

13 産業用ロボットの基礎技術の開発

～産業用ロボットと PLC を組み合わせたデモライン作成の実践報告～

兵藤一志、安部重毅

Development of Basic Technology for Industrial Robots

～Practical Report on Creating a Demo Line Combining Industrial Robots and PLC～

HYODO Kazushi and ABE Shigeki

This report describes the practical work we did to develop basic technologies using industrial robots.

Two main activities were carried out. The first was to build a demo line that controls a combination of industrial robots, PLCs, and peripheral devices. We designed a demo line that performs pick-and-place operations with a 7-axis robot equipped with an air suction hand.

The second was to create manuals for our industrial robots and the associated simulation software. We created manuals for YASKAWA Electric Corporation robots and their dedicated software (MotoSim).

キーワード：産業用ロボット、ロボットシミュレーション、PLC

1 緒 言

世界の『産業用ロボット（以下、「ロボット」という。）』の出荷台数は、新型コロナウイルス感染拡大の影響を受けて一時停滞したものの、2021 年以降は再び成長を見せ、今後も市場の拡大が続くと予想されている。国別の産業用ロボット市場規模を見ると、日本は中国に次ぐ 2 位である¹⁾。産業用ロボットの需要増加の背景には、日本をはじめ世界的に労働力人口が減少していること、中国やタイなどの人件費が高騰していること、さらに品質向上の必要性が高まっていることなどが挙げられる。

製造業では、重量物の搬送や高温・騒音・粉塵など人体への負担が大きい場所での作業や、検品や精密機器の組み立てなどの集中力が求められる作業が必要とされている。このような作業従事者の負担を軽減し人手不足の解消につなげるためにロボットへの代替が進められている。

ロボットの作業はあらかじめ教示（ティーチング）したプログラムに従うものであるが、ティーチングは、実機を動かしながら設計する方法と、シミュレーションソフト上で事前に机上設計する方法の二通りがある。ロボットは昼夜問わず稼働していることから、実機を用いたティーチングの設計は生産ラインが停止する週末や大型連休に行わなければならない、働き方改革による労働時間の削減や労働者の生活の質の改善が求められている時勢柄、シミュレーションソフトでの

机上設計を効率的に行い、設計工期を短縮する技術のニーズが高まっている。

我々、生産技術アカデミー（以下、「当所」という。）では、このようなニーズに応えるため、産業用ロボットおよびシミュレーションソフトの特徴を理解し、技術習得することで、ロボット分野の技術支援や技術相談の対応ができる人材の育成を目指している。

本報では、シミュレーションソフトを活用し、PLC とロボットを連携させる仕組みを習得するためにデモ用ラインの構築に取り組んだので、その成果について報告する。

2 ライン構築のためのスキル習得目標

産業用ロボットのライン構築には①3D-CAD、②ロボットシミュレーション、③機器操作、④PLC プログラミング、⑤機器間の通信構築、⑥エア配管・機器配線接続など多くの技術習得が必要である。

今年度は、当所が所有しているロボットおよび PLC や周辺機器を使った「(1) デモラインを構築すること」と「(2) 産業用ロボットマニュアルを作成すること」の二つのテーマに取り組み、現場設計に必要なロボット・メカトロ技術について、幅広い基礎知識を習得する。これらの活動テーマの取り組み過程で得られた知見を基に、今後の企業指導や研究開発の基礎とすることが狙いである。

3 実施内容

3.1 デモライン構築

産業用ロボット、PLC、周辺機器を組み合わせたデモライン構築の取り組み内容について以下に述べる。

3.1.1 デモラインの構成

機器構成を図1に示す。設計用PCで産業用ロボット、PLC、表示器（GOT）のプログラムを作成して実機にインストールする。そのプログラムを元に、ロボットを制御、また、ロボットの信号をPLCに入力することでPLCから周辺機器（スライダ、ロータリー）の制御を行うという構成になっている。

