

# 画像処理による耐候性鋼材のさび外観評価レベルの判別方法に関する研究

建設設計工学研究室 福井 伸之介  
指導教官 宮木 康幸

耐候性鋼材の安定化さび層の形成には環境の影響を受けやすく、そのため耐候性鋼を採用した構造物は、施工後の点検・調査が必要である。しかし、その方法であるさび外観評価法は、評価者の主観により評価が変わるという問題がある。本研究では客観的に評価するため、画像処理を用いたさび外観評価レベルの判別方法を提案した。その方法は、さび領域の大きさの平均値と標準偏差が、 $1\text{ mm}^2$ より大きいものと、それ以下の小さいものに大別し、大きいものはその大きさの平均値、標準偏差によって判別し、小さいものは彩度の最頻値、色相の標準偏差によって判別するものである。本研究ではこれらの基準を、画像処理を用いて、事例写真や評価基準から得た。結果として、画像処理による判別方法は、目視による評価とほぼ同程度となり、客観的な評価となった。

キーワード：安定化さび，画像処理，客観的な評価

## 1. はじめに <sup>1)2)</sup>

近年、LCCの低減という目的で、無塗装で使用可能な耐候性鋼材を採用した鋼橋建設が多くなっている。耐候性鋼は、表面に緻密な表面酸化膜を生成することで密着性のあるさび層を形成し、さびや腐食の進行を遅らせる鋼材である。

しかし、安定化さび層の形成には環境の影響を受けやすく、架設後の点検・調査が必要である。その方法として、目視によるさび外観評価法がある。これはさびの粒径や色調から、鋼材の状態をレベル1(状態の悪いもの)～レベル5(状態の良いもの)に評価する方法である。これは簡便に行える調査方法であるが、評価者の主観により評価が左右されるという問題点がある。

そこで本研究では、その問題点を解決する手法として、画像処理を用いたさび外観評価の判別方法を提案した。そして、さび粒子の粒径や色調の特徴を、画像処理を用いた事例写真や評価基準から得て、判別の基準を検討し、評価レベルの判別をするものである。

## 2. さび外観評価レベルを基にした評価の流れ <sup>3)</sup>

まず、さび外観評価法の評価基準とその事例写真を示す。ここで、評価レベルの良いレベル5から示す。

レベル5：さび粒子は小さく均一、色調は明るい。



図-1 評価レベル5事例写真

レベル4：さび粒子は小さく均一、色調は暗い。



図-2 評価レベル4事例写真

レベル3: さび粒径は1~5mm, 色調にばらつきがある.



図-3 評価レベル3事例写真

レベル2: さび粒径は5~25mm, うろこ状の剥離がある.



図-4 評価レベル2事例写真

レベル1: さび粒径は25mm以上, 層状の剥離がある.



図-5 評価レベル1事例写真

また, 評価レベルごとの基準を以下の表に示す.

表-1 さび外観評価の評価基準

	評価基準		評価
	さびの粒径	さびの色調	
レベル5	小さく均一	明るい	↑ ↓
レベル4	小さく均一	暗い	
レベル3	1~5mmで粗い	ばらつきがある	
レベル2	5~25mm	剥離がある	
レベル1	25mm以上	層状剥離がある	

以上の基準から, さび粒径によりレベル3と4の間を大別することにした, 以下の図に判別評価の流れを示す.

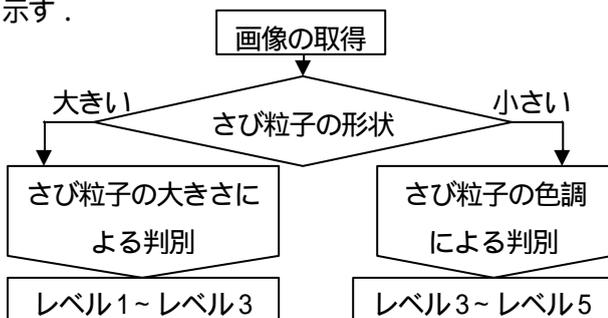


図-6 判別評価の流れ

### 3. 画像処理の概要 <sup>4)5)6)7)8)</sup>

ここで, 事例写真に対して行った画像処理の概要について説明する.

