

# アプリケーションパッケージ “iQ Monozukuri HANDLING”

葉石敦生\* 藤本陽太郎\*  
服部真充\*  
松田辰啓\*

Application Package "iQ Monozukuri HANDLING"

Atsuo Haishi, Masamitsu Hattori, Tatsuhiko Matsuda, Yotaro Fujimoto

## 要 旨

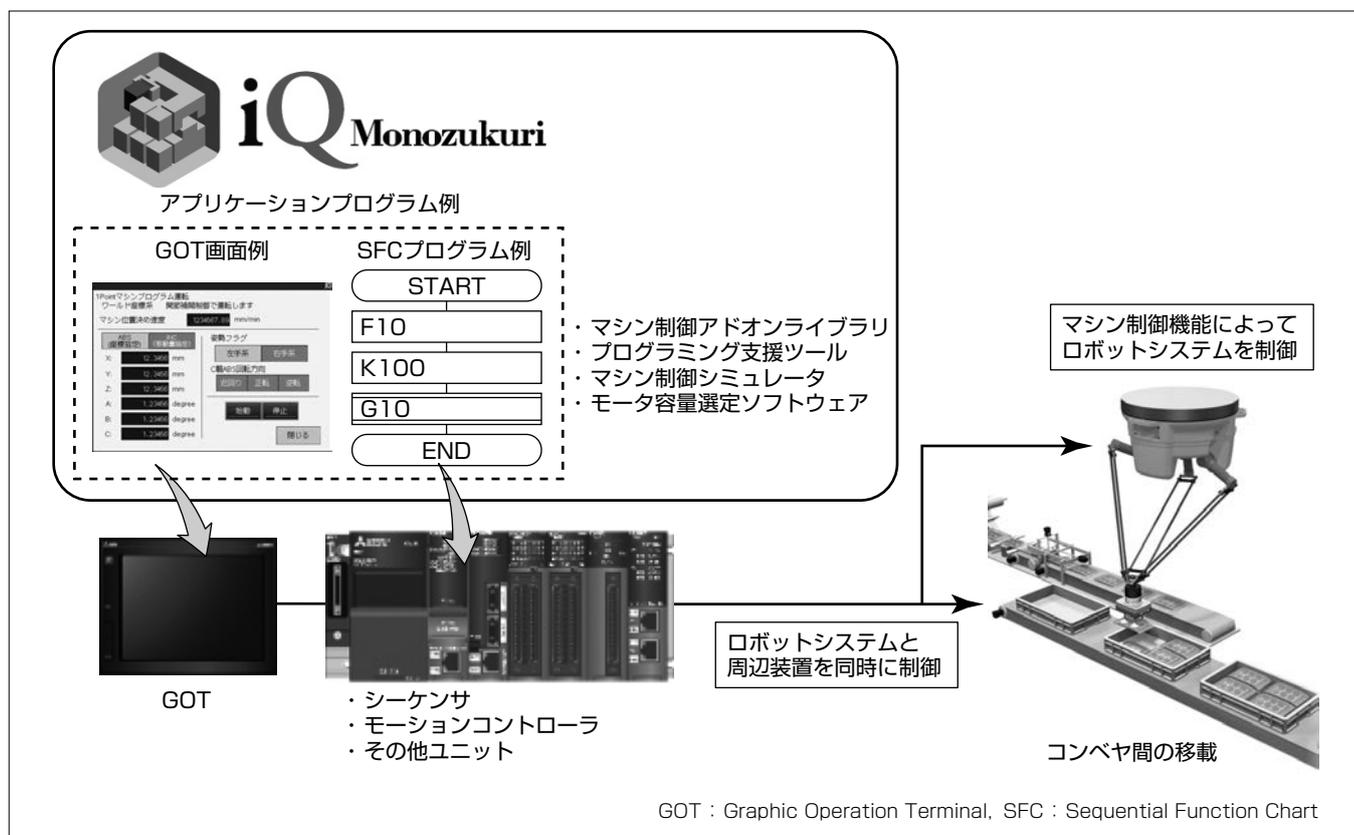
個包装後の箱詰めやコンベヤ間の移載の用途では、ロボット機構とコンベヤ等周辺装置との同期が必要となる。このような用途では、1台のモーションコントローラによって、ロボット機構と周辺装置を同時に制御することが望まれる。

