

調査研究成果報告書

令和4年度とくしま政策研究センター委託調査研究事業

事業名

「協働ロボット普及を目指したロボットに関するニーズ及び実態調査」

事業者

阿南工業高等専門学校

長谷川 竜生

兼上 良仁

尾崎 貴弥

令和5年3月

目次

第1章 事業背景と目的

1-1 日本の製造業の抱える課題	1
1-2 産業用ロボット	2
1-3 協働ロボット	4
1-4 日本における協働ロボットの普及	6
1-5 事業目的	7

第2章 実施事項

2-1 本校導入の協働ロボット	7
2-2 エンドエフェクタ	10
2-3 ロボットシステムインテグレータ養成用教材の開発	12
2-4 リカレント講座の実施	17
2-5 試験機によるソリューション検証	19
2-6 技術動向調査	19
2-6-1 Photonix 概要	19
2-6-2 Photonix 展示会調査結果	20
2-6-3 ロボデックス概要	22
2-6-4 ロボデックス展示会調査結果	22
2-6-5 Nano tech 概要	23
2-6-6 Nano tech 展示会調査結果	23

第3章 まとめと今後の展開

24

第1章 事業背景と目的

1-1 日本の製造業の抱える課題

近年、製造業での「人手不足」が深刻化しており問題となっている。現状として大企業でも人手不足感が強まっており、その影響を受け中小企業の人材確保がさらに難しくなっている。また、人材確保、維持のためには賃金を上昇させなければならず、それがコストアップにつながり収益を圧迫し始めている状況がうかがえており悪循環に陥りかけている。特に製造業における単純作業や「熱い、重い」といった過酷な作業の現場では人材確保が深刻な問題となっているが、この状況は今後も続いていくことが予想されている。企業にとっては抜本的な対策が求められており、その意味で、ロボットは黙々と働いてくれる中間的な存在であり、活かし方次第で人材確保の苦勞から解放され、経営に専念することができる。

また、中小製造業にとっての「人手不足」のもう一つの要因として「生産年齢人口の減少」があげられる。生産年齢人口とは、人口統計で生産活動の中心となる16歳以上65歳未満の人口を指すが、少子高齢化の進行により我が国の生産年齢人口は1995年をピークに減少し総人口も2008年をピークに減少している。この傾向は今後も続き人手不足解消がますます重要な課題になることは間違いない。

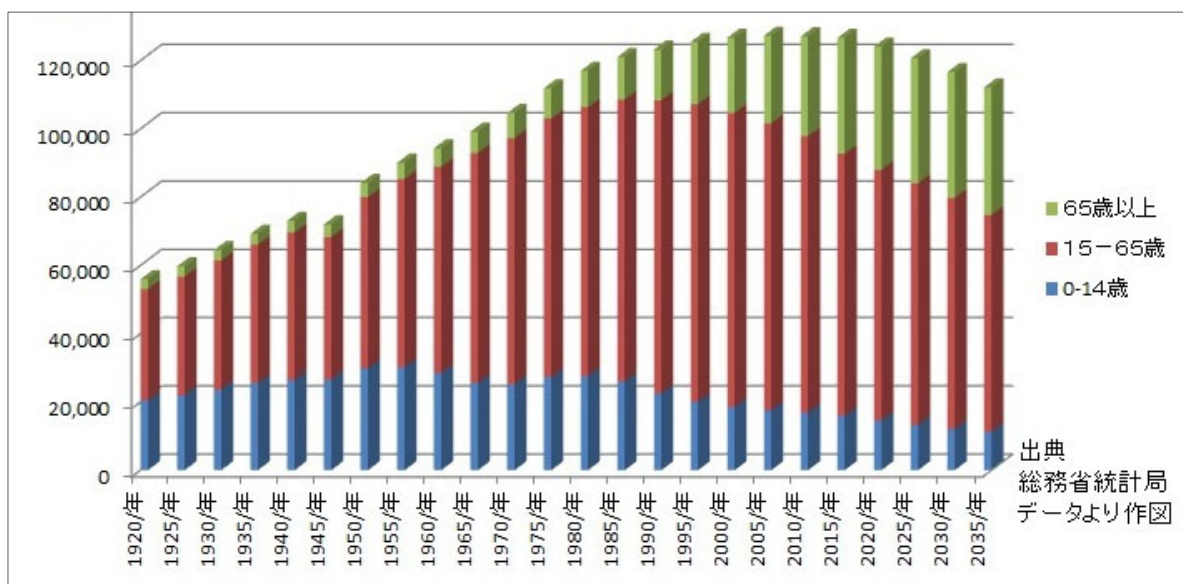


図 1-1 日本の人口の推移（「日本の人口推移から見た経済成長の不可能性」 <https://rensai.jp/58713>）

もうひとつの課題として、日本企業の労働生産性（従業員1人当たり、または1時間当たりを生み出す成果）の低さがあげられる。その値はOECD加盟国の平均値よりも低く、欧米の企業と比べて著しく低い。これは、大企業の生産性は高いが中小企業の生産性が低いためである。その解消のために努力はするものの中小企業の生産性は伸び悩んでおり、大企業との差はますます拡大しているという現状がある。

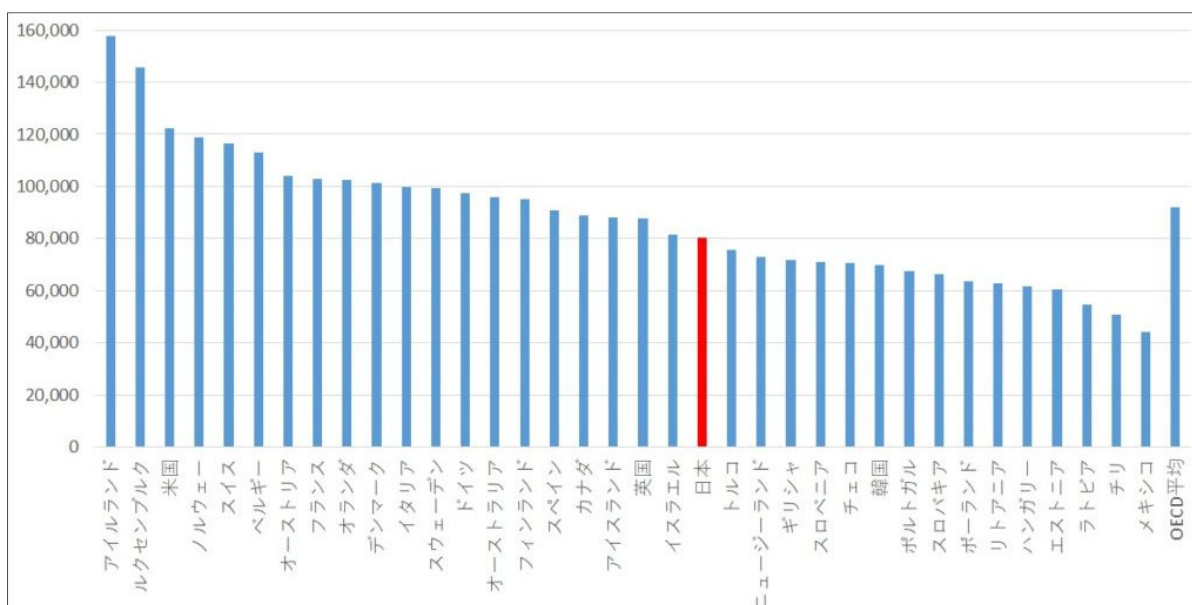


図 1-2 OECD 加盟国の一人あたりの労働生産性（「日本が後進国へ転落する理由を数値で見る(10)恥ずべき労働生産性」 <https://dragon-sassa.com/2020/03/24/post-7473/>）

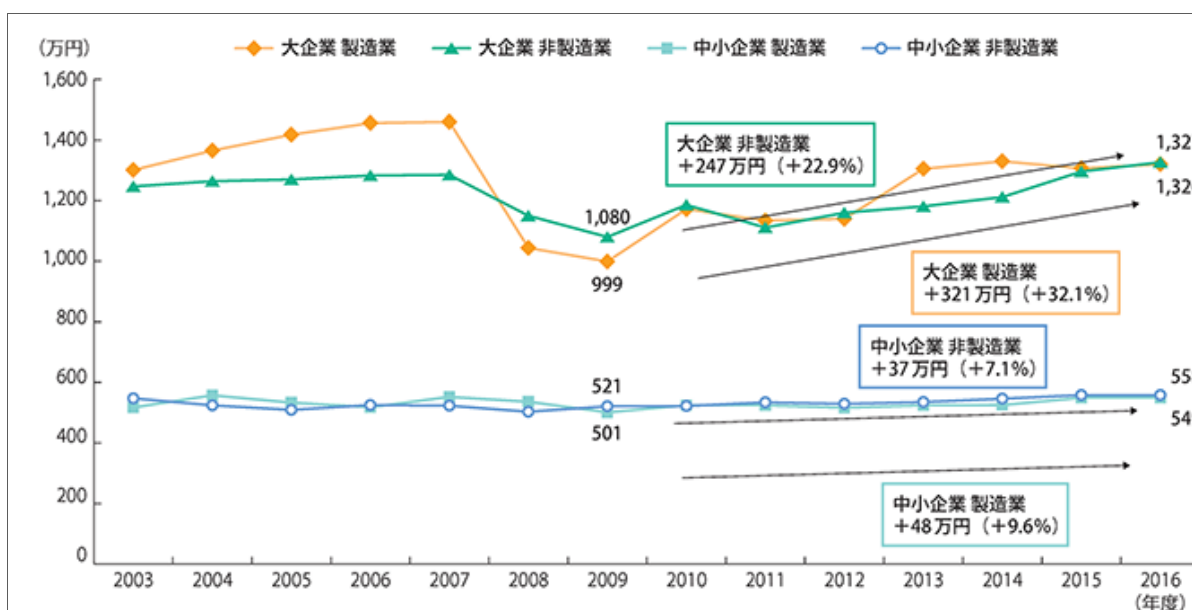


図 1-3 企業規模別一人当たりの労働生産性の推移（財務省「法人企業統計調査年報」）

1-2 産業用ロボット

日本の製造業の抱える「人手不足」、「生産年齢人口の減少」、「低い労働生産性」などの課題を解決するのが産業用ロボットの導入である。産業用ロボットは、自動車工場での溶接や塗装などで使われ始めたが、最近では、自動車以外にも物流や食品をはじめ多くの分野で使われるようになってきた。また、今まではロボットに単純な作業を繰り返し行わせることが多かったが、最近の一つのロボットに複数の仕事をさせるなど、使い方のニーズが多様化しており、日本だけでなく世界で導入が進んでいる。

