

# 壁歩行による作業ロボット を開発・製作して

北海道ポリテクカレッジ  
(北海道職業能力開発大学校)

中田 英次・印南 信男・遠藤 和芳  
開発課題実習 Fグループ

## 1. はじめに

職業能力開発大学校の開発課題実習（以下、開発課題という）は、応用課程の2年次に行われる実習で生産システム系では3科（生産機械、生産電子、生産情報）の学生が合同で10名程度のグループをつくり、1つの装置やシステムなどの開発・製作を1年かけて行うものである。企画から製作、発表、報告までの一連のプロセスを行いながら、実践的製作能力を養うことを目的としている。その流れは、各大学校で多少の違いはあると思うが、およそ表1のようである。

この開発課題において今回、図1のような壁歩行による作業ロボット（以下、ロボットという）を開発・製作した。以下その作業過程や開発・製作したロボットについて報告する。

## 2. 製作の過程

### 2.1 テーマの決定

当校の生産システム系の開発課題では、企画・開発の段階で一度グループ分けを行い、各グループから1から2くらいの企画・開発としてのテーマが出され、テーマの内容（どのようなものをつくってみたいか）についての発表会を行う。次に教員サイドからのテーマの提出と内容説明がなされる。このようにして出されたテーマについて、学生の希望調査および調整を行い、その年度のテーマの決定（およ

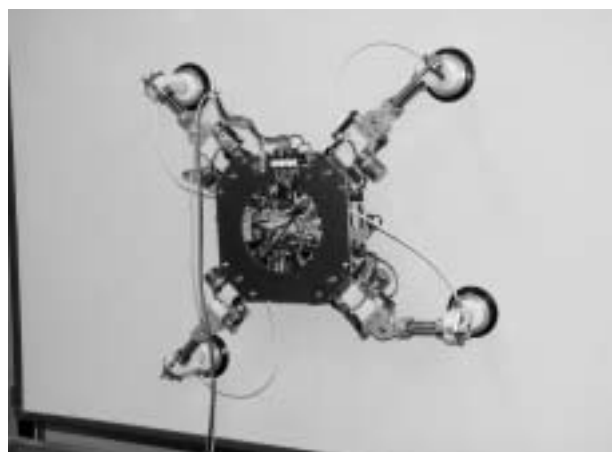


図1 壁歩行による作業ロボット の外観

表1 開発課題の流れ

企画・開発・テーマの決定	4月～5月
基本設計・詳細設計	6月～8月
機械部・制御部などの加工や作成	9月～11月
組立調整・改良	12月～1月
まとめ・発表・報告書の作成	2月～3月

そ9テーマくらい)がなされている。このテーマの中には企業からの持ち込まれたテーマもあればよいが、今までのところ企業からのテーマはあまりない状況である。

筆者が担当した企画・開発段階でのグループでのテーマに室内を掃除するロボットの提案があった。しかし、調べてみるとこのロボットはある程度実用化されていた。筆者は以前から室内の壁や天井を清

掃などの作業をするロボットを製作してみたいと思っていたので、このような作業をするロボットの開発を提案したところ、企画・開発グループの学生を中心に希望する学生が多く、最終的に7名（生産機械 - 3名，生産電子 - 3名，生産情報 - 1名）から成るグループができ、このロボットの開発を行うことになった。

## 2.2 ロボットの基本設計仕様・機能等の決定

グループが決まり、どのようなロボットをつくるかについて話し合った。まず現状としてこのような作業を行うロボットはどのようなものがあるのかを文献やインターネットを通じて資料を集め、情報を交換しながら知識を深めた。調べてみると大学の研究室で試作されているものからおもちゃとして製品化されているものまで数点あり、思いのほか作られていることがわかってきた。

このような資料を参考にし、グループ内で意見交換をしながら開発するロボットの大まかな形状や構造、大きさ、機能などを決定し、概要設計発表会で発表した。開発・製作するロボットの基本設計仕様としては表2のようになった。

今回は、室内の壁を対象とし、まず歩行ができるようにすることを主たる目標とし、作業としては壁の傷などの状況を調べる（CCDカメラで映像を送る）調査とすることとした。

