

# リンゴもぎロボットの開発を通じた能力開発

青森職業能力開発短期大学校 赤羽広治

Ability Development through the Robot Development to Pick Up an Apple

Koji AKAHANE

**要約** 青森県津軽地域の産業活性化のため、産学官連携のもと「津軽地域産業活性化人材養成プログラム」が平成 20 年度に開始された。生産ラインのリーダーや製品開発・設計等技術的職務に 3 年以上従事している者を対象に、一連のものづくり活動により基盤技術を体系的に習得でき、課題発見・解決能力や総合的なものづくり力を身につけられる「課題学習方式」による基盤技術向上プログラム「リンゴもぎロボットの開発（基本コース）：40 日／280 時間」を設定した。さらに、平成 21 年度からは「リンゴもぎロボットの開発（アドバンスコース）：31 日／217 時間」を設定し、ステップアップできるコースを追加した。平成 22 年度以降は津軽地域人材養成事業に名称が変更され、各要素技術に対しコース選択制として継続している。

本報告では、プログラムの内容、プログラムで開発した直交型ロボット（基本コース）、ロボットハンド付きのロボットシステム（アドバンスコース）、実習教材として開発した 3 軸ロボット実習装置について述べ、各コースの実施・製作結果とプログラムにおける成果について報告する。

## I はじめに

平成 20 年度より、青森県津軽地域の産業活性化のため、産学官連携のもと関係機関による生涯職業能力開発体系により地域に必要な基盤技術を抽出する「津軽地域産業活性化人材育成プログラム<sup>(1)(2)</sup>（以下、プログラムと略す。）」を開始した。本人材養成プログラムの中で、当校は、一連のものづくり活動により基盤技術を体系的に習得でき、課題発見・解決能力や総合的なものづくり力を身につけられる「課題学習方式」による基盤技術向上プログラム「リンゴもぎロボットの開発」「エコ電気自動車（競技用）の開発」の 2 コースを実施した。平成 21 年度からは「リンゴもぎロボットの開発（アドバンスコース）」を加え、より高度な技術を習得できるようにしている。

本プログラムにおいて、担当したロボットコースに関係する立ち上げのプロセス、コース設定、ロボット開発とその実施・製作結果、本プログラムに関連するテーマとして実施した総合制作実習との連携、ロボット技術に関する能力開発（教育訓練プログラム）テーマ及び本プログラムの成果について整理した。

総合制作実習で行ったテーマは、上記プログラムにおける「ロボット製作」を実施するにあたり、製作内容やテーマの検証を行うために主として実施した。ロボットの新たな機能として新たに行うための実験や技術的課題の整理及び本プログラムのための

テーマ選定ほか、挙げられた項目を問題解決するために、総合制作実習で構築したロボット（事前試作機）を使用した。

## II テーマの設定とその背景

### 1. プログラムの背景

青森県では、ものづくり産業の活性化に対して、様々な構想が挙げられている。その中で「人材育成によるものづくりの基盤技術」の強化が推進されている。これらの方向性に基づき、更なる検討と企業等へのヒアリング及び分析を行い、基盤技術の強化が必要である職務及び技術が絞り込まれた。本プログラムの一部であり、プログラムの中核をなしたものが、当校が主として担当した「課題学習方式によるものづくり基盤技術向上プログラム」である。

本プログラムの初年度は、「約 10 ヶ月 300 時間の長期設定」により実施した。本期間、開発テーマを設定することで、企画・設計・製作・評価までの開発方式の一連を体験することができる。プログラムを通じて発生する様々な問題や課題に対する検討・解決を図ることで実践的な応用力を養うことができるようになっていく。

課題としては、「リンゴもぎロボットの開発」が設定された。これは、地域の特性を活かしたもので、基幹産業である農業に

関する機械開発を題材とする点と恵まれた自然環境を保全するための機械開発とするためであった。

## 2. テーマ設定のための試作ロボット

訓練目標設定や開発テーマの確認のため、事前にテスト機を構築した。平成 19 年度（プログラムを開始する前年度）、直交型ロボットを基本とし、今後想定される各種機能や技術分野の確認を目的として、テスト機を試作した。本テーマは、学生の制御技術科の総合制作実習<sup>3)</sup>として実施したものである。