三菱電機のモーションコントローラを使用したロボットシステムの開発・立ち上げをサポートするため、各種のツールをセットにしたアプリケーションパッケージ“iQ Monozukuri HANDLING”を開発した。

iQ Monozukuri HANDLINGに搭載されているソフトウェアは次のとおりである。

- (1) マシン制御アドオンライブラリ
- (2) アプリケーションプログラム例
- (3) プログラミング支援ツール
- (4) マシン制御シミュレータ
- (5) モータ容量選定ソフトウェア

ユーザーが製作するロボット機構の制御を行うためのマシン制御アドオンライブラリや、実際の用途を想定したアプリケーションプログラム例、プログラミング支援ツール、マシン制御シミュレータを使用して装置開発を行うことによって、立ち上げ時間の短縮が図れるとともに、モータ容量選定ソフトウェアによる機械設計の容易化も実現した。



## “iQ Monozukuri HANDLING”を使用したシステム構成例

iQ Monozukuri HANDLINGを使用することによって、モーションコントローラでロボットとコンベヤなどの周辺装置を制御できるため、システムコストの低減が図れる。また、モーションコントローラ一つで装置全体を制御するため、ロボットと周辺装置の同期制御が容易になる。ほかにも、プログラミングを支援するツールや、モータの容量選定ソフトウェアを提供しているため、ロボットの内製化と立ち上げ時間の短縮が可能になる。

1. ま え が き

電子部品製造や包装分野での装置間搬送用途で、ロボットを使用するケースが増えている。このような用途では、コストや寸法の自由度、装置との連携などの観点から、ロボット機構を内製化し、モーションコントローラ等の汎用コントローラでシステムを構築したいという要求がある。しかし、独自にロボットシステムを開発する場合は、アーム先端座標を関節軸の角度に変換する座標変換が必要になる。また、運転パターンや搬送物に応じたロボット機構のサーボモータの選定も自身で行う必要があるなど、システム構築は容易ではない点が多い。

このようなユーザーに向け、モーションコントローラでロボットシステムを制御するためのアプリケーションパッケージiQ Monozukuri HANDLINGを開発した。

本稿では、このアプリケーションパッケージのソフトウェア構成及び各ソフトウェアの特長と技術について述べる。

2. iQ Monozukuri HANDLINGのソフトウェア構成

当社モーションコントローラはロボットシステムを制御するマシン制御機能を持つが、iQ Monozukuri HANDLINGを使用すると、先に述べたようなハンドリング用途のロボットシステムがより簡単に構築可能となる。

iQ Monozukuri HANDLINGに搭載されているソフトウェアは次のとおりである。

(1) マシン制御アドオンライブラリ

モーションコントローラが持つマシン制御機能を活用した、ハンドリング用途で使用される代表的な8種類のロボット機構別のアドオンライブラリである。モーションコントローラの機能を追加するライブラリであり、モーションコントローラにインストールして使用する。

(2) アプリケーションプログラム例

マシンJOG運転やティーチングなど、立ち上げに必要な機能のプログラム例である。

(3) プログラミング支援ツール

移動経路の追加など、プログラム例を拡張する場合のプログラミングを支援するツールである。

(4) マシン制御シミュレータ

実機レスでロボット制御のプログラムをシミュレーションでき、装置の製作前でもデバッグが可能である。

(5) モータ容量選定ソフトウェア

運転パターンや搬送物の質量から、関節に使用するモータを選定するソフトウェアである。

3章から7章で、これら五つのソフトウェアの特長と技術について述べる。

3. マシン制御アドオンライブラリ

3.1 マシン制御機能

マシン制御機能は、モーションコントローラで、次のような行列計算を用い、ロボットアーム先端のXYZ座標データを各関節に搭載されたサーボモータの回転座標に座標変換し、ロボット機構を制御する機能である。

$$\begin{bmatrix} J_1 \\ J_2 \\ J_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_{11} & A_{21} & A_{31} \\ A_{12} & A_{22} & A_{32} \\ A_{13} & A_{23} & A_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} \dots\dots\dots (1)$$

