

産業用ロボットFRシリーズ “MELFA Smart Plus”

村田健二*

Industrial Robot FR Series "MELFA Smart Plus"

Kenji Murata

要 旨

消費者ニーズの多様化や、グローバル化によって、製造業は大きな改革を迎えようとしている。産業用ロボットは従来の単一作業ではなく、より高度な作業に簡単に対応できる性能や柔軟性が求められている。

このような市場環境に 대응するため、産業用ロボット“MELFA FRシリーズ”のオプションに、新たに“MELFA Smart Plus”をラインアップした。

“MELFA Smart Plus”は、導入の容易化と高度な作業の自動化を支援する機能オプションである。

その主要機能は、次のとおりである。

(1) ロボット機構温度補正機能

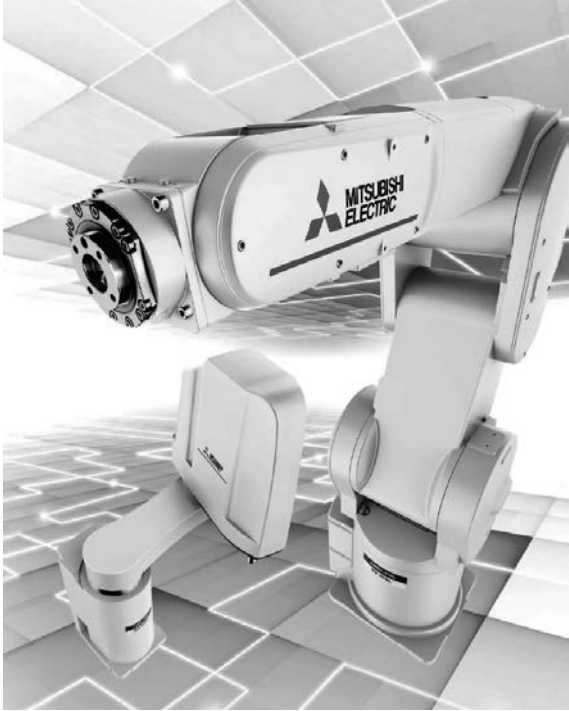
ロボットアームの熱膨張による位置誤差を補正する機能を搭載し、高精度作業の安定性向上。

(2) キャリブレーション支援機能

“ロボット-ビジョンセンサ”“ロボット-ワーク”“ロボット-ロボット”間のキャリブレーション作業の自動化を実現。


(3) 付加軸協調機能

付加軸とロボットとの協調制御による生産性向上と対応ワークの拡大。




MELFA FR
SERIES


MELFA Smart Plus




ロボットコントローラ
CR800



MELFA Smart Plus
カード(2F-DQ51X)




ロボット機構温度補正機能
ロボットアームの熱膨張を補正し位置精度を向上



キャリブレーション支援機能

- ・自動キャリブレーション
ビジョンセンサの座標を自動的に補正し位置精度を向上
- ・ワーク座標キャリブレーション
ビジョンセンサによってロボット座標とワーク座標の補正を自動的に実行し位置精度を向上
- ・ロボット間相対キャリブレーション
ビジョンセンサによってロボット複数台間の位置を自動補正。協調動作時の位置精度を向上



付加軸協調制御
ロボットと走行台を連携させ、速度を指定した加工・組立てを実現

産業用ロボットFRシリーズ“MELFA Smart Plus”

柔軟な生産ラインの実現を強力にサポートするMELFA FRシリーズの新オプションMELFA Smart Plusを開発した。MELFA Smart Plusは、顧客の設計・立ち上げ・運用・保守の全てのフェーズで、先進の機能を提供する。これらの機能は、ロボットコントローラ“CR800”にMELFA Smart Plusカードを挿入することで有効化される。

1. ま え が き

モノづくりの現場で、グローバル競争に対応するための次世代生産システムとして、産業用ロボットの活用が進んでいる。その背景として、①工場の安定的な労働力確保のための自動化推進、②消費者嗜好(しこう)の多様化による変種変量生産に適応したセル生産システムへの移行、③安価にかつ短期間で設計・稼働ができる生産システムへの要求、④高精度組立て、柔軟物搬送、高速ハンドリング等の高度な作業の自動化要求が挙げられる。