構築したロボットシステムについて、簡単に説明する。シーケンス動作による直交型ロボットの制御、2本指ハンドの制御及びハンド先端にかかる力計測モニタ機能を目標に、ロボットシステムを構築した。図 1 に構築したロボットを示す。ロボット本体（アーム部）については、FESTO 社のロボットアームを一部改良し使用した。具体的な改良点としては、初年度仕様のロボットに設定するため、サーボモータからフィードバックを行わない DC モータにすべて変更した点と、アクチュエータ変更に伴う制御回路を新規製作した点である。ロボットアームの特性としては、アームの可動範囲は変更ないが、サーボモータを採用せず本方式による DC モータを用いたため、任意の位置決めができなくなった点にある。

ロボットアーム本体の動きは、シーケンスコントローラにより制御する。ロボットハンドの動作は、マイクロコントローラにより、制御する。図2に示すようにロボットアームの先端に、1指2自由度として2本指ハンドを模型用モータにより構成し、取り付けました。また、ロボットアームの先端部に、力センサ（1軸（1方向用））をそれぞれ取り付け、ロボットハンドの追加動作（ダイレクトアームドライブ機能：ハンド先端の力の増減によりアームをドライブさせる機能）と把持力を LCD にモニタできる機能を搭載した。

以上の機能を基本とするロボットとし、コースは次節で説明する技術要素を取り入れたものにした。

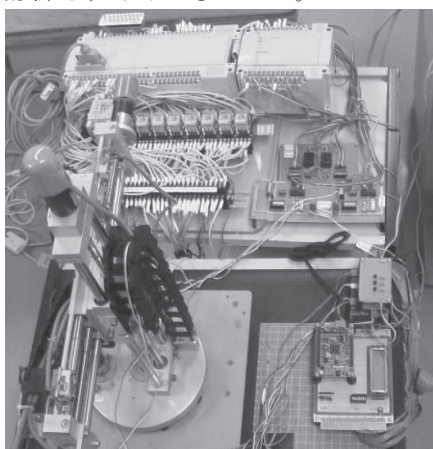


図1 試作ロボット(プログラム開始前のテスト機)

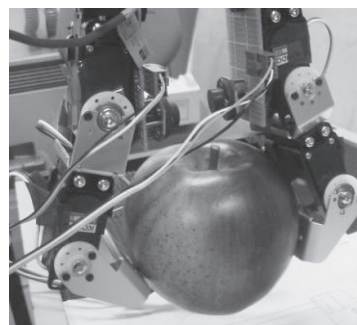


図2 ロボットハンド(先端部)

## 3. 開発テーマとコース設定

「りんごもぎロボットの開発」コースは数年をかけて受講者のステップアップを図る構想としている。具体的には、テスト機で構築したロボットを基本とし、次に述べる各ロボット開発を通して、年度ごとに各ロボットの技術レベルを向上させながら、機械設計、制御システム設計、電気・電子回路設計、ソフトウェア開発、加工・組立を含む要素技術の体系的習得を行わせる内容とした。

表 1 に開発テーマと主な実施項目をまとめる。プログラム初年度（平成 20 年度）は、3 軸の直交型ロボットの試作を行い、ロボットのアクチュエータは空気圧機器と DC モータにより構成し、生産システム系の制御機器で構成するものとした。

平成 21 年度以降は、3 軸型垂直多関節型ロボットの試作を行い、ロボット工学を中心にロボットのメカニズムと制御コントローラの内部構成を習得しながらステップアップを図る計画とした。学生の総合制作実習として、ロボットハンドシステムも同時進行させ、多自由度のマニピュレータとロボットハンドシステムを持つりんごもぎ作業への実現を目指す計画とした。

平成 21 年度の展開は、「りんごもぎロボットの開発（基本コース：平成 20 年度コースと同等）」と、その発展型の「りんごもぎロボットの開発（アドバンスコース）」を設定し、受講者のステップアップのみならず、受講者のレベルに合わせたコース選択を可能とした。

平成 22 年度からは、課題学習方式の内容を継承しながら、各要素技術のコースとして再分割された。その中の一部として、ロボティクスコースを計画、実施している。平成 22 年度からのコースでは、上述したようにプログラムによるロボット製作を行うものではなく、今までの教材を活用しながら能力開発を支援するコースとしている。

