

オイルシール メタル表裏検査技術

鶴見 拓也

1 はじめに

近年生産現場では、製品への品質要求の高度化や労働人口の減少により、検査工程の自動化が求められている。カヤバでは、生産技術研究所と生産技術部が共同でこの検査工程の自動化を目的にした検査技術開発を進めている。その中で、ショックアブソーバ（以下SA）の構成部品であるオイルシール（以下シール）の製造工程に配置されている検査員の代替となる自動検査技術開発を行い、量産導入した。その概要について紹介する。

2 開発の目的

検査の自動化による検査員の省人が目的である。そのために、シールの構成部品であるインサートメタル（以下メタル）の表裏検査技術を開発する。

また、検査員はシールの完成品で検査をしているが、今回の検査技術は、完成品ではなく表裏不良の発生源となる工程に導入し、不良損金の低減もねらう。

3 開発目標

開発目標の検査能力と検査時間は、表1のように設定した。誤判定とは、不良品を良品と誤って判定してしまうことである。誤判定すると、不良品が後工程へ流出してしまい、市場クレームに繋がる。過検出とは、誤判定とは逆に良品を不良品と判定することである。過検出すると、次工程にワークを持ち出すことができず、生産が停まってしまうので、生産性が悪化する。検査時間は、サイクルタイムを悪化させることがないように、現状の作業者の目視確認時間を元に設定した。

表1 開発目標

	誤判定率 [%]	過検出率 [%]	検査時間 [sec]
目標	0.000	0.3以下	2.1以下

4 対象部品の概要

写真1にSAとシール組付け箇所拡大写真、対象部品のシールとメタルの表側及び裏側を示す。

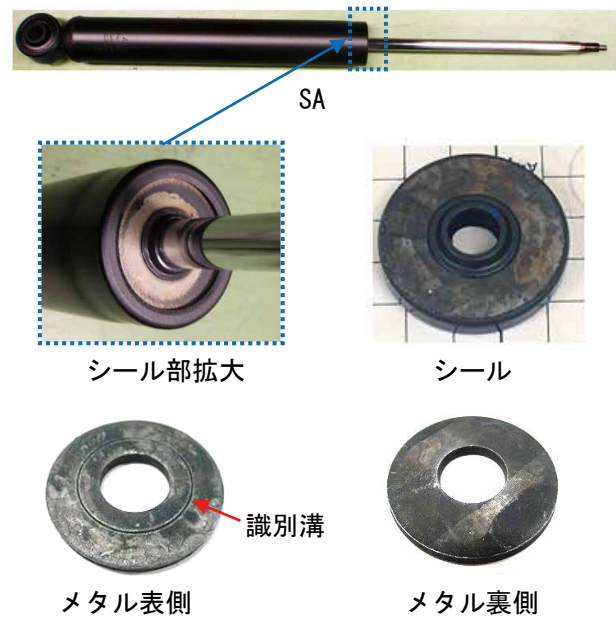


写真1 SA, シール及びメタル

シールはSAのピストンロッド摺動部からの油漏れを防止する部品である。メタルはシールの構成部品であり、ゴム材と一体に成形する工程を経てシールとなる。このメタルには表裏の区別があり、シール成形時のメタルの表裏が逆だと、油漏れのリスクが高まるため、片側には識別溝がある。ここでは、識別溝がある面をメタル表側としている。

5 検査導入工程の概要

検査は、作業者が成形前のメタルとゴム材をジグ^{注1)}に手作業でセットする工程に導入する。対象工程の作業台とジグを写真2に示す。この作業台を検査ができるような設備に置き換える。

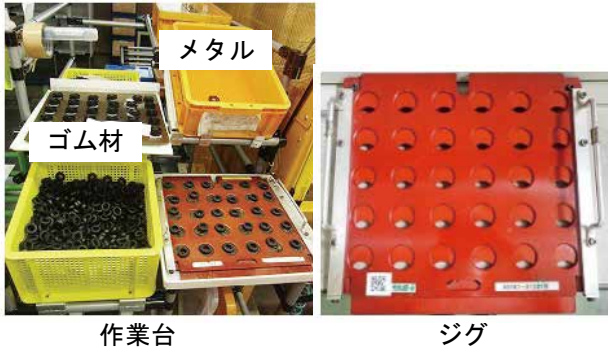


写真2 作業台とジグ

作業者はジグを作業台に置き、識別溝がある側を上向きにしたメタルを円形のくぼみに置いていく。その後、ゴム材をメタルの上にそれぞれ置き、成形機にセットする。

注1) 成形機にメタルとゴム材をセットするためのジグ。

6 開発内容

6.1 検査方法

検査には、作業者の邪魔にならない位置から撮影することができるだけでなく、ジグ上のメタルを一度に検査することができる画像処理を採用した。画像処理では、表裏の相違点の中でも特徴的な識別溝の有無で判定を行うこととした。

