

産業用ロボット“MELFA Fシリーズ”

宮本昌和*

Industrial Robots "MELFA F Series"

Masakazu Miyamoto

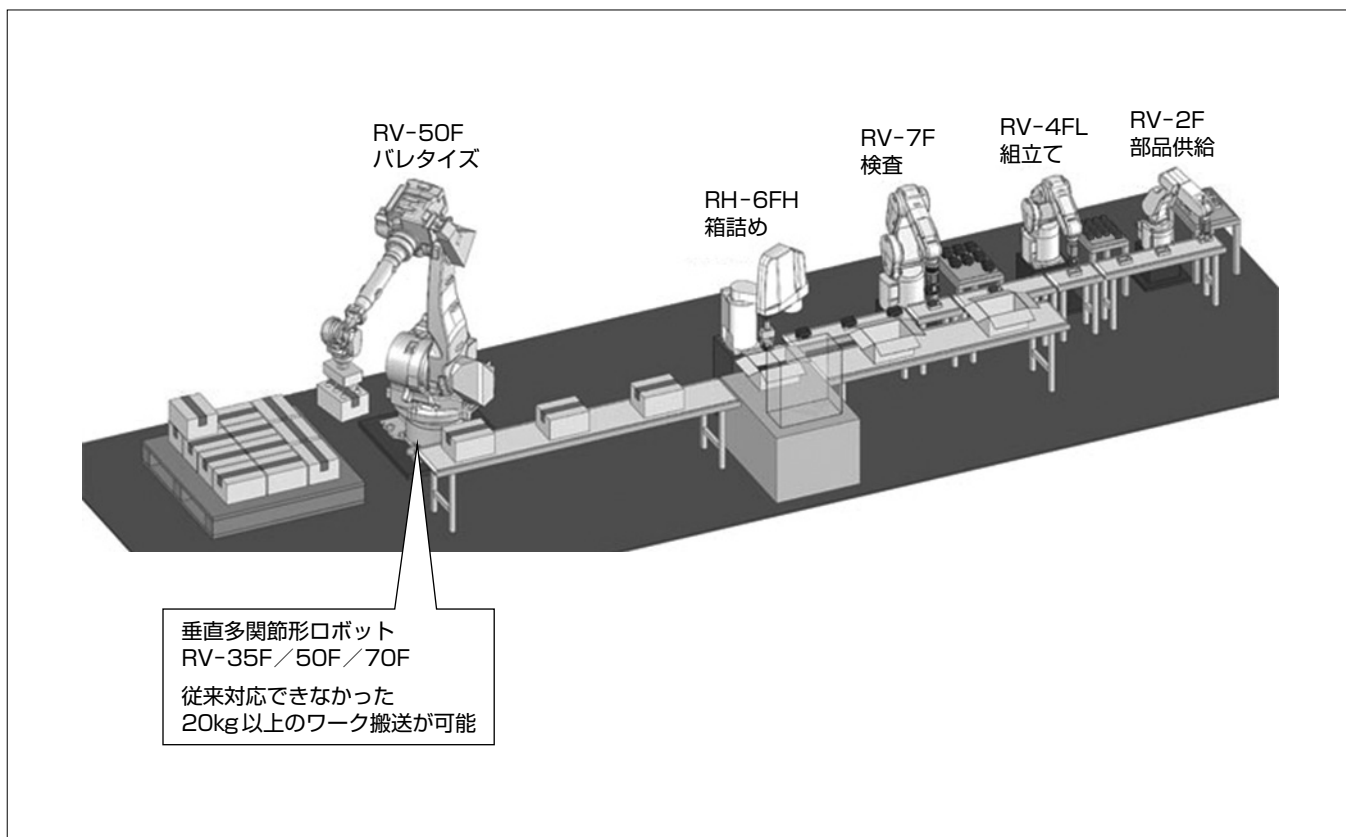
要旨

近年、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及び変種変量生産に移行しつつある。これに対応するため、多くの生産現場では人によるセル生産が導入されているが、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課題がある。ロボットは、人作業に対してランニングコストの低減や作業品質の均一化を可能にするため、ロボットによるセル生産への要求が高まっている。その要求に応えるため、①力覚センサ、②三次元ビジョンセンサ、③複雑協調制御、④干渉回避などの知能化技術を搭載した産業用ロボット“MELFA Fシリーズ”をライアアップしてきた。

