

開発課題における刻印・検査装置開発の取組み

近畿職業能力開発大学校 作 成一郎
西 竜也
近畿職業能力開発大学校
附属滋賀職業能力開発短期大学校 有馬 泰央

Development of Hallmark and Inspection Equipment in Educational Training Practice

Seiichirou SAKU, Tatuya NISHI, Yasuhiro ARIMA

要約 平成15年度より応用課程生産システム系の開発課題の一テーマとして、大阪府内の樹脂部品製造企業（以下協力企業と表記）から生産現場で必要とされる製造装置のプロトタイプ開発のテーマをいただき、3年間に亘り開発を行った。初年度は半自動型の刻印を行う装置の開発を目標とした。2年目は刻印の機能に加えて製品検査を同時に行う検査機能付刻印装置としての開発を目標とし、更に3年目は一定時間自動運転ができる装置として完成度を高めることを目標に取組みを行った。各年とも学生が創意と工夫を凝らし装置を製作してきた。本稿では3年間の経過を踏まえて製作した成果物について報告する。

I はじめに

開発課題のテーマとして製造現場に直結した内容を行うことは、学生にとって装置開発の目標、目的が明確になる。学生にとっては装置を企画、製作して行く過程で生じる様々な問題等を把握でき、解決するヒントとして協力企業の工場見学ができ、従業員からご意見をいただく中で使用する側の立場に立った問題解決を行うことができる。この企業からのテーマを課題にすることは、学生が消費者思考に基づいたものづくりを学ぶ開発課題に取組める一つの良い方法ではないかと考える。

本稿では各年度に製作した装置の概要を中心に、製作結果とそれに対する改善点等について開発経過に沿って報告する。

II 課題の目標

協力企業は、様々な種類の樹脂部品の組立て生産を行っており、組立て作業のほとんどを手作業で行っている。その作業工程の中で、付加価値を生み出さない製造年月の刻印作業や製品の検査作業はできるだけ費

用をかけずに生産を行いたいという希望がある。また、大量生産型の製品は自動化によるコストダウン効果が大きいとされている。そこで課題の対象は、協力企業で日産数千個の生産がされている製品とし、対象製品の刻印や検査作業の自動化による生産工程の改善を目標に、自動装置のプロトタイプを開発することとした。

III 対象製品と生産工程

図1に開発する装置で取扱う対象製品（以下ワークと表記）を示す。



図1 対象製品（ワーク）

協力企業でのワークの組立ては8工程で、工程間の運搬はワークが126個入るトレイを用いている。

図2に生産工程を示す。自動化を試みたのは図中の④刻印と⑥圧力検査の工程である。

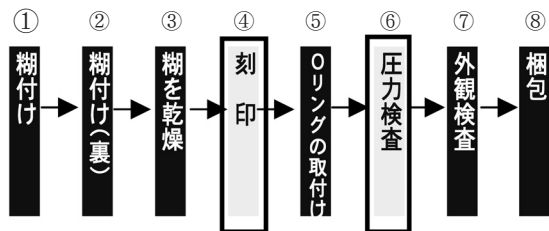


図2 協力企業での生産工程

刻印工程と圧力検査工程の作業概要は以下のとおりである。

刻印工程はワークの本体底面に、既存の刻印位置の反対側にワークを組立てた年月を打つ。作業者は一つ一つワークの刻印位置を確認しながら作業を繰り返す。刻印は熱により本体樹脂を溶かすことで印字される。

図3にワークの刻印位置を示す。

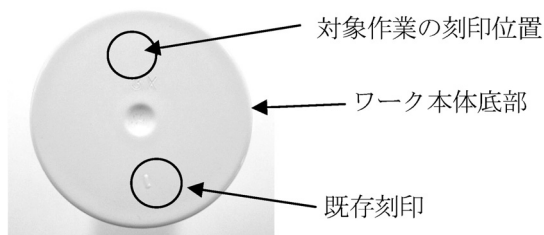


図3 刻印位置

ワークの圧力検査工程は、糊付けによって内部部品の目詰まり不良が生じていないかを確認する。作業者は一個ずつワークのキャップ側端面に両手を使って検査用ノズルを挿入し、圧縮空気を利用して圧力値の異常の有無で目詰まりを確認している。

