

# 四国職業能力開発大学校 高知職業能力開発短期大学校

## 紀 要

第 24 号

平成 24 年(2012) 12 月

---

巻頭言	松中 孝二	1
<b>&lt;教育訓練技法・実践報告&gt;</b>		
地域材使用の耐力壁開発 ー久万高原ラティス耐震パネル開発ー	山下 世為志・宇都宮 直樹・菊池 観吾・会津 宏孝	5
マイコンボードの製作	山岡 眞吾	13
ロボットを題材にした組込みソフトウェア開発教育訓練手法の実践 ーLEGO マインドストーム NXT を使うー	瀧本 雄一	17
総合制作実習における伝統工芸製品への技術支援の取り組みについて	帆足 雅晃	21
生産電子システム技術科における就職に向けての学生指導 ー10年間の総括ー	羽原 由雄・蔵本 一峰・武藤 正昭・三浦 志樹・天野 隆	25
電子通信機器設計製作課題実習（標準課題）用教材開発 ーリモート監視・計測システムの構築ー	谷本 富男	35
ステアリング部品の傷の自動検査についての考察	小澤 弘明・池本 和夫・三浦 志樹	41
真珠採取機の開発 ー開発課題実践報告ー	北村 寛・羽原 由雄	45
敷島隊の慰霊碑を訪ねて	神田 健一	51
<b>&lt;研究論文&gt;</b>		
登録する系列に長さ制限をつけた辞書および反辞書の未出現系列検出の比較	深江 裕忠	57
逐次近似による単一オペアンプバイカッド回路の最適設計手法 ーG B 積の影響を考慮したR Cアクティブフィルタ設計手法についてー	稲益 悦夫	61
GPA を用いた成績の調査分析 ーその1 入試の相違と課程の相違についてー	神田 健一	69
<b>&lt;附録&gt;</b>		
大学校の教育訓練体系について		78
開発課題実習報告		80
総合制作実習テーマ一覧		90

---

## 巻頭言

四国職業能力開発大学校附属高知職業能力開発短期大学校（以下、「高知校」という。）は、平成6年度の開校以来19年目を迎え、平成23年度までの修了生は約1200名強を数えました。そのうち約16%（約200名弱）の学生が四国職業能力開発大学校（以下、「四国能開大」という。）へ進学しております。高知校は、平成12年度に四国能開大の附属校に改組して以来12年目を迎えますが、合同で発行する紀要は今年2年目で、スタートしたばかりです。

一方、職業能力開発促進法（以下、「能開法」という。）に基づく高度職業訓練を行う施設は、四国4県において香川県の四国能開大と高知県の高知校の2校だけです。四国4県の中小企業等への人材の供給や育成等、両校で連携してお互いの持ち味を活かした取り組みを積極的に展開できればと考えます。

また、職業訓練は、単に機器等の操作方法を習得するだけでなく、機器等を駆使して高精度、高品質の製品を如何に作るか、また、最新の技能・技術を活用して如何に新たなものをつくり出すかが本筋です。それらを含めて学生たちには、ものづくりの醍醐味を体感させています。しかし、受講者が、学生であれ、企業で働いておられる方であれ、新しい技能・技術を如何にわかりやすく伝承していくかが課題になります。

職業訓練指導員（以下、「指導員」という。）は、能開法に規定されており、技能・技術を直接指導しますが、受講者に理解していただくためには、指導員の指導方法とそれを補完するために工夫された教材が必要になります。

今後とも紀要のみならず、四国能開大と高知校で学卒者訓練や在職者訓練等の指導方法や教材の開発等についてもより一層の連携を図る必要があると考えます。

本紀要は、そうした両校の指導員が教育訓練に関わる調査・研究や教材開発、技術分野に関わる調査・研究をまとめたもので、指導員の研鑽の一端を記載したものです。教育訓練の向上・発展のため、関係各位から忌憚のないご意見、ご批評をいただければ幸いです。

なお、機構は平成23年10月より新組織になりました。これまで以上にPDCAを回しながら業務に取り組みますので、よろしく願いいたします。

平成24年12月

四国職業能力開発大学校附属  
高知職業能力開発短期大学校  
校長 松中 孝二

# < 教育訓練技法・実践報告 >

# 地域材使用の耐力壁開発

## —久万高原ラティス耐震パネル開発—

住居環境科            山下 世為志・宇都宮 直樹  
中国職業能力開発大学校 島根校        菊池 観吾  
愛媛センター                                会津 宏孝

### Development of Load-Bearing Walls Using Local Wood

#### —Development of Earthquake-Proof Lattice Panel Production Kumakogen—

Seiji YAMASHITA, Naoki UTSUNOMIYA, Kango KIKUCHI and Hirotaka AIZU

**概要** 愛媛県久万高原町において、地元林業の活性化、県産木材地産地消の観点から間伐材等低利用材の有効活用を進めるため、接着剤を使わないパネルを開発・制作し、土塗り壁にも対応できる天然素材の耐力壁の開発を行った。このプロジェクトに産(地域設計事務所、住宅建設会社)・学(愛媛センター、四国職業能力開発大学校、愛媛大学農学部)・官(久万高原町森林林業課)の連携の下、間伐材等低利用材パネルを組み込んだ在来工法壁体の静的水平載荷試験 (①間伐材等低利用材を用いた接着剤を使わないパネルの開発と制作、②間伐材等低利用材パネルを組み込んだ在来工法壁体の実物大耐力試験) を行い耐震性能指標である壁倍率の確認を行った。開発の経緯と国土交通大臣認定取得ならびに商品化を目指した取り組みを報告する。

## 1. はじめに

愛媛県久万高原町において、地元林業の活性化、地元木材の地産地消の観点から、久万材 100%の家づくり『久万高原の家・木と住まいの相談窓口プロジェクト』が進められている。このプロジェクトは、太柱と貫工法を特徴とした独自の木造軸組住宅モデルを設計、合わせて杉ラス板を基本としたラティス型の耐力面材(壁倍率の認定)を開発し、JASに基づく品質保証、また森林認証のCOC認証なども取得していくことを目標としている。そこでこのラティス型の耐力面材の研究・開発を機構施設として愛媛センター(居住系)、四国職業能力開発大学校(住居環境科)が愛媛大学(農学部林業科)や地元企業と共同で研究にすするに至った経過と研究実験の状況をこのプロジェクト内容と合わせて報告する。

## 2. 地域林業資源・木材産業の現状

本プロジェクトを進める、久万高原町のある愛媛県は、製材の出荷量全国4位、ヒノキの素材生産量日本一の日本有数の木材生産県である。その愛媛県の中央部に位置する久万高原町(四国山脈西部分、南は高知県)は、平均標高が800m有り、年平均気温12~13℃、年平均降水量1,800mm(冷涼多雨)で林木の生産に適した地域であり県での中心的な林業地域を形成し「久万材」の名で良材を松山圏を中心に各地に供給している。この地域の林業を歴史的に見ると、明治に入ってから吉野林業(奈良)をモデルに林業育林技術の導入・普及が行われ発展していった。今では森林資源(スギ材・ヒノキ材中心)も充実し、収穫の時期を迎えている。毎年この地域で生長する杉・ヒノキの材積は21万4千m<sup>3</sup>になり、これは木造住宅に換算すると5千2百戸あまりの住宅に相当する。これは松山圏のみならず愛媛県全県の木造住宅を

十分まかなえる量になる。これらの資源をどう消費に結びつけて行くかが大変重要になるが、材価低迷、林業従事者の高齢化、または小規模分散的な森林所有形態による作業効率の不合理性など多くの問題を抱えているのが現状である。これらの問題を解決するため、この地域の取組として、①低コスト林業の実現、②林業の担い手の確保、③木材流通加工基地整備という3本柱の基本構想を立上げ、地域林業の活性化の取組がなされている。

今後、素材産業から加工流通まで一貫した木材供給体制を確立し地域材の有効利用、ひいては地域の活性化を目指している。しかしこうした構想を具体化するためには、ただ単に良材を育成する状況だけでは、実現は難しく限界がある。一貫した木材供給体制を確立するためには、消費者のニーズを踏まえた上で、山側の視点に立った、山側の提供したい家の開発が必要と言う結論に至った。

そして『久万材の家づくり推進協議会』（以下協議会）が設立され『久万高原の家・木と住まいの相談窓口プロジェクト』によりプロトタイプの家画・設計・開発が実施された。

### 3. プロトタイプの開発

久万高原の家プロトタイプ企画・設計仕様概要を書き示す

#### ■外部仕上げ

- ◆外壁焼杉仕様および漆喰左官壁仕様

#### ■素材

- ◆久万材を構造材の100%に使用した民家型構法の家



図1 (プロトタイプ軸組予想図)

- 構造材以外にもなるべく地域の素材、自然素材を使用し、接着剤等を使わない"VOC（揮発性有機化合物）ゼロ"を目指す。

#### ◆一貫した生産体制で供給

- 山側の生産性にあった材種・材寸（中目材）を活用する。
- 製材品規格の統一化で材種削減する。
- 自然乾燥と人工乾燥の2種類を供給可能とする。
- 良材は顔の見える木材供給で木の家らしく木を現す意匠にする。

#### ■設計手法

##### ◆田の字フレーム構造

- 基本構造は田の字フレーム組み合わせのシステム
- 主屋で不足する部分を下屋（主に水回り）、出屋（部屋数増しなど）として追加設計する。

##### ◆規格化された木材

- 長さ：棟持ち柱最大7m、柱最大6m、梁・桁最大6m、登梁最大6m
- 太さ：通し柱15cm、管柱12cm（真壁）・10.5cm（大壁）、土台15cm（15×12cmも可）

##### ◆その他の特徴

- 小屋裏空間を露出し中目材使用の登梁構造にする。  
施主の希望により母屋・垂木構造（登梁でない和小屋）も可能である。
- 将来メンテナンスしやすい長期住宅の対応をする。
- 現代の耐震性能・断熱性能を備える。
- 建具は木製建具・アルミ製建具を施主が選択。



図2 (プロトタイプ完成予想図)

・壁に太めの貫構造を使用し、万が一の時も命を守る。

・土塗り壁、もしくは独自開発した地域材使用による耐力壁（現在開発中）を使う。

#### ◆設計手法の公開

・これらの条件を満たし、施主の利益と地域材の振興を目的としたものを「久万高原の家」と見なし、設計手法を公開・規格化して都市圏に向けて共有するネットワークを広げる。

・100%久万材（主にスギ材）の構造フレームにする。

#### ■施工手法

・施工者は、その設計手法に従った講習を受けた者のみが施工可能とする。

◆その理念を受け継いだ設計士を協議会の推薦設計者とする。

◆その理念を受け継いだものを協議会の推薦施工者とする。

## 4. 耐力壁パネルの研究・開発

久万高原の家プロトタイプは、貫構法を採用していることが特徴である。しかし、貫による基準法の壁量確保を行うことは、一般普及を考えると現実的でない状況である。そこで貫を余力と考え、合板や筋違いに代わる粘り強い構造体の確保を目指して、製材の段階で大量に出る端材(杉の低利用材)を活用した、ラティスパネル面材(図3)を開発することに至った。開発は以下のコンセプトを基に実施した。

#### ■構造用面材（パネル）開発のコンセプト

・接着剤不使用

・久万材 100%（地域材で）

・真壁・大壁に対応（外壁・間仕切り壁）

・塗壁（左官壁）に対応・壁内通気の確保

・構造用合板と同等以上の壁倍率（国交大臣認定取得）

・パネルの商品化・一般販売化

・シルバー人材の活用（家内手工業的な生産体制）地産地消の概念から、地元材での製品開発は、低利用材（端材や間伐材）の高付加価値だけでなく、家内製手工業生産方法などを

とることによって、高齢化の進む地域での雇用創出など地域にとって重要な収入源となり得る。

ラティスパネル研究開発は、協議会を中心に協議会から協力依頼を受けた愛媛センター（居住系）、四国職業能力開発大学校（住居環境科）、研究機関（愛媛大学農学部）、東京大学生産技術研究所の、共同研究と言う形で実施された。平成 21 年 6 月からメンバーによる試験体製作の為に事前打合せ（3 回）、予備実験（2 回）、中間打合せ（4 回）、本試験（10 回）を実施した。途中様々な諸問題が発生しその都度検討がなされた。

#### 【問題として】

・有効な壁倍率の確保への対応

・民間メーカー製品との差別化

・効率的な生産性・施工性について

・素材(スギ材・釘・ビス・ステーブル等)問題

・大壁・真壁、出隅・入隅、床勝ち壁等の対策認定試験対策等が検討された。



図3 ラティスパネル

## 5. 試験装置

建築基準法施行令第 46 条第 4 項表 1 (八)の規定に基づく規定に係わる性能評価は、5.1 に規定する試験体を、5.2 に規定する試験装置を用い、5.3 に規定する試験方法により試験、測定を行い、その測定値により 5.4 に規定する評価を行う。

### 5. 1 木造軸組構法の耐力壁

① 組寸法：幅 1,820mm、高さ 2,730mm

- ② 木材樹種：スギの製材（柱、土台、間柱、横  
棧、梁等）
- ③ 断面寸法：105×105mm を標準。  
ただし桁は 150×180mm を標準。
- ④ 乾燥：含水率は 20%以下を標準。
- ⑤ 仕口：短ホゾ差し、N90 釘 2 本打ち、柱頭  
は 15 から 25kN、柱脚は 35kN のホールダウ  
ン金物とした。
- ⑥ ラティスパネル：70mm×9mm@101mm（間隔  
31 mm）、パネル支保材として間柱間に 20×  
40mm の杉下地材を特徴とする。

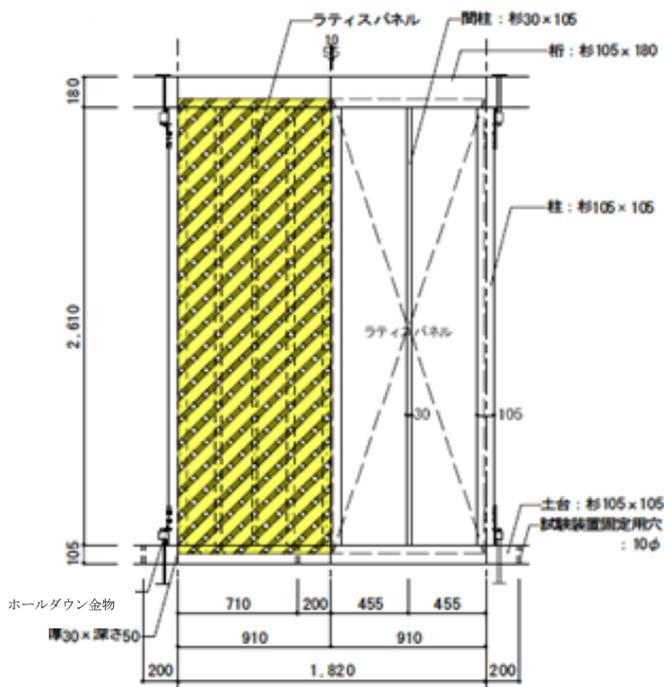


図4 試験体

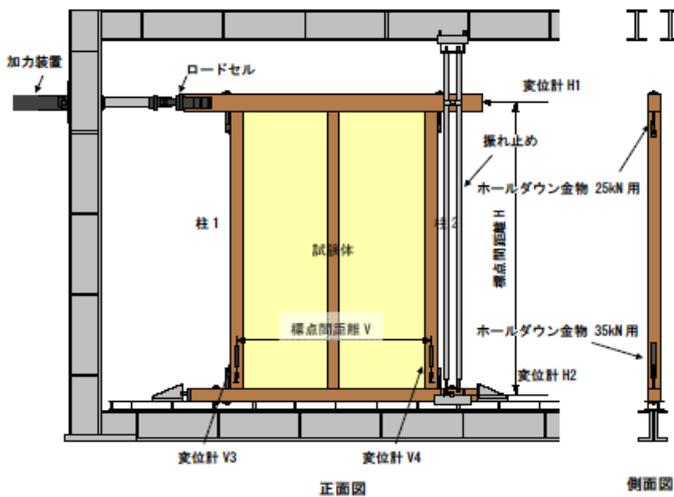


図5 試験装置

### 5. 3 試験方法

無載荷式の場合（柱脚固定方式）

- ① 加力方法は正負交番繰り返し加力とし、繰り返しの原則は見かけのせん断変形角が 1/450、1/300、1/200、1/150、1/100、1/75、1/50rad の正負変形時に行う。
- ② 試験は、同一変形段階で3回の繰り返し加力を行うことを原則とする。
- ③ 最大荷重に達した後、最大荷重の 80%の荷重に低下するまで加力するか、試験体の変形角が 1/15rad 以上に達するまで加力する。

### 5. 4 評価方法

#### 試験荷重の求め方

次の(a)～(d)のうち最も小さい値を試験荷重とする。

- (a) 降伏耐力  $P_y$
- (b) 終局耐力  $P_u$  を構造特性係数  $D_s$  で除し、0.2 を乗じた値
- (c) 最大耐力  $P_{max}$  の 2/3
- (d) 特定変形時の耐力：見掛けのせん断変形角 1/120(rad.) 時の耐力

#### 壁倍率の算定

$$\text{壁倍率} = P_a \times (1/1.96) \times (1/L)$$

ただし、

$P_a$ ：短期基準せん断耐力 (kN/m) で試験荷重の平均値に（ばらつき係数）（耐力低減係数）を考慮したもの

1.96：壁倍率=1 を算定する数値 (kN/m)

L：試験体の壁長 (1.82m)

## II 6. 予備試験

2回にわたって実施された予備実験から、下記の結果（表1参照）が得られ本試験へと移行することとなった。

- ① データ的なバラツキも少なく、パネル製作時の板交差部を留める方法にかかわらずフレームにパネルを固定するビスの本数に依存。
- ② これまでの試験体は、壁倍率が出ないことを恐れてダブルビス（二枚重ねの部分に2本のビスで固定）で性能を上げることを目的に設計されてきた。当初の方針「安全サイドで設

計」という方針から外れてきている。壁倍率5倍が出せることは分かったので、現場の施工性などからシングルビス仕様で認定をとる。

- ③ 大臣認定の申請対象
  - a. 大壁仕様
  - b. 真壁仕様
  - c. 大壁・入隅仕様
  - d. 真壁・床勝ち仕様

## 7. 本試験

シングルビスによる本試験を開始したところ、壁倍率がかなり低下し、低減率を考慮すると2.5を確保できない可能性が出てきた、急遽下記検討と変更がなされた。

- ① ダブルビスではパネルの剛性が出ていて、壁倍率も4～5倍でていた。しかし、周りがシングルビスでは、壁倍率の低下とパネル下地と間柱の影響が顕著。



図6 予備試験体(格子70ビス)試験終了写真

表1 予備試験結果

試験体 No.	仕様	降伏耐力 $P_y$ (kN)	終局耐力 $P_u \times (0.2D_y)$ (kN)	最大耐力の2/3 $P_{max} \times 2/3$ (kN)	1/120rad時の耐力 $P_{120}$ (kN)	壁倍率 注2 (倍)
1	格子70上縁(ビス)	9.09	9.21	12.41	9.00	2.52
2	詰め打ち70上縁(ビス)	13.95	11.07	19.78	11.14	3.10
3	格子40基本形(ステープル)	11.57	9.17	16.02	9.01	2.52
4	詰め打ち70上縁(ステープル)	15.40	10.38	19.81	10.27	2.87
5	格子40基本形(ステープル折り曲げ)	12.44	8.32	16.27	8.23	2.30
6	格子40基本形(ステープル折り曲げ)+回転止め	13.12	8.83	18.19	8.64	2.42
7	格子70上縁(ステープル)大壁	18.39	14.29	24.06	23.86	4.00
8	格子40基本形(ステープルなし)	12.48	8.28	16.99	8.23	2.30
9	格子70(ステープル)大壁パネル下地無し	24.38	19.64	30.49	22.87	5.50
10	格子70(ステープル)大壁入隅仕様 片割受け材取付	16.20	17.17	20.07	18.18	4.54
11	格子70(ステープル)真壁仕様 パネル下地有り 床勝ち	16.94	13.45	22.58	13.73	3.77
12	格子70(ステープル)真壁仕様 パネル下地無し 床勝ち	14.29	11.98	18.44	19.02	3.35

- ② パネルの面剛性を確保するため、交差部の留めを、全部の交点一つ飛ばしで2本ずつ打つ。またパネル下地に留めるのにビスでなく38mmの床用ステープルをビスと同じ本数を用いる。
- ③ 外周部固定法は、大壁についてはCN65のシングル釘。真壁についてはビス仕様、板の重なり部に1本、重ならない部位に1本のセミダブル打ちを試す。

## 8. 本試験の結果

本試験の結果、外周部固定法の大壁CN65のシングル釘において壁倍率3.40、真壁ビス仕様セミダブル打ちにおいて壁倍率3.27が確認され、低減率を考慮しても十分壁倍率2.5を確保できる目途が立った。

これを受けて、認定試験用試験体を下記5種類に絞り込み、認定試験用最終試験を四月以降実施することとなった。

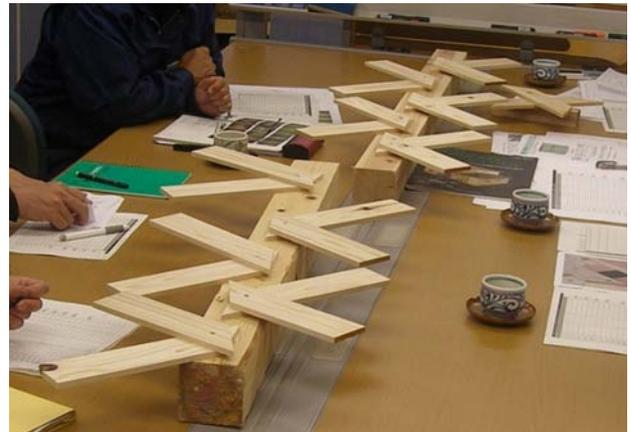


図7 パネル新固定法の検討写真

表2 本試験結果

試験体名称	試験体 No.	壁倍率	工法	特殊仕様
格子70(仮ステープル)大壁仕様 パネル下地20 パネル取付ビス1本(コンフィット)	13	2.77	大壁	基本
格子70(仮ステープル)真壁仕様 パネル下地20 パネル取付ビス1本(コンフィット)	14	2.66	真壁	基本
格子70(仮ステープル)大壁入隅仕様 パネル下地20 片割受け材取付 木割れ防止ビス1本	15	2.74	大壁	入隅
格子70 真壁仕様 パネル下地20 床勝ち パネル取付木割れ防止ビス1本 下地間柱ビスダブル	16	2.91	真壁	床勝ち
格子70(仮ステープル)真壁仕様 パネル下地20 パネル取付ビス2本	17	4.78	真壁	基本
格子70(仮ステープル)大壁仕様 パネル下地20 パネル取付木割れ防止ビス1本 下地ビスダブル	18	2.64	大壁	基本
格子70(Sステープル)大壁仕様 パネル下地20 パネル取付釘1本(CN65)	19	3.40	大壁	基本
格子70(Sステープル)大壁仕様 パネル下地20 パネル取付ビス1本(コンフィット)	20	2.90	大壁	基本
格子70(Sステープル)真壁仕様 パネル下地20 パネル取付ビスセミW(コンフィット) ギャップ5mm	21	3.27	真壁	基本

- ①ラティスー大壁ー2P (試験体長さ:1.82m)・S (CN65 釘 シングル打ち)
- ②ラティスー大壁ー2P・SW (CN65 釘 セミダブル打ち)
- ③ラティスー真壁ー2P・SW (木割れ防止ビス  $\phi 3.8\text{mm} \times L=50\text{mm}$  セミダブル打ち)
- ④ラティスー真壁/床勝ー2P・SW (木割れ防止ビス  $\phi 3.8\text{mm} \times L=50\text{mm}$  セミダブル打ち)
- ⑤ラティスー大壁/入隅ー2P・S (CN65 釘 シングル打ち)

## 9. 追加試験

認定へと向かうはずだったが、昨今、住宅資材関連他社での大臣認定不正取得が続けて明るみに出ていることなどから国土交通省が引き締めにかかっており、申請サイズに幅のある耐力壁においては、本試験持ち込みのサイズとの耐力の違いが5%以内であることを事前実験、もしくは計算にて証明をしていないと申請が受け付けてもらえないこととなった。当初予定していた4申請(大壁S、大壁SW、真壁SW、真壁床勝SW)に、910、950、1000の3つの幅と、高さについてもS/M/Lの3つのバリエーションの予定でしたが、その場合すべてに事前試験が必須との指摘を受けて再試験を検討した。しかし予算の都合上無理があるため、幅を950のみに絞り、高さの3バリエーションを冬に追加試験した。(4申請×3高さ=12体)

### ◆久万高原ラティスパネル 追加試験

2010/12/22(水) 3体試験と前半8体組立

2010/12/23(木) 3体試験と解体

2010/12/24(金) 2体試験と解体・撤収

2011/01/13(木) 2体試験と後半分組立

2011/01/14(金) 2体試験と解体・撤収

しかし、このときの柱材の品質からかパネルの耐力に耐えられず試験途中で柱脚金物の引き抜けによる試験中止が数点発生した。また、真壁モデルについては、フレームへの留め付けビスを木割れ防止ビスからパネル用ビスに変更したことが災いして、フレーム留め付け時に木割れが多く発生したことで耐力にばらつきが出た。

表3 ラティス大壁2P・S 試験結果

	降伏耐力 Py (kN)	Pmax×2/3 (kN)	$0.2A_s\sqrt{(2\sigma_c-1)}$ (kN)	特定変形角 1/120rad時 (kN)	終局耐力 Pu (kN)	最大耐力 Pmax (kN)	最大耐力時 変形角 (10 <sup>-3</sup> rad)
ラティス大壁2P-S-S	13.0	17.2	14.1	13.7	23.8	25.8	47.49
短期基準せん断耐力(kN)	13.0						
壁倍率(倍)	3.6						
ラティス大壁2P-S-M	13.6	17.7	12.7	12.5	24.5	26.6	55.74
短期基準せん断耐力(kN)	12.5						
壁倍率(倍)	3.4						
ラティス大壁2P-S-L	12.9	18.0	12.0	11.7	24.5	26.9	57.73
短期基準せん断耐力(kN)	11.7						
壁倍率(倍)	3.2						

表4 ラティス大壁2P・SW 試験結果

	降伏耐力 Py (kN)	Pmax×2/3 (kN)	$0.2A_s\sqrt{(2\sigma_c-1)}$ (kN)	特定変形角 1/120rad時 (kN)	終局耐力 Pu (kN)	最大耐力 Pmax (kN)	最大耐力時 変形角 (10 <sup>-3</sup> rad)
ラティス大壁2P-SW-S	18.3	21.3	17.8	18.9	29.4	32.0	46.64
短期基準せん断耐力(kN)	17.8						
壁倍率(倍)	4.9						
ラティス大壁2P-SW-M	18.4	22.3	18.5	19.8	30.8	33.5	44.90
短期基準せん断耐力(kN)	18.4						
壁倍率(倍)	5.1						
ラティス大壁2P-SW-L	16.1	19.7	16	17.5	27.7	29.6	47.75
短期基準せん断耐力(kN)	16.0						
壁倍率(倍)	4.4						

表5 ラティス真壁2P・SW 試験結果

	降伏耐力 Py (kN)	Pmax×2/3 (kN)	$0.2A_s\sqrt{(2\sigma_c-1)}$ (kN)	特定変形角 1/120rad時 (kN)	終局耐力 Pu (kN)	最大耐力 Pmax (kN)	最大耐力時 変形角 (10 <sup>-3</sup> rad)
ラティス真壁2P-SW-S	17.9	24.6	13.8	14.7	31.7	36.8	66.67
短期基準せん断耐力(kN)	13.8						
壁倍率(倍)	3.8						
ラティス真壁2P-SW-M	17.7	24.4	14.8	15.0	31.8	36.7	62.72
短期基準せん断耐力(kN)	14.8						
壁倍率(倍)	4.1						
ラティス真壁2P-SW-L	19.7	27.0	16.2	16.7	35.0	40.5	66.67
短期基準せん断耐力(kN)	16.2						
壁倍率(倍)	4.5						

表6 ラティス真壁/床勝2P・SW 試験結果

	降伏耐力 Py (kN)	Pmax×2/3 (kN)	$0.2A_s\sqrt{(2\sigma_c-1)}$ (kN)	特定変形角 1/120rad時 (kN)	終局耐力 Pu (kN)	最大耐力 Pmax (kN)	最大耐力時 変形角 (10 <sup>-3</sup> rad)
ラティス真壁/床勝2P-SW-S	18.0	24.3	14.7	15.4	31.2	36.4	66.67
短期基準せん断耐力(kN)	14.7						
壁倍率(倍)	4.1						
ラティス真壁/床勝2P-SW-M	17.9	24.4	13.5	13.8	31.1	36.6	66.67
短期基準せん断耐力(kN)	13.5						
壁倍率(倍)	3.7						
ラティス真壁/床勝2P-SW-L	18.2	24.3	13.7	15.4	32.0	36.4	49.76
短期基準せん断耐力(kN)	13.7						
壁倍率(倍)	3.8						

## 10. 最終の申請仕様

事前試験にて、ばらつきが10%以内に抑えられなかったことから、時間の都合上今回は高さの3バリエーションを断念しLサイズのみを申請する。またフレーム取り付けビスについても、夏の実験で実績のある木割れ防止ビスに戻す最終の申請仕様を決めた。従って、大壁2モデルについては、冬の試験データを今回申請仕様のLサイズと称している。また真壁については、冬試験のデータからパネル高さを30mm伸ばしただけの違いとなっている(ビスは木割れ防止に変更)。



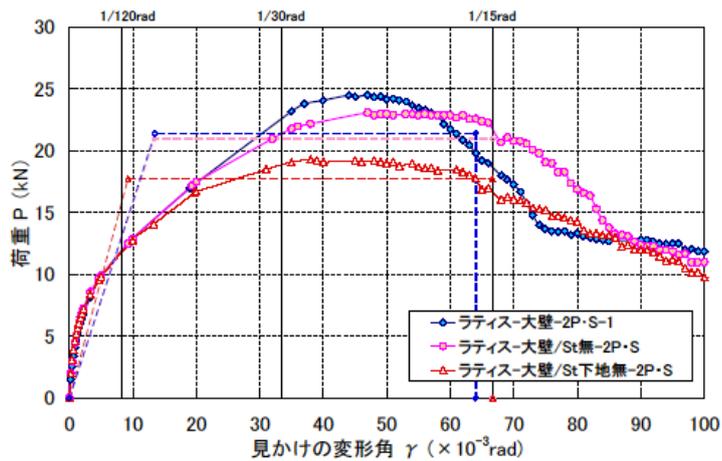


図 10 大壁のステーブル/下地有無の影響図

## 12. おわりに

現在の申請書内容で進めていくことが、評価委員会で認められた。しかし、東北地方太平洋沖地震の影響で6月に受ける予定の認定試験が、長らく保留となっていた。

2012年に認定試験が終了し、現在認定待ちの状況となっている。

## 文献

- 1) 木造軸組工法住宅の許容応力度設計, (財)日本住宅・木材技術センター, 2004

著者 E-mail [seiji-y@shikoku-pc.ac.jp](mailto:seiji-y@shikoku-pc.ac.jp)

[utsunomiya@shikoku-pc.ac.jp](mailto:utsunomiya@shikoku-pc.ac.jp)

# マイコンボードの製作

電子情報技術科 山岡 眞吾

## The Micro Control Board

Shingo YAMAOKA

**概要** マイコンボードを製作し、本ボードを使って目的に沿った実習をおこない訓練生の技能向上を図る。

### 1. はじめに

施設のカリキュラムの中で目的とする課題に対して、実習、学習するマイクロコンピュータ IC（以下、マイコン）そのもので実施できる環境をつくるため本マイコンボードを製作した。

### 2. 訓練内容とマイコン選定

電子情報技術科の授業科目に「インターフェース技術」と「インターフェース製作実習」がある。ポリテクカレッジ高知ではこの2つの授業に関連性をもたせ、連続した訓練実施する形態をとっている。

あらかじめ断っておくがこのカリキュラムのために製作したものではないが、これらのカリキュラムで大いに活用するものである。この内容に関しては説明しない。

ところで、これらの授業では教材にCQ出版の「PICマイコンのインターフェース101」を選定している。この教材を使用したのはC18コンパイラが添付されておりC言語開発環境が容易に整うといった点や、本文がサンプルコードして利用できる点があったためである。この教材を使ってC言語で演習するためマイコンはPIC18F452となる。

また、このマイコンに対するプログラム書き込みツールとして秋月電子からPIC18ライタキットが入手でき、さほどコストをかけることなく訓練生一人ひとりに書き込み環境を提供できる点もある。

また、訓練生にとってもメリットがある。その気になれば自宅で個人所有のウインドウズマシンにC18コンパイラをインストールすれば実習場と同じ開発環境が自分のパソコンで作れ、自宅で実習課題の予習や復習ができるのである。こうした利点もあってこれらのカリキュラムではPIC18F452マイコンを扱うこととなり、この流れの中でこのマイコンそのもので目的とする課題に取り組める形態をとった。

こうしたオリジナル基板として製作したマイコンボードによる運用は、今年度で3度目であり、1年目は当校の基板加工機による基板で仕上げたため、加工後の訓練生による部品のはんだ付け時に基板パターン間の半田ショートが多発し、動作するボードがほとんどなく失敗した。2年目以降は、CADデータをもとに業者発注し、実装時の半田ショートはなくなり全数動作したものの、この年のマイコンボード使用時に表示装置の必要性が判明し、3代目となる今年度は表示装置にキャラクタLCDを新たに搭載した。今回紹介するマイコンボードは3代目のものである。

### 3. マイコンボードの仕様

写真1は本マイコンボードの外観で、サイズは11.8ミリ×172.8ミリで施設の基板加工機で容易に加工できるよう片面基板で仕上げた。部品のはんだ付け実装に問題がなければ、あえて基板業

者を使って製作する必要はなく基板加工機による製作で十分であるが、コスト的にはほとんど変わらない。

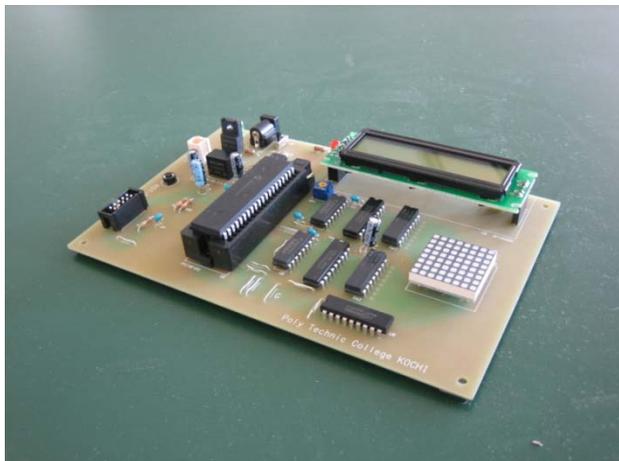


写真1 マイコンボードの外観

写真2は、マイコンボードの電源入力部で、ACアダプタからのDC入力または実験用DC電源が使用できるようDCジャックと2極コネクタを2つ設けている。双方からの電源入力の後段に降圧型+5Vチョップ型レギュレータを配置しており、この部品の仕様により電源電圧は+3.2Vまで入力可能である。最低電圧は+5V入力でなんとか動作はするようだが、部品のスペック外の動作となるので+6V以上の直流電源が望ましい。



写真2 電源入力部

また2系統の電源入力のためダイオードを実装し、

このダイオードはDC入力の+、-の逆極性接続に保護回路として働く。すなわち訓練生が起こしやすい過電圧の入力や逆極性接続があっても壊れることはない。

電源に関する運用方法としてACアダプタは、別用途の秋月電子のPICライタ用に+15Vのものを使うため、このACアダプタを本マイコンボードと兼用すれば電源は1個で済む。

次にDCジャック横にあるパワースイッチは、DCジャックの抜き差しによるパワーオンリセット操作に代わるものとして実装した。DCジャックの抜き差し負担の軽減を考えた。(実験用DC電源側には電源装置自体にスイッチが装備されているのでこのようなスイッチは設けていない)



写真3 マトリックスLED (下) とLCD (上) の配置状態

写真3は、2色マトリックスLEDとキャラクターLCDの配置状態で、この2色マトリックスLEDは現在入手不可の部品となっているので同様のマイコンボードを設計する際は、この部品の再使用あるいは2色発光ダイオードによるマトリックス配置で同機能となる疑似的なマトリックスLEDで対応することになるだろう。キャラクターLCDは課題実施時にはADコンバータの入力データを表示する用途で使用する。他方、実習カリキュラムの際にはLCD装置の表示ドライバソフトの製作課題として使用

する。

写真4は、プログラムの書き込み時にマイコンの脱着を容易にするためPIC18F452実装にゼロプレッシャソケットを配備する。

PIC18F452は、オンボードでプログラムの書き換えが可能なICだが、オンボード書き込みには高額な専用の書き込みツールが必要で訓練生の各人に配付するにはコストがかかり現実的でない。

ここでは安価な秋月電子のPICライタを各人に配りプログラムの書き込みができる環境を選んだ。

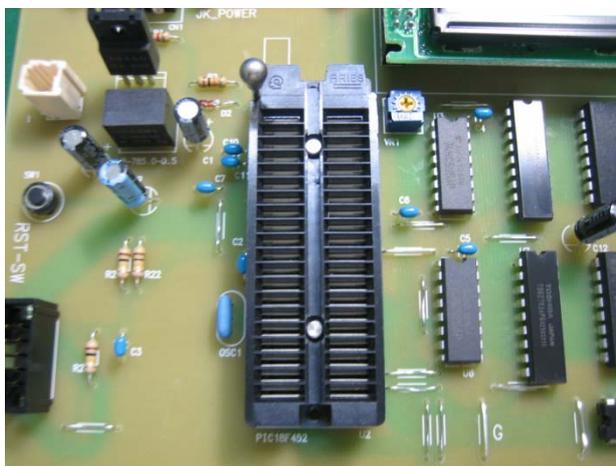


写真4 マイコン装着部(ゼロプレッシャソケット)

写真5は、マイコンへの入力信号インターフェース部でMILコネクタの10極で課題内容に合わせたインターフェース仕様になっている。



写真5 マイコンボードのインターフェース部

#### 4. チェック用入力ボードの製作

写真6は、チェック用入力ボードで、マイコンボードのインターフェース部に接続し、後述する検査プログラムとともに半田付け不良箇所や各部の表示装置のチェックを行う。チェック後はマイコンボードを使った訓練実習において入力信号に応じたさまざまな訓練課題の入力ボードとして使用する。