また、ロボット全体を機械部、制御部、通信部等に分け機械部は生産機械、制御部の回路作成およびマイコン関係は生産電子、制御部の全体的制御と通信部は生産情報の担当とし、生産機械と生産電子についてはさらに1人ずつの担当部分を決め、受け持つ部分をハッキリとし、責任を持たせるようにした。

機械部については胴体部、脚部、吸盤部の3に分けてそれぞれ担当させることにした。

## 2.3 ロボットの歩行運動

歩行の一連の動作を図2に示す。歩行動作においては、吸盤は真空モータによる吸引力により壁に吸着し、吸着状態を圧力センサで確認してから次の動作に移り、脱着は吸引圧を開放にして行うようにした。

表2 ロボットの基本設計仕様

脚の本数：4本 （脚の先にそれぞれ3個の吸盤を使用）
大きさ：幅400×長さ400×高さ150mm程度
電源：AC100V（バッテリーを搭載せず，コンセントからケーブルで供給）
質量：約5kg
操作方法：PCから無線LANを使用した遠隔操作

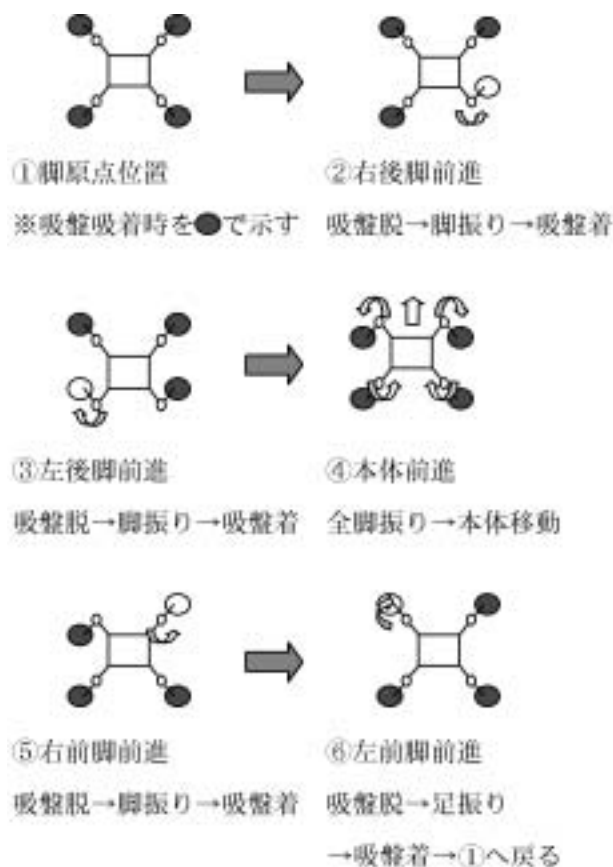


図2 ロボットの歩行動作

## 2.4 ロボットの簡易モデルの製作

基本仕様等が決定し、いよいよ設計図作成段階に入ったが、機械部の脚部については機構図例（概略図）を書いて学生に示した。また、機構の設計もモデルのようなものがあるとスムーズに行えると思われたので、簡易モデルの図面を筆者のほうで作成し、学生に製作させた（図3参照）。さらに九州能開大において標準課題実習で製作している全方向歩行ロボットが非常に参考になると思われるので、このロボットを借り受けて参考にすることにした。



図3 ロボットの簡易モデル



図5 製作の状況（フライス盤での加工）



図4 ロボットの専用壁



図6 製作の状況（旋盤での加工）

## 2.5 専用壁の製作

前述のように今年度は、室内の一般的な壁を対象とすることに決まったため、学生のモチベーションを高めるために専用の壁を作ることにした。幸いなことに当校の建築施工システム科で壁を製作してもらえることになり、幅2m、高さ2m、奥行1mの立派な専用壁が準備された。