三菱電機はこれらに応えるため、知能化機能を進化させた産業用ロボットMELFA FRシリーズを開発した⁽¹⁾⁽²⁾。このシリーズでは、従来の“力覚センサ”や“三次元ビジョンセンサ”を活用した知能化技術に加え、高度な作業の自動化を容易に導入できる新機能“MELFA Smart Plus”をオプションとしてラインアップすることで、自動化の妨げとなる各種課題に対するソリューション提案力を強化した。本稿では、“MELFA Smart Plus”に含まれる代表的な機能と応用例について述べる。

2. MELFA Smart Plus機能

MELFA Smart Plusは、各種センサとの連携機能、自律的な立ち上げ調整機能など、顧客の設計・立ち上げ・運用・保守の全てのフェーズに先進の機能を提供できる機能オプションである。MELFA Smart Plusの各種機能は、図1に示すように、“MELFA Smart Plusカード”をロボットコントローラCR800に挿入することで有効化される。

次にMELFA Smart Plusの機能の内、“ロボット機構温度補正機能”“キャリブレーション支援機能”“付加軸協調制御機能”について述べる。

2.1 ロボット機構温度補正機能

ロボット機構温度補正機能は、ロボットアームの温度をリアルタイムに推定し、アームの熱膨張による位置誤差を自動補正する機能である。

組立て・加工など、高精度な作業をロボットが行う場合は、ロボットアームの熱膨張による位置誤差が安定稼働の妨げとなる場合がある。従来、熱膨張の影響を軽減するため、生産前に暖機運転を行うことを推奨していたが、この

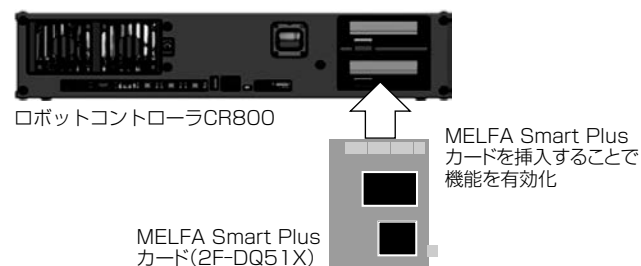


図1. MELFA Smart Plus機能の有効化

機能の搭載によって、熱膨張による位置ズレを約1/5に抑制することが可能となるため(図2)、暖機運転や教示位置の補正を行わずに、高精度な作業を行えるようになる。

熱膨張によるアームの変位は、各軸のモータ(エンコーダ)に搭載されている温度センサのデータを用いた多項式で近似される。この式によってアーム先端位置の変位量を随時計算し、その影響を相殺する補正指令を各軸モータの位置指令に加算している。

この方式によって、顧客は、ポジションデータを変更することなく、アーム熱膨張による影響を自動的に除去することが可能になる。

2.2 キャリブレーション支援機能

キャリブレーション支援機能は、“自動キャリブレーション機能”“ワーク座標キャリブレーション機能”“ロボット間相対キャリブレーション機能”で構成される。

2.2.1 自動キャリブレーション機能

自動キャリブレーション機能は、煩雑で時間のかかるビジョンセンサの画像座標とロボット座標とのキャリブレーション作業(位置合わせ作業)を自動化する機能である(図3)。

従来、このようなキャリブレーション作業は、手作業によって行われていたため、システムの立ち上げ時や移設時に多くの時間を要していた。また、作業のばらつきによって、安定したキャリブレーションの精度を出すのが困難であった。

