

課題情報シート

課題名：	ドアヒンジの自動検査システムの開発		
施設名：	四国職業能力開発大学校		
課程名：	応用課程	訓練科名：	生産システム技術系
課題の区分：	開発課題	課題の形態：	設計製作

課題の制作・開発目的

(1) 課題実習の前提となる科目または知識、技能・技術

安全衛生、機械設計、材料、機械加工技術、測定、電気電子、制御技術、アクチュエータ技術、センサ技術、画像処理、通信、プログラミング、ネットワーク技術などを中心に各科において専門課程から応用課程 1 年次までに習得した全ての知識・技能・技術

(2) 課題に取り組む推奨段階

応用課程 2 年（応用課程 1 年で標準課題の単位を習得後）

(3) 課題によって養成する知識、技能・技術

- ・機械設計技術、計測制御技術、CAD/CAM 応用技術、各種加工技術
- ・制御システム設計製作技術、モータ制御、通信、マンマシンインタフェース
- ・画像処理システム設計製作技術、画像処理、通信、プログラミング
- ・企画開発、検証、報告書作成、発表など

(4) 課題実習の時間と人数

人数：13 名（生産機械システム技術科 5 名、生産電子システム技術科 4 名、生産情報システム技術科 4 名）

時間：972 時間

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、品質保証のための検査工程を充実させています。手作業を自動化し、作業者の負担を軽減すると共に、目視などによるヒューマンエラーをなくすためには、検査の標準化が重要になります。画像処理を検査工程に適用する場合には、撮像条件の設定も大きな課題になります。

プレス加工を適用した自動車部品の 1 つに、ドアの開閉に重要な役割を果たすヒンジがあります。倉敷市内の P 社では、ヒンジに装着されるブッシュの検査に、測長およびトルク測定を適用して良・不良を判別しています。しかし、プレス部品の板厚寸法のばらつきの影響や、ブッシュが正常に装着されていない場合でもある程度のトルクを有することなどを原因として、「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」が問題になることがあります。

本開発課題では、ドアヒンジのブッシュの装着状況検査に、PLC 制御および画像処理技術を適用し、実際にラインに組み込むことを想定して、ヒンジの供給と姿勢制御、ブッシュの検査、良・不良品の分別および収納までを自動化しました。また、現状の測長およびトルク測定検査に比べて検査時間を短縮し、検査精度を標準化する産業用画像処理システムを構築しました。本報告では、開発した自動検査システムの概要と、検証結果などを示します。

課題の成果概要

開発したドアヒンジの自動検査システムの外観を図1(a)に示します。検査対象のドアヒンジは、SAPHの自動車用熱間圧延鋼材を使用して、図1(b)に示す曲げおよび絞り加工などを適用したフェイメールと左右勝手違いのメールの組み合わせにより8種類あります。メールの立ち面の穴にブッシュを装着後、ピンを挿入してかしめることにより組み立てます。検査対象の銅製ブッシュが、組み立て後もメールヒンジの立ち面の穴の中に装着されていることを確認する必要があります。



図1(a) 自動検査システムの外観

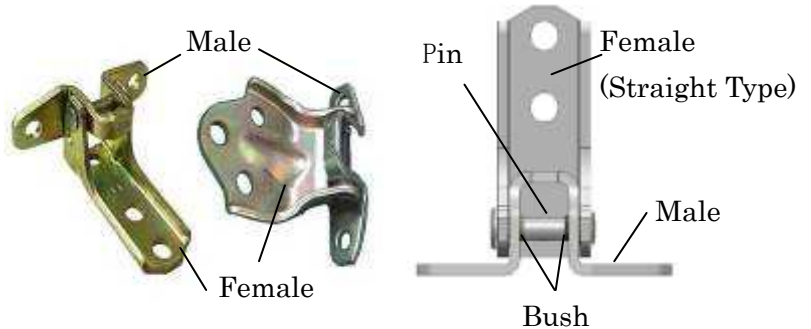


図1(b) ヒンジの構成

開発した自動検査システムは、部品の組み合わせにより8タイプある全てのドアヒンジについて、ブッシュの装着状況を自動検査します。システムは図2に示すように機構部、制御部ならびに画像処理部により構成します。撮像には図3に示すように、LED照明を一体化したCCDカメラを使用します。ヒンジは約90mm離れた位置で、8タイプとも常に同一の撮像条件を保持するために専用の治具を用いて姿勢を制御しました。第一検査部では、LED照明を一体化したCCDカメラを用いて、正面から左右のブッシュを同時に撮像します。正面からでは良否を確定できない場合には、第二検査部で組立時にピンに押し込まれる右側のブッシュのみを撮像して追加検査します。8タイプある全てのドアヒンジについて、ブッシュを含む同一の領域で撮像後、PCで画像処理を行います。PLCとPC間でデータ通信を行い、画像処理の判定情報を受け渡します。遮光ハウジングにより、画像処理の撮像条件は一定にしています。ドアヒンジのピンの挿入方向を図4に、検査の流れを図5に示します。

