

6軸モーションベースの開発

Development of a 6 Axis Motion Base

脇坂 佳彦 小川 慶太郎 佐々木 将人 山下 明矩
Yoshihiko Wakisaka Keitaro Ogawa Masato Sasaki Akinori Yamashita

要 旨

6軸モーションベースは6本の電動シリンダーの伸縮により、動揺台の姿勢を6自由度で制御する装置である。主にシミュレータ、試験装置、製品開発の用途で使用される。動揺台の姿勢はリアルタイム制御され、連続的に姿勢を変化させることができる。当社の従来製品は入出力機器間を専用のシリアル通信、接点制御により構築していたが、Ethernetに準拠した産業用高速ネットワークEtherCATインタフェースを用いた製品を開発した。結果、省配線により筐体のコンパクト化、低コスト化を実現した。この世界標準EtherCATインタフェースの採用により、用途に応じたEtherCATスレーブオプション製品を容易に増設・拡張することも可能である。

Abstract

A 6-axis motion base is a equipment which controls the posture of its motion stand in real time with six degrees of freedom by continuous expansion and contraction of six electric cylinders. It is mainly used for a simulator, test equipment and product development. JRC has developed a new product which utilizes the global standard EtherCAT, an industrial high-speed network which is based on the Ethernet, unlike our conventional product that had adopted serial communication for exclusive use and contact control. Adoption of this EtherCAT interface realized the miniaturization of the housing by the wiring-saving and cost reduction. Moreover, it is also possible to add or extend the slave option equipment of EtherCAT easily for many purposes.

1. まえがき

6軸モーションベースは6本の電動シリンダーの伸縮により、動揺台の姿勢を6自由度で制御する装置である。

動揺台の姿勢はリアルタイム制御され、連続的に姿勢を変化させることができる。

従来製品では、制御部とサーボモータやセンサなどの入出力機器間を専用のシリアル通信や接点情報によるインタフェースで構築していたため、複数部品の使用やインタフェースごとにソフトウェアの追加といった欠点があったが、本開発品ではEthernetに準拠した産業用高速ネットワークEtherCATインタフェースを採用したためシステムの簡素化、省配線化が実現できた。

本稿では、6軸モーションベースの構成、しくみ、特長を紹介する。

2. 装置概要

本装置は、図1に示す動揺部と図2に示す操作部、制御部及び安全センサ部で構成されており、全体の接続にEtherCATインタフェースを採用している。また、図3に6軸モーションベース系統図を示す。

図3に示すように操作部は、ホストPCで構成され専用のアプリケーションGUIから変位、速度、加速度、周波数などのパラメータを入力し制御部へコマンド指令を出す。制御部は、サーボ演算部、サーボアンプで構成されており、サー

ボ演算部は、操作部から受けたパラメータを演算しサーボアンプへ姿勢・運動指令を出す。動揺部は、6本の電動シリンダーと動揺台から構成され、制御部からの指令を受けてフィードバック制御をすることで、動揺台の姿勢を制御する。また、安全センサ部は、安全に配慮し、安全を監視するセンサの情報による自動停止機能や万一の時の緊急停止機能を備えている。