## 2.6 吸盤の選定

前述のように各脚に吸盤を取り付け、真空モータにより吸引することにより壁に吸着することにした。

吸盤は当初1脚につき3個使用する予定であったが、直径80mmくらいの吸盤であれば1個でも想定した荷重（20N）に耐えられることが実験により確かめられたため、1脚に1個とすることにした。

## 2.7 1脚の試作

ロボットの各部においてできる限りコンパクト化、

軽量化を念頭において設計を行った。

おおよそ機械部の設計図ができ上がったので、1脚のみ試作をしてみることにした。試作段階ではあったが、不具合が見いだされた箇所は、修正しながら製作を行った。製作の状況を図5, 6に示す。

1脚ができあがったので、機構（運動動作）や重量などの確認を行なった。機構についてはほとんど問題がなかったが、重量は想定重量よりも3割くらいオーバーしていたため、より軽量化することにした。

## 2.8 ロボット全体の製作

脚の試作物を参考にし、ロボット全体の構造や機構を再検討した後、全体の製作に入ることになった。

この時点においては、制御関係および通信関係の部品や回路についても選定や作成が進められていたので、グループミーティングなどでその大きさ、配置、取り付け方などを確認しながら製作を進めた。

### 3. ロボットについて

#### 3.1 ロボットの概要

このようにして図1のようなロボットができ上がった。開発・製作されたロボットの基本的仕様を表3に示す。ロボットの操作は、パソコンの画面を見ながら遠隔操作により行う。ロボット本体に取り付けられたカメラにより画像を取りこみ、壁面の状況をパソコンの画面で観察できるようになっている。

なお、電源はコードにより供給するコード付きである(図7参照)。

#### 3.2 脚について

歩行動作において脚の必要旋回角度は180°である。トルクの増大とセルフロック機構をもつことなどからウォームギヤとウォームホイール方式を用いた(図8参照)。

ロボットの胴体を進行方向に移動させる際に、脚を吸盤方向にスライドさせる(縮ませる)機構においては、円滑なスライド運動を得るためにリニアブッシュを使用することにした。またガイド軸を使用して不必要な脚の振れをなくし、スムーズな動きを可能にするようにした。

#### 3.3 制御について

制御部と通信部のハードウェア構成を図9に示す。ロボットの脚動作等の制御をするマイクロコンピュータにはPIC(16F877)を2個使用した。

このマイクロコンピュータにより、吸盤用電磁弁の制御、脚を上下させるDCモータの制御、脚を振るエンコーダつきDCモータの制御を行い、またロボット全体を制御するCPUボードとは平行で通信を行っている。脚1本の動作の制御は以下のような流れである。

電源投入後、初期設定を行う。

CPUボードからの動作信号を受信するまで待機する。

脚を上げるため吸盤の吸着力を開放する。

脚の下部に取り付けたリミットスイッチがつ

表3 ロボットの基本仕様

壁歩行方式	吸盤式
脚の本数	4本
吸盤个数	4個(1個/脚)
大きさ	W 500×L 500×H 150(mm)
全質量	6kg
電源	DC24, 12, 5Vを電線で供給
操作方法	PCから無線LANによる遠隔操作

