

# 外観検査工程における欠陥判別技術の開発

## Development of Defect Discrimination Techniques in the Visual Inspection Process

福留祐太

Yuta Fukudome

電子・有機素材研究所 電子システム担当

工作機械等を用いた金属加工製品において、金属表面の欠陥と汚れを正確に判別する照明方法と画像処理方法について検討を行った。その結果、平行光を線対称な2方向から照射して得られる画像を用いることで金属表面の欠陥と汚れを判別できることを確認した。

### 1. はじめに

近年、品質に対する消費者意識の高まりとともに、部品製造に対する品質基準は年々高まっている。その中で、高品質な製品を安定生産していくためには、外観検査の実施は必要不可欠である。県内企業においては検査員による目視で行われているケースが多いが、目視検査では各検査員の個人差や疲れによる見逃し等が生じるため、画像処理技術などを用いた検査の自動化が望まれている。

このような状況下、工作機械等を用いた金属加工製品に対する外観検査の自動化はなかなか進んでいない。その原因の一つに、一般的に工作機械等を用いた金属加工製品には、油の付着や機械の刃の状態、材料ばらつきなど、金属表面に対する様々な外乱要因が存在し、欠陥のみを正しく検出することが難しいことが挙げられる<sup>1)</sup>。

そこで本研究では、平行光を線対称な2方向から当てると、深さの存在する欠陥と深さの存在しない汚れでは、得られる画像に違いが出ることを利用し、金属表面の欠陥判別を可能とする技術について、実験に基づき検討したので報告する。

### 2. 実験方法

#### 2.1 検査対象

検査対象は図1に示すような円柱形の casting シャフト

とした。このような旋盤加工の工程を経た casting シャフトの外観検査では、図2に示すような casting 欠陥の有無が判断基準となる。



図1 検査対象



図2 casting 欠陥の例

この検査対象は、工程上表面に油が付着することがあり、画像処理による外観検査が難しい。画像処理による欠陥と汚れの判別が困難な例を図3に示す。

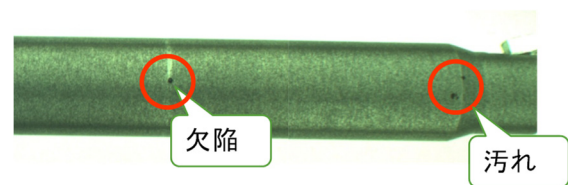


図3 欠陥と汚れの判別が困難な例

また、検査精度の確認を行うため、検査対象には図4で示される、番号①～⑨までの欠陥を模した傷を作成した。傷の作成にはロックウェル硬さ試験器を用いた。なお、番号⑩は、汚れを模して、油性マジックで印を付けたものである。

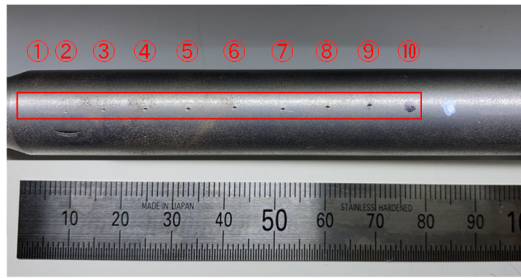


図4 実験で用いた検査対象

また、番号①～⑩までの深さと直径を表1に示す。深さと直径の測定には非接触三次元測定機／画像測定機を用いた。

表1 欠陥箇所深さと直径

番号	①	②	③	④	⑤
深さ (mm)	0.022	0.059	0.103	0.116	0.126
直径 (mm)	0.289	0.452	0.619	0.727	0.756

番号	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
深さ (mm)	0.120	0.167	0.151	0.196	0.000
直径 (mm)	0.781	0.780	0.871	0.934	0.000

## 2.2 照明方法

画像検査で用いられる照明方法は数種類あるが、金属表面に対する外観検査においては、基本的に図5に示すように、照明を当て、不良箇所が光が乱反射することを利用する。しかし、前項で述べた通り、この照明方法では欠陥と汚れの判別が困難である。

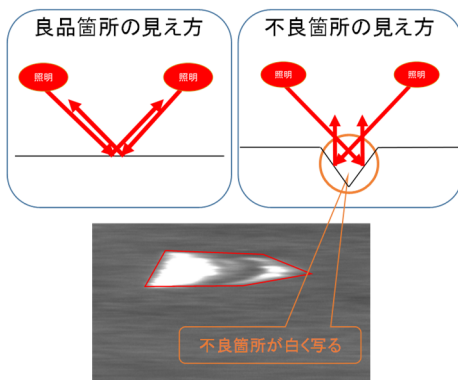
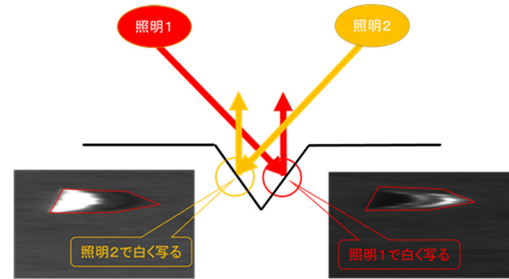


図5 一般的に用いられる照明方法

そこで、本研究では平行光を線対称な2方向から当てると、深さの存在する欠陥と深さの存在しない汚れでは、得られる画像に違いが出ることに着目し、金属表面の欠陥と汚れを判別する技術の検討を行った。研究手法の概略図を図6に示す。



見え方の違いを利用して傷と汚れを判別

図6 本研究で用いた照明方法

## 2.3 システム構成

図7に本研究で実験に用いたシステム構成を示す。照明は直進性の高いLEDバー照明を用いた。また、検査対象をモーターで回転させながら、上部に設置したラインスキャンカメラで撮像するシステム構成とした。