自動キャリブレーション機能によって、エンジニアリングツール“RT ToolBox3”の専用画面(図4)に従い、必要

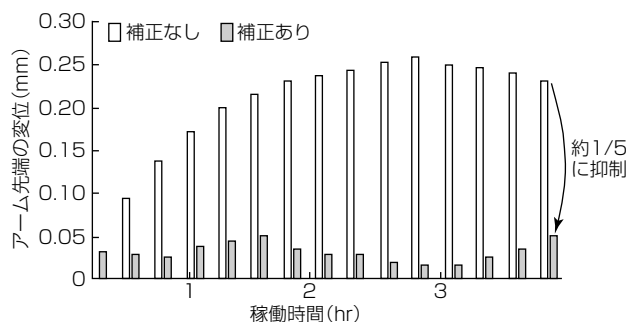


図2. 稼働時間とアーム先端位置の変位

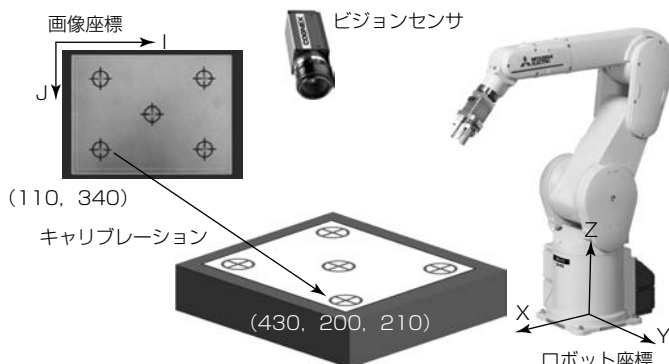


図3. ビジョンセンサとロボットのキャリブレーション

事項を入力するだけで、キャリブレーションを自動的に行うことが可能になる。また、一度作成したキャリブレーション動作をロボットプログラムとして保持できるため、同じ精度のキャリブレーション作業を何度でも再現できる。

同一システムを何台も立ち上げる場合や、トラブル発生によって再キャリブレーションが必要になった場合は、プログラムの再利用によって、再現性の高いキャリブレーションを容易に行える。

2.2.2 ワーク座標キャリブレーション機能

ワーク座標キャリブレーションは、ロボット手先に設置された二次元ビジョンセンサの情報を用いて、ロボットと作業対象物(ロボット座標とワーク座標)の位置合わせを行う機能である。この機能を搭載することで、ロボットと作業対象物に生じる位置ズレを自律的に補正するシステムを構築できる。

ワーク座標キャリブレーションを行うには、図5に示すような基準マークとワーク座標系原点との位置関係が既知である“キャリブレーションシート”を作業領域内に設置す

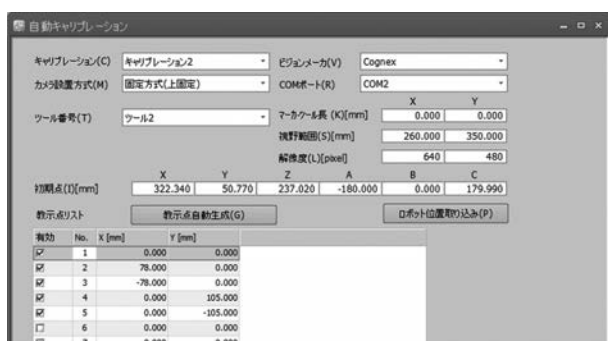


図4. 自動キャリブレーション専用画面

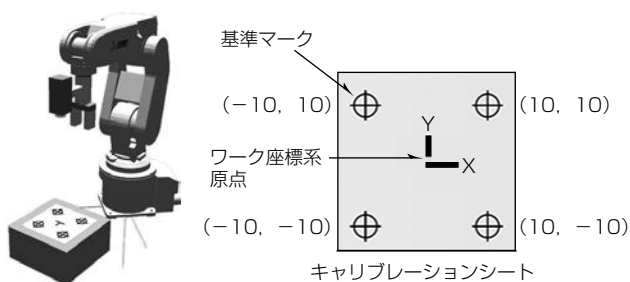


図5. ワーク座標キャリブレーション

る必要がある。専用プログラムを実行すると、多視点の撮像データとロボットの位置データから、キャリブレーションシートの三次元的な傾きと、ワーク座標系原点の位置を自動的に計測し、ロボット座標から見たワーク座標を算出する。

2.2.3 ロボット間相対キャリブレーション機能

ロボット間相対キャリブレーション機能は、複数のロボットが協調して作業するシステムで、ロボット間の設置誤差を補正する機能である。

図6に示すように、ロボット1とワーク座標のキャリブレーションとロボット2とワーク座標のキャリブレーションをそれぞれ行うことで、ロボット1, 2間の相対位置関係が算出される。