1マシン当たり最大4軸の構成軸をマシン制御用軸として管理し、マシン制御によるロボット機構の制御と、マシン制御機能を使わない周辺装置の制御を、1システムで実現できる。

3.2 マシン制御アドオンライブラリ

先に述べた座標変換式をユーザープログラムで作成した場合、コントローラ内のユーザープログラム容量を消費してしまう。またロボット機構が変わるたびにユーザーで変換式も変更する必要があり煩雑なことから、座標変換式をアドオンライブラリとして提供する。

マシン制御アドオンライブラリ(図1)は直交型、関節型など8種類のロボット機構に対応し、ユーザーは使用する機構に合わせてアドオンライブラリを選定し、モーションコントローラへ追加インストールする。マシン制御機能は、ユーザープログラムで設定したXYZ座標系の目標値や移動量を、ライブラリごとの座標変換式に基づいて変換し各関節のサーボモータ角度として指令を出力する。マシン制御アドオンライブラリによって座標変換をモーションOS内で処理するため、ユーザーは座標変換式を意識することなく、ロボット制御のプログラミングができる。

1台のモーションコントローラで最大8マシンの制御が可能であり、アーム長や可動範囲などのロボット機構の仕様を装置に合わせてユーザーで調整でき、より柔軟なシステム構築が可能である。

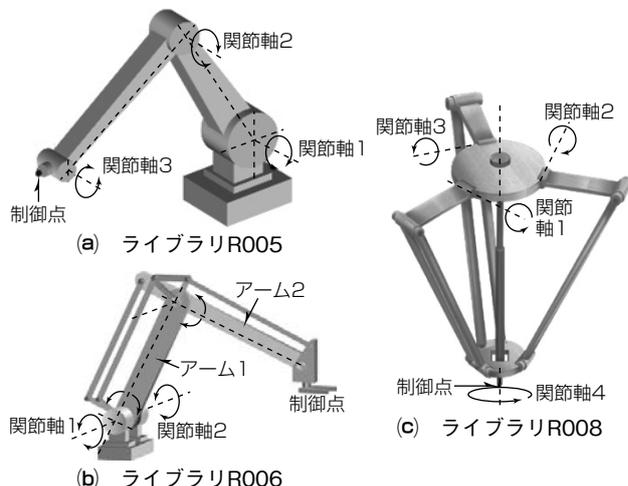


図1. マシン制御アドオンライブラリ例

#### 4. アプリケーションプログラム例

アドオンライブラリを実行するには、モーションコントローラから対象のライブラリをコールし、さらに装置に応じてアプリケーションプログラム例の逐次座標指令制御や近傍通過機能と、マシン制御アドオンライブラリとを組み合わせたプログラムを作成する必要がある。

アプリケーションプログラム例としては、そのほかに必要なマシンJOG運転、移動経路の代表点を登録するティーチング、移動経路の詳細設定をするモーションSFCプログラム例と、各種GOT画面例も用意し、ユーザープログラム開発容易化を実現する。

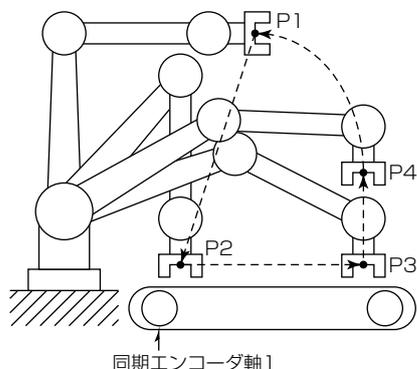
これらプログラム例や画面例をそのまま使用することだけでなく、考え方を参考にユーザーが流用開発することも可能である。

##### 4.1 逐次座標指令制御のプログラム例

コンベヤ上を移動中のワークをつかむロボットの場合、指定した座標ポイントへ制御点を追従させる逐次座標指令制御に、コンベヤの同期エンコーダのデータを入力することでロボットアームの同期を実現する(図2)。

##### 4.2 近傍通過機能のプログラム例

マシン制御で、二つ以上の補間動作を連続して行う場合に、近傍通過機能(図3)を使用して、補間動作間のつなが



- (1) 始点(P1)から追従開始位置(P2)に位置決め
- (2) 追従開始位置(P2)から同期エンコーダ軸1の位置へ追従処理(逐次座標指令)
- (3) 追従終了位置(P3)から待避位置(P4)に位置決め
- (4) 待避位置(P4)から始点(P1)に位置決め