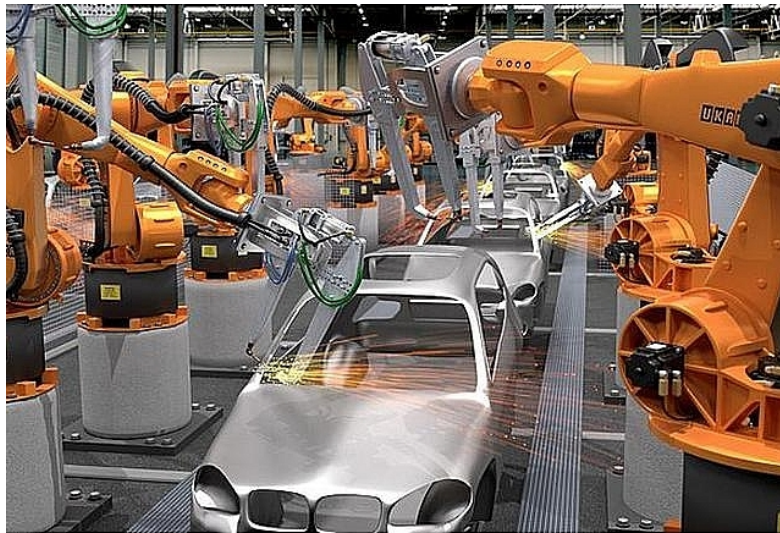


図 1-4 産業用ロボット（「産業用ロボットは経済に好影響、雇用奪わず？ --Cebr」
<https://japan.zdnet.com/article/35098584/>）

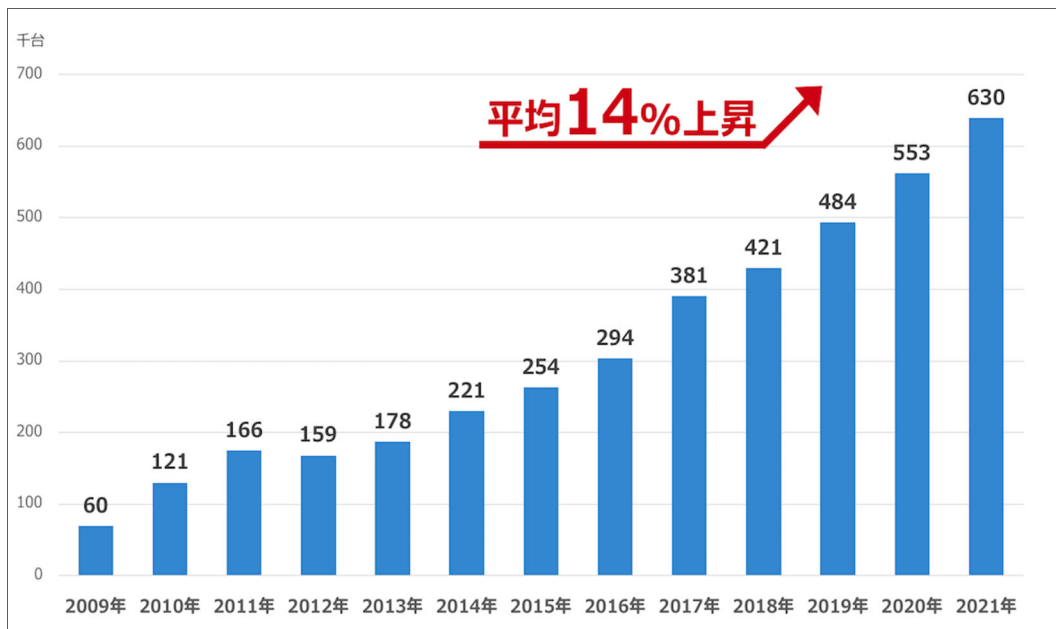


図 1-5 世界の産業用ロボット販売台数（Global industrial robot sales doubled over the past five years – IFR）

しかし、今までの産業用ロボットは比較的大きな製造ラインにおいて安全を確保するため人の作業とは分離して、安全柵で囲んで設置する必要があったため、広いスペースや設置費用が必要なことから、中小企業でロボットを導入するには厳しいものであったとされていた。そのため、繰り返しの単純作業には向いていても、状況に応じて変種変容に柔軟に対応する必要のある食品製造業などの現場には不向きなためあまり使用されなかった。

1-3 協働ロボット

従来、国内の規制においては、モーター出力が 80W 以上のロボットについては安全柵で囲い人間の作業スペースから隔離することが必須とされていた。しかし、2013 年 12 月の規制緩和（2013 年 12 月 24 付 基発 1224 第 2 号通達）により、「ロボットメーカー、ユーザーが国際標準機構（ISO）の定める産業用ロボットの規格に準じた措置を講じる」等の条件を満たせば、モーター出力が 80W 以上のロボットでも安全柵を設置する必要がなくなり、人と接触しても安全に停止することができ、ロボットと人が同じ作業スペースで協働作業を行うことを前提とした「協働ロボット」が誕生した。従来は、安全柵の設置やスペースの確保などでロボットの活用にかかっていた大きな手間や負担、コストなどが軽減できるようになり、より省スペースで柔軟に対応することのできる生産ラインを実現できるようになった。

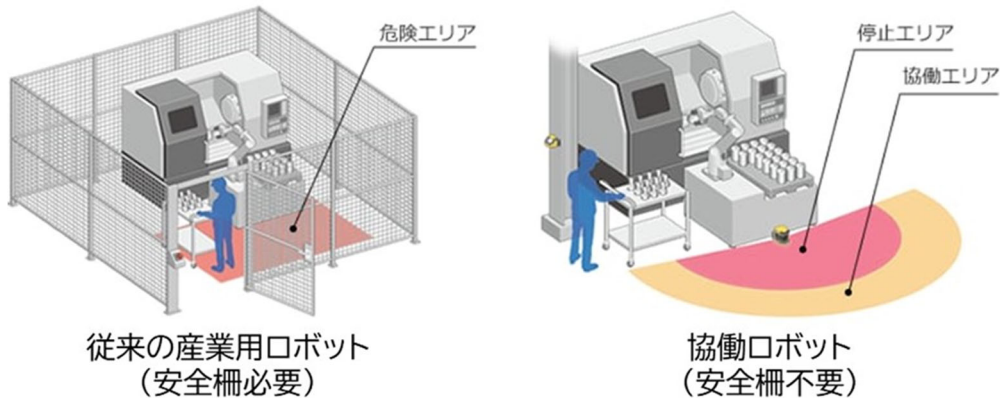


図 1-6 産業用ロボットと協働ロボットの比較

協働ロボットには以下のような特徴がある。また、協働ロボットの小型化、軽量化、ティーチングの容易さなどの特性による相乗効果により、価格のハードルが下がり、中小製造業などにおいても活用の可能性が広がった。

- ①柵が不要なため設置スペースが少なく済む（架台にキャスターを付けて移動も可）。
- ②人の手でロボットハンドを指定したい場所に動かしてプログラムするダイレクトティーチングが可能なロボットが多く、簡単に動かすことができる。
- ③ロボット単価は高いが、安全対策機器や設計工数が少なく済むためシステム全体としては安価になり、導入コストが安い。
- ④直感的に操作できるようになっており、操作が簡単で誰でも出来る様にアプリケーションの開発が進んでいることから、一般的な産業用ロボットに比べて遥かに使いやすい。

表 1-1 産業用ロボットと協働ロボットの比較

	従来の産業用ロボット	協働ロボット
作業内容	単純作業が中心（産業用ロボット単体で完結する作業）	柔軟な作業に対応可能（人と一緒に作業を行うことが可能）
設置場所	柵の設置が可能な大型ラインが中心	柵が不要なので設置場所を選ばない
制御	位置制御	位置制御+力制御
対象物	同品種・大量生産が中心	変種変量に柔軟に対応可能

世界の協働ロボットメーカーのシェアはデンマークにあるユニバーサルロボット社が約半数を占めており、2005年に設立された新興企業でありながら、急速な成長を遂げている。産業用ロボットとして世界シェアを多く持つファナックやABBでは、協働ロボットのシェアは1桁%台と低くなっている。

表 1-2 協働ロボットメーカーの世界シェア推移

	2017年	2018年	2019年	2020年	2021年
ユニバーサルロボット(デンマーク)	59%	46%	50%	50%	51%
Rethink Robotics(米国)	13%	7%	-	-	-
ファナック(日本)	3%	7%	8%	7%	5%
ABB(スイス)	10%	6%	7%	7%	5%
KUKA(ドイツ)	7%	4%	4%	3%	3%
Techman Robot(台湾)	1%	8%	14%	15%	17%
Doosan Robotics(韓国)	-	4%	9%	9%	7%

日本において比較的普及している協働ロボットは以下のとおりである。日本においても協働ロボットではユニバーサルロボットが最も普及しており、次いで従来から産業用ロボットとして国内で広く普及しているファナックが多くみられる。特異な協働ロボットとしてはKAWADAロボティクスが開発したNEXTAGEがあり、複数のカメラセンサーを搭載した人型の双腕ロボットで、人に近い非常に複雑な作業を行うことができることから、大手企業を中心に導入が進んでいる一方、協働ロボットとしては非常にプログラムが複雑であることから、ロボットシステムインテグレーター（SIer）がない中小企業では導入が進んでいない。



図 1-7 日本で普及する協働ロボットの例

1-4 日本における協働ロボットの普及

日本における協働ロボットの普及率は年々拡大しており、具体的な数字としては、日本ロボット協会が発表している「2020年度国内産業用ロボット市場動向調査」によると、2020年度の協働ロボットの出荷台数は前年比9.9%増の2,600台であり、市場規模は193.7億円に達したと報告されている。また、協働ロボットの普及に関する政策も進んでおり、2021年には協働ロボットを活用した業務プロセスの自動化に関する法律（ロボット活用業務プロセス自動化推進法）が制定された。これにより、協働ロボットを活用した業務プロセスの自動化が促進されることが期待される。

しかしながら、日本における協働ロボットの普及率は、欧米諸国に比べてまだまだ低いとも言われており、今後は、協働ロボットの活用範囲の拡大や導入コストの削減などが進められることによって、普及率の向上が期待されている。

