

産業用ロボット“MELFA FRシリーズ”

宮本昌和*

Industrial Robots "MELFA FR Series"

Masakazu Miyamoto

要旨

近年、IoT(Internet of Things)の活用や人とロボットが同じエリアで作業をする人協働作業を活用した柔軟な生産ラインの実現が求められている。一方で、ロボットによるセル生産への要求も高まっており、組立て作業といった高度な自動化の実現も求められている。

今回、これらの市場要求に応えるために、ロボットの基本性能向上、FA統合ソリューション“e-F@ctory”/FA機器との連携強化、安全機能の強化、そして知能化技術を更に進化させた産業用ロボット“MELFA FRシリーズ”を開発した。主な特長は次のとおりである。

(1) 基本性能向上

モータの熱でロボットアームが膨張して発生する位置誤

差を補正する機能を搭載し、絶対位置精度を向上した。

(2) e-F@ctory/FA機器との連携の強化

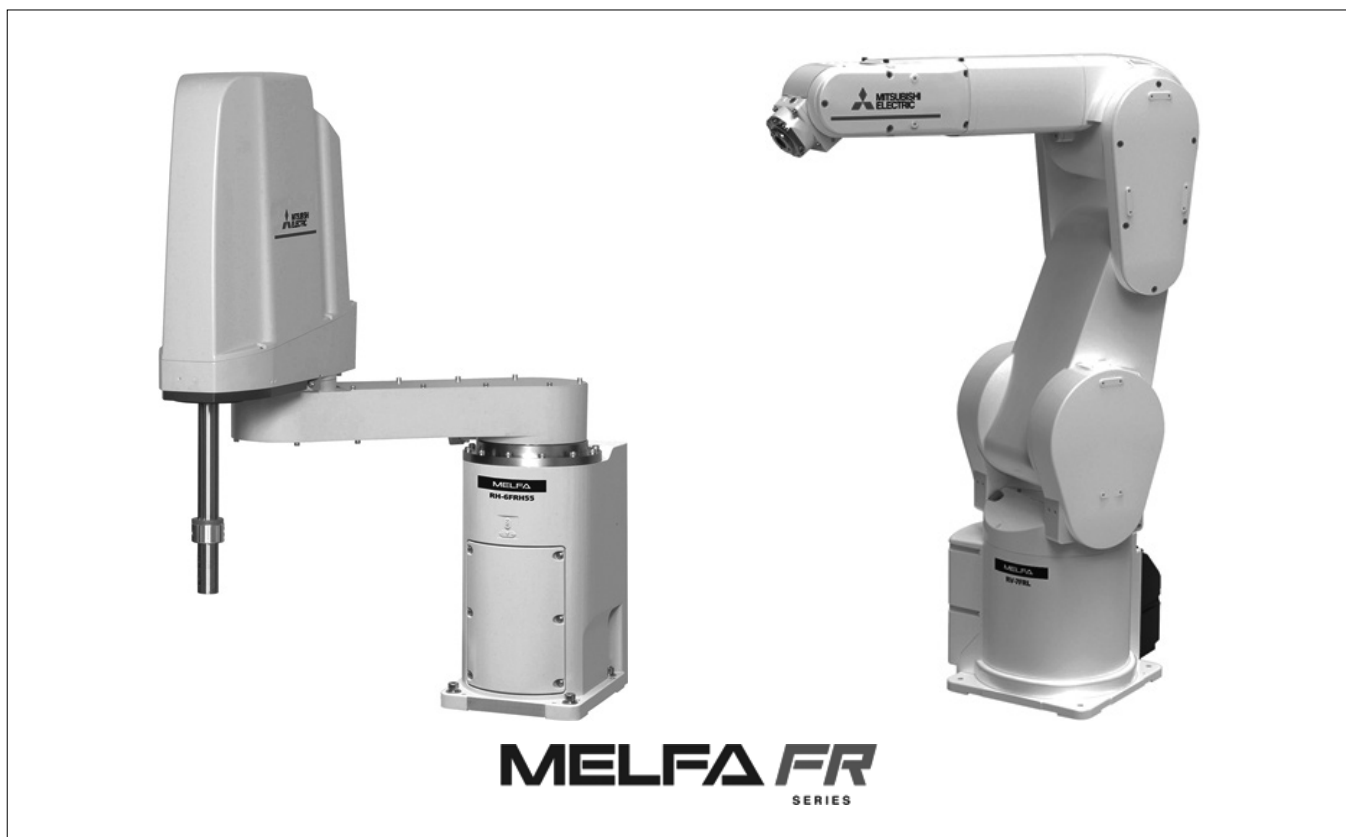
ロボットコントローラの内部デバイスに外部変数や状態変数を割り付け可能とする機能の追加やSLMP(SeamLess Message Protocol)に対応し、ロボットと情報系上位システムとの連携を容易化した。