三菱電機は電気・電子市場をメインターゲットとしていたため、従来は可搬質量20kgまでのラインアアップを用意

しており、部品供給や組立て、検査、箱詰めといった上流から中流までの工程はカバーできていた。しかし、完成品の大型ワークの搬送作業やパレタイズといった工程をカバーできていなかったため、下流工程も含めてMELFA Fシリーズを使用して操作性を統一したいという声が寄せられていた。

今回、新たに可搬質量35/50/70kgの垂直多関節形ロボット“RV-35F/50F/70F”を拡充開発して、上流工程から下流工程まで全てをMELFA Fシリーズでカバーできるようにした。これによって、自動化システム全体でロボットの操作性の統一やメンテナンス効率を向上させるとともに、知能化技術をより多くの工程で活用することが可能となる。



上流工程から下流工程まで全てを“MELFA Fシリーズ”でカバーする自動化システム例

可搬質量20kgまでのラインアアップに加えて、可搬質量35/50/70kgの垂直多関節形ロボットRV-35F/50F/70Fを拡充した。大型ワークの搬送作業やパレタイズといった、従来カバーできていなかった下流工程に対応できるようになった。FA統合コンセプト“iQ-Platform”によるFA(Factory Automation)機器連携を組み合わせることで、自動化システム全体をトータルで提供可能となる。

*名古屋製作所

1. ま え が き

近年、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及び変種変量生産に移行しつつある。これに対応するため、多くの生産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によって、ロボットによるセル生産への要求が高まっている。その要求に応えるために知能化技術を搭載したMELFA Fシリーズを市場に投入し、高い評価を得ている。

一方で、当社は電気・電子市場をメインターゲットとして可搬質量20kgまでのラインアップを用意してきたため、大型ワークの搬送作業やパレタイズといった下流工程をカバーできていなかった。顧客からは、下流工程も含めてMELFA Fシリーズを使用して、操作性を統一したいという声が寄せられていた。

今回、新たに可搬質量20kgを超えるロボットを拡充して、上流工程から下流工程まで全てをMELFA Fシリーズでカバーできるようになった。

本稿では、拡充したMELFA Fシリーズのラインアップ、及びその特長について述べる。

2. MELFA Fシリーズのラインアップ

MELFA Fシリーズは、セル生産のような装置が密集する空間に適したスリム&コンパクトなアームでありながら、クラス最高の動作速度・連続動作能力を備え、力覚センサなどの知能化技術を活用することで電気・電子市場での複雑な組立作業などにも対応可能な製品である。

MELFA Fシリーズのラインアップは次のとおりである。

2.1 ロボットコントローラ

2.1.1 Qタイプコントローラ

Qタイプコントローラは、生産システムを制御するコントローラ、HMI(Human Machine Interface)、エンジニアリング環境、ネットワークを統合したiQ Platformに対応したロボットコントローラである(図1)。“MELSEC Qシーケンサ”の基本ベースにロボットCPUをスロットイン

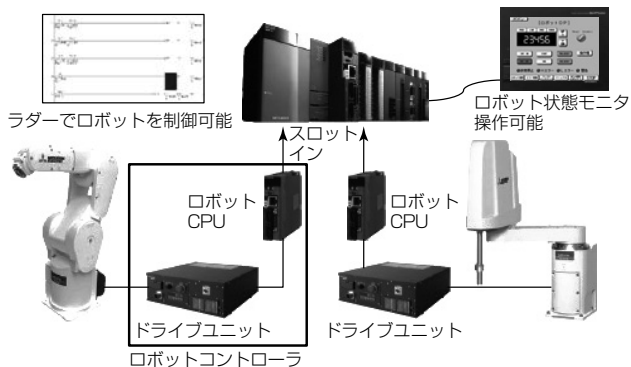


図1. Qタイプコントローラ

してマルチCPU構成とすることで、FA機器との親和性を飛躍的に向上させた。

2.1.2 Dタイプコントローラ

Dタイプコントローラは、スタンドアロンタイプのロボットコントローラである(図2)。各種インタフェースを標準搭載してアプリケーションに合わせた最適なシステムを構築でき、ロボットコントローラを制御の核としたセルの構築が可能である。

2.2 ロボットアーム

2.2.1 垂直多関節形ロボット

垂直多関節形ロボットは、6軸の関節を持っており、複雑な組立・加工動作に対応できる腕型のロボットアームである。小さなボディとスリムなアームで大きな作業エリアと可搬質量を実現した3~20kg可搬ロボット、及び大型ワークの搬送作業やパレタイズに最適な35~70kg可搬ロボットをラインアップした(図3)。部品供給、組立て、検査、箱詰め作業からパレタイズまで、全ての工程をカバーできる。