世界の主要な国の協働ロボットの普及率は以下の通り

韓国：2020年時点で、1,000人当たり 6.81 台

シンガポール：2020年時点で、1,000人当たり 2.58 台

ドイツ：2020年時点で、1,000人当たり 2.53 台

日本：2020年時点で、1,000人当たり 2.00 台

米国：2020年時点で、1,000人当たり 1.33 台

徳島県ではさらに普及が遅れているとされており、県内の協働ロボット導入に関連する企業にヒアリングを行ったところ、協働ロボット採用企業は7社程度と推定されるとし、中小企業を中心として作業人員の不足が深刻である中、協働ロボットの普及が著しく進んでいない現状がある。また、協働ロボットが徳島県内にて普及しない要因として、導入コストが高いことが主たる要因となっていることがヒアリングにより確認された。協働ロボット本体の価格も高額であるが、協働ロボットを使ったロボットシステムをロボットシステムインテグレータ（SIer）に開発してもらうために必要となる費用が非常に高額であり、最低でも初期投資として1,000万円～1,500万円が必要となる。徳島県の労働賃金は全国と比べて安価であるため投資回収の年数が長くかかり、中小企業では初期投資の余力が無いいため導入がためられる背景がある。

さらに、既に協働ロボットを導入した企業においても、2台目以降の導入が進んでいないことが確認されている。1台目はものづくり補助金等を活用した補助金によって導入を進めているが、導入企業内に協働ロボットを扱うことのできるシステムインテグレータがないため、品種や工程変更のたびに協働ロボットのプログラムをロボットシステムインテグレータに依頼する必要があるため、そのたびに費用がかさむことから、協働ロボットの「変種変量に柔軟に対応可能」なメリット十分に活かすことができず、2台目以降を導入する経営判断に至らないとの声がある。

1-5 事業目的

本事業では徳島県内の協働ロボット普及率を向上させ、生産性の向上と人材不足の解消による県内企業の利益増に伴う県内 GDP の増加及び雇用の創出により徳島県に裨益をもたらすことを目標としており、徳島県内に協働ロボットを普及させるために必要と考えられるロボットシステムインテグレータ（Sier）の養成のためのリカレント講座と協働ロボットソリューションの提供を試験的に行い、本校の取り組みが県内企業への普及促進に資するかを検証する。

また、最先端の協働ロボットソリューション及び国内外の協働ロボット技術動向について、展示会を活用した調査を行い、徳島県への協働ロボット普及の取り組みにフィードバックすることを目的とする。

本事業の具体的取り組み事項は以下の通りである。

- ① 協働ロボットシステムインテグレータ教育教材の開発
- ② 開発した教材を活用した企業技術者に対するリカレント教育（出前講座）
- ③ 最先端ロボティクス展示会の実地調査

2章 実施事項

2-1 本校導入の協働ロボット

本校では世界シェア 1 位のユニバーサルロボットの協働ロボット UR5e を 2 台導入しており、1 台をシステムインテグレータ養成のリカレント教育のための教材用とし、もう 1 台を企業への協働ロボットソリューションを提供する検証機として本事業で活用する。ユニバーサルロボットでは可搬重量が 3kg, 5kg, 12.5kg, 16kg, 20kg の 5 機種がラインナップされており、可搬重量 5kg、可動範囲 850mm の中重量物を扱える汎用的な機種である UR5e を選択している。繰り返し位置決め精度は $\pm 0.03\text{mm}$ と高精度で、半導体のチップマウントなどの精度の高い作業も対応できる性能を有している。

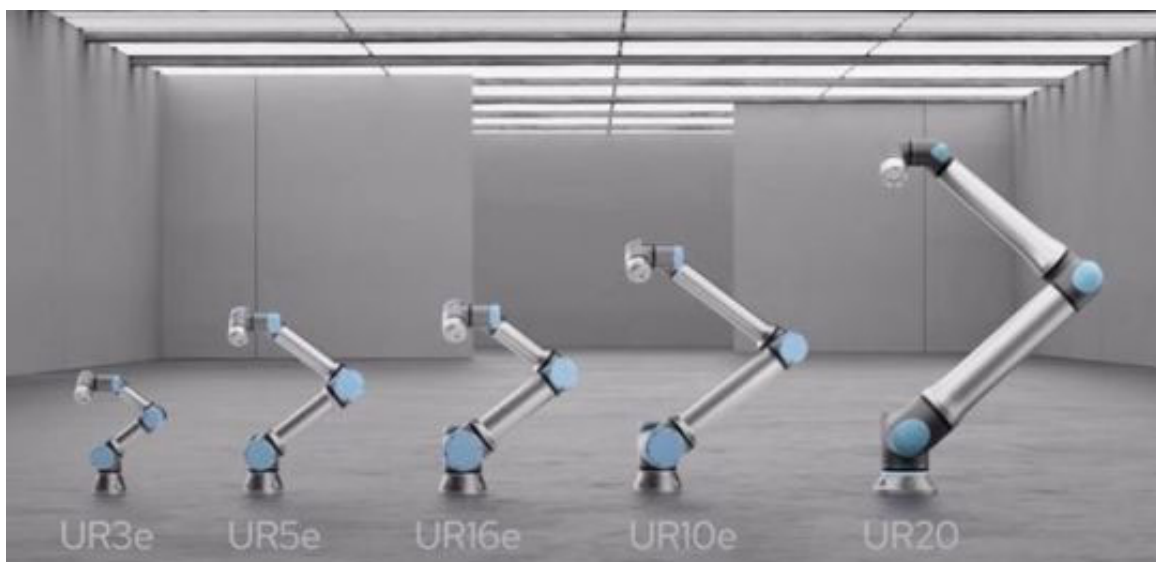


図 2-1 ユニバーサルロボット社の協働ロボットラインアップ

表 2-1 UR シリーズ諸元一覧

機種	可搬重量	可動範囲	本体重量	アプリケーション例
UR3e	3kg	500mm	11.2kg	作業テーブル上や装置内組込 軽量物の組立・ネジ締
UR5e	5kg	850mm	20.6kg	手の届く範囲内作業の自動化 中重量物ピック&プレース・検査
UR10e	12.5kg	1300mm	33.5kg	マシンテンディング・パレタイジング・パッケージング
UR16e	16kg	900mm	33.1kg	高重量のマテハン・研磨等の高重量エンドエフェクタの使用
UR20	20kg	1750mm	64kg	重い部品のピッキング、梱包、パレタイジング

UR5e はベース、ショルダー、エルボー、リスト 1~3 の 6 個の関節（モーター軸）を有しており、それぞれの関節にトルクセンサを内蔵している。トルクセンサにより人や物と接触したときのトルク上昇を検知して停止する。ロボットツールフランジだけでなく全ての関節にもトルクセンサをつけることで、エンドエフェクタ（ツール）で人を避けたらエルボー部分が人と接触した、といったことも防げるようになっている。また、先端部分にフォースセンサを内蔵したことで、エンドエフェクタにより把持したワークなどがどれくらいの重さで、重心がどこにあるのかといったことが検出できるようになっている。さらに、通信に使用するシステムバスの周波数が高く、各センサからのフィードバックの応答性も良いため、より精細なコントロールができるようになっている。

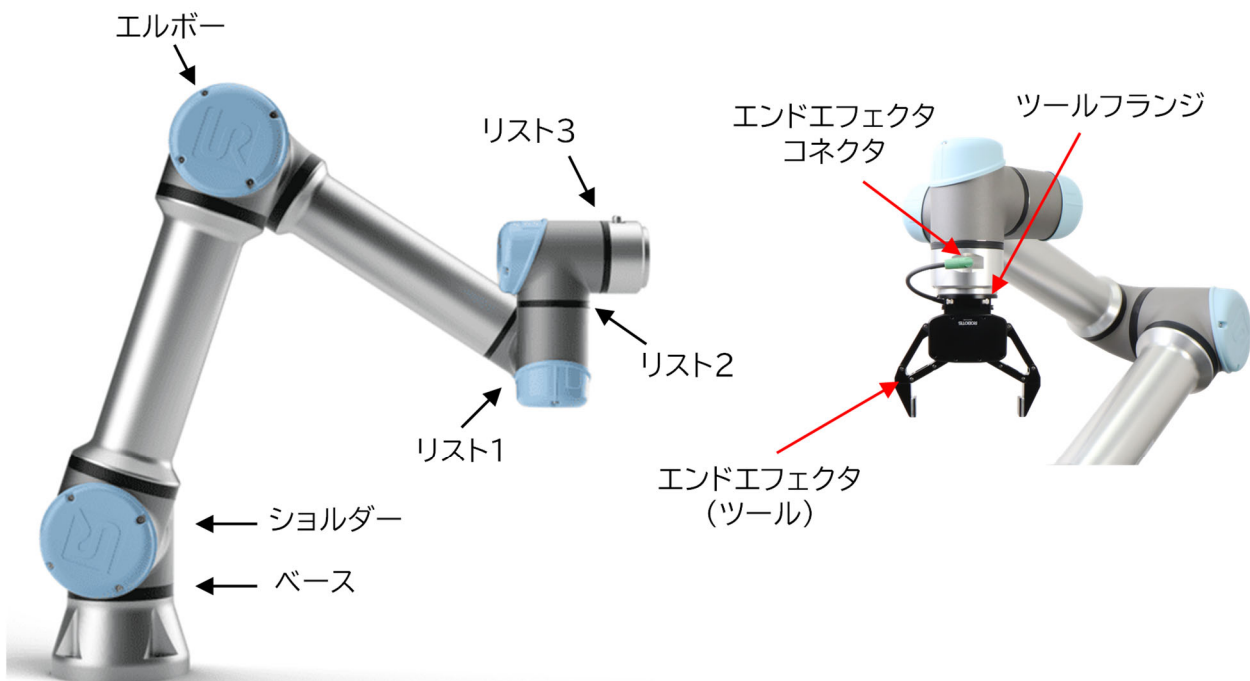


図 2-2 UR5e 各部名称

また、UR5e はロボットを制御するために専用のコントローラ（頭脳部）を接続して使用し、コントローラにプログラムを書き込めば自立制御を行う。コントローラには外部機器を接続するためのターミナルが設けられており、ロボットの目となるカメラや非常停止スイッチ等の外部入力や付帯設備のベルトコンベア等を制御するための外部出力、PLC や上位制御システムと通信するために通信インターフェースが設定されている。これらの外部インターフェースとロボットを連動させることで、工場等の自動生産