#### 画像平滑化処理 <sup>4)5)</sup>

画像の雑音を取り除くため, 本研究ではメディアンフィルタを用いた. この方法は, 画像の境界となる部分を残したまま雑音を取り除くことができる.

#### イコライゼーション処理 <sup>7)8)</sup>

本研究では, 画像のコントラストや明るさを改善するため, 輝度値を拡張するイコライゼーション処理をした. 以下の図に処理前後の変化を示す.

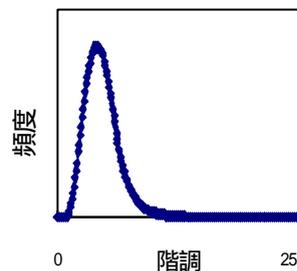


図-7 処理前の輝度ヒストグラム

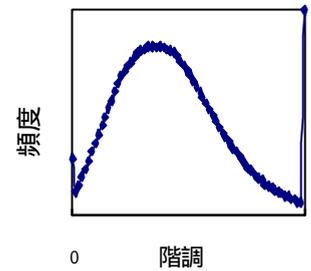


図-8 処理後の輝度ヒストグラム

このように明るさの偏りが改善される.

#### 2値化処理 <sup>4)6)</sup>

画像の特徴となる部分のみを取り出すため, 本研究ではさび部分のみを白とする2値化処理を行った.

#### ラベリング処理 <sup>4)5)6)</sup>

本研究では, さび粒子の大きさを得るため, 2値画像の連結部分に同じ番号をつけていくラベリング処理を行った.

### 4. 判別基準値の検討

まず, 以下の図に, 閾値決定の根拠の一部である評価レベル1のRGBによるヒストグラムを示す.

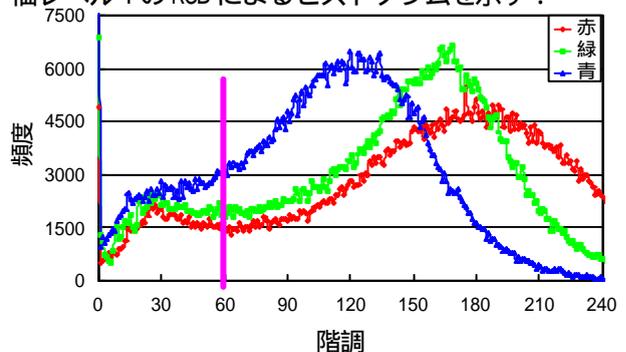


図-9 レベル1画像のRGBヒストグラム

前項の図-9を見ると、60階調の部分で赤と緑が谷になっている。ここから本研究では、60階調を閾値として2値化処理を行った。

次に、2値化処理前後のレベル1画像を示す。



図-10 2値化後のレベル1

本研究ではこの画像を基に判別評価を行った。

#### 4.1 判別評価の流れ

さびの形状が小さく均一なものを分けるため、レベル4とレベル5の画像にラベリング処理を行い、結果を正規化した。以下の表にそれを示す。

表-2 レベル4,5画像のラベリング処理の結果

	1	2	3	4	5
平均値	3.02	2.01	1.52	0.99	0.80
標準偏差	15.27	3.98	1.91	1.01	0.51

(mm<sup>2</sup>)

