

# 課題情報シート

テーマ名 :	小型パレレルリンクロボットの開発				
担当指導員名 :	浜田 真、高尾 和志、河合 正人	実施年度 :	25 年度		
施設名 :	北陸職業能力開発大学校				
課程名 :	応用課程	訓練科名 :	生産機械システム技術科、生産電子システム技術科、生産情報システム技術科		
課題の区分 :	開発課題	学生数 :	12	時間 :	54 単位 (972h)

## 課題制作・開発のポイント

### 【開発（制作）のポイント】

機械的には、次の点がポイントとなります。

- ◇動作速度やワークとアームのイナーシャから十分な速度とトルクを持つサーボモータを選定すること。
- ◇ワーク吸着に必要な真空系の能力（到達真空度、流量）の算出を行なうこと。
- ◇ワークの回転に利用する第4軸の機械構造とロータリージョイントの設計をすること。
- ◇三次元 CAD を用いてモデリングすること。
- ◇モデルから二次元図面を作成すること。
- ◇旋盤、フライス盤、レーザ加工機、ワイヤ放電加工機など必要な工作機械を使用し必要精度に部品を仕上げること。

電子的には、次の点がポイントとなります。

- ◇真空センサの信号を利用し真空ポンプやソレノイドバルブを制御するといった真空吸着の制御系を開発すること。
- ◇サーボモータアンプなど大電流を用いる制御機器の電源を制御するためのリレーシーケンス回路を製作すること。
- ◇作業者が扱いやすいティーチングペンダントを設計し製作すること。
- ◇アブソリュートエンコーダの信号をパソコンから読み取れるように波形処理回路を工夫すること。

情報的には、次のポイントがあります。

- ◇パレレルリンクメカニズムのエンドエフェクタの位置からモータの回転角を求めること。
- ◇モータコントロールボードの使用方法を学び、サーボモータを制御できること。
- ◇ロボットのティーチング方法を学び必要なプログラム画面を設計すること。
- ◇画像処理を学びワーク重心座標と傾きのデータを算出すること。

### 【訓練（指導）のポイント】

機械系の学生には、いくつかの設計要素（軸受、ロッドエンドベアリングなど）の特徴をとらえ、得失を考慮しながら選定することによって、適切な機構を設計させます。

まず、ロボットの動作速度から所要時間を割り振り、アーム回転に必要な時間を算出させます。概略の部品が定まったら、三次元 CAD でモデリングし可動部の質量・慣性モーメントを求めさせます。アーム回転に必要なトルクと制御分解能を基にして、サーボモータに内蔵されるロータリーエンコーダ分解能を注意しつつ、減速機の組み合わせを検討し選定させます。部品形状が定まったら、使用材質を吟味しながら組立方法や接着方法を検討させ、必要なジグを設計させます。

電子系の学生にはワークが吸着されたかどうか、真空ポンプを稼働させ続けるかどうかを検討させ、必要なセンサやバルブを選定させて真空システムを完成させます。また、制御ボックス内に電源制御用リレーシーケンス回路を組み込み、サーボアンプやドライバ、基板などを適切に配置し配線の引き回しを考慮した設計を行わせます。

パソコンに接続するティーチングペンダントは USB を用いるので必要な通信規格を学ばせ、マイコンでスイッチ入力や液晶パネルを制御するプログラムを工夫させます。

情報系の学生には、パラレルリンクメカニズムを理解させ、エンドエフェクタの位置とモータの回転角の関係を求めさせます。必要なロボット動作範囲からモータの配置や各リンクの長さなどの設計パラメータを検討させます。一般的なロボットのプログラム方法を例にして、パラレルリンクロボットに適したプログラム方法を提案させます。

画像処理には、オープンソースのコンピュータビジョン向けライブラリを用いますが、処理の基本的な部分は学習させ、どのようにライブラリを使うかを指導します。照明状態と画像の取得方法による違いや処理方法についてはトライ&エラーが必要になります。

### 課題に関する問い合わせ先

施設名 : 北陸職業能力開発大学校  
住所 : 〒937-0856 富山県魚津市川縁1289-1  
電話番号 : 0765-24-5552 (代表)  
施設 Web アドレス : <http://www3.jeed.or.jp/toyama/college/>

### 課題制作・開発の「予稿」および「テーマ設定シート」

次のページ以降に、本課題の「予稿」および「テーマ設定シート」を掲載しています。

# 小型パラレルリンクロボットの開発

生産機械システム技術科  
 生産電子システム技術科  
 生産情報システム技術科

## 1. はじめに

近年、生産ラインで高速性に優れたパラレルリンクロボットが普及し始めている。このことに注目した先輩方が、生産ラインの軽作業用として平成22年からパラレルリンクロボット（H22号機）の開発に着手した<sup>(1)</sup>。その後、平成24年にも組立ラインでの作業を想定したロボット（H24号機）の開発が行われた<sup>(2)</sup>。その視察に来られた企業から実際に産業界で使用できる性能として表1の「要求仕様」が提示された。

