

## 鋼構造物の膨れを伴う錆の画像処理による特徴抽出

## Extracting Characteristic of Blister on Rusted Steel Structure using Image Processing

○宇佐美知宏<sup>1</sup>, 門馬英一郎<sup>2</sup>, 石井弘允<sup>3</sup>, 小野隆<sup>2</sup>, 原田誠<sup>4</sup>, 青山竹文<sup>4</sup>, 樋口知以<sup>4</sup>\*Tomohiro Usami<sup>1</sup>, Eiichiro Momma<sup>2</sup>, Hiromitsu Ishii<sup>3</sup>, Takashi Ono<sup>2</sup>  
Makoto Harada<sup>4</sup>, Takefumi Aoyama<sup>4</sup>, Tomoyuki Higuchi<sup>4</sup>

Abstract: In this paper, we have considered characteristics of a blister on a rusted steel structure using image processing. As a result, we obtain amount of the characteristics among a no-rust, a small blister and a large blister from images.

## 1. はじめに

鋼構造物は風雨などの影響により、腐食して錆を生じ更には破損に至る。このような鋼構造物のメンテナンスにおける錆の評価は、主に専門家の目視により実施されており、主観的な評価に留まっている。本研究は、デジタルカメラで撮像した画像を用い、錆の自動的かつ定量的な評価を行うことを目的としている<sup>[1][2]</sup>。今回は異常のない箇所、腐食の初期に生じる塗装の小さな膨れ、大きな膨れの箇所について各々の視覚的特徴から特徴量を求め、腐食の露出していない錆の評価について検討した。

## 2. 鋼構造物の腐食と視覚的特徴

Figure 1 は腐食した鋼構造物の一例である。このような鋼構造物は、錆の初期において、腐食を防止するために施されている防錆塗装の下に錆が生じ、表面が膨れ上がり凹凸を生じる。更に腐食が進むと膨れた塗装が剥がれ、腐食した箇所として茶褐色の部位が露出する。従って、露出に至る段階より軽度な錆を抽出するには、茶褐色となる錆の特徴的な色以外の特徴を検討する必要がある。

鋼構造物に生じた膨れは環境光によって生じる陰影と光沢として捉えられ、周囲とのコントラストからエッジを生じる。そこで、陰影と光沢および膨れ周辺のエッジに着目し、明度ヒストグラムとエッジの勾配の特徴について検討した。解析には鋼構造物の画像より 32×32pixel のマスクで抽出した画像を用いた。Figure 2 は画像の例で、(a)は異常が無く一様に塗装されている箇所、(b)と(c)は夫々錆による小さな膨れと大きな膨れを生じた箇所である。解析には、異常のない箇所と小さな膨れについては 100 枚、大きな膨れについては 34 枚の画像を用いた。

## 3. 明度ヒストグラムによる特徴の検討

陰影と光沢の特徴を抽出するため、CIE 1976 L\*a\*b\* 表色系における明度 L\*より明度ヒストグラムを算出し、明度のばらつきについて検討した。Figure 3 は各箇所の明度ヒストグラムである。異常のない箇所は明暗の変化が少なく類似した成分が集中した。膨れの生じた箇所では、陰影と光沢の発生に伴い分布に広がりが生じた。そこで分布の広がりを示す特徴量として四分位偏差を用いた。Figure 4 は各箇所について算出した特徴量の箱ひげ図である。箱ひげ図の箱の下端と上端が第 3 四分位と第 1 四分位を表わし、上下に伸びるひげの両端は箱の長さの 1.5 倍以内の最大値、最小値である。ひげの長さを超える値ははずれ値としてプロット