この結果から、大きさの平均値、標準偏差が1 mm<sup>2</sup>以下のものは、色調による判別評価とした。

#### 4.2 判別評価の流れ

さびの形状が大きく不均一なものを判別評価するため、レベル1～レベル3をラベリング処理し、結果を正規化した。以下の図にそれを示す。

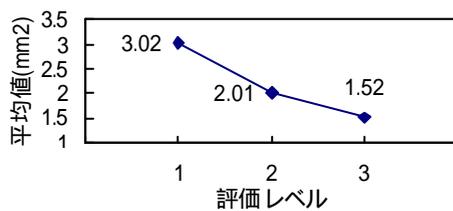


図-11 大きさの平均値による判別基準

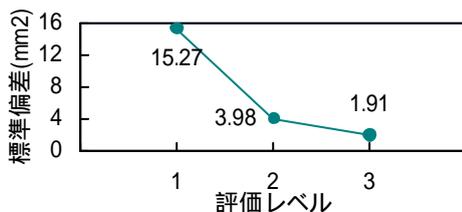


図-12 大きさの標準偏差による判別基準

本研究では、これを判別の基準とする。

#### 4.3 判別評価の流れ

さびの形状によって判別できないレベル4～レベル5を、色調の違いによって判別評価するため、彩度と色相のヒストグラムを比較した。ここで本研究では、輝度をイコライゼーション処理したため、明るさ指標である輝度、明度を基準値として用いなかった。

次に、レベル4,5の彩度のヒストグラムを示す。

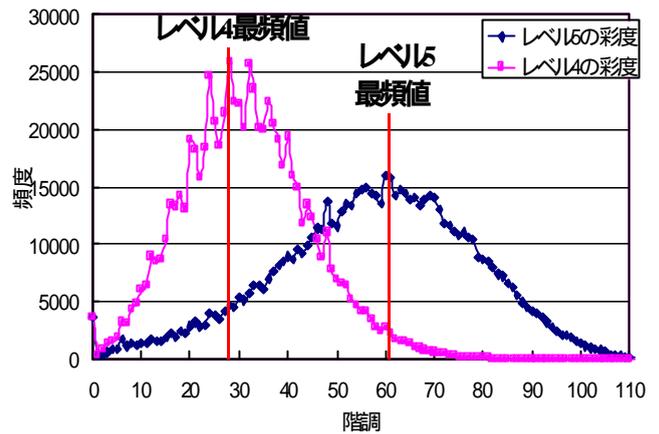


図-13 レベル4,5の彩度のヒストグラム

これを見ると、彩度の最頻値が異なっている。

また、色相のヒストグラムを下に示す。

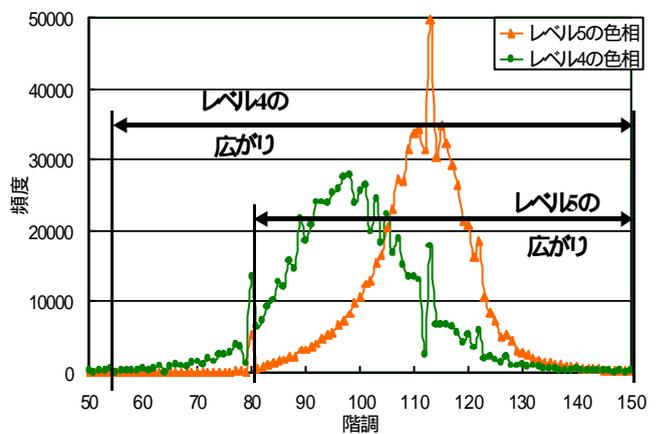


図-14 レベル4,5の色相のヒストグラム

これを見ると、色相の広がりが異なっている。

ここから、彩度の最頻値と色相の標準偏差を、色調による判別の基準とした。次の表にその値を示す。

表-3 色調による判別基準

	3	4	5
彩度の最頻値	23	32	60
色相の標準偏差	27.4	16.4	13.4

(階調)