協力企業ではワークを日産4,000個生産していることから1日8時間の連続生産とした場合、平均タクトタイムは7.2秒となるが、実際の作業を観測すると刻印及び圧力検査工程ともワーク1個あたり約3秒で作業している。

IV 1年目の製作と結果

1 製作

最初の装置は、作業者の刻印作業の効率を高める目的で開発を行った。作業者がワークを投入さえすれば

自動的に刻印の位置決めがなされ、刻印し、取出しを行う半自動装置を製作した。

装置の基本的制御はプログラマブルコントローラ(以下PLCと表記)を用い、刻印位置の検出には画像処理を利用することにした。PLCと画像処理用パソコン(以下画像処理PCと表記)とは、PLCの計算機リンク機能を使いRS232Cで接続し、PLCと刻印温度制御回路や空気圧機器とはPLCの入出力デバイスに接続し、ON/OFFの信号を送受信する。

図4にシステム概要図を、図5に装置外観を示す。

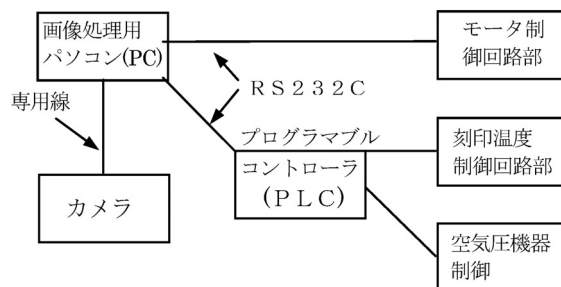


図4 システム概要図

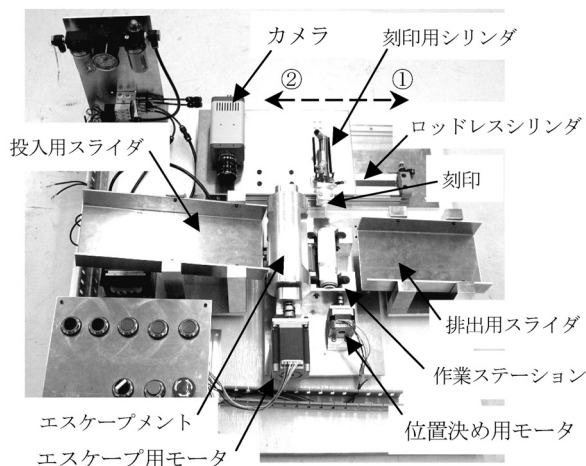


図5 1年目の製作品

作業ステーションはワークを4つのローラーで支える構造となっており、ローラーを刻印位置決め用モータで回転させることにより、ワークの円筒軸を中心にワークを回転させることができる。位置決め用モータは回転角度の制御を行うことから、ステッピングモータを使用した。このステッピングモータの制御を行うのが、図4に示すモータ制御回路部で、画像処理PCとRS232Cケーブルで接続し、画像処理PCから送られてくるデータによりモータの回転に要するパルス信号を発信する。

また、刻印は最適温度である130℃に一定に保つように刻印温度制御回路部で制御し、刻印先端は刻印用シリンダでワークに押し当てられる構造としている。

装置の動作順序は以下のとおりである。

- ① 起動するとカメラと刻印装置を搭載したロッドレスシリンダが図5の①で示す方向へ移動、カメラが作業ステーションに正対する位置で停止する。
- ② ワークを投入用スライダに並べると円筒状のエスケープメントが回転し、ワークを一つずつ分離(エスケープ)し作業ステーションへ送り込む。

図6にエスケープの様子を示す。

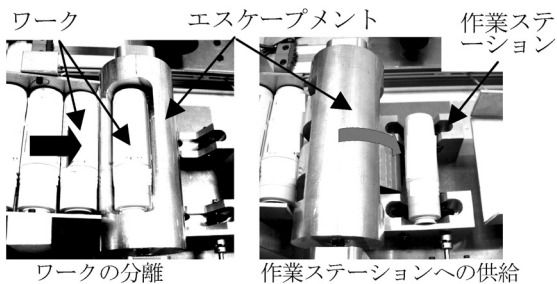


図6 ワークのエスケープ

- ③ 作業ステーション上のワーク底部をカメラによって捉え、既存刻印の反対側に刻印できるように必要な回転角度を画像処理PCで算出する。
- ④ 計算結果のデータは、RS232Cケーブルを經由しモータ制御回路へ送られ、刻印位置決め用モータを制御しワークの刻印位置決めを行う。
- ⑤ ロッドレスシリンダを刻印装置が作業ステーションに正対する図5の②で示す方向へ移動する。
- ⑥ 刻印用シリンダによりワークに刻印される。
- ⑦ 作業ステーション下部に設置されたワーク取出用シリンダでワークを排出用スライダへ押出す。
- ⑧ 以上の動作を繰り返す。