図2. 逐次座標指令制御の動作例

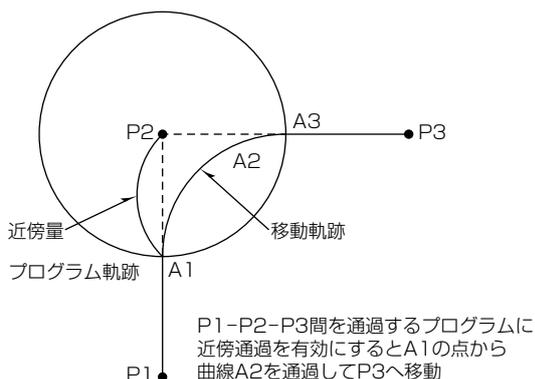


図3. 近傍通過機能

りを円滑に行うことができる。制御点の移動軌跡を短縮できるためタクトタイムを短縮できるほか、カーブ軌跡を設定する必要がないため、ユーザープログラムを簡略化できる。

##### 4.3 GOT画面例

近傍通過機能等のプログラミングに必要な画面例や、ティーチング等のロボット・サーボ調整に必要な画面例もアプリケーションプログラム例として用意している(図4, 図5)。

#### 5. プログラミング支援ツール

4章で述べたモーションSFCプログラム例を使用することで簡単にロボットシステムを制御できるが、位置決め点数が多くなる場合にはプログラムの変更が必要となる。特に移動経路が複雑な場合は、モーションSFCプログラム例のソースコードだけでは多数の移動座標・移動経路を管理することが難しくなる。

そこで、このアプリケーションパッケージではプログラミング支援ツール(図6)を提供する。このツールはExcel(注1)のマクロ機能を使用し、Excel表に記載した移動座標から、対応するデバイスの先頭アドレスを指定するだけで、モーションSFCプログラムのソースコードを生成するものである。これによって、ロボット制御のためのプログラミング工数を、大幅に削減できる。

(注1) Excelは、Microsoft Corp.の登録商標である。



図4. 移動経路設定画面例

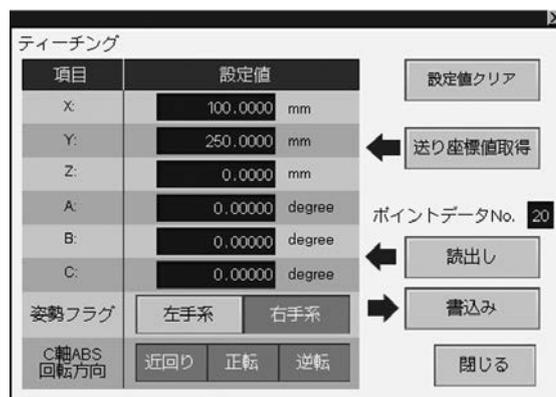


図5. ティーチング画面例

ポイント ブロック No.	ポイントデータ						構造 アズメ	デバイス 割当て
	位置(X~Z) / 角度(A~C) / 速度(J1~J6)							
	X	Y	Z	A	B	C		
P1	0		-400				//P1	
P2	-200	200	-400				D10001-0 //X(J1)	
P3	-200	-200	-400				D10002-0 //Y(J2)	
P4	200	-200	-400				D10004-0 //Z(J3)	
P5	200	200	-400				D10018-0 //A(J4)	
P6	0	200	-400				D10008-0 //B(J5)	
							D10010-0 //C(J6)	
							D10012-0 //L1(-)	
							//P2	
							D10014-0 //X(J1)	
							D10018-0 //Y(J2)	
							D10018-0 //Z(J3)	
							D10020-0 //A(J4)	
							D10022-0 //B(J5)	
							D10024-0 //C(J6)	
							D10026-0 //L1(-)	
							//P3	
							D10028-0 //X(J1)	
							D10030-0 //Y(J2)	
							D10032-0 //Z(J3)	
							D10034-0 //A(J4)	
							D10036-0 //B(J5)	
							D10038-0 //C(J6)	
							D10040-0 //L1(-)	