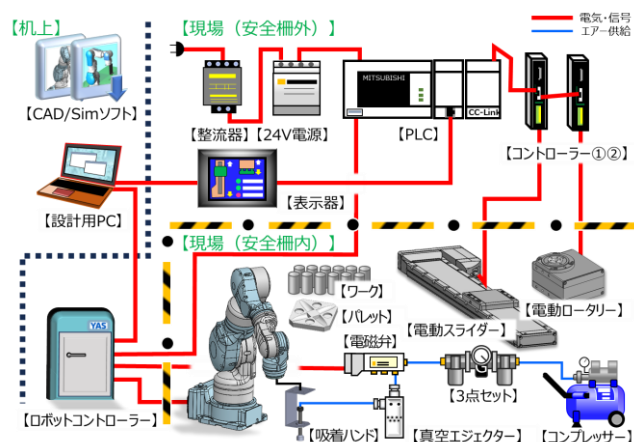


図1 デモライン構成図

使用したソフトウェアを表1、代表的な機器の型番、メーカーを表2に示す。

なお、PLCメーカーによって、プログラム用ソフトウェアの操作性や命令文が異なる。国内トップシェアである三菱電機製のPLCで技術習得することで、より多くの県内企業の技術支援が可能となるため、今回は同社のPLCを採用した。

表1 使用ソフト

ソフトウェア名	メーカー	用途
MotoSim EG-VRC 2022	安川電機	ロボットシミュレーション
GX Works3	三菱電機	PLC 設計
GT Designer3	三菱電機	GOT 設計

表2 使用機器

機器	メーカー	型番
産業用ロボット	安川電機	YR-SIA20F-A00 (FS100)
電動スライダ	IAI	RCP6-WSA14R-WA-56P-4-650-P3-S-B-MR
電動ロータリー	IAI	RCP2-RTCL-I-28P-20-360-P5-P-TA
PLC	三菱電機	FX5U-64MR/ES
表示器	三菱電機	GT2104-RTBD
コントローラ① (電動スライダ用)	IAI	PCON-CB-56PWAI-CC-0-0
コントローラ② (電動ロータリー用)	IAI	RCON-GW-CC RCON-PC-2

3.1.2 デモライン動作内容

ロボットは溶接や加工などの用途にも使われるが、本取り組みでは、ロボットおよびシミュレーションソフトの基本操作を学ぶことを目的とした。そのため、比較的簡易な搬送動作として、スライダの上に置いたワーク（パレット、円柱鋼材）を作業台の上に移し替える「ピック&プレース」の動作をデモラインとして構築する。

ワークを移し替える順番は、パレット→円柱鋼材 縦向き4本→円柱鋼材 横向き4本を1段分とし、それを2回繰り返して計3段積み重ねた。つまり、対象となる搬送物は、パレット1個に対し円柱鋼材8個、これが3段のため合計27個 $(= (1+8) \times 3)$ となる。全てのワークに対してピック位置とプレース位置をそれぞれティーチングする場合は、27個 $\times 2$ か所ので54点の座標をティーチングする必要がある。しかし、教示位置が多いとティーチング作業や現地修正に多大な時間がかかるため、教示位置の点数を削減するために、ワークの移動先を作業台の上ではなくロータリー上に変更し、ワークを乗せた後にロータリーを回転させる制御を追加した。また、ワークをピックする側の座標についても、スライダの動作を組み合わせた。これらの変更により教示位置の点数が18点となるので、これをデモライン動作とした。

