

# 機械学習を用いた耐候性鋼材の外観評価

-背景・目的-

点検が難しい構造物として挙げられるのが

7021557 佐藤 耀平  
指導教員 後藤文彦

## 日本のインフラの老朽化

道路、橋、トンネルが危ない！

「国交省による5年点検の義務付け」



多くの構造物の点検が進む

## 耐候性鋼材鋼橋



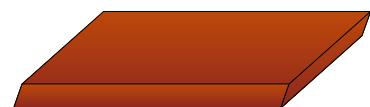
## 耐候性鋼材の特性

### 普通鋼材



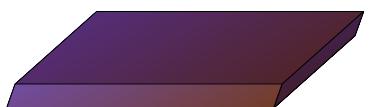
サビにより母材  
が腐食していく

### 耐候性鋼材



保護性のサビを生成  
し、腐食を抑える

### 悪性化したサビ



保護性ではない  
サビ

## 耐候性鋼材鋼橋の点検の課題

- 点検者（専門家）によって評価が  
変わる
- 主観的な評価に依存している

# 機械学習を用いた耐候性鋼材の外観評価

-背景・目的-

点検が難しい構造物として挙げられるのが

7021557 佐藤 耀平  
指導教員 後藤文彦

## 日本のインフラの老朽化

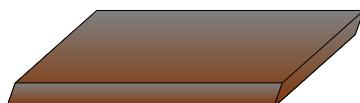
道路、橋、トンネルが危ない！

## 耐候性鋼材鋼橋



- ★主観的な評価ではなく、定量的かつ客観的な評価方法が必要
- ★画像処理を使って定量評価を目指す
- ★グレースケール画像を活用した機械学習手法を検討する

普通鋼材



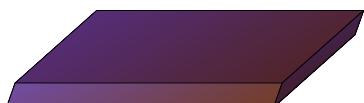
サビにより母材  
が腐食していく

耐候性鋼材



保護性のサビを生成  
し、腐食を抑える

老朽化したさび



保護性ではない  
サビ

- 点検者（専門家）によって評価が  
変わる
- 主観的な評価に依存している

# 耐候性鋼材の評点判別

1μm=0.001mm

評点	評点5	評点4	評点3	評点2	評点1
状態					
粒径	—	1mm程度	1~5mm程度	5~25mm程度	25mm以上 (層状剥離)
鏽厚	200μm未満	400μm未満	400μm未満	800μm未満	1000μm未満

安全



危険

# 使用データ

## 橋梁撮影画像

秋田県内 18箇所の  
無塗装耐候性鋼材鋼橋



## 画像データ分布

サビサンプルデータは90度回転させて4倍に拡張

評点 5 は建設直後のため、点検の  
必要がないため除外する

データ種類	評点 1	評点 2	評点 3	評点 4
橋梁画像	36枚	39枚	40枚	36枚
サビサンプル	36枚	36枚	36枚	36枚

## サビサンプル画像データ

日本橋梁建設協会  
耐候性鋼材のサビサンプル



## 画像の前処理

### 色補正

カラースケールを用いて  
全体のRGB値を補正

### 画像切り抜き

同じピクセル数で画像  
データを切り抜く

### グレースケール化

Linux コマンドを用いてグ  
レースケール化

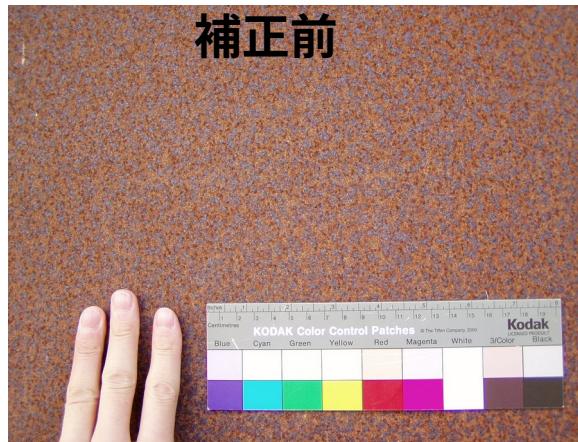
### エッジ処理

輝度差を検出し、  
粒径を強調

# 色補正

撮影地点の光の  
当たり方による差を補正

補正前



シアン (44,228,236)