(3) 安全機能の強化

安全速度監視(SLS)と安全制限位置監視(SLP)の機能を強化し、人協働作業での安全性と使い勝手を向上した。

(4) 知能化技術の強化

力覚センサのデータ取得周期や制御周期を高速化し、より繊細かつ高速な検査や組立て作業を実現した。



産業用ロボット“MELFA FRシリーズ”

基本性能向上、e-F@ctory/FA機器との連携強化、安全機能の強化、知能化技術を更に進化させ、柔軟な生産ラインの実現を強力にサポートするMELFA FRシリーズを開発した。シーケンサ“MELSEC iQ-Rシリーズ”に対応したロボット用CPUも新たにラインアップに加え、産業分野向けのIoTであるIIoT(Industrial IoT)時代の次世代ものづくり工場を支える。

1. ま え が き

社会環境の変化に伴う顧客ニーズの多様化によって、少品種大量生産から多品種少量生産や変種変量生産に移行しつつある。これらに対応するために、多くの製造現場では人によるセル生産が導入されている。しかし、人手不足や人件費の高騰、ヒューマンエラーによる品質のばらつき等の理由で、ロボットによるセル生産への要求が高まっており、組立て等の高度な作業の自動化が求められている。

さらに、近年はIoTの活用や人とロボットが同じエリアで作業をする人協働作業を活用した柔軟な生産ラインの実現も求められている。

今回、これらの市場要求に応えるためにロボットの基本性能向上、e-F@ctory/FA機器との連携強化、安全機能の強化、そして智能化技術を更に進化させた産業用ロボットMELFA FRシリーズを開発した。

本稿では、このMELFA FRシリーズの主な特長について述べる。

2. MELFA FRシリーズの特長

MELFA FRシリーズ(以下“FRシリーズ”という。)の特長について述べる。

2.1 基本性能向上

2.1.1 制御周期・通信周期の高速化

コントローラ性能を向上させ、制御周期を従来比1/2としたことによって軌跡精度を向上させた。また、MELSEC iQ-Rシリーズに対応したロボット用CPUを開発し、システムバス性能の向上によって通信速度を従来比4倍とし、生産設備のタクトタイム短縮を可能にした。

2.1.2 絶対位置精度向上

ロボットアームはモータの熱によって伸縮するため、同一位置への指令を行った場合でも、電源投入直後と暖機運転後で位置誤差が生じる場合がある。特に精度を要求される作業では、ロボットアームの温度を一定とするために本稼働前の暖機運転を推奨していた。

FRシリーズでは、ロボットアームの温度を計測し、熱膨張による位置誤差を自動補正する機能を搭載した(図1)。

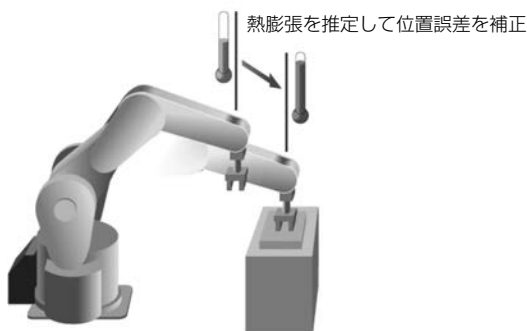


図1. ロボットアームの位置誤差補正

これによって、熱膨張による位置誤差を従来比約1/5に抑制し、暖機運転せずに電源投入直後から高精度な動作を可能とした。また、季節や時間帯によって気温が変動しても位置ズレを抑制できる。