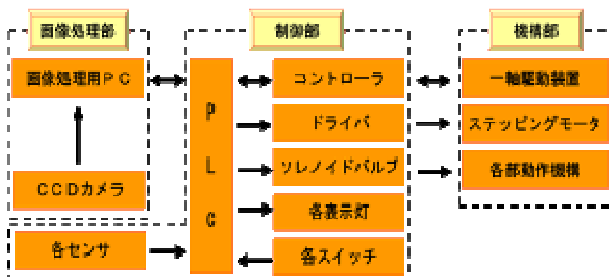


図2 自動検査システムの構成

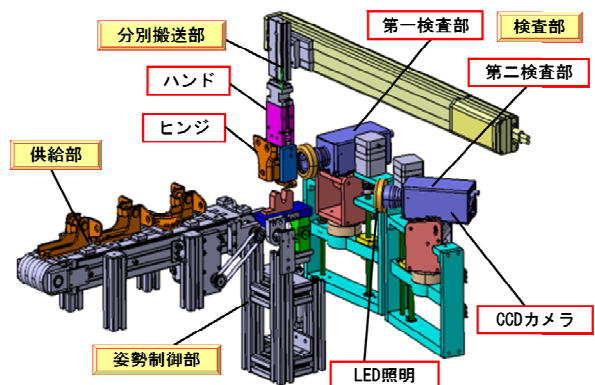


図3 ドアヒンジの撮像状況

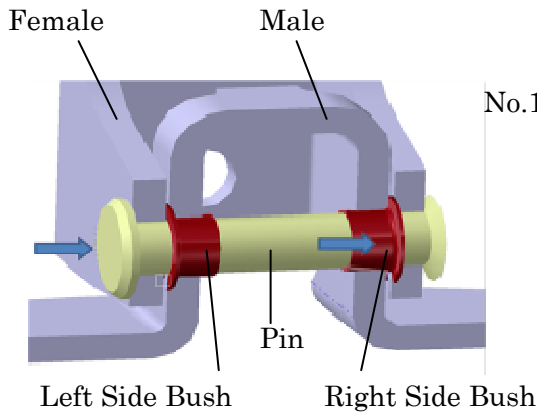


図4 ドアヒンジの断面におけるピンの挿入方向

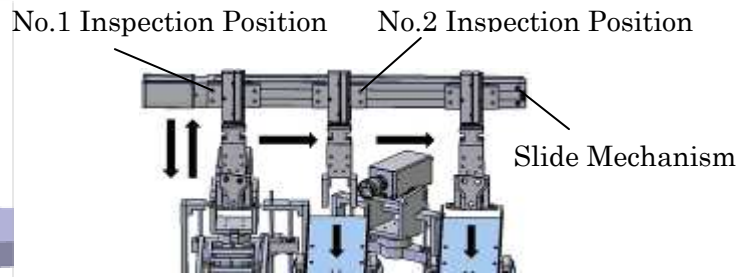


図5 ドアヒンジの検査の流れ

(1)機構部

機構部は供給部、姿勢制御部、検査部、分別搬送部および収納部で構成します。開発したシステムの自動検査の流れを以下に示します。

- ①給部のベルトコンベア上に最大4個ストックされるヒンジを、1個ずつ順次供給します。
- ②供給されたヒンジは受け治具により垂直に姿勢制御されます。
- ③一軸駆動装置に接続されているハンドによりヒンジを掴み、撮像位置まで上昇して停止します。
- ④画像処理による良否判定結果に応じて、良品・不良品を各々の収納部へ搬送後分別します。

(2)制御部および画像処理部

各種センサやスイッチの入力信号に対応して、PLCにより空気圧機器やモータなどのアクチュエータを制御します。PC・PLC間の通信には計算機リンク方式を採用しました。

システムには、検査モードとキャリブレーションモードがあります。図6に検査モードの流れを示します。撮像位置の自動補正を行うことをキャリブレーションとしています。キャリブレーション撮像の例を図7に示します。専用の目印を用意して、図7の四角の破線で囲んだ部分で画像処理を行い、基準点との位置ずれを調べます。ずれがある場合は位置補正を行います。