図7に刻印とワーク取出しの様子を示す。

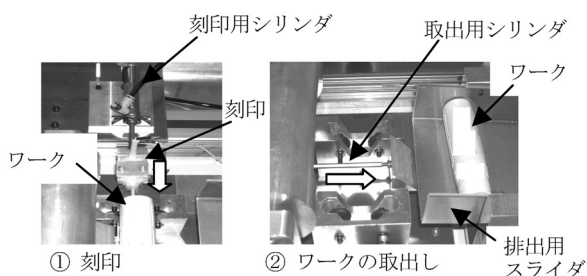


図7 刻印とワークの取出し

2 結果

装置の動作を検証した結果、以下の反省点があった。

- (1) 画像解析によるワーク位置決めデータどおりに位置決めがなされない。
- (2) 装置のタクトタイムは約14秒であり、手作業に比べ効率が著しく悪い。
- (3) 装置サイズは700×600×210(mm)となり協力企業の現場で使用するには幅と奥行きが大きすぎる。最初の装置は目的とする効率化を達成できず機械化する意味合いを考えさせられるものであった。

V 2年目の製作と結果

1 製作

1年目の結果を受け、協力企業のご意見も伺い、以下の項目について検討し製作を行った。

- (1) 画像処理PCからのデータ受信回路の見直し。
- (2) カメラと刻印機を固定化することで無駄な動作をなくし作業効率を高める。
- (3) ワークの圧力検査機能を追加することで工程結合による効率化を図る。
- (4) 装置を2段構造とし、下段に制御機器を配置することでコンパクト化を図る。(図9参照)
- (5) ワークストック量増加により作業者の刻印と圧力検査作業に携わる時間を短縮する。

項目(2)と(3)の改善により装置のタクトタイムを10秒とすることを目標において製作を行った。

また、画像処理PCの配置の自由度を考え、カメラとの接続を専用線ではなく延長に自由度のあるLANケーブルを使用することにした。

(カメラをIportに接続し100BaseTケーブルを使用)

図8に装置のシステム概要図を示す。

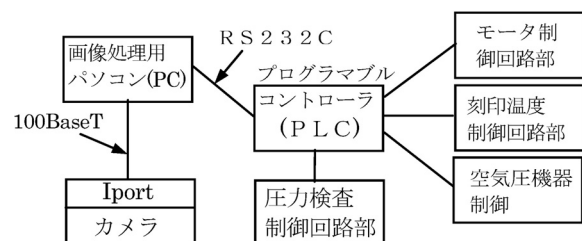


図8 システム概要図

図8に示すように位置決め用も含めモータ制御は、PLCの位置決め機能を使用し、新たに圧力検査用回路を製作した。

圧力検査はワーク刻印面の反対側の端面を使うことから、作業ステーションを挟んで両側からシリンダで刻印と圧力検査を同時に行える構造とし、検査用ノズルを確実にワークに挿入できるように作業ステーション上部にワーク固定用シリンダを設けた。

カメラと刻印機の固定化は、カメラを作業ステーションの斜め上方に設置することで解決を図り、安定した画像の取得を目的に、制御機器を配置している装置下部にライトを設けた。

図9に作業ステーション周辺図を示す。

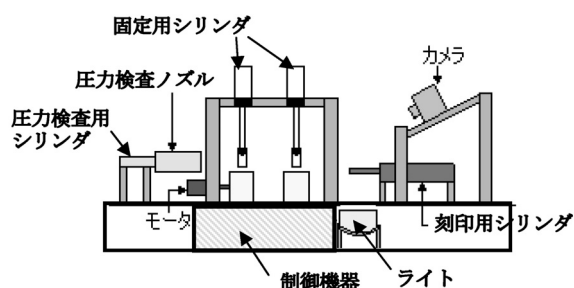


図9 作業ステーション周辺図

ワークのストック量の増加については、5分間の自動運転を目標とし30個のワークを保管できる3段のスロープの付いた装置本体に着脱可能なストッカーを製作することにした。

