塗装外観品質測定の自動化

執筆者　岡田 匡司[*1]

要 旨

あらゆる製品の品質向上のためには、製品の品質測定がその第一歩であり、品質測定を効率的に実施すること事で、要因分析から品質向上をより迅速に進めることが可能となる。また、昨今の DX の潮流を受け、各社はデジタル技術を活用した業務の効率化を進めており、業界における競争力を高めるためには、業務のスピードが非常に重要な要素となっている。当社においても DX は重要な位置付けとなっている。

本報告ではその一環として、当社塗装品の品質測定を題材とし、塗膜中におけるアルミフレーク状態の測定自動化に取り組んだ。現状は人の手による破壊測定を実施しており、時間を要していたが、これに対し非破壊かつ自動で効率的に測定できる手法、さらに測定結果と生産情報を自動で関連付ける手法を構築した。本稿ではその内容について報告する。

1. 分析方法の概要

塗膜中のアルミフレークの状態（含有率、粒度、配向）は、塗装品質に大きく影響する因子である（図-1）。従来は、これらの測定の際に製品から塗膜を切り出し、マイクロスコープによる分析を行っていた。これに対し今回は、製品の非破壊測定及び測定時間の短縮を目的として、①ハンディタイプのマイクロスコープにより画像をオンサイト撮影し画像を自動保存、②撮影画像からアルミフレークの状態を2値化処理[*2] により数値化、以上のシステムを作成した。またこれに加え、測定結果をその製品の生産情報と関連付けるため、製品に貼付されている生産情報を含んだ二次元バーコードを読み取り、③生産情報・撮影画像・測定結果を自動で関連付けてエクセルへ集約するシステムとした（図-2）。以上一連の①～③のシステムを、Python をベースに独自で構築した。

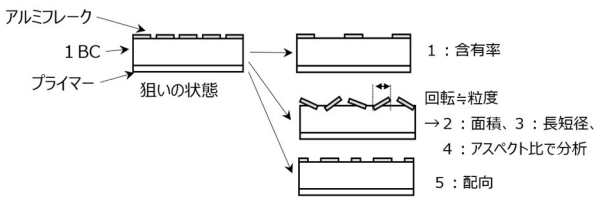

図-1 アルミフレークの状態

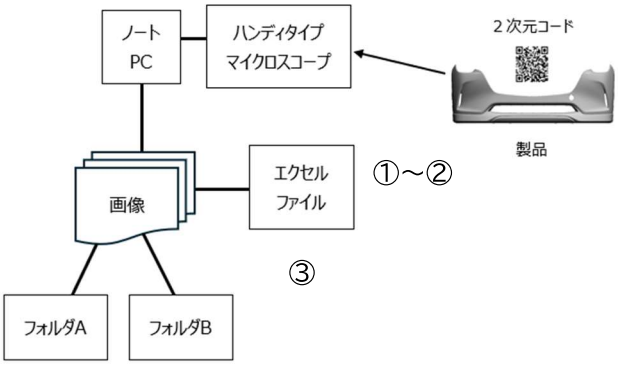

図-2 構築したシステムの全体像

[*1] R&D 本部　第2研究開発部　先行技術開発 Gr.
[*2] 画像を白と黒の 2 階調に変換すること

2. 画像処理方法

画像撮影の際、アルミフレークにマイクロスコープの LED ライトを照射すると、反射方向の違いにより白色部と黒色部に分かれる。また、撮影画像の輝度に偏りがある場合、撮影画像の精度に影響を及ぼすため、その補正を行う必要がある。

