

画像処理を用いた耐候性鋼材のさび外観評価に関する一検討

(株)IT 働楽研究所

田中啓治

宇部興産機械(株)

正会員

○後藤悟史

山口大学大学院

正会員

河村 圭

山口大学大学院

フェロー

宮本文穂

1. はじめに

耐候性鋼材は、適切な環境下で使用すれば、表面に緻密で密着性に優れたさび（保護性さび）が形成され、腐食の進行を著しく遅らせることができる。しかし、架橋環境やさまざまなアクシデントによって保護性さびが形成されない事例も報告されており、設計上期待する耐候性能の実現のためには、さびの状態を正しく評価し、維持管理を行わなければならない。本研究は、デジタルカメラで撮影したさび画像をテクスチャ解析し、その特徴量とさびの状態との関係性を評価するものである。また、画像処理を用いた手法が耐候性鋼材のさび外観評価において有効であるか、その可能性を検討する。

2. 解析に用いるさび画像

解析に用いたさび画像は、経過年数 6 年の無塗装橋梁から撮影した。デジタルカメラの有効画素数は 300 万画素とし、およそ 0.18mm/pixel としてスケールを合わせた。撮影時、熟練技術者 2 名によって表-1 の基準に基づく外観評価を行い、さび画像に評点を与えた。画像サイズは 1024×1024pixel で、全評点分で 558 枚となった。図-1 に、解析に用いるさび画像の一例を示す。

3. テクスチャ解析を用いたさび画像の特徴抽出

同時生起行列を用いたアルゴリズムは、テクスチャ解析における統計的・特徴量の代表的なものである。全濃度値数が n の画像において、濃淡 i の点から角度 θ の方向に距離 r だけ離れた点の濃淡が j である確率 $P_{\delta}(i, j)$, $\delta = (r, \theta)$ を要素とする同時生起行列を求

め、この行列から以下の 4 種類の特徴量を計算し、それらの値によってテクスチャを特徴づける。

● 角二次モーメント(Angular Second Moment)

$$ASM = \sum \sum \{P_{\delta}(i, j)\}^2 \tag{1}$$

● コントラスト(Contrast)

$$CON = \sum \sum (i - j)^2 P_{\delta}(i, j) \tag{2}$$

● 相関(Correlation)

$$COR = \frac{\sum \sum i \cdot j P_{\delta}(i, j) - \mu_x \mu_y}{\sigma_x \sigma_y} \tag{3}$$

ここで、

$$\mu_x = \sum i \cdot P_x(i) \quad \mu_y = \sum j \cdot P_y(j)$$

$$\sigma_x^2 = \sum (i - \mu_x)^2 P_x(i) \quad \sigma_y^2 = \sum (j - \mu_y)^2 P_y(j)$$

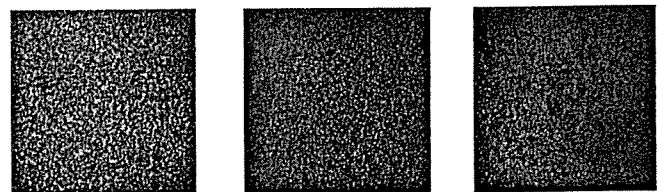
$$P_x(i) = \sum P_{\delta}(i, j) \quad P_y(j) = \sum P_{\delta}(i, j)$$

● エントロピー(Entropy)

$$ENT = - \sum \sum P_{\delta}(i, j) \log \{P_{\delta}(i, j)\} \tag{4}$$

表-1 さび外観評点基準(案)

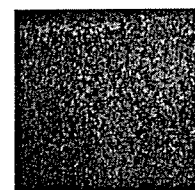
状態	評点	目視外観	さび厚
正常	5	腐食が進まず さびも薄い	200 μm程度未満
	4	平均外観粒径1mm程度以下で均一なさび	400 μm程度未満
	3	平均外観粒径1~5mm程度のさび	
要観察	2	外観粒径5~25mm程度のうろこ状剥離があるさび	400 μm程度以上 800 μm程度未満
異常	1	層状剥離が起きているさび	800 μm程度以上



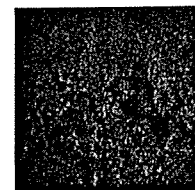
評点5

評点4

評点3



評点2



評点1

図-1 解析に用いるさび画像(例)

4. 解析結果

さび画像に対して $\theta = 0^\circ, 45^\circ, 90^\circ$ および 135° の4方向の同時生起行列から各特徴量を計算した。一方、2点間距離の影響を評価するため、距離 r は3段階 (10, 20, 50pixel) に分けて算出した。また、テクスチャ特徴は画像撮影時の明るさの影響を強く受けるため、前処理としてさび画像のヒストグラム均等化を行った。図-2 に、評点別さび画像の各特徴量を平均値で示す。また、 θ を変化させても特徴量にほとんど変化がなかったため、図-2 は4方向の特徴量の平均値を使用している。