モーションSFC  
プログラムの  
ソースコードを生成

図6. プログラミング支援ツール



図7. マシン制御シミュレータ

## 6. マシン制御シミュレータ

近年、装置を組み上げる前に、システム設計者が制御プログラムを作成して動作確認することで、装置開発や立ち上げ調整に必要な時間を短縮する要求が高まっている。また、安全のため、ロボットの据付け前にアームの動作がどのようなになっているかを事前に確認したいという要求もある。そのため、従来可能であったモーションコントローラ標準動作のシミュレーションに加えて、マシン制御機能に関するシミュレータ、及びロボットの姿勢を可視化する姿勢モニタツールを開発した(図7)。

姿勢モニタツールでは、制御に用いるアーム長パラメータを参照することでロボットのグラフィックを変更し、設定の手間なく、実機に近い形でのモニタリングを可能とした。

これらによって、ロボットの実機組立て前にロボットを含むシステム全体のプログラム動作確認を可能とし、立ち上げ工数の削減と安全性の確保を図ることができる。

## 7. モータ容量選定ソフトウェア

モータ容量選定ソフトウェアは、最適な容量のサーボアンプ・サーボモータ、回生オプションなどの機器を選定するツールである(図8)。マシンタイプの選択、運転パターンの設定、モータシリーズの選択、機械諸元の入力をする、ツール内で必要トルクや回転数を自動計算し、最適な機器を選定する。従来の容量選定ソフトウェアでは単一軸の選定だけしかできなかったのが、ロボット機構のような複数軸対象の選定をユーザーが行うことは困難であり、ユーザーがロボット機構を製作する際の障壁の一つであった。

そこで、ロボット機構を制御する複数軸対象のモータ容量選定ソフトウェアを開発した。このソフトウェアでは、モーションコントローラのマシン制御機能がサポートするロボット機構をライブラリとしてあらかじめ用意しており、マシンタイプを選択することで単一軸の容量選定と同等の操作性で容量選定が可能となる。内部の計算では、入力さ

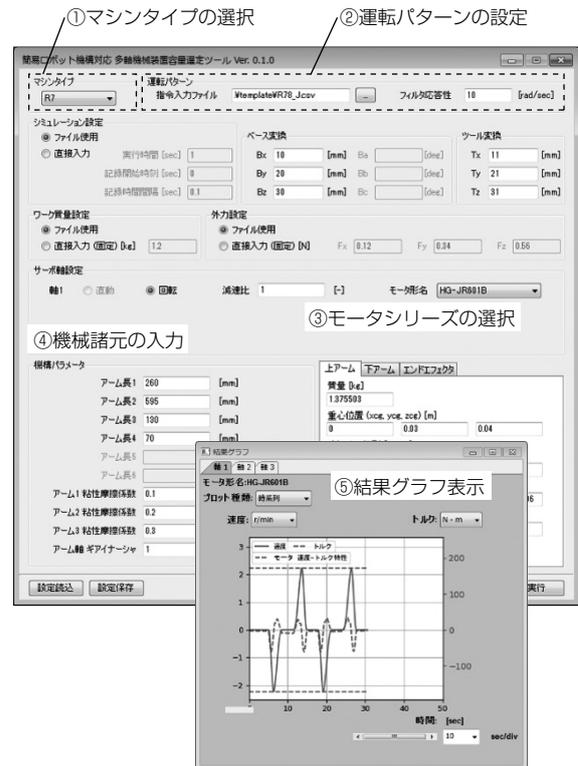


図8. モータ容量選定ソフトウェア

れたロボット機構の機械諸元と先端の運転パターンに基づいて逆動力学を用い、各軸の負荷、運転パターンを計算することで、それぞれの軸に最適な機器を選定する。

## 8. むすび

アプリケーションパッケージiQ Monozukuri HANDLINGのソフトウェア構成及び各ソフトウェアの特長と技術について述べた。モーションコントローラ1台で制御することによってシステムコストの低減が期待でき、ロボットシステムを含めた装置全体の同期も容易になる。また、支援ツールによって装置設計や立ち上げ時間の短縮を図ることができる。

今後はビジョンセンサと連携したビジョントラッキング機能等を拡充し、このパッケージの適用拡大を目指す。