

協働ロボット COBOTTA の導入について

新居 徹哉*

Introduction of collaborative robot COBOTTA

Tetsuya Nii*

要旨： 令和2年度より庄内校制御機械科は新たに「生産エンジニアリング科」として教育内容・カリキュラムの改定を行い新学科として再出発した。「生産エンジニアリング科」の最大の特徴は、機械システム系と生産システム系のコース制と、FA (Factory Automation) を重視した実習である。この FA 実習のための教材として令和3年度新たに垂直多関節型協働ロボット COBOTTA を導入した。本稿ではロボット導入を要求した経緯、機種選定において検討したこと、協働ロボット COBOTTA の授業での活用などを紹介する。

キーワード： 協働ロボット, COBOT, COBOTTA, 産業用ロボット

1. はじめに

製造業においては、生産工程の自動化・省力化を目的として産業ロボットは広く導入されており、また労働人口の減少による人手不足からもますます重要性が増している。また、最近では非生産分野においても省力化の取り組みとしてロボットの導入が期待されている。そのような期待に応えるのが以下で紹介する協働ロボットである。本学でも令和3年度に新たに産業用ロボット・協働ロボット教育用に協働ロボットを導入することとなり、デンソーウェーブ社製垂直多関節型協働ロボット COBOTTA を導入した。この導入経緯と教育ターゲット、実習の取り組みについて紹介する。

2. 協働ロボット

協働ロボット (Collaborative ROBOT, COBOT とも言う) はロボットと人間の協働 (共同作業) を目的に開発されたロボットである。その最大の特徴は、労働安全衛生法に基づく労働安全衛生規則に定める「産業用ロボットに接触することにより危険が生ずるおそれがあるときは、さく又は囲い等を設けること」というルールの適用除外¹⁾対象となり得る安全構造を持つロボットであり、一定の条件を満たせば安全柵なしでの運用が可能であることである。安全柵なしでの運用が可能であれば、機械・電気系生産工場などの安全確保可能

なように管理された場所だけでなく、食品や医薬などの製造や飲食・販売など店舗業務にも活躍の場が広がると期待されている。

3. ロボット教育と導入

産業用ロボットは、広義には主に工場での様々な作業の自動化を行うロボットと定義されるが、日本工業規格 (JIS) では「自動制御され、再プログラム可能で、多目的なマニピュレータであり、3軸以上でプログラム可能で、1か所に固定して又は移動機能をもって、産業自動化の用途に用いられるロボット」と定めている。その定義からも、産業用ロボット学習に重要なポイントは、

- ・ロボットの機構・動作原理
 - ・ロボットの制御プログラミング
- であることがわかる。

3.1 ロボットの選定

導入対象を協働ロボットとした理由は、

- ・安全柵不要のため、設置場所の自由度が高く、また実習を効率良く進められる。
- ・安全性が高いため、実習時のトラブル・事故などのリスクが従来型の産業用ロボットより格段に低減できる。
- ・協働ロボットに独特のプログラミング手法である「ダイレクト・ティーチング」が学習できる。
- ・ハンドグリッパとカメラという主要機能につい

* 山形県立産業技術短期大学校庄内校
〒998-0102 山形県酒田市京田三丁目 57-4

* Shonai College of Industry & Technology
3-57-4 Kyoden, Sakata City, Yamagata, 998-0102, Japan
e-mail: n ii@shonai-cit.ac.jp

て、標準オプションを設定している機種が多い。

(通常の産業用ロボットでは、ロボットメーカーではなく Sler が選定・導入する)

などである。

また、庄内校制御機械科では、これまでも「教育用ロボット」である、水平多関節型 (SCARA 型) のロボットを導入・活用していたが、垂直多関節型ロボットの導入はなかったため、従来型の産業用ロボットとしての教育も行えることが好ましく、そのため、

- ・ティーチングペンダント (または互換環境) でのロボット制御・プログラミングが可能である。
- ・従来型産業用ロボットでの利用実績のあるロボット制御用プログラミング言語でのプログラム・動作が可能である。
- ・同カメラを利用した「ピックアンドプレイス動作」が可能である。

という条件を加えて機種選定を行った。

なお、今回は教材用途を選定の最優先事項としたため、例えば稼働領域、ワークの可搬重量などの項目については最小限のもので良いとした。

3.2 協働ロボット COBOTTA

上記の仕様・条件のもと導入したのが、株式会社デンソーウェーブ (以下、DENSO) の協働ロボット COBOTTA である。COBOTTA はアーム長 342.5[mm]、重量約 4[Kg]と小型に分類される垂直多関節ロボットであるが、

- ・協働機能を有する
- ・デンソー社ロボットコントローラ RC8 互換コントローラを内蔵
- ・(ISO 準拠) ロボット制御言語で制御可能
- ・繰り返し精度±0.05[mm]