2.3 付加軸協調制御機能

付加軸協調制御機能は、ロボットと直動軸の協調制御を実現する機能であり、ベース座標系協調制御機能と付加軸トラッキング機能で構成される。

2.3.1 ベース座標系協調制御機能

ベース座標系協調制御機能は、走行軸(直動軸)を用いて、連続加工できる動作範囲を拡大する機能である。

この機能を搭載することによって、今まで動作範囲不足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、小型ロボットと走行軸の組合せでも対応できるようになるため、作業エリアの省スペース化やシステムコストの削減が可能になる。

図7に示すように、大型ワークの外周を加工するような動作の場合、ロボットのベース座標(ワールド座標から見たロボット座標の位置)を直動軸の動作に連動してリアルタイムに変更することで、連続した動作を実現している。

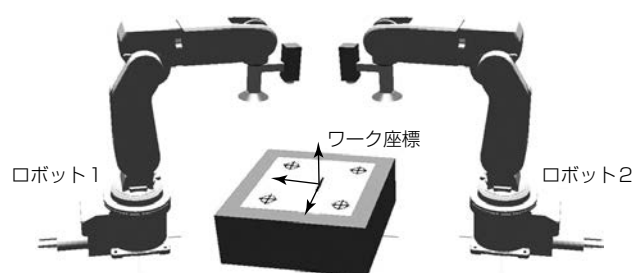


図6. ロボット間相対キャリブレーション

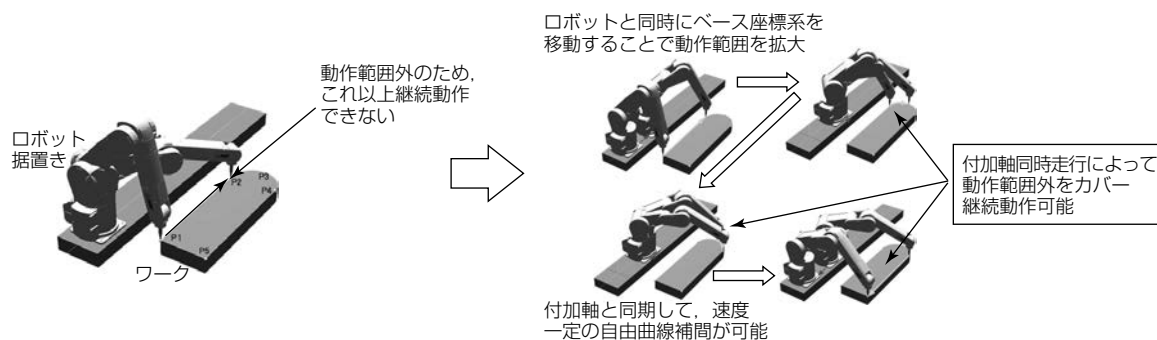
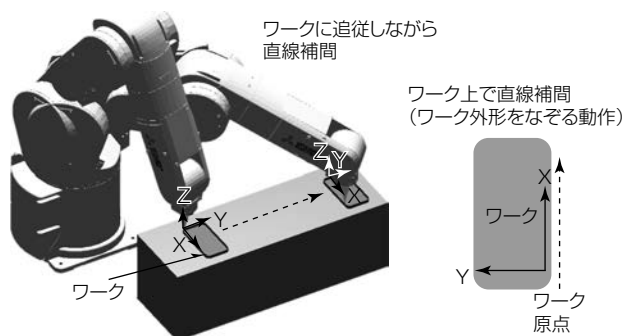


図7. ベース座標系協調制御



ユーザーメカでワーク移動(トラッキング用のワーク位置を移動)

図8. 付加軸トラッキング

2.3.2 付加軸トラッキング機能

付加軸トラッキング機能は、付加軸を用いて搬送中のワークに追従しながら組立て・加工等の作業を行う機能である。

図8のように、付加軸(直動軸)を用いて移動しているワークにロボットが追いつき、ワークとロボットツールの先端の相対速度がゼロになるようリアルタイム制御を行っているため、止まっているワークに対して行う作業と同様の作業を、移動中のワークに対しても行えるようになる。