6.2 検査システム

図1に検査装置のシステム構成図を示す。検査PC内の画像処理・検査ソフトからデジタル入出力ボードへの信号通信は内製した通信ソフトを用いた。デジタル入出力ボードとPLC^{注2)}により、検査でOK判定とならなければ後工程に持ち出せないようなインターロック機能の動作とプログラムを連動させた。

画像処理・検査ソフトは、後述する検査モード、校正モード及び段取りモードで構成される。校正及び段取りモードは押しボタンスイッチで切替わるようにした。

検査はループ動作しており、作業者の手が撮影範囲から離れたタイミングで検査を自動で開始する。

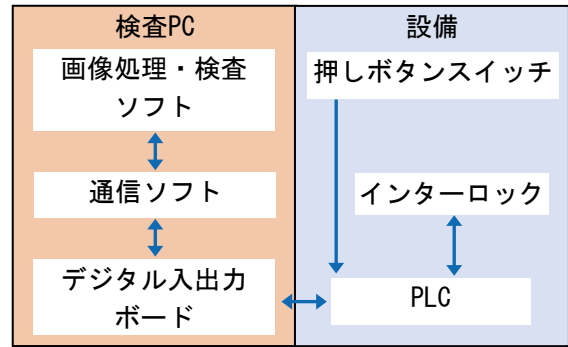


図1 検査システム構成

量産導入した検査ソフト動作フローの略図を図2に示す。

注2) Programmable Logic Controllerの略。

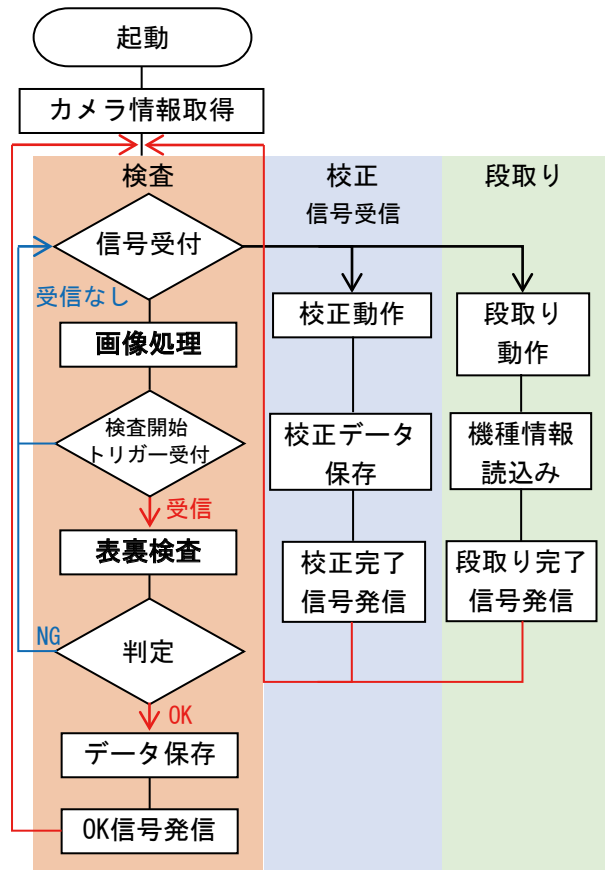


図2 ソフト動作フロー略図

量産では、押しボタンスイッチで検査モードから校正または段取りモードに切替えを行う。検査モードは、ループ処理をさせているためスイッチ起動が不要となっている。検査開始トリガーは、作業者が撮影範囲から手を外すと同時にワークが成形機にセットされていた場合に検査を開始するように設定

している。作業者の手の位置とワークセットの確認は画像処理で行っている。

今回はフロー図の中の表裏検査について紹介していく。

6.3 光学機器

実機を写真3に、光学機器の配置概要図を図3に示す。光学機器はカメラ1台と照明2台を用いた。カメラは作業者の邪魔にならない高さでジグの真上に設置した。そして、ジグにセットされたメタルの識別溝が画像処理により検出可能な画素数で表現できるカメラ、レンズを採用した。照明は左右からジグ全域に照射できるように配置した。