2.2 e-F@ctory/FA機器との連携強化

ロボット内部情報を三菱電機のe-F@ctoryの情報系上位システムやFA機器が取得し、指示情報をロボットが受け取る手段として、次の機能を搭載した。

2.2.1 シーケンサデバイス割り付け機能

従来、ロボットの現在位置や電流値などロボットシステムであらかじめ決められた情報だけがロボットコントローラ内のデバイスに割り付けられていた。GOT(Graphic Operation Terminal)などのFA機器からはデバイスを介してこれらのロボットシステム情報にアクセスしていた。一方、各FA機器からロボットプログラム中の生産数や品質情報といった任意のユーザー情報にアクセスする場合には、ロボットプログラムによってデバイスにこれらの情報を書き込む必要があった。

FRシリーズでは、デバイスにプログラム内の変数(任意のユーザー情報を格納)を直接割り付けることを可能とした(図2)。これによって、ロボットと各FA機器との情報共有を容易にした。

2.2.2 SLMP対応

上位システムから下位システムを含むネットワークの階層・境界を意識しないアプリケーション間通信を可能にするSLMPに対応した(図3)。シーケンサデバイス割り付け機能を組み合わせると、上位システムである情報系とシームレスにロボット内部情報やロボットへの指示情報のやり取りが可能となる。

2.3 安全機能の強化

人とロボットが同じエリアで作業をする人協働作業が求められている。それを実現するためには安全機能を備えたロボットとシステム運用に当たってのリスクアセスメントが必須となる。FRシリーズは、最新の安全規格(EN61800-5-2, IEC60204-1)で定められた安全停止監

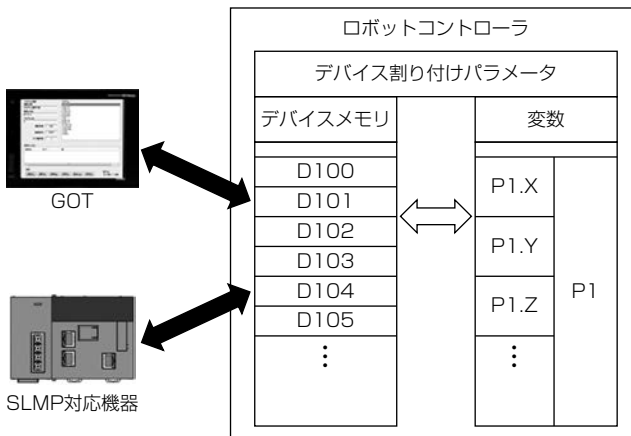


図2. シーケンサデバイス割り付け機能

視(SOS), 安全停止 2 (SS2)を追加し, 安全速度監視(SLS)と安全制限位置監視(SLP)の機能強化も行った。前シリーズである“Fシリーズ”⁽¹⁾との安全機能比較を表 1 に示す。

次に, 安全速度監視と安全制限位置監視の機能強化内容について述べる。

2. 3. 1 安全速度監視の機能強化

(1) 安全速度監視対象の拡張

ロボットには, 手先の速度が遅くとも各関節が速く動作する姿勢が存在し, かつ各関節の動作経路を即座に予見することは困難である。そのため, 手先以外の速度を監視する必要があった。

FRシリーズでは, ロボットアームの手先に加えて自由な位置に4か所まで安全速度監視対象の指定を可能とした。安全速度監視対象の拡張によって, 各関節などの予期せぬ高速動作を未然に防ぐことができ, より安全なシステムの構築が可能となる(図 4)。

