

画像処理による金属腐食面積の測定

岩 渕 和 則・赤 瀬 章

(山形大学農学部農業機械学研究室)

Rusted Iron Area Measurement by Digital Image Processing Technology

Kazunori IWABUCHI and Akira AKASE

Laboratory of Agricultural Machinery, Faculty of Agriculture,
Yamagata University, Tsuruoka 997, Japan

(Received November 26, 1990)

Summary

This paper describes an area measurement method for a complicated shape, in this case rusted iron, which is generally measured with much difficulty.

There were two kinds of colors with iron rusted by acid liquid, pH 4, using H_2SO_4 . One was red-dish brown and the other yellow which consisted of $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3\cdot\text{H}_2\text{O}$ and $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3\cdot\text{H}_2\text{O}$, respectively. Each colored rusted area was easily measured by the binarization of red-color digital images on the computer.

Keywords: image processing; area measurement; rust.

緒 論

近年、酸性雨の生物環境へ及ぼす影響についての報告が数多くなされている^{1,4)}。しかしながら、構造物を構成する材料への影響についての報告はほとんどなく、基礎的なデータを集めることが必要と考えられる。

農業機械の分野では圃場作業及び外傷による防錆塗装の剥離面からの金属腐食が問題となっており、とくに作業環境が酸性化した場合には、より腐食が起り易くなるので酸性雨による影響を検討する必要がある。

一般に、金属腐食は酸性雨由来のみならず、単に付着分中の溶存酸素等によっても発生する²⁾。このため、著者らは現在、酸性雨由来による腐食の実験を室内外で行なっているが、腐食程度を判定するための指標の1つである腐食面積の測定は、紙重量測定法³⁾(写真撮影後、腐食域を切り取り重量測定)や視覚判定に頼っているのが一般的であり、精度良く測定する方法がないのが現状である。

ここでは腐食面積を測定するため、モード法によるRGB濃淡画像の二値化処理を試み、これを一部の室内実験結果に適用した。

濃淡画像の閾値処理

1. 閾値処理の概要

図形の形や大きさ等を計測する場合、目的とする対象物のみではなく、対象物(腐食部分)とその背景(無腐食部分)を同時に画像入力して取り込むことが通常である。このため、入力した画像において対象物と背景を区別するために、画像の二値化処理が行なわれる。二値化のアルゴリズムを(1)式に示す。

$$g_{ij} = \begin{cases} 1; f_{ij} \geq t \\ 0; f_{ij} < t \end{cases} \quad (1)$$

但し、画素数; ixj , 入力画像; $\{f_{ij}\}$, 出力画像; $\{g_{ij}\}$ とする。(1)式におけるパラメータ t を閾(しきい)値といい、閾値選択が適当でない場合は精度の良い画像抽出が不可能になる。

閾値選択の方法として p -タイル法、モード法、微分ヒストグラム法、判別分析法等が提案されている³⁾が、本研究では画像の濃度(輝度)ヒストグラムにおけるピーク間の谷を閾値とするモード法を試みた。

キーワード: 画像処理; 面積測定; 金属腐食
[1990年11月26日受理]

2. 金属腐食画像における閾値選択

画像入力, 解析装置を Fig. 1 に示した. 画像入力は FOTOVIX II-X (株)タムロン, 画像解析は LA-555 (株)ピアス) によった. 画像入力時のサンプル上は, 約 3500 Lux (照度計 ANA-300型, 東京光電(株)により測定) になるように照明した.

腐食試験(後述)の結果, 腐食色は赤褐色 (以下 BR), 黄色 (以下 YE) に大別されることを知った. これらの色は各々 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3\cdot\text{H}_2\text{O}$, $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3\cdot\text{H}_2\text{O}$ によって呈されている⁵⁾.

典型的な BR, YE, NR (無腐食部分) を呈している試験片についてカラー画像入力し, R (Red), G (Green), B (Blue) の各成分で濃度ヒストグラムを作成した (Fig. 2). R 成分による画像は閾値 t_1 により BR, YE, NR から BR が分離でき, 閾値 t_2 により BR, YE, NR から YE が分離できる. G 成分画像, B 成分画像においても, ある程度 BR, YE, NR の分離が可能であるが, その精度は R 成分画像に比べて劣ることはこの図から解る. この結果より, 腐食面積の測定には R 成分画像を用いることにし, 閾値 t_1, t_2 を各々輝度レベル 64, 140 とした.

材料及び方法

腐食試験では工業用材料として非常に多く使用される鉄 (Fe) を主成分とする各種金属 (株)山本科学工具研究社製) を供試した. 金属の種類及びその Fe 以外の成分を Table 1 に示した. これらは $\phi 13\text{ mm}$ の棒状であったので, 高さ約 15 mm に切断し, さらにその切断面の傷をとるため金属用サンドペーパー (#180, #600) で, なるべく鏡面状になるように研磨した.

