



Title	駆動系およびマニピレータの振動特性解析と動的設計法に関する研究
Author(s)	竹下, 光夫
Citation	大阪大学, 1993, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/38516
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏 名 竹 下 光 夫

博士の専攻分野の名称 博 士 (工 学)

学 位 記 番 号 第 1 0 8 8 6 号

学 位 授 与 年 月 日 平 成 5 年 7 月 15 日

学 位 授 与 の 要 件 学位規則第4条第2項該当

学 位 論 文 名 駆動系およびマニプレータの振動特性解析と動的設計法に関する研究

論 文 審 査 委 員 (主査) 教 授 吉川 孝雄

(副査) 教 授 小坂田宏造 教 授 宮崎 文夫 教 授 土屋 和雄

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は生産性向上のために機器の動作の高速化のニーズの高いメカトロニクス機器であるロボットのマニプレータと圧延機の駆動系に関して、動作の高速化によって制御系と機械系の振動特性が干渉する課題を取り上げた。ここでは、機械振動を伴う場合のマニプレータと駆動系の特性について「パラメータの変動・変化」を考慮する必要性のある3個のテーマを取り上げて、マニプレータと駆動系の振動特性解析と動的設計法を論じた。

第1章では、研究の目的および本論文の構成と従来の研究について述べた。

第2章では、外力入力の変動する場合として、圧延機が鋼材をかみ込む時の入力衝撃トルクのばらつきの推定法を論じた。圧延機が鋼材をかみ込むと圧延機駆動軸系がねじり振動を起こすので、駆動軸系のねじり振動に対する強度設計には入力衝撃トルクの把握が重要である。入力衝撃トルクの波形を形状パラメータ β で表して、TAF- β 線図(TAF=最大軸トルク/平均軸トルク)を用いて実測値TAFから β を推定する方法を提案し、実測によりこの方法の妥当性を確認した。また多数の実測したTAF値から β の統計量を得ることにより入力衝撃トルクのばらつきを推定した。さらに、この β の統計量を用いた駆動軸系のねじり振動に対する有限寿命の強度設計を行なう方法を提案した。

第3章では、マニプレータの高速位置決め時の残留振動について論じた。モード解析法を用いて、残留振動時の応答を制御系モードの成分と機械系の振動モードの成分とに分けてそれらの振幅と減衰比を求める方法を得た。これにより、機械系による残留振動の成分が系統だてて得られ、第4章に関するものとして固有振動数の変化が残留振動の持続時間に与える影響についての指針と、第5章に関するものとしてコンプライアンスの切り換え時の残留振動についての設計の考え方を確立した。

第4章では、機械系の固有振動数の変動する場合として、ダイレクトドライプロボットを取り上げた。ロボットのアームが姿勢変化しても固有振動数の変化が小さくなりえる機構を提案し、その固有振動数の変化を最小に最適化する設計法を得た。これに基づいて設計した試作ロボットの振動特性を測定することによりこの設計法の妥当性を確認した。この結果、最低の固有振動数をとる姿勢での固有振動数が上がり、制御系の適応性が向上して高速動作のロボッ

トが得られた。

第5章では、制御系のパラメータを変化させる場合を取り上げた。ラインにおけるはめ合い作業を高速化するためには、ロボットのアームの移動時には制御系のサーボゲインを上げて低コンプライアンスにして位置決め時の残留振動の持続時間を短くし、はめ合い動作時にはサーボゲインを下げて高コンプライアンスにして部品への反力を減ずることによりはめ合い動作を容易にする可変コンプライアンス制御の設計法を確立した。ここで、可変コンプライアンスの切り換え法は切り換え時の残留振動と部品への反力を考慮して決定した。ここでは、実用化に重きを置き、ダイレクトドライブロボットの低摩擦・高速性の特性を生かした力センサレス方式の可変コンプライアンス制御を用いたロボットを開発することによりはめ合い作業の高速化を実現した。

第6章では、本論文の総括と結言を述べた。

論文審査の結果の要旨

製造業では生産性向上のために、メカトロニクス機器であるロボット、圧延機などの動作の高速化が重要である。動作を高速化させると制御系と機械系の振動特性が干渉する問題が生じる。これに対して、一般に機械系の固有振動数を増加させる方法が取られているが、この方法では解決できない場合も多い。本論文では、機械振動を伴う圧延機駆動系、およびロボットのマニピレータにおいて、「パラメータの変動・変化」を考慮する必要性があるテーマを取り上げて、振動特性解析と動的設計法を論じている。得られた結果を要約すると次の通りである。

- (1) 外力入力の変動する場合として、鉄鋼用圧延機が鋼材をかみ込む時の入力衝撃トルクのばらつきの推定法を論じている。圧延機が鋼材をかみ込む時の駆動軸系のねじり振動に対する強度設計には入力衝撃トルクの把握が重要である。入力衝撃トルクの波形を形状パラメータ β で表して、TAF- β 線図 (TAF = 最大軸トルク / 平均軸トルク) を用いて、実測値 TAF から β を得て入力衝撃トルクを推定する方法を確立し、この入力衝撃トルクのばらつきを推定した。さらに、この入力の統計量を用いた駆動軸系のねじり振動に対する有限寿命の設計法を提案している。
- (2) 機械系の固有振動数の変動する場合として、ダイレクトドライブロボットを取り上げている。ロボットアームの姿勢が変化しても、固有振動数の変化を小さくすることが可能な機構（ダブルリンク機構）を提案し、その固有振動数の変化を最小にする設計法を確立した。さらに、この設計法の妥当性を試作機で確認している。この結果、最低の固有振動数をとる姿勢での固有振動数が上がり、制御系の速応性が向上して高速動作のロボットの製作が可能になった。
- (3) 制御系のパラメータを変化させる場合としてはめ合い作業を取り上げている。ロボットアームの移動時には、制御系のサーボゲインを上げて低コンプライアンスにすることにより、位置決め時の残留振動の持続時間を短くした。次に、はめ合い動作時には、サーボゲインを下げて高コンプライアンスにすることにより、部品への反力を減じて、はめ合い動作を容易にした。このような可変コンプライアンス制御によって、作業全体の高速化を実現している。以上のように、本論文は圧延機駆動系とマニピレータにおいて、パラメータ変動・変化を考慮して振動特性解析を行い、動的設計法を確立した。さらに、ロボットの動作の高速化問題の解決とその動的設計法の確立、および圧延機駆動軸系における入力衝撃トルクに対するねじり振動の設計法を確立し、多くの新しい知見を得るとともに今後の機械力学の進歩に有用な成果を得ている。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。