

# ファジィ・ニューラルネットワークベース制御による インテリジェント・ロバスト型組み込み知能コントローラ

## 1. 発明の概要

最近、産業界で問題となっている現代制御理論 (Model Based Control) による電子制御の不具合が多発している。これは、制御ゲインが固定ゲインであることに起因するものである。この問題に対して、唯一解決できる次世代のファジィ・ニューラルネットワークベース制御によるインテリジェント・ロバスト組み込み知能コントローラを世界ではじめて開発した。

このコントローラは、目標軌道誤差の変化に適応的にゲインを可変調整する新しい方式のインテリジェント・ロバストゲイン補償器 (ファジィ・ニューラルベース制御) が組み込まれており、システムパラメータ変動、突発的な外乱および目標変化に対して、十分な目標軌道追従制御性能が得られる。

## 2. システム構成

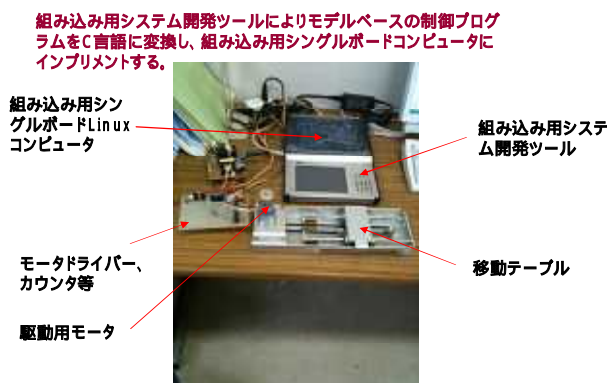
### (1) システム構成

- 1) システム開発ツール
- 2) 組み込みコンピュータ
- 3) DCモータ駆動テーブル移動装置

### (2) 各部主仕様

- 1) MATLAB/SIMULINK/Real-Time-Workshop
- 2) RT Linux (組み込みコンピュータ OS)

### (3) システム外観

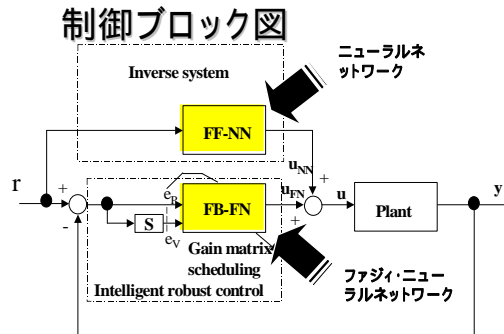


組み込み知能コントローラ  
(インテリジェント・ロバスト補償器  
内臓)



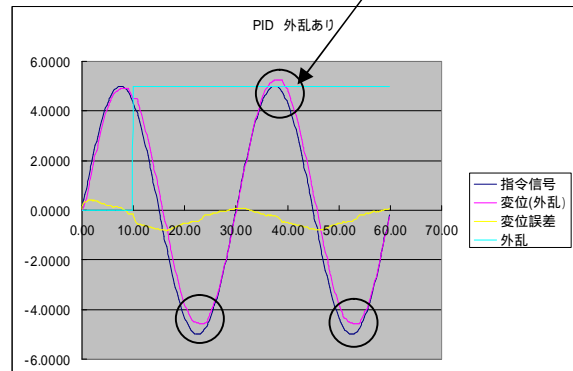
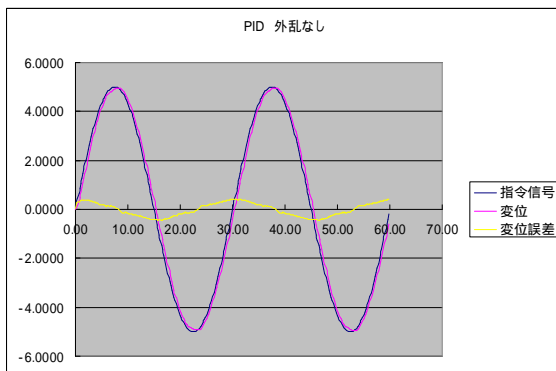
寸法 70mm X 70mm