写真3 実機写真

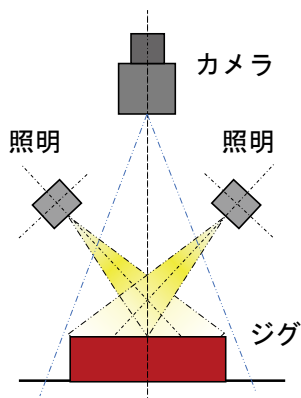
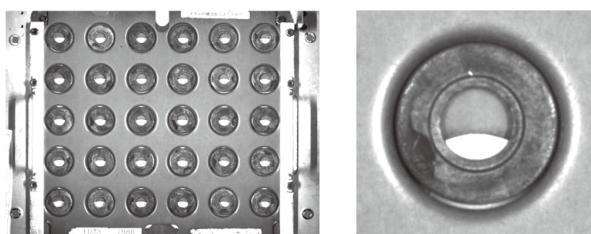


図3 光学機器概観図

実機での撮影画像を写真4に示す。製造ラインの設備レイアウト上、照明やカメラの配置に制約がある中で条件出しを行った。

検査機の設置環境は作業性の悪化や成形時のコンタミ混入の懸念から遮光カーテンで覆うことができないため、周囲から外乱光の影響を受けやすい。そこで、後述する検査アルゴリズムでは、これらの影響を受けにくい方法を開発した。



撮影画像全体

撮影画像拡大

写真4 撮影画像

6.4 検査アルゴリズム

6.4.1 画像処理・検査の流れ

撮影画像取得から検査するまでの、主な処理フローの略図を図4に示す。

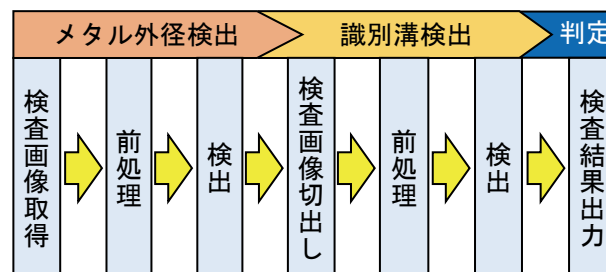


図4 検査フロー略図

検査画像取得後、メタルの位置と個数を確認するため、メタルの外径検出を行う。その後、検査画像から識別溝の周辺のみを切出し、識別溝検出を行う。検査結果の判定はメタルの個数と識別溝の数を比較して行う。一致すればOK、一致しない場合NGを表示し、NGのメタルの場所を表示する。NGの場合、作業者はそのメタルが裏側であれば表側に戻すことでOKとなる。

6.4.2 前処理

撮影画像から識別溝を直接検出することは難しい。そのため、撮影画像を加工して、検出したい特徴を強調する必要がある。今回はバンドパスフィルタを採用した。バンドパスフィルタとは、特定の周波数帯だけを取り出すフィルタであり、外径と識別溝を抽出するために用いる。写真4の撮影画像のように、メタルとジグの境界と識別溝は周囲と比較して暗くなっている。そのため、バンドパスフィルタを用いることで外径や識別溝の輪郭を抽出することができる。

また、メタルとジグの境界と識別溝は外乱光の影響を受けても周囲とのグレイ値^{注3)}の差がなくなることは考えにくい。そのため、バンドパスフィルタを用いると、外乱光に大きく影響されことなくメタルの外径や識別溝の要素を抽出できる。

バンドパスフィルタは画像処理ソフトに予め用意された指令値を用いた。

注3) 明るさの諧調。黒～白を0～255の数値で表現。

写真5に、処理前の撮影画像と前述のフィルタ処理を実行後、明るさに応じて白か黒いずれかに振り分ける自動二値化処理を行った一例を示す。処理後写真の白色部分が処理により抽出された領域となる。以下、このバンドパスフィルタと自動二値化処理を