ロボットシステムを構築することができる。

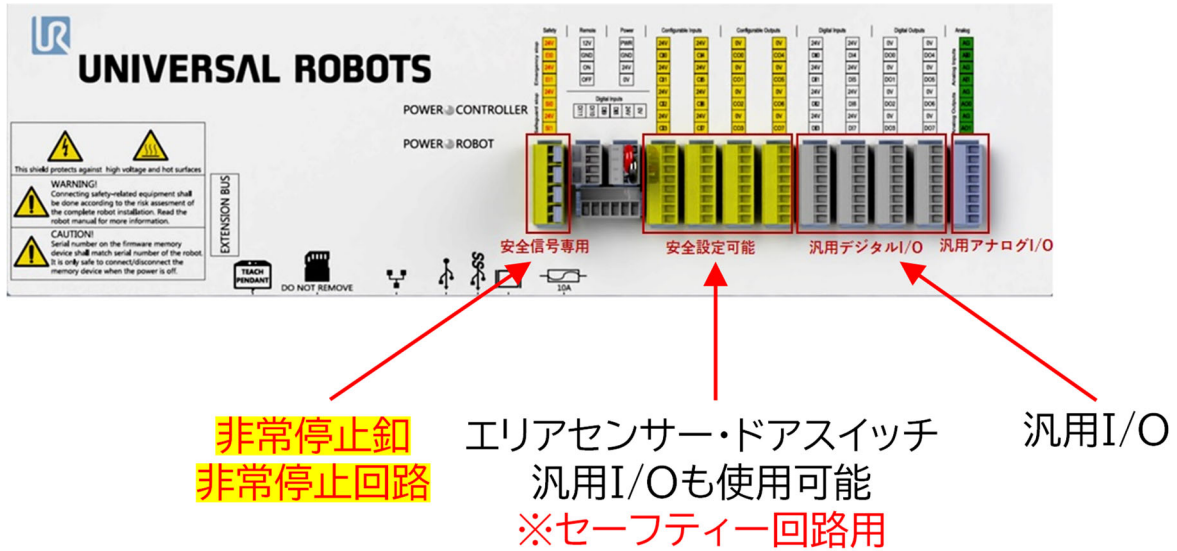


図 2-3 ロボットコントローラ

UR5e ではタッチパネル式ティーチングペンダントという専用のデバイスによりプログラミングできる特徴がある。ティーチングペンダントは、ロボットアームをタッチパネルにより手で動かしながら、その動きをプログラムに変換することが可能で、従来の産業用ロボットのように座標を打ち込む必要性が無い。また、協働ロボットの最大の特徴である、ロボットを手で直接動かして所定の位置に移動させてプログラムを行えるダイレクトティーチング機能を有しており、直感的な操作でプログラムすることが可能である。また、UR5e のティーチングペンダントには、ビジュアルプログラミングソフトウェアである UR Polyscope が搭載されており、文字列のプログラムを入力するのではなく、動作ブロックを選択してパラメータを入力していく対話式プログラムで、プログラム知識のない初心者でも簡単にロボットのプログラムを作成することができる。



図 2-4 ティーチングペンダント

2-2 エンドエフェクタ

エンドエフェクタはロボットの先端に取り付けるツールであり、物を把持するグリッパーや物体を識別するカメラの他、特定用途の作業を行うドライバーユニットや溶接ユニットなど、多数のエンドエフェクタが展開されている。ユニバーサルロボットに対応するエンドエフェクタとして、ユニバーサルロボットにより認証されたエンドエフェクタ・ツール等の周辺機器である UR+ 製品が 239 種類（※2023 年 3 月時点）展開されている。UR+ 製品の場合、ユニバーサルロボットとの接続が容易で、セットアップ～プログラムまでティーチングペンダントでシームレスに行うことが可能であり、この点が他の協働ロボットメーカーと大きく異なる優位点で世界シェアを伸ばしている要因の一つとなっている。他社の協働ロボットの場合はエンドエフェクタを接続する場合は、ロボットと接続するための中間フランジの製作、エンドエフェクタを動作させるためのプログラムの開発、カメラ等の高度な機器の場合は別途コントローラを用意する必要があるなど、多くの工数が必要となる。

次にエンドエフェクタの種類について説明する。エンドエフェクタには専用ツールを除く汎用的なツールとして、「電動グリッパー」、「空気圧グリッパー」、「真空グリッパー」、「磁気グリッパー」、「ビジョンシステム」の 5 種類がある。

爪による物体を掴むことで把持するエンドエフェクタとして、コントローラからの電力でモーターを駆動させ爪を開閉させる電動グリッパーと圧縮空気の空気圧を制御して爪を開閉する空気圧グリッパーの 2 種類がある。電動グリッパーの場合、爪の開閉ストロークを細かく調整したりセンサーを内蔵することができる一方、空気圧グリッパーは細かな調整ができない代わりにモーターを内蔵していないため安価で軽量である。

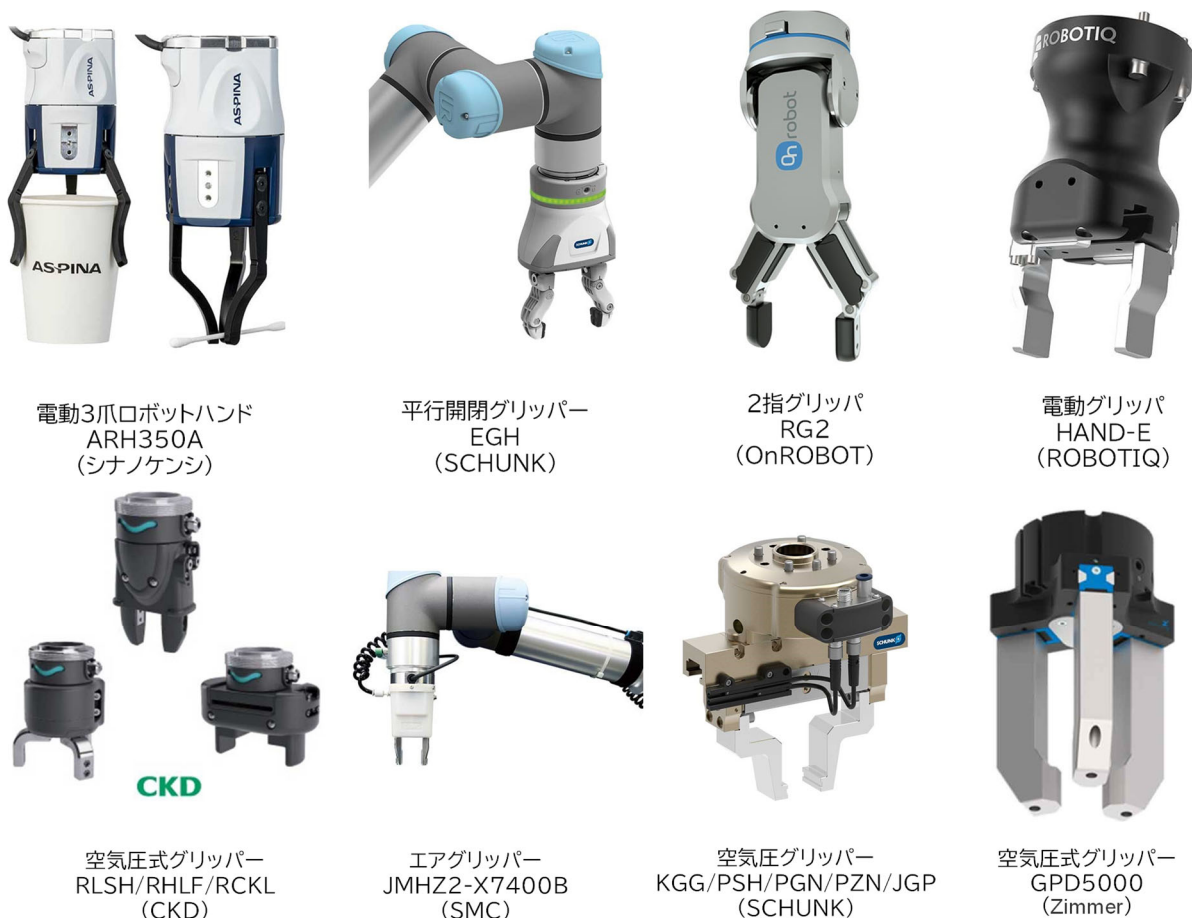


図 2-5 UR+ 認証電動及び空気圧グリッパー例

真空を生み出すエジェクターや搭載されたポンプにより真空を生み出しダンボール箱や不規則な形状の物体を吸着することでハンドリングできるエンドエフェクタとして真空グリッパーがある。パレット間でのダンボール箱の移載であるパレタイジングに多用される。



図 2-6 UR+ 認証真空グリッパー例

磁気力で磁性体（磁石でくっつく金属）を把持するグリッパーとして磁気グリッパーがある。板金や金属の重量物のハンドリングに適しており、機械加工装置への金属材料のパレタイジングや金属重量物の組立工程で使われる。UR+ 認証製品では磁気グリッパーのラインナップが少ないため、用途に応じてサードパーティー製の磁気グリッパーを使用する必要がある。



図 2-7 UR+ 認証磁気グリッパー例

物体の検出やコードの読み込みなどを行うエンドエフェクタとしてビジョンシステムがあり、ユニバーサルロボットとカメラを連動させ、カメラ形状認識（マシンビジョン）によるピック&プレース、マシンテンディングやバーコード、QRコード読み取りによる品質管理に使用することが可能である。ビジョンシステムの取り付け形態として、ユニバーサルロボットのツールフランジに直接取り付けるタイプ、グリッパーの付帯機器として取り付けるタイプ、ロボットの周辺設備に取り付けるタイプの3種類の取り付けタイプがラインナップされており、用途によって使い分ける。



図 2-8 UR+認証ビジョンシステム例

2-3 ロボットシステムインテグレータ養成用教材の開発

協働ロボットの最も基本的な動作である A 点にある物体を持ち上げ B 点に置くピック&プレース動作、ロボット外部インタフェースを活用した周辺機器の制御、ビジョンシステムによる物体の検知を一連の流れで体験してプログラムを学べる教育教材を開発した。協働ロボットには電動グリッパーを取り付け、ピック用のワークとして 50 mm角の樹脂ブロックを用意した。外部制御機器としては工場の生産工程で多用されているベルトコンベアの極小サイズを製作し、ユニバーサルロボットのティーチングペンダントより制御できるように組み込みを行った。また、ビジョンシステムとしてリストカメラをフランジ部に取り付け、画像認識を容易に行えるようにワーク識別用のシートを設けて初心者でも物体を安定的に検出できるように工夫している。