と、産業用ロボットとしても十分な制御性能を持っている。

さらに、COBOTTA では DENSO のロボットコントローラ用プログラムがそのまま利用可能である。中でも Windows PC 用の「バーチャル TP」と COBOTTA 対応 Android アプリケーションの「RemoteTP」は、一部安全機能等は搭載しないものの、ティーチングペンダントの機能を外観・操作も含め再現しており、かつ安価な PC やタブレット上で動作可能であるため、教育目的には最適である。

今回導入した COBOTTA および教習装置を図1に示す。



図1 協働ロボット COBOTTA+教習装置

4. ロボットプログラミング教育

産業用ロボットのプログラミングには「ティーチングアンドプレイバック」という手法が用いられる。これはロボットの動きをプログラムとして作成し、その動きを繰り返させることにより、一定の作業を繰り返し実行する、という手法である。

協働ロボットでは、これに加えて「ダイレクトティーチング」という、ロボットを直接、人間の手で動かして動作軌跡や位置を覚えさせて作業を教える手法が利用できる。以下に各プログラミング技法の説明と、COBOTTA による実際のプログラミング環境を紹介する。

4.1 オンライン・ティーチング

オンライン・ティーチングは産業用ロボットの最も典型的なプログラミング手法で、ロボットをティーチング・ペンダントからリモートコントロールで操縦し、その位置や移動経路上の点を記録する。そして、その点をつなぐように移動経路やタイミングを設定することで、ロボットの動作プログラムを作製する手法である。産業用ロボットの現場プログラミングの手法としてもっとも理解しやすく、かつ実際のロボットを動かして動作を確認するため、ロボットの周辺装置への衝突や、作業エリアからのみだし事故などが起こりにくいという利点がある。ただし、

- ・プログラム作業にある程度習熟が必要。
- ・プログラム作業中、ロボットおよび製造ラインを止める必要がある。
- ・ティーチング作業中はロボットの至近で作業するため、設定ミスなどで接触事故が起こる危険性がある。

などの問題がある。特に安全問題については、このような事故を避けるため産業用ロボットのオンライン・ティーチングを行う際には労働安全衛生法に定める「特別教育」を受講する必要がある。

今回導入した協働ロボット COBOTTA では、仮想ティーチングペンダント「バーチャル TP」または「RemoteTP」を用いてオンライン・プログラムを行うことが出来る。

図 2 にバーチャル TP のプログラミング画面と作業中の様子を示す。なお、ティーチングにあたって ISO 10218-1,2 : 2011 (JIS B8433-1,2 : 2015) - 産業用ロボットの安全要求事項を満たす協働ロボットについては「特別教育」は不要とされている。



図 2 バーチャル TP 画面とティーチングの様子

4.2 ダイレクト・ティーチング

ダイレクト・ティーチングは、協働ロボットに広く採用されているプログラミング手法で、ロボットを人間の手で動かして教示を行うという手法である。一般の産業用ロボットでは、ティーチングペンダントを用いて移動量や数値を入力してロボットの動きのプログラミングを行うが、ロボットの関節の動きが人間の思わぬ挙動になるケースや注意不足による事故が起こっている。協働ロボットではダイレクトティーチングモードではロボットは静止中には姿勢を維持するだけの力（重力補償）しか発生せず、ロボットを人間が動かすのに合わせてトルクを発生する。そのため、そもそも危険な力を発生することはあり得ないため安全である。また、ロボットの姿勢による抗力なども確認しながら動かせるのでロボットの構造を理解していない作業員でもプログラムが可能である。

Cobotta では、ダイレクト・ティーチングを「Cobotta World」という協働ロボットプログラミングツールと「バーチャル TP」および「RemoteTP」で利用可能である。

図 3 に Cobotta World (以下 CW) の画面を示す。CW は Android タブレット用に作られたプログラムで、Google Play からダウンロード・インストールでき Cobotta 本体に USB または Ethernet で接続して利用可能である。CW はダイレクト・ティーチングに特化したプログラムで、行いたいタスクを並べ、タスクの目標地点など座標点や移動経路をダイレクトティーチングで指示してプログラ

ムを作るビジュアルプログラミング言語で、プログラミングの知識がなくても短時間で理解できるようになっている。実際に学生実習では、2 時間程度の習熟時間で物体を掴んで指定の位置に置く「ピックアンドプレイス」動作のプログラムを学生全員が実現できた。CW によるプログラム作業の様子を図 3 に示す。

CW はまた、専用オプションである Canon 製カメラ（ハンド先に取り付け）を使って画像認識による物体把持なども可能である。



図 3 CobottaWorld でのダイレクトティーチングによるプログラミングの様子

4.3 オフライン・ティーチング

コンピュータ上のロボットプログラム環境でロボットをプログラムし、それをロボットに転送して実行するプログラミングスタイルをオフラインティーチングと言う。近年、工場設備の設計のデジタル化が進む中、採用の広がる開発手法である。産業用ロボットの作業・移動経路などのプログラムをコンピュータ上で設計情報（数値）のみを頼りに行う（テキスト型）。単純な作業についてはライン上にロボットを置いたまま、ダウンタイムなしでプログラムの入れ替えが可能のためメリットは多いが、複雑な環境での作業では調整に時間が取られるなどの問題もある。