2.2.2 水平多関節形ロボット

水平多関節形ロボットは、4軸の関節を持っており、高速動作が要求される食品/薬品の大量生産から高精度が要求される組立作業まで、幅広い分野に対応できるロボットアームである。豊富な動作領域とバリエーションで様々な用途をカバーできる(図4)。



図2. Dタイプコントローラ

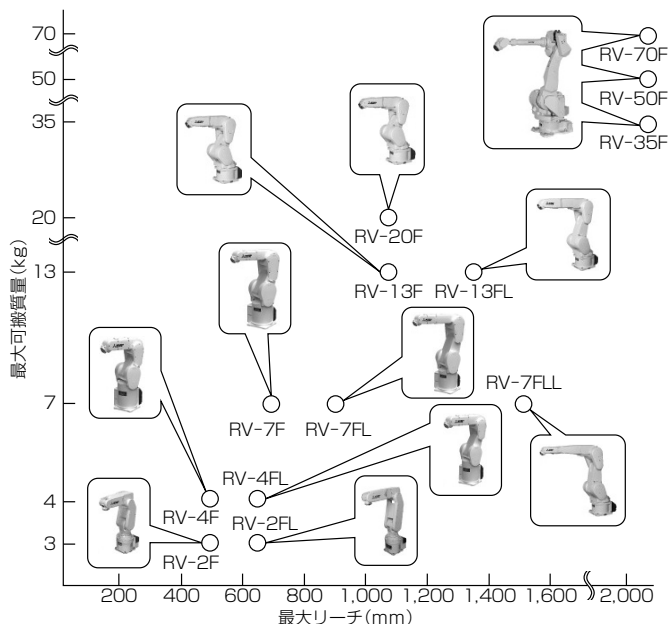


図3. 垂直多関節形ロボットのラインアップ

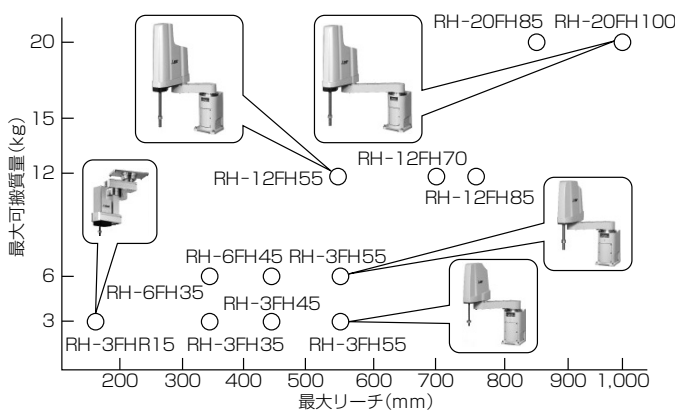


図4. 水平多関節形ロボットのラインアップ

3. MELFA Fシリーズの特長

3.1 コンパクトでスリムな3~20kg可搬ロボット

3.1.1 配管・配線の内装化

本体ケーブルを内装化して、ハンド取付け部まで配管・配線を内装可能となっている。これによって、本体ケーブルと周辺機器との干渉領域が最小化でき、配線・配管の絡みによる断線リスクの問題を解消した(図5)。

3.1.2 旋回軸動作範囲の拡大

旋回軸に独自のストップ機構を設けることで、旋回動作範囲が拡大している。背面を含めた全周アクセスが可能になり、スペースの有効活用ができる。これによって、無駄な動作を削減でき、タクトタイムの短縮に貢献する。

3.1.3 手元動作範囲の拡大

フラップ形状のアームを採用することでロボットに近い場所での作業が可能であり、設備のスリム化に貢献する。

3.2 大型ワークの搬送作業やパレタイズに最適な35~70kg可搬ロボット

顧客からの、下流工程も含めてMELFA Fシリーズで統一したいという要望に応えるため、新たに垂直多関節形ロボットRV-35F/50F/70Fをラインアップに追加した(図6)。これらのロボットは、電気・電子市場及び自動車部品市場での、組立て後の大型ワークの搬送作業やパレタイズを主要な用途として見据えている。また、従来の3~20kg可搬ロボットと同様に、知能化技術に対応している。