( 4 ) システムブロック図



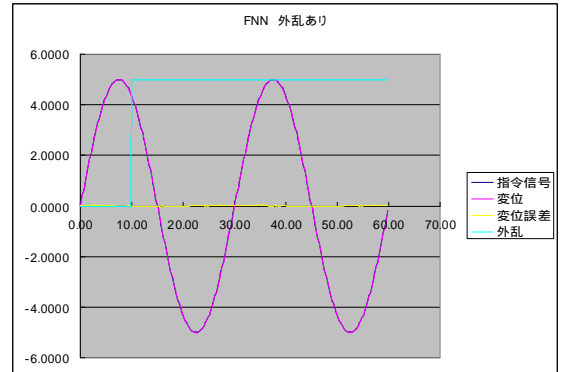
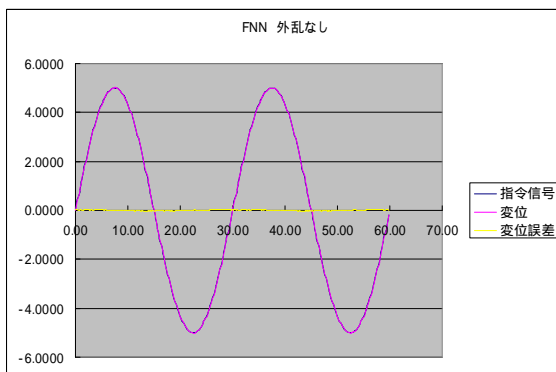
( 5 ) 従来手法の実験結果

外乱により出力が上にズレてしまう



( 6 ) 本手法の実験結果

外乱があっても出力に影響なし



## 本発明の詳細

### 課題

一般にマニピュレータに関するシステム設計は、制御対象が多自由度系でも1自由度系と見なし近似式を用いて制御系を設計し、関節軸ごとに独立した制御系を構築する手法が多くの製品に採用されている。しかし、一般的には、剛性が低く、重力や遠心力を受ける非線形な多入力多出力系である。また、従来手法では、PID制御や位相補償制御、最適サーボ系、外乱オブザーバを用いた制御あるいはH 制御等を用いて精度、振動抑制、ロバスト性などを実現しているが、十分な制御性能が得られないのが現状である。一方、国内外の関連する研究では、遠心力・重力・クーロン摩擦などの外乱が顕著な場合には、オブザーバを用いてロバストな制御系を実現しているが満足できるものではない。産業界ではゲインが固定であるため、突発的外乱の影響に対応できず、不具合発生が問題となっている。このため、次世代インテリジェントロバスト制御手法が強く望まれている。

### 解決手段

本発明の解決手段は、前述手法を多変数系に拡張させたものである。非線形の運動方程式を直接使用して、ニューラルネットワークにより線形化を行い、ファジィ・ニューラルネットワークにより外乱抑制および非干渉化を行う制御である。時間によってパラメータが変化する非線形系がいつも臨界減衰となるように、時間によってゲインが適応的に変化する制御則を考案し、多変数系における各軸の相互干渉が非干渉化させる。このことにより、インテリジェント制御による多変数系制御を行い、マニピュレータの完全追従制御を実現するものである。

### 本発明の独創性・特色及び予想される結果と意義

国内外の関連する研究では、マニピュレータに関するシステム設計は、制御対象が多自由度系でも1自由度系と見なし近似式を用いて制御系を設計し、関節軸ごとに独立した制御系を構築する手法が多くの製品に採用されている。この多自由度系設計化の未解決な課題に対して、インテリジェント制御により解決する発明である。本発明は、ロバストで自動的なゲイン調整が可能な制御系を構築するために、ファジィ分割された空間において位置誤差に応じた可変フィードバックゲイン設定される制御系を多自由度系化設計し、その有効性を実証するものである。

a. **独創性**は、ファジィ・ニューラルネットワークの学習によるゲインの自動設定ができ、インテリジェント制御によるロバスト性を実現している。予想される結果と意義は、マニピュレータおよび多変数系メカニカルシステムに対するインテリジェントロバスト

制御システムの実用化に目処が立ち、産業界への波及が期待できる。

b. 学術的な特色は、モデル化誤差、摩擦、未知の外乱等により変位および速度の制御誤差が生じた場合、制御ゲインを適応調整するファジィ・ニューラルネットワークによる非線形偏差補償要素が加わっていることにある。

c. 予想される結果と意義は多変数系メカニカルシステムに対するインテリジェント制御システムの実用化に目途がつき、ファジィ・ニューラルネットワークによるインテリジェント・ロバスト制御手法が確立できた。

#### 特許請求の範囲

##### [請求項 1]

組み込み知能コントローラは、目標軌道誤差の変化に適応的にゲインを可変調整する新しい方式のインテリジェント・ロバストゲイン補償器（ファジィ・ニューラルベースト制御）が組み込まれており、システムパラメータ変動、外乱および目標変化に対して、十分な目標軌道追従制御性能が得られる。ロバストで自動的なゲイン調整が可能な制御系を構築するために、ファジィ分割された空間において位置誤差に応じた可変フィードバックゲイン設定される制御系を構成している。制御系を2自由度制御構成とし、フィードフォワード部をニューラルネットワークにより構成し、変位、速度、加速度のパラメータによりプラントの特性を学習させ、プラント特性の逆特性を取得しシステムを線形化している。また、フィードバック部は、ファジィ・ニューラルネットワークにより非線形誤差を減少させる補償器であり、完全追従性能を実現させている。これらの制御系は、リアルタイム処理（サンプリング時間 1 msec）で実行されている。