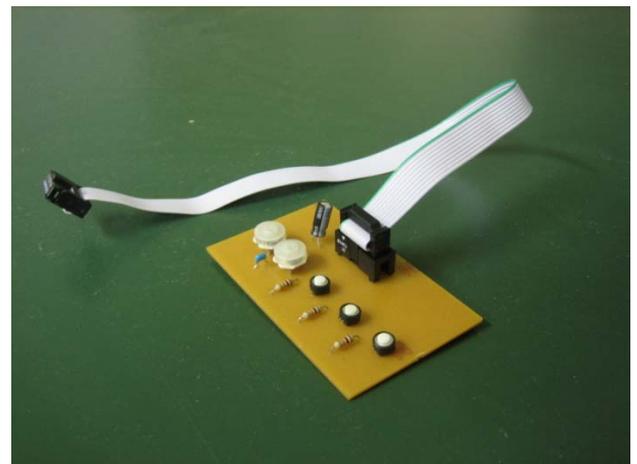


写真6 チェック用入力ボード

#### 5. 検査プログラムの活用法

プリント基板への部品実装後、マイコンボードが正しく動作するかを検査するプログラムである。マイコンボードの部品の実装不良や部品故障を特定するために用いる。こういった検査用用途である一方、マイコンボードのすべての入出力にアクセスするプログラムであることからサンプルコードとしても参照されている状況が続いている。このプログラムコードは人に見せるつもりで作成していないので見栄えがよくない。つまり教科書的でないコードをサンプルコードとして参照させてしまっている状況でもある。この状況を逆に利用して同じ機能の検査プログラム作成を実習課題として、たとえばUML学習の一環で実習にできないか検討中である。

## 6. まとめ

写真7は、センサ部品を搭載した入力基板をマイコンボードに接続して動作させる課題例である。前述のチェック用入力ボードでなく、多様なセンサを組み合わせた入力ボードに仕上げたものが接続できる。こうした汎用性のあるボードとしての用途もある。

マイコンに係る運用にあたっては訓練施設ごと、あるいは訓練指導員ごとに様々なマイコンで訓練実習が行われる中、訓練生は初めて扱うマイコンに出会う毎にアーキテクチャや使用言語を一から学習することになるのはしかたがない。そうした中、「はじめに」の部分に記述したように目的とする課題に対しては、特定のマイコンによる実習を集中して行ない、限られた時間の中で効率よく技能向上を得ることを考えている。

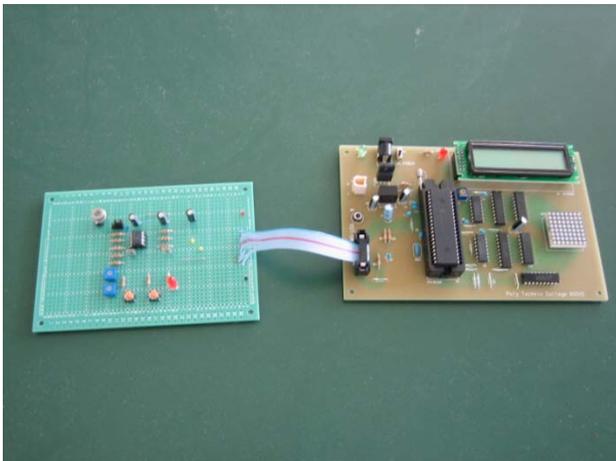


写真7 マイコンボードと接続する入力ボード

またこのような1ボードのマイコンボードの形態は、保管・管理面でも有利である。保管形態に安価なプラスチックケースの裏蓋にこのマイコンボードを固定し、ケース本体にはPICライター、ACアダプタなど付属物を入れて保管しておく予定である。

# ロボットを題材にした組込みソフトウェア開発教育訓練手法の実践

## —LEGO マインドストーム NXT を使う—

電子情報技術科 瀧本雄一

### Practice of Engineering Education for Young Embedded Engineers

### Using LEGO MINDSTORMS

Takimoto Yuuichi

**概要** ものづくり教育訓練の題材としてロボット競技課題やコンテストなどの取り組み実績が報告されている。しかし訓練目的の主たる部分がメカニカル要素が多く、機械や制御のカリキュラムとして取り組まれることが実績として多い。そこで電子情報技術科での組込み技術者養成カリキュラムにおいてロボット教材を導入し、一年生、二年生それぞれに対し実習カリキュラムに取り入れて効果を確認する。本論文は 2012 年度におけるそれらの実施結果を踏まえ、想定とは異なる部分があるが効果を確認した。

## 1. はじめに

電子情報技術科では組込み技術者の養成をカリキュラムの柱としており、その内容は「リアルタイム制御技術」「センサ・アクチュエータ技術」など機械制御技術要素を多く含んでいる。また、今後の組込みエンジニアの素養としてモデルベース開発手法の理解と、プログラム実装後の実機検証・評価能力が重要であると考えられる。

そこで、LEGO マインドストーム NXT ロボットキットを教材とし、標準ロボットを制御対象とすることで、従来の競技用ロボットのメカニカル技術要素を極力減らし、ソフトウェア、特にモデリングによる分析・設計技術に着目し、次の二つの訓練カリキュラムを 2012 年度実践した。ひとつは一年生に対する集中実習において標準ロボットに対する課題解決アイデア競技と、もうひとつは、ET ソフトウェアデザインロボットコンテスト(以下:ET ロボコン)として知られている、初級エンジニア向けの UML 分析・設計ソフトウェアコンテストの参加である。

本報では二つの実習の取り組み方法とその結果

を示す。

## 2. 使用するロボットの概要

### 2.1 LEGO マインドストーム NXT の概要

レゴブロックで組み立てる教育用自律型ロボットのキットで、専用 32 ビットマイコンと 4 つのセンサ、3 つのモータの組み合わせで、自由にユニークな動きができるロボットを構成できる。

プログラム開発環境は、教育用 NXT-SW というソフトウェア開発初級者にも導入が容易な専用のグラフィカルな環境と、その他 leJOS NXJ という Java 開発環境や GCC ツールチェーンを利用した nxtOSEK というリアルタイム制御用 C/C++ 開発環境などもあり、実践的な組込み制御対象である。

### 2.2 ET ロボコンの概要

オープン参加型で産学官連携協力により開催されており、2002 年 UML ロボットコンテストとして始まり、2012 年で通算 11 回目の開催となる。走行体と呼ばれるロボットは同一条件で、決められた競技フィールドの走行タイムと難所の攻略方

法を競う。ソフトウェアは UML 等モデリング手法を用い、開発したモデル内容が審査される。コンテストの評価は競技結果とモデル審査結果を合わせた総合結果で競う。

### 3. 一年生夏季集中実習での取り組み

昨年までは旧電子技術科の流れで半田付けを行っていたが、前述の趣旨より一年生の夏季集中実習において、主に組み込み制御プログラミング導入教育訓練として実習に採り入れてみた。時期的にプログラミング言語教育もまだ終わっていない時期なので、ソフトウェア開発環境は、NXT 専用のグラフィカルな環境である教育用 NXT-SW を採用した。

#### 3.1 マインドストーム NX の使い方

ロボットキットの使い方は、①ロボットの組み立て②パソコンにてプログラムの作成③プログラムをロボットに転送④動かす、以下②～④の繰り返しにより検証を行う。



図1 組み立て後のロボット

#### 3.2 実習手順

ロボットを図1のように組み立てる。基本的に手順書どおりだが、タッチセンサをロボット後部から左手に変更した。

詳細に図解された手順書があるが、手順書どおりに組み立てられないものが40人中1割程度いた。実習の本筋ではないが、組立作業もエンジニアリングに重要な図面の三次元形状認識の練習になる。

次に4つのセンサのイベントが発生するまで動作を繰り返す課題を一斉練習して、課題を与える。

#### 3.3 実習課題

図2のセンターにある3箇所のエリアの何れか一カ所に棒を立て、サークル外の4箇所、楕円コースの四隅にI、II、III、IVとマークされた位置の任意の場所からロボットをスタートさせ、確実に棒を倒すプログラムを作成する。偶然倒れた場合は無効とする。

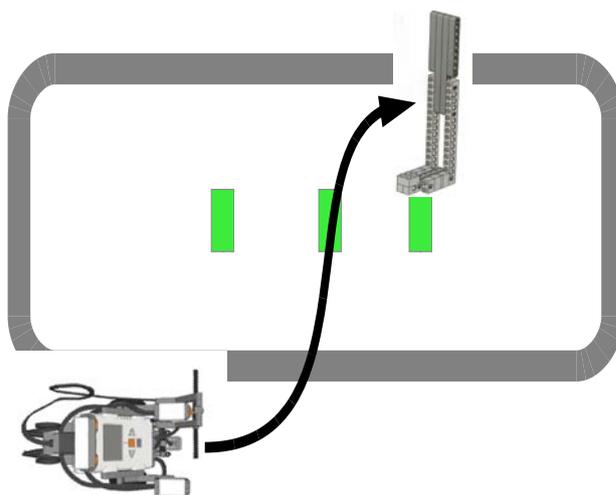


図2 実習課題

#### 3.4 実習の要点

課題解決モデルは大きく分けて2つ。一つはセンサを使い、棒の位置を特定した上でロボットを前進させぶつける。後一つは掃除ロボットのようにサークル内エリアをトレースしてゆき、センサに頼らず確実に棒を倒す方法がある。

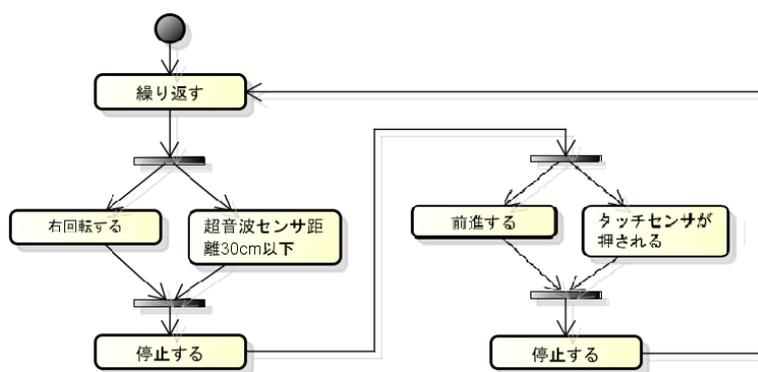


図3 モデルケース1 アクティビティ図

#### 3.2 実践結果

学生の考えたモデルの多くは、図3のアクティビティ図の通りであった。ヒントは与えていない。

・ モデルケース 1

「旋回しながら超音波センサの状況をモニタする。センサが感知後ロボットを直進させ棒にぶつけ倒す」

本モデルの問題点は二つ、ひとつは旋回速度が速いとセンサが感知したとしても慣性で位置がずれる点と、もうひとつは超音波センサの特徴を考慮する必要がある点で、50ms 程度以上のサンプリング周期を必要とし無限遠状態で誤動作することを考慮する必要がある点である。本モデルを採用した学生は、ほぼ全て誤動作により確実に棒にぶつけることができなかった。

この時点でヒントとして、センサの値の移動平均を取り、外乱の影響を少なくする方法を提示した。また別ケースのモデルとして以下のヒントを与えた。

・ モデルケース 2

「超音波センサに頼らず、左右のモータの角度を正確に与えて、前進・ターンを繰り返しエリア内をトレースする」

このモデルの問題点は状態遷移をよく考慮しないと、プログラムが冗長的になる。開発環境である NXT-SW はグラフィカルなプログラミング環境なので構造が複雑なためか、冗長的なプログラムを転送した場合、システムが修復不可能なほど動作不良を起こす事がたびたびあった。

## 4. ET ロボコン 2012 への参加

一昨年度より中四国地区大会（福山市）が開催され、会場が近くなったことより試験的に参加してみた。走行体は倒立二輪走行するというので、制御システムの難易度が高いのではと想像していたのだが、参加者にはバランス制御ライブラリが提供されており、バランス走行以外の走行アルゴリズムのモデリングが競技結果に反映する。

本年度の参加について二年生に参加を募ってみたが、時間外活動としては参加者が集まらず、総合制作実習のテーマとして二名が取り組んだ。

### 4.1 ET ロボコン 2012 ルール

図 4 の競技フィールドにおいて、コース前半の

ベーシックステージと後半のボーナスステージに分離され、ベーシックステージでの走行タイムから、ボーナスステージの難所をクリアして得るボーナスタイムを減じた値が競技結果となる。2012 ルールの難所は「ルックアップゲート」「シーソー」「階段」「ドリフトターン」「ガレージイン」である。

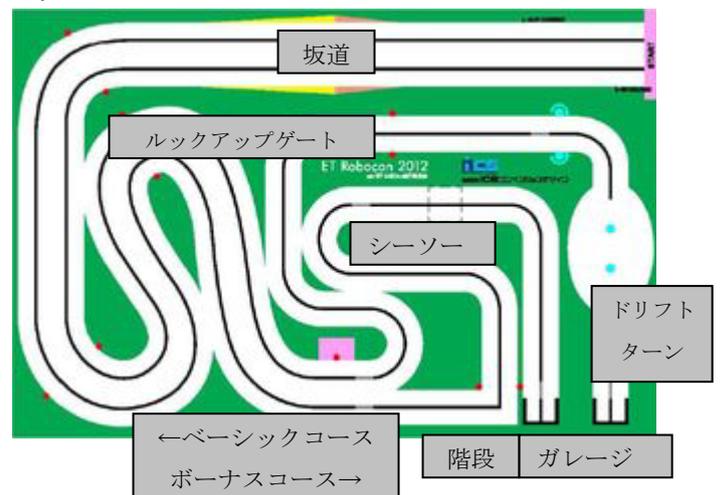


図 4 ET ロボコン 2012 競技フィールド

### 4.2 ET ロボコン 2012 モデリング概要

コース全体を「直線」「コーナー」「各難所」単位でブロックに分け、それぞれに走行シナリオを作成する。各シナリオにおいて、「移動速度」「ライントレース PID パラメータ」「バランス制御 ON/OFF」「姿勢制御角度」の状態を持っており、モータの回転センサの情報よりフィールド上の現在位置を推定し、シナリオの状態を遷移させる。図 5 にクラス図、図 6 にステートマシン図を示す。

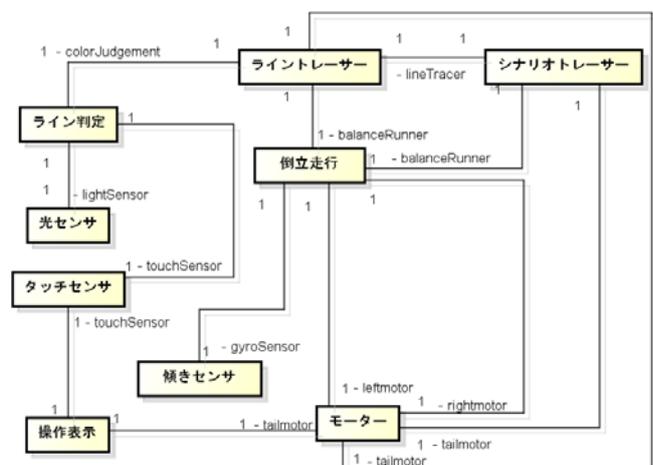


図 5 クラス図

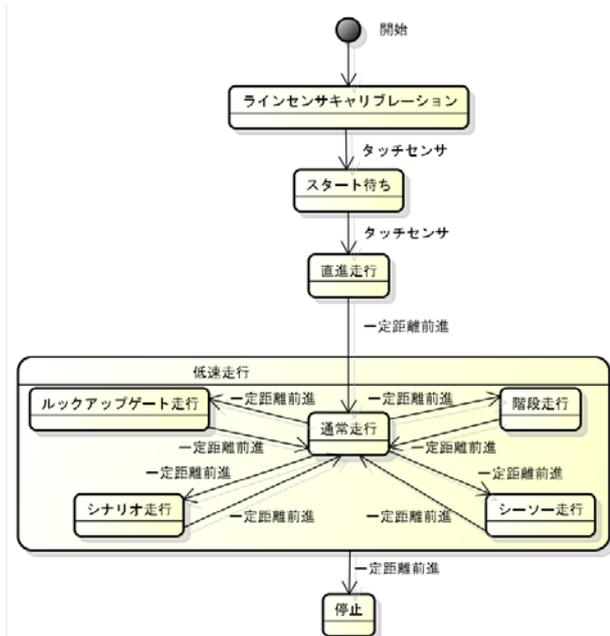


図6 ステートマシン図

#### 4.1 ET ロボコン取り組み結果

モデリングツールは、参加チームには期間限定で利用できるUMLツール「astah professional」を使用し、開発環境としては、nxtOSEKを採用した。本来なら「astah」でモデリングした結果をC言語で実装するのが正しい手法であるが、サンプルプログラムとの整合を取るのが難しく、実際はサンプルプログラムをベースにしたクラス構成と振る舞いより、それぞれクラス図、シーケンス図に起こし、それをベースにモデルに修正を加えることでソフトウェア開発を行った。

教室での練習コースにおいて、最適に調整した制御パラメータは、本番で使用する電池の電圧の違いや、外乱によるセンサ値の相違によりうまく働かず、誤動作を起こして走行体が転倒し、完走することはできなかった。図7は参加時の写真である。



図7 ET ロボコン 2012 中四国地区大会

## 5. おわりに

マインドストーム NXT を使って組み立てたロボットを教材に訓練を実践してみたが、本来おもちゃであることによる導入の容易さに比べ、それを利用した課題学習では、組込み技術者として必要な技術要素を多く含むことがわかった。一年生夏季集中実習における課題実習の成果は以下の3点であった。

- ①問題解決にモデリング手法を用いる重要性の理解とその実践練習ができる。
- ②システムのモータやセンサの特性を理解し、調整・検証・評価する実践練習ができる。
- ③実装するプログラムが冗長的にならないよう状態遷移を考慮し最適化する技術の実践練習ができる。

ET ロボコンに参加する意義は、当初アイデア競技だと想定していたが、ルールが毎年変わり、4月にルール発表で9月に競技なので、通常授業や総合制作実習では学生本人のアイデアを発表する場としては時間的に難しい。

ET ロボコンのようなスタイルの競技は、アイデア競技というよりも、

- ①ロボットの特性を解析し、個体差や外乱の影響を無効化するソフトウェアの標準化
- ②毎年蓄積されるアイデアやノウハウをドキュメント化し、次年度の設計データとして活用できるモデリング技術の標準化

であると理解した。これらは企業において必要とされるスキルであり、企業の初級エンジニアへの教育機会の提供という主催者の意図が反映されている結果である。

次年度では、ET ロボコンは総合制作実習においてモデリング技術に特化したテーマとして取り上げる。

### 参考

- 1) 「ET ロボコン 2012」 <<http://www.etrobo.jp/2012/>>
- 2) 「astah」 <<http://astah.change-vision.com/ja/>>

著者 E-mail takimoto@shikoku-pc.ac.jp

# 総合制作実習における伝統工芸製品への技術支援の取り組みについて

生産技術科 帆足雅晃

## Action of the Technological Assistance to a Folkcraft Product in the General Production Training

Masaaki HOASHI

概要 高知県は全国でも屈指の温暖多雨地であり、古くから良木に恵まれ、多くの木材を搬出してきた。それに伴って、山林伐採に必要な打刃物が古くから造られた。土佐打刃物の本格的な隆盛は、江戸時代初期より始まる。土佐藩の農、山林収益策により農業林業用打刃物の需要が拡大し土佐打刃物の生産量品質共、格段に向上した。土佐打刃物は多少の機械化は取り入れたものの、江戸時代の技術と伝統は現代の世まで受け継がれている<sup>1)</sup>。今回は企業から依頼のあった土佐打刃物の製造工程における機械化への技術支援の取り組みについて報告する。

### 1. はじめに

毎年 11 月に当校ではものづくり体験教室と地域貢献を目的として、ものづくりフェスタを開催している。2008 年に実施した CD 時計の製作を体験された方からの相談がきっかけで伝統工芸製品への技術支援に取り組むこととなった。今回は 2009 年から 2011 年に学生と一緒に総合制作実習で取り組んでいるダマスカス刃物の波紋用プレス金型の製作、加工図面作成の効率化、土佐刃物用付け替えグリップの製作に関する技術支援の取り組みについて報告する。

その為、改良版の金型と新しいパターンの金型を製作し、どのような波紋が出るのかを総合制作実習のテーマの 1 つとして実験することとした。

試験的に製作した金型は、突起部の高さが不足していたことで波紋が出ない部分があるとのことだったので突起部の高さを変更し、デザインも規則正しい配列から不規則な配列に変更し製作することとした。マシニングセンタで加工し、完成した金型(図 1)を有限会社トヨクニに渡し焼入れを行った後、刃物を製作した(図 2)結果、刃部に上手く波紋が出て実験は成功した。

### 2. ダマスカス刃物の波紋用プレス金型の製作

現在、有限会社トヨクニでは、ダマスカス刃物の波紋用プレス金型の母型は職人が手作業で製作している。この為、母型が使用できなくなった時、同じ波紋のナイフが作れないというケースがある。

そこで 2008 年、当校に試験的にマシニングセンタを使用したプレス金型の製作の依頼があり、3 パターンの金型を製作した。

これらを使用してダマスカス刃物を製作したがうまく波紋がでたもの、でなかったものがあった。



図 1 製作したプレス用金型



図2 製作したダマスカス刃物

### 3. 二次元 CAD を使用した土佐打刃物の図面作成

2009年、ダマスカス刃物の波紋用プレス金型を製作すると並行して、総合制作実習のテーマとして土佐打刃物のミニチュア製作の依頼を受けた。製作の手順としては、土佐打刃物の写真をもとに図面を描きワイヤーカット放電加工機で加工、その後、刃を有限会社トヨクニでつけることとした。写真をもとに図面を作成することは、長さや円弧部の寸法測定があり、職人が作った刃物の正確な寸法をとるのは困難であった。そのため、二次元CADの機能の一つであるラスタデータ取込みを使用し、もとのデータをラスタデータでCADに取り込み(図3)、そのデータの上からなぞる形で図面を描くこととした。その後、ワイヤーカット放電加工機で加工し、いくつかのミニチュアが完成した。

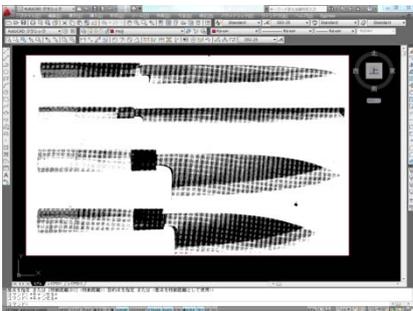


図3 CADに取り込んだ土佐打刃物の写真

その結果、実際の土佐打刃物の図面作成でこの手順を使用することとなった。これまで図面作成

は職人の経験から紙にスケッチを描き、寸法を測定してから二次元CADで描く方法をとっていた。この方法だと寸法の測定に非常に時間がかかっていたが、新しい方法へ変えることにより図面作成の時間が大幅に削減された(図4)。しかし、1点問題が発生した。二次元CADで描いた図面をもとにレーザー加工機用のプログラムを作成するとデータ量が非常に多くなり、加工を依頼している企業からプログラム作成が困難であると連絡があった。原因を探した結果、図面をスプラインで描いていたことが影響していることがわかり、図面を直線と円弧を使用して描くことで、問題は解決し、加工用のプログラムも作成することができた。

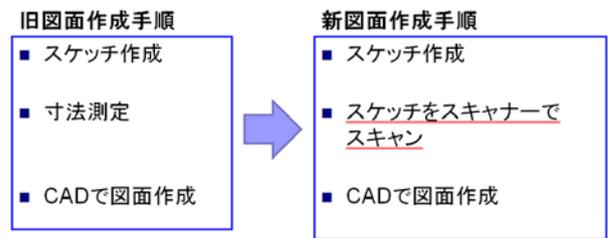


図4 土佐打刃物図面作成手順の変更点

### 4. 土佐打刃物用付替えグリップの製作

現在、刃物はグリップを交換できるタイプのもので販売されている。スマートフォンや携帯音楽プレーヤーのようにカバーを取り換えてカスタマイズするのと同じで刃物のグリップを交換してカスタマイズするものである。海外のメーカーは工作機械を使用しこれらの刃物を加工している。加工依頼もできるがコストが高い。また、日本では加工している企業が少なく、依頼先が東京や大阪の企業になってしまう。さらに高知の伝統工芸製品である土佐打刃物なのでグリップも高知の企業で加工し Made In Kochi の刃物製品を作りたいとの要望があった。そこで、県内の製造業へデザインモデルをもっていき加工依頼するよりも加工済試作品をつくり持っていくことで、今まで刃物関係の加工をしたことがない企業でも加工依頼を受けてくれる可能性が高くなるということから、当校に新しく整備された機器を使用して試作品をつくることとなった。

#### 4.1 非接触三次元測定機によるグリップの測定

試作品は企業から預かった2種類のグリップを加工することとした。しかし加工するためのデータもなく図面もなかったことから、非接触三次元測定機(図5)を使用し実物(図6)を測定して三次元データを作成することとした。



図5 非接触三次元測定機による測定

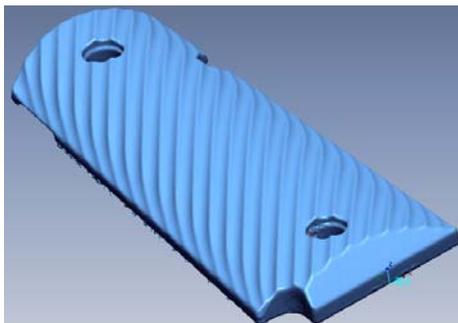


図6 測定したデータ

#### 4.2 測定データの修正

測定したデータは部分的に測定できない箇所や塗装による表面の凹凸、測定物以外のごみや汚れなどの形状まで測定することから、測定データ修正ソフト(Rapid Form XOR)を使用し不具合を修正した。

#### 4.3 CAMによる加エプログラムの作成

測定データを修正して作成した stl データをもとにCAM(stlCAM)で加工プログラムを作成した。簡易加工機で加工した結果、形状はできたが実物と比較した際、表面のガタつきが大きくなってしまった。そこでCAMにより加工パスの変更を試みたが、stl データは点群データであるためCAMの機能をうまく使うことができず、変更が難しかった。

#### 4.4 3次元CADによるモデリング

加工パスを変更することが困難であったため、実物をもとにスケッチをし、3次元CADでモデリングを行った。モデリングしたデータをもとにCAMで加工パスを作成した結果、シミュレーションでうまく加工パスをだすことができた。作成したNCデータで加工を行った結果、実物と同じような形状を加工することができた。(図7)



図7 モデリングデータをもとに製作した試作品

#### 4.5 今後の予定

試作品をもとに有限会社トヨクニと打合せを行った結果、今後は実際のグリップで使用するマイカルタを加工し試作品をつくる予定である。

### 5. おわりに

今回は、総合制作実習における伝統工芸製品への技術支援の取り組みについて報告した。技術支援を総合制作実習のテーマとして実施することにより、学生にとって専門課程で学んだ技能・技術が実社会でどのように活かされるのか経験することができ、また学生の授業に対するモチベーションの向上にもつながったと思う。今後も様々な分野の企業への技術支援を通して地域の企業に貢献していきたいと考えている。

#### 文献

- 1) 高知県土佐打刃物物産協同組合, 土佐刃物 Image\_Pamphlet

著者 E-mail Hoashi.Masaaki@jeed.or.jp

# 生産電子システム技術科における就職に向けての学生指導

## －10年間の総括－

生産電子システム技術科 羽原由雄・蔵本一峰・武藤正昭・三浦志樹・天野隆

### Vocational Education Training in the Department of Production Electronic System Technology －Generalization for Ten Years－

Yoshio HABARA and Kazumine KURAMOTO and Masaaki MUTO and Shiki MIURA and Takashi AMANO

**概要** 当校は平成12年に応用課程を設置し、平成14年3月に生産電子システム技術科1期生24名を社会に送り出してから10年が経過した。しかしこの間は、理想とする学生の仕上がり像と現実とのギャップを埋めるべく、試行錯誤の日々であった。

本稿では、生産電子システム技術科がこの10年間に取り組んだ学生の生活指導や就職対策について、各指導員が創意工夫して取り組んできた内容を実践報告として紹介する。

## 1. はじめに

情報化社会による企業のグローバル化、急激な円高の進行による国外への生産拠点の流出、中国・韓国などアジア諸国の経済発展による国際競争の激化などにより、日本のものづくり産業は疲弊し、これまでの国際競争力は低下しつつある。

一方、企業の求人状況に目を向けると、規制緩和による非正規労働者の増加など正社員としての採用は減少傾向にあり、今まで大企業志望だった学生も中小企業へ目を向けはじめている。新卒採用の状況も二極化し、優秀な学生は内定を多く勝ち取ってくるが、そうでない学生はなかなか内定が取れない。かろうじて就職できても「自分の将来に夢を持ってない」「やりがいが見つからない」などの理由から定着せず、ニートや七五三問題、若年層の就業率の低下の原因となっている。

このような状況の中で、当科がこの10年間、就職率100%を目指し、かつ就職後の40年を充実した職業人生を歩むことができるよう、生活指導や就職対策について試行錯誤しながら取り組んできた内容を報告する。

## 2. 生産電子システム技術科卒業生の出身地と就職先

### 2.1 四国の業種別産業構造

四国内の産業構造について、従業者4人以上の事業所数の産業別構成比を図1に示す。食品製造業（構成比22.2%）が最も高く、次いで繊維工業（同10.4%）、金属製品製造業（同9.1%）の順で、これら3産業で全体の4割を占めている。

従業者数の産業別構成比をみると（図2）、食品製造業（構成比19.2%）が最も高く、次いでパルプ・紙・紙加工品製造業（同8.5%）、繊維工業（同7.4%）、化学工業（同7.4%）これら4産業で全体の4割弱を占めている。

出荷額の産業別構成比をみると（図3）、化学工業（構成比12.5%）が最も高く、次いで輸送用機械器具製造業（同11.7%）、石油製品・石炭製品製造業（同11.0%+X）、パルプ・紙・紙加工品製造業（同10.0%）、食品製造業（同9.7%）の順に、これら5産業で全体の5割を占めている。<sup>1)</sup>

このことから、四国の産業構造は全国に比べ、電気機械や輸送機械などの「加工組立型産業」の比率が低く、紙・パルプ、石油・石炭、化学工業などの「基礎素材型産業」の比率が高い。

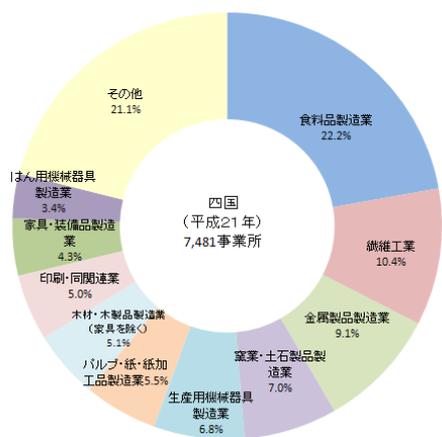


図1 四国の産業別事業所数構成比 (従業者4人以上の事業所)

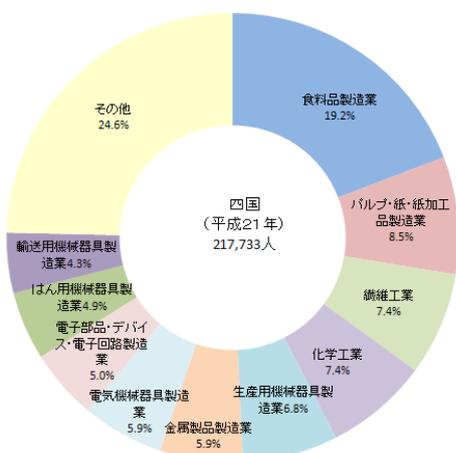


図2 四国の従業者数構成比 (従業者4人以上の事業所)

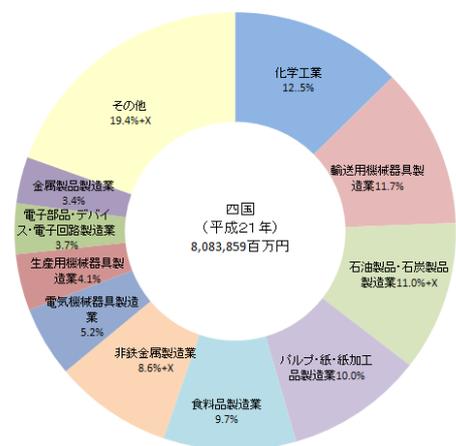


図3 四国の製造品出荷額構成比 (従業者4人以上の事業所)  
(注意)Xは統計法により秘匿された数字である。

具体的に各県単位で見ると、香川県は、冷凍食品などの食料品製造業や、クレーン大手の関連企業の輸送用機械器具製造業を有する。

愛媛県は四国中央(川之江・伊予三島)圏域が、紙・パルプの日本有数の生産拠点であり、新居浜・西条圏域は、「住友化学」、「住友金属鉱山」、「住友重機械工業」といった住友グループの拠点である。また今治圏域では、全国一のタオル生産地であり、造船関連業種も多い。

徳島県は「日亜化学工業」や「大塚製薬」に代表される化学工業を有し、電気機械器具製造業がそれに続く。

高知県の産業大分類別従業者数の全産業に占める割合は、卸売業、小売業が構成比21.9%、医療・福祉16.3%、宿泊業・飲食サービス業9.6%の順であり、製造業は9.4%である。これは大手製造業者が少ないことが考えられる。

以上から、四国ではプラントや工場の総合エンジニアリング技術者が求められている。当校は香川県のみならず、四国ブロックにおける人材育成の拠点として位置付けられており、これら企業ニーズに沿った形で高度な実践技術者を輩出していく必要がある。

## 2.2 四国校卒業生の出身地と就職先

当校にて応用課程の第1期生を社会に送り出した平成13年度から平成23年度までの専門課程・応用課程全ての卒業生1011名の出身県と就職先の実数を図4に、その構成比を表1に示す。卒業生の53%が出身県で、地元以外の19%を含めて72%が四国内で就職している。生産電子システム技術科の卒業生243名に対してもほぼ同じ傾向である(図5、表2)。これは、当校の学生の就職が如何に四国内、それも地元志向であるかということをも物語っている。実際に面接で話をしても、親元の近くの地元で就職したい、できれば四国を出たくないなどの希望が多い。四国を出て都会で働きたいという学生は少数である。就職活動をするに当たって金銭的な余裕が無く、交通費を掛けて遠くまで行けないという事情もある。しかし結果として裏を返せば、地域企業への人的資源の供給という当校目指す役割に沿った実績の表れと言える。

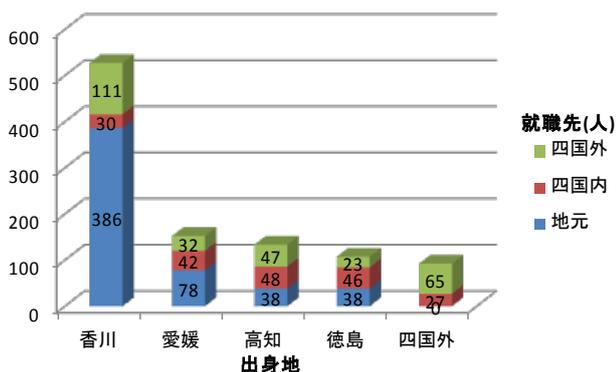


図4 四国校卒業生の出身地と就職先

表1 四国校卒業生の出身地と就職先の構成比

出身県		就職先			出身地
		地元	四国内	四国外	
出身県	香川	73%	6%	21%	52%
	愛媛	51%	28%	21%	15%
	高知	29%	36%	35%	13%
	徳島	36%	43%	21%	11%
	四国外	-	29%	71%	9%
	計	53%	19%	27%	100%

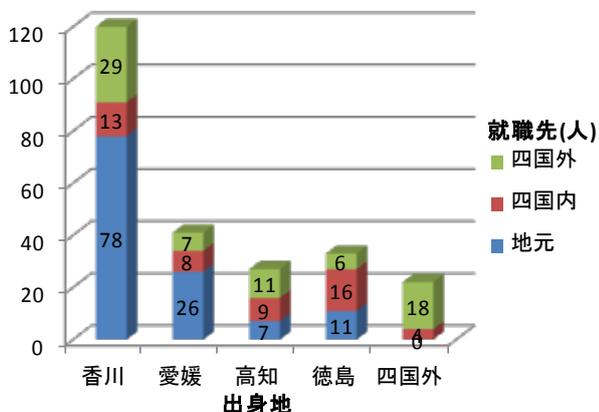


図5 当科卒業生の出身地と就職先

表2 当科卒業生の出身地と就職先の構成比

出身県		就職先			出身地
		地元	四国内	四国外	
出身県	香川	65%	11%	24%	49%
	愛媛	63%	20%	17%	17%
	高知	26%	33%	41%	11%
	徳島	33%	48%	18%	14%
	四国外	-	18%	82%	9%
	計	50%	21%	29%	100%

## 2.3 仕上がり像

生産電子システム技術科の教育訓練目標は「電子回路の設計・製作を基本にして、コンピューターシステムに関わるハードウェア・ソフトウェア活用技術、パワーエレクトロニクス活用技術、あるいは制御技術等の電子技術の応用に対応する能力を養い、製品の規格・開発から生産工程の改良・改善・運用・管理等に対応できる高度な実践技術者の育成」としている。しかしながら、ここ四国においては電子回路設計を主たる事業としている企業は少なく、しかも規模が大きくないため受け皿としては小さい。また、四国が創業地でも本社は東京や大阪で工場のみが四国内というケースも多々ある。生産電子とは言いながら画一的なカリキュラムで学生を育成しても就職に苦勞するのは明らかである。

そこで、当科では地元志向の学生の希望と企業の地域ニーズを考慮して、プラントや工場の総合エンジニアリング技術者を養成するために、開発・設計、製造、保全、生産管理、品質管理、技術営業など、就職先のメインターゲットを受け皿の多い製造業全般と定めた。

カリキュラムも地元ニーズに対しフレキシブルに対応できるように、以下に示す②のシステム構築技術を中心に、3つの技術要素を融合的に習得させることで、地域に貢献できる人材を育成している。

- ①製品単体を製造する技術
  - －電子回路、パワーエレクトロニクス
- ②製品を組み合わせてシステムを構築する技術
  - －産業用コントローラによる制御システム
- ③組込み制御・通信システムを構築する技術
  - －マイコンによる制御・通信装置

能力に応じて、最低でも保全ができる技術者、更には開発・設計業務に携わることのできる高度実践技術者を育成している。

## 2.4 当科の業種別就職先

生産電子システム技術科の11年間の卒業生244名の業種別就職先を図6に示す。

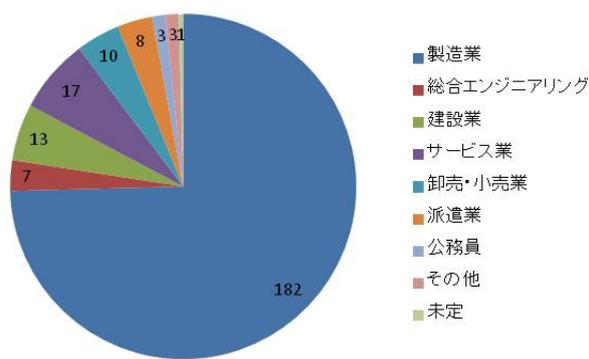


図6 当科11年間の業種別就職先(人)