図10にストッカーを示す。左側が装置に取付けた状態であり、右側が単体の写真である。

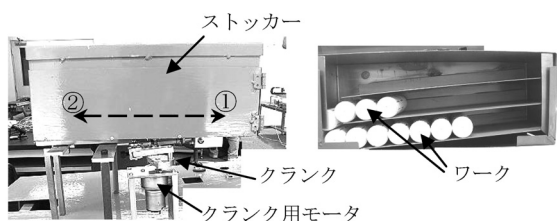


図10 ストッカー

ストッカーは図10右側写真の手前の面がアクリル製の上下に開閉可能な扉となっており、作業者はこの扉を開けてワークをストッカーに充填する。

ストッカーを取付ける装置本体側の受け台には、ストッカー内でワーク同士の干渉による詰まりを解消する目的でクランク機構を設けた。これはワークが作業ステーションへ供給されない場合にストッカー全体を図10に示す①②の長手方向へ振動させることにより供給をさせようとするものである。10秒間動作しても供給されない場合は装置を停止する。

装置の動作順序は以下のとおりである。

- ① ワークをストックカーに充填し、ストッカーを装置本体に取付ける。
- ② 装置を起動するとワークがストッカーよりスライダに送出されエスケープ後、作業ステーションへ供給される。
- ③ 作業ステーション上のワーク刻印底面を画像処理により刻印位置出しデータを算出する。
- ④ データをP L Cに送りワークの位置決めを行う。
- ⑤ ワークを固定用シリンダで固定する。
- ⑥ 刻印と同時に圧力検査ノズルをワークへ挿入する。
- ⑦ 検査圧をワークにかけ圧力検査回路で異常圧力の有無を判定する。
- ⑧ 正常の場合はワークを作業ステーションから取出す。異常圧力が検出された場合は装置を停止する。
- ⑨ 以上の動作を繰り返す。

図11に装置主要部を示す。

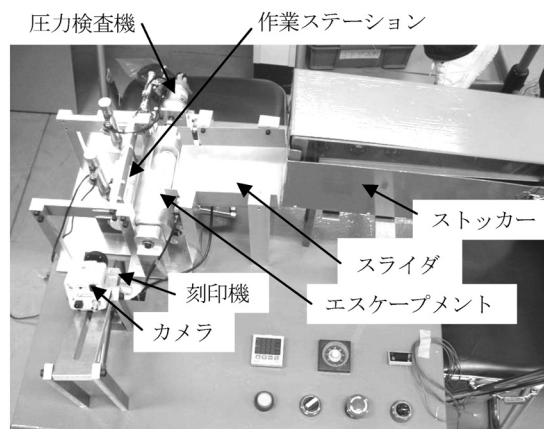


図11 2年目の製作品

2 結果

目標とするタクトタイムはほぼ満たしたものの、協力企業の方から以下のご意見をいただいた。

- (1) 稼働率が70%程度なので信頼性向上を要する。
- (2) ワークストック量の増量。
- (3) 装置停止理由が簡単に判ること。
- (4) より小型化されることが望まれる。

(装置サイズ：600×560×600(mm))

- (5) 制御機器が本体内部にあるため保全性が悪い。

稼働率が悪い原因は、ワークの供給不良によるものであり、信頼性の向上とストック量増加は共にストッカーの抜本的設計の見直しが必要であることを意味している。自動化におけるポイントであるワークの供給と取出し、特に供給技術の重要性を再認識させられた。

VI 3年目の製作と結果

1 製作

3年目は協力企業からのご意見を基に生産現場を再度調査させていただいた上で以下の項目について検討し製作を行った。

- (1) ストッカーのストック量と構造。
- (2) 供給とエスケープ機能の改善。
- (3) 7セグメント表示器による状態表示。
- (4) 制御盤の製作による装置本体の小型化。

ワークストック量は工程間の運搬に用いられるトレイの収納量である126個とすることを目標とした。

図12に製作した新型のストッカーを示す。左側が空の状態の手前の面がアクリル製の扉となっている。作業者は扉を開いてワークを充填する。右側がストッカーにワークを充填した写真である。