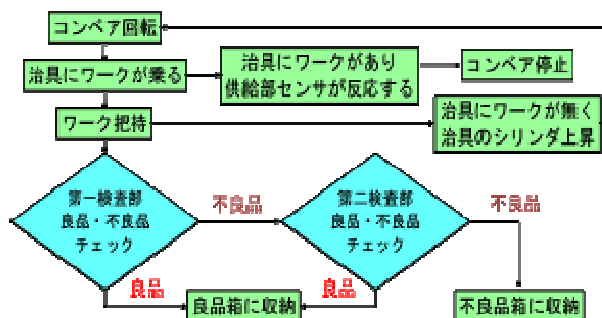


図6 検査モードの流れ

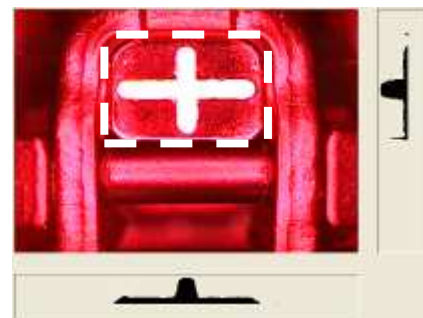


図7 キャリブレーションの撮像事例

第1検査部と第2検査部におけるヒンジの撮像事例を、図8と図9に示します。第1検査部では、図8のトリミング部分を2値化後、ヒストグラム山の間隔により良品と不良品を判定します。第2検査部では、図9のヒストグラムからトリミング範囲を計算して、明るい部分、やや明るい部分と暗い部分を、黒とグレーおよび白に3値化処理します。黒とグレーの領域の比で合否を判定します。

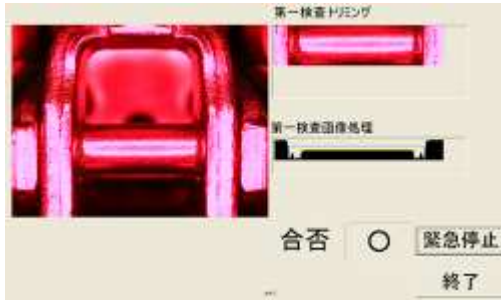


図8 第1検査（正面の画像処理）



図9 第2検査（右側面の画像処理）

部品の組み合わせにより合計 8 タイプあるヒンジについて、検証実験を繰り返し実施しました。8 タイプ 40 個に対する検査を 10 回繰り返した結果を表 1 に示します。表 1 より、検査誤りをなくし、過検出はサンプル 40 個中 1 個に低減することができました。なお、ヒンジ 1 個当りの検査時間も目標仕様以内の 5.2 秒以下に短縮できました。

表1 検証実験結果[%]

検査項目	ヒンジタイプ								合計
	A	B	C	D	E	F	G	H	
検査精度	80	100	100	100	100	100	100	100	97.5
検査誤り	0	0	0	0	0	0	0	0	0
過検出	20	0	0	0	0	0	0	0	2.5

以上より、ドアヒンジのブッシュの装着状況検査に対して、画像処理と PLC 制御技術を適用した自動検査システムを開発しました。検査誤りをなくし、過検出を 2.5% に低減して、検査時間も目標仕様以下に短縮できました。また、撮像位置を自動補正する機能も付帯できました。

課題制作・開発の訓練ポイントおよび所見

開発課題「ドアヒンジの自動検査システムの開発」では、企業の要望を満足するシステムの仕様決定や開発工程計画を作成する能力、およびシステムの設計製作や画像処理による良否判別検査を実現するための専門的スキル・技術を習得するだけでなく、開発したシステムの検証能力、ならびに企業担当者や生産システム系の教官および学生間のコミュニケーションや調整能力を養成することを目的としました。

これらの能力を養成するために、まず、ブッシュの装着状況の画像を取得する際のドアヒンジの姿勢制御が、自動検査システムの性能を左右する重要な機能であることをメンバー全員に理解させました。また、実際の企業の生産現場に開発したシステムを導入することを、前提条件として考慮させました。学生たちは、まず、企業内の生産工程で組み立て時に使用する治具の改良や、ピックするハンドの指部に工夫を加えて検査対象を直ちに姿勢制御しました。さらに、ブッシュの装着状況の画像取得位置を校正する機能を追加するために、電子と情報の専門の異なるメンバーが協力して、制御部と画像処理部間で、サーボモータやステッピングモータによる位置決め補正量を通信するプログラムを制作しました。

つぎに、開発した自動検査システムによる検査結果を、実際のブッシュの装着の有無と検証することが、システムの検査精度を標準化するために必要であることをメンバー全員に理解させました。正面から左右のブッシュを同時に撮像する第一検査部では、取得画像をトリミング

グ後 2 値化する際のしきい値や、2 値化画像のヒストグラムにおける良否の基準となる谷の間隔の設定などに、「不良品が良品に混在する検査誤り」を無くして「良品が不良品に混在する過検出」を低減することを要求しました。また、組立時にピンに押し込まれる右側のブッシュのみを撮像して追加検査する第二検査部でも、3 値化する際のしきい値や、3 値化画像における良否の基準となる黒とグレーの領域の比の設定などに、検査誤りを無くして過検出を低減することを要求しました。学生たちは、企業から提供して頂いた検査対象のドアヒンジのブッシュの有無による良否と比較しながら、画像処理におけるしきい値を調整してシステムの検査基準を決定しました。良否判別の検査精度を検証するための実験も繰り返し実施しました。

