

## 課題情報シート

課題名：	シャフト円筒内面傷の自動検査システムの開発		
施設名：	中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

機械：安全衛生、機械設計、材料、力学、機械加工、測定、電気電子、制御技術など  
情報：画像処理、通信、プログラミング、ネットワーク技術など

#### (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修得後）

#### (3) 課題によって養成する知識、技能・技術

機械：企画開発、設計、機械加工、組立調整、制御、通信、プログラミング、報告書作成、発表など  
情報：企画開発、画像処理、通信、プログラミング、検証、報告書作成、発表など

#### (4) 課題実習の時間と人数

人数：5 名（生産機械システム技術科：4 名、生産情報システム技術科：1 名）  
時間：972 時間

自動車の最適な運転姿勢を取れるように、ステアリングの位置を前後させるテレスコ機能が、上下させるチルト機能に追加されて普及しつつあります。このテレスコ機能を持つステアリングシャフトを、倉敷市内の M 社では年間約 200 万本生産しています。別部品のインナーシャフトが圧入される円筒内面に傷がある場合、締結力が低下する問題があります。現在、このステアリングシャフトの円筒内面傷の検査では、熟練者の目視による良否判別を、全数に対して実施しています。そのために、検査工程の自動化や、人間の個人差による検査誤りをなくす標準化が、強く望まれています。自動車業界では、品質保証のために検査工程を充実させて、省人化及び自動化に取り組んでいますが、加工穴検査の自動化は大変難しく、画像処理を適用する場合でも、検査条件を整えることが大きな課題になっています。

そこで、本開発課題では、画像処理及び PLC 制御技術を適用して、シャフトの搬送と位置決め、良否判別検査、ならびに不良品の場合に特定する工程までを自動化し、検査の時間短縮と精度を標準化するシステムを構築しました。本報告では、開発したシャフト円筒内面傷の自動検査システムの概要と、熟練検査者の良否判別結果及び面粗度の測定値と比較した検証結果などを示します。

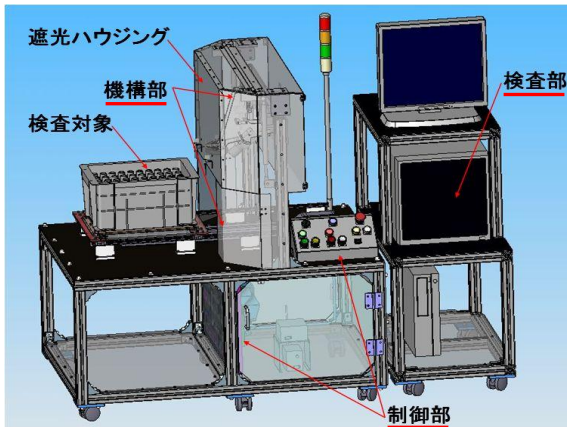


図1 自動検査システムの外観

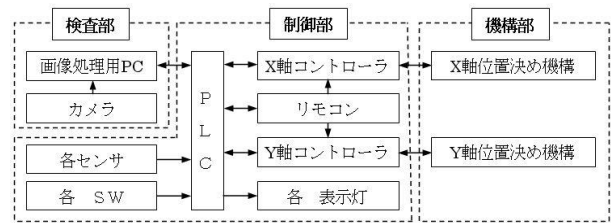


図2 自動検査システムの構成

## 課題の成果概要

開発したシャフト円筒内面傷の自動検査システムは、図1及び図2に示すように機構部、制御部、ならびに検査部により構成します。機構部により、企業内の生産工程で収納及び運搬用に使用する箱単位で検査対象を位置決めし、検査部のPCにより、シャフトの円筒内面の画像を処理して、良否判別します。判別結果は、画面及びプリンタに出力して、不良品を特定します。制御部には、PLCによるシーケンス制御を適用し、位置決め補正や画像処理の開始と終了に伴うPCとの通信機能なども付帯しています。また、遮光ハウジングにより、画像処理の環境条件を一定にすることにより、検査対象の1箱50本のシャフト全てに対して、ほぼ同位置同条件で画像処理検査を行います。

検査部での画像処理は、円筒内面の画像取得、傷検出、及び良否判別の3工程で構成しています。図3(a)に示す512×440の全体画像から、シャフトの端面から底部までの円筒内面の画像を、256×330の画面サイズで取得します。取得範囲は枠の位置で固定し、枠の中に必要部分が含まれていない場合は、X軸及びY軸の移動機構によりカメラの位置を変更して、画像取得位置を補正します。傷検出の方法には、画像を周波数成分として取り扱うフーリエ変換を採用しました。図3(b)の取得済みの円筒内面画像を256×256のサイズに分割して、フーリエ変換処理を適用します。2つの結果をオーバーラップして、2値化処理することにより、図3(c)に示すように傷として検出できます。良否判別には、傷の本数、幅、及び傷と傷の間隔などを利用します。図3(c)の画像では傷形状が弧を描いているため、傷の画素が直線に並ぶように補正します。図3(c)を補正処理した結果が図3(d)です。図3(d)の補正画像に投影処理を適用して、白い画素の累積数を算出し、円筒内面における傷の存在を判断します。