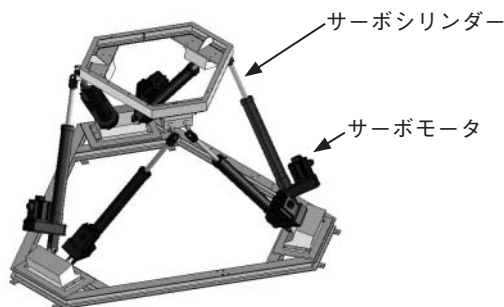


図1 6軸モーションベース 動揺部
Fig.1 3D CAD Image of 6 Axis Motion Base and Motion part

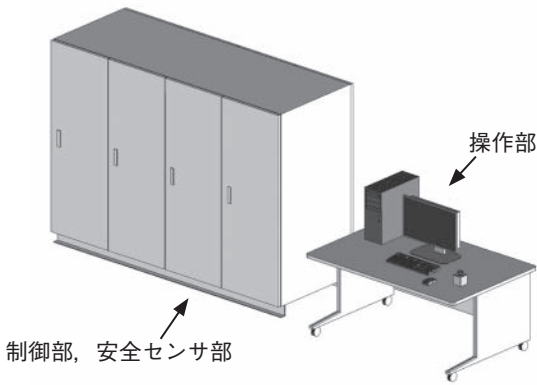


図2 操作部, 制御部, 安全センサ部
Fig.2 Operating Part, Control Part, and Safety Sensor Part

情報を取得する。

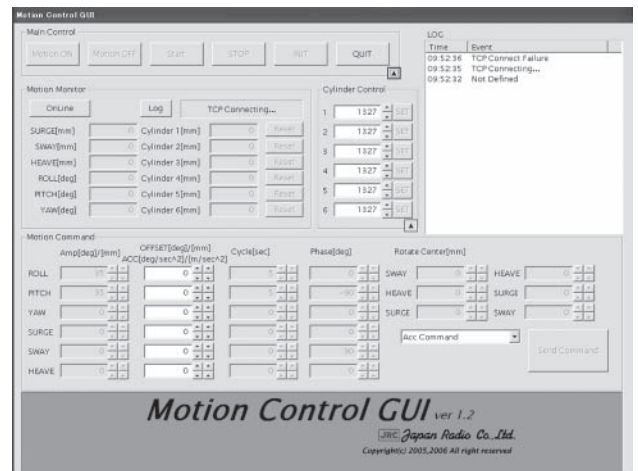


図4 アプリケーションGUI
Fig.4 Application GUI

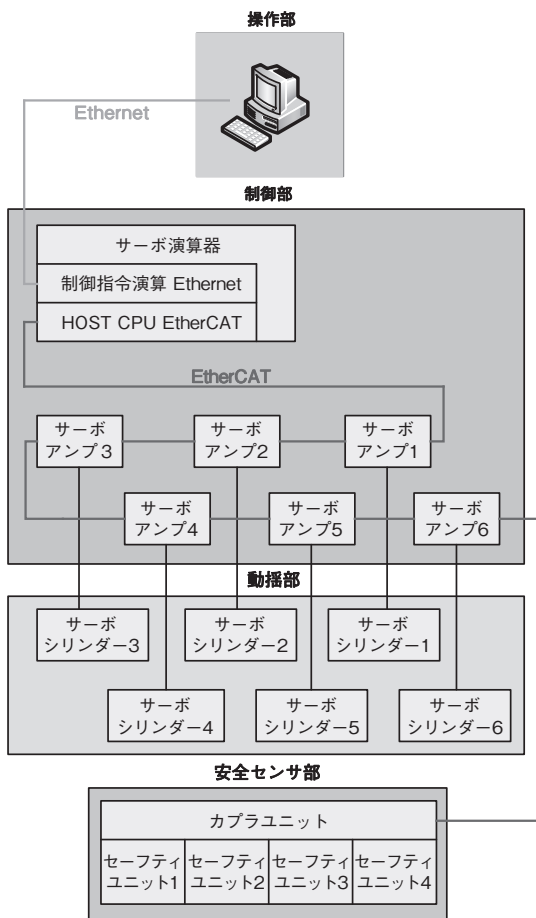


図3 6軸モーションベース系統図
Fig.3 Connection Diagram of 6 Axis Motion Base System

3.2 制御部

制御部は、操作部から入力された動揺台の姿勢・運動の設定値より、6軸モーションベースの位置、速度指令の生成を行う。この指令を元に6本の電動シリンダーの変位置指令値を演算しサーボアンプへの指令値を生成する。また、サーボアンプからモータの位置情報を受け取り、シリンダー長と動揺台の姿勢情報を逐次演算する。