(2) XYZ軸方向ごとの安全速度監視

安全速度監視対象としてロボットアームの手先の合成速度だけしか指定できなかつたため, 速度を必要としない方向にも最高速を必要とする方向と同じだけ, 安全が確保できる距離が必要であった。

FRシリーズでは, 合成速度の速度監視に加え, XYZ軸方向ごとの速度監視を可能とした。これによって, 作業者がいる方向だけを監視対象とするといった自由度の高い設定ができるため, より省スペースな設備を構築できる(図 5)。

2. 3. 2 安全制限位置監視の機能強化

従来は, 自由平面による侵入不可領域の指定だけであつたため, ロボットセル内の周辺装置などに対する領域指定ができなかつた。

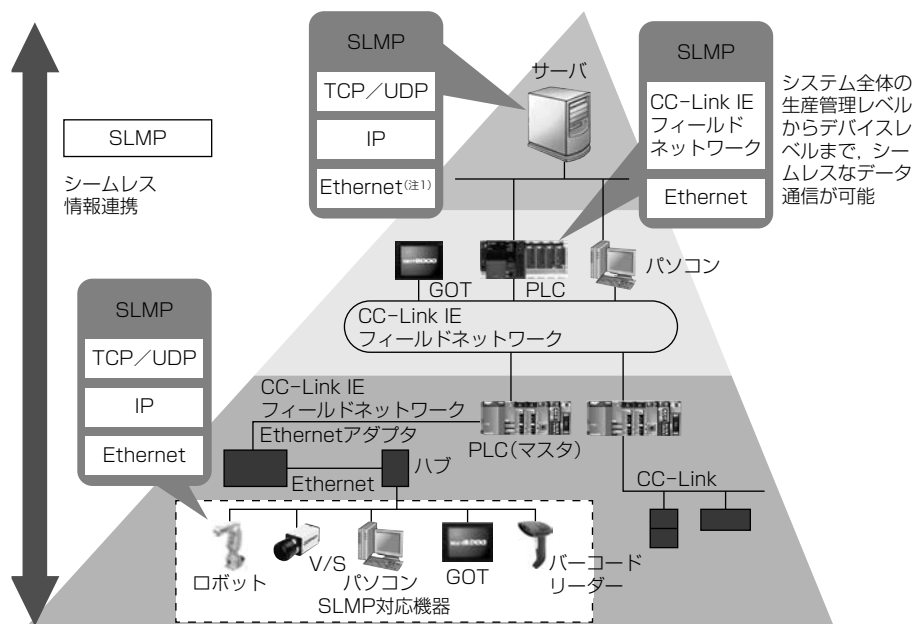
新たに直方体のユーザー定義領域を侵入不可領域として指定して安全/非安全エリアの区分けがより簡単かつ柔軟に設定できるようにした(図 6)。

2. 3. 3 安全ロジック編集機能

ロボットコントローラ内で安全機能の作動条件(ロジック)を定義する安全信号のロジック編集機能を開発した(図 7)。従来は, ロジックを設定するために安全シーケンサが必要であつたが, ロボットの安全ロジック編集機能を活用することで, 安全シーケンサがなくてもロジックの設定を可能とした。これによって, 安全システムの構築・運用が容易になり, システムコストの削減や設計期間の短縮が可能となる。

2. 4 知能化技術の強化

2. 4. 1 力覚センサのデータ取得性能向上



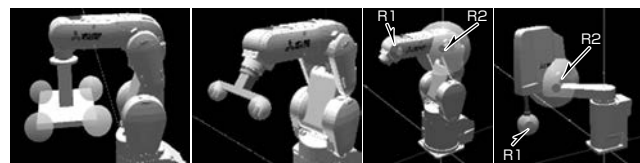
(注1) Ethernetは, 富士ゼロックス(株)の登録商標である。
TCP : Transmission Control Protocol, UDP : User Datagram Protocol, IP : Internet Protocol, PLC : Programmable Logic Controller, V/S : Vision Sensor