製造業だけで75%を占め、総合エンジニアリング、設備工事業や電気通信工事業を含む建設業、工場の保守管理を行うメンテナンス会社やシステムエンジニアなどの情報通信を含むサービス業を合計すると90%が仕上がり像に沿った就職先となっている。職種は、技術系職種がほとんどで、設計開発、生産技術、品質管理、設備保全、サービスエンジニアなどに配属されている。

### 3. 就職活動の流れ

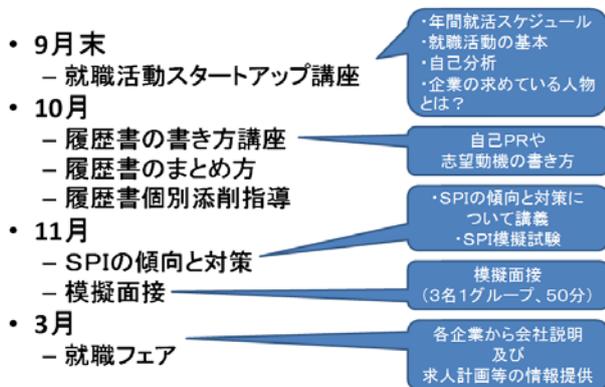


図7 学務課の就職対策スケジュール

図7に学務課の就職対策スケジュールを示す。9月末から3月まで就職対策の講座が行われる。リーマンショック前は、例年秋口から会社訪問や合同説明会が始まり、3月から内定が出始め、5月には就職希望者の半分ほどが内定し、8月末にはほぼ全員が内定を決めていた。しかしリーマンショック後は、3月から内定が出始めるものの、5月でも1/4程度、8月末で半数程度となっている。このように内定確定の時期が少しずつ遅れてきている。

## 4. 生産電子システム技術科の就職支援業務の取組み

当科では、入校後の1年間が、今後40年間の社会人としての進路を決定づける人生の中で一番大事な時期として位置付けている。そこで入校時のガイダンスでは他科が半日で終わるところを2倍の時間を費やし、入校後の1年間で履歴書に書くことをどのように作っていくか、そのためにはどのように過ごすかによって、その後の人生が左右されるということを学生にしっかり認識させる時間を設けている。

この1年間で専門性を高めることは勿論、それ以外にも希望する進路を勝ち取るために、次に挙げる10項目について就職対策を行っている。

- 1) 生活指導(企業人としての立ち振る舞い)
- 2) タイムカードと朝礼昼礼(時間管理)
- 3) 3分間スピーチ(発言力)
- 4) 日報(文章力)
- 5) 就職対策講座(基礎学力)
- 6) 資格取得のサポート
- 7) 個別ヒアリング
- 8) 自己分析
- 9) 学生同士による模擬面接
- 10) 企業委託実習

### 4.1 生活指導(企業人としての立ち振る舞い)

自社内だけでなく取引先に対しても失礼の無いように円滑な人間関係を築くためにも、社会人としての立ち振る舞いを身につける必要がある。しかしながら、企業訪問や面接などで、いざというときに声が出ない、ポケットに手を入れる、大事な事を話しているのにメモを取らない、約束の時間間際に到着するなど、学生の言葉遣いや立ち振る舞いに対しては、違和感を覚えることが少なくない。社会人と接する際や、働く際に求められるマナーは一朝一夕で習得できるものではなく、常日頃からの訓練で「習慣」づけることが必要である。そのため、当科では次の項目について指導をしている。

- ・挨拶の励行
- ・校内では作業服着用
- ・5分前行動
- ・5Sの徹底
- ・アルバイトと学業の両立

作業服についても、ただ安全衛生のためだけではなく、生産電子システム技術科の一員であるという帰属意識を持たせる意味がある。仕事をしていく上で一体感や企業人としての自覚を促すという意識付けの効果があると考えている。

#### 4.2 タイムカードと朝礼昼礼(時間管理)

遅刻・早退・欠席の客観的・視覚的な把握と自立・自己管理のために、当科では企業と同様タイムカードを導入し、登校時、昼食前、昼食後、下校時の4回刻印している。また、タイムカードのみに頼ることなく、朝は出席確認後、就職対策本による解説、午後は3分間スピーチを行い、下校前に日報を添削することで、学生の一日の行動に対して一人一人きちんと目を配って指導している。



図8 タイムカードによる時間管理

これは就職したOBからも評価が高く、企業で勤めてからも、先の5分前行動を目で見える化することと合わせて効果があったので、今後もずっと続けるべきであるという声が多い。

#### 4.3 3分間スピーチ(発言力)

企業では、朝礼や引き継ぎ、QCサークル、改善提案などの小集団活動が多くあり、その中で提案・報告が出来るよう、人前で発言する力が必要とされる。また、就職活動においても企業訪問や面接など人前で自分の考えを述べる機会は多々ある。そこで、午後の授業開始時に過去の就職面接で出た質問や身近な新聞から6テーマほど題材を取り上げ、学生にランダムにテーマを与え3分間スピーチさせ、その後質問を受けるという形で個々の発言力を高めている。

これは就職が決まった学生からの評価が特に高く、発表会以外には自己アピールをする機会が無いのでこれをやって人前で話す度胸がついた、丁度同じような質問が出た、文科系とは異なった当校の特色をきちんと相手に理解してもらえ、興味を持ってもらうことができたなどの報告が多い。

#### 4.4 日報(文章力)

授業を聞いてもノートを取らない、大事なことをメモしない、文章が書けない、漢字が出てこない、話し言葉で書いてしまう、字が汚いなどの理由で文章を書くことを苦手としている学生が非常に多い。このため、学科や実技に関わらず全ての授業において日報スタイルでノートを取らせている。また、日報の最後には考察を書かせ、それを添削している。普段から日報を書くことによって「報・連・相」の重要性、企業での文章の書き方である「結・起・承」の書き方など、文章力が培われ、それが履歴書を書く際にも効果が出ていると感じている。

#### 4.5 就職対策講座(基礎学力)

就職試験において、学生が当校の特色について面接で語ると、面接担当者は興味を持って聞いてくれることが多い。しかし、SPIなどの筆記試験対策不足や基礎学力不足により、面接までたどり着けない場合も少なくない。そこで、当科では、毎週木曜日の1限目を就職対策講座の時間とし、他の科目の時間を少しずつ割いて実施している。5教科(SPI、国語、社会(時事問題含む)、数学、専門(電気・電子))を科員5名で担当している。

#### 4.6 資格取得のサポート

当科の学生の中で、普通科出身者は何も資格を持っていない者が多い。将来の仕事にも役立つため、あるいは、履歴書の資格の欄を埋めることにより自己アピールができるように、強制ではないが資格取得をサポートしている。行っている資格対策は、第一種電気工事士、第二種電気工事士、第三種電気主任技術者、技能検定2級技能士・機械保全(電気系保全作業)・電気機器組立て(シーケンス制御作業)、ビジネス・キャリア検定(生産管理オペレーション3級)である。放課後、積極的に補講や能力開発セミナーに参加するよう指導している。

特に企業でも評価の高い2級技能士を取得した者は、この経験を面接で話すと技術系の面接担当が興味を示し、採用になったというケースは少なくない。



図9 技能検定(電気系保全作業)

#### 4.7 個別ヒアリング

入校時に GATB(厚生労働省編一般職業適性検査)と SPI 性格適性検査を行い、その診断結果を踏まえ、履歴書の書き方について個別指導をしている。将来何がしたいのか、自己 PR など就職に向けて履歴書を書くネタを作るために、この1年間で何をしなければならないのかなどについて、5月から個別でヒアリングを行っている。ヒアリングは学生が内定をもらうまで続ける。その際、企業訪問をする前にどれだけ企業研究を行ったのか、そこで何をしたいのか、企業の欲しい人材と自分のやりたいことがマッチしているのか、訪問後の

感触はどうだったかなど、「報・連・相」を必ず行うよう指導している。

#### 4.8 自己分析

就職活動を始めるにあたって、自分自身を知り適性・適職を探し出すため、またエントリーシートや履歴書を書くため、下記のテーマに沿って自己分析を1カ月に1項目ずつ行っている。

- 4月 ライフプラン
- 5月 職業観
- 6月 社会人シミュレーション
- 7月 自分史
- 8月 他人から見た私
- 9月 私の特性
- 10月 適職を探す
- 11月 ぴったりの会社発見
- 12月 行きたい会社研究
- 1月 マッチングチェック
- 2月 自己PR

七五三問題のミスマッチを無くすために、卒業してから40年間仕事をしていくという意識付け・自覚をさせるのが目的である。採用した企業の立場からは「最近の若者は我慢が足りず簡単に会社を辞めてしまい、何を考えているのかわからない」ということになり、学生の立場からは「こんなつまらない仕事をするとは思ってもみなかった。やりたかった仕事はさせてもらえないし、給料も上がる見通しも無い」というミスマッチを無くすことが狙いである。

エントリーシートや履歴書を書かせるにあたって、自己分析の結果や企業研究、企業訪問や見学会で感じたこと、やってみたいことから志望動機に繋げている。

#### 4.9 学生同士による模擬面接

採用試験前の模擬面接は、学生に対し指導員が企業の面接官に扮して行われることが少なくない。学生にとっては面接の雰囲気や体験でき、質問に対する回答の仕方も練習できる。しかし、あくまでも学生は主観的に模擬面接を受けるため、面接

者の質問の意図まで考える機会は少ない。したがって、真摯に回答することを心がけるものの、的確な回答を引き出せないことが多々ある。

そこで当科では、各学生に面接官、受験者、指摘者をそれぞれ体験させる。面接官は、未知の受験者の人柄、能力などを既知とするための質問を思考する。これは同時に、質問の意図を理解し、的確に回答するために思考することにもつながる。また質問内容を考えることで、対象企業の他社にない強みや売りも理解できる。指摘者は、客観的に面接を見ることにより、主観的に体験する面接において、面接官や受験者が気づきにくい点を抽出する。以上により、学生に面接を客観的に体験させることによって、面接の戦略を立てさせることが、本模擬面接の目的である。

準備段階では、まず指導員が実在する近隣企業をピックアップする。学生はインターネットを中心に情報収集をおこなう。学生は企業に関して、知名度あるいは限られた情報の中で選択していることが少なくない。したがって、模擬面接に加え企業研究も行うことができる。

実施段階では、学生を5人1グループとし、面接者3名、被面接者1名、傍観者1名を決め、1回5分程度でローテーションさせる。面接官は質問を羅列するのではなく、内容を深く掘り下げるあるいは関連の質問により内容を展開するなど、会話が成立するように気を配る。受験者は、質問内容に対して、真摯かつ的確に回答することを心がける。さらに、姿勢や仕草といったノンバーバルコミュニケーションも意識する。

確認および改善段階では、指摘者の客観的な指摘事項を中心に、互いにチェックさせる。受験者はもちろん指摘者においても、指摘事項を自分自身にフィードバックさせる。

このような模擬面接を繰り返すことにより、客観的に面接を体験し、主観的な立場のみでは気づかなかった問題点や好事例を発見できることは少なくない。今年度の学生においても、すでに延べ20時間程度実施したが、前述の3分間スピーチと相まって徐々に効果が見られている。

また、面接に自信の無い学生については、いつも顔を合わせている先生や学生ではなく、当校の

管理職に協力を頂き、初対面でも堂々と自分の考えを話すことができるための面接練習をしている。

実際の面接に臨む際には標準課題の承認図や課題の製作物などを持参させ、苦労や工夫をした点、リーダーの経験などを具体的に説明できるように指導している。

#### 4.10 企業委託実習

夏休みの前に2週間、企業で現場の実体験をさせる「企業委託実習」というカリキュラムがある。就職が決まった学生には、企業で勤めるにあたって前もって準備していかないといけないことを体験させるために、概ね就職が決まった会社に行かせている。まだ就職が決まっていない学生については、企業委託実習で人物をじっくり見てもらってから採用を検討して頂くようお願いしている。

例えば、真面目で優秀にもかかわらずコミュニケーションを取るのが苦手な学生には特に有効で、企業委託実習後に採用して頂くケースも多々ある。学生にとっても、その企業の中に入って具体的にどんな仕事をしているのか理解できるのでミスマッチを無くすことができる。

### 5. 指導に対する効果及び問題点と対策

#### 5.1 指導に対する効果

平成22年に平成18年度の卒業生を、平成24年には平成20年度の卒業生を対象に、入社して3年経過した時点でのフォローアップ調査を行った(表3、表4)。平成18年度卒では定着率が69.6%だが、その後、連絡が取れない不明の1名を除き、全員が再就職している。また、平成20年度卒では95.5%である。リーマンショック後の就職氷河期の状況下で、せつかく企業に入社することもできても、働くことへの意識が低ければ、定着しない。フォローアップ調査の自由記述欄にも記載があるが、当科のOBは職業意識が高いと就職先の企業から伺うことが少なくない。当の学生からは、他科と比べて厳しすぎるなどの不平不満は多々見られるが、企業に入社してからは、やって良かった、続けるべきであるとの意見をよく聞く。当校は文科系の大学ではない。職業訓練を行う大学校であ

る。勤労観・職業観を育成し、社会人・職業人としての意識付けをするためにも、タイムカードによる時間管理、作業服の着用、日報による「報・連・相」の重要性や企業での文章の書き方など、普段から学生全員に目を配っていないと、なかなか本人に合った適切なアドバイスが出来ない。そういった日頃からの積み重ねが本人の希望と会社の欲しい人材とのミスマッチを解消し、就職率、在職率ともに95%超となる理由だといえる。

表3 平成18年度卒 定着状況(人) 合計23名

在職	16		
退職	7		
内訳(自己都合)		4	
(会社都合)		3	
→(退職後、関連企業へ再就職)			4
→(退職後、非関連企業へ再就職)			2
→(不明)			1
定着率	在職率	失業率(不明を含む)	
69.6%	95.7%	4.3%	

表4 平成23年度卒 定着状況(人) 合計22名

在職	21		
退職	1		
内訳(自己都合)		1	
→(退職後、非関連企業へ再就職)			1
定着率	在職率	失業率(不明を含む)	
95.5%	100.0%	0.0%	

## 5.2 現状の問題点と対策

リーマンショック後、大手企業が採用人員を減らし、その影響で大手を狙っていた学生が中小企業に就職活動している。この影響もあってか、当校においてもここ数年就職状況が厳しくなっている。更に最近の当校の学生の傾向として下記の問題点が挙げられる。

- 1) 選考試験で不合格(基礎学力)
- 2) コミュニケーション能力不足(人間力)
- 3) 自ら考えて行動しない(行動力)
- 4) 時事問題がわからない(社会性)

学力が無くてもまだ相手と話が出来ればいいが、ここ数年はコミュニケーション能力が不足している学生が多くなってきている。コミュニケーション

ン能力は、多くの企業が重要視しているため採用されづらい。当科も平成13年から平成20年までは就職率100%を誇ってきたが、平成21年度は2名、平成22年度は1名の未就職の卒業生を出した。この3名の未就職者のうち2名が該当し、今もって1名が就職できていない。その1名は卒業後、職業能力の向上やスキルアップを目的としたNPOに1年間就業能力向上支援を受けた後、NPOが勧めてくれたレストランでアルバイトをしている。却って大卒の資格があるために、給与や能力の面からも採用が難しいと推測される。相手がどう思っているか想像が出来ず自分の考えのみを言うタイプの学生で、管理職や能力開発支援アドバイザーを含め、学校全体で連携して就職支援を行ったが、成果は得られなかった。このように担任や就職指導担当者のみでは就職させることが困難な場合もある。今後は発達障害などでコミュニケーション能力の低い学生の対応として、部内だけでなく、香川障害者職業センターやアルプスカがわなど、外部の支援機関とも連携していかなければならない。

## 5.3 今後の問題点と対策

生産電子システム技術科が創設されてから、11年間、四国ブロックの企業ニーズに沿った実践技術者を輩出するための具体的な取組みについて述べてきた。しかしながら、生産電子システム技術科は平成26年度で終了する。このため本校では電気やシーケンス制御のカリキュラムを有する科が無くなる。今までは就職先のターゲットを、総合エンジニアリング、設備工事業、電気工事業を含む建設業、工場の保守管理を行うメンテナンス会社、システムエンジニアなどの情報通信を含むサービス業と幅広い製造業の電気・制御技術者としてきた。したがって、今まで培っていた企業との繋がりが無くなるのが懸念される。

最近では、東北大震災による原子力発電所の事故を機に電力の安定供給が困難となり、省エネルギーや環境負荷低減(例えば太陽光発電、風力発電などの再生可能エネルギー及び二次電池技術)の技術革新が必須となっており、この分野における技術者の育成が急務となっている。

こうした時代背景と産業界の状況を勘案して、全国には各ブロックに電気エネルギー制御科が設置されているが、唯一四国ブロックにだけは現在においても開校の予定はない。電気エネルギー制御に関する技術者の育成がここ四国においても急務である。

## 6. おわりに

これまで述べてきたように、当科では2年間で企業における新人教育を行っているつもりである。知識・技能だけでなく、社会人になっても困らない「ものづくり」のためのコミュニケーション能力を培い、企業でのルールや慣習などにも対応できる人間を育てることが学生指導の根底にある。OBの話によれば、新人研修や経験のある社員と同行し、数年かけて新人を育成する企業もあれば、余裕が無いところでは、いきなり即戦力として1年目、あるいは入社後数カ月してから一人で仕事を任される企業もある。そういった場合でも、極力自分一人に対応できるように、自分で問題点を考えて、自ら解決に動くことが出来るコンセプトチユアルスキルを持つ人間を育てていくことを普段の授業からも目指している。企業では同僚も上司も忙しいため、わからない時や問題が生じたときに、いちいち人を呼んでいたら仕事が成り立たない。自分で調べ、考え、問題点を見つけ出して対策を検討した上で、それが正しいか確認してもらう方がアドバイスも得やすい。普段の授業も答えを全てこちらから教えるのではなく、学生にまず考えさせ、わからないところはまず自分なりに検討して自分の考えを報告するよう常日頃から指導している。それが社会人になっても困らない「ものづくり」のためのコミュニケーション能力であり、学ぶことへの近道である。

この報告は生産電子システム技術科が設立から試行錯誤しながら10年間取り組んできた総括である。その間、当科を担当して頂いた西原先生、故秋本先生、九州能開大の福本先生、東海能開大の澤田先生、北陸能開大の橋本先生、中国能開大の高山先生、近畿能開大の大本先生には末筆ながら謝意を表する。

## 文献

- 1) 経済産業省 四国経済産業局「平成 21 年(2009 年) 四国地域の工業 平成 21 年工業統計調査速報 (従業者 4 人以上の事業所)

著者 E-mail miura@shikoku-pc.ac.jp

# 電子通信機器設計製作課題実習（標準課題）用教材開発

## －リモート監視・計測システムの構築－

四国職業能力開発大学校 生産情報システム技術科 谷本富男

### The Development of Teaching Materials for Electronic Communications Equipment

#### －The System For Remote Monitoring And Measurement－

Tomio TANIMOTO

概要 平成 26 年度から生産情報システム技術科と生産電子システム技術科を廃科し、新科として生産電子情報システム技術科がスタートする。そこで、生産電子情報システム技術科で必要となる標準課題用の教材を用意する必要がある。

生産電子情報システム技術科の教科の柱は、ユビキタスネットワーク、セキュアシステムと組み込みシステムとなっており、必要な専攻学科や専攻実技が用意されている。標準課題は専攻学科や専攻実技に沿った内容を実施することから、適切な教材を用意する必要がある。

生産電子情報システム技術科の標準課題は、「電子通信機器設計製作課題実習」と「組み込みシステム構築課題実習」で、「組み込みシステム構築課題実習」の標準課題については四国職業能力開発大学校紀要（第 23 号）において「ネットワーク対応デジタルフォトフレームの製作」や「ネットワーク対応デジタルカメラとフォトフレームシステムの製作」を紹介した。

もう 1 つの標準課題である「電子通信機器設計製作課題実習」用教材として「リモート監視・計測システムの構築」を製作したので紹介する。

## 1. はじめに

平成 26 年度からスタートする生産電子情報システム技術科設置理由の社会背景には、「ユビキタス社会がさらに進化し”アンビエント社会”への移行が予測される時代、これまで情報機器とは無縁と思われていた分野へも、コンピュータ、通信ネットワークを中核とするユビキタス製品が浸透し始めている。そのようなユビキタス製品の開発においては、市場が求める製品を生み出す”製造力”が重要であり、その背景となる技術・技能や関連知識を習得した技術者が業界から求められている。」としている。

また、訓練目標としては、「新科では、アンビエント社会に向けて、今後ますます重要になると予想されるモバイル、自動車、家電、認証の各分野において活用されている様々な技術を”ものづくり”を通して学ぶことで、企業の製造力をより高められる能力を育成する。」としている。また同時に、「グループ学習を通して、職人に求められるコ

ミュニケーション能力、リーダーシップ力、チームワーク力を育成する。」としている。

このような生産電子情報システム技術科の設置理由と目標に対して、「電子通信機器設計製作課題実習」の標準課題では、図 1 に示すように、生産現場で発生する様々な情報をマイコンが収集し、遠隔地の PC がネットワークを通し状況を監視出来たり、測定データの取得や制御を可能にする装置や機器の製作が教科目標となっている。

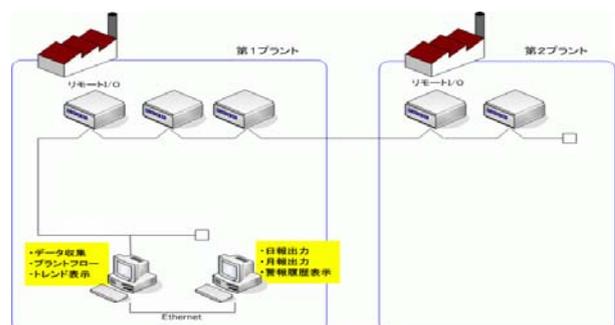


図 1 電子通信機器イメージ

## 2. システム構成

今回製作した「リモート監視・計測システム」は、標準課題の「電子通信機器設計製作課題実習」用教材として製作した。

部屋の使用状況をリモートで集計し、異常を通報するシステムである。

図2にシステム構成図を示す。

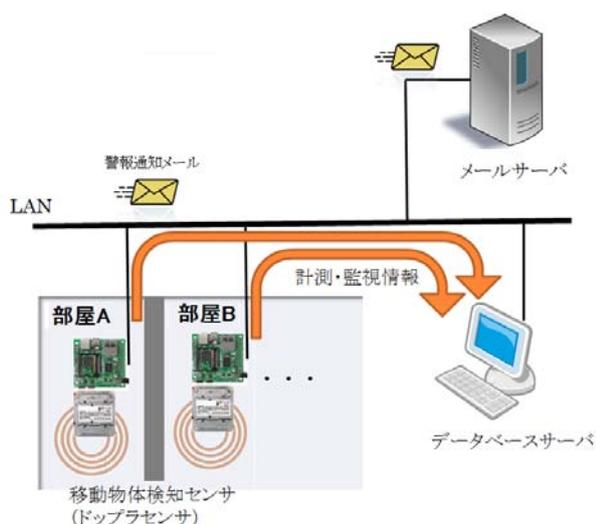


図2 システム構成図

使用したマイコンは、SH4のCPUを搭載し、組み込みLinuxが動作可能である。人等の移動物体を検出するドップラセンサを接続し、各部屋に設置し、ネットワークに接続する。ドップラセンサが移動物体を検知すると、リモートのデータベースサーバに検出回数等の情報を記録する。指定した部屋の使用可能時間帯により、不正な時間での移動物体検出を不審者侵入と判断する。指定した警報閾値を越えた場合は、マイコンのUSBポートに接続したオーディオインターフェースを通して、スピーカからサイレンを連続再生する。また、メール閾値を越えた場合は、警報通知メールをあらかじめ指定したメール受信者に送信する。

また、複数の部屋で、長時間連続動作させれば、データベースサーバには、各部屋の使用時間が記録されているので、各部屋毎の年間使用時間や、月毎、週毎、日毎の使用状況が分析できる。

プログラムは組み込みLinux上で動作しており、マイコンに接続しているドップラセンサからのデータは、デバイスドライバを通して取得できる。

## 3. 機能概要

### 3.1 リモートのデータベースサーバに記録

ネットワーク上のデータベースサーバに移動体検出情報を記録している。記録レコードの項目を以下に示す。

- 日付 (date 型)
- 部屋名または番号 (text 型)
- 使用時間内の移動物体検出回数 (int 型)
- 使用時間の合計 (int 型)
- 使用時間外の移動物体検出回数 (int 型)

### 3.2 NTPによる時間合わせ

コンピュータの内部時計は正確ではなく、時間の経過とともに徐々に誤差が大きくなる。正確な時間を維持するには、定期的に時間を補正する必要がある。電波時計やGPSから正確な時間を取得する方法もあるが、別途インタフェースが必要となる。

今回はネットワーク上のタイムサーバのサービスを利用している。タイムサーバは正確な時間を別のタイムサーバから取得し、クライアントPCに教える仕組みである。

### 3.3 音声による警報 (サイレン音再生)

使用時間帯以外の時間での移動物体を不審者の侵入と判断し、警報の対象となる。あらかじめ設定した警報閾値を越えることにより警報としてサイレン音を連続再生する。

今回は、USBオーディオインターフェースをマイコンに接続し、警報を鳴らしている。

### 3.4 メール送信

上記、警報と同様に、あらかじめ設定したメール送信閾値を越えることにより、指定した相手に警報通知としてメール送信する。

メール本文をnkfコマンドでJISコードに変換して送信するので、日本語文書が使用できる。

### 3.5 人検知センサ

人検知センサとしては、超音波センサ、赤外線センサ、振動センサ、USBカメラ、ドップラセン

サ等の使用が考えられる。使用するマイコンでは、8ビットの入出力が可能なので、複数のセンサを用いての侵入者検知も可能である。

#### 4. マイコンボード仕様

使用したマイコンは CPU ボードが MS104-SH4AG (株式会社アルファプロジェクト製) である。

##### 4.1 ハードウェア仕様

CPU ボードの主な仕様を表 1 に示す。

表 1 CPU ボード (MS104-SH4AG) の仕様

SH-4A SH7764 動作周波数 最大 324MHz (27MHz 水晶振動子)
PC/104 規格準拠
FlashROM 16MByte、SDRAM 64MByte
CF カードスロット (TrueIDE)
Ethernet 10/100BASE-T
USB2.0 Host インタフェース
シリアルインタフェース 2ch

##### 4.2 ソフトウェア仕様

マイコン用ソフトウェアは、ホスト PC 上でクロス開発している。ホスト PC とマイコンの主なソフトウェア仕様を表 2、表 3 に示す。

表 2 ホスト PC のソフトウェア仕様

仮想マシン	VMWare Player
ゲスト OS	Fedora 10

表 3 ターゲットマイコンのソフトウェア仕様

ブートローダ	U-Boot
Linux kernel	2.6
ルートファイルシステム	buidroot

#### 5. 開発環境

クロス開発環境を図 3 に示す。

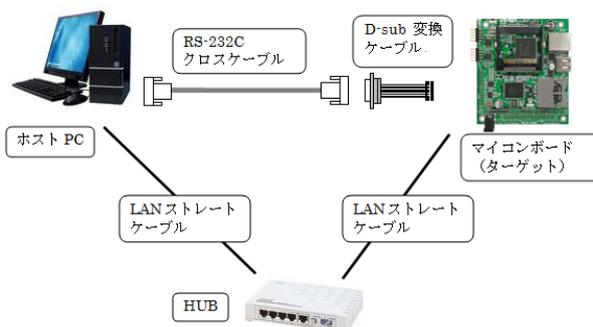


図 3 クロス開発環境

ホスト PC に VMWarePlayer をインストールして仮想マシンを実現し、Fedora インストールし、クロス開発環境を構築している。

ホスト PC でクロスコンパイルしたターゲット用のプログラムは、NFS や Samba ネットワークを通してマイコンに移動コピーして実行する。

ホスト PC とターゲットマイコンは RS-232C クロスケーブルで接続し、ターゲットマイコンにコマンドを送信して操作したり、プログラム実行時のメッセージを表示する。

また、LAN を使用した接続の場合は、SSH プロトコルによるリモート接続となる。

#### 6. 人検知センサ

さまざまなセンサが人検知センサとして使用されているが、今回は 10.5GHz (X バンド帯) の屋内用ドップラセンサを使用した。

ドップラセンサはドップラ効果を利用したセンサで、対象物が動いていると、その速度に比例して周波数が変化する現象を図 4 に示す。

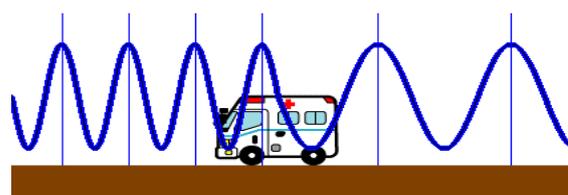


図 4 移動によるサイレンの変化

今回使用したドップラセンサは、移動対象物に対してマイクロ波を送信し、対象物で反射し受信した周波数の変化で移動対象物の有無を検出する。同じ原理であるピードガンの仕組みを図5に示す。

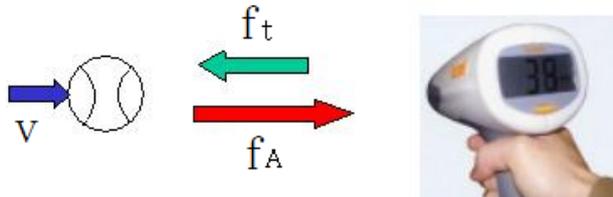


図5 反射型ドップラセンサ

送信周波数を  $f_t$ 、波の速度を  $C$  ( $3 \times 10^8$  m/s)、対象物の移動速度を  $V$  とすると、受信周波数  $f_A$  は次式となり、対象物の移動速度  $V$  に比例して変化する。

$$f_A = \frac{f_t(c+v)}{c} \quad \text{Hz}$$

$$c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$$

他の物体検知センサと比べドップラセンサの一般的な特徴は以下のとおりである。

- 正確な測定が可能
- 障害物を透過できる（隠ぺい可）
- 気象条件や環境の影響を受けにくい
- 検知範囲の設定が可能

ドップラセンサのインターフェース回路のブロック図を図6に示す。基準電圧を上げ下げする事により、検出感度を調整できる。

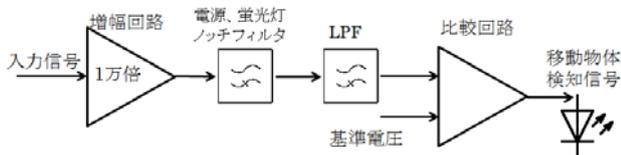


図6 インターフェース回路

## 7. デバイスドライバ

通常、OS上で実行するプログラムが直接ハードウェアを操作する事を禁止している。センサからの情報を受け取るには、デバイスドライバを通して読み込む必要がある。今回使用するセンサは、

移動する人や物体を検知して、デジタル信号を出すインターフェース回路なので、マイコンの I/Oポートから信号を読み取るために、キャラクタ型デバイスドライバを作成した。

ユーザプログラムと OS とデバイスドライバの関係を図7に示す。

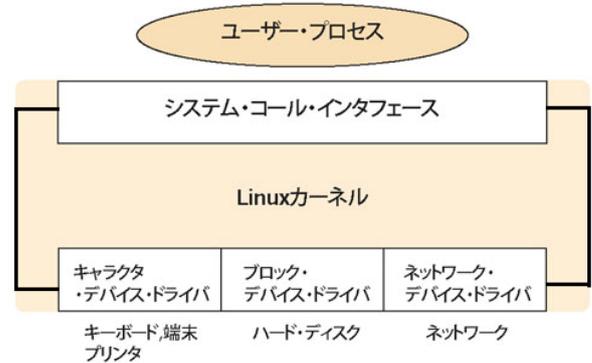


図7 デバイスドライバ

## 8. データベース

使用したマイコンの組込み Linux (Buildroot と busybox) には、MySQL のクライアントと SQLite が実装してある。

MySQL のクライアントは、ネットワークを通して外部の SQL サーバに接続し、レコードを読み出し、書き込み等の操作を可能とするコマンドである。

SQLite はアプリケーションに組み込んで利用可能な、組込み向けの軽量なデータベース管理システムである。

今回は、複数の部屋に設置したマイコンからのドップラセンサ情報を自動集計する方法として、外部の SQL サーバに自動集計する方式とした。

外部の SQL サーバに接続できるようにするには、SQL サーバ側で外部クライアントからの接続許可を設定した。設定例を図8に示す。

```
mysql> grant all privileges on development.*
to ms104sh4ag@'192.168.0.0/255.255.0.0'
identified by 'linuxkit' with grant option;
```

図8 外部接続用ユーザアカウントの登録

## 9. 電子メールによる警報

使用可能時間外での移動物体検出については、検出回数を越えると電子メールで通知する。音声による警報の閾値と、電子メールによる警報通知の閾値（電子メール送信閾値）があり、用途に応じて、それぞれ別の値に指定できる。

電子メール送信の仕組みを図9に示す。

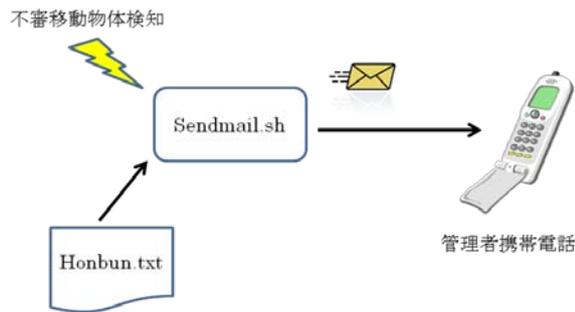


図9 電子メール送信

不審（利用可能時間外）な移動物体を検知すると、Sendmail.sh が実行される。Sendmail.sh はあらかじめ作成しておいた文書（Honbun.txt）をメールの本文として読み込み、指定したメールアドレスに送信する。

また、メール本文に日本語文書が使用できるように文字変換を行っている。

受信した警報通知メールの例を図10に示す。

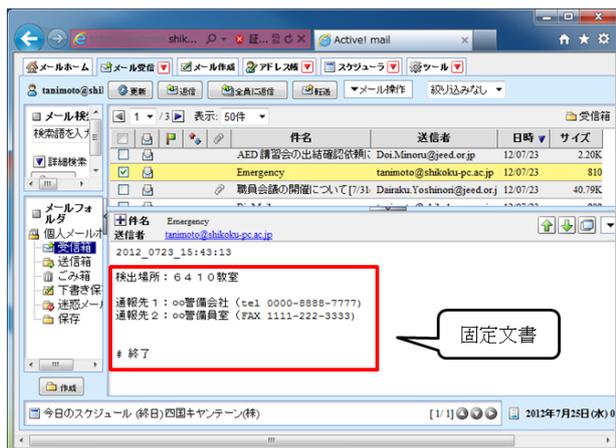


図10 警報通知メール

## 10. おわりに

もう1つの標準課題である「電子通信機器設計製作課題実習」用教材として「リモート監視・計測システムの構築」を紹介した。

「組込みシステム構築課題実習」の標準課題と同じターゲットマイコンを使用していることから、学生への負担が軽減し完成度向上や、実習教材の費用が大幅に軽減する等のメリットと、2つの標準課題が共に情報寄りとなりやすく、違いが感じられない等のデメリットがある。

デメリットとなる問題については、様々なセンサやアクチュエータ、無線通信等のインターフェース回路設計・製作・実験の時間を多く割り当てることにより2つの標準課題の違いを出す事が可能となる。

逆に、市販されているキットや完成品を活用する事により、生産現場で発生するデータをリモートのデータベースに収集し、データ解析や分析をPCで行えるシステムをイメージした実習課題とする事も可能である。

その他、学生からの拡張提案として、

- Webによるマイコン側の各種設定
- セキュリティ強化
- Webカメラによる画像取得とメール添付
- 設置場所の自動認識と部屋毎の設定
- マイコン間の連携（警報の同期）
- 計測データの集計やグラフ作成等を期待する。

## 文献

- 1) 株式会社アルファプロジェクト  
<http://www.apnet.co.jp/>
- 2) 新日本無線 技術サポート/センサデバイス  
[http://mc.njr.co.jp/jpn/technical/sensor\\_2.html](http://mc.njr.co.jp/jpn/technical/sensor_2.html)
- 3) ウィキペディア ドブプラ効果  
<http://ja.wikipedia.org/wiki/>
- 4) busybox  
<http://busybox.net/>
- 5) Sendmail.sh  
<http://powergres.sraoss.co.jp/s/ja/tech/plus/experience/vol2/samples/sendMail.txt>
- 6) 谷本. ネットワーク対応デジタルカメラとフォトフレームシステムの製作. 四国職業能力開発大学校 紀要 第23号 2011年

著者 E-mail tanimoto@shikoku-pc.ac.jp

# ステアリング部品の傷の自動検査についての考察

生産情報システム技術科 小澤弘明

生産機械システム技術科 池本和夫

生産電子システム技術科 三浦志樹

## Study on the Automatic Inspection of the Wound of Steering Component.

Hiroaki OZAWA

Kazuo IKEMOTO

Shiki MIURA

**概要** 本報告は、平成23年度、平成24年度四国職業能力開発大学校が企業との共同開発として行っている事例である。

自動車業界では、生産ラインの自動化や省人化に取り組み、品質保証のために検査工程を充実させている。検査工程に画像処理を適用する場合には、撮像条件の設定が課題である。水島プレス工業株式会社では、自動車のステアリング部品の検査において、幅寸法と傷を作業者が手作業で検査している。幅寸法については、検査用の「ゲージ」にブラケットを当てることで、幅寸法が許容範囲にあるかを検査する。表面の傷については、作業者の目視により検査している。そのため、作業者にかかる負担や検査誤り・過検出などの人的ミスが問題となり、検査工程の自動化や検査結果のばらつきをなくす標準化が求められている。

共同開発としては、ステアリング部品の検査に画像処理およびPLC制御技術などを適用し、実際にラインに組み込むことを想定して、部品の供給と姿勢制御、幅寸法や傷の検査、良・不良品の分別および収納までを自動化し、検査の時間短縮と精度を標準化する産業用画像処理システムを構築した。

今回は、その中でも画像処理による傷検出について、問題点の対策及びその成果を報告する。

## 1. はじめに

本事例は、平成23年度、平成24年度、水島プレス工業株式会社（代表取締役 南條泰洋）と当校で取り組んでいる共同開発である。

自動車のステアリング部品「ディスタンスブラケット」の生産工程では、上下の幅寸法については、検査者が通りおよび止まりゲージを使用した手作業による抜き取り検査で良否を判別している。また、表面の傷については、全数に対して検査者の目視により傷の有無を判別している。しかし、手作業や目視による良否判別検査を実施しているため、「不良品を良品として判別してしまう検査誤り」や「良品を不良品として判別してしまう過検出」が問題になり、検査工程の自動化や、人間の個人差によるヒューマンエラーをなくす標準化が強く望まれている。