特長は、次のとおりである。

- (1) どの可搬質量でも同じ構造部品を使用して、搭載する減速機によって複数の可搬質量に対応することで、メンテナンス効率を向上
- (2) J3軸の反転動作が可能で、後方まで広い動作範囲を確保
- (3) 従来機“RV-20F”に比べて、RV-35Fは35倍、RV-50F/70Fは86倍の許容イナーシャを持つため、大型ハンドへの対応が可能
- (4) 配線・配管をロボット機内のベース部からエルボ部まで配線することで、周辺装置との接触による断線リス

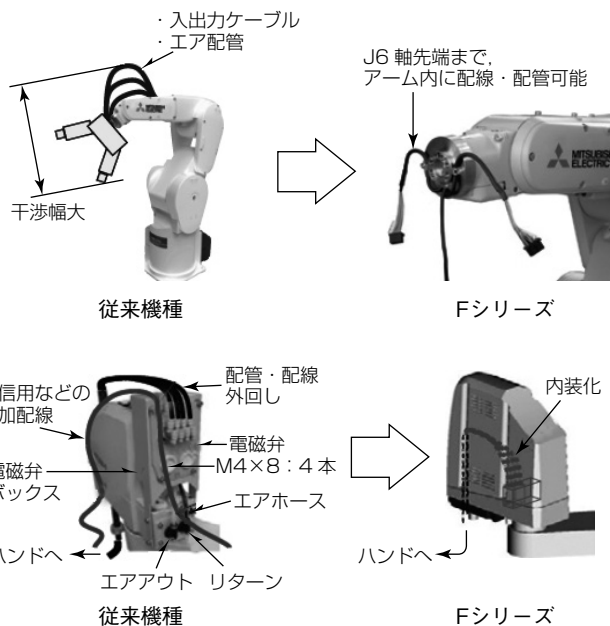


図5. 配管・配線の内装化

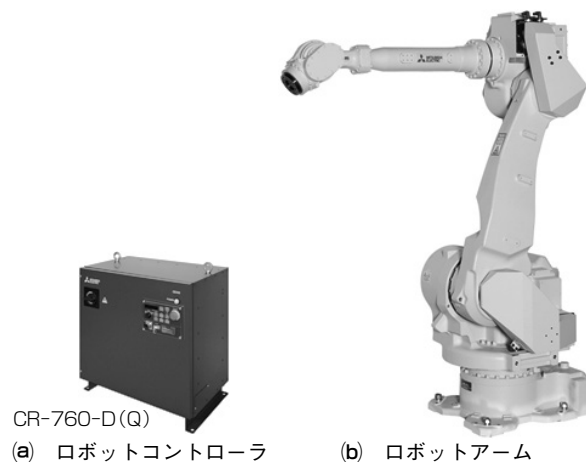


図6. 垂直多関節形RV-35F/50F/70F

クを低減

- (5) 入出力16点基板を搭載することで、複雑なハンドにも対応可能
- (6) 入出力ケーブルを特殊工具なしで加工可能

3.3 知能化技術

MELFA Fシリーズは、知能化技術を搭載することで、これまで自動化できなかった難易度の高い作業を自動化できる。

ここでは、力覚センサと三次元ビジョンセンサについて述べる。

3.3.1 力覚センサ

並進力3軸、モーメント3軸の力を検出可能な力覚センサを手先に取り付けることで、複雑な作業を実現できる。力覚センサを使った次の機能を搭載した。

- (1) スティフネス制御：仮想的なばねやダンパがあるように、外力に対する柔らかい動作

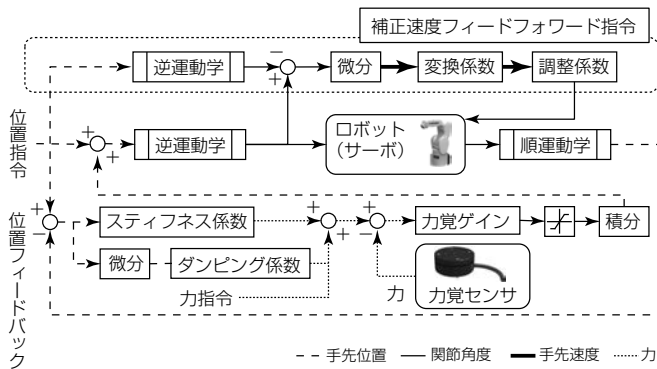


図7. 力覚制御アルゴリズム

- (2) 力制御：任意の方向へ一定の力での押し込み
- (3) 力検知：指定した以上の力を検知した場合に割り込みを発生させ、動作変更やエラー処理が可能
- (4) 制御特性変更：力覚制御ゲイン・力指令値・力検知設定のロボット動作中での切り換え