Figure 1. Example of corroded structure

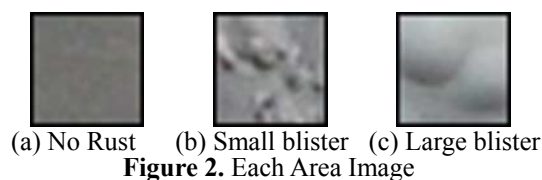


Figure 2. Each Area Image

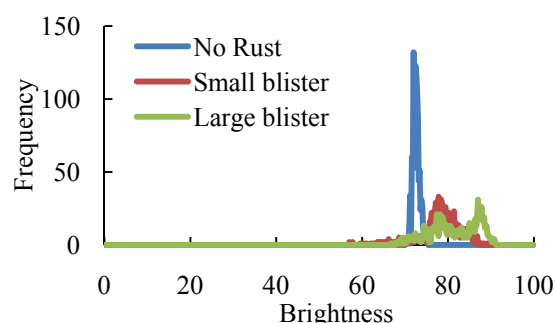


Figure 3. Histogram of each category

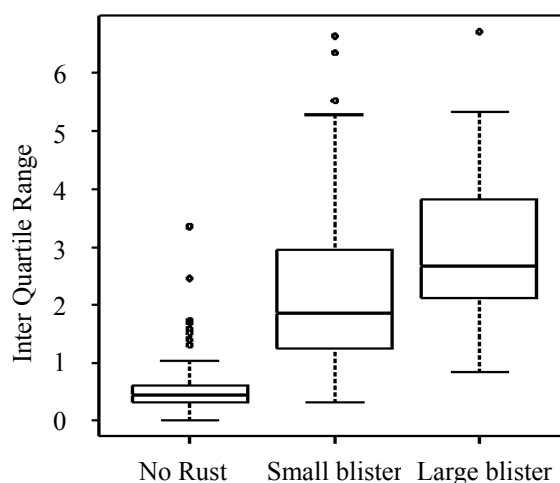


Figure 4. Feature amount of each category

されている。この結果より、陰影と光沢による明度の集中と分散の違いが現れ、異常のない箇所との分離が可能となった。

#### 4. 勾配による特徴の検討

画像のエッジに着目するために、パターンマッチングなど特定物体認識の特徴点抽出に使用される、ハリスのコーナー検出により特徴点を抽出した<sup>[3]</sup>。この方法は、画像上の座標(x, y)における画素値を I(x, y)とするとき、式(1)の行列 M を算出し、式(2)のコーナー検出関数 R を評価することでエッジの交点を特徴点として抽出する。k は調整パラメータであり、今回は k=0.04 として特徴点の抽出を行った。

$$M = \begin{bmatrix} \left(\frac{\partial I}{\partial x}\right)^2 & \frac{\partial I}{\partial x} \frac{\partial I}{\partial y} \\ \frac{\partial I}{\partial x} \frac{\partial I}{\partial y} & \left(\frac{\partial I}{\partial y}\right)^2 \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$R = \det M - k(\text{tr} M)^2 \quad (2)$$

ただし、det: 行列式, tr: 対角成分の和

Figure 5 は特徴点を抽出した結果である。同図(a)の異常のない箇所では視認が難しい僅かな濃淡変化から特徴点が抽出され、同図(b)と(c)では膨れの周囲に特徴点が抽出されていることがわかる。

同図(b)より小さな膨れは狭い範囲で凹凸を形成することから、特徴点では急峻な勾配になると考えられる。そこで、ラプラシアンフィルタ<sup>[3]</sup>を用い特徴点周辺の勾配の度合いを算出した。Figure 6 は算出した各箇所の特徴点における勾配の絶対値の比較である。異常のない箇所と大きな膨れの特徴点は勾配の度合いが全体として低い値となり、小さな膨れでは大きな勾配を持つ結果となった。そこで、画像における特徴点の勾配の絶対値について平均値を特徴量に用いた。

Figure 7 は各箇所について算出した特徴量の箱ひげ図である。この結果より、異常のない箇所と大きな膨れは分布が小さい値になるのに対して小さな膨れの分布は大きな値として得られ、各々の分離に有用であると考えられる。更に、大きな膨れではエッジが広い範囲に分布し、特徴点が同一のエッジに複数存在することから局所的に類似した勾配方向を持つと考えられる。そこで、特徴点における勾配方向について検討した。