指令の演算ソフトウェアは、MATLAB/SimuLinkを用いた制御ブロック (図5) 及びC++言語で記述したFunctionブロック (図6) により構成されている。SimuLinkは、制御アルゴリズム開発において多くの実績があり、解析用アプリケーションやライブラリ関数が充実している。そのため、アルゴリズムの品質向上や開発期間の短縮が期待できる。また、図5のようにブロック線図という図式化した表現を用いているので内容を理解しやすく、ユーザによる調整、改造が可能である。ブロックは図6のようにブロックの処理内容をC++言語による記述も可能であるため多様な処理を行うことができる。さらに、MATLABベースの外部ソフトとのデータの受け渡しを容易に行うことができる。

制御ブロック内では、指令の演算上で過大な運動指令に対する制限を設け、装置の運動性能の限界に達する前に減速又は停止の制御を行っている。指令値はEtherCATで安全センサ部、サーボアンプと通信を行うため、1パケットに各データ領域を確保し送受信を行っている。

3. 動作原理

3.1 操作部

図4に示すように操作部のアプリケーションGUI画面は、VC++言語で記述している。ユーザがGUI上で入力した姿勢・運動の設定値を、Ethernetを通してサーボ演算部へ送る。また、安全センサ値やシリンダー長、モーションベースの姿勢などの

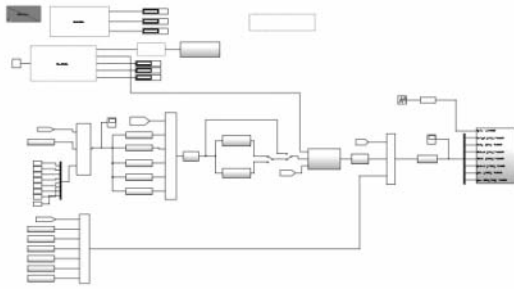


図5 MATLAB / SimuLink 制御ブロック
Fig.5 MATLAB / SimuLink Control Block

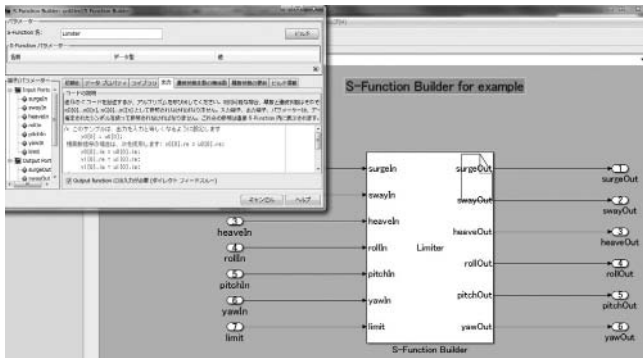


図6 Function ブロック
Fig.6 Function Block

3.3 動揺部

動揺部は、ACサーボモータ駆動による電動シリンダーを使用して動揺台の姿勢を制御する。図7に制御の流れを示す。

電動シリンダーはモータの回転をボールねじによって直線運動に変換することで、シリンダーの伸縮を行っている。ACサーボモータを使用し、サーボアンプへの位置速度指令でモータの回転数をフィードバック制御することで、動揺台の正確な位置制御が可能となっている。

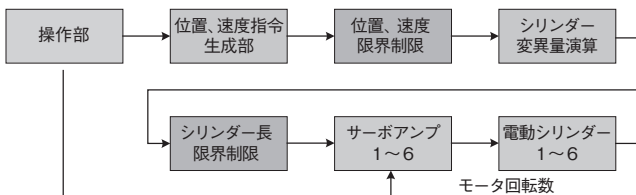


図7 制御の流れ
Fig.7 Brief Control Flow

3.4 安全センサ部

(1) 停止機能

安全系センサでの異常検知により、シリンダーの駆動を停止する制御を行う。安全センサとして、危険区域への接近検知用ドアスイッチ、装置の衝突防止用のレーザスキャナ、異常姿勢検知用の傾斜計などを備えている。