評点が悪いほど ASM は大きく、CON は小さくなっている。これは、評点の悪いさび外観はうろこ状や層状の剥離さびを持っており、濃度変化のない均質な表面で覆われた剥離片の占める面積が大きいことが原因と考えられる。評点が良い画像はこの逆の傾向にあるが、これは、緻密なさび粒子の配列により局部的に濃度値が大きく変化し、コントラストが高く、行列中の値が密集する程度が低くなったと思われる。一般的に、肌理の細かいテクスチャは ASM が小さく、CON が大きくなるが、さび画像の解析からも同様な傾向が確認できた。また、評点と COR にも相関が見られ、ENT は ASM とほぼ逆の傾向にある。

距離 r が大きくなると、評点による特徴量の変化の程度は小さくなっている。本解析は 256 階調の濃度レベルを使用しているが、比較する2点が離れると濃度値のばらつきの影響が著しくなるためと考えられる。一方、評点4の特徴量は、距離の影響をほとんど受けていない。これは、評点4の画像全体が一様なテクスチャで構成されているためと考えられ、さび粒子が規則的に並ぶ良好なさび外観を適切に表現している。

5. おわりに

同時生起行列を用いたテクスチャ解析により、さび外観をASMやCONなどの特徴量で大まかに表現することが出来た。特に、評点1と4のさび画像であれば両者の識別が可能であることがわかった。しかし、同評点画像での特徴量のばらつきが大きく全評点の識別は困難で、画像データの前処理の改善や濃度値数の低減など更に検討を進める必要がある。

参考文献

- 1) (社) 鋼材倶楽部, (社) 日本橋梁建設協会: 耐候性鋼の橋梁への適用
- 2) 紀平寛, 塩谷和彦, 幸英昭, 中山武典, 竹村誠洋, 渡辺祐一: 耐候性鋼さび安定化評価技術の体系化, 土木学会論文集

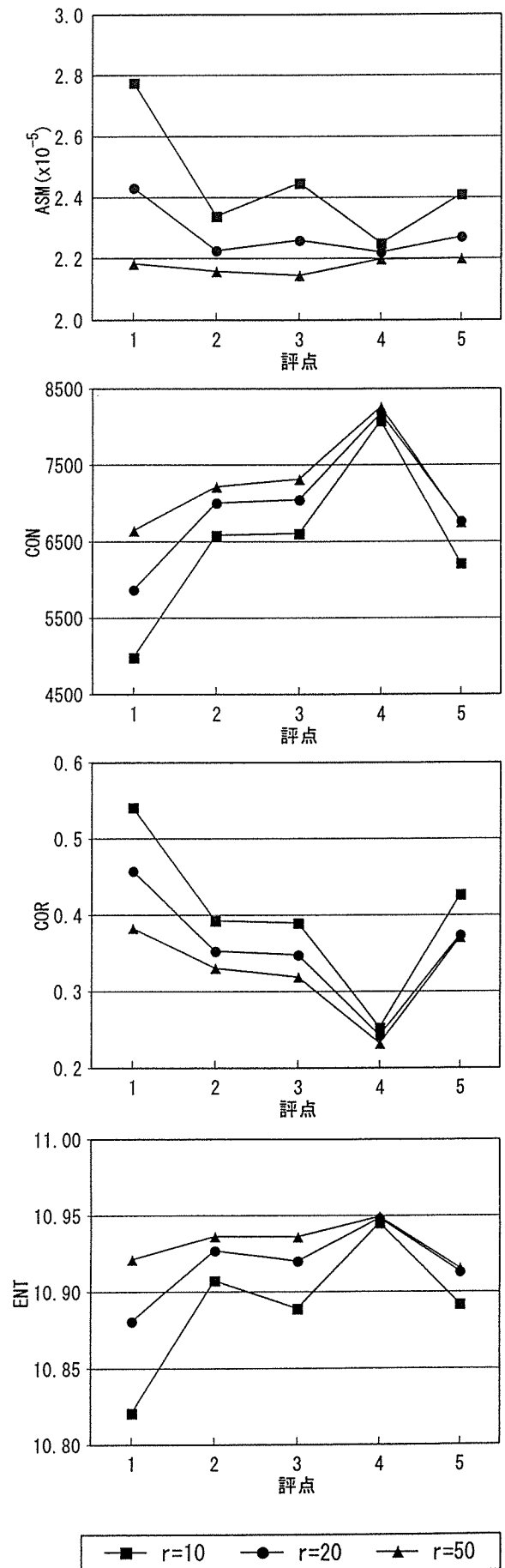


図-2 評点別さび画像の特徴量