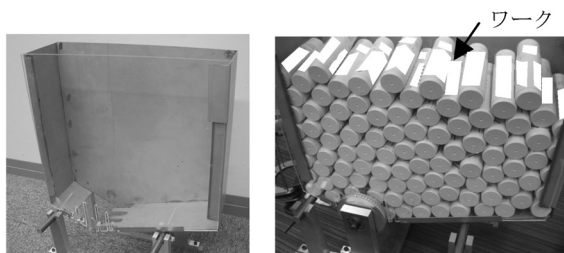


図12 新型ストッカー

ストッカーからの排出とエスケープ機能を一体化した供給機を製作した。この改善により手作業で行っている刻印と検査作業との合計作業時間である6秒を装置タクトタイムの目標とすることとした。

図13に供給・エスケープ用の部品（以下フィーダーと表記）と供給機を示す。

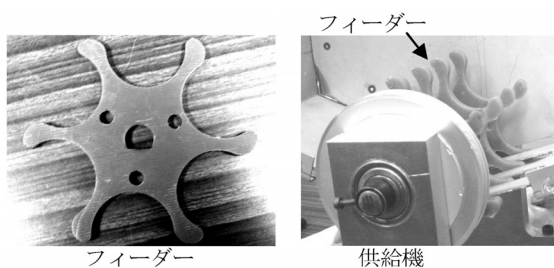


図13 供給機

供給機は、図13左側の写真に示すようなワークの外径よりやや大きめの溝が6箇所あるフィーダーを4枚用いて図13右側の写真に示すように等間隔に配置し、ストッカーの底部に挿入できる構造とした。

このことにより供給機を装置本体に設置し、専用治

具を用いることでワークが入った状態のストッカーを装置本体に着脱可能とした。

図14にその様子を示す。左側は装着した状態であり、右側は取外した状態の写真である。

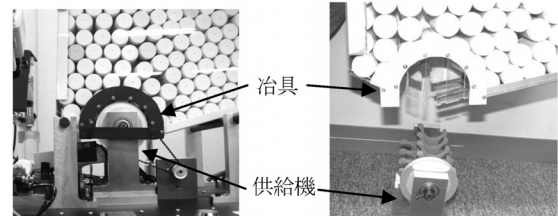


図14 供給機とストッカー

供給機をモータにより回転させるとフィーダーの溝によりワークをエスケープする。回転角度はこれまでの1/6で良いことから供給時間の短縮ができる。

装置の小型化については、制御盤を製作し制御機器を本体と切り離すことで本体の小型化を図り、本体と配電盤の配線ケーブルは着脱可能なコネクタ処理を施し安全性も向上させた。

図15に製作装置を示す。

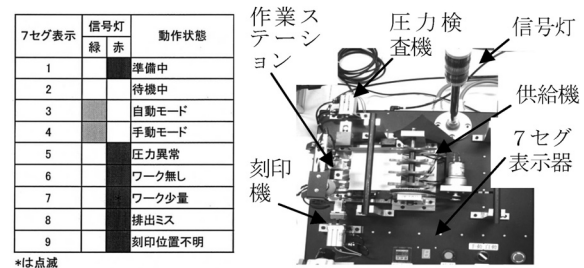


図15 3年目の製作品

装置の状態表示は7セグメント表示器及び信号灯を設置して装置の状態を表示することとした。

図16に状態表示リストと装置本体（ストッカー未装着状態）を示す。

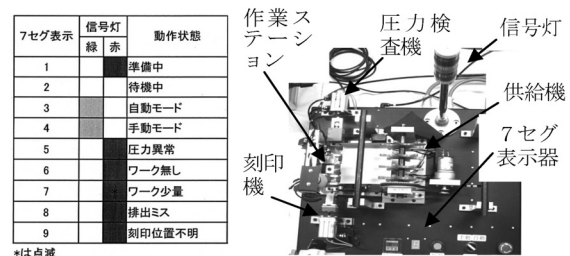


図16 状態表示リスト(左)と装置本体(右)

7セグ表示	信号灯 緑 赤	動作状態
1		準備中
2		待機中
3		自動モード
4		手動モード
5		圧力異常
6		ワーク無し
7		ワーク少量
8		排出ミス
9		刻印位置不明