積み重ねの様子を図2に示す。

また、一連の動作フローチャートを図3に示す。

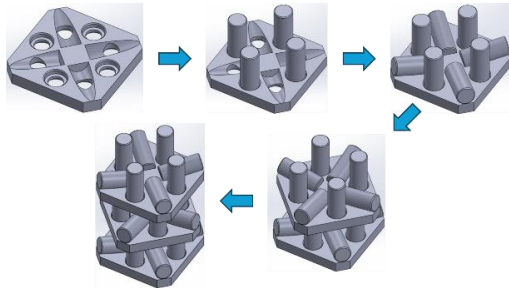


図2 積み重ね状態

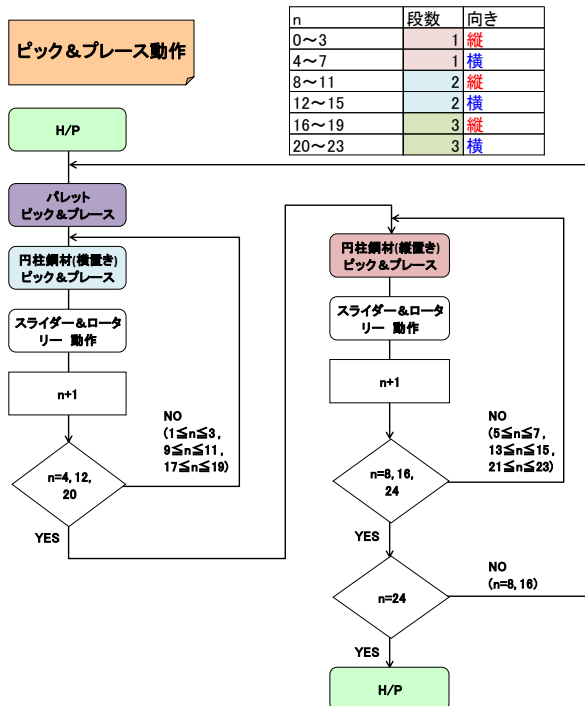


図3 動作フローチャート図

3.1.3 シミュレーションソフトでの設計

シミュレーションソフトでの設計は、まずティーチングの前に、CAD データなどを使って実機環境（ロボット、ワーク、ツールなど）をソフトウェア上で構築することから始める。CAD データは、機器メーカーの HP などからダウンロードするか、簡単なモデルであればソフトウェア上で作成することも可能である。

実機環境を構築し、ティーチングを行った。ソフトウェア画面上で実機のプログラミングペンダントが表示されるため、同様の操作感でティーチング可能である。シミュレーションソフトのメリットとして、実機を動かさずに干渉やロボットの可動範囲の確認ができることが挙げられる。一方で、慣性や重力の影響、治具やハンドの曲がり・伸びなどの表現が再現出来ないことには留意する必要がある、これらは最終的には実機を動かす時に確認した。

3.1.4 通信接続

PLC と周辺機器（コントローラ）は CC-Link で接続して通信し、PLC とロボットはハードワイヤー接続によりデジタル通信する構成とした。これにより、ロボットからの信号が PLC へ入力され、それをトリガーとして PLC から周辺機器の制御を行うことができる。イメージを図 4 に示す。

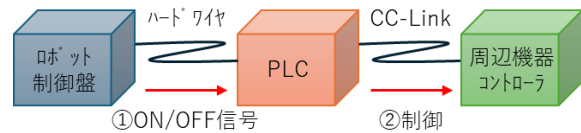


図4 通信接続図

3.1.5 プログラムおよび表示器設計

前述の動作を実現するために、ロボットプログラム（ティーチング）と PLC プログラムをそれぞれ MotoSim、GX Works3 で設計し、PLC を操作・監視するための表示器の画面は GT Designer3 で作成した。ロボットや周辺機器を接続していない状態でも表示器上で模擬信号が入出力可能な仕様とした。

3.1.6 実機動作確認

プログラム（ロボット、PLC）の作成、機器配置が完了した後、実機にデータをインストールして動作確認を行った。前述の通り、シミュレーションソフトでは慣性や重力の影響、治具やハンドの曲がり・伸びなどが再現出来ないため、実機を動かすと机上設計の段階では想定していなかった干渉が多く発生するため、実機での動作確認は欠かせない工程である。

