

## 蛇腹形状押出品の外観検査技術

野村正明<sup>\*1</sup>

### Inspection Technology for the Outer Surface of Bellow-Shaped Extruded Tubes

Masaaki Nomura<sup>\*1</sup>

#### 要旨

検査品質の安定性確保と人件費の抑制を目的とし、人による目視検査の機械化を進めている。

しかし、蛇腹形状押出品においては、蛇腹形状部分の切り立った斜辺の部分の視解化が困難で、外観検査は人による目視検査に頼っていた。

今回、撮像系（カメラ、照明）の配置の検討と、それによって得られた撮影画像を高速に判定する検査プログラムの開発により、押出成形工程内でのインライン自動検査を可能にした。

#### Abstract

With the aims of ensuring inspection quality and reducing personnel costs, we have been developing inspection machines to replace visual inspection by humans.

In the inspection of bellow-shaped extruded products, however, we have continued to depend on visual inspection by humans because of the difficulty of capturing images of the steep angles of bellows.

By studying the arrangement of the image capture system and developing an inspection program to process captured images, we recently achieved in-line automatic inspection for an extruding process.

## 1. はじめに

検査品質の安定性確保と高騰する人件費の抑制を目的として、人による目視検査（外観検査）を機械化するニーズが高まってきている。

豊田合成においては、めっきグリルなどの大型部品からカップ・シール部品などの小物部品まで国内外で生産する様々な製品を対象として、外観検査技術の開発を進めている（図-1）。

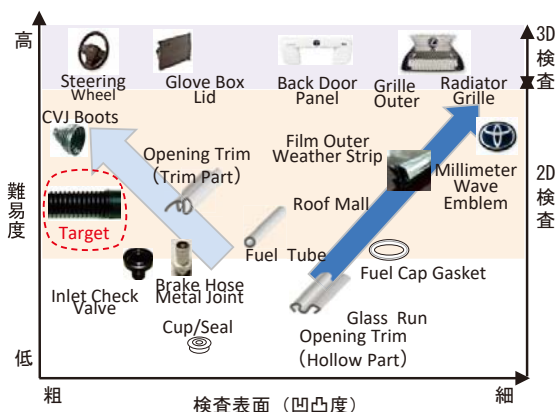


図-1 外観検査技術の広がり

本稿では、蛇腹形状押出品の外観検査技術について述べる。

## 2. 検査対象と目標

### 2-1. 検査対象

検査対象を図-2に示す。給油口と燃料タンクをつなぐ樹脂製の管（ファイラーパイプ）が今回の検査対象である。ファイラーパイプは多層コルゲート成形（押出成形）で生産され、他の構成部品との組み付け、曲げ加工を行い製品となる。

なお、ファイラーパイプに付随するブリーザチューブ、エアチューブにおいても本技術を応用した外観検査機を開発している。



ファイラーパイプ（押出成形後の単品）

図-2 検査対象

\*1 マシンエンジニアリング部 設備開発室

## 2-2. 検出目標

樹脂押出成形においては、押出流路に滞留した樹脂材料が長時間の加熱により変質し、ブツ不良、メヤニ不良として表出することがある。

それらの不良を、人の目視検査と同等レベル以上で押出成形工程内（インライン）で検出することを目標とした。

## 3. 問題点と解決方法

### 3-1. 従来の方と問題点

従来のフィルターパイプ外観検査機の撮像方法を図-3（ア）に示す。

製品の長手方向に対して真上に配置したカメラによりワークを撮影し、画像処理によって、欠点を検出している。

この方法で、フィルターパイプの深く切り立った蛇腹（以下、柔軟蛇腹という）を検査するためには、以下のような問題点があった。

- 1) 山部に遮られ、LED 照明の光が谷部近傍に届かないため、像が写らない
- 2) 斜辺部にある欠点は撮影時に大きさが縮小されてしまい、微小な場合に検出できない

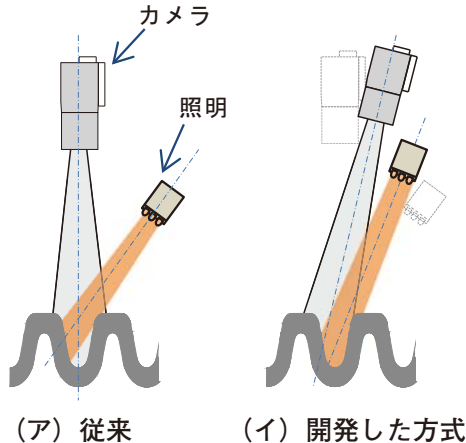


図-3 撮像方法

### 3-2. 解決方法

上記問題点に対して案出した解決方法を以下に示す（図-3（イ））。

- 1) LED 照明の光が谷部まで届くようにするため、照明の照射角度を真上方向にずらす（照明角度の変更）
- 2) 柔軟蛇腹の斜辺部にある欠点を大きく写すために、カメラの位置を真上から斜めにずらす（撮像角度の変更）