そこで我々は、これを満足するパラレルリンクロボットの開発に取り組むことにした。

表1 仕様

項目	要求仕様	開発目標仕様
軸数	4軸	4軸
最大可搬重量 (kg)	0.5	0.5
動作範囲 (mm)	φ150×50	φ220×50
動作速度 (cycle/min)	30	30 (500[g]搬送時)
繰り返し精度 (mm)	±0.05	±0.05
ハンドリング方法	真空吸着	真空吸着
ワーク認識	カメラによる認識	カメラによる認識
動作保証時間	8H×3年間	8H×3年間

## 2. 概要

そして、産業界で使用できる性能とするためにロボットにはさらに次のような性能がいるのではないかと考えた。

- ・ ベルトコンベア上を流れてくるワークにも対応するため、移動中のワークも捉えられる。
- ・ より大きい基板などにも対応できるように動作範囲の拡大化。
- ・ 教示作業の容易化。

## 3. 仕様

本機の仕様は表1の「開発目標仕様」とおり。現在製作中のパラレルリンクロボットの写真を図1に示す。



図1 ロボットの全体写真

## 4. 機構

H24号機はリンクの関節部にボールジョイントを用いていた。これは図2-(a)に示す球面すべり軸受のことである。しかし、構造上揺動角には制限があり、今回のように動作範囲の拡大を図る場合には適当ではない。

そこで、リンク連結部に必要な“回転”と“揺動”の機能を一般的なボールベアリングで実現することにした。ユニバーサルジョイントを参考に図2-(b)に示す新関節部を組んだ。これにより、関節の揺動角が±20°から±50°になり、動作範囲がφ150[mm]からφ220[mm]に向上した。

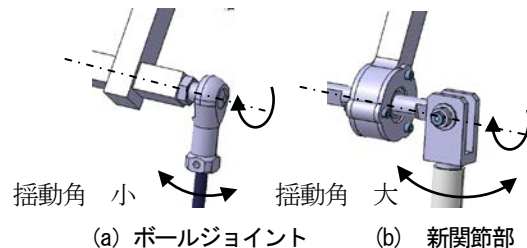


図2 関節部のモデル

## 5. 動作制御

### 5.1 画像処理

本機は、移動するワークをカメラで撮影し、そのワークの重心、位置、傾きをPCで算出できる。

また、画像処理はOpenCVを用いている。カメラの機能を利用したい場合はPCのプログラム作成で、画像処理用のコマンドを用いればワーク位置などを取得できる。

### 5.2 ティーチングペンダント

本機は教示作業の容易化を図るため、ロボットの手元を見ながら作業できるようにティーチングペンダントを製作した。

ティーチングペンダントでは、アーム先端に付いているバキュームパッドの移動やその速度の調整、吸着のON/OFFができるほか、教示作業での座標の記録ができる。図3に製作途中のティーチングペンダントを示す。

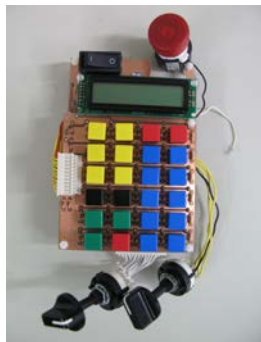


図3 製作途中のティーチングペンダント

### 5.3 制御方法

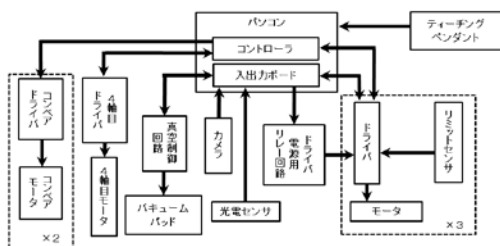


図4 制御システムブロック図

本機の制御システムを図4に示す。本機にはサーボモータを使用しており、8軸同時制御用のモーションコントロールボードからモータドライバを介して制御している。今回のデモンストレーションで使用するベルトコンベアは速度をPCで管理している。モータやコントロールボード等の周辺機器の電源はPCから一括管理できるようにしてある。

### 5.4 動作方法

今回開発したロボットは、3つのモータの回転角を直線的に変化させるとエンドエフェクタは弧を描いて運動する。

例えば図5のA点からB点までC、D点を経由して動作させようとする、①のような軌跡を描く。

そこでこのような運動を直線的な運動にするため、補間点を多く指定することで②のような運動ができるようにした。

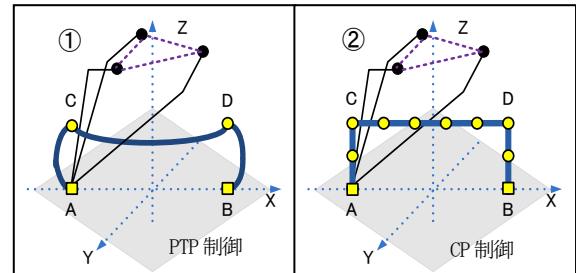


図5 動作方法

## 6. プログラム構成

本機では、搬送計画を用意されたコマンドを使って作成し、その計画を実行することでロボットを動作させる。移動座標はティーチング機能によりPCに記憶されることができるので、座標名とコマンドで搬送計画の作成や、テキストファイルとして保存ができる。ロボットを動作させる場合は、動作速度を設定し搬送計画を実行する。その他機械原点の補正や機械原点とカメラ座標との距離の設定などの環境を設定することができる。