(2) オーバトラベル防止機能

シリンダー両端のリミットスイッチ検知により、シリンダーの異常方向駆動を禁止し、オーバトラベルを防止する。

(3) 緊急停止機能

緊急停止ボタン押下又は安全センサ検知により、動力電源を遮断する。

4. 特長

今回開発した6軸モーションベースの大きな特長は、操作部、制御部にわたる構成品の接続にEtherCATインタフェースを採用した点である。

図8にEtherCAT系統図を示し、図9にEthernetフレームを示す。EtherCATネットワークはマスタとスレーブで構成され、サーボ情報、センサ情報、エンコーダ情報、リレーなどの接点情報をEthernetフレームに載せて通信している。1対1のハンドシェイク処理ではなく、EtherCATマスタから最終段のスレーブまでの入出力処理を1サイクルとして実行することがEtherCAT通信の特長である。

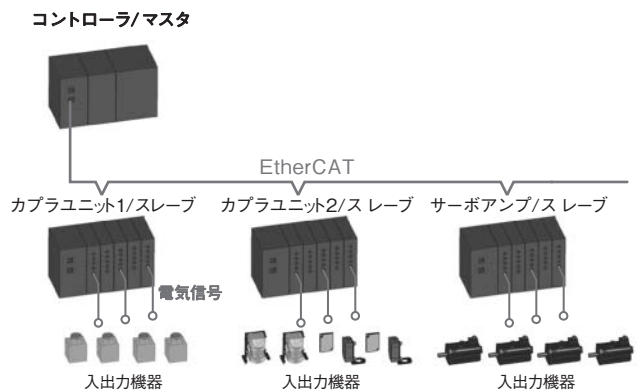


図8 EtherCAT 系統図
Fig.8 EtherCAT Connection Diagram

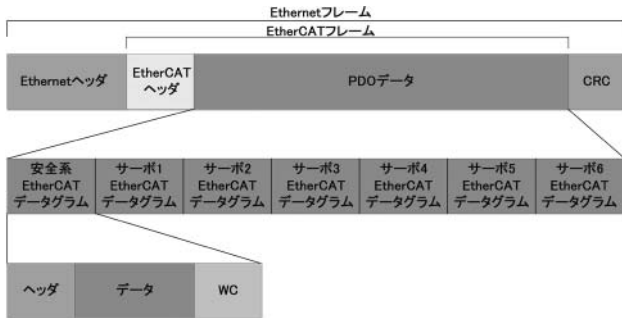


図9 Ethernet フレーム

Fig.9 Structure of EtherCAT Frame in the Ethernet Frame

以下に他の特長を示す。

(1) 省配線化

標準的なCAT6ケーブルにより配線したEtherCATインタフェースを用いることによって、従来の複雑な配線を省配線化しシンプルな構成を実現した。

(2) 低コスト化

省配線、構成をコンパクトにすることにより、従来と比較し3割の低コスト化が実現した。

(3) 高拡張性

自由にEtherCATスレーブ機器を増設することができ、異種メーカー製品でも接続することが可能である。従来は、信号の追加が発生した場合、マスタ機器にボードなどハードウェアの追加が必要であったが、ネットワークケーブルを最終段に追加接続するだけで容易に拡張が可能となった。

(4) サーボアンプ制御のソフトウェア化

従来ハードウェア（専用ボード）により、サーボアンプを制御していたため機能・性能もハードウェアに依存していたが、ソフトウェア制御の実現により、無駄な処理が削減され、多様な制御が可能となった。

5. あとがき

開発したEtherCATインタフェースを用いた6軸モーションベースが機能、性能、費用などの観点から期待以上の効果があることを示した。

従来製品よりシンプルに構成でき、拡張性も高いことからさらなる数軸の制御、複数入出力処理が可能と考えている。

用語一覧

EtherCAT: Ethernet for Control Automation Technology
 PC: Personal Computer
 GUI: Graphical User Interface
 MATLAB: MATrix LABoratory
 CAT6: Category 6 cable