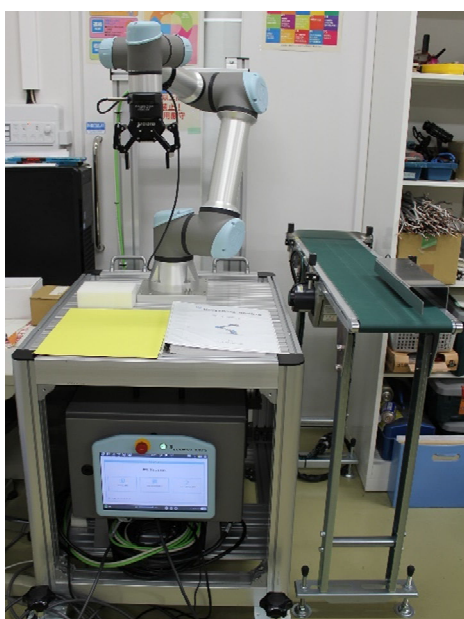


図 2-9 開発した協働ロボット実習教材

実習①エンドエフェクタ（ツール）の移動

協働ロボットのツールの移動（ツールパス）には用途によって3種類を使い分ける必要がある。実習①では3種類の移動の違いについて実際の動作を確認しながら理解する。

移動の種類は以下の3種類あり、ロボットを高速に移動させたい場合（タクト優先）は moveJ、ドリル加工等でツールを直線に移動させたい場合は moveL、溶接などツールの等速性が求められる場合は moveP を用いる。

moveJ：ツールパスは曲線で速度はジョイント速度 deg/s とジョイント加速度 deg/s²の最大値

moveL：ツールパスは直線で速度はツール速度 mm/s とツール加速度 mm/s²の規定最適値

moveP：ツールパスは等速

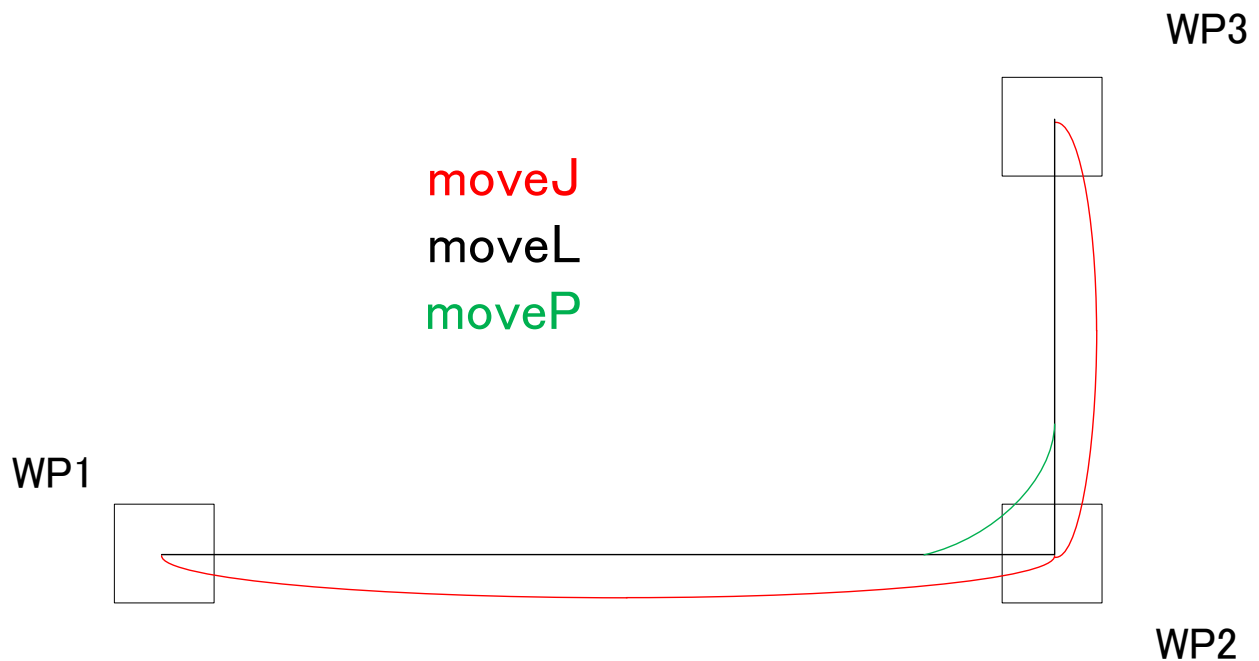
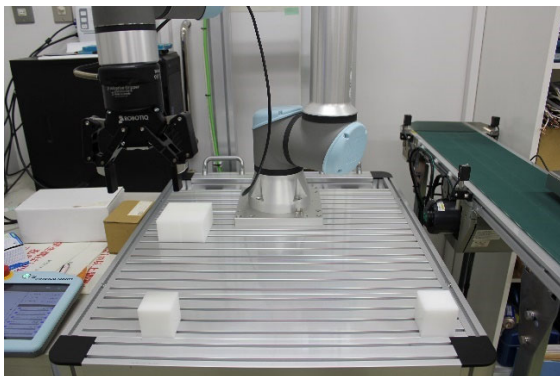


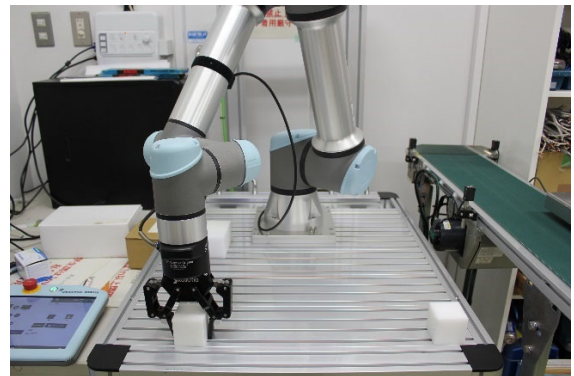
図 2-10 移動コマンドのツールパスの軌跡

実習②ピック&プレース

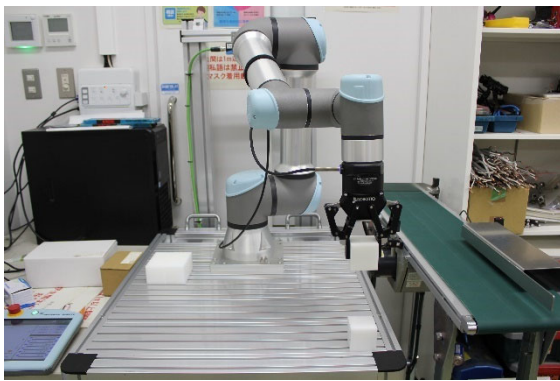
協働ロボットで最も基本的な動作プログラムである A 点にある物をグリッパーで把持し B 点に移動させて物を置くピック&プレースのプログラム方法を学ぶ。実習①で学んだ移動コマンドに、グリッパーの制御プログラムを組み合わせる。



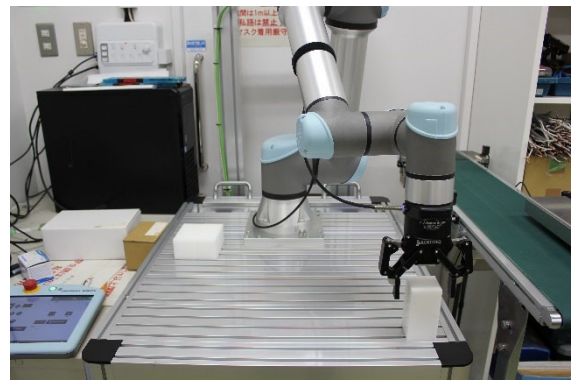
A 地点に移動



A 地点にあるワークをグリッパーで把持



B 地点に移動

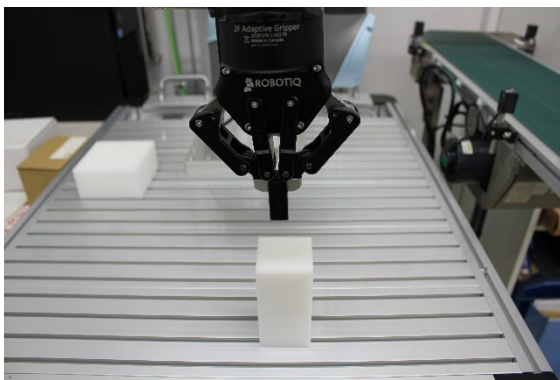


B 地点にワークを置く

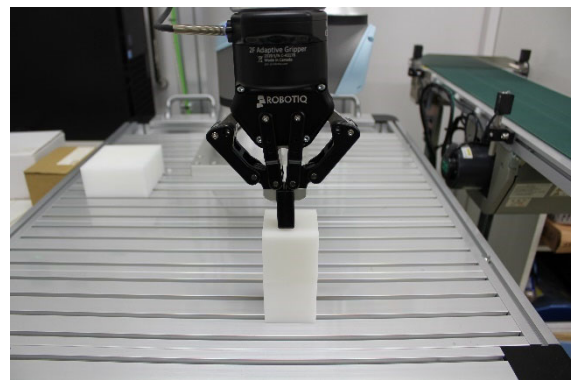
図 2-11 実習②のロボット動作フロー

実習③ワークのピック動作（フォースセンサーの活用）

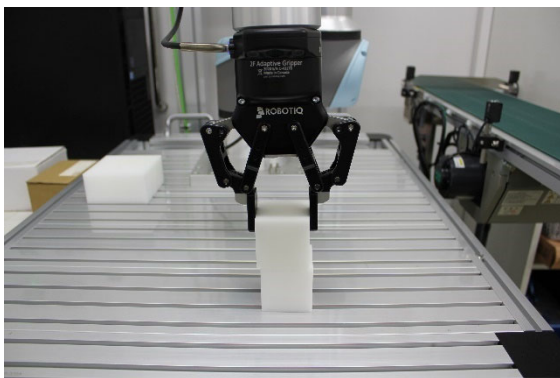
ピック動作（物体の把持）をユニバーサルロボットに搭載されたフォースセンサを活用して行う。実習②のピック動作では把持を行う位置をティーチングペンダントで設定していたが、フォースセンサを活用することで、ツールの先端がワークに触れると把持するようにプログラムすることができ、ワークが2段、3段と積みあがっていても上から順番にワークを把持していく動作を行える。