イエロー (249,250,121)

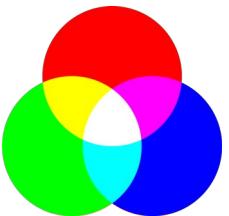
マゼンタ (216,26,178)

基準値

シアン (0,255,255)

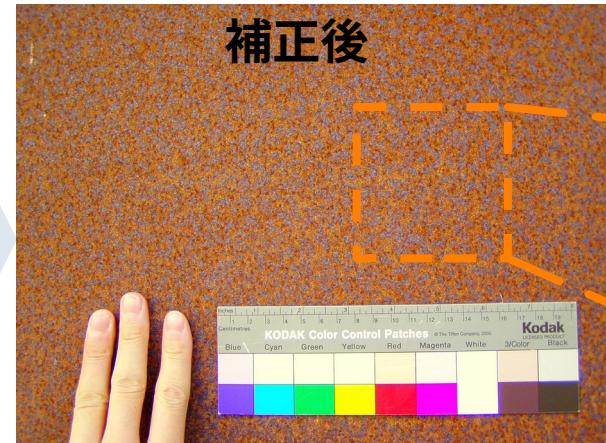
イエロー (255,255,0)

マゼンタ (255,0,255)



RGB値を最大化すること  
で さびの抽出性を高める

補正後



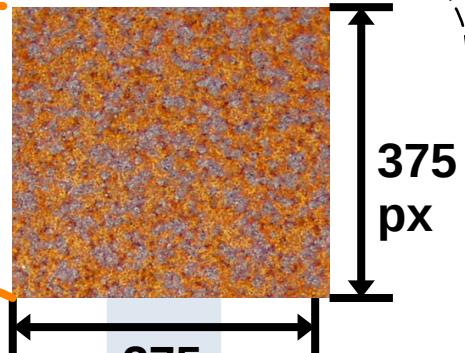
シアン (1,254,254)

イエロー (254,254,2)

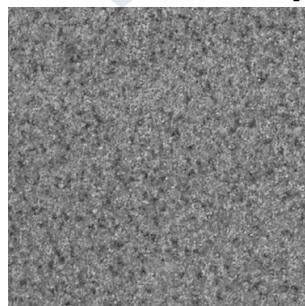
マゼンタ (254,0,255)

$$\text{補正前のRGB値} \times \text{補正係数} = \text{基準値のRGB値}$$

画像切り抜き



グレースケール化



対象データ	補正誤差
橋梁データ	0.78%
サビサンプルデータ	0.73%

# エッジ処理

Canny法

単純化した2値化画像にして  
サビの抽出性を高める

Python OpenCV cv2.Canny()関数

画像内の隣接する画素間の輝度差を検出

閾値を設定することで抽出する輪郭を変える

## 閾値

(閾値1, 閾値2)

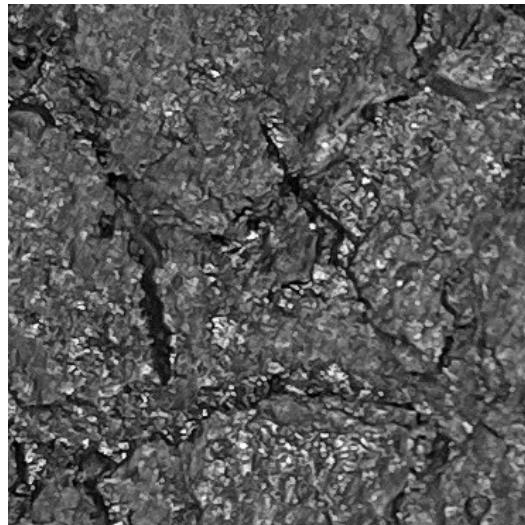
閾値2以上の画素を確実に検出

閾値1はエッジの連続性を保つ

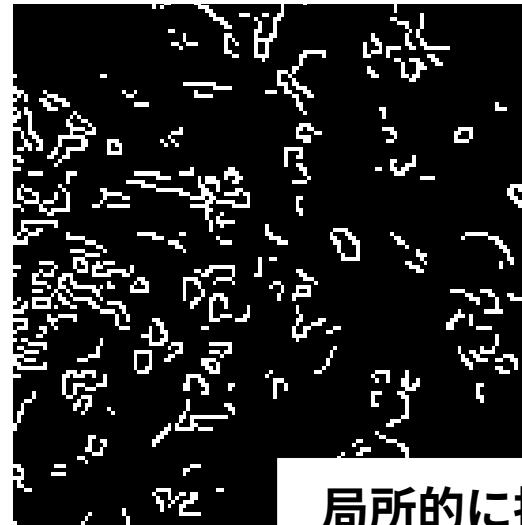
閾値1以上、閾値2未満の輝度勾配をもつ画素は、すでに検出されたエッジに隣接している場合にのみエッジに認識される。