今回は、撮像部での問題点の洗い出し及び対策を行い、画像取得の精度の向上を狙ったシステムの開発を行ったので報告する。

## 2. 前年度システムの画像処理部

### 2. 1. 撮像部の構成について

撮像部は上面、両側面の3方向のCMOSカメラからブラケットの撮像を行う。また、撮像部のカメラ台に角度調整機能を設けた。

なお、撮像部構成については、図1に示す。

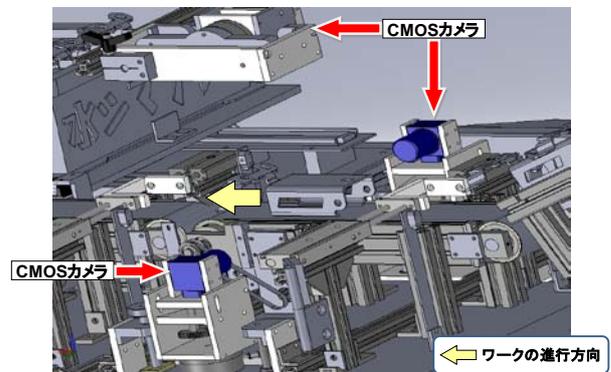


図1 撮像部構成

カメラをブラケットの上面と側面からそれぞれ140mmの位置に設置し、照明を上面と側面斜め方向にそ

それぞれ4ヶ所ずつ配置した。カメラと照明の配置を図2に示す。

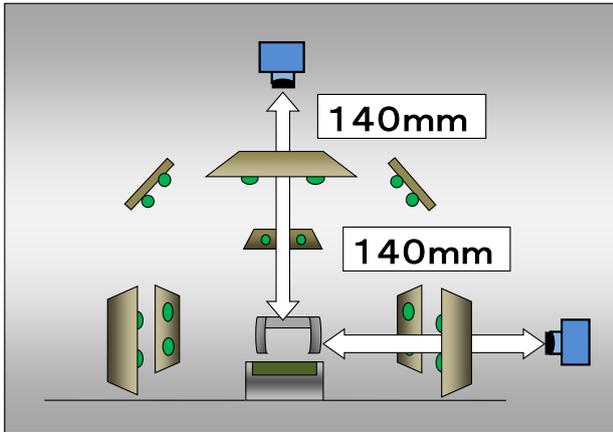


図2 カメラと照明の配置

## 2. 2. 画像取得での問題点

前年度システムの問題を解決する上で、

- ・ 擦れによる過検出
  - ・ 撮像時の傷の位置や角度による取得不良
- が主な問題となる。

### 2. 2. 1. 擦れによる過検出

図3に示すように、ブラケットによっては擦れによって光を鏡面反射するものがある。これは、部品の品質に問題がないため不良品にはならない。しかし、傷との区別が困難であり、直接照明による画像処理では深さを認識できないため、これについては過検出とし、作業者の目視で判断する必要があった。

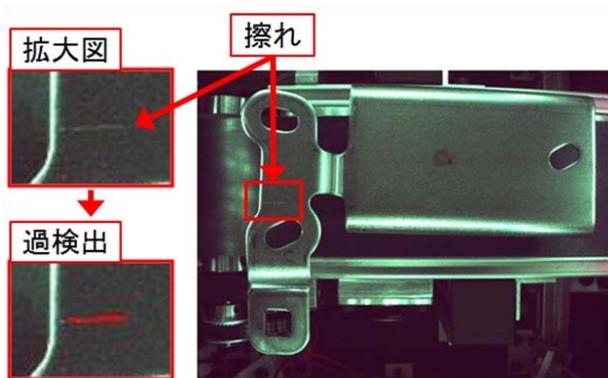


図3 擦れによる過検出

### 2. 2. 2. 撮像時の傷の位置や角度による取得不良

前年度の撮像部での横方向の照明は、ベルトコンベアを使用していることから、下方向からの照明が使用できない。そのため、照明をブラケットに対して均一に照らすことができなくなっている。

したがって、画像取得時に傷の場所や傷の角度によっては、うまく傷を撮影できない場合が発生するのである。

## 3. 新システムの画像処理部について

### 3. 1. 問題点の対策

前年度で問題になっている擦れによる過検出については、上方からの直接照明では傷の深さを認識できないため、凸凹を認識可能な照明システムを使用する必要がある。そこで今年度は、ローアングル照明が利用できるかの検証を行うことにした。

また、撮像時の傷の位置や角度による取得不良については、ディスタンスブラケットを均一に照らせるように、リング照明及び有効な設置方法について検証を行った。

### 3. 2. ローアングル照明

低いアングルからワークのエッジに照射できるローアングル方式は、光が拡散し認識が困難なエッジや表面上の凹凸に斜め側面から照射することで、傷などの凹部内で乱反射が発生し、傷が明るく浮き上がって見えるようになる。

その結果、陰影のコントラストを撮像、判別することが可能となる。ローアングル照明の原理を図4に示す。

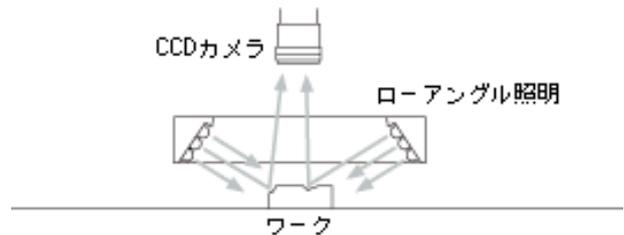


図4 ローアングル照明の原理

なお、このローアングル照明は、上記のように凹凸を強調するのに向いている機能であるが、反対に凹凸が無いような表面上の汚れには効果が低い。つまり、直接照明とローアングル照明をうまく使い分ける必要がある。今回、実験に使用したローアングル照明を図5に示す。



図5 ローアングル照明

### 3. 3. リング照明

供給部は、プレス機からレールに乗って流れてくるステアリングを一時的に止め、検査装置へ1つずつ送る。撮像部は、レール上でディスタンスブラケットを止めて撮像を行っている。前年度システムでは、ディスタンスブラケットの搬送にベルトコンベアを使用した。この方法では下部からの照明に対して、ベルトコンベアがあり、下側の光量が足りなくなってしまう。

そこで今年度は、撮像部ではレール上でディスタンスブラケットを止めて撮像を行う機構を採用した。プレス機からレールに乗って流れてくるディスタンスブラケットを一時的に止め、検査装置へ1つずつ送るようにした。撮像部の構成を図6に示す。

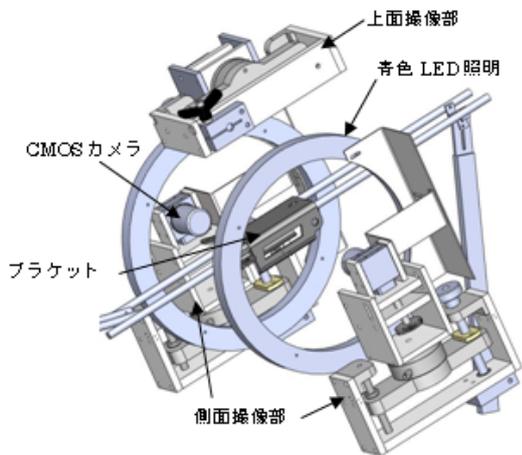


図6 撮像部の構成

なお、ディスタンスブラケットの内側については、検査の対象外であり、レールを滑らせて搬送しても品質に影響は出ない。

この機構により、レール上で撮影を行うためディスタンスブラケットを空中に浮かすことができるようになった。それにより下側も光をあてることが可能となり、ディスタンスブラケットに対して、均一に照らすことができるようになった。ディスタンスブラケットとリング照明の位置関係を図7に示す。

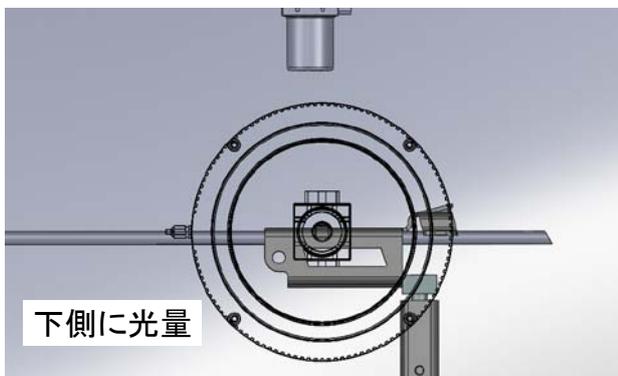


図7 ディスタンスブラケットとリング照明

## 4. 新システムの試験結果

### 4. 1. ローアングルリング照明の試験について

ローアングルリング照明が使用できるかを調査するために撮像実験を行った。実験は、ディスタンスブラケットからのローアングルリング照明の距離とリング照明の調光値を変化させながら、画像を撮像する方法で行った。

光源の変化による影響試験の様子を図8に示す。



図8 光源の変化による影響試験

### 4. 2. 試験結果について

前年度システムと新システムの検出結果について、図9に示す。なお、上が前年度システムによる取得画像、下が新システムによる取得画像である。

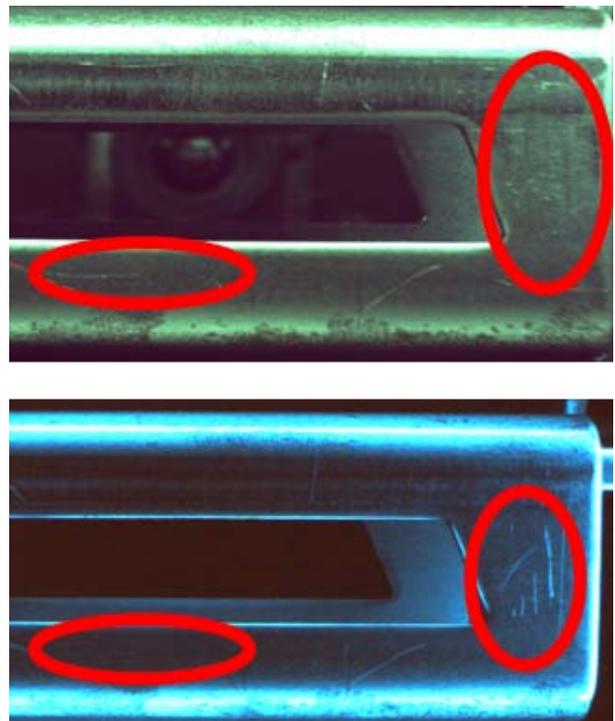


図9 前年度システムと新システムの検出結果

ディスタンスブラケットの右側には爪に引っ掛かる程度の傷があり、また、左下には擦れによる汚れがある。

前年度システムの直接照明では、右側の傷をうまく認識することができず、また、左下の汚れは傷として認識してしまっている。

それに対して、新システムのローアングルリング照明では、右側の傷について、認識することができている。また、左下の擦れによる汚れについては、過検出しなくなっている。

また、ディスタンスブラケットとローアングルリング照明の位置関係の変化、及び明るさの変化に対する影響については、表1に示す。

表1 距離と調光の変化による結果

距離(mm)	調光(0~25%)	2~15	20~50
2~40		小さい傷まで鮮明に見えた	傷は見えるが、全体がぼやけた
45~50		小さい傷が薄くなった	小さい傷が薄くなり、全体がぼやけた
55~		小さい傷が消えた	小さい傷が消え、全体がぼやけた

この結果から、ローアングルリング照明の距離については一定距離以上離すと、傷の認識が落ちてしまうので、検査現場ではディスタンスブラケットと照明との距離の管理をシビアにする必要がある。また、明るさについては少しでも明るい傷の認識が落ちてしまうため、外部からの遮光をしっかり行う必要がある。今回の試験で使用した機器を以下に示す。なお、ローアングルリング照明は、発光色は傷の検出状況が良好な青色を採用した。

- ローアングルリング照明  
LDR2-170BL-LA (CCS 社製)
- 照明用電源  
PD3-3024-3-PI (CCS 社製)

## 5. 考察

今回の共同開発は、新規システム開発となったため、早い段階でレビューに耐えられる程度の実験を行い、水島プレス工業株式会社に提示して様々な意見を収集して、設計を行うことが最も早道となる。

しかしながら、前年度はこのシステムで問題なく検出できるだろう、という思い込みがあったため、試験が遅れてしまった。また、途中で傷の認識についての仕様変更が起こったため、対応が後手に回ってしまった。その結果、前期で述べられた不具合の対策に十分な時間をとることができなかった。

このような失敗を起こさないようにするためには、企業との打ち合わせを十分に行い、企業が真に望む製品(ニーズ)を正しく把握することが重要である。そしてそれらを

実現するために必要な技術を、企業へ提供することが求められる。

今回の新システムでは、傷の認識精度の向上と擦れによる過検出の低減の確認試験を行い、成果を出すことができた。今後は実機での試験を行い、実際の検査で使用できる精度が得られるよう、共同開発を進めていく。

## 6. おわりに

現在、製造業ではコストダウンが至上命令となっており、いかに自動化を推し進めるのかが重要となってくる。しかし、自動車産業では安全が第一であり、自動化を行うにあたり、熟練の作業者と同等の結果を出す必要がある。そして、今回のシステム開発を行っていく過程で、自動車部品の検査の今後の展開について、把握することができた。

今後、企業との共同開発を計画・実施していく過程で、企業や市場に求められるテーマをいかに的確に提供していくかが、求められてくる。

今回の調査・検討で、画像処理による傷の認識についての手法を確立することができた。これらの手法を今後の共同開発等に役立てていきたい。

## 文献

株式会社キーエンス

「ローアングル照明」活用テクニック

<http://www.keyence.co.jp/gazo/solution/jirei/shomei/shomei01.jsp>

著者 E-mail ozawa@shikoku-pc.ac.jp

# 真珠採取機の開発

## —開発課題実践報告—

生産機械システム技術科 北村 寛

生産電子システム技術科 羽原由雄

### Development of a Pearling Machine —Practice Report of a Development Subject—

Hiroshi KITAMURA and Yoshio HABARA

**概要** 一般的に、真珠の多くはアコヤ貝を母貝として養殖されている。挿核手術(核入れ)後、約1年半経過して浜揚げと呼ばれる真珠取り出し作業に入る。この浜揚げは人海戦術で行っており、15～16人で1日約2万個処理している。貝を開き、真珠の入った内臓を取り去り、貝柱と貝殻を分離する。この真珠を含む内臓を自動分離する装置開発に取り組んだ。初年度(平成22年度)は、真珠の入った内臓をエア吸引方式で採取する実験機を製作したが、採取成功率は約60%に終わった。2年目(平成23年度)は水中吸引方式で採取する実験機を製作し、採取実験を行った結果、約90%の成功率を収めた。

## 1. はじめに

本開発課題は、(株)DynaxT(代表取締役 大和田昭邦氏)より依頼され、宇和島市の真珠養殖業者である赤松真珠さんのご協力を頂き、平成22年度から開発課題テーマ「真珠採取機の開発」として取り組んでいる。初年度は空気中で吸引採取する方式を採用したが約60%の吸引成功率に終わった。2年目である平成23年度は開いた貝を水中に置き、水と共に吸引採取する実験装置を製作した。この方式で内臓吸引実験を行い、最終的には約90%の吸引成功率を収めた。開発課題取り組みの一事例として報告する。

## 2. 背景と初年度の取り組み

一般的に、真珠の多くはアコヤ貝を母貝として養殖されている。挿核手術(核入れ)後、約1年半経過して真珠を取り出す(この作業を浜揚げと呼ぶ)。この浜揚げは人海戦術で行っており、15～16人で1日約2万個処理している。貝を開き、真珠の入った内臓を取り去り、その後貝柱と貝殻を分離する。当然、

真珠採取が主目的であるが、貝柱は食用として、真珠を採取した後の内臓は家畜の飼料に、貝殻も将来的にはリサイクルしたいと養殖業者の方から依頼を受けた。開発課題の主目的を「真珠を含む内臓吸引装置開発」として取り組み始め、初年度(平成22年度)エア駆動式クリーナを使用し、エアのみで内臓吸引する装置の開発に取り組んだ。

エア駆動式クリーナを使用し、内臓吸引予備実験を行った。あらかじめ開いた貝の内臓を図1のようにクリーナ吸引口に近づけ、その後ゆっくりと離すと図2に示すように貝柱だけを残し内臓はきれいに吸引できた。実験は30回行い、約70%の確率で図2に示す結果が得られた。



図1 吸引前の様子



図2 吸引後の様子

この実験は、6月初旬に業者の方から真珠の入っていないアコヤ貝を送っていただき実施した。しかし、この時期のアコヤ貝は全体的に小ぶりで、浜揚げ時期の貝と比較すると内臓も小さく、また、実験時には送っていただいてから時間が経過し、鮮度も低い状態であった。

予備実験を基に考案した吸引部を図3に、そして製作した吸引部を図4に示す。

開いたアコヤ貝の内臓を下向きにテーブル上面に置き吸引実験を行った。実験後のアコヤ貝の様子を図5に示す。共にきれいに内臓吸引できているのが分かる。内臓はクリーナのタンク内に収まっている。



図5 吸引実験後のアコヤ貝の様子

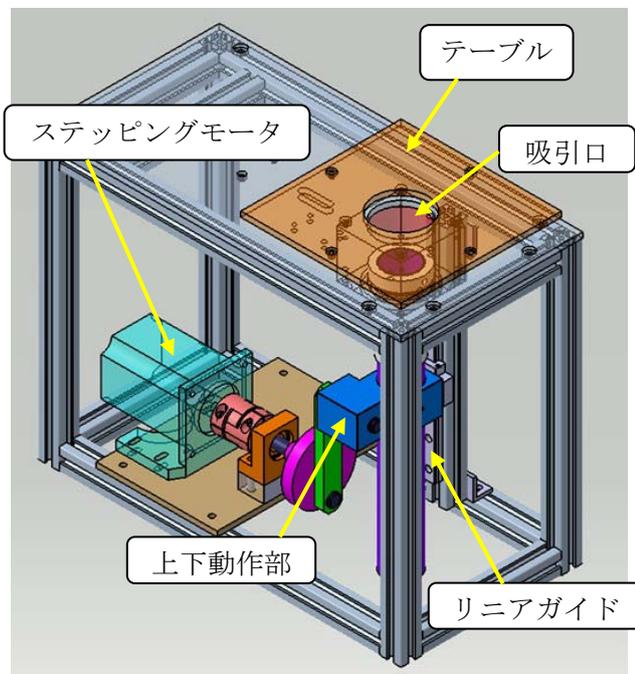


図3 吸引部の3D図

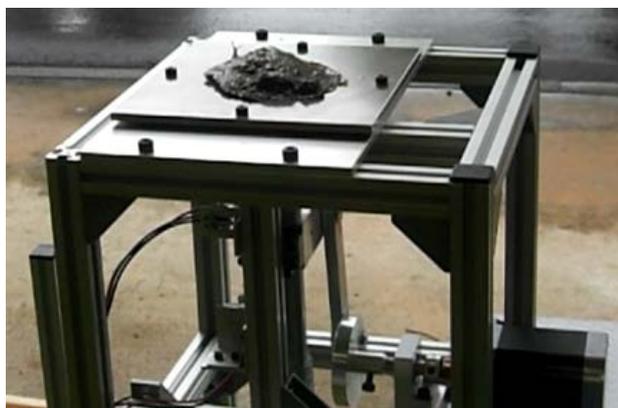


図4 製作した吸引部

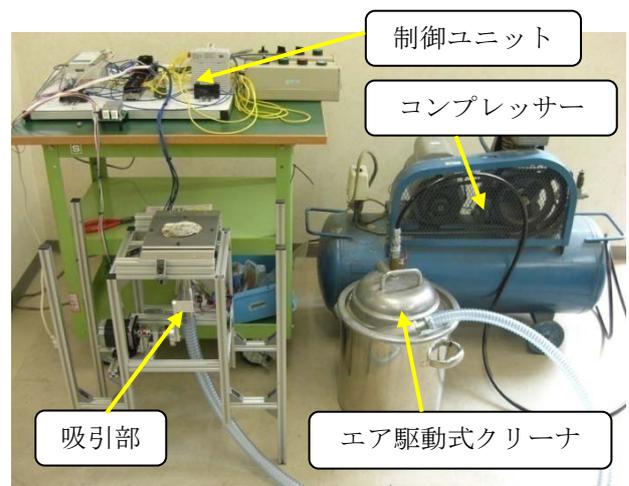


図6 実験装置全体図

現地での吸引実験のために製作した装置全体図を図6に示す。平成23年2月初旬に宇和島の赤松真珠さんに実験装置を持ち込み、現地での吸引実験を行った。作業場のすぐ前に養殖筏があり、海から揚げた直後のアコヤ貝を内臓吸引実験に使用した。その様子を図7に、吸引実験後のアコヤ貝の様子を図8に示す。

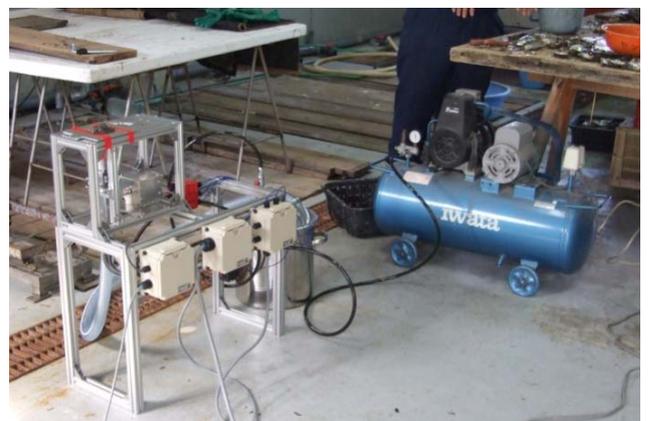


図7 現地での吸引実験の様子



図8 現地吸引実験後のアコヤ貝の様子

図8に示すように内臓の一部、またはほとんどの内臓が残り、図5のような吸引除去はできなかった。現地での実験から得られた考察を以下に記す。

- ① 海から揚げた直後の貝は、大きくしかも鮮度が高いことから内臓と貝殻との密着度も非常に強かった。したがって多くの貝の内臓が残った。
- ② あらかじめ、吸引する前に内臓をパールナイフ等で貝殻から浮かしておくことと内臓の大部分を吸引することができた。

### 3. 次年度(平成23年度)の取り組み

初年度の予備実験の中で数個、水中に貝を置き水と共に内臓吸引実験を行った。初年度製作した吸引部を上下逆に設置し、貯水槽に水を満たし吸引実験を行った。図9にその実験の様子を、図10に実験後のアコヤ貝の様子を示す。貝柱のみを残し、内臓はきれいに吸引できた。

2年目である平成23年度は、この水中吸引方式で吸引実験できる装置開発に取り組んだ。

#### 3.1 基本動作と装置仕様

基本動作は、貯水槽中の可動式テーブル中央部に開いた貝を上向きに載せ、上部から吸引ノズルが降下しエア駆動式クリーナで内臓吸引を行う。吸引ノズルを様々なパターンで上下動作できるようにするため、直動形の電動アクチュエータを用いた。

また、水を扱うことから安全性を第一に、構造等防水仕様で製作した。吸引部の構造を図11に示す。

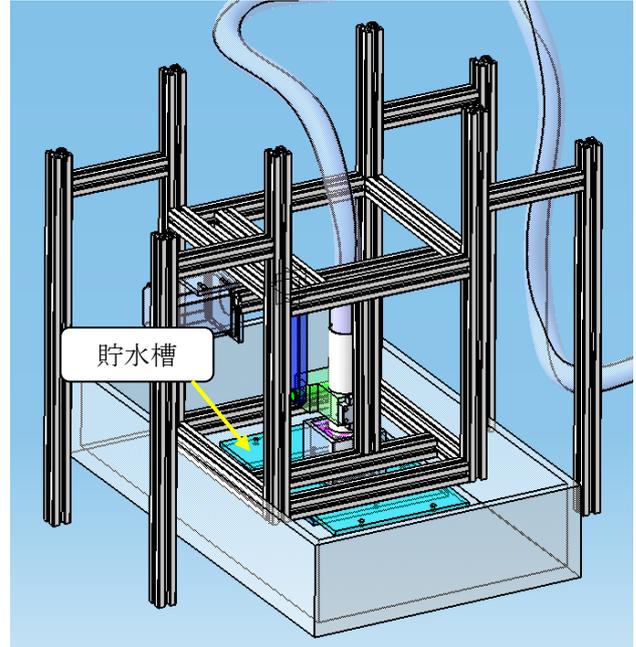


図9 水中吸引実験の様子



図10 水中吸引実験後のアコヤ貝の様子

さらに装置全体を可搬できるように、吸引部と制御部は分離可能な構造にした。また、貯水槽に水を貯めるためと、可動式テーブルに置いた貝の内臓を、吸引除去しやすくするために、高圧水流を発生するウォータノズルを設けた。構造的にはクーラントホースを円形状に接続し、小径のノズルを内側に向けて4カ所配置した。この高圧水流を貝の内臓周囲に当て、内臓を貝殻から剥がす効果を得るために取り付けた。表1に製作した装置の主な仕様を、また、製作した装置本体を図12に、制御部を図13に示す。この制御ボックスは、ステンレス製の完全防水仕様になっている。初年度製作使用したものを流用した。

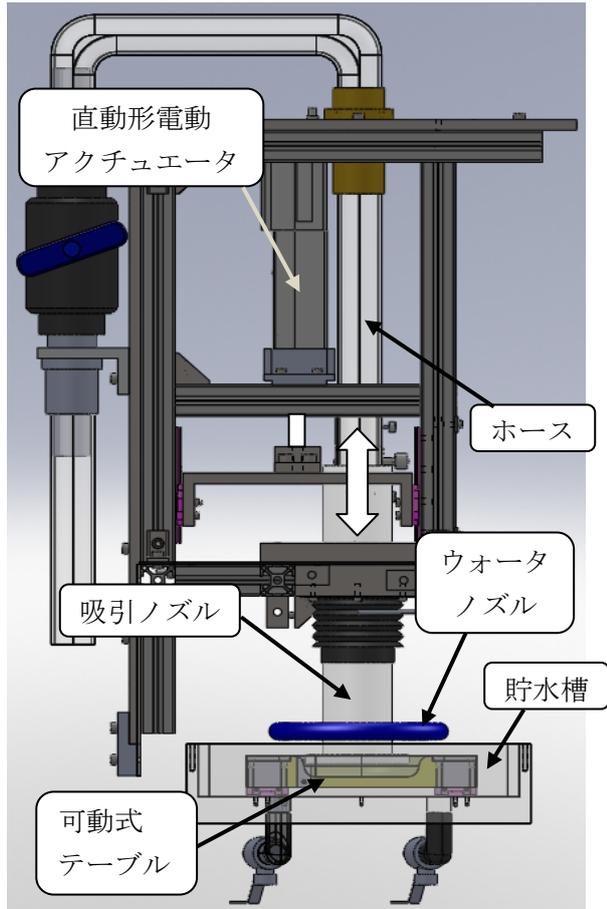


図 11 吸引部の構造

表 1 装置の主な仕様

本体寸法 (mm)	W520×B380×H745
制御部寸法 (mm)	W860×B380×H730
供給空気圧 (MPa)	0.6~0.8
供給水圧 (MPa)	3~7
電源電圧(V)	AC100

## 4. 内臓吸引実験

### 4.1 実験の流れ

開いた貝を上向きに可動テーブル中央にセットし、吸引ノズル直下にスライドする。扉を閉めウオータノズルのバルブを開け、高圧水流を供給する。制御部の動作ボタンを押し、吸引ノズル先端が最下端に達した時に、エア駆動式クリーナのバルブを開き吸引を開始する。吸引ノズルが1~2度上下揺動動作完了後クリーナのバルブを閉じる。図14~図16にその様子を、図17に吸引後のアコヤ貝の様子を示す。

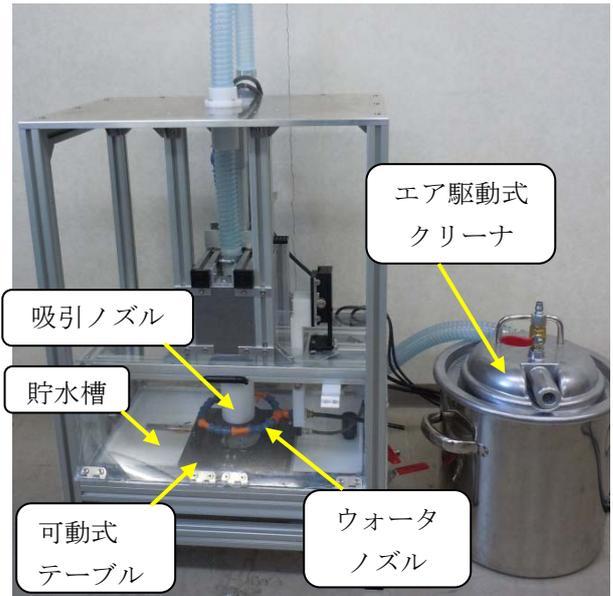


図 12 製作した装置本体



図 13 制御部



図 14 貝のセット

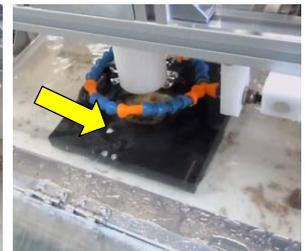


図 15 右にスライド



図 16 高圧水流供給



図 17 吸引後の貝

ほぼ完璧に内臓吸引できた一例である。吸引採取された真珠と内臓は、図 12 のエア駆動式クリーナのタンク内に収まっている。今実験では最適吸引動作解明のために、吸引ノズルの上下動作のみ自動化した。したがって、その他必要とされる操作は全て手動で行った。

## 4.2 実験条件

実験用のアコヤ貝は宇和島の業者から計 3 回約 130 個送っていただいた。実験開始当初、吸引ノズル降下後の停止時間を 1 秒～4 秒(1 秒毎)、吸引ノズル引き上げ速度を 15mm/sec～60mm/sec(15mm 毎)、引き上げ動作回数を 1 回～2 回に設定し、32 種類の条件で実験した。その結果、停止時間は 1 秒、速度は 15mm/sec、動作回数は 2 回で概ね良好な結果が得られた。

## 4.3 実験結果

図 18 のグラフに示すように、約 60%の貝は、ほぼ内臓の全てを吸引できた。当然のことながら、真珠が入っているアコヤ貝は、タンク内に内臓と共に真珠も格納できていた。また、約 30%の貝は、内臓の一部や貝ひも等が残ったが、内臓の大部分と真珠はタンク内に格納できていた。約 10%の貝は、内臓も真珠も吸引できなかった。初年度、エアのみの吸引方式では、吸引成功(約 29%)と一部吸引成功(約 32%)を合わせて約 60%の結果であった。

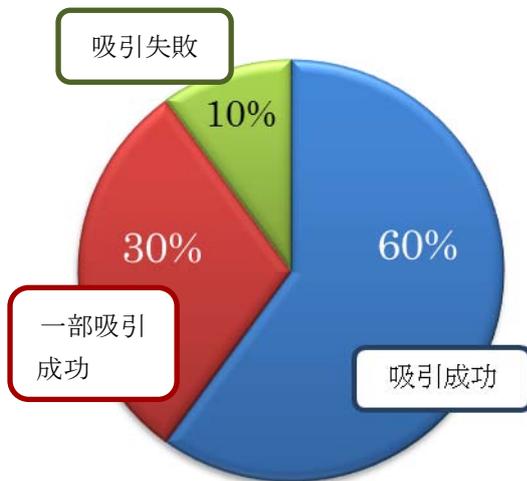


図 18 水中吸引実験結果

## 4.4 吸引効果を上げるための工夫

### 4.4.1 ウォータノズル

可動式テーブル中央部に置いたアコヤ貝の内臓と貝殻の境界あたりに高圧水流を与え、内臓を貝殻から剥がす目的で取り付けた。クーラントホースを円形状につなげ、4カ所に内径 1mm のノズルを配置した。図 16 に高圧水流を供給している写真を示す。

供給する水流は、実験開始当初、水道水から得ていたが、より強い水流を得るためということで高圧洗浄機を使用した水流に変更した。より高圧水流にしたことで内臓剥離に高い効果を得ることができた。

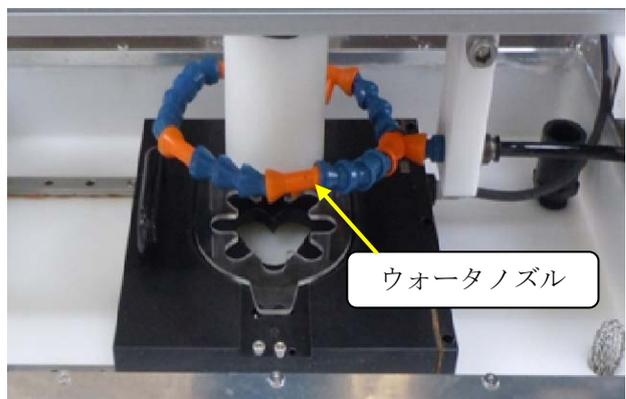


図 19 ウォータノズル

### 4.4.2 貝押さえ

吸引ノズルが上昇するとき、貝とノズル口間に大量の水が流れ込むことによって内臓吸引ができると思われる。開発当初の実験では、ノズル端面に貝が密着し、ノズルの上昇と共に貝そのものが持ち上がり内臓吸引がほとんどできなかった。そこで、アクリル製の板を図 20 のような形状にレーザ加工機で製作し可動テーブルに取り付けた。その結果、約 90%の確率で内臓吸引ができた。

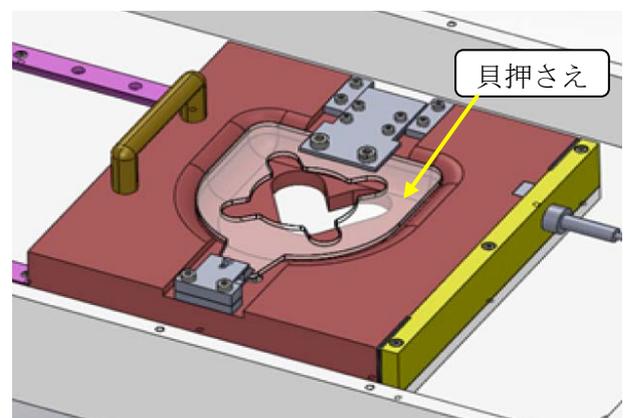


図 20 貝押さえを取り付けた可動テーブル

## 5. 考察

- ① 貝を押さえ、ウォータノズルで高圧水流を供給することにより効果的に内臓吸引することができた。
- ② 吸引ノズル先端が水中に完全に浸かった状態から吸引開始すると良い結果につながった。
- ③ 良好な吸引条件は、吸引ノズル停止時間 1 秒、引き上げ動作回数 2 回、引き上げ速度 15mm/sec である。

## 6. おわりに

平成 22 年度から 2 年間、開発課題実習として取り組んだ。2 年目、水中で吸引することにより初年度より高い吸引成功率を得た。しかし、高圧水流の供給やエア駆動式クリーナ等のバルブ開閉操作を全て手動で行った。平成 24 年度はこうした手動操作を自動化し、貝のセットや内臓吸引後の貝の搬出等も自動化を目指し改良していく予定である。

### 文献

- 1) 北村寛, 実践教育研究発表会 予稿集, pp.33, 2011
- 2) 北村寛, 実践教育研究発表会 予稿集・25 周年記念大会号 pp.23, 2012

著者 E-mail Kitamura.Hiroshi@jeed.or.jp

# 敷島隊の慰霊碑を訪ねて

## － 一般教養教育について －

生産技術科 神田健一

Visit the Cenotaph of SHIKISHIMA Corps

－ About Liberal Arts Education －

Kenichi KANDA

**概要** 今年は歴史的に様々な記念の年である。その一方で、領土や歴史認識、オスプレイ配備などの外交問題が起こっている。これらの多くはさきの戦争や近代に根を持つ。それにも拘わらず、現在の大学生は日本の戦争や近現代史を知らない者が多い。一般に大学の教養教育が疎んじられているなか、専門課程の一般教育として、日本の近現代史を提唱したい。

### 1. はじめに

昨年は、満州事変勃発 80 年、太平洋戦争(大東亜戦争)開始 70 年、サンフランシスコ講和(平和)条約締結 60 年であった。今年も、その講和条約が効力を開始し、日本が主権を回復して独立国となって 60 年、沖縄本土復帰 40 年、日中国交正常化 40 年の記念すべき年である。しかし、平和ボケと揶揄されている現代において、国家主権や安全保障に対する国民の意識は低い。そのような中で、満を持したように領土問題がおこって国家主権が揺らいでいる。

一方、さきの戦争末期には特別攻撃隊(特攻)で多くの若い人たちが亡くなっている。特攻の戦果を最初にあげたとされているのは第一神風特別攻撃隊の敷島隊である。敷島隊の隊長が愛媛県西条市出身であることから、西条市にある榎本神社に敷島隊の慰霊碑が祀られている。敷島隊や第一神風特別攻撃隊に四国出身者が何人かいたことなど、森史郎のノンフィクション「敷島隊の五人」で始めて知った。そこで、国家主権回復 60 年のこの年に、敷島隊員の慰霊に榎本神社を訪ねてみた。

しかしながら、本稿の主旨は特別攻撃隊や敷島隊をこと更に述べることでない。主題は敷島隊となっているが、本論は副題にある一般教養、なかでも日本の近現代史の必要性について論じることである。その導入として特攻と敷島隊を述べるにすぎない。

専門課程の学生と同年齢であった多くの殉難の士に哀悼の意を表し、主題の敷島隊から始めたい。

### 2. 慰霊碑訪問

#### 2.1 第一神風特別攻撃隊

陸海軍では昭和 19 年の春頃から特殊攻撃兵器の研究を始めている。その年 7 月のサイパン島陥落後に開かれた元帥会議において、「何か特殊兵器を」の発言を受け、本格的な特攻作戦が始まった。このため、海軍では水中特攻兵器の「回天」、「海龍」、水上特攻兵器の「震洋」、航空特攻兵器の「桜花」などの新兵器に加え、零戦に 250 キロ爆弾を装着し、飛行機ごと体当たりする戦法を採択した。

海軍軍令部は、爆装零戦隊を神風(しんぷう)特別攻撃隊と名付け、敷島隊、大和隊、朝日隊、山桜隊の四隊とし、レイテ島に進攻する米空母の発着艦を不能にして連合艦隊を支援する作戦を立てた。四隊の名称は本居宣長の和歌「敷島の大和心を人間はば、朝日に匂ふ山桜花」から取られている。攻撃隊の爆装零戦は、敷島隊が 4 機、大和隊、朝日隊、山桜隊は各 3 機で、それぞれに直掩機が付き、指揮官以下総勢 25 名が選抜された。指揮官には、海軍兵学校卒で西条市出身の関行男大尉(特攻後に中佐)が指名された。10 月 19 日、決行 6 日前のことである。関は母一人子一人の家庭で、3 ヶ月前に結婚してい