Figure 8 は算出した勾配方向ごとに特徴点を色分けした画像である。勾配方向は特徴点を中心とした 8 近傍の輝度値に対し同図(d)の 1-1', 2-2', 3-3', 4-4' の組合せについて差分を求め、最も大きな変化を持つ方向とした。同図(a)と(b)においては不規則な勾配方向となったが、大きな膨れの同図(c)では、同一の勾配方向を持つ特徴点が局所的に分布する特徴的な傾向が見られた。

#### 5. まとめ

以上、異常のない箇所、腐食の初期に生じる塗装の小さな膨れ、大きな膨れの箇所について、膨れにより生じる陰影と光沢およびエッジに着目し、それらの特徴量について検討した結果、腐食の露出していない錆の評価が可能となる見通しを得た。今後は勾配方向の特徴の数値化および各特徴量の空間周波数による差異について検討する予定である。

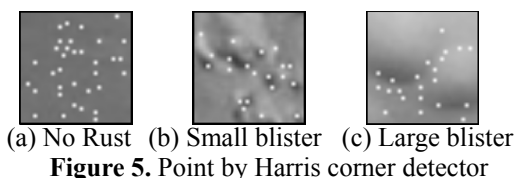


Figure 5. Point by Harris corner detector

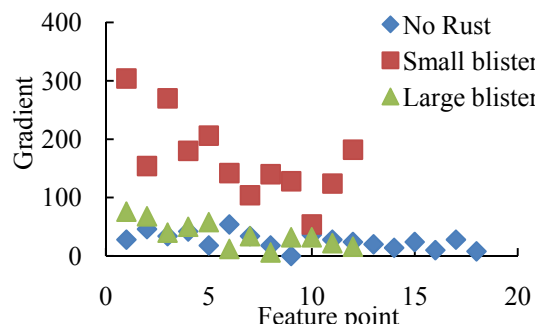


Figure 6. Gradient at Feature Point

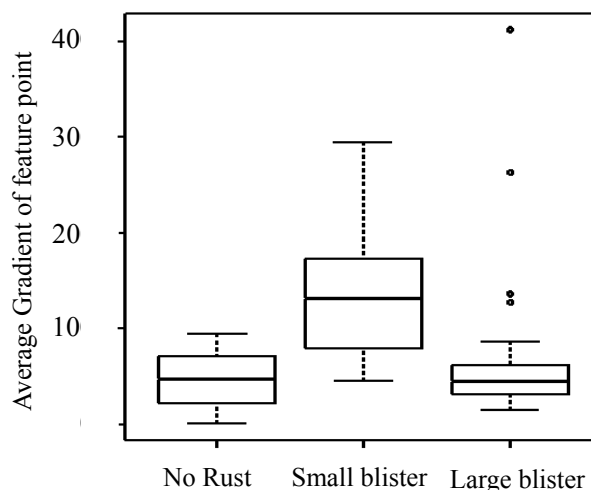


Figure 7. Feature amount of each category

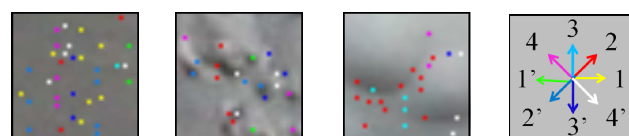


Figure 8. Gradient direction Image

#### 6. 参考文献

- [1] 門馬, 石井, 小野, 原田, 青山, 樋口: "画像情報を用いた鋼構造物における状態評価に関する検討", 塗装工学, pp. 398-407, 2009.
- [2] E.Momma, Y.kimura, H.Ishii, T.Ono, M.Harada, T.Aoyama and T.Higuchi: "Rust Classification using Image Analysis of Steel Structures", Proceedings of The Third International Conference on Sensing Technology (ICST 2008), pp. 409-413, 2008.
- [3] C. Harris, M. Stephens: "A COMBINED CORNER AND EDGE DETECTOR", Proceedings of the 4th Alvey Vision Conference, pp.147-151, 1988
- [4] 例えば, 高木, 下田: "新編 画像解析ハンドブック", pp.1228-1231