これらの問題に対して以下の方法で画像処理を行った。

① 指定領域ごと毎にヒストグラム平坦化（CLAHE 法）を行う（図-3）

② 黒色部と白色部をそれぞれ背景色の最頻値に変換し、「大津の二値化法」*3 を使用し分割（図-4）

③ 各アルミフレークを測定するため、周辺のセルから画素値の変化量を計算（ラプラシアンフィルタ）（図-5）

④ ②③を組み合わせた後、ノイズ除去のため収縮処理後に膨張処理を実施（図-6）

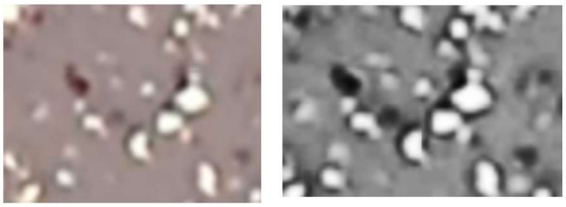

図-3 ①の処理前（左）と処理後（右）

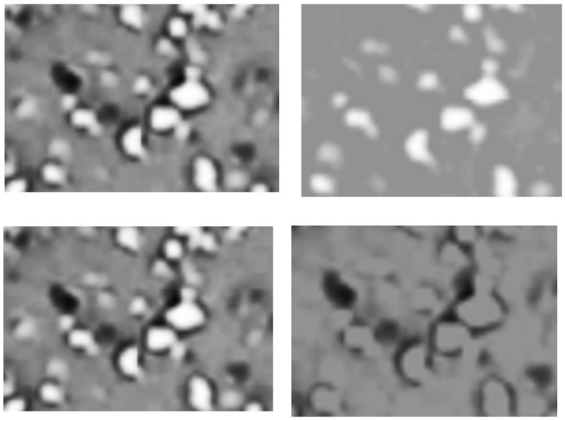

図-4 ②処理前（左）と処理後（右）
（右上：白色部抽出、右下：黒色部抽出）

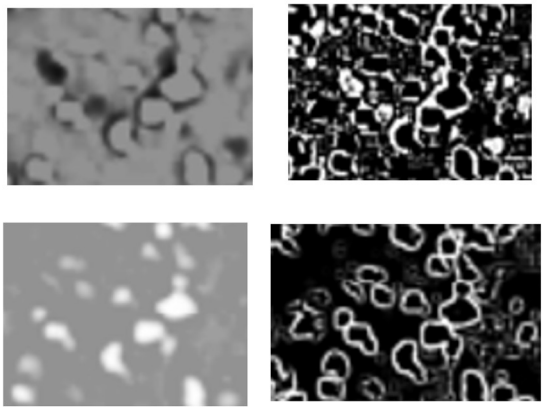

図-5 ③処理前（左）と処理後（右）

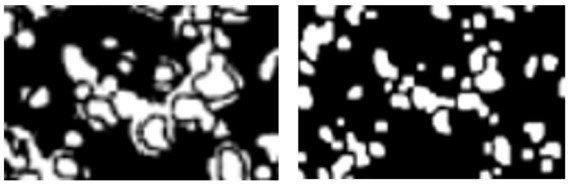

図-6 ④処理前（左）と処理後（右）

3. アルミフレークの分析

前項の2値化画像を使用し、アルミフレークを個々に分析するため、以下の方法で数値化を行った。

① アルミフレーク個々の面積を取得し、ヒストグラム化（図-7）

② アルミフレーク個々の長径・短径をプロットし、形状分布を可視化（図-8）

③ アルミフレーク個々のアスペクト比を取得し、ヒストグラム化（図-9）

④ アルミフレーク個々の配向を取得し、分散を算出（バラつきを数値化）（図-10）

*3 画像処理において自動でしきい値を決定すること

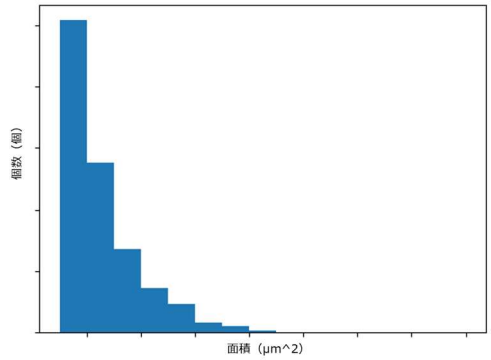

図-7 アルミフレーク 面積のヒストグラム

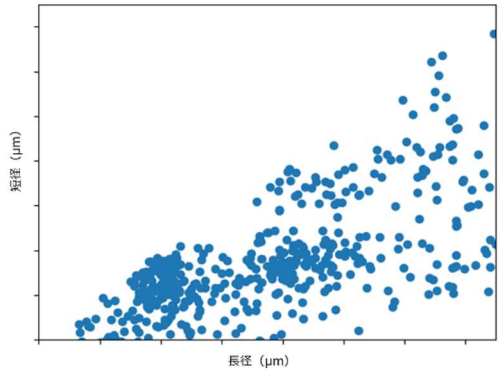

図-8 アルミフレーク 長径短径プロット図

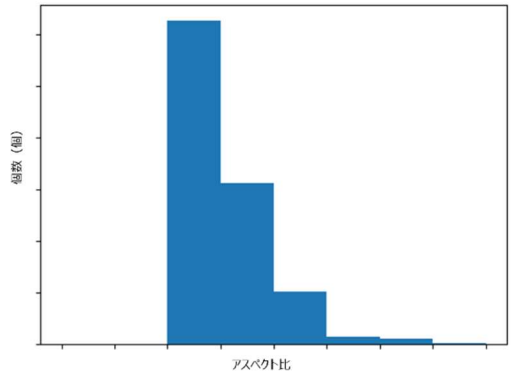

図-9 アルミフレーク アスペクト比 ヒストグラム

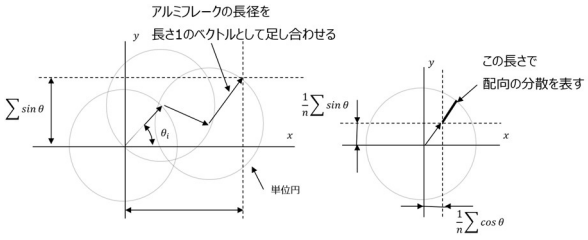

図-10 アルミフレーク 配向分散計算方法

4. まとめ

ハンディタイプのマイクロスコープを使用することで、製品を非破壊かつ効率的に測定すること事が可能となった（測定時間：従来比約 80%削減）。

また、Python による二次元バーコードの認識及び画像の分析を行うことで、測定結果と生産情報を自動で集約し、INPUT（生産情報）と OUTPUT（測定結果）の相関を効率的に確認することが可能となった。今後は本手法を用いてデータを蓄積し、統計分析により製品の品質向上に取り組んでいく。

■参考文献■

Python Software Foundation. (2024). *Python (Version 3.11.9)* [Computer software]. https://www.python.org/

Bradski, G. (2024). *opencv-python (Version 4.10.0.84)* [Computer software]. https://pypi.org/project/opencv-python/

Harris, C. R., et al. (2024). *NumPy (Version 1.26.4)* [Computer software]. https://doi.org/10.1038/s41586-020-2649-2

Hudson, L. (2022). *pyzbar (Version 0.1.9)* [Computer software]. https://pypi.org/project/pyzbar/

Romano, E., et al. (2024). *openpyxl (Version 3.1.5)* [Computer software]. https://pypi.org/project/openpyxl/

Clark, A. (2024). *Pillow (Version 10.2.0)* [Computer software]. https://pypi.org/project/Pillow/

Hunter, J. D. (2024). *Matplotlib (Version 3.9.2)* [Computer software]. https://doi.org/10.1109/MCSE.2007.55