表1 リンゴもぎロボット開発テーマと主な実施項目

年度	ロボット構成	次年度にむけた準備
平成19年度	開発前の事前試作 (ロボット教材を改良)	プログラム開発前の試験機
平成20年度 プログラム初年度	プログラムによる ロボット製作 3軸直交型ロボット	アドバンストコースにむけた準備取組 (総合制作実習のテーマとして実施)
平成21年度	アドバンストコース開始 リンゴもぎロボットの構築	3軸ロボットシステム教材開発
平成22、23年度	ロボティクスコースとして 継続	

### III プログラム初年度のリンゴもぎロボット<sup>(4)</sup>

#### 1. 訓練目標

初年度のプログラムによるロボット製作では、ハンドリング部分は除き上記試作機を基本として、課題学習方式による3軸直交ロボットの開発を通して、開発プロセスにおける総合的なづくり力の習得を主目的とした。

今回の開発プロセスはワーキンググループによる課題学習方式で行うため、受講生の専門性を機械設計、機械加工、電気制御の3分野に分け、専門性のバランスが取れるように13名を3グループ編成とした。チームとして、不可欠なコミュニケーション力の養成のために、同じ会社の受講生が同じグループに入らないようにした。

#### 2. ロボット概要と製作結果

表2に示す能力開発コースを適用し、課題設定した。製作課題の仕様は「仕分けロボット」を想定した。図3に製作したロボットを示す。リンゴの色(赤もしくは緑)を検査台で判定し、リンゴを掴ませ、リンゴの色に対し、2か所の置台に、色ごとに仕分ける機能を持たせる。

生産システム系で用いられる自動機を意識した設計とし、リンゴもぎステーションに置かれているリンゴを選別ステーションに搬送し、RGBセンサーでリンゴの良否を色識別したのち、良品、不良品に分けて格納ステーションに収める仕様とした。

3軸直交ロボットの構成は駆動系を3軸ともに直流モータとし、X軸、Y軸はボールねじを用いた1軸アクチュエータ、θ軸(ベース軸)は減速機を設けた回転機構とした。

1軸アクチュエータのボールねじは、将来、サーボシステムにも対応できるように考慮したものである。高精度な位置決めを行う制御方式としてはフィードバック制御が望ましいが、費用面、技術レベル等を考えてオープンループ方式とした。これ

により、電気、メカニズムの組み合わせで、安定したりんご掴みを行うために、グループごとでの創意工夫を導き出し、総合的なものづくり力の向上を狙ったものでもある。

必要部品については、時間、予算、部品納期の関係から共通部品を提供し、設計に範囲を設けた。共通部品以外はグループごとのコンセプトに基づいての自由に設計させた。共通部品としては、DCモータ(X軸、Y軸、θ軸)、1軸アクチュエータ、θ軸のギヤ、制御ボックス、シーケンスコントローラのみとし、残りは部品選定から各グループで行われた。

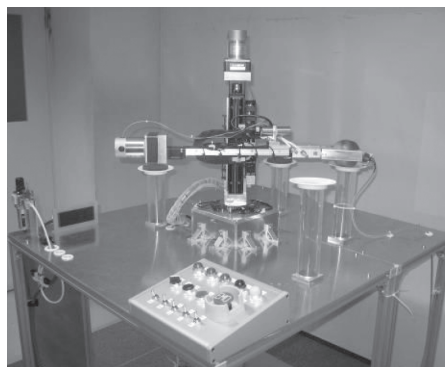


図3 プログラム初年度のロボット

表2 適用した能力開発コース

コース	主な内容	時間
メカニズム設計	CADを用いたロボット設計	42時間(6日)
機械加工技術	汎用機、マシニングセンタ、NC加工による構成部品の加工	49時間(7日)
シーケンス制御	制御盤製作	14時間(2日)
PLC技術	制御プログラム制作 フェールセーフ機能	42時間(6日)
電気・組み込み技術	センシング機能 マイコンによる測定を付加	42時間(6日)
その他	調整作業	91時間(13日)

合計 280 時間 (40 日)

### IV アドバンストコースで開発したロボット

#### 1. 訓練目標

次年度(平成22年度)は、上記プログラムを基本コース、本コースをアドバンストコースとして分離し、実施する計画となった。アドバンストコース初年度は、受講者は6名であったため、1チームによる構成により、試作した。

本コースはロボット制御技術と組込基礎技術を柱としたものである。ロボット制御技術については、産業用ロボットを使用し、FA分野の製造現場で使用される制御機器を活用した内容とした。