まとめて前処理と呼ぶ。

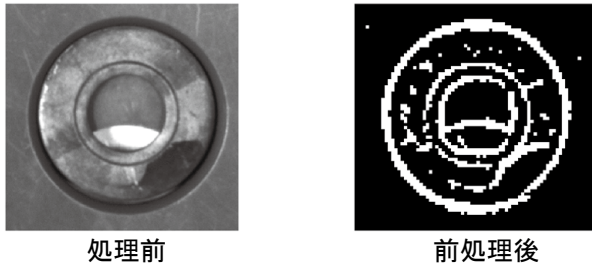


写真5 画像処理前後の画像

張させた画像を示す。識別溝はこの中心点の数でカウントされる。

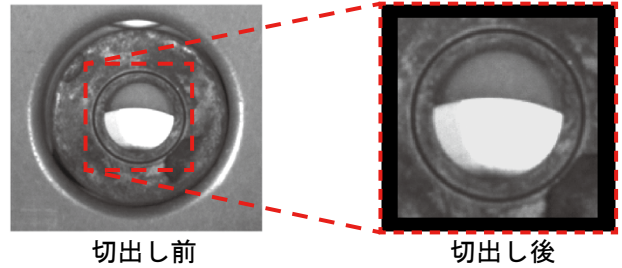


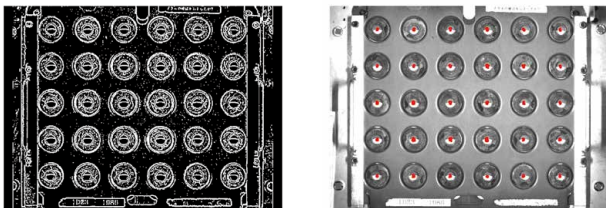
写真7 検査画像の切出し

6.4.3 検出方法

前処理した画像からの特徴検出には、ハフ変換を用いた。ハフ変換とは画像処理の特徴抽出法の一つで、画像の中から線や円を検出する際に用いる手法である。円検出では、事前に与えた径情報と一致する円を検査画像内から探索する。そして該当する円を見つけた場合、その円の中心座標を検出する。今回の径情報には、メタルの外径と識別溝径の図面寸法情報を用いる。

6.4.4 外径の検出

外径検出は、撮影画像に対して、前処理と外形にハフ変換を行うことで検出する。写真6にバンドパスフィルタの処理後と外径でハフ変換した画像を示す。ハフ変換の画像に見える赤色の点は、中心点を膨張させたものである。検査ではこの赤点の数でメタルの個数をカウントしている。



前処理後 ハフ変換後

写真6 メタル外径の検出処理過程

6.4.5 識別溝の検出

写真7に識別溝を検出する検査画像を示す。メタルの外径のハフ変換により検出された円中心を用いる。円中心から、図面寸法の識別溝径より大きい矩形でそれぞれ切り出す。すると、写真4の撮影画像からメタルの数だけ写真7の右の画像が得られる。切り出した画像のそれぞれに前処理を行い、識別溝径寸法でハフ変換することで識別溝の検出を行う。写真8に前処理後及びハフ変換で円中心を検出、膨

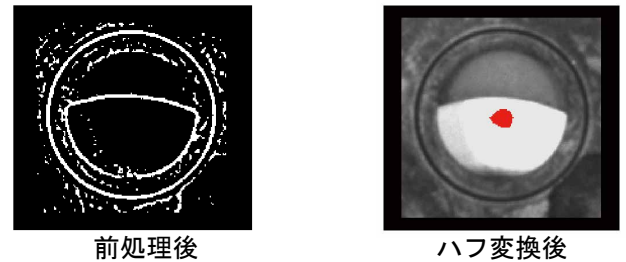


写真8 識別溝の検出

6.4.6 検査判定

識別溝検出までを行ったら、検査結果の判定を実施する。判定基準は、検出したメタル外径の数と識別溝の数一致した場合はOKとし、一致しない場合はNGとしている。量産機では、NGの場合はOKとなるまでジグを作業台から持ち出せないようにジグをロックしてNGの状態で作業台から持出しができないようにしている。

7 開発結果

検査能力の評価結果を表2に示す。検査能力の評価は、2022年1月8日から2月1日までの期間で流動品を用いて62,000個評価した。

表2 評価結果

	誤判定率 [%]	過検出率 [%]	検査時間 [sec]
目標	0.000	0.3以下	2.1以下
実績	0.000	0.005	2.0
評価	○	○	○

いずれの項目においても開発目標として定めた数値を達成できた。

2022年4月より、量産導入し、目的であった検査

員の省人を完了した。

8 おわりに

本開発より、メタルの表裏検査技術を開発することができた。以下に要点をまとめる。

- (1) 検査はメタルをジグにセットする工程で実施
- (2) 画像処理で識別溝の有無を確認して検査
- (3) 検査アルゴリズムにはバンドパスフィルタによるエッジ検出とハフ変換による円検出を使用
- (4) 検査能力は、誤判定率0%、過検出率0.005%

で量産に耐えうる能力

- (5) 検査時間は最長で2.0秒で作業者の目視確認作業時間と同等レベル
- (6) 量産導入し、検査員の省人完了

本報で解説した検査技術は、メタルの識別溝検査に限らず、円形部品の組付けミスといった、円検出による検査を行うような工程への応用が可能である。

最後に、本開発においてご協力をいただいた関係者各位に、この場を借りて厚くお礼申し上げます。

著者



鶴見 拓也

2015年入社。技術本部生産技術研究所第2研究室。岐阜北工場オートモーティブコンポーネンツ事業本部ステアリング事業部生産技術部を経て現職。外観検査技術の開発に従事。