*は点滅

図17に作業ステーション周辺を図18に装置のシステム概要図を示す。

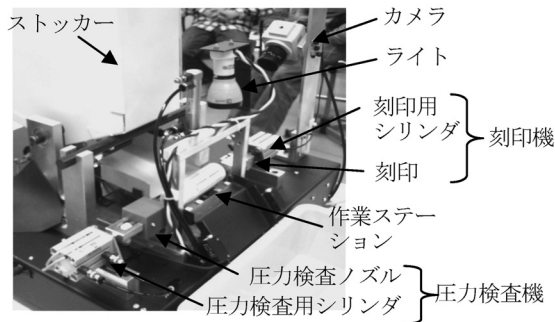


図17 作業ステーション周辺

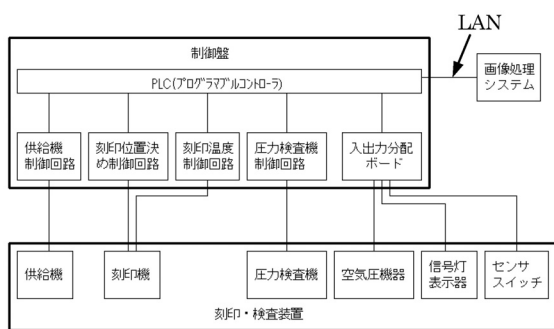


図18 システム概要図

装置の動作は2年目の装置と同様の動作順序となる。ここでは刻印位置決めの画像処理について紹介する。図19に画像処理システムの構成を示す。

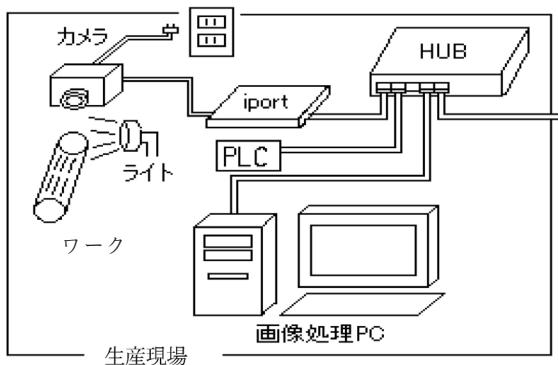


図19 画像処理システム構成図

協力企業の生産現場では作業域確保のため、画像処理PCと装置とを近くに置くことができない。この対策として、PLCについてもEthernetリンク機能を用いることにより、PLCとカメラそして画像処理PCをLANに接続しHUBを通してデータの交換を可能とした。また、画像処理の精度を上げるためにLEDライトを使用し改善を図った。

画像処理部の動作順序は以下のとおりである。

- ① ワークが作業ステーションへ供給されると画像処理を開始する。
- ② 取得したカメラ画像から2値化→マスク処理→2値化→ノイズ除去の順で処理を行う。
- ③ 面積を基準に既存の刻印位置の角度を算出する。
- ④ 既存の刻印位置がワーク端面中心から6時の方向になるように左右回転方向と回転角度を算出する。
- ⑤ 回転方向と回転角度のデータをPLCに送信する。
- ⑥ 刻印、検査作業後ワークが取出されたら次のワーク待ちの状態になる。

図20に画像の処理のフローを示す。

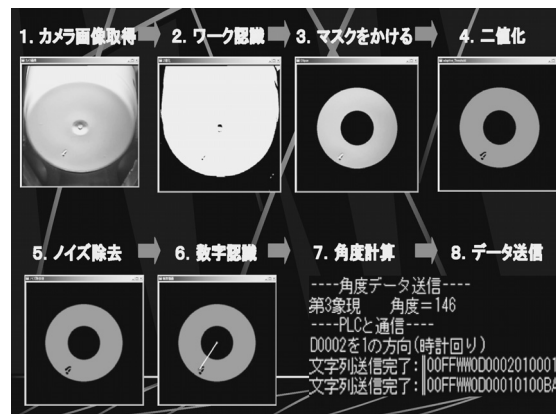


図20 画像処理のフロー

また、3年目は画像処理操作を簡単にするために、画像処理PC上に操作メニューを表示して、選択操作で行えるように画像処理プログラムを製作した。このプログラムにより以下の3つの処理を行う。

- (1) 画像処理：画像処理システムを開始する。
- (2) 数字の認識設定：既存の刻印の数字を認識できるように閾値の設定を行う。
- (3) カメラ位置設定：カメラの調整を行う場合に用い、カメラの位置や焦点を合わせる。