次節で述べる3軸アームを持つロボット教材を同時開発しながら、マニピュレータのメカニズムとコントローラの内部構成（ソフトウェア及びハードウェア）を習得できるコースとして計画した。単純に、FA分野としての活用法でなく、ロボティクス分野が習得できるように、特に、ロボット構成する各種制御機器の使用法、使用するソフトウェア及び多軸ロボットアームの同期制御方法が学べる目標とした。

もう1つの柱である「組込基礎技術」は、組込マイコンを活用した画像基礎処理を目標とし、りんごの形状などの基礎認識を習得できるように設定した。今回のシステムにおいて、精度の高いセンシングまでは設定しておらず、平成22年度以降のテーマへの課題<sup>6)</sup>とした。ただし、平成21年度構築する画像の基礎センシング機能により、ロボットアームとのリンクを行い、基本動作の実現を目指す。本アームのエンドエフェクタには、組み込みマイコンによるロボットハンドを取り付け、「りんごもぎ動作」への実現も合わせて目指した。

## 2. ロボット概要と製作結果

表3に示す能力開発コースを適用し、今回試作したロボットと先端部の外観をそれぞれ図4、5に示す。



図4 リンごもぎロボット



図5 ロボットハンド(先端部)

本ロボットの試作は、プログラム受講者と専門課程学生の作業分担により実施したものである。ハンドシステム<sup>6)</sup>は主に制御技術科の学生が行い、画像処理機能は情報技術科の学生の総合制作実習のテーマ<sup>6)</sup>として、その他はすべてプログラム受講生が構築した。図3に示す初年度実施したロボットシステムの技術領域を発展させたものになっている。

図6にロボット全体のシステム構成を示す。ロボットマニピュレータは、三菱電機社製の6軸垂直多関節ロボット(RV-1A)を改良したものである。エンドエフェクタには、模型用モータを使用したロボットハンドを試作し取り付け。シーケンサをメインコントローラとし、ロボットアームの制御は専用コントローラが行い、ロボットハンドの制御は組み込みマイコンが行う。3種類のコントローラ間のリンクは、予算の関係によりIO接続を基本として構成した。

今回のロボット動作の最終目標は、図5に示す実際の収穫の動作を目指した。収穫するリンゴのツルを折らないように作業を行う「つるおさえ作業」をロボットに取り入れた。

タッチパネルから、指定したリンゴを掴む。リンゴのつるを押え、手首を回転させた動作を行い、指定した場所にリンゴを置く。更に、プログラムで実施している画像センシング処理機能により、位置決め用の簡易自動補正を行う機能も追加目標とした。

プログラム開始前(平成19年度)に製作した2本指ハンドに、更に1本増やし、1指2自由度として、3本指ハンドを構成した。構成及び制御システムは、試作機と基本的に同様とした。組み込みマイコン(H8/3048F-ONE YellowSoft社)により、6個の模型用モータを制御する。

各指の制御については、逆運動学による関節座標位置をあらかじめ用意し、位置制御を基本とした模擬直線補間により、動作を行わせる。各3本指の同期制御、カセンサ(1方向検出)情報による制御系への組み込みは今後の課題とした。

PLCとマイコン間においてIO接続ができるよう電圧変換ボード(5V/24V変換回路)を製作した。プログラム開始前(平成19年度)と同様、フォトカプラによる信号変換を行うインターフェースボードを介し、PLCの指令に基づきハンドの動作を行う。

画像処理分野では、画像処理ライブラリ(OpenCV 1.1)による画像処理アルゴリズムを構築し試作した。ロボットアーム上に搭載したカメラから計算機上で処理した位置情報を4分割に処理し、USB-IOによりホストシーケンサと接続し、タッチパネル上に方向のモニタ表示まで構築できた。また、目標とした「りんごもぎ動作」も実現できた。