ただ、例えば溶接ロボットによる自由曲線溶接作業や、曲面塗装作業など、人間によるティーチングでは達成困難な仕事についてはオフラインティーチングが必須である（自動ティーチング）。また、設計のデジタル化によって対象システムの CAD 上でのシミュレーションが行えるため、ロボットシミュレータ上でプログラムを行うことで、ダウンタイムなしでオンラインティーチングが可能になる（エミュレータ型）。

教育面で考えた場合、オフラインティーチングはエミュレータ対象とはいえ、ロボット台数より多い人数が同時にプログラムに取り組むことが可能であり、活用できれば高い教育効果が得られる

と考えられる。

今回導入した COBOTTA では、DENSO の産業用ロボット制御システム WINCAPSⅢ・オフラインプログラミングソフトウェアが利用可能である。WINCAPSⅢは、WindowsPC 上で利用可能で、ロボットのプログラミング・3D ビューのロボットエミュレータを用いた教示、ロボットおよび周辺の装置を含めた 3D モデルを用いた動作シミュレーションを行うことができる。また、COBOTTA はじめ DENSO 社ロボットプログラム共通基盤であるので、ここでのプログラムの経験は COBOTTA、協働ロボットのみでなく、広く産業用ロボット活用可能である。図 4 に WINCAPSⅢの画面を示す。

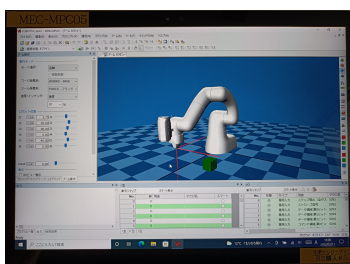


図 4 WINCAPSⅢ (ロボットエミュレーション画面)

5. 実習での活用

協働ロボット COBOTTA は令和 3 年 9 月末に納入された。早速生産エンジニアリング科 2 年生後期の授業で活用している。実習で行ったのは、以下の 4 つの内容である。

- ・ CobottaWorld を用いた協働プログラミング
- ・ RemoteTP を用いたオンラインプログラミングによるピックアンドプレイス作業プログラム
- ・ バーチャル TP を用いた、ロボットプログラミング言語による制御
- ・ EVP (手先カメラによる画像処理・物体検出ソフトウェア) を利用した物体検出・移送実習の様子を図 5 に示す。

協働ロボットモードでのプログラムは、ロボットの動きや構造を理解するのに役立ち、実際全員が数十分の実習時間中で移送プログラムを完成できた。その後、通常の産業用ロボットプログラミング相当のティーチングペンダントによるプログラミングに移行することで、ロボット言語利用とハードルが上がるものの、より精度の高いプログラムが可能であり、また慣れればむしろ高速なプログラム構築が可能であると分かるなど、各方式のメリットを確認しながら学習が進められた。

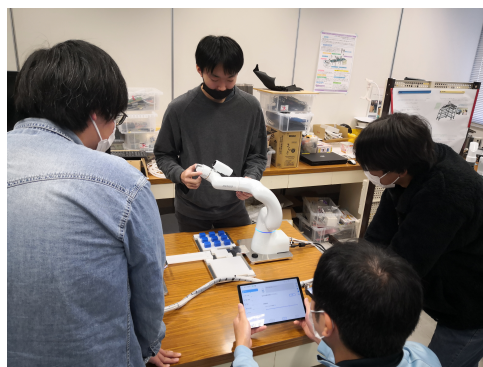


図 5 実習中の様子 (ダイレクトティーチングによるプログラミング作業)

6. おわりに

本校生産エンジニアリング科に新規導入した協働ロボットについて、機種選定と教育目的、各種ロボット制御法について解説した。実際のロボット操作を体験することで、より FA・自動化・ロボット化の理解が深まる事、および将来の山形県における、生産性向上に資する人材育成につながればと期待する次第です。また、今後は 3 次元 CAD によるシステムモデリング設計と連携し、シミュレーション上でのロボットティーチングなど、より教育の幅を広げていければと考える所存です。

謝 辞

今回の協働ロボット教育設備の導入にあたりご尽力頂きました関係各位にこの場を借りまして感謝の意を表します。

文 献

- 1) 産業用ロボットに係る労働安全衛生規則第 150 条の 4 の施行通達の一部改正について、厚生労働省労働基準局 基安発 1224 第 2 号 平成 25 年 12 月 24 日
- 2) 機能安全活用実践マニュアル ロボットシステム編, 中央労働災害防止協会, 平成 30 年 3 月