## 評点1

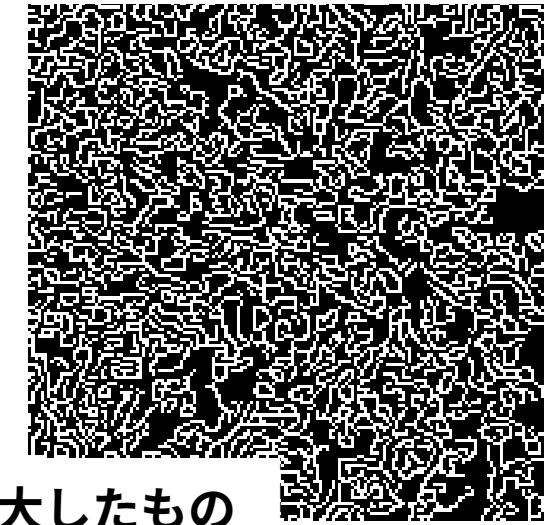
グレースケール画像



弱いエッジ処理 (250-300)



強いエッジ処理 (50-100)



局所的に拡大したもの

# 機械学習

## 実行環境

Tensorflow sciki-learn

### データの正規化

$$X_{norm} = \frac{X}{255}$$

## データ分割

データセット全体

分割  
9

:

1

訓練データ

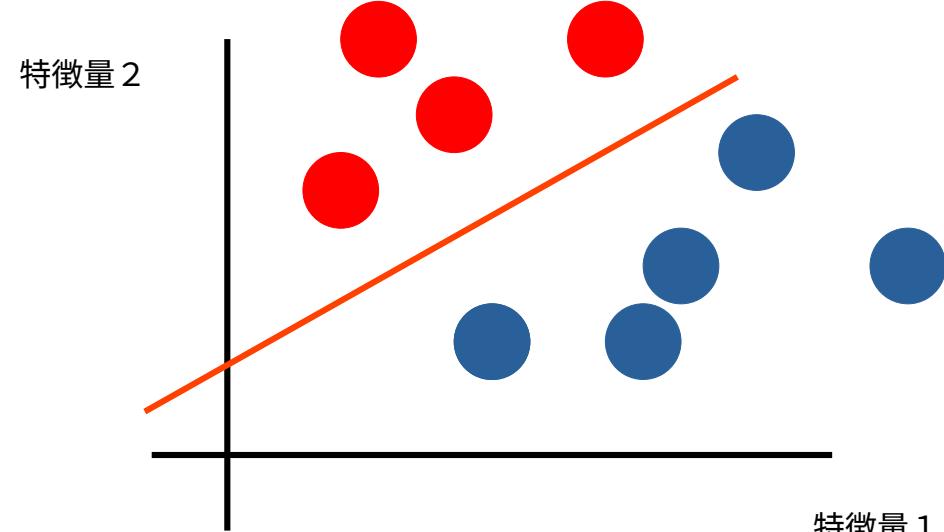
検証  
データ

## 使用モデル

画像にラベルをつけた教師あり学習

SVM (サポートベクターマシン)