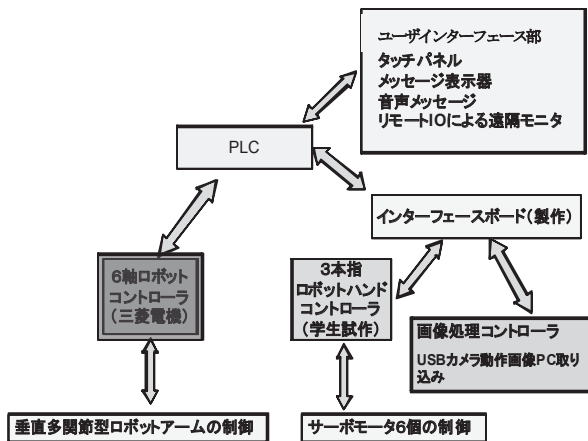


図6 リングもぎロボットのシステム構成

表3 適用した能力開発コース

コース	主な内容	時間
ロボット導入技術	ロボットの構成 システム設計	21時間 (3日)
ロボット制御技術	サーボ制御技術 制御プログラム制作	35時間 (5日)
ロボット適用技術	モーションコントロール技術 制御回路製作とプログラム調整	21時間 (3日)
自動化のための計測技術	画像処理技術 ロボット制御回路とのインターフェース設計と製作	35時間 (5日)
組み込み技術	マイコン周辺回路の製作 ロボットハンドの制御	35時間 (5日)
ロボット工学技術	3軸ロボット装置の設計 製作した装置による実習	70時間 (10日)

合計 217時間 (31日)

### 3. 3軸ロボット実習装置の開発

#### 3-1 開発目的

多軸ロボットの同期制御方式をプログラム受講生に理解させる目的で、本プログラムと同時にロボットの開発を行った。上述した図6に示す産業用ロボットコントローラにおいて、ロボットの制御方式の詳細(実制御方法)は全く公開されていない。通常、産業用ロボットは、アームの位置情報の指令値を与え、制御方式(ロボット運動学や制御理論など)を意識せず動作するものが通常である。制御方式は、各社独自の制御方法を取り入れており、更に特許の関係もあり、公開されていないのが実状である。

本プログラム受講者に対して組み込みマイコンや計算機システムによるロボット制御では、難易度が増すことが予想される。

よって、製造現場で用いられている生産システム系の制御コントローラで、ロボット工学を意識した学習ができるものを優先的に検討した。

#### 3-2 開発結果(ロボット概要)

制御コントローラでロボットのシステムを構成する点や、各社のロボット制御法の詳細は全く公開されていないので制御系(ソフトウェア)を設計、構築することは困難であった。新興技術研究所の熊谷英樹氏協力のもと共同試作したものを図7に、システム構成を図8に示す。三菱電機社製のモーションコントローラにロボット専用OS(SV54)を取り入れたものである。更に、今回の主目的であった多軸同期制御を理解させるものとしてメカライブラリ(R233)が付属としてあったが、上記項目に加え導入実績が無いこともあり、座標変換処理が無い設定での3軸垂直多関節ロボットの製作となった。

本ロボットでは、サーボ系の実験やギヤ比設定変更に伴うロボットアーム制御の実験等、多様な実験項目が可能である。目標であった製造現場の担当者にも理解できるものとして、組み込みマイコンや計算機システムは使用せずロボットを構築できた。本システムは、導入当時において、生産システム系の制御コントローラによるロボット多軸制御ができる実習教材として、全国の教育機関としては初めての導入実績となり貴重な装置となった。

本ロボットは、表3に示す最終講座「ロボット工学技術コース」で主に使用し、図6に示す構築したロボットの制御構成(特に産業用ロボットの制御コントローラ)がどのようになっているかを理解する目的で実習をすすめた。具体的には、制御コントローラ、制御機器、サーボモータ及びサーボアンプ等のハードウェアの構成機器について確認した。ソフトウェアとしては、制御プログラム方式やティーチング・プレイバック方式の違い等を実習により確認した。

