果は次のとおりである。

(1) 操作部にサイリスタ制御直流電動機を用い、容量形パルス発信器によるデジタル位置フィードバックを行なったサーボ系について、 z 変換を用いて特性解析を行ない、サイリスタ電源周波数によるこの方式の性能限界を明らかにした。

(2) サイリスタをパワートランジスタで置換え、さらに、位置および速度の検出にスリット形光学的検出器を用いたサーボ系の特性を解析し、設計指針を明らかにした。位置および速度信号の量子化による制御偏差の増加については、制御系の動特性をも考慮してその上限の評価を行ない、特に速度信号に関しては量子化による影響が微小で、この方式がデジタルサーボ系の減衰特性改善のために有効であることを示した。

(3) フィードバック回路のみならず、前向き回路のアナログ増幅器をもデジタル化したパルスドライブ

サーボを提案した。位置および速度フィードバック信号の処理のタイミングについては、2種類の方式を比較し、位置偏差信号とは独立に計数された速度フィードバック信号を、位置偏差信号と同時に制御レジスタで処理する方式がすぐれていることを示した。また速度検出器のパルス計数期間は、制御レジスタのサンプリング期間とは必ずしも一致しないので、このことを考慮して制御系の特性を拡張 z 変換を用いて記述し、根軌跡法によりサーボ系設計の指針を与えた。

(4) 生産システムにおける物品搬送用の移動ロボット、および工作機械へのワーク取付用のハンドリングロボットへのデジタルサーボの適用例を示し、デジタルサーボの有用性を実証した。これらのロボットはいずれもミニコンピュータによって制御されるもので、ロボットを含む全システム構成のために、独特のハードウェアおよびそれらを有効に機能させる制御アルゴリズム、ソフトウェアを開発した。デジタルサーボはロボット駆動のために支障なく使用されるが、特にハンドリングロボットでは、工作機械へのワーク取付時に力制御が必要であり、デジタルサーボは計算機のプログラムによって力サーボとしても機能することを示した。

以上要するに本論文は、メカニカルオートメーションにおける重要な研究課題であるデジタルサーボについて、制御系構成方式を組織的に研究し、サーボ系設計の指針を確立するとともに、その成果を工業用ロボットに適用して有用性を確かめたもので、学術上、實際上寄与するところが少なくない。

よって、本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。