傷無しの良品、傷有りの良品、及び傷有りの不良品が混在した1箱50本に対して、開発した自動検査システムによる検査結果を、熟練検査者の良否判別結果ならびに面粗度の測定値と比較検証しました。傷の幅と本数などに閾値を設定して、良否判別の繰り返し検証をした結果、検査者の判別結果に対して、傷の無い良品では良い一致を得ました。傷の有る良品では面粗度Ra1.6以上の不良品の混在を低減することができました。傷のある不良品では面粗度Ra1.6以下の良品の混在(過検出)を改善することができました。

なお、検査時間も熟練検査者による約 12 分から約 9 分へと短縮できました。

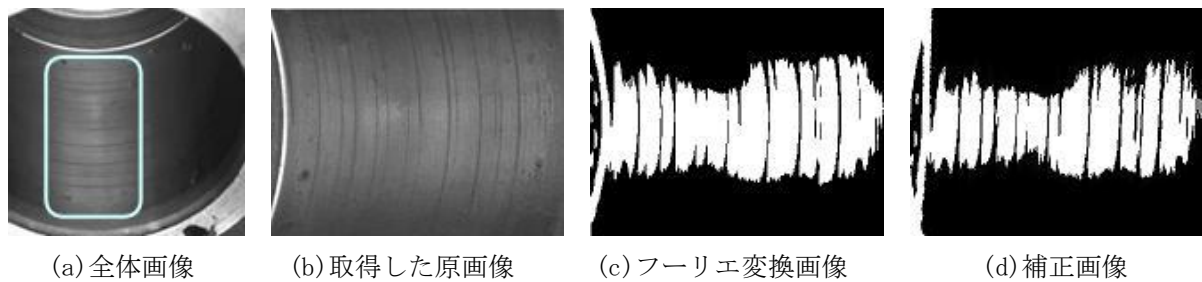


図3 検査部における画像処理

### 課題制作・開発の訓練ポイントおよび所見

開発課題「シャフト円筒内面傷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、及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及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、円筒内面の画像を取得する際のシャフトの位置決めが、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、企業内の生産工程で収納及び運搬用に使用する箱単位で検査対象を位置決めし、さらに、円筒内面の画像取得位置を補正する機能を追加するために、機械と情報の専門の異なるメンバーが協力して、制御部と検査部間で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、熟練検査者の良否判別結果ならびに面粗度の測定値と比較検証することが、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。また、円筒内面の面粗度が Ra1.6 以下である取引先の納品基準や、55,340 本中 86 本の不良品を抽出している昨年度の検査データの 1 例を示すと共に、熟練者の検査でも発生する「面粗度 Ra1.6 以上の不良品が良品に混在する検査誤り」や、「面粗度 Ra1.6 以下の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。学生たちは、企業から提供して頂いた検査対象のシャフトに対して、円筒内面の 45° ずつ 8 方向の面粗度を測定して、熟練検査者の良否判別結果と比較しながら、画像処理で抽出した傷の幅と本数などに閾値を設定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、画像処理及び PLC 制御技術を適用して、シャフトの箱単位での搬送と位置決め、良否判別検査、ならびに不良品の場合に特定する工程までを自動化する検査システムを構築し、現状の熟練者による検査よりも、時間短縮と精度の向上が達成できたことは、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、及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
○ 企画・開発能力とコミュニケーション能力	◇ 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。 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。	● 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。 開発期間と予算を考慮したシステム仕様にしました。
○ 設計技術	◇ 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。 購入部品や素材を集計して、物品請求します。	● 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。 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。
○ 機械加工技術	◇ 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。 汎用加工機及びNC加工機の取り扱いに習熟します。	● 加工条件の設定や作業の安全に注意しました。
○ 制御技術	◇ 制御部の設計から、配線及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。	● 予算も考慮して、PLC及びアクチュエータやセンサなどを選定させました。 機械と情報の専門の異なる学生に、協力して通信プ

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
○ 画像処理技術とプログラミング能力	<p>円筒内面の画像取得位置を補正する機能を追加するために、制御部と検査部間で補正量を通信するプログラムを制作します。</p>	<p>プログラムを制作させました。</p>
○ システムの検証能力	<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、円筒内面傷の抽出手法を導出します。</p> <p>画像処理及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>
○ プレゼンテーション能力	<p>◇ 開発した自動検査システムによる検査結果を、熟練検査者の良否判別結果ならびに面粗度の測定値と比較検証します。</p> <p>◇ 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。</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> <p>● 報告書、講演発表用の予稿、パワーポイント、及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。</p>

### 課題に関する問い合わせ先

**施設名** : 中国職業能力開発大学校  
**住所** : 〒710-0251  
 岡山県倉敷市玉島長尾 1242-1  
**電話番号** : 086-526-0321 (代表)  
**施設 Web アドレス** : <http://www.ehdo.go.jp/okayama/pco/index.html>