一般的に、力覚センサが剛体に接触した際に振動してしまう課題がある。これは指令に対するサーボ応答の遅れによって過剰反応してしまうためである。そこで、力覚制御アルゴリズムにフィードフォワード制御を組み込み、サーボ制御系の遅れを小さくすることで振動を低減させ、安定した力覚制御を実現した(図7)。

これらによって、微小な外力に倣いながら部品を傷めずに挿入・組み付けすることや、部品のばらつきによる位置ずれの吸収が可能となっている。

3.3.2 三次元ビジョンセンサ

従来の三次元認識技術では、ワーク形状をCADデータで事前に登録して、ワークごとに調整が必要であったため、難易度が高かった。さらに、認識時間も2.0~5.0秒と遅かった。

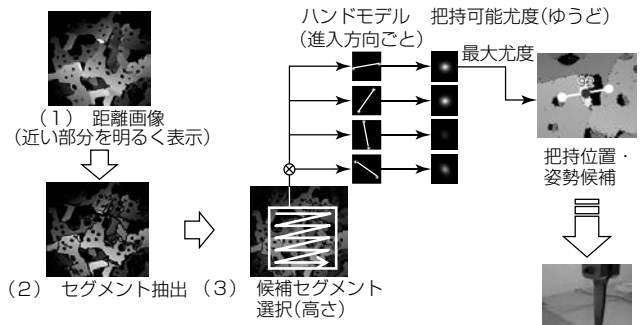
しかし、当社が開発した三次元認識技術は、使用するハンドの爪領域と開き幅だけを設定することで、様々なワークに対応できる。この機能は、バラ積みされたワークの隙間を見つけ、ハンドの爪を挿入してワークを掴(つか)めそのようなハンド位置・角度を探し出す形でワークの把持を実現しているからである(図8)。これによって、立ち上げ時間の大幅な削減が可能となり、認識時間も約1.2秒と高速化できた。

したがって、三次元ビジョンセンサを搭載した1台のロボットで、複数のばら積みされた部品を容易に供給可能となっている。

3.4 ロボット安全オプション

欧州で要求の高い安全機能に対応するため、ロボット安全オプションを開発した。

最新の安全規格に適合しており、安全性能SIL (Safety Integrity Level)2, カテゴリ3 PLdを取得している。搭載している安全機能を表1に示す。



把持可能尤度の評価条件

- 1. ハンドの開き幅内の候補セグメントの面積が大きい
- 2. 爪先部分との干渉部分が少ない

図8. 三次元ビジョンセンサの認識アルゴリズム

表1. 安全機能

安全機能	概要	関連規格
低速制御	安全入力によってロボット動作速度を指定速度以下に制限する機能	SLS
動作範囲制限機能	顧客が設定した平面をロボットアームが超えないように制限する機能	SLP
トルク監視	モータトルクを監視してロボットと周辺の干渉などを検出する機能	STR
安全入力	安全PLCと接続可能な二重化された安全入力	ISO13849-1
安全トルク遮断 安全停止機能	モータパワーを遮断してロボットを確実に停止させる機能	STO SS1

PLC : Programmable Logic Controller, SLS : Safety-Limited Speed, SLP : Safety-Limited Position, STR : Safe Torque Range, STO : Safe Torque Off, SS1 : Safe Stop 1

従来はロボットを停止させなければ部品供給などができなかったが、これらの安全機能を使用することでロボットを停止することなく作業を行うことが可能となる。したがって、安全を確保しながら生産性を向上させることができる。また、動作範囲制限機能を使用することで、ロボットが動作する範囲を限定し、安全柵を小さくすることができるため、設備コストの削減が可能となる。

4. むすび

上流工程から下流工程までをカバーできるようになったMELFA Fシリーズのラインアップ及びその特長について述べた。

市場からの自動化に対する要求は、ロボットの適用範囲の拡大とともに高度化してきており、その要求に応えるために知能化技術の更なる研鑽(けんさん)と、その技術を容易に使いこなすことができる製品力強化を実施していく。

また、人とロボットが共生して作業するという新しいコンセプトのロボット(人協働ロボット)でも、安全機能だけでなく、ロボットと人がよりよい関係を構築できるような製品開発に取り組んでいく。

参考文献

- (1) 石川高文：新型産業用ロボット“RV-SQ/SDシリーズ”の特長，三菱電機技報，82, No.3, 213~216(2008)