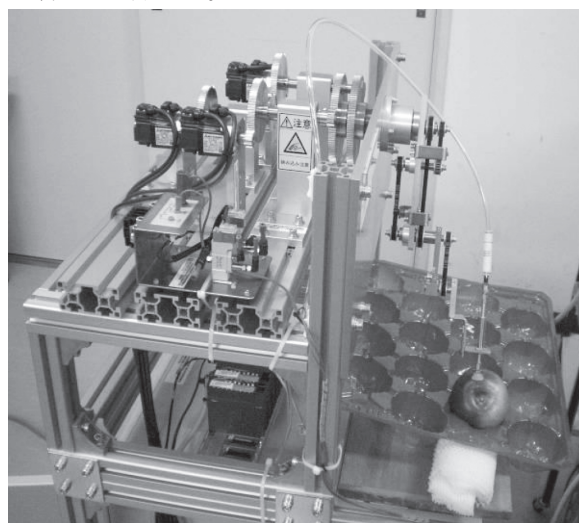


図7 3軸ロボット実習装置

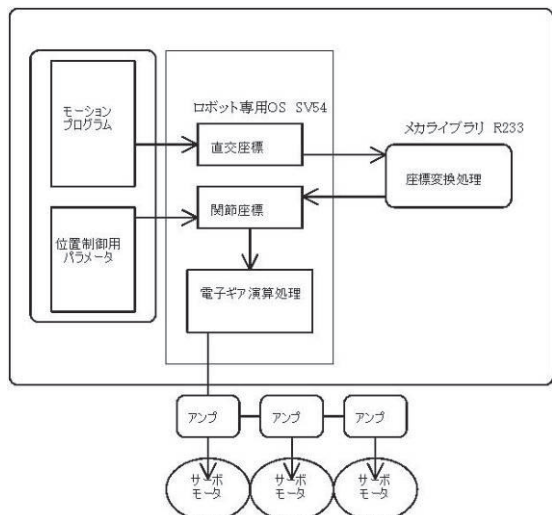


図8 3軸ロボット実習装置のシステム構成

## V 平成 22、23 年度の「ロボティクスコース」

平成 22、23 年度からは、津軽地域ものづくり人材養成事業に名称が変更され、課題学習方式の内容を継承しながら、要素技術ごとのコースとして再分割された。その中の一部として、ロボティクスコースを計画、実施している。本コースでは、上述したようにプログラムによるロボット開発を行うものではなく、本プログラムに関連した装置を活用しながら能力開発を支援するコースとしている。

表4に平成 23 年度のコースを示す。アドバンストコースのロボット工学の技術習得エリアを基本とし、細分化されたコースにより実施し、計 8 日間として計画した。上述したロボットを活用しながら、ロボット工学を段階的に習得するようなステップとしている。

表4 平成 23 年度 ロボティクスコース内容

コース内容	活用ロボット	主な内容	時間
フィードバック制御	3軸ロボット実習装置	PID制御	14時間 (2日間)
多軸ロボットの制御	3軸ロボット実習装置	モーションコントロール技術	14時間 (2日間)
PLC・ロボットシステムの構築	リングもぎロボットのコントローラ他	PLC応用 周辺技術 制御工学	14時間 (2日間)
ロボット適用技術	リングもぎロボット	主として課題学習方式を適用	14時間 (2日間)

合計 56 時間 (8 日)

## VI 訓練評価<sup>2)</sup>(5)

### 1. 人材養成プログラム「ロボットコース」の評価

はじめに、初年度(平成 20 年度)及び次年度(平成 21 年度)に約 1 年間を通して行われたプログラムの評価について、述べる。

初年度は、応募状況としては、定員 15 名に対して、11 社 13 名であった。次年度は「基本コース」が 6 名、「アドバンストコース」7 名の募集があった。また、初年度のプログラムを受講した 13 名中、4 名がアドバンストコースを受講しており、能力開発としてステップアップする点や基盤技術のレベルアップが定着したと考える。

受講生の内訳としては、実務経験 3 年以上を想定し、約 7 割の方が実務経験 3 年以上の方であり、ほぼ当初予定した対象者が集まったと言える。受講生の現在の職種は、前職が技術であるが現在は営業、開発・設計、製造や品質管理など、まさに製造現場の全ての職種の方が集まり、課題学習方式を行うには良い構成となった。

プログラムの実施結果は、事業主を招いた中間報告会、最終報告会において各受講生が発表した。発表内容としては課題学習方式によって習得した技能、技術とその他に訓練実施過程で直面した課題、問題点やグループ作業から得た成果、コミュニケーション、ヒューマンスキル関係の成果など多岐に渡った。その発表の中で、基本コース及びアドバンストコースの受講生が成果として次の点を挙げられた。

＜基本コース・アドバンスコース(平成 20,21 年度)の意見＞

- ・基盤技能・技術を体系的に習得することができ、自らの技能・技術の捉え直しができた。
- ・製品開発のプロセスが全て含まれており、普段の業務では経験できない多くの工程を経験できた。
- ・技術者として、お互いの立場を理解した上での工程の進捗が重要であることを理解した。
- ・ロボット製作だけでなく、業務の展開に共通していることとして、「役割分担の大切さ」「情報共有の大切さ」「事前予想の大切さ」を再認識できた。

