

## 時間相関カメラと空間位相変調照明を用いた塗装表面欠陥検出に関する研究

11070318 崎田 慎太郎

【 画像情報工学研究室 】

## 1 はじめに

近年、顧客ニーズの多様化に伴い塗装外観が製品の商品力の重要な要素になりつつある。塗装外観には様々な種類の欠陥が存在する可能性がある。しかし、今日、塗装された製品の多くは目視検査による欠陥検査が行われており、個人の習熟度や体調によりその精度は大きく変化することが指摘される。

本研究では、塗装の欠陥検出の自動化を行うことを目的とし、Wiener フィルタを用いた検出手法を提案する。

## 2 提案手法

時間相関カメラと空間位相変調照明を用いて撮影を行う。これらの機器を用いることで、1度の撮影で振幅・位相を復調するための複素データを得ることができる。振幅値を観察することで凹凸欠陥、位相の歪みを観察することで勾配欠陥を検出することができる [1]。この複素データをもとに作成した Wiener フィルタから欠陥検出フィルタを生成し、塗装表面上の欠陥を検出を行う。

## 2.1 Wiener フィルタ

塗装製品は塗装ムラに個体差があるため、同じ面を撮像した複数の画像からパワースペクトルの平均を取る。そのパワースペクトルを原信号のパワースペクトル ( $|F(u,v)|^2$ ) とおく。画像上での位置ずれはパワースペクトル上では考慮しなくとも良いため、劣化を表す伝達関数  $H(u,v)$  は  $H(u,v) = 1$ 、雑音成分のパワースペクトル ( $|N(u,v)|^2$ ) は未知のため任意の値  $|N(u,v)|^2 = 1$  とし、Wiener フィルタ ( $M(u,v)$ ) の作成を行う (式 1)。\* は複素共役を表す。

$$M(u,v) = \frac{H^*(u,v)}{|H(u,v)|^2 + |N(u,v)|^2 / |F(u,v)|^2} \quad (1)$$

## 2.2 欠陥検出フィルタ

検査対象サンプルに Wiener フィルタを適用することで、位相の歪みや振幅の減少として表れている欠陥箇所が取り除かれた出力を得ることができる。これを利用して  $1 - M(u,v)$  を入力画像に乗算することで、欠陥を含む、雑音成分として除去されていた箇所を抽出することができる。このとき、欠陥以外にノイズも同時に復元しているため、以下の3つの処理でノイズの除去を行う。

## ■エッジ距離度フィルタ処理

エッジ際は急激な振幅の減少が発生するため Wiener フィルタでは復元されにくく、本手法では欠陥として誤検出されてしまう。このようなエッジ際での誤検出を減らすため、エッジから内側に 20px の領域にエッジへ 2px 近づくに従い 10% ずつ振幅を減衰させる処理を行う。

## ■高周波除去処理

Wiener フィルタでは高周波成分は復元されにくく、本手法では位相の変化が大きい箇所を欠陥として誤検出してしまう。そのため、位相の変化量が閾値 (任意) を超える高周波領域の除去を行う。

## ■振幅閾値処理

高周波成分・エッジ際以外に存在するノイズを除去するために振幅による閾値処理を行う。入力画素の振幅に対する欠陥検出フィルタの出力結果の振幅の割合を算出し、今回は 25% 未満のものをノイズとして除去する。除去しきれなかった小さなノイズを除去するために収縮・膨張の処理を 1 度ずつ行う。

## 3 実験結果

検査対象として、欠陥の確認できる 102 枚 163 個の欠陥サンプルと欠陥のない 248 枚 248 個の正常サンプルに対して、本手法を適用した。表 1 に示す通り、欠陥サンプルでは 87.7%、正常サンプルでは 91.1% の検出精度を得ることができた。欠陥サンプルを入力とした際の出力結果を図 1 に示す。

表 1 実験結果

	欠陥有り判定	欠陥無し判定	検査精度
欠陥サンプル	143	20	0.877
正常サンプル	22	226	0.911

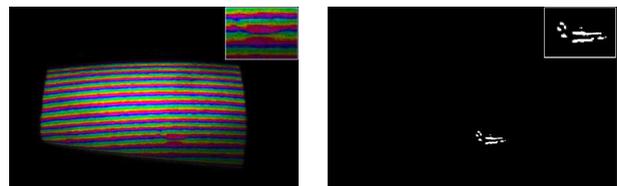


図 1 欠陥サンプル (左) と出力結果 (右)

## 4 まとめ

本研究では、時間相関カメラと空間位相変調照明を用いて塗装表面の欠陥を検出する手法を提案した。Wiener フィルタを適用した際にはじかれるノイズを欠陥として捉えることで、およそ 87.7% の精度で欠陥を検出することができた。欠陥サンプルの未検出の原因として、数 px の小さな欠陥が収縮・膨張の処理により除去されていることが考えられる。また、正常サンプルの主な誤検出の原因としては、ゆず肌のような表面の粗く塗装された面では位相が大きく変化するため、欠陥として誤検出が発生していることが考えられる。

## 参考文献

- [1] 栗原徹, 安藤繁, 吉村礼彦, “時間相関技術の塗装検査への応用,” View2014, OS1-01,12/4-5, 2014.