クラスごとの境界線を見つける



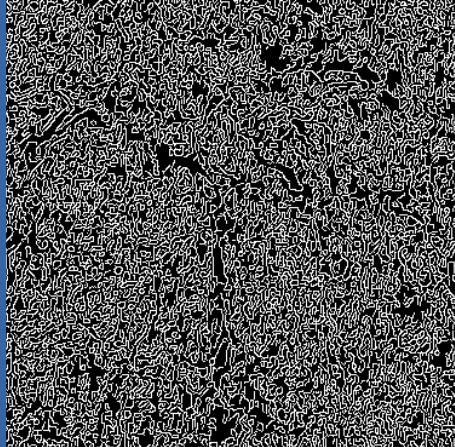
### 精度比較条件

グレースケール画像・弱いエッジ処理・強いエッジ処理の  
3条件で比較

# 結果

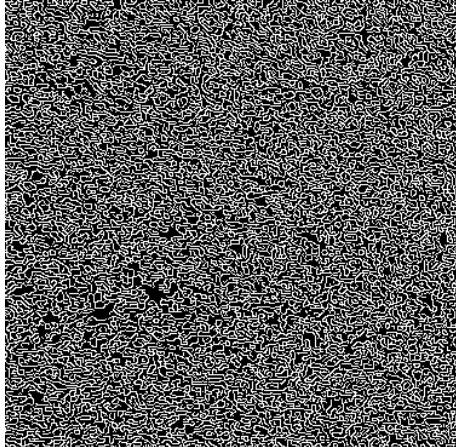
データ種類	グレースケール	エッジ弱	エッジ強
橋梁データ	25.3%	32.0%	25.0%
サビサンプル	47.7%	60%	31.2%

評点1



エッジ強

評点4



エッジ処理による精度向上が見られた  
→ エッジ処理の有用性

橋梁データの精度の低さ  
→ 質の高いデータの確保が必要  
→ 撮影環境の検討が必須

橋梁データ



エッジ抽出度合いが低い

# まとめ

グレースケール画像を用いた  
耐候性鋼材の外観評価手法を検討した

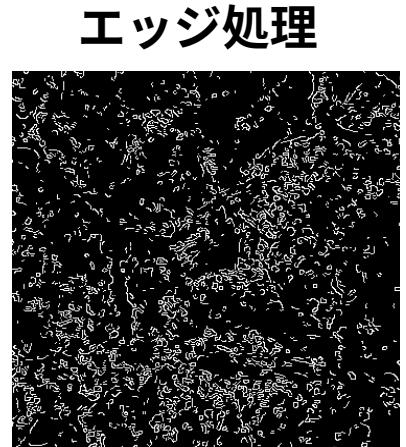
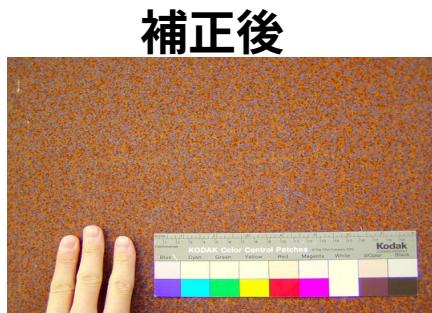
## エッジ処理の有効性

- 適切なエッジ処理が精度向上に寄与
- 色補正手法の妥当性
- 光の当たり方を手動で調整可能

## 今後の研究課題・展望

- ★ドローン撮影を用いた撮影画像から評点判別
- ★撮影環境による影響 → RGB値を変更した影響
- ★撮影方法の検討 → どのくらい広い範囲を撮影するか

データ種類	補正後	エッジ弱	エッジ強
橋梁データ	25.3%	32.0%	25.0%
サビサンプル	47.7%	60.0%	31.2%



# 補足資料

$R'_{color}$  = 基準値  $R_{color}$  = 補正前

$$\begin{pmatrix} R'_{cyan} \\ G'_{cyan} \\ B'_{cyan} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} h_{11} & h_{12} & h_{13} \\ h_{21} & h_{22} & h_{23} \\ h_{31} & h_{32} & h_{33} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R_{cyan} \\ G_{cyan} \\ B_{cyan} \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} R'_{magenta} \\ G'_{magenta} \\ B'_{magenta} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} h_{11} & h_{12} & h_{13} \\ h_{21} & h_{22} & h_{23} \\ h_{31} & h_{32} & h_{33} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R_{magenta} \\ G_{magenta} \\ B_{magenta} \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} R'_{yellow} \\ G'_{yellow} \\ B'_{yellow} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} h_{11} & h_{12} & h_{13} \\ h_{21} & h_{22} & h_{23} \\ h_{31} & h_{32} & h_{33} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R_{yellow} \\ G_{yellow} \\ B_{yellow} \end{pmatrix}$$