図 3. SLMP

表 1. 安全機能比較

安全機能	Fシリーズ	FRシリーズ
安全速度監視 (SLS)	○	○(注2)
安全制限位置監視 (SLP)	○	○(注2)
安全動作停止 (SOS)	—	○
安全停止1 (SS1)	○	○
安全停止2 (SS2)	—	○
安全トルク停止 (STO)	○	○

(注 2) 機能強化を実施



ロボットアームの手先以外に任意の4か所を監視対象に指定可能

図 4. 安全速度監視対象の拡張

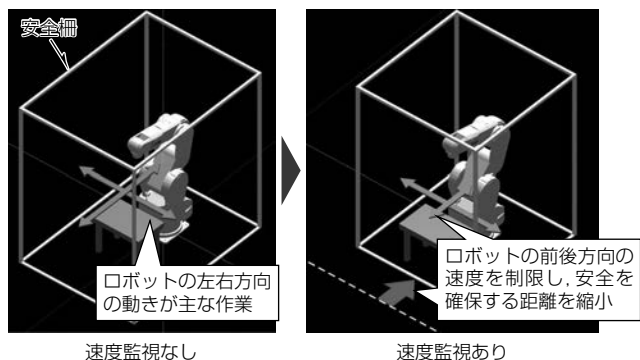


図 5. XYZ軸方向ごとの安全速度監視

力覚センサのデータ取得速度を従来比で8倍とし, きめ細やかな力情報を取得できるようにした。これによって, 例えば検査作業で, より精度の高い正誤判定が可能となった。また, ロボットコントローラの制御周期も従来比1/2としたため, はめあい作業や加工作業の高速化や作業品質

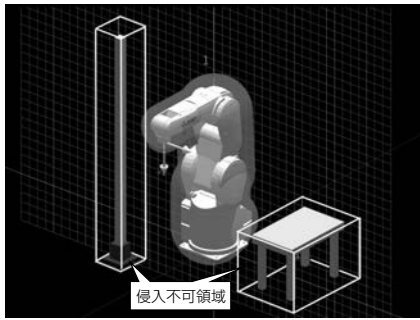


図6. 安全制限位置監視対象の拡張

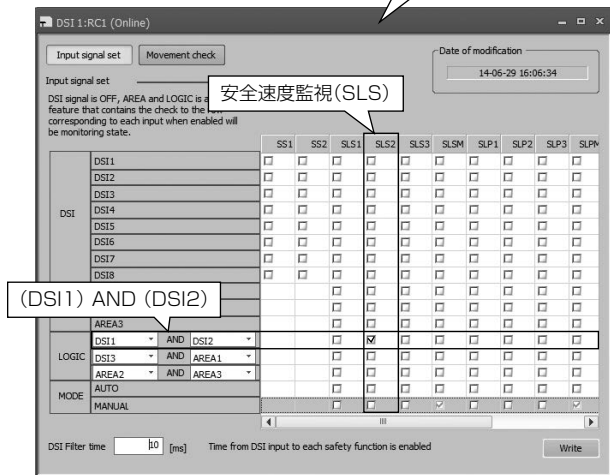
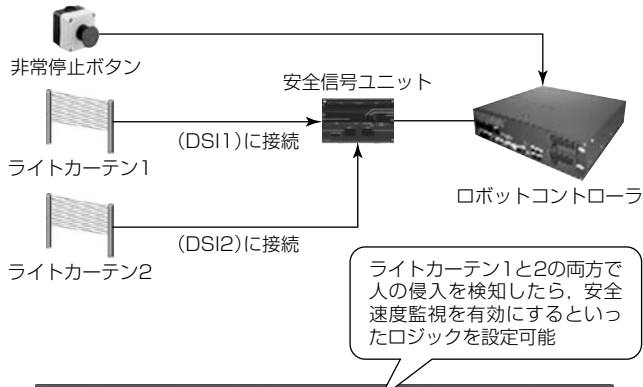