また，下の図に判別のためのグラフを示す．

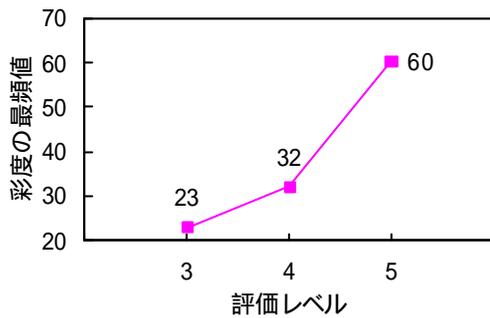


図-15 彩度の最頻値による判別基準

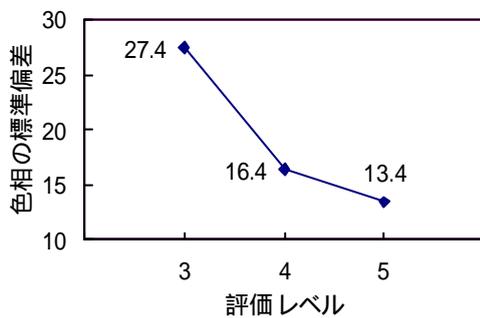


図-16 色相の標準偏差による判別基準

このようにして判別の基準を決定した．また，大きさによる判別，色調による判別ともに，画像処理から各値を算出し，基準の間は内挿して評価レベルを判別した．

#### 5. 実際のさび画像への適用

評価の流れと判別基準値を実際の画像に応用し，目視による評価と画像処理による判別評価を比較した．その際，実際の画像では明るさが不均一であったため，カラーバーによる輝度の補正も行った．以下に，本研究で用いた画像と目視による評価を示す．

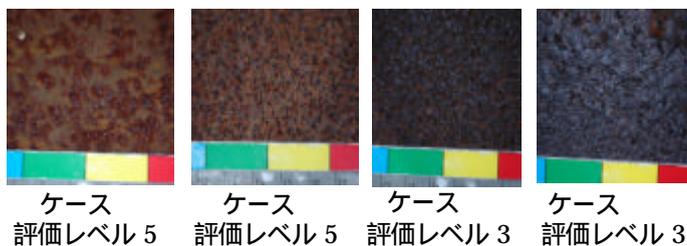


図-17 実際のさび画像とその評価

これらに対して画像処理による判別評価を行った．次の表にその結果を示す．

表-4 画像処理の結果と判別評価

	粒径		色調		判別評価レベル
	平均値	標準偏差	彩度の最頻値	色相の標準偏差	
ケース	1.05	0.40	40	15.39	4.3
ケース	0.73	0.34	24	18.86	3.4
ケース	1.60	1.81	-	-	3.0
ケース	1.72	1.90	-	-	2.6

この結果から，目視による評価と画像処理による判別評価に近いことがわかる．

#### 6. まとめ

画像処理による評価レベル判別方法を提案した．

その結果，目視による方法とほぼ同じ結果となり，また，客観的な評価となった．

#### 参考文献

- 1) 斉藤慎吾：耐候性鋼橋の腐食評価の定量化に関する研究，長岡技術科学大学大学院修士論文，2005
- 2) 北原武嗣，出雲淳一，柳貴之：横浜市近郊の耐候性鋼橋の腐食環境と腐食状況に関する現地調査，鋼構造年次論文報告集第13巻，2005
- 3) (社)日本鉄鋼連盟，(社)日本橋梁建設協会：耐候性鋼の橋梁への適用(解説書)，  
<http://www.jisf.or.jp/bridge/pdf/tai.pdf>
- 4) 田村曜：カラー画像による斜面監視システムの精度向上に関する研究，長岡技術科学大学大学院修士論文，2004
- 5) 八木伸行，井上誠喜，林正樹，中須英輔，三谷公二，奥井誠人，鈴木正一，金次保明：C言語で学ぶ実践画像処理，オーム社，1992
- 6) FEST Project 編集委員会：実践画像処理，(株)リンクス出版事業部，2001
- 7) 石立喬：ヒストグラム拡張・平坦化によるカラー画像の補正  
<http://codezine.jp/a/article.aspx?aid=214>
- 8) 片平昌幸：基本的な画像処理手法について，  
<http://www.mis.med.akita-u.ac.jp/%7Ekata/image/index-j.html>