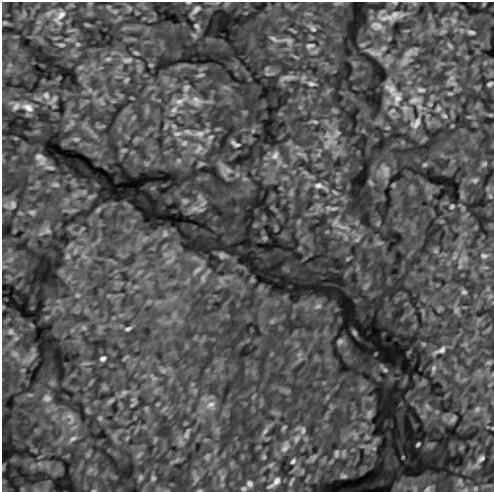
$$\begin{pmatrix} R'_{cyan} \\ G'_{cyan} \\ B'_{cyan} \\ R'_{magenta} \\ G'_{magenta} \\ B'_{magenta} \\ R'_{yellow} \\ G'_{yellow} \\ B'_{yellow} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} R_c & 0 & 0 & G_c & 0 & 0 & B_c & 0 & 0 \\ 0 & R_c & 0 & 0 & G_c & 0 & 0 & B_c & 0 \\ 0 & 0 & R_c & 0 & 0 & G_c & 0 & 0 & B_c \\ R_m & 0 & 0 & G_m & 0 & 0 & B_m & 0 & 0 \\ 0 & R_m & 0 & 0 & G_m & 0 & 0 & B_m & 0 \\ 0 & 0 & R_m & 0 & 0 & G_m & 0 & 0 & B_m \\ R_y & 0 & 0 & G_y & 0 & 0 & B_y & 0 & 0 \\ 0 & R_y & 0 & 0 & G_y & 0 & 0 & B_y & 0 \\ 0 & 0 & R_y & 0 & 0 & G_y & 0 & 0 & B_y \end{pmatrix} \begin{pmatrix} h_{11} \\ h_{21} \\ h_{31} \\ h_{12} \\ h_{22} \\ h_{32} \\ h_{13} \\ h_{23} \\ h_{33} \end{pmatrix}$$

