

## 3章 検査の実例と今後の動向

リコー 笠原 亮介

本章では実際の画像認識アルゴリズムの実例を4つ紹介し、最後にAI技術を用いた外観検査の今後について述べる。

### 実例1：Z-scoreを用いた欠陥検査

ここでは、外観検査方法の例として、Z-scoreを用いた欠陥検出の実例を示す。非常に簡単なアルゴリズムであるが、良品画像サンプルよりモデルを作成し、そこからの逸脱度を見ることで、検査画像の欠陥部を抽出することができる。原理が簡単なため性能が高いわけではないが、学習サンプル数が少なく、機械学習を用いると過学習を起こしてしまう場合や、まずは課題の難しさに当たりをつけたい場合に、一度試す価値がある方法である。

本方法では、対象物が撮影された各画素の輝度値は、正規分布に従うことを仮定する。実際の良品でも、撮影時のイメージセンサのノイズや、対象物位置決めのはらつき、また、対象物が良品であっても個体差が存在するため、良品を撮影したサンプルにおいても、各画素の輝度値は変動する。そこで、まずは良品サンプルを用いて、各画素の輝度値の平均値と標準偏差値を算出する。ここで得られる平均値と標準偏差値の画像が良品モデルとなる。例えば、良品でも変動が大きい部分や、位置ばらつきの影響を大きく受ける境界部の画素

などは、標準偏差値が大きくなる。対して、どの良品でもあまり変動がない部分は、標準偏差値が小さくなる。

検査時には、検査画像の画素ごとに式(1)で求められるZ-scoreと呼ばれるシンプルな値を用いる。ここで、 $i, j$ は画素位置であり、 $x$ は輝度値、 $\mu$ は学習用の良品画像から求めた輝度値の平均値、 $\sigma$ は輝度値の標準偏差を表す。

$$Z\text{-score}(i, j) = \frac{x(i, j) - \mu(i, j)}{\sigma(i, j)} \quad (1)$$

Z-scoreは平均値からの差を標準偏差で割ったものなので、Z-scoreの絶対値が大きいくほど良品の分布から外れていることを意味する。そのため、画素ごとのZ-scoreの絶対値の総和から良否判定を行う、または、しきい値以上のZ-scoreをもつ画素が密集した領域を欠陥領域と判定することにより欠陥検出が可能となる。

図1にZ-scoreを用いた欠陥検出の方法を示す。この例ではねじ穴を上方から撮影した画像を用いているが、ねじ穴は良品でもタップ開始位置の差でさまざまなバリエーションをもつ。そのため、良品でも変動が大きいところが存在する。この方法では、良品で変動が大きい場所では、良品の平均輝度とのずれ量が同じであってもZ-scoreの値は小さく出力されるため、良品から逸脱した欠陥のみを捉えることが可能である。Z-score絶対値の画像においてテストデータにある欠陥が検出さ

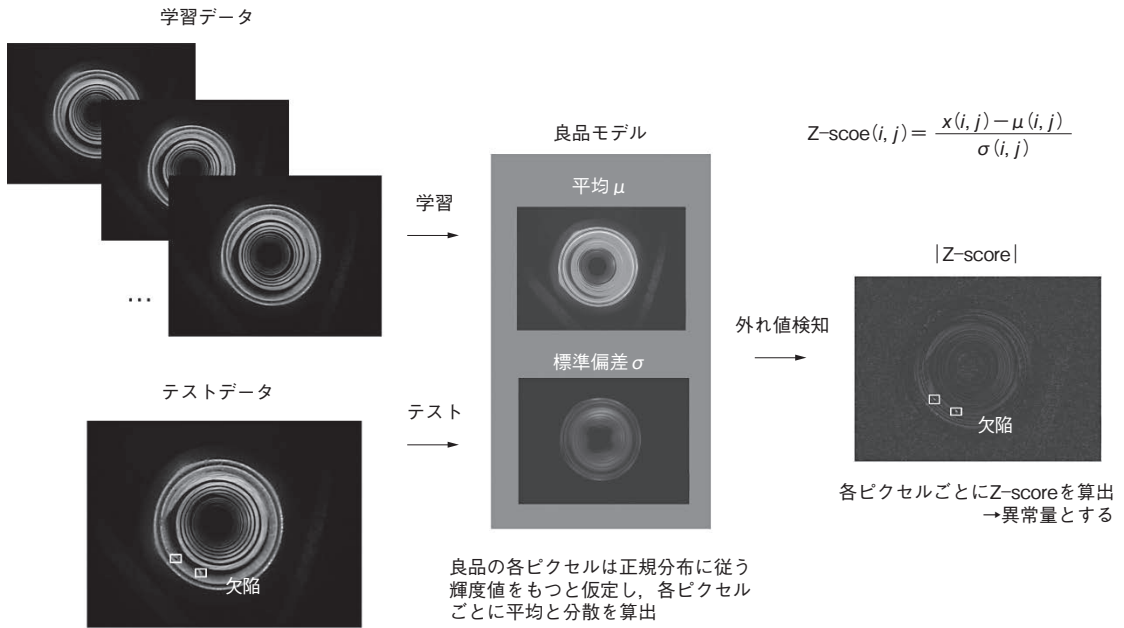


図1 Z-scoreを用いた欠陥検出

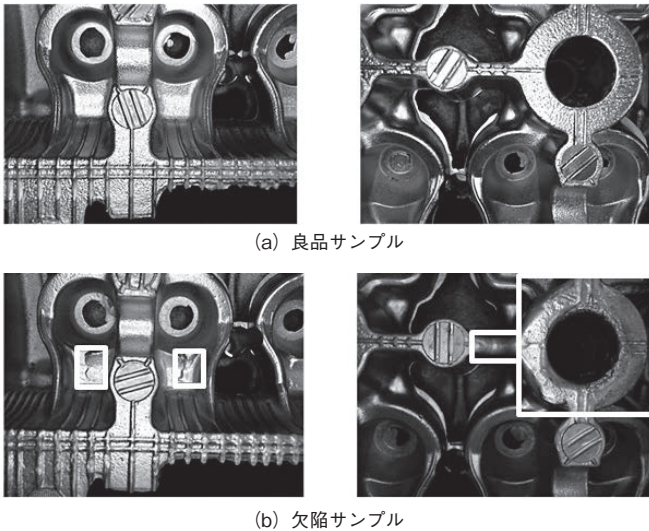


図2 良品サンプルと欠陥サンプルの比較

れていることがわかる。

## 実例2：鋳造部品の 画像検査アルゴリズム

ここでは、精密工学会主催の外観検査アルゴリ

ズムコンテスト2014での画像を課題とした外観検査アルゴリズムを示す。なお、本実例におけるサンプル画像は「外観検査アルゴリズムコンテスト2014」より提供いただいた。

### 1. 検査対象

検査対象は連続的に撮影された鋳造部品の画像である。1台の鋳造部品を連続的に撮影した210枚を1セットとし、合計4セット(840枚)の画像とそれぞれの欠陥の座標情報が提供されている状況である。良品と欠陥の例を図2に示す。実線で囲まれた領域が定義された欠陥領域である。欠陥はひび割れ、刻印や成形に不備があるものなど多岐にわたる。また、撮像条件(ピントや

明るさ)は統一されていない。

### 2. アルゴリズム

学習サンプルの数が少ないこと、学習サンプルに含まれない未知の欠陥が存在する可能性があることより、機械学習の方式としては、半教師あり異常検知を選択した。半教師あり異常検知のアル