図21に製作した画像処理プログラムの初期画面を、図22に数字の認識設定画面(左)とカメラ位置設定画面(右)を示す。

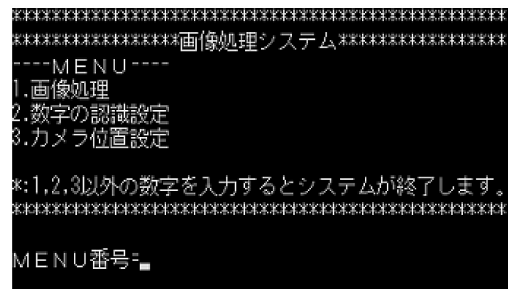


図21 画像処理初期画面

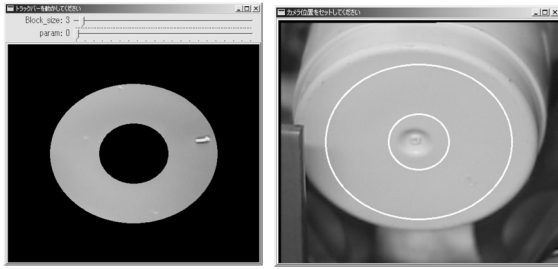


図22 画像処理設定画面

数字の認識設定画面では、トラックバーにより2値化画像の設定が行える。設定したデータは保存されるので条件の変更がない限り設定を省略できる。

カメラの位置設定画面では、マスク処理を行う2つの楕円と取得画像を同じ画面に表示させることで、この画面を見ながら取得画像の中心とワークの中心とを合わせ、カメラを固定できるようにした。

2 結果

装置の動作を確認し以下の結果が得られた。

- (1) 装置のタクトタイムは7秒に短縮できた。
- (2) 装置サイズは540×500×600(mm)と小型化した。
- (3) 稼働率は98%以上となったが、供給ミスを完全に防ぎきれない。

協力企業の製造現場に装置を持ち込み作業の方々にも見ていただいたところ、ほぼ満足する評価であったが以下の反省点もいただいた。

- (1) 圧力検査における加圧力や加圧時間等の検査条件を簡単に微調整できることが望まれる。
- (2) 圧力検査結果をデータベースに保存したい。
- (3) 稼働率は100%が望まれる。

以上のような改善の余地はあるものの、技術的には自動化できることを確認していただいた。

開発した装置の有効性については、実用に関するご意見として、現場で使用したいが、故障時等のメンテナンスについての対応の問題がある。とのことが挙げられた。(協力企業は生産技術部門を持っていないため、装置の製作や改造、修理などのメンテナンスができない理由による)

そこで、開発した装置の設計図を装置製造会社に提示して外注製作し、その後のメンテナンスを装置製造会社に依頼する方法を協力企業において検討いただくこととし、プロトタイプの開発としては区切りをつけることになった。

VII 年間の協力企業との経緯

ここでは年間をとおして協力企業とどのような経緯で開発を進めてきたかについて記述する。

開発課題実習として装置の製作を行うことから本テーマを手がける学生メンバーは毎年代わる。そのため3年間にわたり協力企業へは、毎年4回程度は学生を引率して訪問させていただいた。訪問の目的は協力企業の現状把握、企画立案報告、中間報告、そして結果報告である。

開発課題で本テーマを行う学生が決まると、まず協力企業の状況を把握するために訪問させていただいた。具体的には従業員の方々の作業を観察し作業研究、作業分析を行う情報を持ち帰った。

持ち帰った情報を基に検討を行い、開発目標や装置の仕様を決定した。決定した目標及び仕様は当大学校内で開催された開発課題テーマ発表会にて発表した。その後、作業研究や作業分析を行う過程で生じた疑問点の解決と仕様についてのご意見を伺うため、協力企業を訪問し企画立案報告を行った。

協力企業からいただいたご意見を活かすように仕様を見直して仕様の最終決定を行い、全体設計→詳細設計→製作の手順で開発を進めた。この間に疑問が生じた場合は適時協力企業へ電子メール等で問い合わせ解決を図った。

装置の一部(特にワークの充填や取出し等作業者の関わりのある部分)が形になってきたところで、具体的な装置についてのご意見を伺う目的で協力企業を訪問する中間報告を行った。製作途中の装置の一部を持ち込み、従業員の方々から使い勝手等の細かなご意見を伺いその後の改善に役立てた。