受講後に実施した受講者アンケートにおいて、課題発見、課題解決の項目では受講者全員が訓練実施過程で課題、問題に直面し、その対策の検討を行ったと報告している。そのうち 90% の受講者が検討した対策を課題に対して反映できたとしている。

基本コースおよびアドバンスコースのプログラム受講により、通常業務に活用されることはもちろん、将来を見据えた業務への活用においても高い評価が得られた。本プログラムによる方法は総合的のものづくり力の向上において、有効であることが確認できた。企業人に対する本プログラムの効果をまとめると、

次のようになる。

〈基本コース・アドバンスコースにおける訓練効果〉

- ・異業種の企業に属する受講生同士が協働作業の中で、技術交流を行うことができる。
- ・設計コンセプトにおいては動作するだけでなく、コスト面、耐久性の面まで検討され、製品化を強く意識できる。
- ・講義のスピード設定、到達目標の設定、受講生のレベル差から生じる問題は、グループ内で受講生同士が、自分の専門分野を教え合うといった、協力体制が随所で見られ、受講生のレベル差をカバーする効果が見られた。

以上から、ある程度経験を積んだ企業人を対象にした、本プログラムは、有効であることを確認できた。

## 2. 人材養成事業「ロボティクスコース」の評価

平成22年度からは、要素技術ごとにコース選択制をとり、自動化技術分野の最終コースとして「ロボティクスコース」を設定している。上記プログラムの主要な内容を引き継ぎ、ロボット工学とロボット制御の理解を目標として実施した。

受講者は平成22年度が1名、平成23年度が6名であり、生産現場の管理者が受講者の中心であった。このため、図7に示す生産システム系制御機器で構成された3軸ロボット実習装置を用いた制御実習は好評であった。本ロボットは生産現場の担当者等を対象としてロボット工学を理解することを目的としたものでもあり、評価できたものとする。また、図4に示す構築したリングもぎロボットも実習で活用し、ロボットのシステム構成に対する理解を十分行わせることができたと思う。

受講者との意見交換により、1年間を通じたプログラムと比較すると非常に短期間であったが、本コースの目標とするロボット工学を学ぶことができたと思った。また、アンケートにおいても上記のプログラムと同様の意見や効果も得られ、短期間コースにおいても、有効であることが確認できた。

## VII 今後のロボットコースのテーマ<sup>7)</sup>

これまでロボットの開発結果や能力開発の実施結果及び評価について述べた。最後に、ロボット工学や今回実施したコースに対する能力開発としての今後のテーマについて述べる。

ロボット技術により人間の目的に合う機能を構築する技術分野をロボット工学と呼んでいる。一般的に、ロボットの動作機能が向上すると、技術レベルも上昇する。特に、制御技術のレベルが上昇し、システム構築の難易度が上がる。

初年度プログラムにより構築したロボットアーム部は、シーケンスロボットに分類される。シーケンス動作を基本としたロ

ボットであり、生産現場で使用される制御機器を中心に、ロボットシステムを構成している。アドバンスコースにより開発したロボットや3軸ロボット実習装置は、プログラム計画上実現できていない機能はあるが、ロボット分類上の「シーケンスロボット・プレイバックロボット・数値制御ロボット・感覚制御ロボット」の4種類のロボットは、部分的に取り入れている。

ロボットの機能を高度化していくと、重要になる要素が、コンピュータ制御システムである。専用コントローラを使用すると、特定の動作に対しては、容易に制御可能である。システム化する際にも、比較的容易に設計できる。しかし、任意の制御アルゴリズムの記述は不可能である。また、制御機器メーカー専用のコントローラであるため、メーカーからの技術資料を入手できない限り、内部を把握することは、不可能である。組み込みマイコン等による独自のコンピュータシステムにより、ロボットを構築する場合、各分野の高度な知識が必要になるが、任意のアルゴリズムの記述が可能である。

ロボット技術は、基礎・基盤技術で製作できるものから、先端的・高度化技術を含むハイレベルなものまで様々ある。総合制作実習のテーマや能力開発のテーマをすすめるにあたり、どの技術エリアまで設定したロボット製作をするかが、非常に重要であり、今後の課題といえる。