る。四隊の予備隊として楠木正成の湊川出陣の旗印にちなんだ菊水隊が加わり、これらに若桜隊、葉桜隊、初桜隊と艦上爆撃機の彗星隊を第一神風特別攻撃隊と呼んでいる。なお、神風の本来の呼び名は「しんぷう」であるが、戦時ニュースで「かみかぜ」と報じたため、一般的にそのように呼ばれている。

## 2.2 敷島隊の戦果

攻撃時の敷島隊は隊長の関行男（享年 23 歳）と中野磐雄（福島県原町市出身、享年 19 歳）、谷暢夫（京都府舞鶴市出身、享年 20 歳）、永峰肇（宮崎県宮崎市出身、享年 19 歳）に、大黒繁男（愛媛県新居浜市出身、享年 20 歳）が加わった 5 名である。神風隊は編隊後、直ちに出撃しているが、各隊とも米艦隊を発見できず帰投している。最初に報告された戦果は 10 月 25 日フィリピンのレイテ湾近海の攻撃で、敷島隊 4 度目の出撃であった。軍令部はこの戦果に驚喜し、これ以降組織的に特攻を行った。

- 菊水隊の戦果報告（大型空母 1 隻命中・火災）
- 敷島隊の戦果報告（中型空母 1 隻命中・撃沈、中型空母 1 隻命中・火災、巡洋艦 1 隻命中・轟沈）

攻撃は菊水隊の方が敷島隊より 3 時間早く、その戦果報告も司令部に早く届いていた。しかし、公表された特別攻撃隊の最初の戦果は敷島隊であった。関が攻撃隊の指揮官であることや海軍兵学校卒であることから、敷島隊になったとされている。

米軍発表の実際の被害状況は次による。

- 菊水隊・朝日隊（護衛空母 2 隻中破）
- 敷島隊（護衛空母 1 隻沈没、護衛空母 1 隻中破）

一方、10 月 23 日から 26 日のレイテ海戦で、日本海軍は戦艦「武蔵」や空母 4 隻など多数を失い、特攻の支援も虚しくかつての無敵艦隊は壊滅した。

## 2.3 特攻の総括

一説によると、海軍の特攻機総数 2450 機のうち約 450 機が命中しており、命中率は 18% であった。また本土決戦に備えて 5300 機以上の特攻機があったとされており、これが本土上陸時に使用されれば、米軍は相当の損害を受けたとされている。

戦後、特攻について、犬死に扱いや軍国主義の象徴のような議論もあったが、昭和史に造詣の深いノンフィクション作家の保阪正康や政治学者の中西輝

正らは「戦後日本の安全保障の抑止力になった」とか「日本人の驚異的な自己犠牲精神が諸外国に迂闊に手出しできないと思わせた」と批評している。ジャーナリストの工藤雪枝は特攻者の思いを「祖国日本のことを考え、未来にわたって日本という国が健全な国として存在してほしいと願う。そして、日本国民が平和で幸せに暮らせる時代のために自分達は命を懸けるのだ」と、自著の「特攻へのレクイエム」の中で代弁している。この書の解説で、麦酒会社名誉顧問の中條高德（「おじいちゃん戦争のことを教えて」で有名）は若い人達に対し「諸君が幸せを望むならば、そして平和を希求するならば、理屈なしにこの本を読み給え」と推奨している。他方、歌人の寺山修司は平和で豊かに暮らす現代の日本人に「身捨つるほどの祖国はありや」と問うている。

## 2.4 楢本神社の慰霊碑

図 1 と図 2 に楢本神社の慰霊碑を示す。楢本神社では毎年 10 月 25 日に慰霊祭を行っている。



図 1 慰霊碑



図 2 碑文

### 3. 一般教養教育

#### 3.1 一般教養教育の変遷

戦後、旧制大学や旧制専門学校、師範学校などが新制大学として、これに該当しない旧制の学校は短期大学となって発足した。大学基準における一般教育は人文・社会・自然科学の3系統からそれぞれ3科目12単位以上、合計で36単位以上の取得が必要とされ、短期大学では1/3の12単位であった。このため、本校の前身である香川職業訓練短期大学校時代は、経済や法学、心理学など人文・社会科学は8単位であった。当時は県立短期大学校も含め、一般教育全体として20単位(360時間)が標準であった。

しかし、平成3年の大学(短大)設置基準の改正によって、一般教育と専門教育との区別が廃止され、大学は自主的に科目編成を行うことになった。これにより当校の人文・社会科目も少なくなり、数年前からは職業意識の啓発として、人文科学は「キャリア形成論」を、社会科学では「職業社会論」を教授することになった。ここでは面接指導や接遇などの授業が行われている。基準の改正で、いわゆる教養課程は解体されたが、一般教育については「幅広く深い教養および総合的な判断力を培い、豊かな人間性を涵養するよう配慮しなければならない」となっていた。この点、当校の一般教育は少しおざなりになっているように思う。このような経緯を踏まえ、近年では教養教育軽視の弊害が議論されるようになり、一部の大学では教養教育の見直しがされている。

#### 3.2 近現代史教育について

東京工業大学のリベラルアーツセンター設置記念講演会で、伊賀学長は教養に関して「歴史、地理、宗教をよく知らないと、今起きていることの本質が見えてこない」と言っている。まさに、竹島や慰安婦、尖閣、普天間など、日本に起こっている諸問題は歴史を知らないと理解できない。日本の若い人が韓国の人から「竹島をどう思うか」と聞かれ、「竹島って誰」と答える様子は笑い話にもならない。

阪阪は大学で講座を担当して「学生の多くが日本の近現代史を知らないため、反論することもできないし、ディスカッションもできない」と言っている。当時NHK番組制作局にいた中田整一も、取材でア

ジアの人たちと接して「日本とアジアの歴史教育の差は間違いなくアジアは日本を知り、日本はアジアを知らないという相互認識の大きなギャップの一因になっている」と言い、共に近現代史の必要性を主張している。文芸評論家の福田和也は「戦争を知らない若い人たちに『歴史』の手ざわりを示すことが何よりも必要なこと」と「魂の昭和史」を上梓し、若い人を対象に昭和を中心にした近現代史を口語調で述べている。また評論家で作家の村上兵衛は日本を「表向き平和という美辞にくるまれた偽りの国家」と呼び、国家の存立や安全という基本的命題に感心を払わなかった戦後のあり方に疑問を呈している。作家の百田尚樹は「永遠の0(ゼロ)」で、元零戦搭乗員の口を借りて「戦後の民主主義と繁栄は日本人から道徳を奪った」と言わせている。

現在起こっている歴史認識や領土をはじめ、安全保障、憲法、エネルギー、経済、教育、道徳、皇室など、日本が国内外で抱えている諸問題の多くはさきの戦争と占領期や近代に根がある。これらのどれ一つをとっても、耳にしたり論じあったりするには、日本の近現代史の知識は欠かせない。大げさに言えば、近現代史は日本人の必修科目と言えるものである。かく言う筆者も学校であまり近現代史を教わっていない。日本の近現代史をほとんど知らないまま就職し、アジアの人たちと接したりアジアで活躍したりする機会が増える学生に、一般教養としてこれを教授することに一考の余地があると考えます。

### 4. おわりに

今の専門課程のカリキュラムに新たな科目を追加する余裕はなく、一般教育科目を入れ替えることも難しい。一方、現実問題として専門課程の教育訓練はあちこちにほころびを生じており、遅かれ早かれ大幅な見直しは避けて通れない。その際に、この拙論を思い起こしてもらえれば幸いである。

#### 参考文献

- 1) 森史郎, 敷島隊の五人, 特攻とは何か, 文芸春秋,
- 2) 半藤他, あゝ戦争になぜ負けたのか, 文芸春秋, 2006.5
- 3) 阪阪正康, あゝ戦争は何だったのか, 新潮社, 2005.8
- 4) NHK取材班, 日米開戦勝算なし, 角川書店, H7.5
- 5) 村上兵衛, 国家なき日本, 徳間書店, 1998.11

# < 研究論文 >

# 登録する系列に長さ制限をつけた辞書および反辞書の未出現系列検出の比較

電子情報技術科 深江 裕忠

Comparison of Dictionary and Antidictionary using a Set of Restricted Length of Words.  
Hirotada FUKAE

**概要** 与えられた系列が過去に出現したことがある系列かどうかを検出する方法として、辞書にもとづいたパターンマッチングなどがある。また、反辞書を用いて検出することもできる。本研究では、辞書と反辞書とで検出能力に違いがないことを理論的に示す。特に、組込み機器のようなメモリ量が少ない環境を考慮し、一定の長さまでの系列だけを登録した辞書と反辞書についても、検出結果に違いがないことを示す。

## 1 はじめに

組込み技術の発展により、近年では幅広い分野で新製品が次々と開発されている。組込み機器と PC のリソース上の大きな違いは、処理速度とメモリ量である。すなわち、組込み機器上で動作するソフトウェアは、PC より遥かに低速な CPU と軽量なメモリで動作する必要がある。また、組込み機器の多くにはセンサーが搭載され、センサーで検知したデータに従って動作する製品をよく見かける。センサーは、温度、振動、超音波、GPS など様々なものがあるが、取得するデータは数値の系列である。この数値の系列をプログラム上で解析して動作を決定する必要がある。

本研究では、センサーから検出したデータの系列が過去に出現したことがあるかどうかの判定手法に注目している。よくある手法としては、過去のデータに含まれる全ての系列を格納した辞書を用意し、パターンマッチング等を行って調べる手法がある。しかしこの方法は、辞書が多くのメモリ量を必要とするため、組込み機器には向かない。一方、辞書ではなく反辞書<sup>1)</sup>を用いる手法<sup>2)</sup>もある。反辞書とは、過去のデータに出現しない系列を格納した辞書である。反辞書から反辞書オートマトンを構築することで、オートマトンの状態遷移だけで過去に出現した/しないが判定できる。状態遷移は組込みソフトウェアではよく使われるプログラミング手法なので、組込み機器への実装が容易である。また、オートマトンなので、組込み機器への負荷が少なく、処理も高速である。しかし、反辞書

もまた多くのメモリ量を必要とする。

そこで、組込み機器の限られたメモリ量で辞書や反辞書を用いた方式を実装するには、全ての系列を辞書または反辞書に登録するのではなく、一部の系列だけを格納した辞書または反辞書を用意する必要がある。このとき問題となるのが、本来検出しなくてよい系列を検出した誤検出と、本来検出するべき系列なのに検出しなかった未検出である。

本研究では、辞書と反辞書の検出結果についての違いを理論的に考察し、双方の検出結果が誤検出と未検出も含めて同等であることを示す。第3章では全ての系列を登録した辞書と反辞書について、第4章では一定の長さまでの系列だけを登録した辞書と反辞書について論じる。

## 2 準備

### 2.1 系列

有限アルファベット集合を  $\mathcal{X}$  とする。 $\mathcal{X}$  上の系列を、

$$\mathbf{x}_i^j = x_i x_{i+1} \cdots x_j \quad (i \geq 1, x_k \in \mathcal{X}, i \leq k \leq j)$$

とする。集合のサイズと系列長は  $|\cdot|$  で表記する。例えば、 $|\mathbf{x}_i^j| = j - i + 1$  である。なお、系列長が 0 の系列を空系列とし、 $\lambda$  と表記する。便宜上、 $i > j$  のとき  $\mathbf{x}_i^j = \lambda$  とする。また、長さ  $n (\geq 1)$  の系列  $\mathbf{x}_1^n$  を  $\mathbf{x}^n$  と表記する。

## 2.2 接尾辞と接頭辞

系列  $x^n$  に対して、 $x_i^n$  ( $1 \leq i \leq n$ ) を  $x^n$  の接尾辞と呼ぶ。ここでは、 $x^n$  の全ての接尾辞の集合を、

$$\mathcal{S}(x^n) = \{x_i^n \mid 1 \leq i \leq n\} \cup \{\lambda\}$$

とし、接尾辞演算子  $\sigma$  を  $\sigma(x^n) = x_2^n$  と定義する。

また、 $x_1^n$  ( $1 \leq i \leq n$ ) を  $x^n$  の接頭辞と呼ぶ。ここでは、 $x^n$  の全ての接頭辞の集合を、

$$\mathcal{P}(x^n) = \{x_1^i \mid 1 \leq i \leq n\} \cup \{\lambda\}$$

とし、接頭辞演算子  $\pi$  を  $\pi(x^n) = x_1^{n-1}$  と定義する。

## 2.3 辞書

辞書  $\mathcal{D}(x^n)$  とは、 $x^n$  上に出現する部分系列の全ての集合であり、

$$\mathcal{D}(x^n) = \{x_i^j \mid 1 \leq i \leq j \leq n\} \cup \{\lambda\}$$

と定義する。

登録する系列に長さ  $\ell$  ( $\geq 0$ ) の制限をつけた辞書  $\mathcal{D}^{(\ell)}(x^n)$  とは、 $\mathcal{D}(x^n)$  の要素のうち長さが  $\ell$  以下のもの全てを集めた集合である。したがって、

$$\mathcal{D}^{(\ell)}(x^n) = \{v \mid v \in \mathcal{D}(x^n), |v| \leq \ell\} \quad (1)$$

と定義する。

## 2.4 反辞書

系列  $x^n$  に対して、系列  $v$  が次の (2), (3), (4) のすべてを満すとき、 $v$  を  $x^n$  の極小禁止語と呼ぶ。

$$v \notin \mathcal{D}(x^n), \quad (2)$$

$$\sigma(v) \in \mathcal{D}(x^n), \quad (3)$$

$$\pi(v) \in \mathcal{D}(x^n). \quad (4)$$

反辞書  $\mathcal{A}(x^n)$  とは、 $x^n$  に対する極小禁止語のすべての集合である。すなわち、

$$\mathcal{A}(x^n) = \{v \mid v \notin \mathcal{D}(x^n), \\ \sigma(v) \in \mathcal{D}(x^n), \pi(v) \in \mathcal{D}(x^n)\}$$

と定義される。

登録する系列に長さ  $\ell$  ( $\geq 0$ ) の制限をつけた反辞書  $\mathcal{A}^{(\ell)}(x^n)$  とは、 $\mathcal{A}(x^n)$  の要素のうち長さが  $\ell$  以下のもの全てを要素を集めた集合である。すなわち、

$$\mathcal{A}^{(\ell)}(x^n) = \{v \mid v \in \mathcal{A}(x^n), |v| \leq \ell\}$$

と定義する。

## 3 辞書、反辞書による未出現系列の検出

系列  $x^n$  に対する未出現系列  $y$  とは、 $x^n$  上のどこにも出現していない系列のことである。すなわち、 $y \notin \mathcal{D}(x^n)$  である。

では、任意の系列  $z \in \mathcal{X}^*$  が与えられたとき、 $z$  が  $x^n$  の未出現系列かどうかを調べるにはどうすればよいだろうか。 $z$  の部分系列に注目すると、 $x^n$  に出現する部分系列と出現しない部分系列がある。そこで、 $z$  の辞書  $\mathcal{D}(z)$  について、要素が  $\mathcal{D}(x^n)$  に属する/属しないで分割した集合  $\mathcal{D}_i(z)$  と  $\mathcal{D}_o(z)$  を定義する。

$$\mathcal{D}_i(z) = \{v \mid v \in \mathcal{D}(z), v \in \mathcal{D}(x^n)\}, \quad (5)$$

$$\mathcal{D}_o(z) = \{v \mid v \in \mathcal{D}(z), v \notin \mathcal{D}(x^n)\}. \quad (6)$$

ここで、 $z$  が未出現系列かどうかを辞書を用いて検出する方法を次の命題 1 に示す。

**命題 1** 任意の系列  $z \in \mathcal{X}^*$  に対して、 $\mathcal{D}_i(z) = \mathcal{D}(z)$  ならば  $z \in \mathcal{D}(x^n)$ ,  $\mathcal{D}_i(z) \neq \mathcal{D}(z)$  ならば  $z \notin \mathcal{D}(x^n)$ .

**証明** 最初に、 $\mathcal{D}_i(z) = \mathcal{D}(z)$  ならば  $z \in \mathcal{D}(x^n)$  を証明する。 $z \in \mathcal{D}(z)$  から、 $z \in \mathcal{D}_i(z)$ . (5) から、 $z \in \mathcal{D}(x^n)$ .

次に、 $\mathcal{D}_i(z) \neq \mathcal{D}(z)$  ならば  $z \notin \mathcal{D}(x^n)$  を証明する。 $\mathcal{D}_i(z)$  と  $\mathcal{D}_o(z)$  は、 $\mathcal{D}(z)$  を分割したものだから、 $\mathcal{D}_o(z) = \mathcal{D}(z) \setminus \mathcal{D}_i(z) \neq \emptyset$ . そこで、 $v \in \mathcal{D}_o(z)$  とする。このとき、 $z = uvw$  ( $u, w \in \mathcal{X}^*$ ) とおける。(6) から、 $v \notin \mathcal{D}(x^n)$ . よって、 $z = uvw \notin \mathcal{D}(x^n)$ . □

さらに、反辞書を用いて  $z$  が未出現系列かどうかを検出する方法を次の命題 2 に示す。

**命題 2** 任意の系列  $z \in \mathcal{X}^*$  に対して、 $\mathcal{D}(z) \cap \mathcal{A}(x^n) = \emptyset$  ならば  $z \in \mathcal{D}(x^n)$ ,  $\mathcal{D}(z) \cap \mathcal{A}(x^n) \neq \emptyset$  ならば  $z \notin \mathcal{D}(x^n)$ .

**証明**  $\mathcal{D}(z) = \mathcal{D}_i(z) \cup \mathcal{D}_o(z)$ . よって、 $\mathcal{D}(z) \cap \mathcal{A}(x^n) = (\mathcal{D}_i(z) \cap \mathcal{A}(x^n)) \cup (\mathcal{D}_o(z) \cap \mathcal{A}(x^n))$ . (??), (5) から、 $\mathcal{D}_i(z) \cap \mathcal{A}(x^n) = \emptyset$ . よって、 $\mathcal{D}(z) \cap \mathcal{A}(x^n) = \mathcal{D}_o(z) \cap \mathcal{A}(x^n)$ .

ここで、 $\mathcal{D}(z) \cap \mathcal{A}(x^n) \neq \emptyset$  ならば  $z \notin \mathcal{D}(x^n)$  を証明する。 $\mathcal{D}(z) \cap \mathcal{A}(x^n) = \mathcal{D}_o(z) \cap \mathcal{A}(x^n) \neq \emptyset$ . よって、 $\mathcal{D}_o(z) \neq \emptyset$ .  $\mathcal{D}_i(z)$  と  $\mathcal{D}_o(z)$  は、 $\mathcal{D}(z)$  を分割したものだから、 $\mathcal{D}_i(z) \neq \mathcal{D}(z)$ . 命題 1 から、 $z \notin \mathcal{D}(x^n)$ .

次に、 $\mathcal{D}(z) \cap \mathcal{A}(x^n) = \emptyset$  ならば  $z \in \mathcal{D}(x^n)$  を証明する。いま、 $\mathcal{D}_o(z) \neq \emptyset$  と仮定したとき、ある  $u$  が存在し、 $u = \operatorname{argmin}\{|v| \mid v \in \mathcal{D}_o(z)\}$ . このとき、

(6) から、 $u \in \mathcal{D}(z)$ ,  $u \notin \mathcal{D}(x^n)$ .  $\lambda \in \mathcal{D}(x^n)$  から、 $|u| \geq 1$ . よって、 $\sigma(u), \pi(u) \in \mathcal{D}(x^n)$ . したがって、 $u$  は、(2), (3), (4) を満たすから、 $u \in \mathcal{A}(x^n)$ . これは、 $\mathcal{D}(z) \cap \mathcal{A}(x^n) = \phi$  に反する。よって、 $\mathcal{D}_o(z) = \phi$ . このとき、 $\mathcal{D}_i(z) = \mathcal{D}(z)$ . 命題 1 から、 $z \in \mathcal{D}(x^n)$ . □

命題 1 と命題 2 から、辞書を用いても、反辞書を用いても、未出現系列の検出結果は同等である。すなわち、未出現系列は必ず検出し、既に出現した系列を誤って未出現系列として検出することはない。

#### 4 登録する系列に長さ制限のある辞書、反辞書による未出現系列の検出

組込み機器の場合、使用できるメモリ量が限られている。辞書と反辞書に登録されている系列を全て記憶するのは難しい。そのため、登録する系列に長さ制限を付けた辞書と反辞書を用いることが多い。このとき、辞書と反辞書とで未出現系列の検出結果に違いがあるだろうか。これを確かめるために、 $\mathcal{D}_i(z)$ ,  $\mathcal{D}_o(z)$  を、次のように拡張する。

$$\mathcal{D}_i^{(\ell)}(z) = \{v | v \in \mathcal{D}^{(\ell)}(z), v \in \mathcal{D}^{(\ell)}(x^n)\}, \quad (7)$$

$$\mathcal{D}_o^{(\ell)}(z) = \{v | v \in \mathcal{D}^{(\ell)}(z), v \notin \mathcal{D}^{(\ell)}(x^n)\}. \quad (8)$$

一方、未出現系列  $y$  に対して、 $\mathcal{D}_o(y) \neq \phi$  は自明である。そこで、 $\mathcal{D}_o(y)$  の中で最も系列長が短い要素を  $y_{\min}$  とする。すなわち、

$$y_{\min} = \operatorname{argmin}\{|v| | v \in \mathcal{D}_o(y)\} \quad (9)$$

と定義する。

この  $y_{\min}$  と登録する系列に長さ  $\ell$  の制限を付けた辞書との関係について、次の命題 3 で示す。

**命題 3** 任意の未出現系列  $y \notin \mathcal{D}(x^n)$  に対して、 $\ell (\geq 0)$  が与えられたとき、 $\ell < |y_{\min}|$  ならば、 $\mathcal{D}_i^{(\ell)}(y) = \mathcal{D}^{(\ell)}(y)$ .  $\ell \geq |y_{\min}|$  ならば、 $\mathcal{D}_i^{(\ell)}(y) \neq \mathcal{D}^{(\ell)}(y)$ .

**証明** 最初に、 $\ell < |y_{\min}|$  ならば、 $\mathcal{D}_i^{(\ell)}(y) = \mathcal{D}^{(\ell)}(y)$  を証明する。(9) から、 $y_{\min}$  は  $\mathcal{D}_o(y)$  の要素の中で最小の長さの系列である。よって、 $v \in \mathcal{D}^{(\ell)}(y)$  とおくと、(5), (6) から、 $v \in \mathcal{D}(x^n)$ .  $|v| \leq \ell$  なので、 $v \in \mathcal{D}^{(\ell)}(x^n)$ . よって、(7) から、 $v \in \mathcal{D}_i^{(\ell)}(y)$ . したがって、 $\mathcal{D}_i^{(\ell)}(y) \subseteq \mathcal{D}^{(\ell)}(y)$  から、 $\mathcal{D}_i^{(\ell)}(y) = \mathcal{D}^{(\ell)}(y)$ .

次に、 $\ell \geq |y_{\min}|$  ならば、 $\mathcal{D}_i^{(\ell)}(y) \neq \mathcal{D}^{(\ell)}(y)$  を証明する。(9) から、 $y_{\min} \in \mathcal{D}_o(y)$ . (6) から、 $y_{\min} \in \mathcal{D}(y)$ ,  $y_{\min} \notin \mathcal{D}(x^n)$ .  $\ell \geq |y_{\min}|$  と (1) から、 $y_{\min} \in$

$\mathcal{D}^{(\ell)}(y)$ . また、 $\mathcal{D}^{(\ell)}(x^n) \subseteq \mathcal{D}(x^n)$ . よって、 $y_{\min} \notin \mathcal{D}(x^n)$  から、 $y_{\min} \notin \mathcal{D}^{(\ell)}(x^n)$ . したがって、(8) から、 $y_{\min} \in \mathcal{D}_o^{(\ell)}(y)$ . ここで、 $\mathcal{D}_i^{(\ell)}(y)$  と  $\mathcal{D}_o^{(\ell)}(y)$  は、 $\mathcal{D}^{(\ell)}(y)$  を分割したものであるから、 $\mathcal{D}_i^{(\ell)}(y) = \mathcal{D}^{(\ell)}(y) \setminus \mathcal{D}_o^{(\ell)}(y)$ . すなわち、 $\mathcal{D}_i^{(\ell)}(y) \neq \mathcal{D}^{(\ell)}(y)$ . □

登録する系列に長さ  $\ell$  の制限を付けた辞書  $\mathcal{D}^{(\ell)}(x^n)$  を用いて命題 1 の方法で未出現系列を検出するとき、命題 3 から、以下のことがわかる。

- 系列  $y$  が  $|y_{\min}| \leq \ell$  のときは、未出現系列として必ず検出する。
- 系列  $y$  が  $|y_{\min}| > \ell$  のときは、未出現系列として検出できない。
- 出現系列を誤って未出現系列として検出することはない。

次に、 $y_{\min}$  と反辞書との関係について、次の命題 4 を示す。

**命題 4** 任意の未出現系列  $y \notin \mathcal{D}(x^n)$  に対して、 $y_{\min} \in \mathcal{A}(x^n)$ .

**証明**  $\lambda \in \mathcal{D}(x^n)$  から、 $y_{\min} \neq \lambda$ . すなわち、 $|y_{\min}| \geq 1$ .  $|\sigma(y_{\min})| < |y_{\min}|$  と (9) から、 $\sigma(y_{\min}) \in \mathcal{D}_i(y)$ . よって、 $\sigma(y_{\min}) \in \mathcal{D}(x^n)$ . 同様に、 $|\pi(y_{\min})| < |y_{\min}|$  から、 $\pi(y_{\min}) \in \mathcal{D}(x^n)$ . したがって、 $y_{\min} \in \mathcal{A}(x^n)$ . □

命題 4 から、登録する系列に長さ  $\ell$  の制限を付けた反辞書  $\mathcal{A}^{(\ell)}(x^n)$  を用いて命題 2 の方法で未出現系列を検出するとき、以下のことがわかる。

- 系列  $y$  が  $|y_{\min}| \leq \ell$  のときは、 $y_{\min} \in \mathcal{A}^{(\ell)}(x^n)$  である。よって、未出現系列として必ず検出する。
- 系列  $y$  が  $|y_{\min}| > \ell$  のときは、 $y_{\min} \notin \mathcal{A}^{(\ell)}(x^n)$  である。よって、未出現系列として検出できない。
- 出現系列を誤って未出現系列として検出することはない。

すなわち、登録する系列に長さ制限がある場合でも、辞書と反辞書の未出現系列の検出結果は同等である。両方とも未出現系列を検出できない場合があるが、同じ未出現系列を見逃している。

## 5 おわりに

本研究では、辞書と反辞書とで未出現系列の検出に違いがあるかどうかを理論的に考察した。その結果、未検出と誤検出の条件も含めて、検出結果は全く同等であることがわかった。さらに組込み機器のようなメモリ量が少ない環境を考慮し、一定の長さまでの系列だけを登録した辞書と反辞書についても検出に違いがあるかどうかを調べた。こちらについても、検出結果は全て同等であった。

ところで、辞書の要素数は  $O(n^2)$ 、反辞書の要素数は  $O(n)$  である<sup>3)</sup>。検出結果が同等であるなら、反辞書の方が使用するメモリ量を少なくすることができる。さらに、反辞書から反辞書オートマトンを構築することで、オートマトンの状態遷移だけで過去に出現した/しないが判定できる。状態遷移は組込みソフトウェアではよく使われるプログラミング手法なので、組込み機器への実装が容易である。また、オートマトンなので、組込み機器への負荷が少なく、処理も高速である。したがって、組込み機器の場合、反辞書オートマトンを用いて未出現系列を検出するほうがよいだろう。

未出現系列の検出結果が辞書と反辞書とで同じことが理論的に導けたので、今後は組込み機器上での未出現系列検出プログラムの作成に取り掛かりたい。

### 参考文献

- 1) M. Crochemore, F. Mignosi, A. Restivo, and S. Salemi. Data compression using antidictionaries. *Proc. IEEE*, Vol. 88, No. 11, pp. 1756–1768, 2000.
- 2) 深江裕忠. 反辞書によるデータの「予測と検知」の可能性. 平成 22 年度 四国ブロックポリテクビジョンものづくり研究発表会, 2011.
- 3) H. Morita and T. Ota. A tight upper bound on the size of the antidictionary of a binary string. *2005 International Conference on Analysis of Algorithms DMTCS Proc.*, pp. 391–396, 2005.

# 逐次近似による単一オペアンプバイカッド回路の最適設計手法

## －GB積の影響を考慮したRCアクティブフィルタ設計手法について－

生産情報システム技術科 稲益悦夫

### Optimal Design Method for the SAB Circuit Using Successive Approximations

－ About the Design Approach of Active RC Filter considering the Effects of GBW －

Etsuo INAMASU

**概要** アクティブフィルタは、信号処理回路の設計において非常に重要な回路である。近年では、低消費電力で高速広帯域の高性能オペアンプが入手し易くなってきておりビデオ信号周波数帯域での利用も可能になってきている。しかし、アクティブフィルタ設計では、従来から、使用オペアンプのGB積の影響を如何にして補償するかという問題があった。

今回、上記問題解決のため、単一オペアンプのフィルタ回路を対象として、GB積の影響を補償する設計手法を検討した。その結果、受動素子値の逐次近似最適化のみで、1MHz付近までGB積の影響を補償した精密なフィルタ周波数特性を実現できることを確認した。

## 1. はじめに

近年では、デジタル技術の進展によってビデオ信号等の高周波帯域でもデジタルフィルタが利用され始めている。また、高周波帯域ではインダクタとキャパシタを使用したパッシブフィルタが比較的小型化可能でありアクティブフィルタと競合しているが、表面実装部品による高密度実装技術の普及やアナログ回路のIC化に伴い、アクティブフィルタを実装する例が徐々に広がってきている。

従来、アクティブフィルタは電話回線用のモデムやオーディオ装置等の音声帯域における電子回路においてパッシブフィルタに代わるキーパーツとして利用されてきたが、広帯域オペアンプの普及によりビデオ信号帯域まで利用されてきている。しかし、高周波帯域での利用において回路の発振を抑制するためには、1次極位相補償型のオペアンプの使用が不可欠であるため、GB積(GBW)の影響を考慮してフィルタを設計する手法が必要となる。

今回、上記のオペアンプのGB積の影響に着目し、フィルタの振幅周波数特性(以下、単に周波数特性)に及ぼす影響の補償方法について検討した。高周波帯域でオペアンプのGB積の影響を補償する方法については、文献<sup>1)</sup>でも報告されているが、小文ではJ.J.FriendのSAB回路<sup>2)</sup>を原型のまま使用し、素子値の逐次最適化手法によりオペアンプの影響を補償する方法について提案している。

## 2. 単一オペアンプのフィルタ回路設計

1個のオペアンプによる回路でフィルタの構成に必要な多様な2次伝達関数を実現できる回路としてJ.J.Friendが提案した著名なSAB回路(Single Amplifier Biquad Circuit)がある。小文では、Friend回路とも呼ばれているこのSAB回路を対象として、オペアンプの影響を考慮した高周波帯域におけるアクティブフィルタ設計手法を提案する。

### 2.1 SAB回路の概要

フィルタ設計では、フィルタの伝達特性の仕様が決めると図表や関数表等を使用して複素周波数 $s$ の有理関数形式の伝達関数が求められる。アクティブフィルタでは、この伝達関数を1次の伝達関数

$$T_0(s) = K_0 \frac{a_0 s + b_0}{s + c_0} \quad (1)$$

と2次の伝達関数

$$T_i(s) = K_i \frac{a_i s^2 + b_i s + c_i}{s^2 + \frac{\omega_{pi}}{Q_i} s + \omega_{pi}^2} \quad (2)$$

に因数分解された形で利用する。そして、これらを実現する1次または2次のフィルタ回路を縦続接続してフィルタを構成する。フィルタ回路の設計に際しては特に(2)式の伝達関数を有するフィルタ回路

の実現が課題となる。これまでに数多くの回路構成が提案されているが、実用的には1個のオペアンプで2次の伝達関数を実現する回路が望まれる。

図1にJ.J.FriendのSAB回路の基本構成を示す。この回路は、1個のオペアンプを使用する回路であり共通配線パターンを使用して抵抗器やキャパシタの配置や配線を若干変更するだけで、(2)式で表される有極型の低域通過フィルタや高域通過フィルタ等を始め、殆ど全ての2次伝達関数を実現できる。

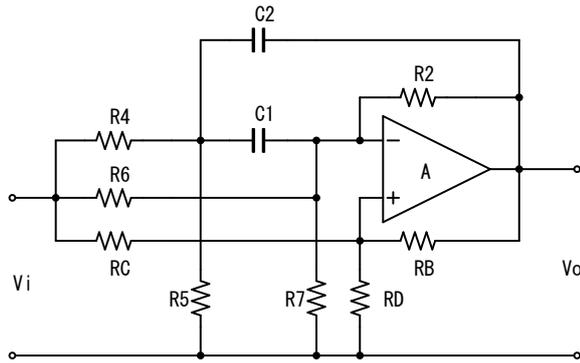


図1 J.J.FriendのSAB回路<sup>2),3)</sup>

## 2.2 フィルタ回路設計の概要

本節ではフィルタの設計で基本となる低域通過型フィルタの応用例として、エリプティックフィルタの設計に必要となる2次の有極型低域通過フィルタを図1のSAB回路により構成し、節点解析を行って素子値を計算する手順を説明する。

### 2.2.1 設計対象のフィルタ回路

図1のSAB回路より抵抗R6を除去すると2次の有極型低域通過フィルタが得られ、抵抗R7を除去すれば高域通過フィルタが得られる。今回はR6を除去した有極型低域通過フィルタを設計する。簡単のために抵抗R8も除去する。さらに素子値計算を分かりやすくするために抵抗器の番号を付け直した回路を図2に示す。

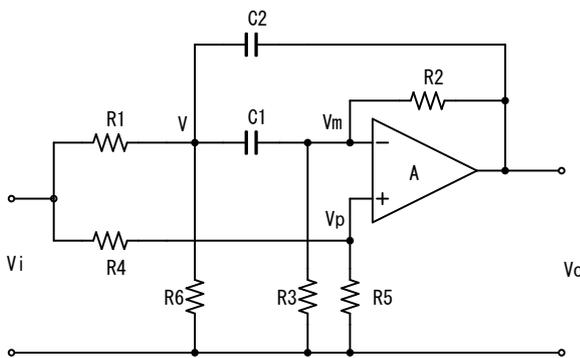


図2 2次有極低域通過フィルタ回路

### 2.2.2 フィルタ回路の解析と素子値計算

図2の回路で $C_1, C_2, R_1, R_6$ の共通節点電位を $V$ 、オペアンプの反転入力端子の電位を $V_m$ 、正相入力端子の電位を $V_p$ とすると以下の節点方程式が得られる。<sup>3)</sup>

$$\begin{aligned} V(G_1 + G_6 + sC_1 + sC_2) \\ -V_i G_1 - V_m sC_1 - V_o sC_2 = 0 \end{aligned} \quad (3)$$

$$V_p(G_4 + G_5) - V_i G_4 = 0 \quad (4)$$

$$V_m(G_2 + G_3 + sC_1) - V_s C_1 - V_o G_2 = 0 \quad (5)$$

$$A(s)(V_p - V_m) - V_o = 0 \quad (6)$$

$A(s)$ は1次極位相補償型オペアンプの利得であり、設計する周波数範囲で次式のように近似される。

$$A(s) = \frac{A_0 \omega_a}{s + \omega_a}, \quad \text{GB積} = A_0 \omega_a \quad (7)$$

これらを連立して解くことによって伝達関数

$$T(s) = \frac{V_o}{V_i} \quad (8)$$

が得られ、素子値計算式を導くことができる。しかし、オペアンプの利得の式 $A(s)$ は分母側に $s$ の1次式を含むので、そのまま使用すると連立方程式の解の次数が3次に昇次してしまい代数的に解を求めることが困難になる。このため、直流利得 $A_0$ すなわちGB積を無限大とし、(6)式を簡略化し

$$V_p - V_m = 0 \quad (9)$$

とする。これより、次の伝達関数式が得られる。

$$T(s) = \beta \frac{s^2 + sB(s) + \frac{(G_1 + G_6)(G_2 + G_3)}{C_1 C_2}}{s^2 + \frac{C_1 + C_2}{C_1 C_2} G_2 s + \frac{(G_1 + G_6)G_2}{C_1 C_2}} \quad (10)$$

ただし

$$B(s) = \frac{G_1 + G_6}{C_2} + \frac{C_1 + C_2}{C_1 C_2} (G_2 + G_3) - \frac{G_1}{\beta C_2} \quad (11)$$

(10)式の $s$ の係数を、次式の2次有極型伝達関数

$$T(s) = \beta \frac{s^2 + \omega_z^2}{s^2 + \frac{\omega_p}{Q} s + \omega_p^2} \quad (12)$$

の各係数と比較し、回路の素子値を計算すると

$$G_1 = \beta C_2 \omega_p \left( \frac{C_1 + C_2}{C_2} Q + \frac{\omega_z^2}{Q \omega_p^2} \right) \quad (13)$$

$$G_2 = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} \frac{\omega_p}{Q} \quad (14)$$

$$G_3 = \left( \frac{\omega_z^2}{\omega_p^2} - 1 \right) G_2 \quad (15)$$

$$\beta = \frac{G_4}{G_4 + G_5} \quad (16)$$

$$G_4 = \frac{\beta}{1 - \beta} G_5 \quad (17)$$

$$G_6 = Q \omega_p (C_1 + C_2) - G_1 \quad (18)$$

となり、 $\beta$ の値が1以下であれば各素子値が計算できるようになる。

$G_1 = Q \omega_p (C_1 + C_2)$ とすると、 $G_6 = 0$ となるが、

$$\beta = \frac{Q(C_1 + C_2)}{C_2 \left( \frac{C_1 + C_2}{C_2} Q + \frac{\omega_z^2}{Q \omega_p^2} \right)} \quad (19)$$

となり $\beta$ の値は固定される。

素子値計算手順としては、始めに $\beta$ 値を指定し、次に $G_4$ 、 $G_5$ を決定し、 $G_1 \sim G_3$ を順次計算する。このとき(18)式の右辺が正となるよう注意する必要がある。なお(19)式の $\beta$ 値を使用すると $G_6 = 0$ となり $R_6$ を省略でき、素子値計算も簡単になる。

## 2. 3 オペアンプGB積の影響

前節でオペアンプのGB積を無限大とした場合のフィルタ回路素子値の計算方法を示した。しかし、この計算値を使用して回路を実装するとオペアンプのGB積の影響によりフィルタの周波数特性は設計値からの偏差を生じるので精密な周波数特性が要求される用途には使用できない。設計するフィルタの周波数範囲にてGB積が充分大きくなければ周波数特性の偏差が大きくなり、深刻な問題となる。

一方GB積の大きなオペアンプの使用は電力消費やコスト、安定性の面で不利を招き、GB積の影響を1次極位相補償型として設計できるオペアンプを選定する必要がある。以下に、1次極位相補償が及ぼすフィルタ周波数特性への影響について述べる。