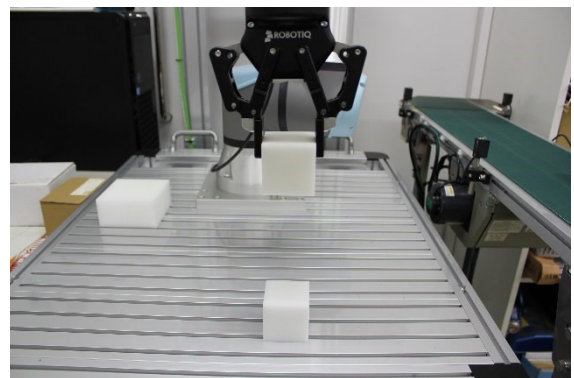
A 地点からワークまで降下



ワークに接触（フォースセンサー反応）



把持動作



ワーク持ち上げ

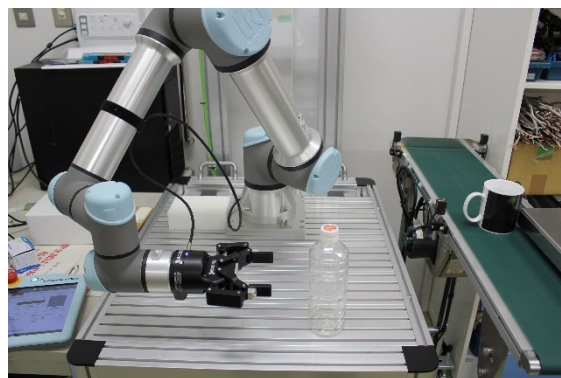
図 2-12 実習③のロボット動作フロー

実習④外部機器制御

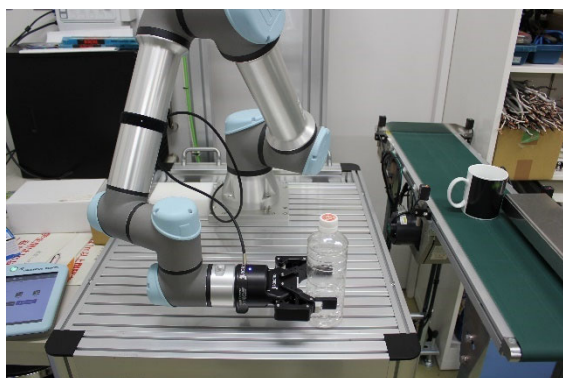
ユニバーサルロボットの外部制御機能である I/O プログラムを用いて、実習機材に配線されているベルトコンベアの制御を行う。実習④ではより複雑なロボット動作となり、自動搬送されてくるコップにペットボトルの飲み物を注ぎ、所定の位置にコップを持っていく一連の流れを実習①～③のプログラムを組み合わせて構築する。実習④ではワークが樹脂ブロックから PET ボトルとマグカップに変更となっており、如何にワークをグリップするかの工夫を求められる。



初期位置



PET ボトル把持位置及びコンベア駆動



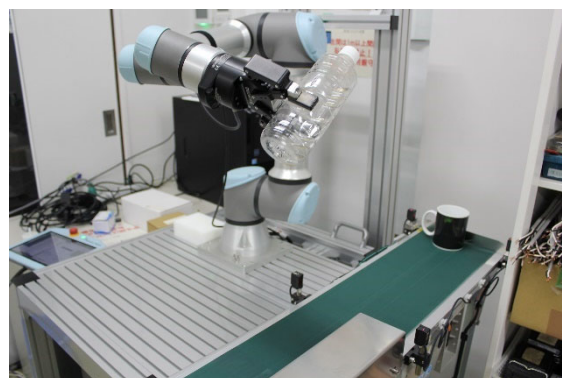
PET ボトル把持



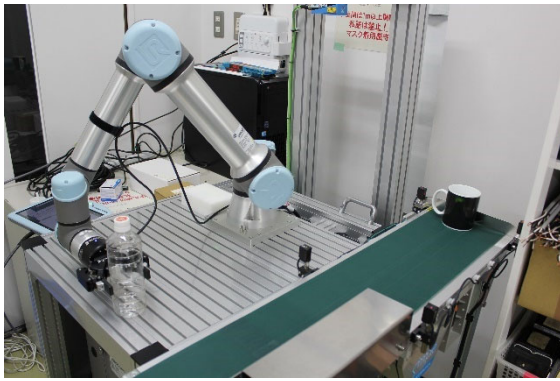
注ぎ位置へ移動



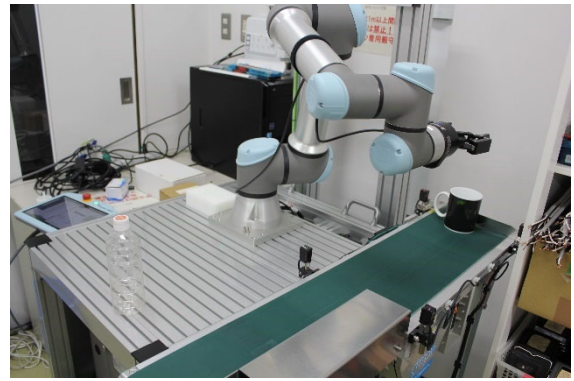
マグカップ内に注ぎ動作



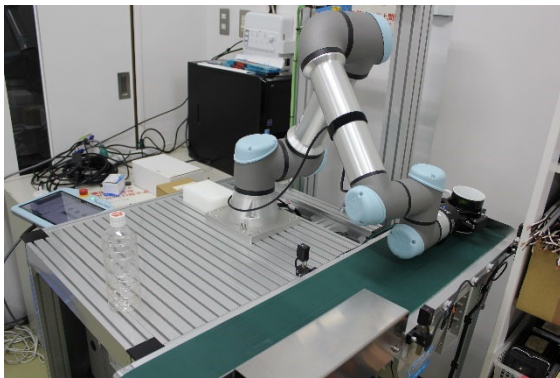
コンベア動作でマグカップ搬送



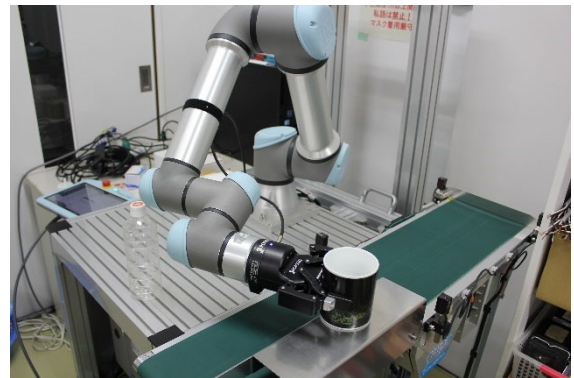
PET ボトル初期位置へ移動



マグカップ把持位置へ移動



マグカップ把持

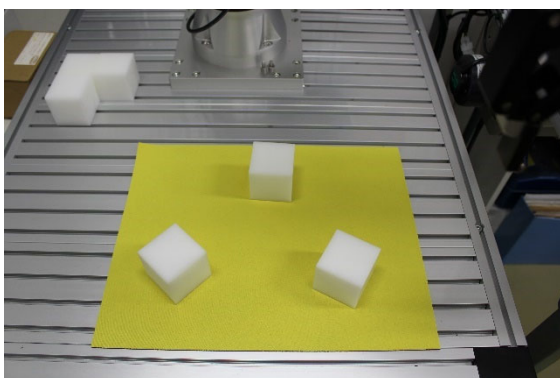


マグカップを所定の位置へ移動

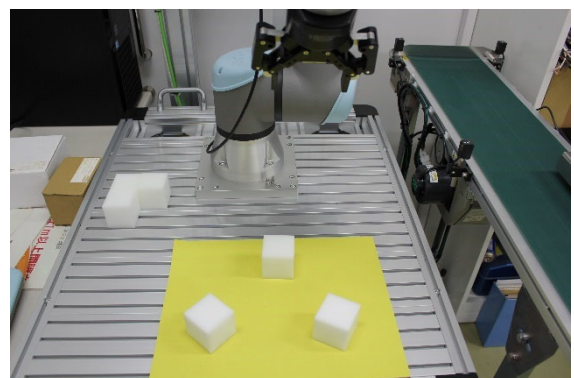
図 2-13 実習④のロボット動作フロー

実習⑤ビジョンオートピック

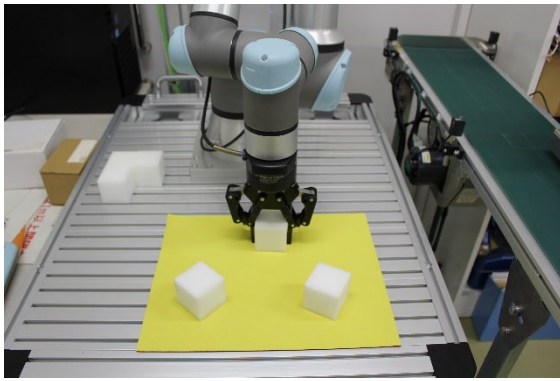
ユニバーサルロボットのビジョンシステムであるリストカメラを使って、適当な位置に置いた樹脂ブロックをカメラを使って位置を認識させ、自動でワークを把持しコンベアに移載する動作を行うプログラムを行う。画像認識の基本であるマシンビジョンの設定方法とマシンビジョンと組み合わせた動作プログラムの応用方法を学び、実習④までの内容を組み合わせて構築する。