## 7. まとめ

1年間、産業界で使用できる性能として表1の要求仕様を満たすロボットの開発をしてきた。この結果、最大可搬質量 0.5[kg]、動作範囲  $\phi 220 \times 50$ [mm]、動作速度 30[個/分]、真空吸着は達成することができた。

しかし、繰り返し精度と移動中のワークをピックするという項目については未だ測定できていない。今後、残された時間の中で正しく評価し、次年度の改善に向けてデータを蓄積していきたい。

### 参考文献

- (1) パラレルリンク機構を用いたピッキングロボットの開発, 2011.
- (2) 小型ピック&プレイスロボットの開発, 2013.

# 課題実習「テーマ設定シート」様式

作成日： 月 日

科名： 生産システム技術系

教科の科目	実習テーマ名	
開発課題実習	小型パラレルリンクロボットの開発	
担当指導員	担当学生	
○生産機械システム技術科 浜田 真		
生産電子システム技術科 高尾 和志		
生産情報システム技術科 河合 正人		
課題実習の技能・技術習得目標		
<p>小型パラレルリンクロボットの開発を通して、「ものづくり」全工程を行うことにより、複合した技能・技術及びその活用能力（応用力、創造的能力、問題解決能力、管理的能力等）を習得することを目的としています。具体的には、要求仕様から目標仕様への企画展開方法、目標を達成するための技術手段の検討を行い、製品設計技術、切削やワイヤ放電加工を複合的に活用した加工技術、各種センサやアクチュエータ制御回路設計技術、制御盤製造技術、ロボット経路計算プログラム技術や画像処理技術、設計情報のドキュメント作成及び管理技術などの習得を目標にします。</p>		
実習テーマの設定背景・取組目標		
実習テーマの設定背景		
<p>富山県には、機械部品や機械装置を製造するメーカが多く立地しております。それらのメーカは製造原価低減のため、人件費削減に努めており、本校が平成22年度に開発したパラレルリンクロボットを公開して以降、その小型高速性に多くの企業が興味を示しました。これを受け、特に県内有大数の大企業から意見を聞きながら仕様を定め平成24年に組立ラインで使用可能な機能を持つロボットの開発に成功しました。ただ、この製品はティーチングの際にパソコンのキーボードを利用してロボットを動かすなど、少なからず実用性に欠けていました。そこで、今年度はさらに聞き取りを行なった結果、向上された仕様とともに、「現場で使えるロボット」というキーワードを得ました。今年度のテーマとしては、このキーワードが何かをまず検討させ、目標機能や性能に落とし込んだ上で開発に取りかかる計画としました。</p> <p>これらの開発に携わることで、あいまいな言葉で表現される客先要求をどのように具体的な機能や性能に反映させるかという「企画力」が育まれ、これまでに習得した技能や技術を駆使して活用能力を拡大しつつ、期限内に完成させるための「計画力」を習得させることができます。</p>		
実習テーマの特徴・概要		
<p>産業用ロボットとして多用される多関節ロボットは、各リンクが直列に接続されているためシリアルメカニズムと称されますが、このテーマで開発するのは3本のリンクが並列して結合された1つのエンドエフェクタを駆動するためパラレルリンクロボットと呼ばれています。今年度は各リンクを回転させる駆動源としてアブソリュートエンコーダを内蔵したサーボモータを採用して、高速応答の可能性を伸ばし、信頼性を向上させます。また、ロボットの運転を記述するための言語も汎用ロボット言語 SLIM に準拠させることとし、画像処理によるワークの認識を実行させることでより実用化に向けた展開を図ります。</p>		
No	取組目標	
①	3DCADを駆使したメカニカル設計、放電加工やレーザー加工をはじめ、切削加工を複合的に活用し、ロボットを完成させます。	
②	課題装置を設計する際に品質、コスト及び納期をバランス良く調和させます。	
③	機構部を設計する際、独自性を持って創意工夫をします。	
④	装置を設計製作する際、理論と現場の技能・技術を複合して取り組みます。	
⑤	課題を解決するために必要な情報を収集し、分析・評価して合理的な手順や方法を提案します。	
⑥	工程・日程・人材・他部門との関係・予算・リスク等の観点から計画を立て、進捗を調整します。	
⑦	グループメンバーの意見に耳を傾け、課題解決に向けた目的や目標及び手順や方法について共通の認識を持ちます。	
⑧	各自が与えられた役割を果たし、グループメンバーをフォローし合って、グループのモチベーションを維持します。	
⑨	図や表を効率的に利用した分かり易い報告書や発表会予稿原稿を作成し、発表会では制限時間内に伝えたい内容を説明します。	
⑩	5S（整理、整頓、清掃、清潔、躰）の実現に努め、安全衛生活動を行います。	