柔軟蛇腹部の撮影画像を図-5（ア）に示す。斜辺部から谷部も明瞭に撮影できている。

次にこのようにして撮影した画像から、欠点を検出する方法について述べる。

## 4. 検査プログラムの内製開発

### 4-1. 開発ツール

撮影した画像から欠点を検出するプログラムを開発するために、画像処理プログラム開発ソフトを用いた。

豊富に用意された関数を使用することで複雑な処理も短時間で開発ができること、ツールを共通化することで開発したプログラムを他テーマにも応用しやすいなどの利点がある。

### 4-2. 処理の流れ

検査プログラムの処理の流れを図-4に示す。

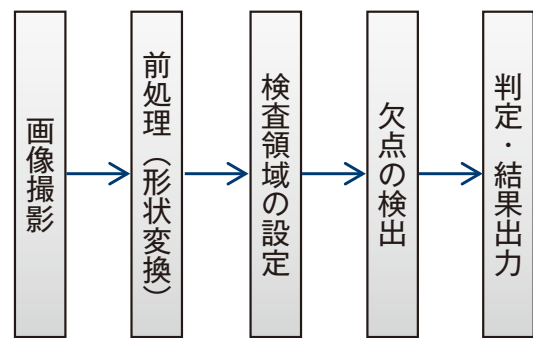


図-4 処理の流れ

256 階調モノクロ画像のデータから、欠点の有無を判定している。

画像撮影、前処理（形状変換）、検査領域の設定、欠点の検出、判定・結果出力が処理の流れである。

今回新たに開発した、前処理（形状変換）、検査領域の設定について、柔軟蛇腹部の撮影画像を例にして述べる。



図-5 撮影画像と形状変換画像

### 4-3. 前処理（形状変換）

柔軟蛇腹部の撮影画像（図-5（ア））は、円筒状のワークを斜めから見ることになるため、真上から撮影すれば直線状になる山部や谷部の線が、楕円弧状になる。

この画像から欠点を検出することも可能であるが、今回は、斜めから見た画像を、あたかも真上

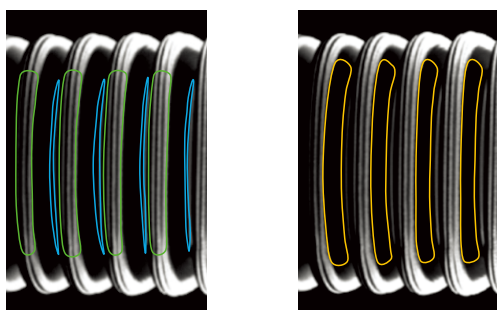
から見たかのような画像に形状変換する方針をとった。

形状変換した画像を図-5(イ)に示す。

この方法には、カメラを真上に配置した場合とアルゴリズムを共通化できること、形状が直線状になるため処理を単純化できるという利点がある。

#### 4-4. 検査領域の識別

柔軟蛇腹部の撮影画像には、明視野画像(山部、谷部)と暗視野画像(斜辺部)の両方が含まれている(図-6)。更に、山部には縦筋状の模様(吸引ふ形のための吸引溝の形)があるという特徴がある。



山部領域、谷部領域

斜辺部領域

図-6 検査領域の識別

つまり、山部(明視野、縦筋模様あり)、谷部(明視野)、斜辺部(暗視野)の3種類の画像が1枚の画像に含まれている。

どの部位にある欠点であっても同等の検査精度を確保するためには、画像の種類に応じて検査アルゴリズムを使い分ける必要がある。

そのために、山部、谷部、斜辺部のいずれの部位かを識別するアルゴリズムを開発し、検査プログラムに実装した。

部位の識別には、領域の特徴(輝度、幅、高さなど)や相対位置の関係(山、斜辺、谷の並びの順序など)の情報を使用している。

#### 4-5. 実機での検証

開発した検査プログラムを搭載した外観検査機を製作し、検査性能(規定した欠点の検出と処理時間)を満足することを確認した。

## 5. 現状と課題

### 5-1. 実用化状況

開発した外観検査機は、現在、豊田合成 平和町工場の生産ラインで稼働中である。

### 5-2. 残された課題

画像処理を用いた外観検査機では、不良品の流出を防止するために良品・不良品を判別するしきい値を厳しめに設定する必要があるため、本来良品であるワークを不良と判定する事案がしばしば問題となる。

本機においても、例えばワーク表面の僅かな色艶の違いや水冷槽の水滴残りなどを不良として判定してしまう場合があり、製造工程の維持管理と検査機のソフト改良の両面から改善を続けていく必要がある。

## 6. まとめ

撮像系の改良と検査プログラムの開発により、蛇腹形状押出品の外観検査技術を開発した。

今後は、外観検査機の判定結果を製造工程の生産情報と紐付けすることで、IoT(Internet of Things)を活用した不良の発生源対策につなげていくと共に、海外拠点への展開や他製品への応用も視野に入れ、開発を進めていく考えである。

著 者



野村正明