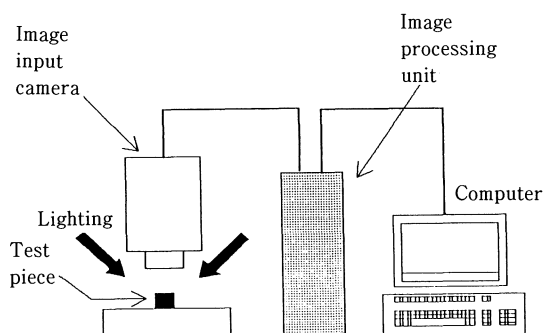


Fig. 1. Schematic diagram of image processing system.

最後に油等の汚れを落とすためにジエチルエーテルで洗浄し, 試験片とした.

酸性溶液は pH 4.0 の H_2SO_4 溶液を用い, これを小型簡易噴霧器によって 3~4 日毎に 1 回, 約 1 cc を 20 日間にわたって計 6 回試験片表面に均一に散布した. 散布日程は Fig. 3 に示した.

腐食面積の測定は 20 日間の酸性溶液散布終了後, 画像入力し, 上述の閾値により各試験片切断面を二値化処理し, BR, YE の画素数を算出した. (2) 式によって腐食面積 SR (%) を求めた.

$$\text{SR}(\%) = \frac{\text{BR(YE)の画素数} \times 100}{87996(\text{試験片切断面の画素数})} \quad (2)$$

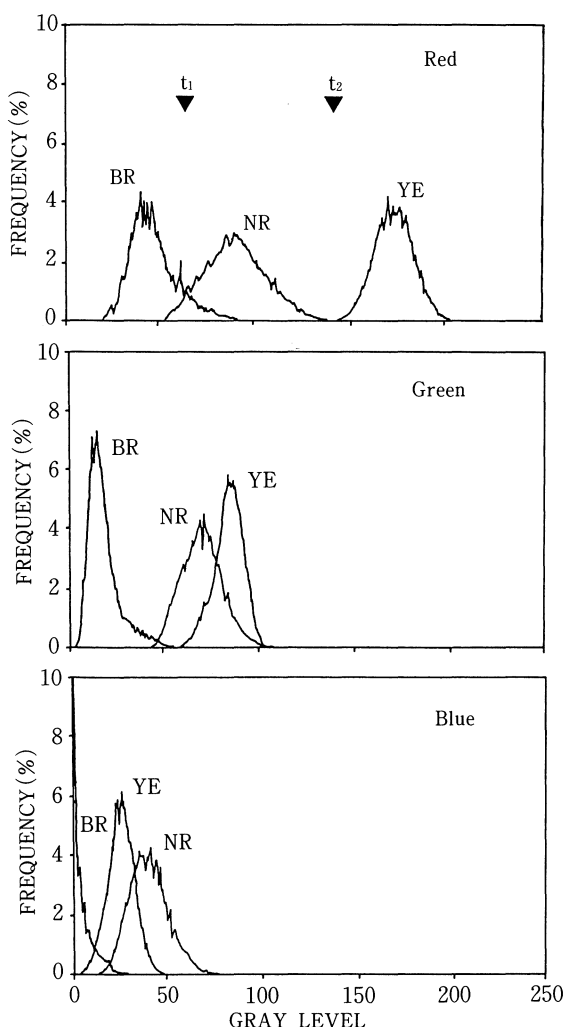


Fig. 2. Gray level histograms of colored rusted irons.

Table 1. Chemical analysis

No.	Kind of Steel	C	Si	Mn	P	S	Ni (%)	Cr	W	Mo	V	Co
1	Pure Iron	0.02	0.24	0.22	0.005	0.007	0.02	0.02	—	—	—	—
2	Carbon Steel for Machine Structural Use	0.10	0.19	0.43	0.009	0.010	0.056	0.16	—	—	—	—
3	—	0.21	0.27	0.41	0.009	0.019	0.020	0.016	—	—	—	—
4	—	0.44	0.26	0.67	0.016	0.017	0.067	0.066	—	—	—	—
5	Carbon Tool Steel	1.05	0.25	0.43	0.012	0.005	0.031	0.10	—	—	—	—
6	Alloy Tool Steel	1.04	0.31	0.56	0.013	0.006	—	0.64	1.01	—	—	—
7	—	1.48	0.27	0.41	0.026	0.005	—	11.36	—	0.85	0.25	—
8	—	0.35	0.95	0.46	0.021	0.006	—	5.20	—	1.15	0.59	—
9	High Speed Tool Steel	0.88	0.34	0.30	0.021	0.004	—	4.00	6.14	4.90	1.87	4.49
10	Bearing Steel	1.03	0.23	0.40	0.019	0.022	—	1.44	—	—	—	—
11	Structural Alloy Steel (Cr-Mo Steel)	0.40	0.19	0.77	0.015	0.023	—	1.13	—	0.16	—	—
12	—	0.14	0.28	0.72	0.014	0.011	—	0.99	—	0.16	—	—
13	Stainless Steel	0.38	0.30	0.39	0.026	0.022	—	12.28	—	—	—	—
14	—	0.08	0.45	0.54	0.036	0.028	8.16	18.82	—	—	—	—
15	Spring Steel	0.59	1.63	0.86	0.012	0.008	—	—	—	—	—	—