本開発課題により、画像処理および PLC 制御技術を適用して、ヒンジの供給と姿勢制御、ブッシュの検査、良・不良品の分別および収納までを自動化する検査システムを構築し、現状の測長およびトルク測定検査に比べて検査時間を短縮し、検査精度を標準化する産業用画像処理システムを構築できたことは、今後生産現場に関わる技術者になるに際して、大きな自信を得ることができたのではないかと考えます。

工程計画の作成や作業を分担する際には、リーダーを中心に全員で議論させました。計画に沿って、メンバーを小グループに分け、それぞれの担当毎にシステム開発を進めました。この過程において、特に設計段階では、各メンバーの担当範囲を検証し、不具合がある場合にはメンバーで討議して、その要因を明らかにしながら、設計作業を繰り返しました。何度も設計をやり直す大変さを口にしながらも、システムが仕上がった際の学生の言動や、発表会後の感想などから、学生がこの開発課題のシステムを設計製作することにより、ものづくりに係る楽しさを感じていたことが伺えました。また、この開発課題における一連の取り組みを通じて、企画開発力や専門的な技能・技術の向上に加えて、コミュニケーションや調整能力、およびリーダーシップ能力の向上につながったと考えます。

養成する能力 (知識、技能・技術)	課題制作・開発のポイント	訓練（指導）ポイント
<p>○企画・開発能力とコミュニケーション能力</p> <p>○設計技術</p>	<p>◇企業担当者とのミーティングを重ねて、企業の要望を把握し、システムの仕様を決定します。</p> <p>リーダーを中心に全員で、工程計画の作成や作業分担を決定します。</p> <p>◇3次元CADシステムを活用して、構想設計から部品加工用の図面作成まで取り組みます。不具合がある場合には、要因を明らかにしながら、設計作業を繰り返します。</p> <p>購入部品や素材を集計し</p>	<p>●当該企業の生産現場における課題を把握し、企業ニーズを取り入れたテーマを設定しました。</p> <p>開発期間と予算を考慮したシステム仕様にしました。</p> <p>●3次元CADデータを共有し、分担した各部のサブアセンブリからシステム全体を構築させました。</p> <p>データの整理と管理を注意し、提出される物品請求書を確認して、発注しました。</p>

養成する能力 (知識、技能・技術)	課題制作・開発のポイント	訓練（指導）ポイント
○機械加工技術	<p>て、物品請求します。</p> <p>◇図面に対応して、加工手順書を作成し、各部品を機械加工します。汎用加工機および NC 加工機の取り扱いに習熟します。</p>	<p>●加工条件の設定や作業の安全に注意しました。</p>
○制御技術	<p>◇制御部の設計から、配線およびプログラミングまで取り組みます。機構部の負荷を考慮してアクチュエータを選定します。</p> <p>ドアヒンジの画像取得位置を校正する機能を追加するために、制御部と画像処理部間で補正量を通信するプログラムを制作します。</p>	<p>●予算も考慮して、PLC およびアクチュエータやセンサなどを選定させました。</p> <p>電子と情報の専門の異なる学生に、協力して通信プログラムを制作させました。</p>
○画像処理技術とプログラミング能力	<p>◇画像処理技術を活用して、良否判別の検査基準を標準化します。</p> <p>画像処理用の計測機器の選定、組合せと撮像条件などを比較検討し、ピンの両サイドに装着されたブッシュの抽出手法を検討します。</p> <p>画像処理および通信プログラムの制作に習熟します。</p>	<p>●各種の画像処理技術による良否判別の検査精度を比較させました。</p>
○システムの検証能力	<p>◇開発した自動検査システムによる検査結果を、実験を繰り返して検証します。</p>	<p>●開発した自動検査システムの検証手法を考えさせました。</p> <p>良否判別の検査精度を検証するために、実験を繰り返し実施させました。</p>

養成する能力 (知識、技能・技術)	課題制作・開発のポイント	訓練（指導）ポイント
○プレゼンテーション能力	◇校内発表会とポリテックビジョンにおける講演発表や、企業を訪問しての報告などを体験します。	●報告書、講演発表用の予稿、パワーポイント、およびパネルなどを作成して、自分たちの課題の成果をまとめさせました。

課題に関する問い合わせ先

施設名 : 四国職業能力開発大学校
住所 : 〒763-0093
 香川県丸亀市郡家町 3202 番地
電話番号 : 0877-24-6290
施設 Web アドレス : <http://www.ehdo.go.jp/kagawa/college/>