

力を自由にあやつる

～アクチュエータ・コントローラの開発～

A High Response Force Controller for Electric Servo Actuator

田辺 安忠

Yasutada TANABE

川田工業(株)航空・機械事業部製品開発部
技術開発課課長

近年コンピュータ技術の発展に伴い、ロボットに代表されるように制御部にマイコンを有し、高度なロジックでコントロールされた機械が増えてきています。それに伴い、機械自身も複雑になる傾向にあり、可動部の数も多くなってきています。可動部を駆動する機械部品はアクチュエータと呼ばれていますが、その動力源としては、空圧、油圧、電動に大別されます。その中でも、取り扱いやすさの面から、電動が主流になっています。

アクチュエータの用途として、物を一定の速度で動かす、物を決められた位置に素早く移動する、物に一定の力を与えるの3種類が主に考えられます。当事業部はこれまで、主に位置決めアクチュエータを中心に市場展開してきましたが、最近客先のニーズをきっかけに、新たにアクチュエータに一定の力を発生させる制御システムを開発しましたので、ここでその概要を紹介したいと思います。

システム構成

反力制御システム構成図からわかるように、アクチュエータの先端部に力覚センサ（ロードセルなど）を取り付け、位置制御ドライバに出力する位置指令を反力制御演算回路で生成するようになっていきます。当社で開発してきた位置制御アクチュエータシステムのアウトグループに反力制御ループを配置することで反力制御の機能を実現し、これまでの製品と技術を有効に活用でき、試験

調整も容易です。反力制御電気回路への制御指令としては、反力指令値以外に、仮想バネ係数である反力/位置勾配指令、さらに減衰率指令を入力できるようになっており、ユーザーが直流電圧を入力するだけで、多彩な反力を発生できるようになっています。

機能

反力/位置勾配指令がゼロである時は、全ストローク範囲にわたって、ほぼ一定の推力を発生させることができます。

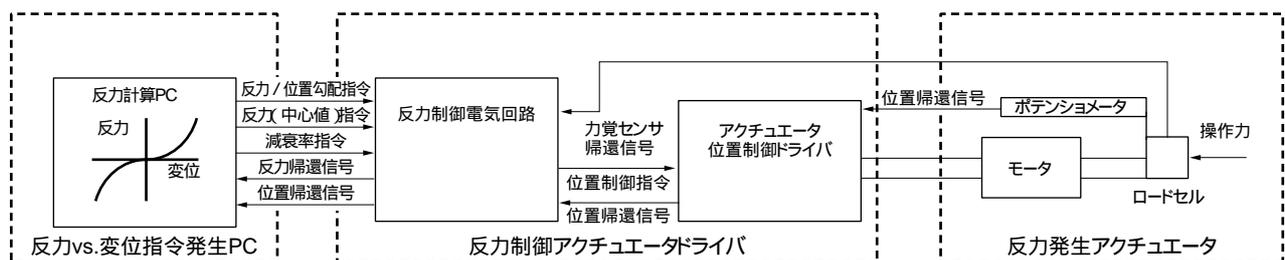
アクチュエータの発生し得る最大推力の範囲内であれば、瞬時に指定した推力を発生します。

当社の可変ゲイン位置制御アクチュエータドライバLSAD24-15Eに追加するだけで、位置制御モードから反力制御モードに切り替えることができます。

反力制御方式としては仮想バネ係数（ゼロ～最大値）の入力とプリテンション値の入力が同時に可能で、さらにアクチュエータの移動速度に比例した減衰率の調整も可能であり、仮想バネ、疑似ダンパ付き反力発生装置を実現しています。

応用分野

本制御システムは様々な機械に応用することが可能で、例えば、ロボットなどの遠隔操縦システムにおけるオペレータへのフォースフィードバックにより、正確な



反力制御システム構成図

作業を可能にし、荷重の体感的な把握を実現します。

プレス機械など一定の推力を維持する必要がある場合に
応用できます。

仮想バネと仮想ダンパの制御による可変特性サスペン
ション機構を実現できます。

トレーニングマシンへ応用でき、訓練する人によって、
決められた負荷を任意に変化させながら加えることが
できます。

体感ゲーム機器などへも種々の応用可能性を持ってい
ます。ゲーム機器操作者へ決められた力を加えることが
でき、可変特性サスペンション機構の応用で、種々の乗
り物のシミュレーションも可能です。

実施例

反力制御を体感できるようにジョイアシストと呼ばれ
る展示用の装置を製作しました。アームに取り付けた操
作用ハンドルにロードセルを内蔵しており、後方のアク
チュエータと反力制御ボックスで反力制御システムを構
成しています。簡易反力コントローラのダイヤルで任意
の操作力を指示できるようになっています。さらに、ア
ームの先端にもう一つのロードセルを介して重量物（写
真ではダンベル）などの荷重を検知するようになってお
り、荷重に比例して操作力を変化できるようにもなっ



反力制御体験装置（ジョイアシスト）



反力制御ボックス

います。その比率もダイヤルで簡単に調整でき、当社の
反力制御システムの持つ反力発生 of 安定性と高速応答性
を体験できるようになっています。この装置は遠隔でロ
ボットアームの操作時に実際にかかった荷重に応じて操
作員に反力が帰ってくることで、装置の損傷を避け
ることができ、非常に正確に位置決めなどの操作がで
きるようになることを応用イメージとしています。

写真の反力制御ボックス内には、アクチュエータの位
置制御ドライバと反力制御電気回路を内蔵し、ロードセ
ルの動ひずみ増幅回路も備えており、この1台で1軸の
反力制御ができるようになっています。

反力制御の実施例としては反力発生装置付きジョイス
ティック、反力発生ペダル、反トルク発生ハンドルなど
もありますが、写真に示した2軸反力制御付きジョイス
ティックは前後と左右の操作が不用意にカップリングし
ないように、前後の動きはスライドするようになってい
ます。ハンドル内には特製の小型2分力ロードセルを内
蔵しており、前後の推力と左右の回転トルクを検知して
います。このジョイスティックは試験用乗用車に簡単
に取り付けられるようになっており（写真参照）、種々の
試験に用いられているところです。

反力制御はアクチュエータの制御方式として複雑な部
類に属しますが、当社のシステムは特許出願中であり、
その安定性と高速応答性を活かしてさらに応用分野を広
げていきたいと考えています。



2軸反力制御付きジョイスティック



試験車内に2軸反力制御付きジョイスティックを取り付けた様子