### 2. 3. 1 GB積の影響の解析<sup>3)</sup>

オペアンプのGB積の影響を計算するために図2のフィルタ回路を図3のように書き換える。

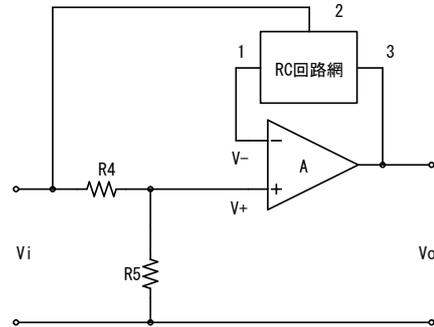


図3 正相入力付き負帰還型回路

これにより、図3の回路の伝達関数は

$$T(s) = \frac{V_o}{V_i} = \frac{\beta - T_{FF}(s)}{T_{FB}(s) + \frac{1}{A(s)}} \quad (20)$$

さらに、 $T_{FF}(s) = \frac{N_{FF}(s)}{D(s)}$ 、 $T_{FB}(s) = \frac{N_{FB}(s)}{D(s)}$ より

$$T(s) = \frac{\beta D(s) - N_{FF}(s)}{N_{FB}(s) + \frac{1}{A(s)} D(s)} \quad (21)$$

となる。上式より、伝達関数 $T(s)$ へのオペアンプの周波数特性 $A(s)$ の影響を計算できるようになる。

### 2. 3. 2 GB積の影響の計算

(21)式の $N_{FF}(s)$ 、 $N_{FB}(s)$ 、 $D(s)$ は図3のRC回路網を図2のフィルタ回路から取り出して容易に求めることができる。伝達関数 $T(s)$ は、分母多項式にオペアンプの周波数特性 $A(s)$ の項を含んでいるのでこれに(7)式を代入して、フィルタ回路の伝達関数を計算すると(22)式を得る。

$$T(s) = \beta \frac{s^2 + sB(s) + \frac{(G_1 + G_6)(G_2 + G_3)}{C_1 C_2}}{s^2 + \frac{C_1 + C_2}{C_1 C_2} G_2 s + \frac{(G_1 + G_6) G_2}{C_1 C_2} + \text{※}} \quad (22)$$

$$\text{※} \frac{s + \omega_a}{A_0 \omega_a} \left[ s^2 + F(s)s + \frac{(G_1 + G_6)(G_2 + G_3)}{C_1 C_2} \right]$$

$$\text{ただし、} F(s) = \frac{G_1 + G_6}{C_2} + \frac{C_1 + C_2}{C_1 C_2} (G_2 + G_3) \quad (23)$$

(22)式にオペアンプのGB積を無限大と仮定して計算した素子値を代入し、オペアンプ直流利得  $A_0$ 、1次極周波数  $\omega_a$  に実際に使用するオペアンプの値を代入してGB積の影響を考慮したフィルタ特性を計算することができる。多くの汎用オペアンプでは保証されていないが実際に測定すると正確な位相補償が行われているようである。これよりフィルタ設計時に直流利得  $A_0$ 、1次極周波数  $\omega_a$  を確認することにより、(22)式を使用した設計が可能になる。

図4に、(22)式を使用して計算したフィルタ回路の伝達特性の計算結果を示す。図4より伝送零点は166.2kHz(4.の表2の#3区間の設計値参照)から移動していないが、100kHz付近の伝送極は90kHz付近に移動しており、大きな誤差が生じている。この問題は、GB積の大きな広帯域オペアンプを使用すれば充分改善されるが、前述のように発振のリスクの高まりやコストの増大で好ましくない。伝送極の移動は1次極位相補償によるフィルタ回路伝達関数のポールシフトとして知られている。このポールシフトを想定し、予め伝送極を移動しておく前置補償法がよく利用されている。しかし、正確な設計は難しく、誤差が残るため精密なフィルタ特性が必要な用途では更に微調整が必要になる。

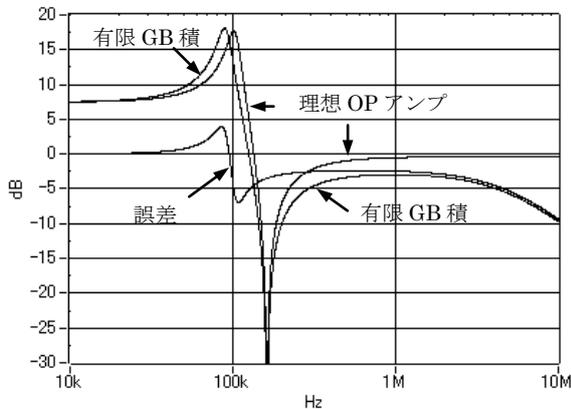


図4 フィルタ特性へのGB積の影響#3区間

## 2.4 GB積の影響の補償方法

本節では、受動素子が集中定数素子として動作する周波数帯域として、上限を1MHz程度として精密なフィルタ周波数特性を実現する手法を述べる。

手順として、まずオペアンプ直流利得  $A_0$  と1次極周波数  $\omega_a$  を測定し、これに基づいてフィルタ回路の素子値を繰返し修正して、周波数特性が規格を満たすようにコンピュータ上で最適化を行う。最適化手法としては直接探索法のアルゴリズムを使用し、(22)式の伝達関数  $T(s)$  の周波数特性とその設計値との偏差が極小になるように近似する。

## 2.4.1 SAB回路の素子感度

周波数特性は、素子感度の傾向より誤差を補正できる素子を選んで調整する。(22)式より1次極位相補償型のオペアンプを使用したフィルタ回路の素子感度を計算できる。評価指標としてはQの素子感度  $S_x^Q$  や  $\omega_p$  の素子感度  $S_x^{\omega_p}$  等が使用される。ここでは、図5に実用的な素子値変動の計算例を示す。

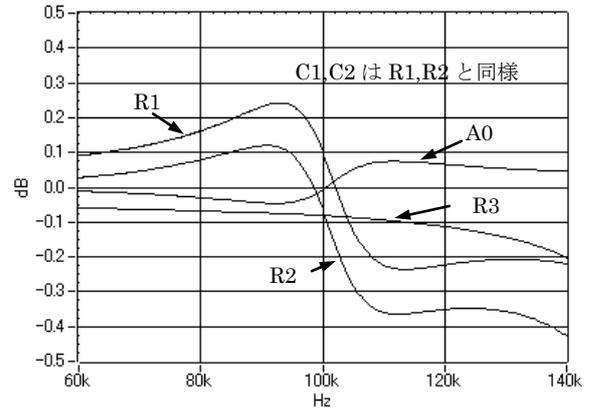


図5 周波数偏差の素子値変動特性#3区間

## 2.4.2 SAB回路の素子値の逐次近似手法

回路の各素子値を要素とする素子値ベクトル  $X$  を以下のように定義する。

$$X = (C_1, C_2, R_1, R_2, R_3, R_4, R_5, R_6, A_0, \omega_a) \quad (24)$$

これを用いると伝達関数  $T(s)$  は

$$T(s) = T(s; X) \quad (25)$$

と表される。 $T(s)$  の設計値からの偏差を  $\varepsilon(s; X)$  として以下の誤差関数を定義することができる。

$$\varepsilon(s; X) = \| T(s; X) - T(s)_{\text{desired}} \| \quad (26)$$

ただし、 $s = j\omega$ 、 $\omega = 2\pi f$  であり、 $f$  は特性評価を行う周波数帯域における周波数とし、 $\| \cdot \|$  は適当なノルムとする。これよりSAB回路の素子値の決定は図5の素子値変動特性に基づき、素子値ベクトル  $X$  を反復修正しながら、(26)式の誤差関数を最小化する逐次近似問題として定式化される。

## 2.4.3 伝送零点周波数の調整

逐次近似により、最適な素子値ベクトル  $X$  を求めることができるが、伝送極や伝送零点の位置が設計値から動く可能性がある。特に、伝送零点についてはトラップ周波数として利用する場合、位置を正確に維持する必要がある。このため(10)式や(22)式より  $\omega_z$  が  $G_3$  単独で調整可能なことを利用し、次式にて  $G_3$  の値を求め伝送零点周波数を調整している。

$$G_3 = \omega_z^2 \frac{C_1 C_2}{G_1} - G_2 \quad (27)$$

### 3. SAB回路の最適化プログラム

前節までに、フィルタの伝達関数から回路定数を計算する手順やオペアンプのGB積の影響を補償するための素子値調整手順等のアルゴリズムの概要を示した。アクティブフィルタの設計手順としては、伝達関数決定後、GB積を無限大として回路素子値を計算し、次にオペアンプGB積の影響を補償するために受動素子の反復修正計算を行うこととなる。

本節では、素子値修正のアルゴリズムとして直接探索法を使用した逐次近似手法に基づく回路素子値の反復修正計算の手順について述べる。

#### 3.1 最適値探索のアルゴリズム

誤差関数  $\varepsilon(s; X)$  は周波数  $f$  に対して連続な関数であり、ノルム  $\| \cdot \|$  を例えば最大値として誤差関数を計算できる。プログラムでは乱数を用いて素子値  $R_1$  と  $R_2$  を生成し、 $R_3$  は(27)式に  $R_1$  と  $R_2$  を代入して求め、誤差関数  $\varepsilon(s; X)$  の計算ルーチンへ渡し、返される誤差が許容値以下になるまで直接探索法により繰り返し計算する。(プログラムの概要は付録参照)

#3 区間について通過帯域最大誤差 0.2dB で最適化した後の素子値ベクトル  $X$  の抵抗  $R_1$  成分に対する誤差関数  $\varepsilon(s; X)$  の変化の様子を図6に示す。図6の中央付近(100kHzで124.2Ω)に  $R_1$  の最適点がある。誤差 0.05dB 程度まで近似可能であるが阻止帯域への影響を考慮し 0.2dBmax としている。

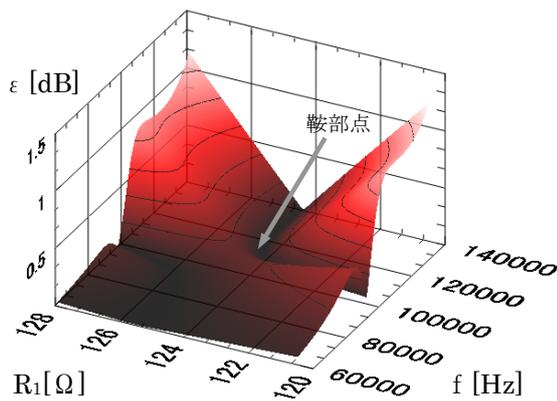


図6 誤差関数  $\varepsilon(s; X)$  #3区間

#### 3.2 直接探索法による最適化手法

回路の伝達関数が素子値ベクトル  $X$  に対して微分可能であれば最急降下法などが利用できる。しかし、導関数の計算は複雑であり、数值的に計算せざるを得なくなる。今回は(23)式のベクトル  $X$  を(22)式に直接代入して(25)式より周波数特性偏差の直接的な

評価を行う。そして素子値を徐々に変化させながら誤差関数  $\varepsilon(s; X)$  を極小化する素子値を求める直接探索法を用いる。図7に直接探索法による逐次近似プログラムのフローチャートを示す。

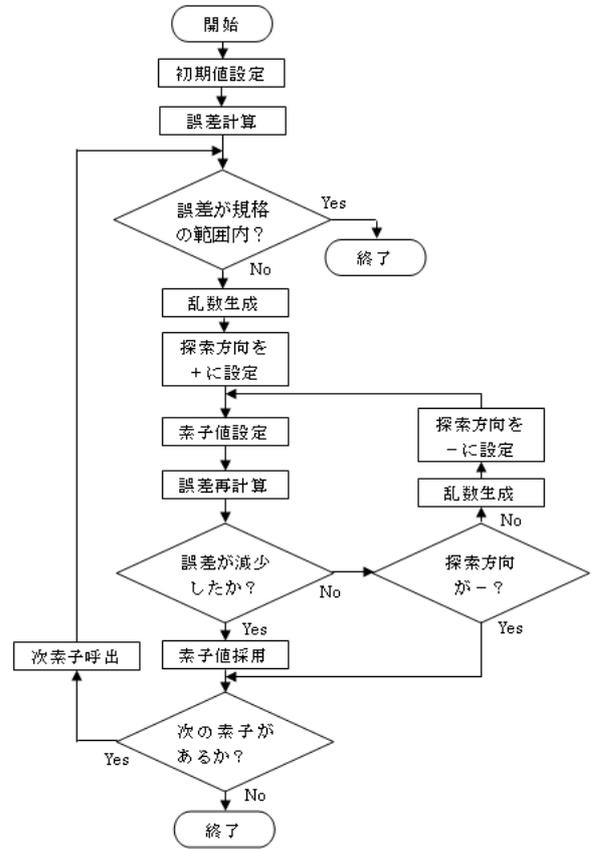


図7 逐次近似プログラムのフローチャート

#### 3.3 最適化プログラムの実行結果

フィルタの区間毎に最適化プログラムを実行して得られた素子値(4章の表4の最適値参照)を使用してフィルタ全区間の周波数特性を計算した結果を図8に示す。100kHzの帯域端まで設計値に対し0.1dB程度で近似している。

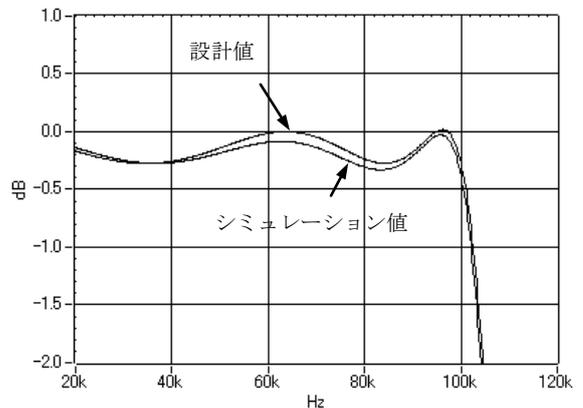


図8 通過帯域特性の最適化結果

## 4. フィルタ回路の試作・評価

小文で示した設計手法を検証するために、5 次のエリプティックフィルタ回路を試作・評価した。

### 4. 1 フィルタ回路設計・試作

フィルタの減衰量規格を図9及び表1に示す。

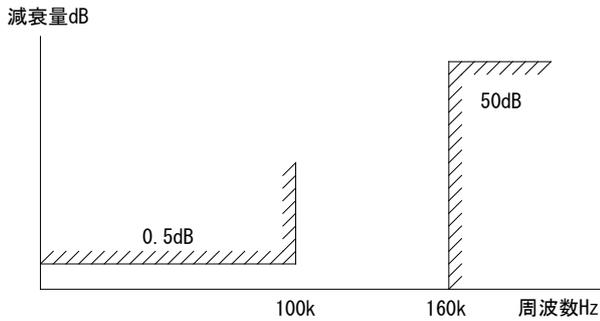


図9 フィルタ減衰量規格

表1 低域通過フィルタの減衰特性規格

項目	規格
通過域減衰量 $A_p$	0.5dB 以内
阻止域減衰量 $A_s$	50 dB 以上
通過域上限周波数 $f_p$	100 kHz
阻止域下限周波数 $f_s$	160 kHz

表2は、設計図表より求めたフィルタの伝達関数である。表2の中で#1の区間は1次のCR低域通過回路で構成し、#2と#3の区間を2.2節の図2に示した2次有極型低域通過フィルタで構成した。

表2 フィルタ伝達関数の極・零周波数、Q

区間	区間利得 K	極周波数 $f_p$ [kHz]	零周波数 $f_z$ [kHz]	Q
#1	1.0	49.63	—	—
#2	1.0	79.1	244.6	1.18
#3	1.0	103.4	162.2	5.32

表3にオペアンプのGB積を無限大と仮定し、(13)~(19)式を使用して計算した各フィルタ区間の初期素子値を示す。表4は、3.2節のアルゴリズムを用いた最適化プログラムを使用して計算した最適化後の各区間の回路の素子値である。

オペアンプ直流利得  $A_0$  と1次極周波数  $\omega_a$  の測定値を使用し、キャパシタ値は1000pF 誤差1%規格のものを測定した値を最適化プログラムに入力している。最適化は、通過帯域のみを対象としている。

エリプティックフィルタの製作は、表4の最適値をE-96シリーズの抵抗値に置き換えるため、可変抵抗器を使用してそれぞれの抵抗をE-96値の範囲内となるように調整した。表5にE-96値を示す。今回の試作では、図2の回路のR6を省き、(19)式を使用して利得定数  $\beta$  値を計算している。

図10に後段にレベル調整用の反転増幅器を配置したエリプティックフィルタの全回路図を示す。

表3 各フィルタ区間の素子の理想値 (単位  $\Omega$ )

区間	Rx1	Rx2	Rx3	Rx4	Rx5
#1	3.207k	16.72k	—	—	—
#2	852.6	4.748k	554.6	3.434k	1k
#3	144.7	16.38k	11.21k	869.4	20k

注) キャパシタ値はC1, C2とも1000pF

表4 各フィルタ区間の素子の最適値 (単位  $\Omega$ )

区間	Rx1	Rx2	Rx3	Rx4	Rx5
#1	3.191k	3.191k	—	—	—
#2	708.2	4.825k	682.3	1.862k	786
#3	124.2	14.17k	17.10k	641	20k

表5 各フィルタ区間の素子のE-96値 (単位  $\Omega$ )

区間	Rx1	Rx2	Rx3	Rx4	Rx5
#1	3.16k	3.16k	—	—	—
#2	715	4.87k	681	1.87k	787
#3	124	14.3k	17.4k	649	20.0k

注) xは区間番号

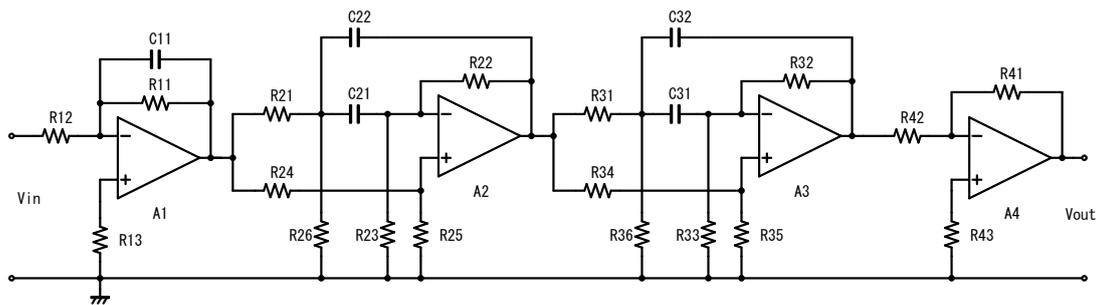


図10 5次低域通過エリプティックフィルタ回路

#### 4. 2 フィルタ回路測定・評価

図 1 1 に、実際に試作したフィルタ回路を示す。オペアンプは LF411C を使用している。抵抗値調整のみで複雑な周波数特性調整は一切行っていない。

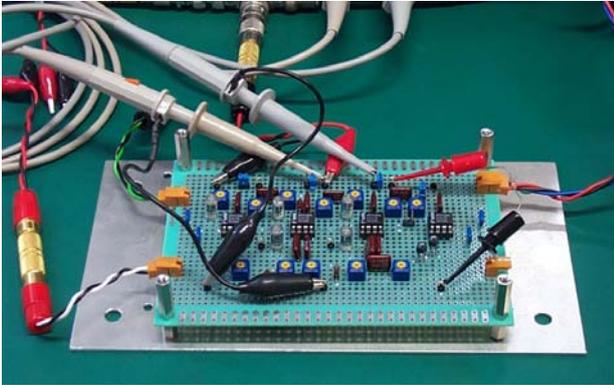


図 1 1 測定中のフィルタ回路

試作した各フィルタ区間の回路の周波数特性測定結果を図 1 2 に示す。#2 と #3 の区間は、(19)式の  $\beta$  値を使用しており、数 dB の利得があるが、各区間のフィルタ周波数特性が正確に実現されていることがわかる。フィルタ区間の利得を設定したい場合は R6 を追加し、(18)式の値が正であることを確認しながら、(16)式の  $\beta$  値を決定すればよい。

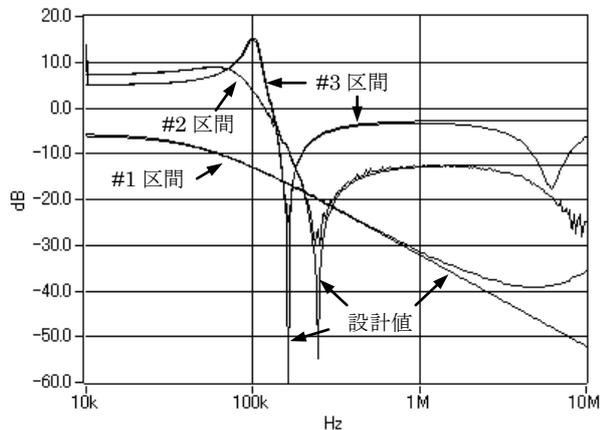


図 1 2 各フィルタ区間の周波数特性

オペアンプ LF411C の利得  $A_0$  と極周波数  $\omega_a$  の値は、図 1 0 の後段の反転増幅回路の利得を 10dB に設定して測定した周波数特性を目標値として、次式にて逐次近似最適化プログラムを使用して求めた。

$$T(s) = -\frac{G_2}{\frac{s + \omega_a}{A_0 \omega_a} (G_1 + G_2) + G_1} \quad (28)$$

$A_0 \doteq 3.8E+5$ ,  $f_a \doteq 10(\omega_a = 2\pi f_a)$  であった。

図 1 3 に全区間を縦続接続した後のフィルタ特性の測定結果を示す。設計周波数上限である 1MHz まで精密な周波数特性が得られている。図 1 4 は通過帯域、図 1 5 は阻止帯域の拡大表示である。100kHz までの通過帯域でのリップルや 160kHz 以上の阻止帯域における伝送零点が許容差の範囲で正確に実現されていることが確認できる。

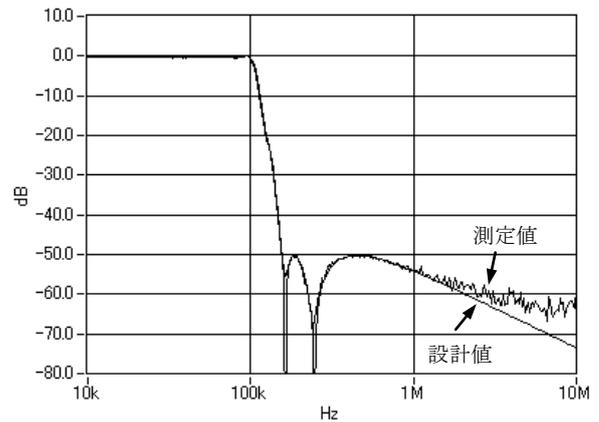


図 1 3 フィルタ周波数特性の測定結果

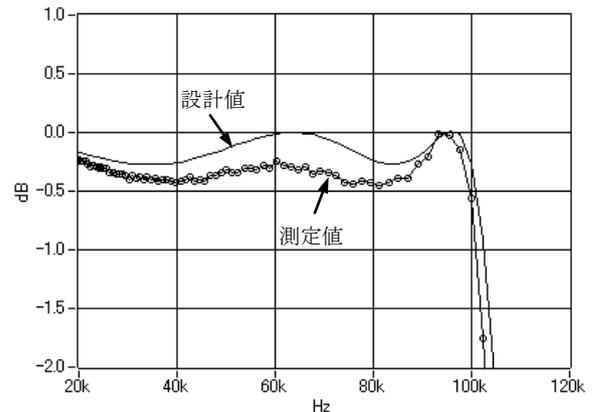


図 1 4 通過帯域減衰量の拡大表示

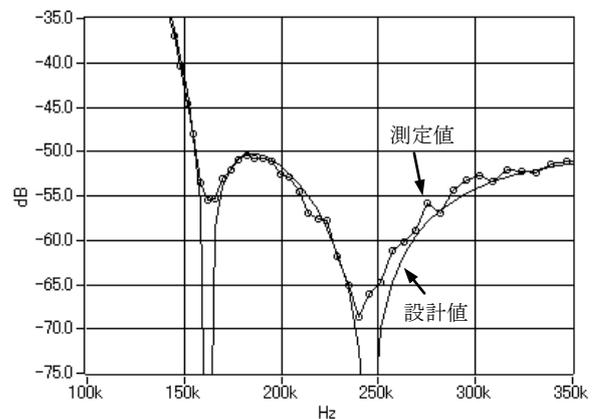


図 1 5 阻止帯域減衰量の拡大表示

### 4. 3 試作結果、考察

今回のフィルタに使用したオペアンプ LF411C の GB 積は公称値で 4MHz である。測定した結果では 3.8MHz であった。フィルタの周波数特性測定結果は 1MHz 付近まで設計値と良好な一致を示しているが、1MHz を少し越えた点から誤差が増大している。オシロスコープ波形観測の結果、波形が歪み始めるのでオペアンプの利得低下やスルーレートによる出力低下に起因すると考えられる。その他にオペアンプの入力におけるミラー容量の影響や受動素子の寄生要因の影響等が考えられる。これらの結果から 1MHz 付近までは通過帯域、阻止帯域共に精密な周波数特性を実現できることが確認できる。

## 5. まとめ

フィルタ回路の原型を保持したまま素子値の最適化のみで GB 積の影響の補償を実施できることを示した。また、実際に回路を試作し評価結果に基づいて提案した手法の有効性を示した。

本手法の採用により 1MHz 付近までのフィルタをコンピュータにより精密に設計することができ、フィルタを無調整で組み立てることができる。

## 6. おわりに

オペアンプの影響を考慮した高精度な周波数特性を実現できるフィルタ設計が可能になった。これにより、安価になってきた高性能広帯域オペアンプを使用し、チップ抵抗やコンデンサ等の表面実装部品を使用することで、ビデオ信号帯域の小型フィルタを実現できる見通しを得ることができた。

### 参考文献

- 1)Ishikawa, Fukai : "The Frequency Response Improvement of RC Active Filter by GBP compensation",Rep.Fac.Sci. Engrng, Saga Univ, Vol.32,No.1,2003  
http://ci.nii.ac.jp/naid/110000412894/
- 2)J.J.Friend et.al.: "STAR:An Active Biquadratic Filter Section", IEEE Trans., vol.CAS-22, no.2 pp.115-121, Feb.1975
- 3)GDARYANANI:"PRINCIPLES OF ACTIVE NETWORK SYNTHESIS AND DESIGN", JOHN WILEY & SONS, 1976, pp.241-254, pp.320-326, pp.407-420

著者 E-mail : inamasu@shikoku-pc.ac.jp

## 付録 最適化プログラムの概要

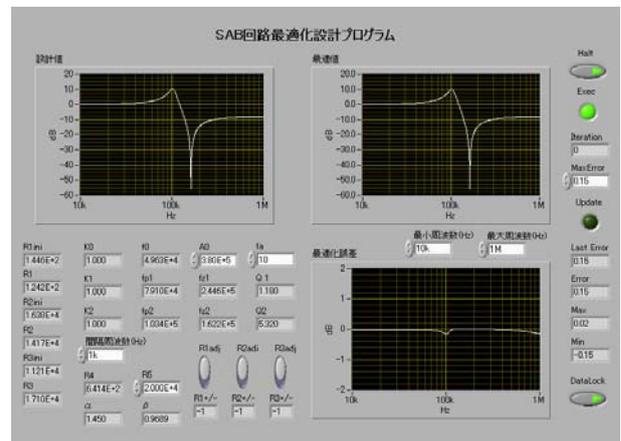
### I. フィルタ設計プログラム一覧

小文で示した設計手法を検証するために、以下の LabVIEW によるプログラムを作成した。

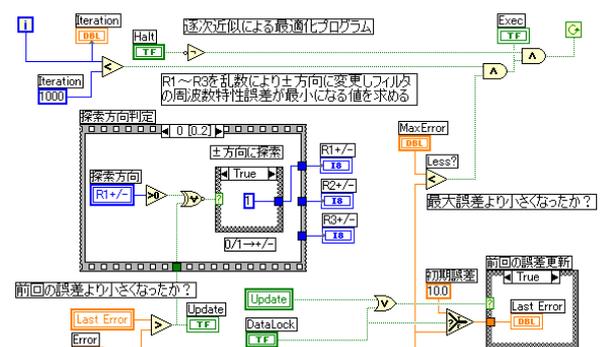
- ①理想素子値計算プログラム
- ②逐次近似最適値探索プログラム
- ③素子感度計算プログラム
- ④オペアンプ開利得計算プログラム
- ⑤GP-IB 周波数特性自動計測プログラム
- ⑥周波数特性 3D 表示プログラム

### II. 最適化プログラム操作画面例

付図 1 に操作パネルを示す。処理アルゴリズムを記述したダイアグラムの一部を付図 2 に示す。



付図 1 逐次近似最適化プログラム



付図 2 最適値探索アルゴリズム

付図 2 は、最適化プログラムの実行制御部であり、誤差関数を計算するプログラムに素子値の探索方向を指示し、誤差計算結果を使用して本文の図 7 に示すフローチャートに従って収束判定を行っている。

# GPA を用いた成績の調査分析

## －その１ 入試の相違と課程の相違について－

生産技術科 神田健一

### Investigation Analysis of Results by GPA

#### －Part1 About the Difference by Entrance Exam and Specialty Courses －

Kenichi KANDA

**概要** 大学生の学力低下が言われている中、機械系専門課程に入校した5年間の学生について、修了までの2年間の成績をGPA方式で調査した。GPAの調査分析は受験した入学試験別と高校の課程別について行った。その結果から、学力不足は年々進行しており、特に近年では工業課程出身者の成績不振が顕著であること。今までの特別推薦は優秀な者が多かったが、最近では工業課程と普通課程の両者とも芳しくないこと。工業課程出身者は普通課程者に比べて、学科と実技とも優位性がなくなってきたことなど、多くの点が明瞭になった。

## 1. はじめに

18歳人口の減少による大学の学生獲得競争が激化する中、これに伴い入試の多様化が著しい。なかでも書類選考と面接や小論文などで合否を決めるAO入試を実施している大学は、09年度入試では国公立と私立を合わせて500校を超えている。しかしながら、AO入試の入学生は学力不足が目立ち、入学後の授業に四苦八苦する学生も多いため、近年、一部の大学ではAO入試の廃止や縮小化に方向転換し始めている。そのような中、AO入試は「多角的に人物を評価する当初の目的を離れ、一般入試のレベルに達しない生徒が入学する手段になっている」と言った指摘<sup>1)</sup>がされている。

当校の入試制度にもAO入試に該当する特別推薦入試を一部の高校に実施しており、書類選考と面接試験で合否を決めている。当初の特別推薦は工業課程のみであったが、平成20年度（以下、平成は省略、数値は入校年度を示す）から県内の一部の普通課程にも拡大している。このような中、当校においても特別推薦入試者の学力不足が指摘されている。

そこで、これらの実態を知るために、当校に入校した機械系専門課程（生産技術科）2年間の成績について、特別推薦入試者と他の入試者との相違を調

査分析した。併せて、工業課程出身者と普通課程等出身者の相違についても調べた。調査方法には大学生の成績評価値として、日本の大学でも導入が増えているGPAを用いて行った。

## 2. 調査方法

### 2.1 調査の対象

調査は19年から23年の5年間に機械系専門課程である生産技術科に入校して、修了した学生を対象に、2年間の学科と実技の成績評価をGPA方式で行った。結果の分析は受験した入試を特別推薦入試、推薦入試、一般入試に分けた入試別と、卒業した高

表1 対象者の内訳

		19年	20年	21年	22年	23年
入試	特推	4	3	4	9	7
	内訳	工4	工3	工3 普1	工7 普2	工5 普2
	推薦	9	12	9	9	13
	一般	11	8	7	7	3
課程	工業	7	9	5	10	9
	普通	17	14	15	15	14
計		24	23	20	25	23

校の課程を工業課程と普通課程等に分けた課程別に対して行った。ただし、23年度入校生については2年進級までの1年間の成績のみで、参考値である。調査対象者の内訳を表1（以下、図表において特別推薦を特推と記す）に示す。

## 2.2 GPAについて

今回の調査に用いた GPA (Grade Point Average) とは、各科目の成績から特定の方式によって算出された成績評価値のことで、欧米の大学などで一般的に使われており、日本においても成績評価指標として導入が増えてきている。GPA の算出には授業科目毎の成績評価を4段階（優、良、可、不可）から5段階（90～100点、80～89点、70～79点、60～69点、～59点）で評価し、それぞれに4、3、2、1、0のグレードポイントを付与して、単位当たりの平均値（GPA）<sup>2)</sup> を出す方法である。具体的には、2単位の科目の成績が85点であればグレードポイントは3ポイントで、これに単位数を掛けて3ポイント×2単位=6ポイントとなる。これを全科目について総合計し、総単位数で除して単位当たりの平均値としたのが GPA である。GPA の一般的な取り扱いとしては、卒業には通算の GPA が2.0以上必要とされ、3セメスター（1年半）連続して2.0未満の学生には退学勧告がされる<sup>2)</sup>。

## 2.3 調査の方法

GPA が5段階の点数評価であることから、対象の学生の成績簿（点数制）を活用した。成績は1年の前期と後期、2年の前期と後期の4区分に分け、その間に受講する科目について、学科と実技と全科目の GPA を期毎と年毎に求めた。GPA の算出方法は先に述べた通りである。学科と実技の区分は生産技術科の履修科目単位表<sup>3)</sup>に基づいている。ただし、専門科目のみとし、一般教育科目は除いた。

## 3. 調査結果

### 3.1 全体の状況

図1は入校年度について、学科と実技と全科目の GPA の推移を示している。いずれの年度も学科より実技の方が高く、両方とも年々低下傾向にある。20

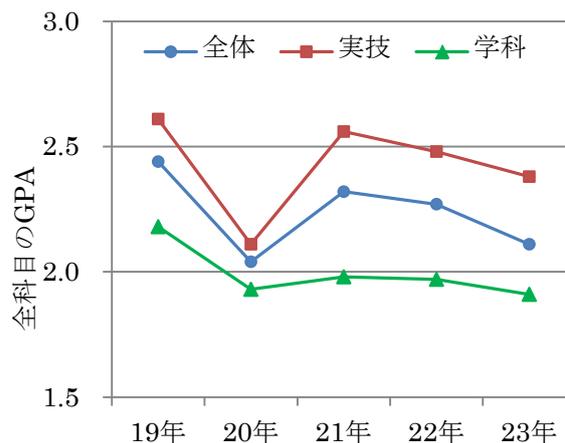


図1 全体の推移

年度は全体的に低く、特に実技が顕著に低い。これに関しては当校の紀要第22号<sup>4)</sup>を参照されたい。この先、20年度に関してはこの点に注意して判断する必要がある。GPA の取り扱いから2.0を評価の基準と考えると、学科については20年度からこれを下回っていて、学力不足の状況が端的に現れている。

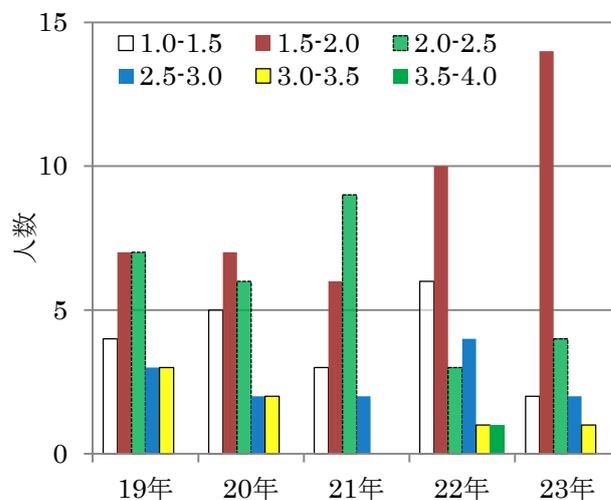


図2 学科の GPA の人数分布

図2は学科の GPA について、GPA を1.0から4.0まで0.5刻みに6区分し、それぞれの区分の人数を示したものである。図1は全体の傾向を示すだけなので、図2と合わせて見てみると、状況の様子がよくわかる。図2において、21年度までの分布に比べて、22年度からは2.0～2.5区分が減少し、1.5～2.0区分が増えている。

図3は学科の GPA について、実施時期との関係を

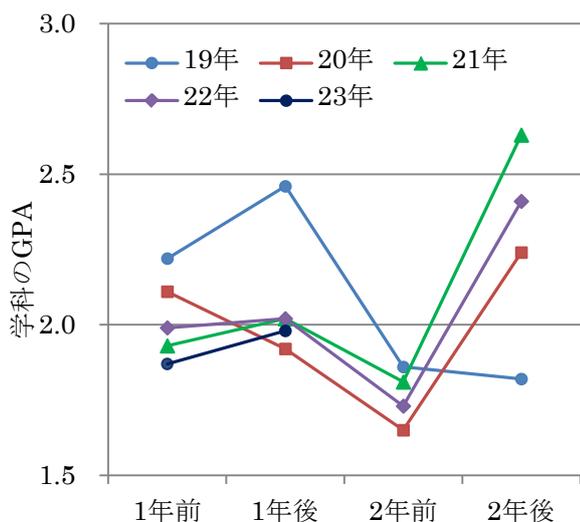


図3 学科のGPAと実施時期の関係

示したものである。全体的に2年前期で下がり、2年後期で上がっている。1年前期は9科目で、後期は10科目であるが、系基礎学科がほとんどであるのに対し、2年前期では6科目ながら専攻学科が多く、相当の理解力と計算力を必要とする。このため、学力不足が災いして1年次よりも低くなったと考える。後期は専攻学科であるが2科目で負担減もあって上がったものと思われる。

### 3.2 入試別の状況

図4は入試別に全科目のGPAを示したものである。20年度までの特別推薦者は優秀で、特に19年度は群を抜いている。しかし、21年度以降では他の

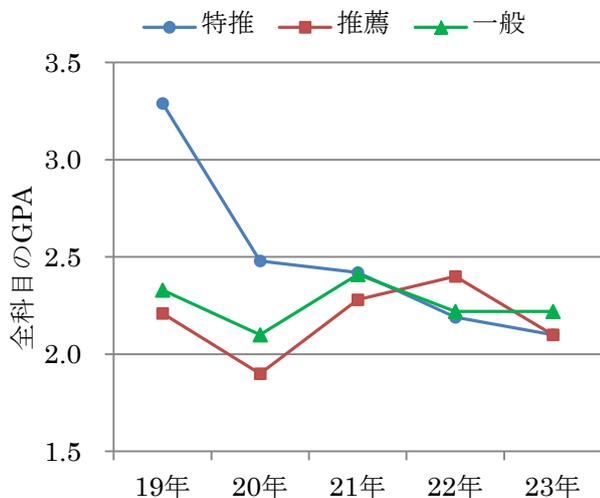


図4 入試別の推移

入試者と変わらないか、むしろ下がっている。

これは工業課程だけにあった特別推薦を普通課程にも拡大したことに一因があるように思えるが、これについては次の図で述べる。なお、工業課程のうち特別推薦者の割合は19年57%、20年33%、21年60%、22年70%、23年56%で、20年度を除き工業課程出身者の半数以上を占めている。