図7. 安全ロジック編集画面

の向上が可能となる(図8)。

2.4.2 付加軸協調制御

ロボットの据付け面の中心を原点とする座標系であるロボット座標系をロボットコントローラで制御する汎用サーボモータの付加軸の動きに同期させて移動させる機能を開発し、付加軸と協調した動作を容易に実現できるようにした(図9)。付加軸協調制御時に、速度一定で動作可能な自由曲線補間も可能としたため、ロボットの動作範囲を超える複雑な形状をした大型ワークの研磨やシーリング作業等に対応できる。これによって、大型ロボットでなければ対応できなかった作業が小型ロボットでも可能となり、作業エリアの省スペース化やシステムコストの削減も可能とした。

2.4.3 ワーク座標キャリブレーション機能

ロボットアームの手先に設置されたビジョンセンサ(ハンドアイ)の情報を用いることで、ロボットとワーク座標

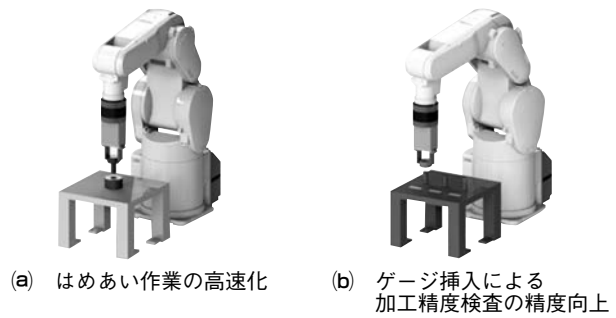


図8. 力覚センサのデータ取得性能向上による効果例

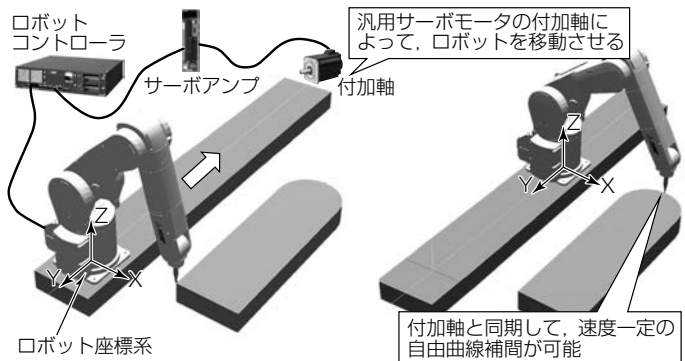


図9. 付加軸協調制御

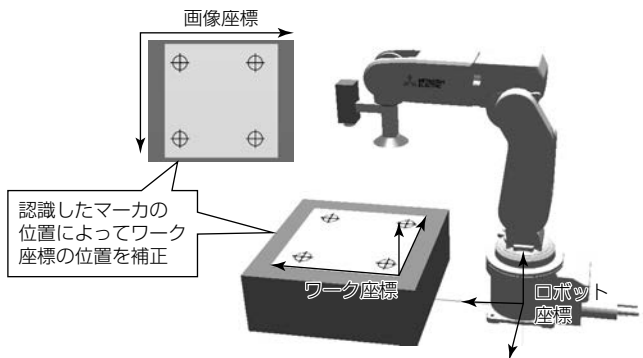


図10. ワーク座標キャリブレーション

のキャリブレーションを容易にする機能を実現した(図10)。これによって、ロボットの移設や無人搬送車(AGV)に搭載した際に発生する位置ズレを補正し、作業安定性の向上を可能とした。

3. むすび

基本性能の向上, e-F@ctory/FA機器との連携強化, 安全機能の強化, そして智能化技術を更に進化させたMELFA FRシリーズの特長について述べた。

IIoT時代の次世代ものづくり工場に向けた取組みが世界的に活発化してきている。その要求に応えるために、今後更にIoT技術と人工知能(AI)技術を取り込み、製品力強化に取り組んでいく。

参考文献

- (1) 宮本昌和：産業用ロボット“MELFA Fシリーズ”，三菱電機技報，90，No.4，243～246 (2016)