図23に中間報告の様子を示す。



図23 中間報告

2月には当大学校内で開発課題最終発表会とポリテックビジョンが開催された。それらの発表を踏まえ3月上旬に協力企業へ結果報告に伺った。製作した成果物を協力企業の生産現場へ持ち込み現場の作業の方々にも評価いただいた。

以上のような流れで協力企業と連携を取りながら開

発を進めてきた。

図24に結果報告の様子を示す。



図24 結果報告

VIII おわりに

協力企業からの課題提供については、事前に幾度か教官が訪問し、開発課題の主旨（学生が主体的に企画・立案・製作すること）と教育訓練として実施することの理解を得た上で、協力をいただくこととした。

そのため、協力企業からは特に開発期限や具体的開発目標を示されたりすることはなく、初年度に本テーマに着手した経緯も学生が協力企業の生産工程を分析し、ボトルネックと思われる工程を見つけ出し、さらにその中で技術的に自動化できそうなものを選定するに至った。2年目以降は、前年度の仕上り状況と学生自身が協力企業で見聞きしたことによる要望を把握し、各年度の到達目標を設定し製作を行った。

この目標設定の段階においては、最終目標は実用化できる装置を製作することが最大のテーマであるということを学生が自己認識するように、必要と思えるたびに協力企業の作業状況を撮影したビデオを見せるなどして装置の必要性を訴える工夫を払った。

その後も学生に主体性と開発意義を常に自覚させるため、学生の提案や疑問を尊重して協力企業からの意見や要望をフィードバックすることや、協力企業への訪問や協力企業の方の来校など学生が協力企業と直接接触を持てる機会を多くつくることに努め、学生が協力企業への意識を忘れることなく課題製作に取り組む姿勢を持つように心がけて指導を行った。その中でも、面白そうだが手に負えそうもない課題に取り組もうとする学生もおり、それに対して唯単に否定をするのではなく、納得の行く形で方向付けをする事はモチベーションの維持上必要であり、特に注意を要した。

このような開発環境（雰囲気）を作り出すことによって、協力企業への訪問時の説明や質疑は学生が主体的に行い、開発途中の質問事項は、学生が文章にまとめ、教官をとおして協力企業に電子メールや訪問あるいは来校していただき、質問し回答をいただいた。また、

協力企業からの問題提起についての解決策についても、教官はアドバイスをを行ったが、学生主体で試行錯誤を繰り返し試作機の製作を行ってきた。

以上のような形で本テーマを手がけた学生の開発課題の報告書を見ると、協力企業との仕様の検討において、製作する側の考える作業性の良さと作業者の方々が考える作業性の良さが違うことに気づき、その修正に苦労したという感想が記載されていた。消費者本意のものづくりの大切さ、難しさを実感してくれたことには本テーマを取組んだ意義があったと考えている。

この他、共通した感想として次のものが挙げられる。目的のはっきりしており実際に手作業で行っている事を自動化することが楽しそうだったので比較的興味の持てる内容だった。何度も構想を考え直し創意工夫したオリジナルな比較的満足した装置ができた。企業からの課題ということでプレッシャーがきつかった。

このように、学生は興味を持って取組み、ある程度の不安を抱えながらも動作が実現できた暁には達成感を味わうことができたことから、精神面でも本テーマをとおして装置を開発することについて学んだ事が多くあったと思われる。

自動化技術は対象とするワークや作業内容により、装置へのワークの供給や取出しといったいわゆるワークハンドリングの技術は多種多様であり、この取組みによりワークハンドリングのノウハウの蓄積ができたことも収穫の一つであった。

次年度以降、別のテーマでの開発課題の指導にもこの経験を活かせるものと考えている。

謝 辞

お忙しい中、ご協力いただいた協力企業の皆様に感謝申し上げます。

また、平成15年度、平成16年度、平成17年度開発課題実習で本テーマに取り組んだ学生諸君ならびにいろいろな面からご指導いただいた先生方に感謝申し上げます。

参考文献

- (1) 近畿職業能力開発大学校、平成15年度応用課程 生産システム系開発課題報告書
- (2) 近畿職業能力開発大学校、平成16年度応用課程 生産システム系開発課題報告書
- (3) 近畿職業能力開発大学校、平成17年度応用課程 生産システム系開発課題報告書
- (4) 有馬・西・作 開発課題における刻印・検査装置 開発の取組み 2006/6 近畿能開大ジャーナル