図5は特別推薦者の全科目のGPAを課程別に見たものである。普通課程からの特別推薦者は21年度までの工業課程と比べてかなり低い。しかし、工業課程も22年度からは大きく下がって、普通課程との差異はあまり見られない。当初の特別推薦入試者は優秀な専願者といったイメージが強かったが、今では過去のこととなりそうである。

図6は学科のGPAを入試別に最小値から最高値までを示している。従来の傾向では、推薦入試者は

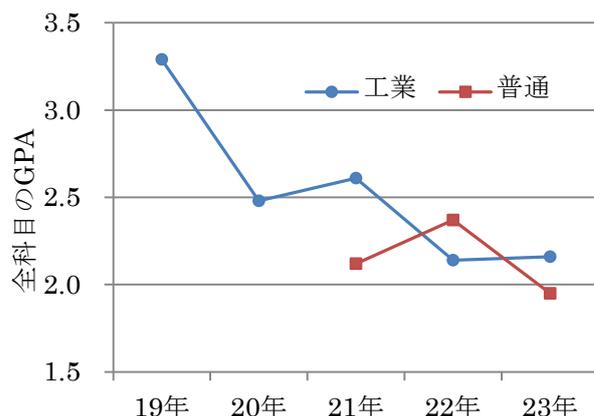


図5 特別推薦の推移

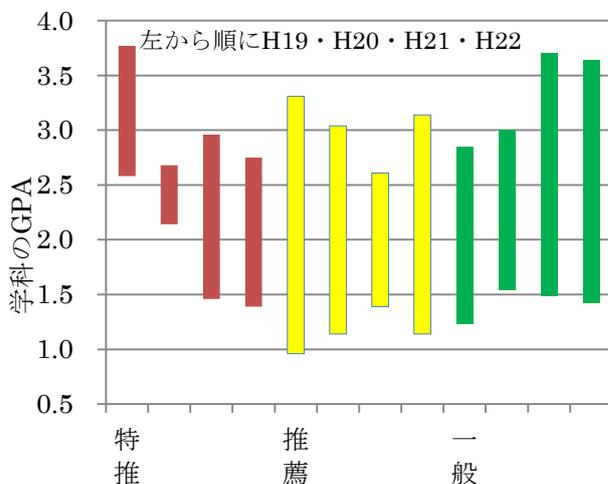


図6 入試別の最大最小の範囲

他の入試者に比べて学力差が大きい印象があった。図6から、それは20年度までのことで、21年度からは推薦入試者よりも、一般入試者の上下幅が大きくなっている。これは、今までの一般入試者は他大学を併願していた者が多かったのに対し、最近の傾向として、就職が決まらなかったために、就職希望から進路変更した一般入試者が増えてきていることに、一因があると思われる。

図7は図6を年度別に最高値、最小値とその差に書き直したものである。添字は受けた入試を示している。最高値のラインは多少上下しているが、最小値のラインはほぼ一定で、このレベルの学生が毎年何名か入校している。その数は、21年度の最小値である1.4を便宜的にボーダーラインとすると、これ以下の者はH19年度4名（推薦3名、一般1名）、H20年度4名（推薦4名）、H21年度0名、H22年度3名（推薦2名、一般1名）、H23年度2名（特

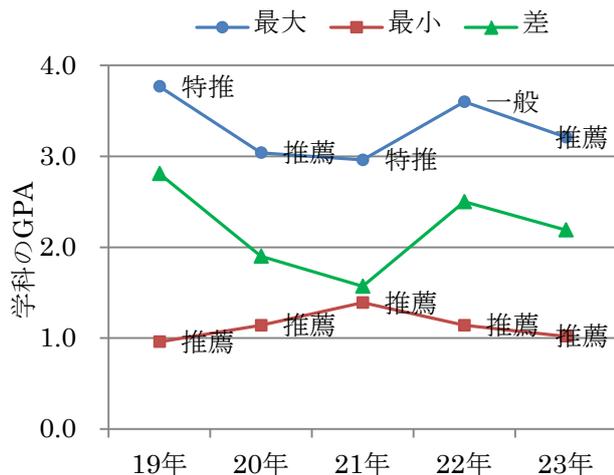


図7 学科の最大値と最小値

表2 全科目が3以上と2以下の人数

		年度	19年	20年	21年	22年	23年
3.0以上	人数		4	1	0	2	1
	内訳		特3 推1	推1		推1 一1	推1
2.0以下	人数		5	11	2	11	7
	割合		21.7	47.8	10	44	30.4
	内訳		推3 一2	推8 一3	推1 一1	特6 推2 一3	特2 推4 一1

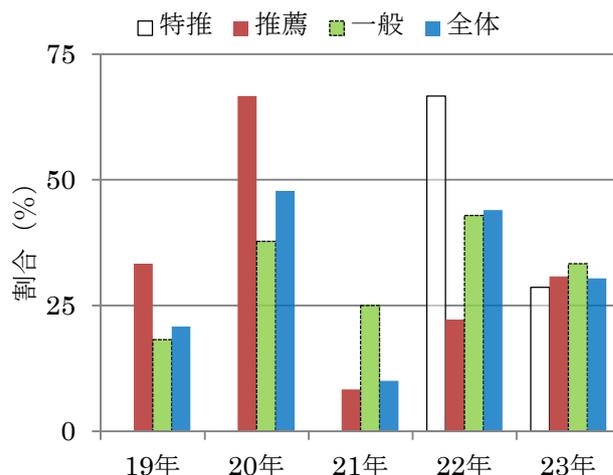


図8 全科目が2.0以下の割合

推1名、推薦1名)であった。

表2は全科目のGPAが3.0以上と2.0以下の人数と、その割合を示している。19年度の特別推薦者は4名中3名が3.0以上で優秀な者ばかりである。また20年度の特別推薦者も良好である。しかし、22年度からは、GPAが2.0以下の中に特別推薦者が相当数を占めるようになって来て、特別推薦者の成績不振が目立ってきている。21年度は特に可もなく不可もないが、20年度と22年度では2.0以下の割合が40%を超えている。

図8は表2で示した全科目のGPAが2.0以下の割合を入試別に示している。特別推薦者は21年度まで0だったものが、22年度から急増している。

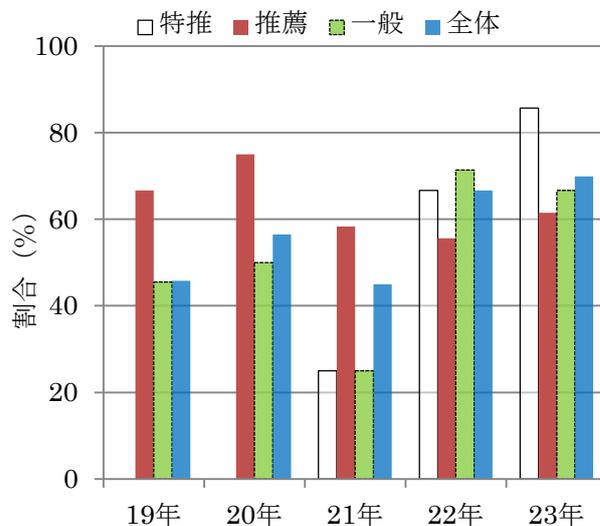


図9 学科が2.0以下の割合

図9は学科のGPAについて、2.0以下の割合を示している。GPAが2.0以下の割合は、図9の学科の方が図8の全科目よりも多い。ここでも特別推薦者が21年度から顕著に増加しており、特別推薦者の成績不振が目立つ。また図6との関連もあるが、推薦入試者よりも優れていた一般入試者は、22年度からその優位性が見られなくなり、全体的に成績不振の傾向を示している。学科に限れば、22年度以降で7割程は卒業に必要とされるGPAが2.0以下で、学力不足の実態が如実に現れている。

### 3.3 専攻別の状況

図10は専攻別に全科目のGPAを示している。21年度までは工業課程の方が優秀であるが、22年度以降で目立った違いはない。普通課程はほぼ同水準であるのに対し、工業課程は年々低下している。

表3は学科のGPAが3.0以上と2.0以下の人数を専攻別に示したものである。表から工業課程の落はくが目につく。工業課程出身者は比較的優秀な学生が多かったのが、この変わり様に「何が影響しているのか」と思わざるを得ない。その一方で、近年では普通課程からの優秀者も見られる。

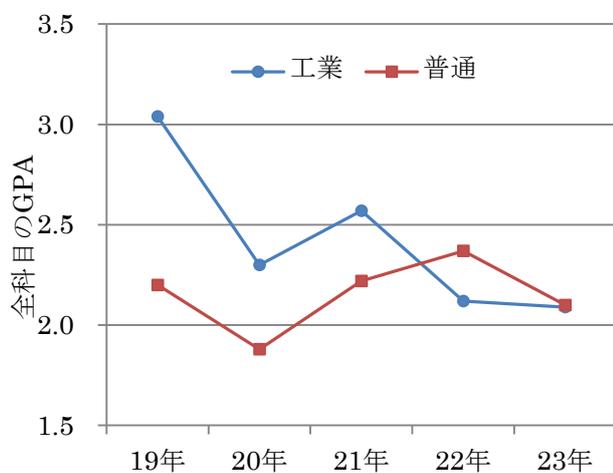


図10 専攻別の推移

表3 学科が3以上と2以下の人数

	年度	19年	20年	21年	22年	23年
3.0以上	工業	4	1	0	0	0
	普通	0	0	0	2	1
2.0以下	工業	0	1	0	6	3
	普通	5	10	2	5	4

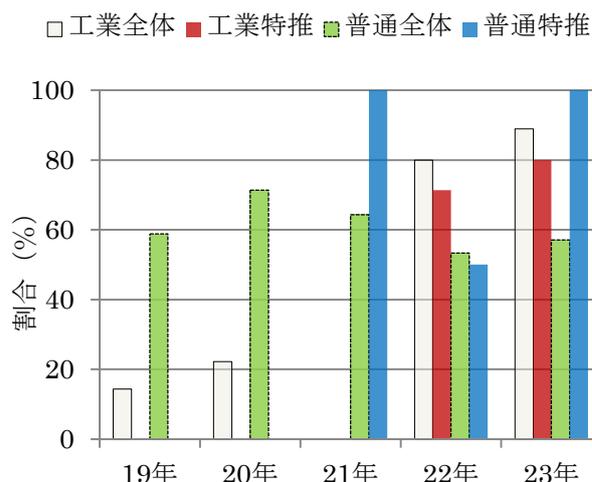


図11 学科が2.0以下の割合

るのか」と思わざるを得ない。その一方で、近年では普通課程からの優秀者も見られる。

図11は表3で示した学科のGPAが2.0以下の人数の割合を示したものである。普通課程全体ではどの年度も60%程度であるのに対し、普通課程の特別推薦者は際だって高い。工業課程も22年度から急増しているだけでなく、普通課程よりも多くなって、その変わり様は極端である。全体的に学力低下が進行している中で、21年度や22年度を境にして、その変わり方が凄まじい。特に工業課程者と普通課程の特別推薦者が目立っている。

工業課程出身者は普通課程者に比べて高校時の履修科目の関係から専門性で優位な立場にあると考えられる。特に実技の優位性は大きいと思われる。

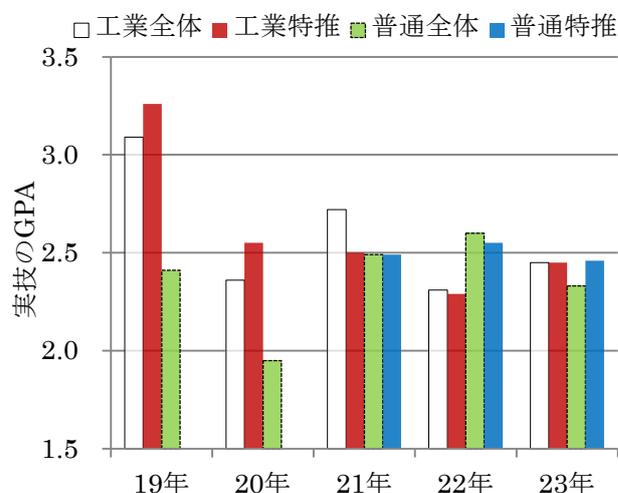


図12 実技の比較

図 12 は実技の GPA を示している。20 年度までは工業課程と普通課程で差異が認められるが、これ以降であまり違いはなく、22 年度で逆転している。現在の工業課程は実技時間が少なくなっていることや当校の実習内容と工業高校の実習内容が異なることなどから、工業課程の優位性は少ないのかも知れない。しかし、1 年次では優位性が現れると思われるので、次に実施時期で比較してみた。

図 13 は実技の GPA について、実施時期と工業課程者の優位性を見たもので、縦軸の優位差は工業課程者の GPA から普通課程者の GPA を差し引いた値である。22 年度を除き工業課程者の優位性が見られるが、1 年前期は優位性が大きいと期待される割に

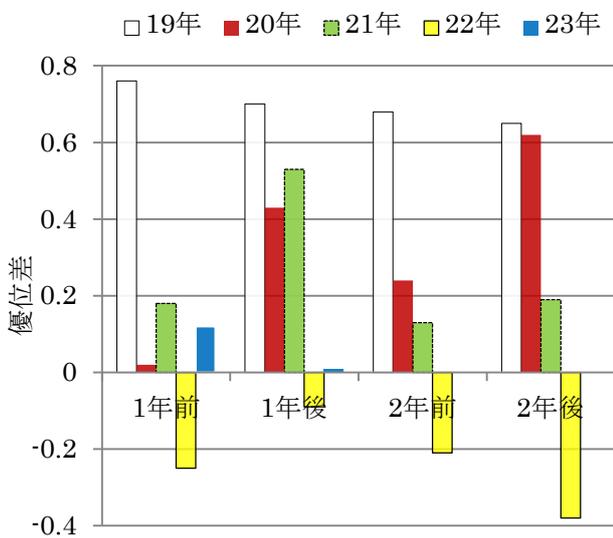


図 13 工業課程の優位性

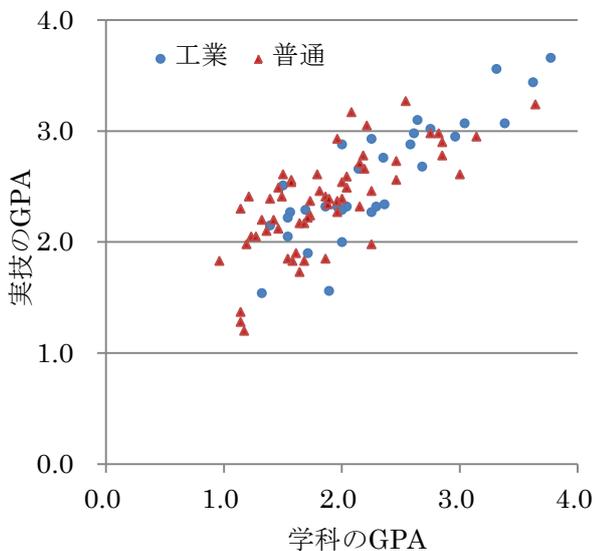


図 14 学科と実技の相関

はそれ程でない。その点、19 年度は 2 年間に渡り理想的である。22 年度がマイナスなのは、この年度の普通課程者は技能検定に積極的に挑戦するほど実技に熱心で、これらの取り組み姿勢が優位性を示したと思え、特異なケースと考える。

図 14 は 19 年度から 22 年度までの修了生 92 名について、学科の GPA と実技の GPA の相関性を示したものである。工業課程と普通課程の両者とも学科と実技の成績に相関関係が認められる。普通課程者の方が多少バラついてはいるが、両者の相違はない。このことは、工業課程の優位性が特に認められなかったことと合わせて、普通課程の高校や高校生に対し、募集活動の材料に活用できる。

### 3.4 進路別の状況

図 15 と図 16 は進学者と就職者について、学科の GPA を示している。図 16 は進学者と就職者の個々

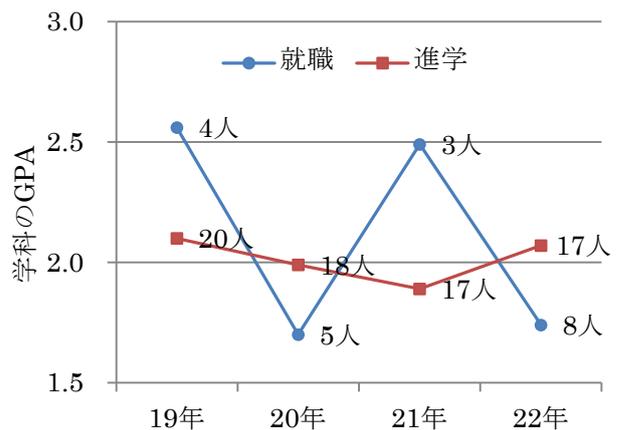


図 15 進路別の推移

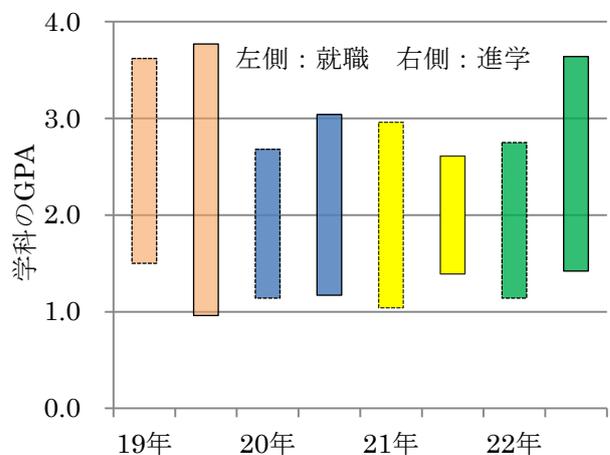


図 16 進路別の相違

の GPA を最小者から最高者までの範囲を表している。図 15 で、進学者の成績はほぼ一定の様に見えるが、その実態は図 16 に示すように就職者以上に上下差が大きい。これが応用課程の授業にどのような影響を及ぼしているかは、今後の調査による。生産技術科の就職者は毎年 2 割前後の数である。実態としては、家庭の事情等で就職している者が多く、図 16 から成績不良で進学を断念している訳でないことがよくわかる。

#### 4. まとめ

19 年から 23 年までの 5 年間の機械系専門課程である生産技術科の入校生について、修了までの 2 年間の成績 (23 年度は 1 年次のみ) を GPA (Grade Point Average) 方式で調査した結果、次の様なことがわかった。

- ① 全体的に成績は年々低下している。
- ② 学科の成績は実技の成績よりも低い。  
特により専門的である専攻学科で低い。
- ③ 22 年度以降では、学科の GPA が 2.0 以下の者が 7 割程いる。
- ④ 学科の GPA が 2.0 を大きく下回る者が推薦入試を中心に毎年数名入校している。
- ⑤ 20 年度までの特別推薦者は優秀であったが、21 年度からの特別推薦者は他の入試と差異がない。
- ⑥ 普通課程からの特別推薦者の成績は芳しくない。工業課程からの特別推薦者も 22 年度から成績不振である。
- ⑦ 21 年度、22 年度からの特別推薦入試は一般大学で問題視されている手段になっていると言えなくもない。
- ⑧ 22 年度以降の工業課程者は成績不振が著しい。
- ⑨ 19 年度を除き、工業課程者と普通課程者で実技の成績の差異はあまりない。
- ⑩ 学科と実技の成績に相関関係がある。
- ⑪ 進学者と就職者で成績の優劣は特にない。
- ⑫ 全体的なまとめとして、21 年度、22 年度を境にそれまでと様子が変わってきている。

#### 5. おわりに

入校生の学力や人間力が年々低下していることは日々の授業等で感じていることだが、今回の調査によってその実態を思い知らされた感がある。調査結果から 21 年度か 22 年度が一つのターニングポイントで、ここを境に大きく変化している状況を把握できた。その要因の一つに大学進学率とゆとり教育があげられる。さきの年度からの入校生は小学生時代からゆとり教育で育ってきており、その影響が大きいと思われる。ゆとり教育の弊害は当校に限ったことでもないし、今更のことでもない。しかし、大学進学率とも相まって、上位の大学や大都市の大学に比べ下位の大学や地方の大学になる程、その影響は大きいと思われる。近年では学力低下に加え、無気力さや幼稚化などが従来にも増して着実に進んでおり、より深刻な問題となりつつある。これに対処できなければ退き引きならない事態に陥るような予感がする。

米内光政は開戦前の重臣会議で「このままではジリ貧である……ジリ貧を避けんとドカ貧にならないように……」と昭和天皇に上奏している。地方の多くの私立大学と同じように、当校の状況も量・質ともにジリ貧状態になりつつある。このままではドカ貧も時間の問題とならないとも限らない。

最後に、データ提供等に多大の協力をいただいた学務課の山下氏に感謝いたします。

#### 参考文献

- 1) AO 入試廃止・縮小, 朝日新聞, 2010.9.13  
推薦・AO から一般入試へ, 朝日新聞, 2012.8.4
- 2) 文部科学省, 大学における教育内容・方法の改善等について, 文部科学省ホームページ
- 3) 平成 24 年度生産技術科「履修科目単位表」, 四国職業能力開発大学校, 2012.4
- 4) 神田, 四国能開大生の中等教育の数学力, 四国職業能力開発大学校紀要第 22 号, pp.62, 2010.12

# < 附 録 >

四国職業能力開発大学校・附属高知職業能力開発短期大学校の教育訓練体系について

－総合制作実習・標準課題・開発課題の説明－

この紀要には「総合制作実習」「標準課題」「開発課題」という言葉が出てきます。これを説明するためには、大学校・附属校の教育訓練体系を説明する必要があります。以下、簡単に大学校・附属校の教育体系を述べ、その中で上記課題がどのような内容と意味を持つのか説明します。

職業能力開発大学校とは、厚生労働省管轄の独立行政法人である「高齢・障害・求職者雇用支援機構」が設置し運営する教育訓練機関です。全国に、北海道・東北・関東・東京・北陸・東海・近畿・中国・四国・九州・沖縄の計 11 校があり、四国職業能力開発大学校（略称：四国校）もそのひとつです。各大学校には附属校として職業能力開発短期大学校を 1～2 校設置しています。四国校の附属校に高知職業能力開発短期大学校（略称：高知校）があります。

大学校・附属校の教育体系を、図 1 で説明します。ここでは標準的な場合を説明します。大学校・附属校には高校を卒業した学生が、入学試験を経て入学します。大学校は 4 年間の教育訓練課程を持っており最初の 2 年を「専門課程」、次の 2 年を「応用課程」と呼びます。附属校は 2 年間の「専門課程」のみになっています。専門課程を修了すると、応用課程に進学することもできますし、就職することもできます。多くの学生は応用課程に進学します。応用課程を修了すると、ほとんどの学生が就職します。

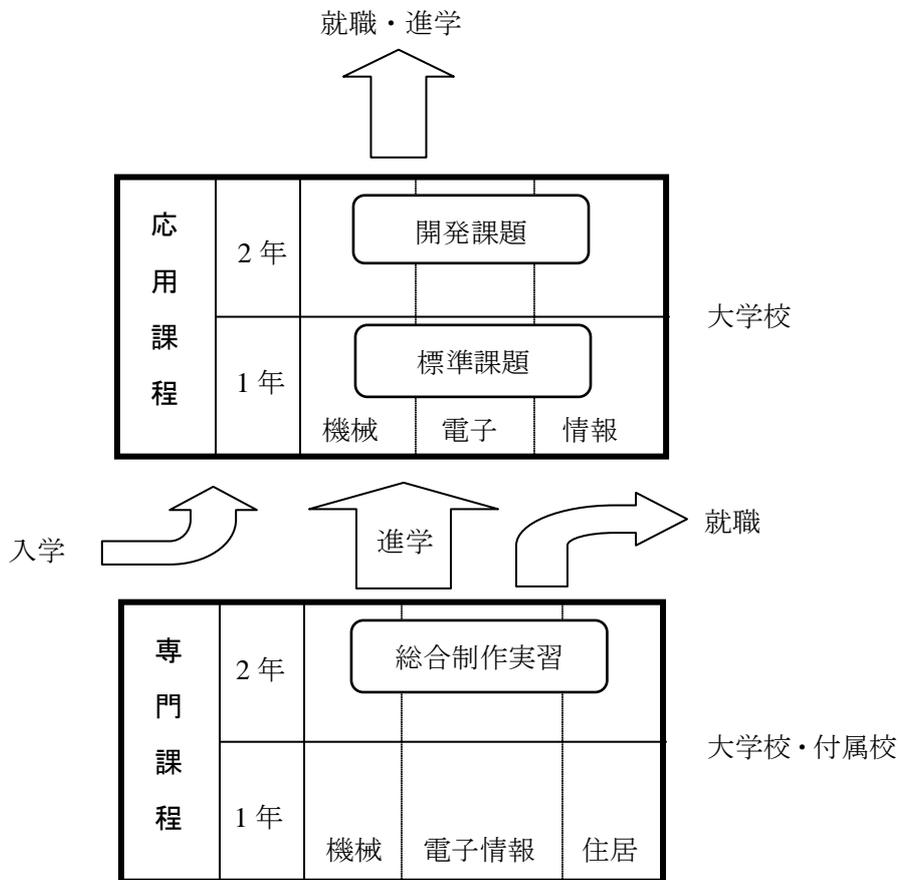


図 1 大学校・附属校の教育訓練体系と実習課題

四国校の専門課程には、機械・電子情報・住居（これらは正式名称ではありません）の3学科が、高知校には機械・電子情報の2科があります。機械と住居の定員は20名で電子情報の定員は30名です。応用課程には機械・電子・情報の3学科があります。これも定員は20名です。四国校に住居の応用課程はありません。しかし他の大学校には住居系の応用課程をもつところがありますので、住居の学生にも進学があります。

大学校・附属校の教育のもっとも大きな特長は、学科と同様に実習を重視していることです。学科で学んだ知識や技術を、実習によって実際のものづくりに応用してゆくようにしています。私たちはこの教育方法のことを「実学融合教育」と呼んでいます。「実」は実習・実技、「学」は学科・理論を意味します。実学融合教育によって、理論と技能をともに身につけた実践的な技術者を社会に送り出すこと、これが当校の目標です。

この目標を達成するために、カリキュラムが工夫されています。ここではその中で

- (1) 総合制作実習
- (2) 標準課題
- (3) 開発課題

について説明します。学生はこの順序で課題を実行します。

総合制作実習は専門課程の2年生の科目であり、いわば専門課程の卒業論文です。専門課程ではものづくりの基本となる知識や技術を学びます。総合制作実習はここで学んだ事柄に基づいて実際にソフトウェアやハードウェアを製作します。2年生後期の約半分の時間を当てています。本紀要には総合制作実習のテーマ名リストを掲載しています。

応用課程では、専門課程よりもさらに高度かつ実践的な内容の授業が行われます。1年生の後半～2年生前半に課されるのが標準課題実習です。ここでは、各科の学生でいくつかのグループを作らせ、これらの全グループに対し同一の製作課題が与えられます。すなわち、作るべき物の仕様が与えられたとき、それを実際に製作する手順や技能をここで習得します。各科の標準課題実習のテーマは本紀要には示していません。

最後に開発課題実習について説明します。開発課題の理念は、作るべき対象の仕様が与えられるのではなく、学生自身が発想し、企画し、設計することです。大まかなテーマが与えられたあと、学生は自ら行動するよう要請されます。活動にあたっては、機械・電子・情報の3科の学生がグループを作り共同で設計・製作してゆきます。このとき、コストおよび工程の管理、共同作業の進め方、連絡報告や発表の重要性とその方法などが指導されます。すなわち現実の企業活動を模擬した実践的かつ総合的な課題が開発課題であり、2年生の約70%の時間が費やされます。今年のテーマとその結果を後に掲載します。

以上、大学校・附属校の教育体系とそこでの実習課題について簡単に説明しました。われわれはこのような教育・訓練によって「生産現場のリーダー」を育成することをめざしています。その活動の一端を本紀要でご覧下されれば幸いです。

## 【開発課題】 ステアリング部品の幅寸法および傷の自動検査システムの開発

生産機械システム技術科 浅田義文、大谷聡、塩崎徹郎、塩田哲朗、長野翔太

生産電子システム技術科 石川和明、大西徹、小園力也、森徳朋弥

生産情報システム技術科 安西一紘、北川創一郎、橋詰洋和、蓮井太朗、山口裕之

指導教員：池本和夫（機械）、三浦志樹（電子）、小澤弘明（情報）

### Development of Automatic Inspection System for Width Size and Scars of Steering Component

#### 1. 概要

自動車業界では、生産ラインの自動化や省人化に取り組み、品質保証のために検査工程を充実させている。検査工程に画像処理を適用する場合には、撮像条件の設定が課題である。水島プレス工業株式会社では、自動車のステアリング部品の検査において、上下の幅寸法については、検査者が通りおよび止まりゲージを使用した手作業による抜き取り検査で良否を判別している。また、表面の傷については、全数に対して検査者の目視により傷の有無を判別している。しかし、手作業や目視による良否判別検査を実施しているため、「良品を不良品として判別してしまう過検出」や「不良品を良品として判別してしまう検査誤り」が問題になり、検査工程の自動化や、人間の個人差によるヒューマンエラーをなくす標準化が強く望まれている。開発課題としては、ステアリング部品の検査に、画像処理およびPLC制御技術などを適用し、実際にラインに組み込むことを想定して、部品の供給と姿勢制御、幅寸法や傷の検査、良・不良品の分別および収納までを自動化し、検査の時間短縮と精度を標準化する産業用画像処理システムを構築した。

#### 2. 検査対象と開発システムの目標仕様

検査対象の幅寸法の許容範囲を図1に、傷検査の対象領域を図2に示す。幅寸法の検査にはLED測長センサを採用し、爪に引っかかる程度の深さの傷や打痕の有無検査には、CMOSカメラとLED照明を使用した画像処理を使用した。開発システムの目標仕様を表1に示す。

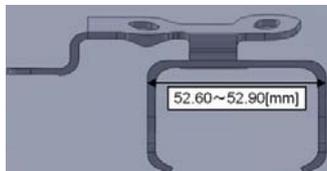


図1 幅寸法検査の許容範囲

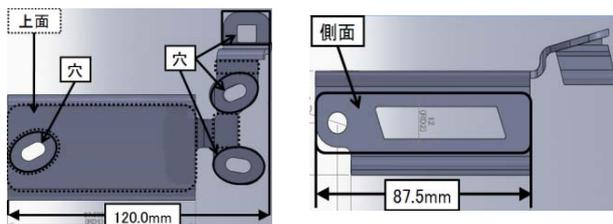


図2 傷検査の対象領域

表1 開発システムの目標仕様

検査時間	タクトタイム：4～9.7秒
検査方法	測長センサおよび画像処理
検査精度	検査誤りをなくし過検出を低減する
制御方法	PLCによるシーケンス制御

#### 3. 開発システムの構成と自動検査の流れ

開発システムの外観と主要機構部を図3に、制御部の構成を図4に示す。以下に、自動検査の流れを示す。

- ① スロープにストックされた部品を、エスケープ機構により1個ずつ順次供給する。
- ② 1台目のコンベア上でゲートにより姿勢制御後、3方向から撮像して画像処理により表面傷を検査する。
- ③ 2台目のコンベア上でゲートにより姿勢制御後、測長センサにより幅寸法を検査する。
- ④ 良否判別結果に基づき、良品と不良品を分別する。良品は吸着パッドを用いて、2行5列2段に20個ずつ納品用の専用箱に収納する。

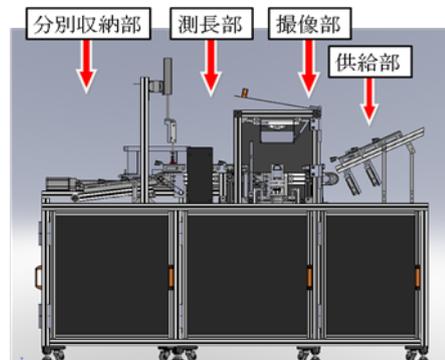


図3 開発システムの外観と主要機構部

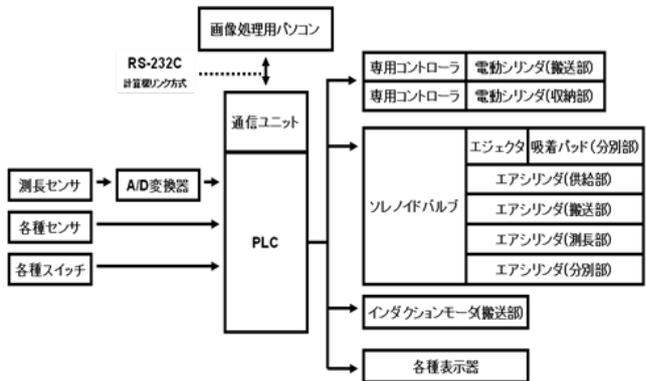


図4 制御部の構成

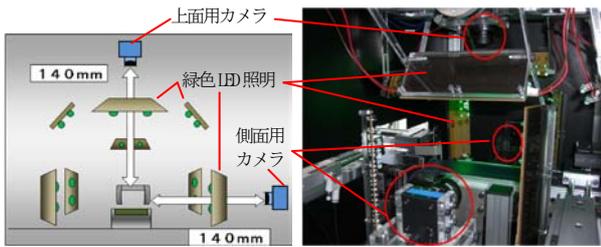


図5 画像処理部の撮像状況

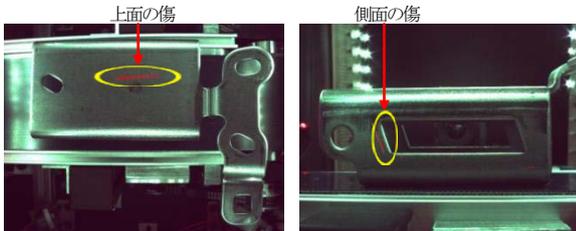


図6 画像処理による傷検出 (左:上面 右:側面)

#### 4. 画像処理部における表面傷検査

小型で安価ではあるが、500万画素のCMOSセンサを搭載したUSB2.0カメラに、焦点距離6mmあるいは8.3mmのCCTVレンズを組み合わせ、なるべく広視野を高精度に撮像し、周辺のディストーションや光量落ちを低減する構成にした。照明には高価なリング照明に代えて、LEDを基板に配置したバー照明を自作して、傷の検出面に対して斜め方向から複数照射する斜光照明方式を採用した。LED照明の色は、取得画像の濃度分散値の差が大きく、比較的波長の短い緑色を採用した。これにより、鏡面は正反射光がカメラ側に反射せず暗く映り、傷などの非鏡面部分は乱反射光がカメラ側に反射して明るく映ることになる撮像条件を設定した。ステアリング部品の上面と両側面を同時に撮像するために、3台のCMOSカメラを配置した画像処理部の撮像状況を図5に示す。図2に示す傷検査の対象領域を考慮した視野幅を確保するために、ワーキングディスタンスは140mmに設定した。

傷検査では、取得画像に高速フーリエ変換を適用した周波数領域データに、部品の金属表面の明るさの斑や汚れの影響を低減するために、バンドパスのフィルタリング処理をした。検査対象領域を限定した2値化後、しきい値を設定し、白く現れる傷を検出して良否を判別した。図6の左図には上面の傷の検出例を、右図には側面の傷の検出例を示す。板金加工により塑性変形した領域の表面性状の変化などを、傷と誤認する過検出が現れる場合があり、この解消が今後の課題である。斜光照射の条件を良くするリング照明の採用や、LED照明の色をより波長の短い青色に変更するなどの対策が考えられる。

画像処理による傷検査の良否の判別結果は、PLCとPC間のデータ通信で受け渡す。遮光ハウジングにより、撮像条件は一定にした。

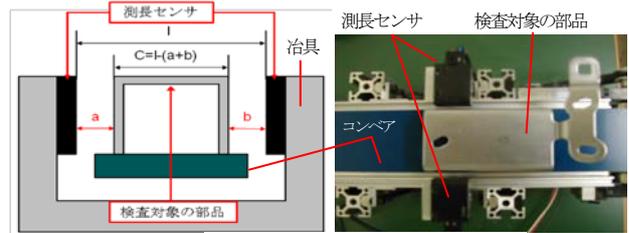


図7 測長状況

#### 5. 測長部における幅寸法検査

測長部には、小型で安価ではあるが、分解能5 $\mu$ mのLED方式変位センサを採用した。図7のように、部品の両側の距離を、コの字の一体型の治具に固定した2個の測長センサで測定し、基準寸法から差し引くことで部品の幅寸法を求める。両側に測長センサを設置することで、姿勢制御による位置決めが多少ずれても、左右それぞれ4 $\pm$ 1mmの範囲であれば測定結果に影響しないと考えられる。両センサのアナログ出力をAD変換してPLCに取り込み、校正後に幅寸法を算出する。算出した幅寸法が図1に示す許容範囲内であれば良品と判別する。

当初、PSDやダイヤルゲージなどの使用を検討したが、測定精度が不十分であることや、基準位置を固定したままでの測定子の移動に難があり、レーザ変位センサより安価で比較的精度の高いLED測長センサを採用した。

LEDセンサでは、部品表面の金属鏡面からの正反射の影響で測定値にばらつきが現れることもあり、鏡面反射の影響を受けない渦電流方式のリニア近接センサや低圧測定力タイプの接触式変位センサの使用も検討している。

#### 6. 開発システムの検証結果

良品と不良品の混在した計20個の部品について、開発したシステムによる検査を10回繰り返した結果を表2に示す。供給から収納まで、安定した動作精度を確立でき、幅寸法検査では、しきい値の設定に工夫をして、100%の検査精度を達成できた。検査時間もタクトタイム8.95秒を達成できた。

#### 7. まとめ

本課題では、画像処理とセンシング技術にPLC制御技術を組み合わせ適用し、ステアリング部品の幅寸法と表面傷の自動検査システムを開発した。部品の供給と姿勢制御、幅寸法と表面傷の検査、良・不良品の分別および収納までを自動化できた。また、検査誤りをなくして過検出を低減し、検査時間も目標仕様以内に短縮できた。

表2 開発システムの検証実験結果

検査項目	幅寸法	表面傷	動作精度[%]			
			供給部	搬送部	姿勢制御部	収納部
検査精度[%]	100	80				
検査誤り[%]	0	0	100	100	100	99.5
過検出[%]	0	20				

## 【開発課題】インソール製作支援システムの開発

生産機械システム技術科 入江洋輔 日下玄大 浜田健太郎 森本達也 井上真人  
生産電子システム技術科 今西大輔 古川建樹 石川広樹 池崎健文 菅直道 多田博貴  
生産情報システム技術科 鵜尾元太 吉田俊宏 小笠原翔馬 藤丸龍兵 多田羅祐二  
指導教官：榎本 実（機械）、天野 隆（電子）、谷本富男（情報）