# グレースケール

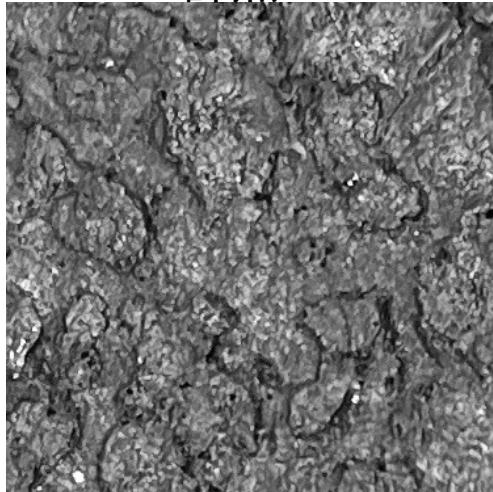
linuxコマンド

Convert 画像名 -colorspace Gray 変換後の画像名

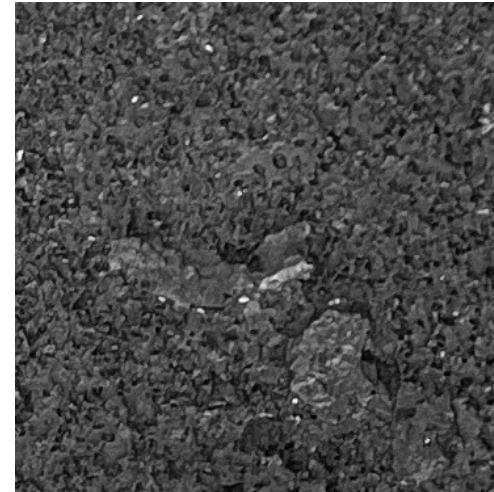
評点 1



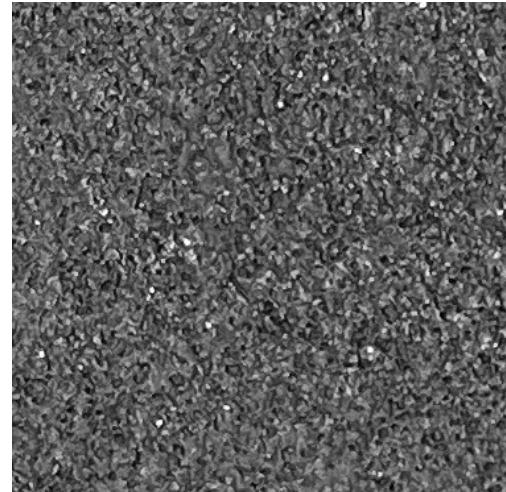
評点 2



評点 3

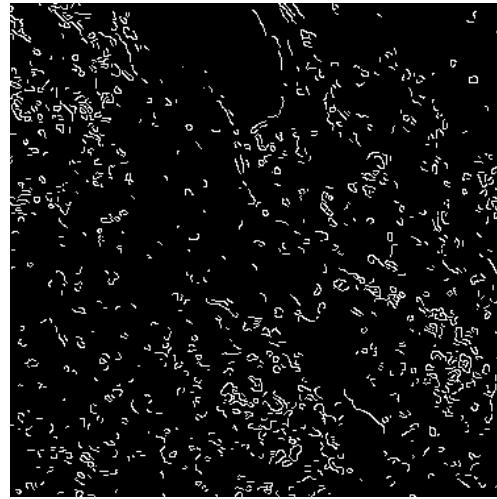


評点 4

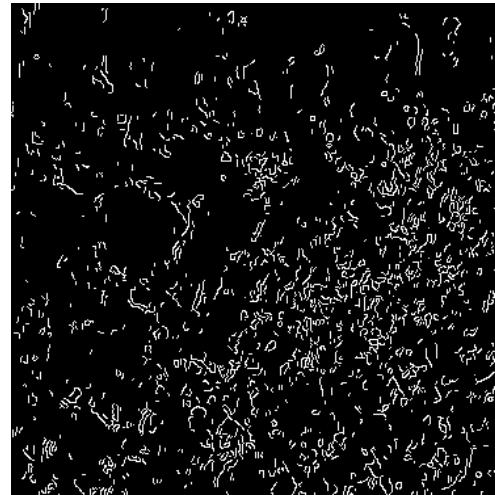