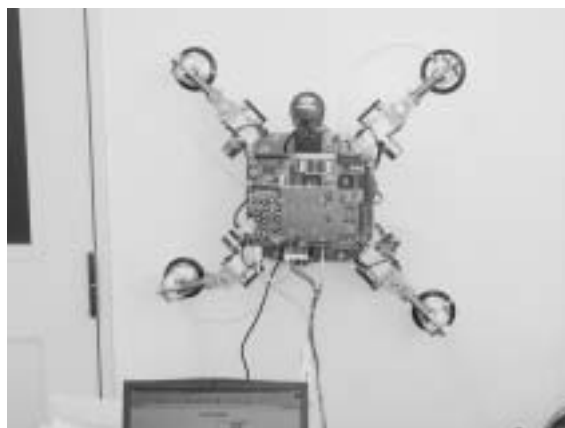


図7 ロボットの操作状況

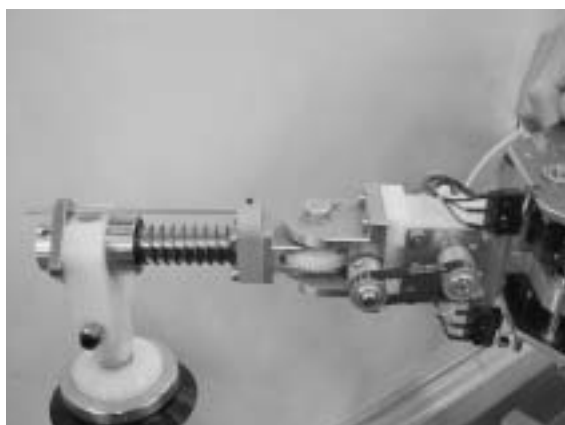


図8 脚の旋回・伸縮部

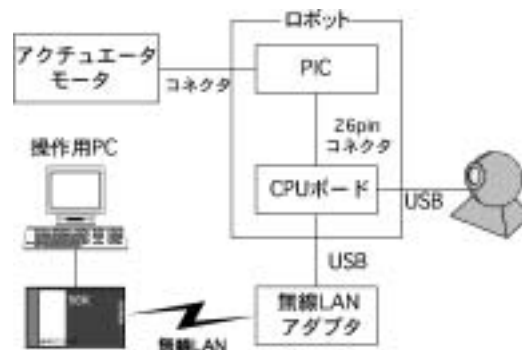


図9 制御部と通信部のハードウェア構成



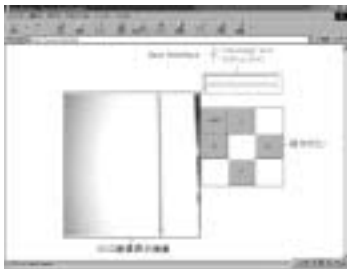


図10 操作画面



図11 北海道ポリテックビジョンでの発表状況

くまで脚を上げる。

エンコーダから出力されるパルスをカウントし、指定パルス分だけ脚を振る。

脚の上部に取り付けたリミットスイッチがつくまで脚を下げる。

壁に吸着させるため吸盤を吸着状態にする。

～ までのそれぞれの動作が終わるたびにCPUボードに終了信号を送信し、CPUボードで2基のPICを同期させている。

また胴体を移動させる場合には以下のような流れである。

エンコーダ付きモータを吸着状態のまま動作させる。

指定パルスになるまでモータを動作させ、胴体を移動させる。

移動終了後、進行方向側の脚を原点の位置に戻す。

なお、CPUボードには、サーバの機能があり、操作用PCで入力した操作データはCPUボードを介して

PICに送られるようになっている。

### 3.4 操作部

前述のようにロボットの操作は、パソコンの画面を使って行うようにした。図10に操作画面を示す。操作方法は、最初にブラウザ上のSTARTボタンをクリックし、Javaアプレットを起動すると、自動的に画像が更新される。移動させるには、操作ボタンのいずれかを押し、アプレットはサーバにデータを送信し、同時に送信データをmessage\_textに表示し、status\_textに「接続OK」のメッセージを表示する。ネットワークが切断されている場合は、status\_textにエラーメッセージを表示するようになっている。

## 4. 終わりに

今回のロボットの開発においては、それまでの開発課題の取り組みでの反省から「機械部をできるだけ早く作り上げること」と「立案したスケジュールをしっかりと守ること」を重点にして作業を進めた。学生も教員サイドの気持ちを汲み取ってくれて、積極的に取り組んでくれた。その成果として予想を上回るロボットをつくり上げることができ、平成15年度(第1回)北海道ポリテックビジョンにおいて応用課程の開発・製作部門の最優秀賞に選ばれた(図11参照)。

今年度はまた気持ちを新たにして、さらに改良を加えた「壁歩行による作業ロボット」の開発・製作に取り組んでいる。

### <引用・参考文献>

- 1) 「壁歩行による作業ロボットの開発」：平成15年度北海道職業能力開発大学校応用課程 開発課題実習概要設計発表会予稿集
- 2) 「壁歩行による作業ロボットの開発」：第1回北海道ポリテックビジョン予稿集，P53-56