今後、新たな技術領域におけるロボットのテーマ選定や教育訓練プログラムの手法は、今後の総合制作実習や能力開発のテーマ設定により、大きく変化するものとする。製作するロボットの技術設定を定め、内容に基づき、テーマが決定していくものとする。特に、ロボット製作を通じた能力開発においては、集合実習形式や、テーマ別個別実習形式など、様々な実習形態が考えられる。

今回の目標であるロボットによるリングもぎ作業は、画像認識処理の必要性を含め、3次元空間における非定形の作業となるため、難易度が非常に高く、要素技術もより高度で複合化したものが要求される。実作業としてロボットに「リングもぎ作業」を実現するには、特に重要な要素としてはセンシング技術である。目標設定後は、ロボットアームとロボットハンドは、予めプログラミングされた空間移動に対し、目標に沿って高度な制御技術によりコントロールを行うものになる。

今後のロボットコースは、これまでのコース内容を基本とするものと、独立して展開している画像処理技術とセンシング技術の要素をロボット制御に取り入れるコースの再構築を行う必要があるだろう。また、りんごを収穫するロボットを最終目標とするのであれば、共同研究等、連携事業として実施する方法が望ましく、コースとは分離して検討していく必要があると考える。

## Ⅷ おわりに

プログラムとして設定していた垂直多関節型のロボットにロボットハンドを取り付け、「リングをもぎ動作」までは実現できた。当初から検討していた生産技術者に対するロボット工学の構成が一部理解できるロボット教材も構築できた。

ロボット技術の習得は、青森県らしいものづくりには必要な要素であり、当プログラムを実施することにより、更なる高度な技術的要素を持つ人材養成支援ができるものと考えている。これまでの展開を含め、これらの教育訓練内容のステップアップの考え方は、本プログラムの計画段階から計画、公表しているものであり、企業にとっても、将来を見据えた長期間の人材育成計画を立案できるため、評価も高いものになっているものと思われる。「りんごもぎロボットの開発」のみならず、今後の教育訓練コースの計画立案においても活用していくこととした。

なお、第7,8回ポリテクニクビジョン研究発表会において、発表および展示を行い、「優秀賞」を受賞することができた。学生にとっても、ロボットシステムの「ものづくり」を経験させることができ、大変幸いである。

ロボット技術とは、機構学、材料力学、機械力学、数学、運動学、動力学、制御工学、計測工学、コンピュータ、情報工学、電子工学、電気工学等様々な分野が融合されたものである。ロボットの「ものづくり」は、システムが大きくなるほど、1人では製作できない。開発関係者全員の理解と協力が必要であり、チームワークが必要な技術であるといえる。

最後に、本プログラムを実施するにあたり、青森県の関係職員の皆様、プログラム受講生の皆様、当校の教職員及び総合制作実習として担当した学生に感謝の意を表します。

### [参考文献]

- (1) 本郷秀明、津軽地域産業活性化人材養成プログラム、第7回東北ポリテクニクビジョン予稿集、pp.108-109、2009.2
- (2) 岩永禎之、本郷秀明、赤羽広治、戸川敏寿、「多様で柔軟な職業能力開発の推進」 地域産業活性化のための産学官連携による職業訓練の実践「多企業・多業種の企業人を対象とした課題学習方式による職業訓練」、教材論文コンクール、2009.7.18
- (3) 千葉真、ロボットハンドの製作とロボットシステムの構築、第7回東北ポリテクニクビジョン予稿集、pp.12-13、2009.2
- (4) 本郷秀明、赤羽広治他、青森県津軽地域産業活性化人材養成事業「リングもぎロボット開発を通じた基盤技術向上研修」プログラム開発、平成20年度受託研究報告書、2009.3
- (5) 竹花洋次郎他、青森県津軽地域産業活性化人材養成事業リングもぎロボット開発を通じた基盤技術向上研修プログラム開発(組

み込みシステム技術(画像処理・計測技術)に係る教育課程、平成21年度受託研究報告書、2010.3

(6) 秋田谷奨 高谷佳光 玉田洋平、ロボットハンドの製作とロボットシステムの構築 第2報、第8回東北ポリテクニクビジョン予稿集、pp.12-13、2009.2

(7) 赤羽広治:ロボット技術に関する能力開発テーマの実施と考察(ロボット工学テーマに対する課題)、青森職業能力開発短期大学校紀要(第17号)、pp.19-24、2009.6