# 弱いエッジ処理 (サビサンプル)

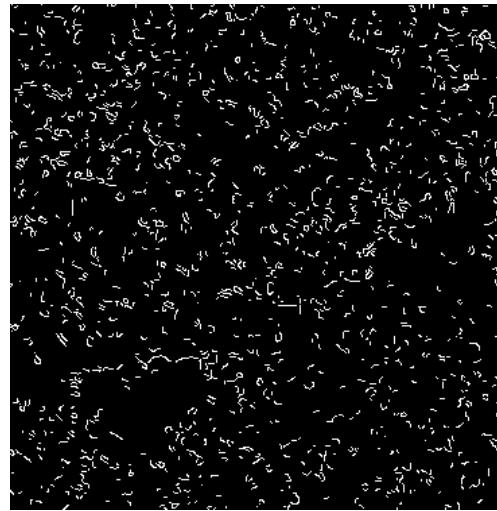
評点 1



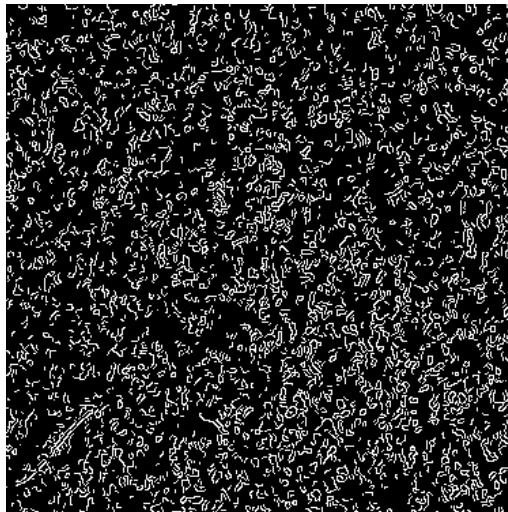
評点 2



評点 3

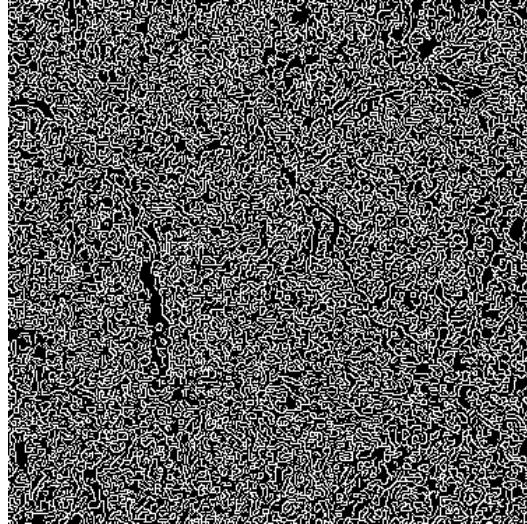


評点 4

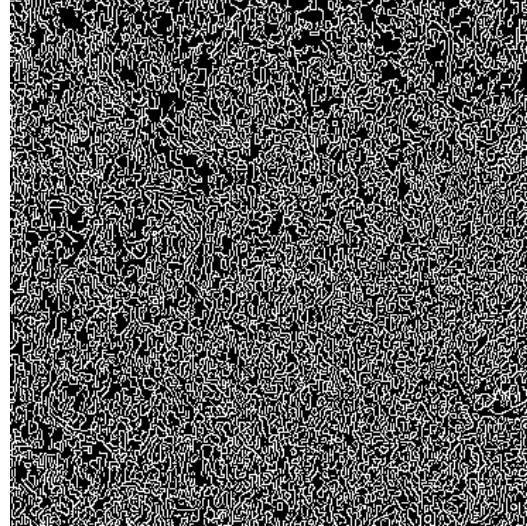


# 強いエッジ処理 (サビサンプル)

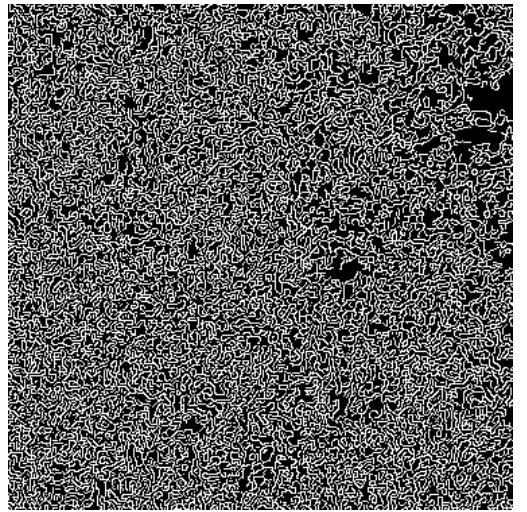
評点 1



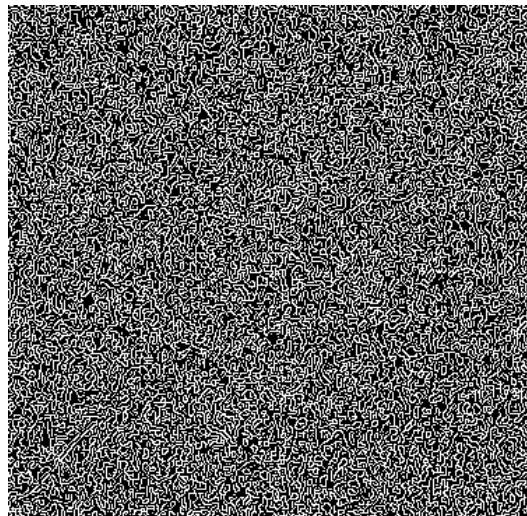
評点 2