### Development of a Support System for Insole Manufacturing

**概要** 足底圧分布データに基づいて、パッドの配置を支援するシステムを開発した。システム上に被験者を乗せ、製作者は足底圧分布や被験者の主観的感覚を確認しながら、パッドの配置を決定する。パッドの位置決めは、前後、左右、上下、鉛直軸周りの回転により行う。足を移動せずにパッドの位置を変えられるため、パッド移動前後の状態の比較が容易、被験者がその場で違和感や痛みを体感できるといった効果が見られた。

#### 1. はじめに

障害あるいは高齢に伴って足の3つのアーチ（図1）が扁平化することにより、足が地面から受ける衝撃を吸収しにくくなる。これにより、足はもちろん、膝、腰などの痛みを生ずることがある。この痛みを軽減する方法の一つとして、アーチの矯正がある。さらに、アーチを矯正する方法の一つとして、図2に示すようにインソール上にアーチパッドを配置する方法がある。現状において、パッドの配置（位置決めや種類の選定等）は、インソールの使用者の症例を参考に、インソールの製作者が過去にパッドを配置した実績や、経験を基にした主観で決定していることが少なくない。また、主観で決定しているため、医学的に最適な配置か否か判断し難い。したがって、パッドを配置したインソールの製作後にアーチの矯正の効果が顕著に見られない、あるいは使用者にとって苦痛を伴う過度の矯正となってしまうこともあり、その対処のための再調整（パッドの切削や別パッドの貼付等）といった手間を要する。そこで、本開発では客観的なデータに基づいてパッドを配置することを支援し、再調整の手間を軽減することを目的とした。具体的には、システム上において模擬的に配置したパッド上に使用者が乗り、製作者が足底圧分布を確認しながら配置を決定する。なお、本開発では問題を単純化するために、3つのアーチの中で横アーチのみに着目し、それを矯正する

ための中足骨パッド（以下パッド）を最適に配置することを支援するシステムとした。

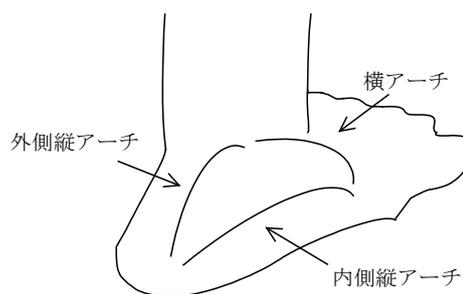


図1 足の3つのアーチ



図2 アーチパッドを配置（横アーチ用）

#### 2. システム

図3にシステム外観を示す。まず、被験者（使用者）がシステム本体上の圧力分布シートセンサ（直下にパッドを配置）に片足を乗せ、静止立位の状態を保つ。この時、被験者の足底圧分布画像をリアルタイムでコンピュ

ータに表示する。続いて、パッドの位置決めを行う。図4に示すように、パッドはX軸（左右）、Y軸（前後）、Z軸（上下）およびRz軸（Z軸周りの回転）の4軸について動かすことが可能である。まず、操作者（製作者）は画像を確認し、足の向きに応じてパッドを回転させる。次に、パッドの位置を決定し、パッドを水平移動させる。さらに、移動後、パッドを垂直に持ち上げ、足底圧画像および被験者の主観的感覚を確認しながらパッド高を決定する。これを繰り返すことにより、パッドの向き、水平位置および高さを決定する。なお、図4に示すように、X、Yは、原点を中心に±10mmの範囲、Zはパッド頂点を0とし+15mmの範囲において、それぞれ1mm間隔で移動可能である。Rzは、Y正方向を0としZ周りに±10degの範囲において、1deg間隔で回転可能である。足底圧分布の取得には、圧力分布シートセンサ（シロク製LLセンサ）を用いた。なお、図5にシステム構成を示す。USBカメラは、足の輪郭を測定するために用いる。足の輪郭は、パッドの移動前後の差分画像を表示する際に利用する予定である。

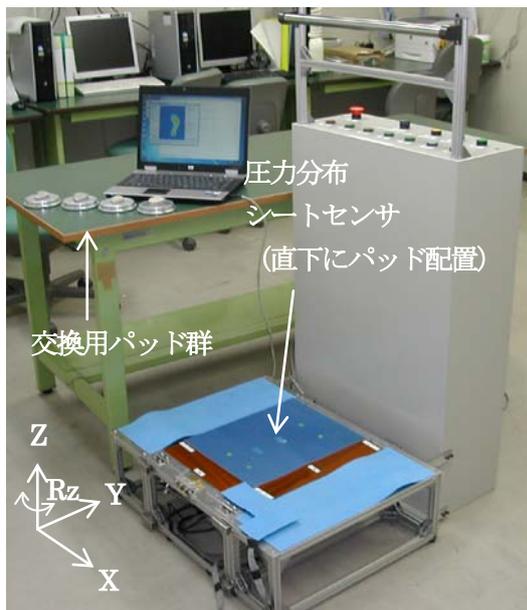
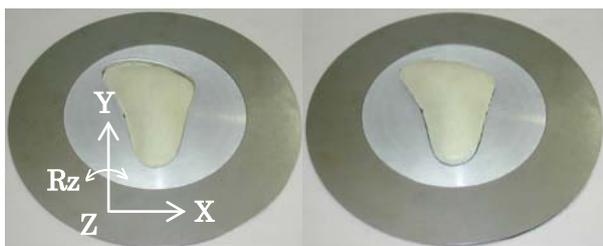


図3 システム外観（USBカメラを除く）



(1) 原点位置 (2) Z方向に5mm上昇

図4 パッド

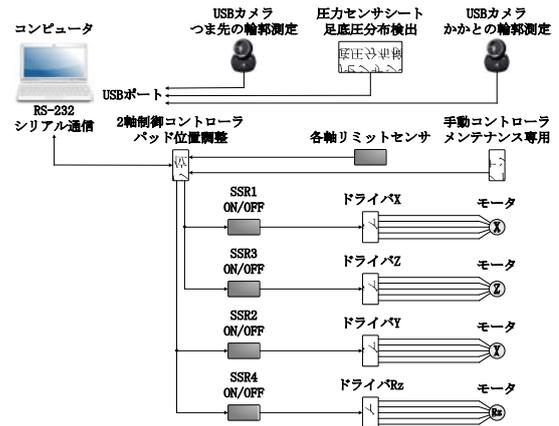
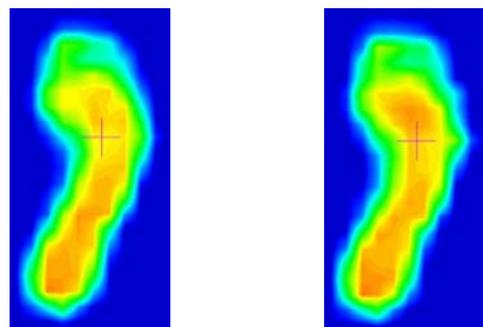


図5 システム構成

### 3. 結果と考察

例として、図4の(1)、(2)の状態における足底圧分布を図6に示す。パッドの直上部の色の分布が変化していることがわかる。本システムの主な利点として、以下に挙げる。

- ・静止立位でアーチが低下した状態において、足底圧分布を確認しながら、矯正できる。
- ・パッド交換時以外は足を移動する必要がないため、パッドの移動前後の状態を比較しやすい。
- ・被験者本人はその場で違和感や痛みを体感できる。一方、主な問題点を以下に挙げる。
- ・平面にパッドを配置するため、実際のインソール表面と異なる。
- ・パッド周辺の機構的な段差の影響が見られる。
- ・足の輪郭が足底圧分布画像に合わない。



(1) 原点位置 (2) Z方向に5mm上昇

図6 パッド高さの違いによる足底圧分布の違い

### 4. おわりに

今後は、足の輪郭取得のための演算部見直しや段差の問題等を改善し、パッドの配置による足底圧分布の関係のデータを蓄積する予定である。

# 【開発課題】真珠採取機の開発

生産機械システム技術科 安部浩志、松田光、宮脇翔、宗石都佳、矢川弘樹

生産電子システム技術科 塩田一郎、森英彰

指導教員 北村寛(生産機械システム技術科)、羽原由雄(生産電子システム技術科)

## Development of a Pearling Machine

### 1. はじめに

本課題は前年度からの継続課題で、アコヤ貝の真珠を含む内臓、貝柱、貝殻を自動で分離できる装置の開発を目的とする。昨年度はエア駆動式クリーナを使用し、エアのみで内臓吸引する装置の開発を行い、内臓吸引実験を行った。予備実験では70%以上の吸引ができていたが、現地での新鮮なアコヤ貝では約60%の吸引成功率に留まった。実験の中で数個、水中に貝を置き水と共に内臓吸引を行った結果、貝柱のみを残し内臓吸引できた。そこで、今年度はこの方式を採用し、実験装置の製作を行った。

### 2. 実験装置の製作

#### 2.1 基本動作

基本動作は、貯水槽中の可動式テーブルに開いた貝を上向きに載せ、上部から吸引ノズルが降下し内臓吸引を行う。吸引ノズルを様々なパターンで上下動作できるようにするために直動形の電動アクチュエータを用いた。

また、貯水槽に水を貯めるためと、可動式テーブルに置いた貝の内臓を吸引除去しやすくするために、高圧水流を発生するウォータノズルを設けた。クーラントホースを円形状に接続し、小径のノズルを内側に向けて4カ所配置した。この高圧水流を貝の内臓周囲に当て、内臓を貝殻から剥がす効果を得るために取り付けた。装置本体を図1に示す。

#### 2.2 装置仕様

装置全体を可搬できるように、本体と制御部は

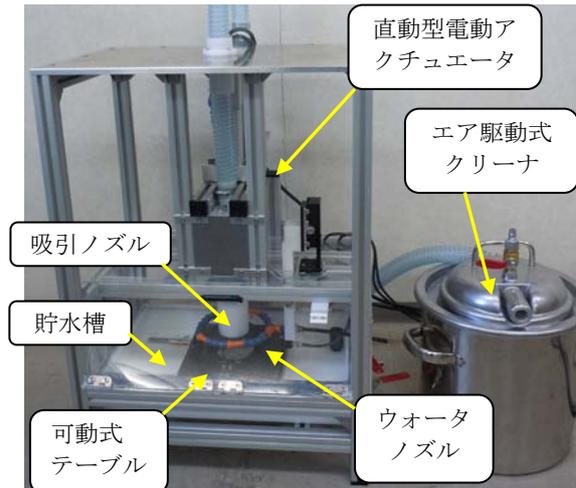


図1 装置本体

分離可能な構造にした。また、水を扱うことから安全性を第一に考え、制御盤の構造や配線の取り入れ口等、防水仕様とした。

表1に製作した装置の主な仕様を、装置本体を図1に、制御部を図2に示す。

表1 装置仕様

本体寸法 (mm)	W520×B380×H745
制御部寸法 (mm)	W860×B380×H730
供給空気圧 (MPa)	0.6~0.8
供給水圧 (MPa)	3~7
電源電圧 (V)	AC100



図2 制御部

### 3. 吸引実験

#### 3.1 実験の流れ

開いた貝を上向きに可動テーブルにセットし、吸引ノズル直下（右）にスライドさせる。図 3、図 4 にその様子を示す。



図 3 貝のセット

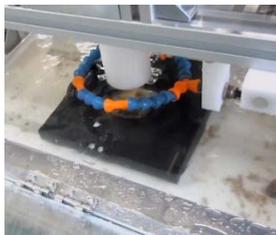


図 4 右にスライド

扉を閉めウォータノズルのバルブを開け高圧水流を供給する。制御部の動作ボタンを押し、吸引ノズル先端が最下端に達した際エア駆動式クリーナのバルブを開く。吸引ノズルが 1~2 度上下揺動動作完了後バルブを閉じる。図 5 にその様子を示す。今実験では最適吸引動作解明のために、吸引ノズルの上下動作のみ自動化した。したがって、その他必要とされる操作は全て手動で行った。



図 5 高圧水流供給



図 6 吸引後の貝

図 6 に吸引後の貝の様子を示す。ほぼ完璧に内臓吸引ができた一例である。吸引採取された真珠と内臓は、図 1 のエア駆動式クリーナのタンク内に収まっている。

#### 3.2 実験結果

実験用のアコヤ貝は宇和島の業者から計 3 回約 130 個送ってもらった。実験開始当初、吸引ノズル降下後の停止時間を 1 秒~4 秒、吸引ノズル引き上げ速度を 15mm/sec~60mm/sec (15mm 毎)、引き上げ動作回数を 1 回~2 回に設定し、32 種類の条件で実験した。その結果、停止時間は 1 秒、速

度は 15mm/sec、動作回数は 2 回で概ね良好な結果が得られた。特に、図 7 に示す貝を押さえの蓋を取り付けた後は約 90%の確率で内臓吸引できた。

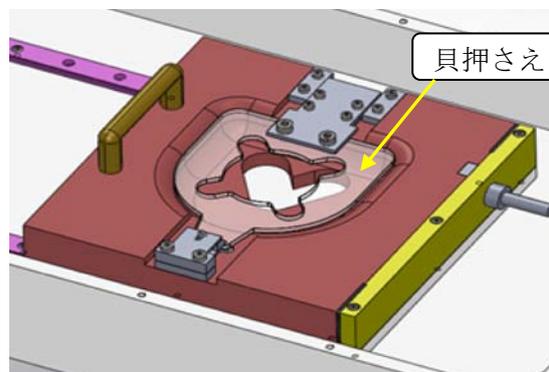


図 7 貝抑えを釣り付けた可動テーブル

### 4. 考察

以上の実験結果より得られた考察を以下に記す。

- ① 貝を押さえ、ウォータノズルで高圧水流を供給することにより効果的に内臓吸引することができる。
- ② 吸引ノズル先端が水中に完全に浸かった状態から吸引することが最も良い結果を得た。
- ③ 良好な吸引条件は、吸引ノズル停止時間 1 秒、引き上げ動作回数 2 回、引き上げ速度 15mm/sec である。

### 5. おわりに

2 年目として取り組んだ結果は、水中で吸引することにより初年度より高い吸引成功率を得た。しかし、今実験では、高圧水流の供給やエア駆動式クリーナのバルブ開閉等全て手動で行った。平成 24 年度はこうした手動操作を自動化し、貝のセットや内臓吸引後の貝の搬出等も自動化を目指し改良したい。

#### 文献

- 1) 【開発課題】真珠採取機の開発，四国職業能力開発 大学校紀要第 23 号,pp.58,2011

著者 E-mail k-hirosi@shikoku-pc.ac.jp

# 耐力壁ビス位置マーキング装置の開発

生産機械システム技術科 又川樹 三谷章悟 大石直輝 岩本和也 本谷捷  
生産電子システム技術科 蔭山俊和 小野貴広 牧野直弘 中原大  
生産情報システム技術科 三谷涼 飯間伸幸 三木相太郎  
指導教員 奥猛文（機械） 蔵本 一峰（電子） 千知岩浩一（情報）

Development of marking machine which automatically detects fastening position by screw

## 1. はじめに

本実習テーマは久万材の家づくり推進協議会から提供を受けた。木質薄帯板を斜め格子状に重ねたラティスパネルを、木造住宅用耐力壁として施工するためのビス打ちの目印を自動で墨入れするシステムの検討を打診された。

提供者らは、木造住宅用耐力壁として久万材を利用したラティスパネル（1m×3m）を開発している。普及のための課題は施工時の墨入れ工数の低減と、意匠性を高めるためのロゴ印刷であった。

そこで我々は、初年度の取り組みということもあり、施工時の墨入れ工数の低減の検討を進めた。想定するシステムは、耐力壁に許される施工基準を満たして、節を自動で回避して、ビスを打つ位置に描点する機能を満たすものとした。

検討した技術項目は、簡易的な刻印手段、門型マシニングセンタを模したxy位置決め、構成されるシステムの電子制御、節の自動検出、描点位置の自動変更の5つである。0.5m×0.5mの試験片に対して、採用した技術項目が動作することを確認した。

## 2. 製作した装置と仕様

製作した装置の外観を図1に、仕様を表1に示す。xy軸の駆動には、スプラインシャフト、ねじ歯車、ラック&ピニオンを採用した。z軸駆動には単動ソレノイドを採用し、リミットバネを用い、単動ストロークでのワークの印字面の段差を許容できるようにした。本装置の基本的な動作は、x軸およびy軸機構による位置決めと、z軸機構による描点動作である。

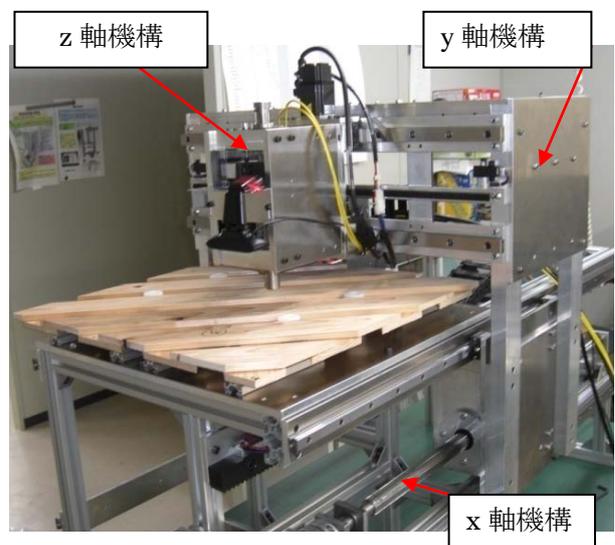


図1 装置の外観

表1 装置の仕様

本体	
寸法	W1120×D670×H940mm
重量	60kg
主電源	AC100V 12A (制御装置含む)
描点条件	8sec/cycle
精度	±0.5mm
制御装置	
寸法	W500×D700×H800mm

ラティスパネルの描点作業が手作業では1枚あたり25分なので自動化するにあたり10分を目標とした。およそ140個、同時に描点できる所を考慮して8秒/cycleを目標とした。1m×3mサイズに対して作業が実現できることを確認することを目標とした。

### 3. 検討した技術項目

#### 3.1 簡易的な刻印手段と門型マシニングセンタを模したxy位置決め

xy位置決め機構では、x軸に3mのストローク長を実現できることを確認を優先した。簡易的な刻印手段の説明は割愛する。

本装置はスプラインシャフトを用いた動力伝達を採用して、門型のy軸機構をストローク長0.5mで位置決め制御を実現した。長軸のスプラインシャフトはたわみの問題が生じるため、正式にはラック&ピニオン機構に変更すればよい。後者は前者より動力伝達効率が優れるため、モータ容量も確認でき、ラック&ピニオン機構の採用で3mのストローク長を実現できることを確認できた。併せて、機構とフレームが干渉しない構造であることも確認できた。

#### 3.2 構成されるユニットの電子制御

製作過程中に駆動実験を行ったところ、モータ軸に回転方向に直接作用する負荷イナーシャが大きく、制御が不安定となることがわかった。

そこで、x軸は1/30、y軸は1/15の減速比の遊星ギヤを介在させてイナーシャの低減を図ったところ、良好な位置決め制御を実現した。

#### 3.3 節の自動検出と描点場所の自動変更

描点の妨げとなる木の節を避け描点することと、描点の仕上がりを画像で検査するために、CMOSカメラ(logicool社HD Pro Webcam C910)を用いた検査機能を取り入れた。カメラはz軸機構に設置し、90×70mmの範囲を撮影しながら検査する。

撮像データは、収差補正を加えたのち、検出処理を施す。描点位置を中心とした周辺15mmの領域における節の有無を確認する。もし節が確認さ

れた場合、その時の移動方向に必要量だけ移動することで、描点位置を補正する。

節の検出では、ラティスパネルの隙間との誤検知を回避するために検出対象範囲(木の部分)を決定する。その後、節・ペン描画などを真円度や面積より検出する方式を採用した。節の検出後の画像を図2に示す。

以上の検討結果を、図3に示すようにポリテックビジョンで展示発表することができた。



図2 節の自動検出



図3 ポリテックビジョンでの展示の様子

## 4. まとめ

ワークのサイズが1m×3mの装置に対応するために検討した5つの技術項目のうち、門型マシニングセンタを模したxy位置決め、構成されるシステムの電子制御、節の自動検出、描点位置の自動変更について、平成24年3月22日に、久万材の家づくり推進協議会に報告を完了した。

# 案内ロボット用オペレーションシステムの開発

生産機械システム技術科

眞鍋 和大, 福西 俊介

生産電子システム技術科

平井 耕太郎, 宇都宮 将人, 永野 良平, 小山 晋司, 堀 祐輔

生産情報システム技術科

宮下 真弥, 山下 貴大, 岡田 淳司, 岡林 好倫,

大倉 祐紀, 堀田 準平, 山橋 宣裕

指導教官 西田 和哉 (機械), 武藤 正昭 (電子), 稲益 悦夫 (情報)

## Development of an Operation System for Guide Robot

### 1. 概要

応用棟案内ロボットの子機の自律走行システムと操作端末を開発した。案内ロボットは受付案内で確認した訪問先へ、フロア走行やエレベータ乗降を行いながら案内する。操作端末では、応用棟内の音声受付案内機能を搭載している。ロボットの操作機能では、ボタン等の手指操作に加え、タッチパネルによる操作や端末の傾きをモーションセンサにて検出しロボットを操作する機能を実装している。

### 2. 基本仕様

案内ロボットは前年度製作の子機の機構部を改良して使用する。また、操作端末は受付案内システムとして新規に製作する。表1にシステム全体仕様、図1に案内ロボット・操作端末の外観を示す。

表1. システム全体仕様

項目	案内ロボット	操作端末
本体(mm)	H1250×W500×D500	H210×W300×D50
重量	約 60kg	約 700g
電源	バッテリー	AC及びバッテリー
稼働時間	約 1時間	約 4時間
機能	移動案内、フロア走行、エレベータ乗降	ロボット操作、受付案内



図1. 案内ロボット・操作端末外観

### 3. システム構成

#### 3.1. 案内ロボット

案内ロボットでは直進精度とエレベータのボタン操作精度の向上を目標として機構部と制御部の改良を進めた。また、走行案内用の自律走行システムの完成を目標として開発を進めた。

##### 3.1.1. 機構部

駆動部では案内ロボットの直進性向上のために改良を施し駆動力伝達の安定化を図った。腕部では一軸機構が移動する際の静音化を図り、モータ負荷を軽減するために機構を抜本的に見直し、新規に製作した。また、エレベータのボタン操作を確実にするために腕を長くし、先端部を改良した。図2に新規製作した一軸機構部と腕部を示す。



図2. 新規一軸機構部と腕部

##### 3.1.2. 制御部

制御にはPCボードとSHマイコンを使用している。シリアル通信を使用し相互にデータのやり取りを行っている。PCボードでエレベータ乗降や走行に必要な画像認識や現在位置の計測処理を行い、SHマイコンに命令を送り各駆動部の動作制御を実現している。超音波センサの制御回路を実装し、正確な位置決め動作の改良を行っている。

##### 3.1.3. 自律走行システム部

エレベータ操作用のボタン位置検出やフロア走行時の位置確認のためにランドマークを検出する画像処理プログラムを開発した。また、自律走行に必要な

なランドマークの基準画像とその位置座標を登録した地図データベースを構築した。

これらの画像処理プログラムや地図データベースをエレベータ乗降やフロア走行を監視制御する走行制御システムに統合し、応用棟内の移動案内を行う自律走行システムを開発した。図3に自律走行システムの画面を示す。



図3. 自律走行システムの監視制御画面

## 3.2. 操作端末

前年度の親機によるタッチパネル受付案内機能を引継ぐとともに、開発やメンテナンス時にロボットをマニュアル操作できる操作端末を開発している。

### 3.2.1. 受付案内

訪問者と対話して、マイクによる音声認識またはタッチパネル操作により、部屋名と講師名から目的の案内先を特定し、案内ロボットに伝える。図4に受付案内時の操作画面を示す。



図4. 受付案内時の操作画面

### 3.2.2. ロボット操作

操作端末でのロボットの操作は、押しボタンやタッチパネルといった手指による操作に加えて、加速度センサによる操作端末本体の傾斜検出を行い、前後左右の移動や旋回等のロボットの基本操作を行う

ことができる。図5に、ロボットのハンドル操作時の画面を示す。



図5. ロボット操作時の操作画面

### 3.2.3. 案内システム用ネットワーク

自律走行システムとロボット操作端末のオペレーション全体を監視、サポートする専用のサーバを制作した。このサーバにより講師の在室確認や、Wi-Fi接続エリア内のロボットの監視制御が可能である。図6に案内システム用サーバの構成図を示す。

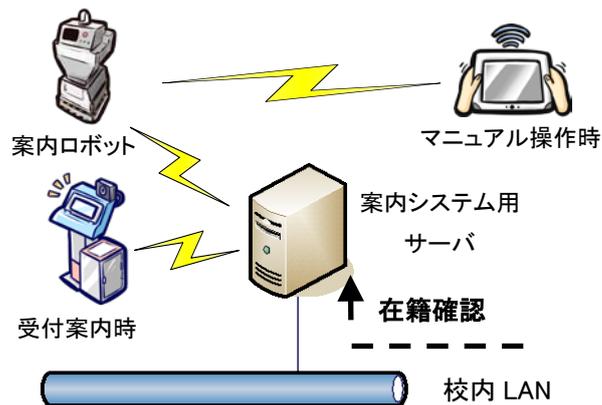


図6. ネットワーク構成図

## 4. 開発予算

現在の開発予算状況を表2に示す。

表2. 開発予算状況

	予算	支出
自律走行	¥500,000	¥449,966
操作端末	¥700,000	¥699,980
合計	¥1,200,000	¥1,149,946

## 5. まとめ

案内ロボットでは機構・制御部の改良や自律走行システムを完成させ、エレベータ乗降やフロア走行の精度を向上したが、完走には至っていない。今後さらに走行テストを重ね調整する必要がある。

操作端末では、受付案内システムとロボット操作に必要なデバイスを備えた端末装置を製作した。

## 平成 23 年度（平成 24 年 3 月卒）専門課程 総合制作実習 テーマ一覧

### 四国職業能力開発大学校

#### 生産技術科

アミューズメント偵察ラジコンの製作

Production of a Reconnaissance Radio Control Car for Amusement.

金丸 陽一、高橋 恵治

指導教員 安部章二郎

技能検定に挑戦 ―1 級機械加工 数値制御フライス盤作業―

Challenge to Technical Skill Test.

―Numerically-Controlled Milling Machine Machining Work the First Grade―

武内 拓王、村上 順一、村畑 裕介、森 啓太

指導教員 藤沢 則秋

機械部品の自動仕分け機の製作

Production of an Automatic Sorting Device for Machine Parts.

柳樂 篤志、須浪 太一、篠原 昌太郎

指導教員 穴田 悦生

プレスブレーキを用いた紙のエンボス加工

Embossing of the Paper by Press Brake.

横瀬 弘騎、近藤 晃弘

指導教員 後藤 拓真

搬送装置モデルの製作

Production of a Device for Material Handling Device.

槌井 諒

指導教員 穴田 悦生

センタ穴加工ワーク取り付けジグの開発

Development of a Center Hole Processing Jig.

吉川 勇氣、益田 奈々

指導教員 安部章二郎

揚水管加工治具の製作

Production of a Lifting Pipe Processing Jig.

宮川 剛、森川 亮

指導教員 安部章二郎

板金加工による立体モデルの製作

Creation of a Three - Dimensional Model by Sheet Metal Working.

岩部 隼人、川田 集、竹一 克則

指導教員 後藤 拓真

プレス金型の製作

Production of a Press Die.

三木 司、平山 裕也

指導教員 藤沢 則秋

介護機器の製作—便座着座・離座動作補助装置の製作—

Production of a Care Equipment —An Assist Equipment for the Movement of Sitting on and Rising from a Toilet Seat—.

平田 謙太朗、上地 秀俊、林 厚希、松佐 大輔

指導教員 神田 健一

## 電子情報技術科

ET ロボコンにおけるシーソー・ルックアップゲートクリアのための研究

Research to Clear Seesaw and the Look - up Gate in the Course of the ET Robot Contest

二宮敬浩

担当教員 瀧本雄一

ET ロボットコンテスト —ET ロボコンタイムトライアル・ET 相撲クリアー

ET Robot Contest — To clear the Time Trial for ET Sumo Challenge

柚山翔吾

担当教員 瀧本雄一

ET ロボットコンテストにおけるソフトウェア環境の比較・検討

Comparison Study of the Software Environment in the ET Robot Contest

蛇目将史

担当教員 瀧本雄一

AKI-H8/3052F-LAN 開発キットを使用した IP 電話の検討

A Study of IP Phone Using an AKI-H8/3052F-LAN Develop Kit

榎 健一

担当教員 鳥谷部 太

バーサライタを利用した LED オブジェの制作

Making of LED Objets D'art Using Versa Writer

木村優太

担当教員 鳥谷部 太

筋電位センサの製作

Making of an EMG Sensor

秋山博輝

担当教員 鳥谷部 太

### 姿勢保持自転車の制御ソフト開発

Development of a Program for Bicycle Posture Control

古川祐多

担当教員 鳥谷部 太

### インドアプレーンの製作

Make of an Indoor Plane

大原和晃

担当教員 鳥谷部 太

### Android アプリケーション製作教材の検討

A Study on Teaching Materials for Android Application

田島伸明

担当教員 鳥谷部 太

### GPS を用いた Head Up Display の製作

Production of a Head Up Display Using GPS

榎山 崇

担当教員 中尾亀三継

### アナログシンセサイザーとグラフィックイコライザーの製作

Production of an Analog Synthesizer and a Graphic Equalizer

安藤雄信

担当教員 中尾亀三継

### リモコンを用いた遠隔型スコアボードの製作

Production of a Remote Controlled Scoreboard

松岡 誠

担当教員 中尾亀三継

### アラーム機能付き7セグ時計 – 7セグメント LED を利用した LED 時計 –

Seven Segment Clock with Alarm Function

村上修平

担当教員 中尾亀三継

### 音楽機能付き LED キューブの製作

Production of LED a Music Feature Cube

角陸将司

担当教員 中尾亀三継

### 光ファイバーと LED を用いた照明器具の開発

Development of an LED Fiber Light

原山史也

担当教員 中尾亀三継

### ソーラーカーコンテスト出場に向けて

Preparation for the Solar Car Contest

田中大夢

担当教員 永松将貴

### ロボット大会の出場に向けて

Preparation for the Robot Contests

布袋 剛

担当教員 永松将貴

### 自動仕分け装置の制御

Development of a Control System for an Automatic Sorting Equipment

井原正人

担当教員 永松将貴

### 室内スポーツ用電子スコアボードの製作

Production of Electronic Scoreboards for Indoor Sports

十河峻一

担当教員 永松将貴

### 人検知機能を搭載した扇風機の製作

Making of a Fan Equipped with Human Detection Function

羽床拓真

担当教員 永松将貴

### シリアル JPEG カメラによる座標検知システムの製作

—ダーツゲームをターゲットとした検出システムの製作—

Production of a Coordinate Detection System Using Serial JPEG Camera

—Aiming at the Application to Dart Games—

今井雄大

担当教員 永松将貴

### 出欠席確認ツールの作成

Creation of an Attendance and non attendance Check Tool

砂川裕典

担当教員 中村美利

### C 言語学習クイズゲームの制作

Creation of a C Language Studying Quiz Game

釣船 良

担当教員 中村美利

### 学生掲示板通知システムの制作

Creation of a Notifying Sub-system of the Student Bulletin Board System

向井瑞希

担当教員 中村美利

### スケジュール簡易登録ツールの制作

Creation of an Easy Schedule Registration Tool

安房達矢

担当教員 中村美利

### タッチパネルを使用した漢字学習ゲームの制作

Creation of a Kanji Learning Game Using Touch Panel

木村行宏

担当教員 中村美利

### USB 起動 Linux によるコマンド学習ソフトの制作

Creation of Software to Learn Commands for USB Boot Linux

樋水尊士

担当教員 中村美利

## 住居環境科

### 木造軸組み住宅の振動模型製作

Making a Vibration Model of a Timber Frame House

加賀城十郎, 長町佳祐, 眞鍋慶

指導教員 出口秀史

### 木造住宅模型による熱環境実験

Heat Transfer Experiments by a Wooden House Model

杉井昭仁, 北村俊洋

指導教員 出口秀史

### 土質力学に基づく土塗壁の耐力算定式の提案

Mechanical Model of Mud-Plastered Wall Based on Soil Mechanics

上本有希子

指導教員 宇都宮直樹

### 土塗壁における実大面内せん断試験

Results of the In-Plane Shearing Test of Mud Plastered Wall Using a Full-Scale Model

山口大知

指導教員 宇都宮直樹

### 東日本大震災支援プロジェクト『ZENKON湯』への参加

～香川から被災地へお風呂を届けよう～

Participation in the East Japan Great Earthquake Support Project “ZENKON-YU”

— Send a Bath Houses to Stricken Areas from Kagawa —

岡佐矢可, 田久保圭祐, 宮内和也, 三好宏幸

指導教員 齋藤慎一郎

木製オブジェの制作 ～木を樹に還そう～

Creation of a “Wooden art object” –Let’s Return “Wood” to “Tree”–

近藤和也, 森智秋

指導教員 齋藤慎一郎

コンクリートカヌーALFIRE ～発泡モルタルの改善～

Concrete-Made Canoe “ALFIRE” –Improvement of Air Mortar in Search of Light Weight–

青木優太, 荒木貴裕

指導教員 越智隆行

鉄筋コンクリート造模型作製

Construction of a Reinforced Concrete Structure Model

久保裕哉, 山下友彬

指導教員 越智隆行

石材スラッジを混入したモルタルに関する研究

～圧縮強度、曲げ強度、長さ変化の測定～

Study on the Stone Sludge Mixed Mortar

–Effect of Stone Sludge Volume Rate on Compressive Strength , Flexural Strength and Drying Shrinkage–

金山知幸, 宝利亮佑

指導教員 越智隆行

GIS を用いた電子地図の作成

Making a Digital Map of MARUGAME City Using Geographic Information System (GIS)

猪熊裕次

指導教員 板倉真

からくり家具の制作

Production of KARAKURI Chest

播磨宏記

指導教員 板倉真

木製ベンチの制作

Designing and Production of Wooden Bench

藤田賢治

指導教員 板倉真

## 高知職業能力開発短期大学校

### 生産技術科

#### ゼロハンカートの改良

Improvement of the Zerohan Cart

秋山夏希、黒川昇、斉藤直人、島崎篤史

指導教員 上田潤一

#### 溶接実習場の構造物の設計・製作

Designing and Production of the Structure in the Welding Training Place

井上凌、片山征哉、隅田元希

指導教員 福原祥雅

#### シーケンス制御装置の製作

Production of Sequential Controller

関田将平、林栄作

指導教員 福原祥雅

#### 土佐打刃物用付替えグリップの製作

Production of a Replacement Grip for Tosa Knives

西森弘和

指導教員 帆足雅晃

#### 切削加工の検証

Inspection of the Cutting Work

大山悟史、中村誓嗣、小松明生

指導教員 上田潤一、帆足雅晃

#### ものづくり体験教室における教材作成

Making of Teaching Materials for the Experience Classroom of Manufacturing

吉田一磨、秋山夏希

指導教員 上田潤一、帆足雅晃

### 電子情報技術科

#### 小型人間ロボットの製作

Production of a Small Humanoid forms Robot

藤原 良貴

指導教員 井上信之

#### 自走ロボットの制御

Production of a Self-Propelled Robot

川久保勇兵、松浦 新悟

指導教員 井上信之

### Web カメラ搭載小型端末の製作

Production of a Small Terminal Unit Equipped with a Web Camera

坂本靖侑

指導教員 井上信之

### 携帯電話向け学校ホームページの制作

Creation of the School's Website for Mobile Phones

禰瑞穂、横井なちか

指導教員 井上信之

### 学校案内端末システムの制作

Production of a Terminal System Displaying the School Buildings' Information of Kochi Polytechnic College

禰瑞穂、横井なちか

指導教員 井上信之

### 赤外線光線銃の製作

Production of Infrared Ray Guns

鈴木聖博、森光孝弥、山谷完

指導教員 吉岡誉吏

### フィジカルコンピュータを使ったラジコンカーの製作

Production of a Radio Control Car Using Physical Computer

上岡泰輝、上村高広、久松勇太、松井若樹

指導教員 吉岡誉吏

### 8×8 ドットマトリックス LED を用いた表示器の製作

Production of a Display System Using 8x8 Dot Matrix LED

池田真維、岡原 杜夫、清水彩、下谷圭生莉

指導教員 高本浩司

### Android タブレットによる LEGO ロボット操作に関する研究

Study on LEGO Robot Operation Using Android Tablet

池田光輝、川村周平、高橋 正樹、並川 貴昌、中西 誠、西添 祥平

指導教員 深江裕忠

### エアロバイク充電装置の製作（システム概要）

Production of a Battery Charger Using Exercise Bike – Overview of the System –

川上涼風

指導教員 山岡眞吾

エアロバイク充電装置の製作（充電制御部）

Production of a Battery Charger ~~≠~~Using Exercise Bike—Battery Charger and Its Control—

高橋唯人

指導教員 山岡眞吾

エアロバイク充電装置の製作（発電制御部）

Production of a Battery Charger Using Exercise Bike—Generation of Electricity and Its Control—

濱口直樹

指導教員 山岡眞吾

エアロバイク充電装置の製作（H8 マイコン制御）

Production of a Battery Charger Using Exercise Bike —Control by an H8 Microcomputer—

小笠原一輝

指導教員 山岡眞吾

エアロバイク充電装置の製作（PIC マイコン制御）

Production of a Battery Charger Using Exercise Bike—Control by a PIC Microcomputer—

大石智史

指導教員 山岡 眞吾

エアロバイク充電装置の製作（操作、電流パネルの製作）

Production of a Battery Charger Using Exercise Bike—Making of Operation Panel—

石黒 健斗

指導教員 山岡 眞吾

平成 24 年度 紀要編集委員会

四国職業能力開発大学校

委員長 稲葉 武彦 (校長)  
副委員長 志水 正利 (統括部長)  
機械系 池本 和夫 (生産機械システム技術科)  
電子系 蔵本 一峰 (生産電子システム技術科)  
情報系 小澤 弘明 (生産情報システム技術科)  
居住系 宇都宮直樹 (住居環境科)  
事務局 朝倉 均 (学務課長)

高知職業能力開発短期大学校

委員長 松中 孝二 (校長)  
副委員長 山谷 隆則 (能力開発部長)  
委員 榎本 実 (生産技術科)  
委員 高本 浩司 (電子情報技術科)  
事務局 坂本 好兄 (調査役)

四国職業能力開発大学校

高知職業能力開発短期大学校

紀要 第 24 号

---

発行 平成 24 年(2012)12 月 15 日

発行者 四国職業能力開発大学校  
〒763-0093 丸亀市郡家町 3202  
TEL 0877-24-6290 FAX 0877-24-6291

印刷 株式会社 ○○社  
○○市○○町 1-23-45

---