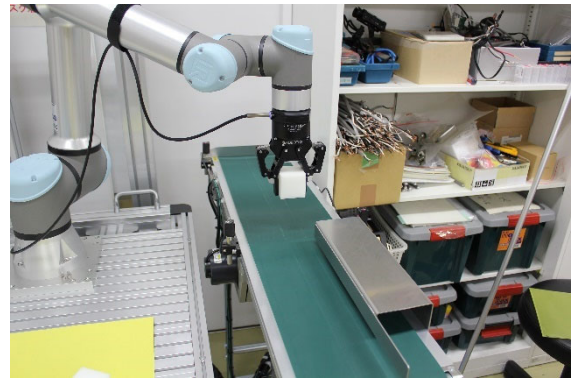
初期位置



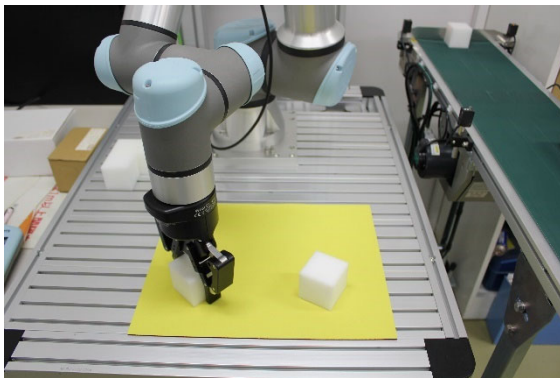
カメラ位置によるワーク位置認識



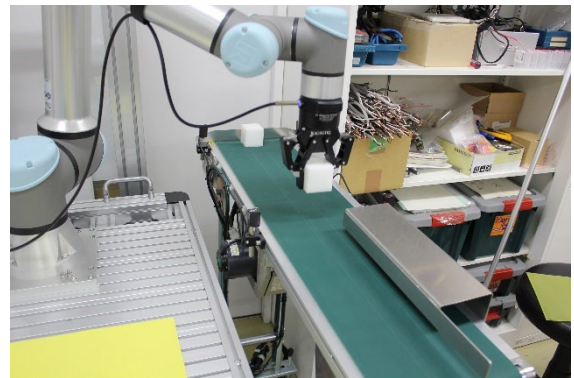
第1ワークオートピック



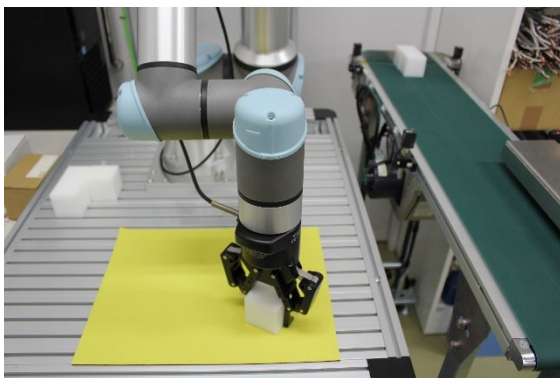
第1ワークをコンベアに移載



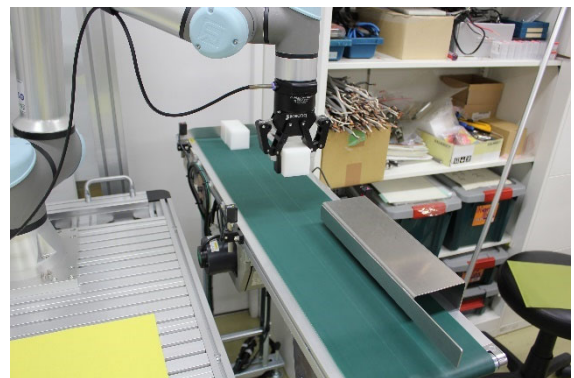
第2ワークオートピック



第2ワークをコンベアに移載



第3ワークオートピック



第3ワークをコンベアに移載

図2-14 実習⑤のロボット動作フロー

2-4 リカレント講座の実施

徳島県内の省力機械メーカー1社に対して実習機材を持ち込み、出張でのリカレント講座を企業技術者に対して実施した。講座を行った企業について、産業用ロボットは多くの導入実績があるものの、協働ロボットについては知識がなく、導入の判断ができないうえに協働ロボットのシステムインテグレータが社内に一人もいないことから受講希望の連絡があり講座を実施することとした。リカレント講座を受講した企業技術者の方は20代～30代の若手技術者が中心で、2日間にわたって10名が参加され、全員が全ての実習を修了した。



図 2-15 リカレント講座の様子

講座を受講した技術者の方の感想の一部を抜粋し列挙する。

①機械組立技術者

自分の手で協働ロボットのアームを直接動かせるので簡単で楽しかった。協働ロボットに触れるのは今回が初めてで、ロボットは難しいものという認識だったが、これなら自分でも使えると思った。

②電気系技術者

一般的な産業用ロボットは扱ったことがあり、簡単なプログラム作成でも 30 分くらいかかるが、協働ロボットなら 3 分でできるので工数がかかなり違ってくると思った。

③機械設計技術者

これまではロボットはパソコンでプログラムを作成し動かせるイメージで自分には扱えるものではないと思っていたが、スマホを使う時のような感覚で直感的に動きを教えられるのは良かった。

④機械設計技術者

操作性がシンプルで分かりやすく、ロボット初心者でプログラムの知識が無くても簡単に扱えると思った。

⑤設計技術者

精密な作業には向かないような気がするが、コンベア間のワーク受け渡しなどシンプルな動作をさせるにはうってつけのものであると思った。

受講された技術者の方にヒアリングを行った結果、協働ロボットに対する正しい知識を身に着け、操作性が良く開発工数が少ない点を理解できており、様々な生産工程へ応用できることへの気づきを生み出すことができ、基本的な動作を行う講座内容ではあったが協働ロボットへの理解を深めることができると評価した。協働ロボットについて知識がない、もしくは導入を検討している段階の企業に対して本講座は有効であると思われる。

2-5 試験機によるソリューション検証

本校のイノベーションラボ内に協働ロボットの試験動作を行える試験機を整備した。試験機には電動グリッパーの他に真空グリッパー、ビジョンシステムを備えており、企業の方が導入前の検証等に利用できるように汎用的なセットアップとしている。

本試験機での試験は前項で記載したリカレント受講企業より、受講後に試験依頼があり試験対応を行った。製薬企業向け FA システムの一部に協働ロボットを活用できないかの検証として、ワークの把持動作の検証および所定動作に必要なタクトタイムの検証を行うことができ、試験機として十分に活用できることが確認できた。

2-6 技術動向調査

協働ロボットの市場、技術動向及び産業展開の調査を目的として、ロボット関連の展示会を活用した調査を行った。本事業での展示会調査として、以下の3つの展示会に絞り調査を行った。

表 2-2 展示会調査一覧

展示会名	開催場所	開催日時
① Photonix	幕張メッセ	2022/12/7~9
② ロボデックス	東京ビッグサイト	2023/1/25~27
③ Nano tech	東京ビッグサイト	2023/2/1~3

展示会の選定にあたっては、2022 年度内に国内で開催される産業用ロボット全般の技術見本市として②ロボデックスのみ開催であったことから選定し、協働ロボット全般のソリューション展開及び各メーカーの協働ロボットに対する動向について調査を実施した。また、徳島県の主たる産業として光関連産業及び半導体、製薬に関連する省力機械製造に関連する展示会として①Photonix 及び③Nano tech を選定し、それぞれの産業分野における協働ロボットのソリューション展開及び普及状況についての調査をそれぞれ実施した。

2-6-1 Photonix 概要

「Photonix」は併設展である「高機能素材 WEEK」及び「ファインテックジャパン」で構成される、フィルム・プラスチック・セラミックス・レーザー加工機・液晶など、最先端の材料技術が集まる世界最大級の総合展示会で、特に「Photonix」は徳島県の強みである光産業を支える、レーザー加工、光学部品・材料、光計測・分析の3つの専門ゾーンから構成される光関連の総合展示会である。会期中の来場者数はコロナ渦にも関わらず、展示会事務局発表によると 910 社が出展し、3 日間で 44,172 人が参加し、電機・二次電池・半導体等の製造関係者が多数来場した。

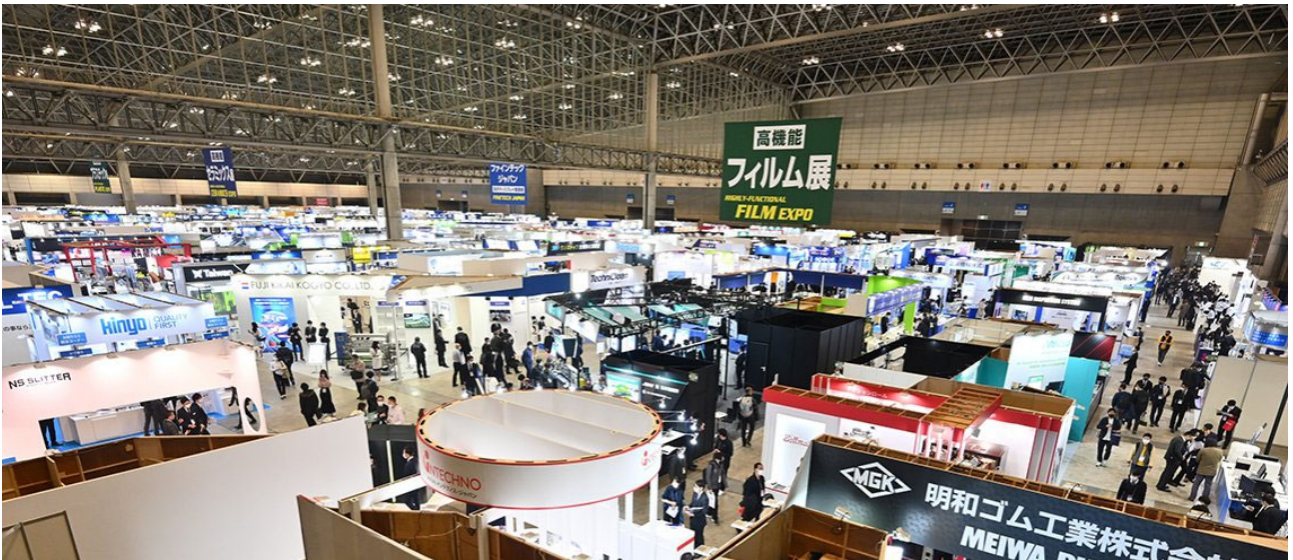


図 2-16 Photonix 展示会場全景

2-6-2 Photonix 展示会調査結果

光・半導体の分野では、ワークの位置決め等の高精度な搬送を実現するために産業用ロボットが多用されており、出展各社は高精度位置決め用精密ロボットを中心に製品紹介及びソリューション紹介を行っていたが、精密位置決めのないワーク搬送や光学検査装置へのメンテナンスに協働ロボットを活用したソリューションを紹介する出展社が散見された。

次に、光分野に関して協働ロボットの普及が目覚ましい分野として自動レーザー溶接があり、従来のYAG、CO₂レーザーに加え、近年注目されている青色レーザー溶接は電気自動車製造に欠かせない銅の接合溶接に用いられ、電気自動車普及に合わせて市場が拡大していくことが予想される。青色レーザー溶接には徳島県の日亜化学工業が製造する青色レーザーダイオードが活用されており、徳島県においても青色半導体レーザーを搭載した自動溶接装置の製造が増加していくものと考えられる。協働ロボットに関して、出展社の中で一際注目されるのはファナック(株)であり、出展者の中では最も広い面積のブースを構える中、出展製品の半数(赤枠内)を同社協働ロボットであるCRXシリーズの展示に割いており、協働ロボットに対する期待の高さを窺わせる。特に、CRXの教示(プログラム)体験コーナーでは、実際に協働ロボットをプログラムし動作させる体験を行うことができ、多くの来場者が従来の産業用ロボットとの違いや操作性を体験するなど、大変盛況であった。

徳島県内の生産、省力機械では多くのファナック製産業用ロボットが活用されていることから、自動車・電池関連企業において電気自動車普及に準じ、既産業用ロボットからの協働ロボットへの置き換えを通して、普及していく余地があると考えられる。