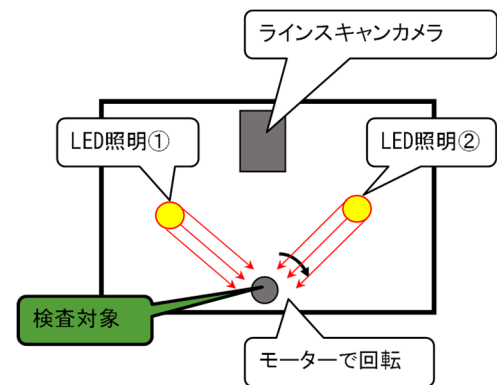


図7 システム構成

## 3. 結果と考察

### 3.1 照明角度の検討

図8のようにLED照明の設置角度 $\theta$ を定義し、前項で示したシステムを用いて照明の角度を変化させながら画像を取得し、画像の比較を行った。

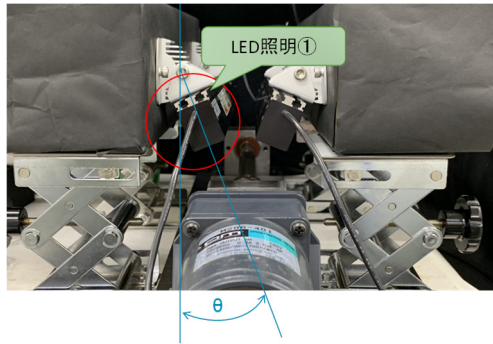


図8 照明角度の定義

図9に比較結果を示す。上段がLED照明①のみを点灯させて得られる画像、中段がLED照明②のみを点灯させて得られる画像、下段は上段と中段の画像の差分で得られる画像である。なお、画像は比較しやすくするため、作成した番号①～⑩の箇所を拡大したものである。

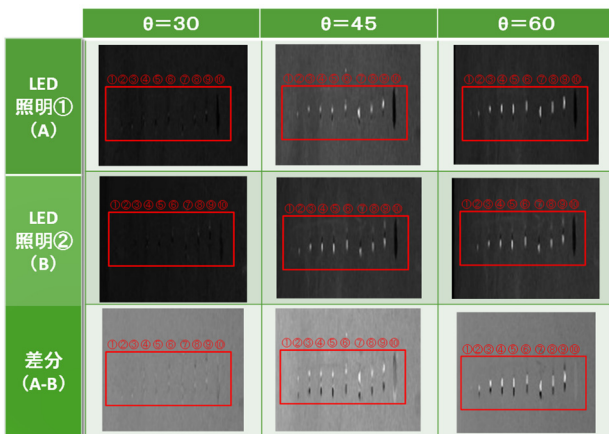


図9 照明角度の検討結果

実験の結果、照明角度 $\theta$ が小さすぎると欠陥が目立たなくなってしまうことが分かった。これは、欠陥表面で乱反射する散乱光が少なくなることが原因と考えられる。

### 3.2 欠陥の検出

上記の実験で得た差分画像に対し、実際に欠陥の検出を行うプログラムを試作し、欠陥の検出を行った。図10の上段の画像がプログラムの実行結果である。赤で着色されている箇所が欠陥と判定された箇所を示している。

$\theta=45$ 、 $\theta=60$ の実行結果については深さが最小の0.022mmである番号①の欠陥を含め、他の番号②～⑨の欠陥も全て検出することができた。しかし、 $\theta=45$ の画像については汚れを模した番号⑩が誤検出される結果となった。

この原因について調査したところ、検査対象のモーターへの固定が甘いと検査対象がわずかに滑って空回りしてしまい、欠陥の写っている位置が僅かにずれてしまうことが原因であることが判明した。そこで、位置補正を加えることで、図10下段に示すように、番号⑩の誤検出がなくなることが確認できた。

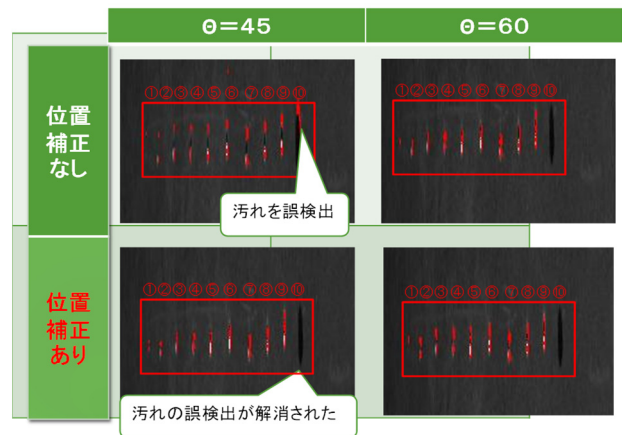


図10 判定した欠陥箇所

## 4. おわりに

円柱形の鋳造シャフトを対象に、画像処理を用いて金属表面の欠陥と汚れを判別可能とする技術について検討を行った。

平行光を線対称な2方向から当てると、深さのある傷と深さのない汚れであれば得られる画像に違いが出ることに着目し、カメラ1台と2台のLED照明から構成される実験用システムを用いて実験を行った結果、欠陥と汚れの判別が可能であることを確認した。

## 文献

- 1) 新田 雅康; 金属表面検査における画像処理技術動向, 電気製鋼, 79(4), p.299-303(2008).
- 2) 肥塚哲男; FA用マシンビジョンにおけるパター

ン計測と実応用, 計測と制御, 53(7),  
p.557-562(2014).

- 3) Gary Bradski, Adrian Kaehler (著), 松田晃一 (訳);  
詳解 OpenCV, オライリー・ジャパン.