そのため、一動作ずつ実機で確認しながらプログラムや機器配置の見直しを行うことでデモラインを完成させた。

また、実際の製造現場では多量生産のためにロボットの一連動作の時間（タクトタイム）を極力短くすることが求められるため、今回のデモラインではタクトタイムを 2 分以内と事前に設定し、ロボットの動作速度の調整を行った。

3.1.7 デモライン完成結果

前述までの設計工程を経て、ロボットと PLC および周辺機器を使ったピック&ブレースのデモラインがタクトタイム 2 分以内になるように構築出来た。

シミュレーションソフトと実機それぞれを使ったティーチング作業を経験することで二通りの設計手法を習得出来た。

また、今後産業用ロボット導入を検討する段階にある県内企業に、ロボットでできる作業、動きを知ってもらえるようなデモラインとなったと考えている。

シミュレーションソフトで設計したデモラインと、実際の実機デモラインは図5の通りである。

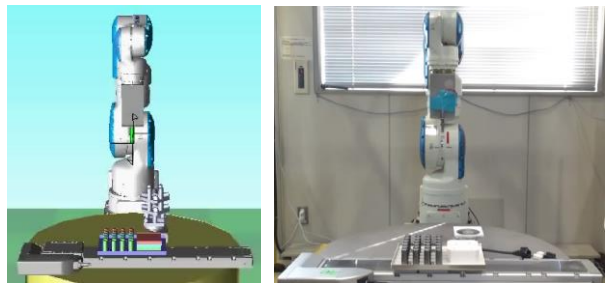


図5 シミュレーションソフト（左）と実機（右）

3.2 マニュアル整備

産業用ロボット（実機）の操作は労働安全衛生規則で定められた「産業用ロボットの教示（検査）等の業務に係る特別教育」を受講していることが前提となるが、特別教育を受講してから業務で扱う機会がないと操作方法を忘れてしまうことがある。一方、シミュレーションソフトの操作においては、メーカーが用意するトレーニングスクールを受講して学習することは可能であるが、前述の特別教育と同様に有料サービスである。

本年度作成したマニュアルは、当所が所有している安川電機製の産業用ロボットとその専用シミュレーションソフトMotoSimに関して、実機およびシミュレーションソフトの両方における操作方法を詳細に記し、6章立てとした。記載した手順に従って進めれば一通りの基本操作を実践できるように、事前に設計済みの動作を一から倣って作成する演習形式に重点を置いて作成した。

本マニュアルは、将来、県内企業にロボットを活用してもらえるための技術支援や技術相談の際に活用することを想定しており、今後も内容の更新、追加を行っていく。

4 結 言

ロボットシミュレーションソフトで設計した結果を実機環境に展開し、デモラインを構築した。シミュレーションソフトでのプログラム作成や実機へのインストール、並びに実機の動作確認は比較的容易に実行可能であることが分かった。

また、シミュレーションソフトでは、実機での動作確認の前に机上で運転時の干渉・衝突の有無を確認できるほか、ロボットの可動範囲やリーチが把握できるため、機器・ワークが破損する可能性や現場での機器配置の変更（手戻り）が無くなることも大きな利点と言える。

一方で、シミュレーションソフトでは、慣性や重力の影響が無い、治具やハンドの曲がり・伸びなどが再現できない、ロボット本体の個体差や製作・据付誤差がある、などの理由からソフトでの机上設計と実機の動きに差異が発生することも分かった。

5 謝 辞

本研究を実施するにあたり、広島経済同友会とひろしまデジタルイノベーションセンターが開催する「デジタルものづくり塾（ロボットプログラミングコース）」に参加し、講師や関係者の方々から多くのご指導を賜りました。ここに感謝の意を表します。

出 典

- 1) 国際ロボット連盟(IFR) (2025) 「World Robotics - Industrial Robots」
<https://ifr.org/wr-industrial-robots/>