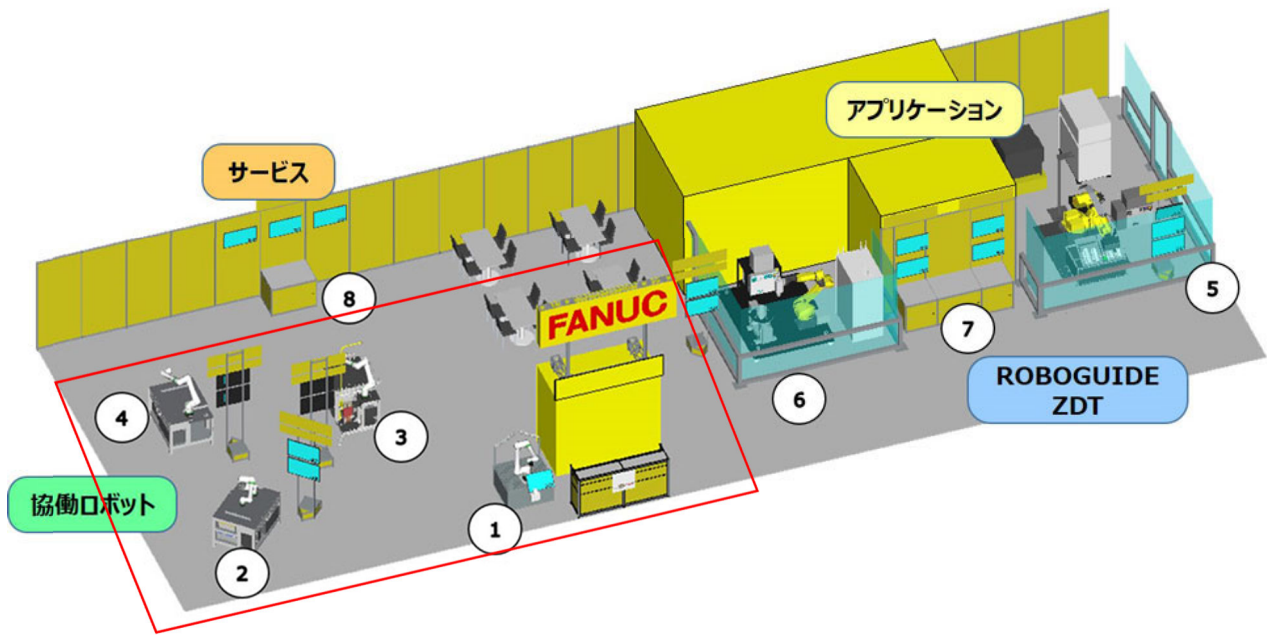


図 2-17 ファナック(株)ブースレイアウト図



図 2-18 協働ロボットによる自動溶接展示



図 2-19 ロボットによるレーザー加工デモ

ファナックロボットだから出来る簡単教示

ダイレクト教示を使った
簡単教示

手動溶接とロボット溶接を切り替え可能

レーザー溶接協働ロボット

オフラインシミュレーションを用いた
簡単教示

レーザー溶接ロボット
(ガバルバノスキャナ)

Photonix 2022(第22回光・レーザー技術展)

会期: 2022年12月7日(水)~12月9日(金)

会場: 幕張メッセ

当社ブース: 8ホール 55-42

Service First

FANUC

ファナック株式会社
本社 Y40-0567 山形県高松郡高松町取手3560
TEL: 0235-58-5551(代)
www.fanuc.co.jp

図 2-20 展示会における協働ロボット教示体験紹介資料

2-6-3 ロボデックス概要

「ロボデックス」は併設展である「スマート工場 EXPO」及び「グリーンファクトリーEXPO」で構成される、製造 DX、ロボット、工場のカーボンニュートラルなどの最新技術の総合展示会で、「ロボデックス」では主に工場での生産に用いられる最新の産業用ロボット及びロボット周辺機器、産業用ロボットを活用した DX ソリューションを一堂に体験できる産業用ロボットに特化した展示会である。会期中の来場者数は、展示会事務局発表によると 1,420 社が出展し、3 日間で 74,193 人が参加し、産業用ロボット SIer や製造関係者が多数来場した。

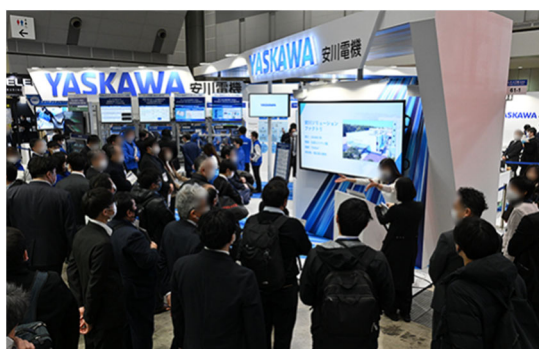


図 2-21 ロボデックス展示会会場風景（安川電機出展ブース）

2-6-4 ロボデックス展示会調査結果

日本国内における最新の産業用ロボットに関する展示会として、「ロボデックス」及び「国際ロボット展」が 2 大展示会であり、本展示会に出展されるロボット技術及びソリューションは最先端であり、今後の産業用ロボットの普及及び展開を予見するには最適な展示会である。なお、「国際ロボット展」は 2 年に 1 回の開催のため、2022 年度は開催されていない。

本年の「ロボデックス」は展示会場内調査を行ったところ、主要産業用ロボットの製品出展、関連するロボット周辺機器、ソリューション展示を行っている出展企業 89 社の内、協働ロボットまたは周辺機器の販売もしくはソリューションに関連した出展を行っている出展企業は 33 社と、約 37% (3 割強) の出展企業が協働ロボットに関連した出展を行っており、近年、急速に協働ロボットに関連した展示が増加している。出展企業への聞き取りによると、協働ロボット増加の背景として、工場内 DX、人手不足の解消、IoT を活用した技術の伝承の推進により、大手企業を中心に工場内ロボットとして産業用ロボットから協働ロボットへの置き換え、もしくは協働ロボットの新規導入が進んでいることがあげられる。また、新型コロナウイルス感染症の拡大により、急速に世の中のあらゆる事業の DX 化が図られ、補助金を活用した工場内での協働ロボットの活用が前倒しされた影響もあり、新型コロナウイルス感染症の拡大前に比べると、協働ロボットの導入台数の増加と新規採用が進んでいる傾向にある。

各社より出展されている協働ロボットのメーカーを調査したところ、ユニバーサルロボットとファナックが多数を占めているが、オムロンの協調ロボットも徐々に普及してきている。また、従来の協働ロボットでは可搬重量が 10kg 程度と、協働ロボット故のモーター出力制限のため十分な可搬重量が無く、重量物を扱う用途では制約があったが、近年では可搬重量が拡大され、例えば、ファナックであれば可搬重量 35kg (CR-35iB)、ユニバーサルロボットであれば 2022 年に可搬重量 20kg (UR20) と新製品がラインナップされたことで、パレタイジングやマシンメンディングへのソリューション展開が増えてい

る。さらに、協働ロボットユーザー数の増加により、協働ロボットの先端ツール（エンドエフェクター）のラインナップが拡充され、先端ツールのみを開発・販売する出展メーカーもあり、あらゆるソリューションに対して開発工数の少ない導入が可能となり、協働ロボット導入への障壁が低くなってきていることが、展示会場内調査により確認できた。



図 2-22 ファナック CR-35iB



図 2-23 ユニバーサルロボット UR20

2-6-5 Nano tech 概要

「Nano tech」は国内外の半導体や材料、製薬、医療に活用される国内外のナノテクノロジー技術を集めた世界最大級の展示会で、4つの関連展示会と MEMS（微小電子機械システム）や機能性材料、アディティブマニュファクチャリング（AM）等の 13 の併設展示会で構成されている。徳島県の産業である光と製薬に関連した技術や製品が多数出展されている。会期中の来場者数は、展示会事務局発表によると 3 日間で 40,170 人が参加し、企業からアカデミアまで幅広い関係者が多数来場した。

2-6-6 Nano tech 展示会調査結果

光や半導体に関する最先端の製造工程に関連する検査装置及び製造装置が出展されており、光産業や半導体産業における最先端の製造分野において産業用ロボットのソリューションや展開を調査するのに最適な展示会である。

先端材料や半導体等の最先端分野においては、精度や信頼性の要求が高く求められることから汎用的なロボットではなく専用機としての産業用ロボットが展開されており、製造工程で重要な部分に協働ロボットが使われている例は見られなかった。一方、製造工程の中で人が介在する検査や箱詰めなどの一部工程にはアーム型の協働ロボットが採用されている例があり、最先端分野でも工場 DX の推進の中で徐々に協働ロボットが普及していくものと思われる。



図 2-24 工程最終段における協働ロボットの活用例（箱詰め工程）

先端分野の中でも近年急速に拡大しているアディティブマニュファクチャリング（AM）分野では、協働ロボットが積極的に活用されており、3次元測定やマシンメンテナンスに活用されていた。



図 2-25 3次元測定における協働ロボット活用例（AM 分野）

3章 まとめと今後の展開

本事業では徳島県で協働ロボット普及を目的として、ロボットシステムインテグレータ育成のために協働ロボット実習教材を開発し、1社ではあるがリカレント講座を実施した企業のヒアリング及びその後の協働ロボット導入検討に至ったことを踏まえると、リカレント講座の実施は協働ロボット普及に有効であると確認できた。

3件の展示会の現地調査を行ったが、新型コロナウイルス感染症拡大による影響で製造業のDX化が前倒しされ、大手企業中心であるが協働ロボットの導入が進んできており、需要の高まりを受けてロボット関連メーカーが新技術の開発とあらゆる分野での協働ロボットソリューションの提供がなされている。ロボットシステムインテグレータを有する大手企業もしくは人材が豊富な都市部においては協働ロボットの普及は加速度的に進むものと思われるが、徳島県のような地方都市ではロボットシステムインテグレータをはじめとするロボット関連人材が不足しているため、普及が遅れ、都市部と地方で両極化となる恐れがある。徳島県における中小企業で協働ロボットを普及させようとする場合、導入コスト

を抑えるために協働ロボットをシステムとして購入するのではなく、協働ロボット単体を購入し、自社でシステムを作り上げることができれば安価にロボットシステムを構築できるため、初期導入費用が確保できない企業が導入できる可能性が高まる。

徳島県の中小企業で特に省力機械メーカーの多くに PLC（シーケンサ）をプログラムできる人材が多数いることから、協働ロボットも PLC と同様に自社の人材でロボットを調達しシステム化するという事業モデルが定着すれば、徳島県でも協働ロボットの普及は拡大するものと予想される。

そのためには中小企業にも協働ロボットを扱える人材を育成していくことが非常に重要となってくることから、本校を含め職業能力開発促進センター（ポリテク）等の教育機関がロボット人材を育成する仕組みづくりを行う必要があり、本校においては本事業で試行的に実施した協働ロボットに関するリカレント講座の内容をさらに拡充させ、県内中小企業向けに講座を実施し、今後も引き続き協働ロボット普及に努める予定である。