評点 3



評点 4

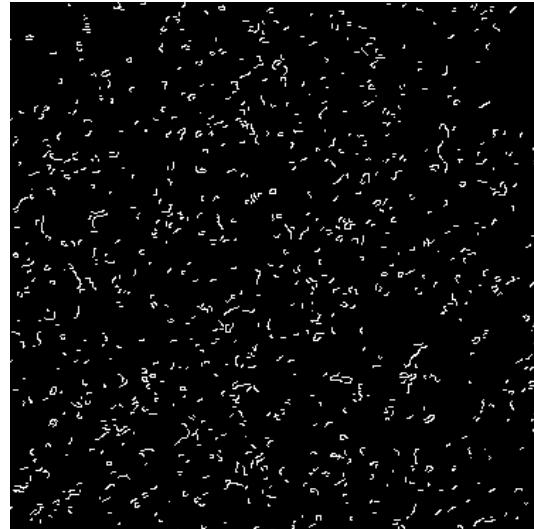


# 弱いエッジ処理 (橋梁画像)

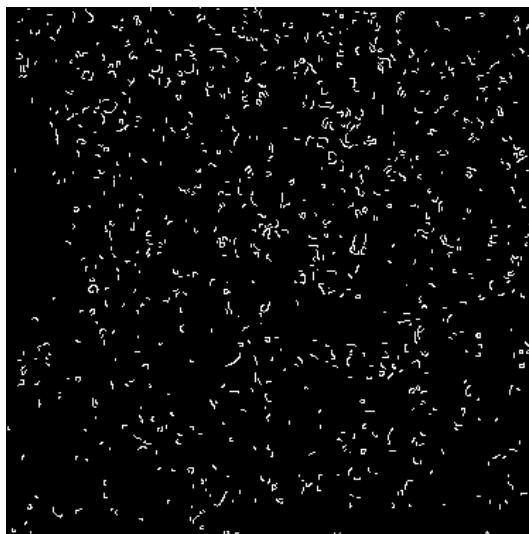
評点 1



評点 2



評点 3

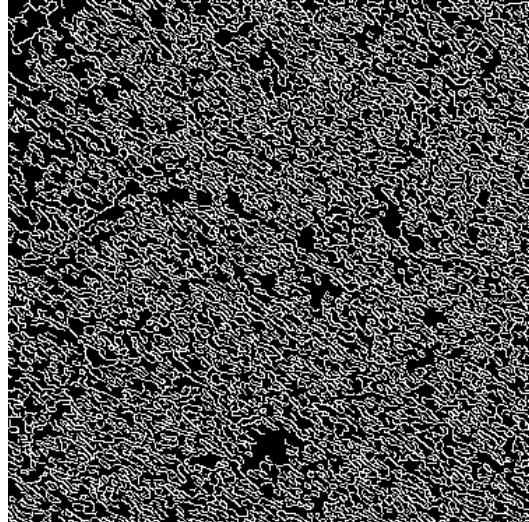


評点 4

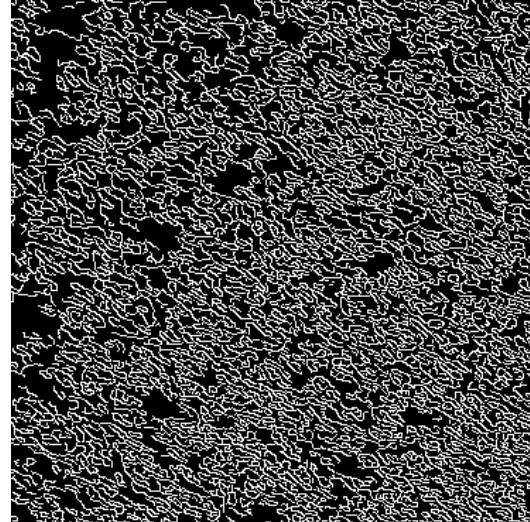


# 強いエッジ処理（橋梁画像）

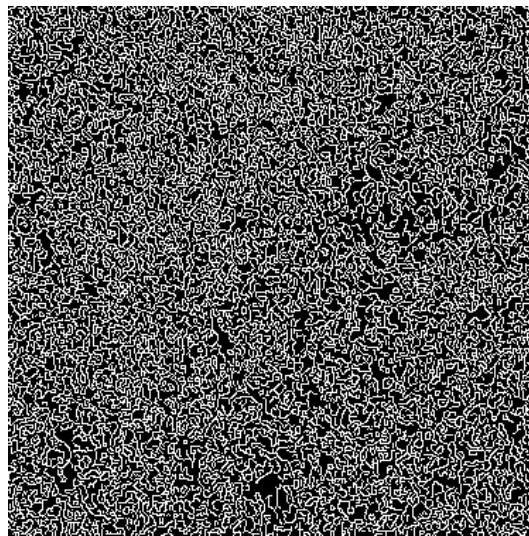
評点 1



評点 2



評点 3



評点 4