従来はワークの動きを止めてから加工・組立て等の作業を行う必要があったが、この機能を搭載することで、その必要はなくなり、搬送と作業の両立が可能となるため、タクトタイムを大幅に短縮できる。

3. 応用例

MELFA Smart Plus機能を活用した応用例を次に述べる。

3.1 コピーセル^(注1)への適用

図9に示すように、立ち上げ調整済みのマスターセルと同一のセルを複製するような場合、従来は、セルごとにキャリブレーション作業や教示作業を行う必要があったが、“MELFA Smart Plus”によって提供される“ロボット機構温度補正機能”と“自動キャリブレーション機能”によって、各セル間の機体差を自動的に補正することが可能になる。これによって、マスターセルの変更情報を離れた場所のセルにも同様に展開できるようになり、マスターセルと各セル間の連携的な運用が可能となる。

(注1) セル生産で、同一工程のセルを複製することである。

3.2 移動ロボットへの適用

無人搬送車(AGV)や移動カートにロボットを搭載して装置間を搬送するシステムの場合、搬送先での搬送車(又はカート)の停止位置誤差によって作業精度が低下する。このような場合、MELFA Smart Plusのキャリブレーション支援機能が有効である。

ワーク座標キャリブレーション機能を用いて、周辺装置

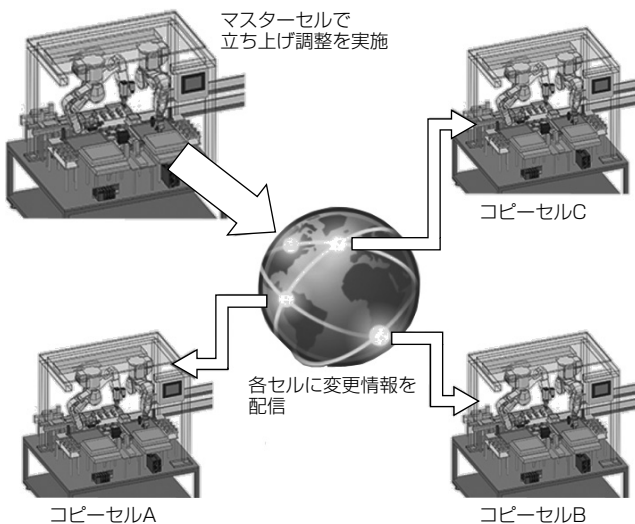


図9. コピーセルの適用例

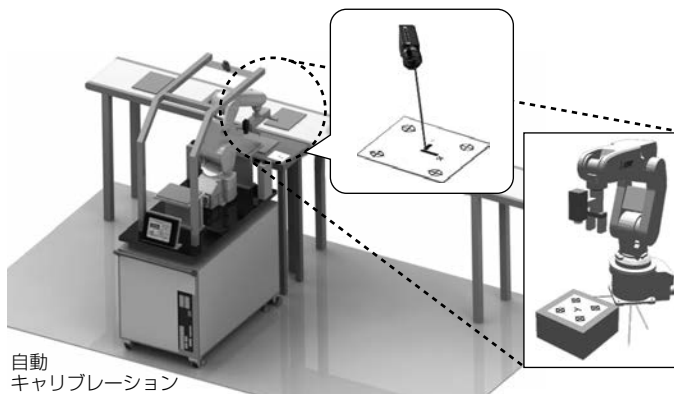


図10. 移動台車ロボット適用例

とロボットの三次元的な位置ズレを自動補正できるため、搬送車ごとにロボットプログラムや教示位置を変更することなく運用することが可能になる(図10)。

4. むすび

MELFA FRシリーズのオプションである“MELFA Smart Plus”について、ロボット本体の熱膨張による位置誤差の補正や、周辺装置とロボットのキャリブレーションの自動化、周辺軸(付加軸)との協調制御について述べた。

MELFA Smart Plusは、今後、センシング技術やAI技術も取り入れ、設計・立ち上げ・運用・保守の全てのフェーズで、自動化の課題を克服する機能を随時展開していく予定である。

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）
 (2) 宮本昌和：産業用ロボット“MELFA FRシリーズ”，三菱電機技報，91，No.4，217～220（2017）