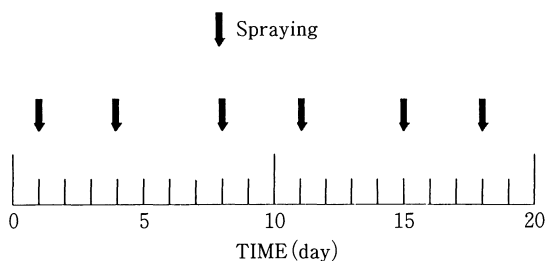


Fig. 3. Acid liquid spraying program.

測定結果及び本測定法の検討

Table 1 に示した各金属における BR, YE, NR の面積測定結果を Fig. 4 に示した。腐食面積の中で BR の面積は 3 ~ 5 % 程度にとどまり、YE が 60 ~ 90 % と、全面積のほとんどを占めた。また、Stainless steel は 20 日間、計 6 回の酸性溶液散布では全く腐食しなかった。

本測定法は従来の重量測定法における紙の切り取り誤

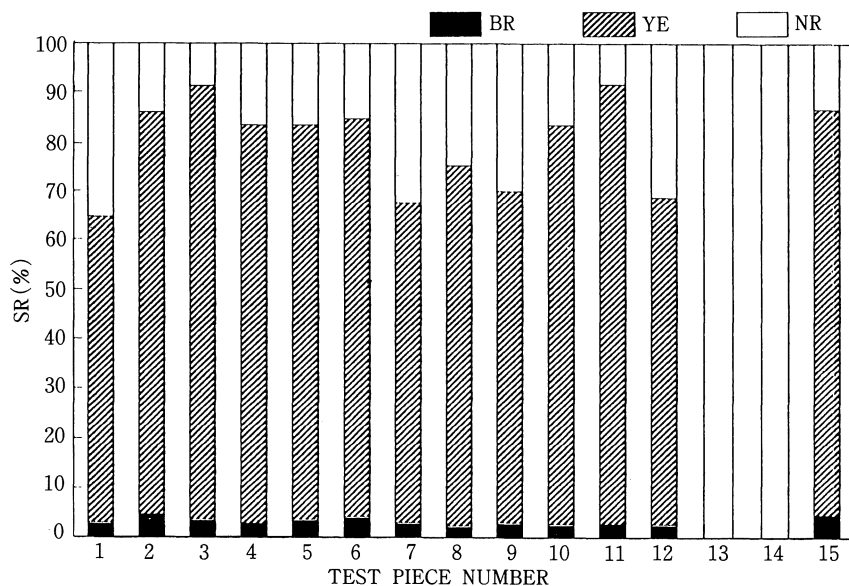


Fig. 4. Rusted iron area by digital images.

差等を考慮すると、その精度はかなり改善されるが、留意すべき点としては以下の2つがある。

① 閾値を $t_1=64$, $t_2=140$ として行なったが、これは当然の事ながら、輝度レベルが256段階 (8 bit) に分類できる場合に限られるので、他のハードを使用する場合には必ずしも適用できない。

② 色度は照明条件の変化に対してロバストである⁷⁾が、輝度についての検討はここでは行っていないので、今後検討されるべき課題である。

摘 要

金属の腐食面積の定量化に画像処理を応用することを試みた。

各種金属に対して酸性溶液を散布したところ、赤褐色と黄色の金属腐食が現れた。これらは各々 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ によって呈されており、この着色部分の面積はカラー入力画像のR成分を二値化することにより、容易に測定できた。

謝 辞

本研究の実施に際して、森林工学研究室柳原敦助手からは画像解析装置の使用にあたって便宜をおはかり頂き、農業機械学研究室の皆さんには実験にご協力を

頂いた。また、本研究は平成元年度教育研究学内特別経費の一部を利用して行なった。ここに記して謝意を表します。

引 用 文 献

- 1) 環境庁酸性雨土壌植生影響研究会編(1990): 酸性雨: 土壌・植生への影響, 公害研究対策センター, 東京.
- 2) 松島 巖(1987): 錆と防食のはなし, 日刊工業新聞社, 東京.
- 3) 日本工業技術センター編(1985): コンピュータ画像処理入門, 総研出版, 東京: 66-69.
- 4) SCHINDLER, D. W. (1988): Effects of Acid Rain on Fresh-water Ecosystems, Science, **239**: 149-157.
- 5) 志田正二他(1981): 化学辞典, 森北出版, 東京: 673.
- 6) 田中貞美・吉田一男・前川 司(1987): 農業機械の保守管理に関する研究(第7報), 農業機械学会北海道支部報, **28**: 19-24.
- 7) 田中芳夫・小川洋司(1990): カラー画像処理を利用した果実検出法, 平成元年度農業機械学会技術研究会資料—画像処理と生物生産の情報化—: 91-92.