

## 鑄造加工部品の外観検査に関する研究

生産技術部 ○上 菌 剛

### 1. はじめに

カメラを用いた外観検査は、キズ、バリ等の不良の検査や形や大きさの判定、ラベルやマークの検査などの多方面で広く用いられている技術である。一般的には均一な形状をしたもの、平らな面を持つものについての検査が行われている。一方で複雑な形状や不規則な素地模様、ねじ山などを有する鑄造加工部品は、特徴抽出の難しさから自動検査の難易度が高くなり、またコストが高くなるなどのことから目視による検査が行われている場合が多い。しかし、生産効率の向上や信頼性向上のためには自動検査が必要であり、目視検査で対応している県内企業から要望の声は高い。本研究では、県内企業が目視検査で月産7万個程出荷する鑄造加工部品（ナット）を対象に、自動検査の実現に向けた研究を実施した。

### 2. 実験方法

#### 2. 1 サンプル特徴と不良の種類

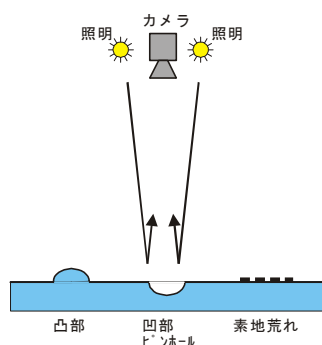
サンプルの鑄造加工部品（図1）は、形状が8角形で、外側の表面に見える素地は砂型を転写した梨地になっており、内側は切削加工により鏡面部分とねじ山が形成されている。発生する不良は、ピンホール、へこみ、こぶ、素地荒れ、カケ等がある。実験サンプルは、外表面検査用として製造現場で不良と判断された37個の不良を用い、また内側加工面用としてサンプル内面に擬似的なピンホール（直径2mm, 1mm, 0.5mmの貫通穴）の不良を作り込んだサンプル1個を用いた。



外表面 内側加工面  
図1 鑄造加工部品（ナット）

#### 2. 2 外表面の撮像方法

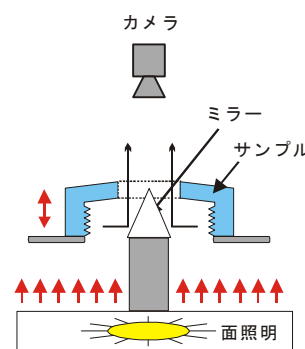
外表面は、8角形の平坦な1側面について検討を進め、その結果を残りの平面に展開することとした。照明は落射照明を用い、サンプルからの正反射がカメラに入射する明視野受光で撮像した（図2 a）。



a) 外表面

#### 2. 3 内側加工面の撮像方法

内側加工面の撮像は、ミラーを用いて反射像を撮像する構成とした（図2 b）。照明は偏りのない光とするために面照明を用い、下方から照射する構成とした。カメラは上部に設置し円錐ミラーに写り込む像を撮像した。取得した画像において、ミラー頂点部から一定距離の同心円上にあるすべての画素を、円から線分に座標変換した。サンプルを移動させ、ミラーに写り込む画像を1ドット分ずらして、同様の座標変換をすることを繰り返して、得られた複数の線分を順番に並べることで内側加工面の平面画像を得た。



b) 内面

図2 撮像方法

取得した画像において、ミラー頂点部から一定距離の同心円上にあるすべての画素を、円から線分に座標変換した。サンプルを移動させ、ミラーに写り込む画像を1ドット分ずらして、同様の座標変換をすることを繰り返して、得られた複数の線分を順番に並べることで内側加工面の平面画像を得た。

### 3. 結果及び考察

#### 3.1 外表面の不良判定

代表的な不良の撮像結果について、ハレーション画像と対象面のみを抽出した2値化画像を図3に示す。2値化画像は、明度を基準に一定の閾値でハレーション画像を2値化した結果である。不良判別の方法として、2値化画像の白色部分について①最大領域の面積、②その他の面積、③輪郭長さ、④長辺長さ、⑤黒い部分の5項目の特徴量で判別を実施した。5項目の内容を図解したものを図4に示す。5つの判別項目を用いた37個の不良の判別結果は全体で86%の正答率を得た。ピンホールは、穴径が0.5mmと小さくて特徴を画像として捉えられなかったためである。こぶ不良の判別ミスは、金属こぶの盛り上がり方がなだらかで、特徴を画像として捉えられなかったためである。素地荒れの判別ミスは、チャッキングによる変形が小さくて特徴を画像として捉えられなかったものが一つと、特徴は捉えているが、5項目の判別をすり抜けたものが一つであった。

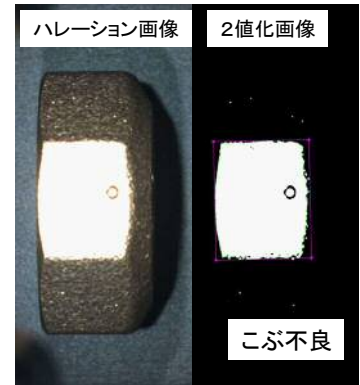


図3 ハレーション画像と2値化画像

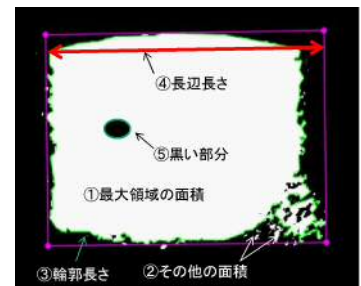


図4 判別5項目の図解

#### 3.2 内側加工面の不良判定

取得画像を図5に示す。ねじ山模様の中に貫通穴が写っていることが確認できる。取得した平面画像は、ねじ山に起因する濃淡の帯が画像全体に存在するため、図5中の矢印方向で平均化し、ねじ山の模様をキャンセルした(図6)。さらに横方向1列分の画素の平均値を基準にして、そこから一定以上の差があるものを不良として判別した。この手法で不良判別した結果を図7に示す。白部分を不良部分として表現している。この方法は、画像全体を一つのルールで処理できるため効率的である。2mmと1mmの穴については判別できたが、生産現場の検査手順書にある不良品しきい値である直径0.5mmの穴は判別できなかった。



図5 平面に再構成したねじ山画像



図6 ねじ山模様をキャンセルした画像



図7 判別結果

### 4. おわりに

外観検査の自動化が実現していない鋳造加工部品をモチーフに、その実現の可能性について検討を実施した。判別率の向上及び現実的な処理時間への対応については、さらに検討が必要であるが、次の結果を得た。

- (1) 落射照明による正反射像を撮像することで、鋳造加工部品の特徴である素地模様(梨地)をキャンセルすることが可能になった。用意した37個の不良での検証結果では86%の判別率であった。
- (2) ミラーを用いて反射像を撮像するシステムを構築し、サンプル内面を正確に撮像することが可能となった。撮像した画像を、山-谷-山方向に平均化し、横1列の画素の平均値をベースにしきい値を設定する簡素な判別手法を開発した。判別は1mm以上の穴が可能であった。