

ナイーブベイズフィルタによるコンクリート表面画像のひび割れ抽出法 (シンポジウム講演概要)

A method for crack extraction on concrete surface images based on naive bayes filter (Proceedings of Symposium on Applied Mechanics)

芦田 拓海 (茨城大・理工) 車谷 麻緒 (茨城大・工)
TAKUMI ASHIDA, Ibaraki University
MAO KURUMATANI, Ibaraki University
E-mail: mao.kurumatani.jp@vc.ibaraki.ac.jp

This study proposes a method for crack extraction on concrete surface images based on naive bayes filter. The naive bayes filter constructed by this method classifies cracked areas and other areas based on features extracted from grayscale images. Four features were devised to reflect the size, color, and shape of the cracked area. The analysis results visualize the probability of being a crack for use in classification, and only cracks are extracted.

1. はじめに

近年、コンクリート構造物の効率的な点検手法として、画像処理と機械学習を用いたひび割れ検出手法が注目されている。全らりは、深層学習と Random Forest を用いて自動的に画像中のひび割れ抽出を行う手法を提案しており、深層学習を用いた手法が他にも多く提案されている。しかし、深層学習のアルゴリズムは複雑であることや、結果の導出過程が不透明であることから、実際の点検者が扱いにくく改良しづらいということが考えられる。

そこで、ナイーブベイズフィルタを用いたひび割れ抽出手法を提案する。ナイーブベイズフィルタは、ベイズの定理を適用した確率的分類器であり、迷惑メールの分類等に用いられている。任意に設定した特徴量をもとにひび割れである確率を算出し、ひび割れとノイズを分類する簡易的な機械学習である。特徴量には、人間がひび割れであるか判断する際には、物体の色、大きさ、形状をもとに判断すると考え、これらを表す特徴量を考案した。提案手法の検証例題とともに、考案した特徴量をもとに構築したナイーブベイズフィルタによって、ひび割れ画像からひび割れを抽出できることを示す。

2. 提案手法

2.1 メディアンフィルタによる背景処理

コンクリート表面画像をグレースケール画像に変換し、画像に写りこむ影や汚れを除去するために、メディアンフィルタを利用した背景処理を適用する。小範囲ごとに輝度値の中央値を算出し背景の輝度値とすることで背景画像を人工的に作成する。そして、元画像と背景画像の差分をとることにより、影や汚れによる明暗差を除いた **Fig.1** に示すような画像を作成する。

2.2 ナイーブベイズフィルタ

ナイーブベイズフィルタは、次式のベイズの定理を適用した確率的分類器である。

$$P(H_i|D) = \frac{P(D|H_i)P(H_i)}{P(D)} \quad (1)$$

ここで、 $P(H_i|D)$ はデータDが得られた後に仮定 H_i になる確率（事後確率）、 $P(H_i)$ はデータDが得られる前に仮定 H_i になる確率（事前確率）を表す。 $P(D|H_i)$ は仮定 H_i のもとでデータDが得られる確率（尤度）、 $P(D)$ はデータDが得られる平均的な確率（周辺尤度）を表す。仮定 H_1 は、 H_1 が「対象領域がひび割れである」、 H_2 が「対象領域がノイズである」のようになる。尤度に関して、データDが提案

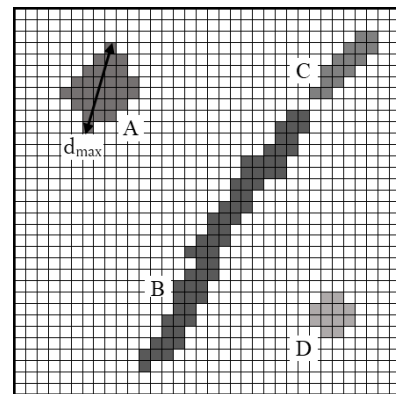


Fig. 1 Image after background processing

手法のように複数ある場合、次式のように変形する。

$$P(D|H_i) = P(d_1|H_i)P(d_2|H_i) \dots P(d_n|H_i) \quad (2)$$

ここで、 $d_1, \dots, d_n$ は、それぞれ異なるデータであり、データ間の独立性を仮定することで掛け合わせられる。提案手法では4つ特徴量を考案したため、データは4種類となる。各領域に対してひび割れである事後確率とノイズである事後確率を算出し、これらの大小関係で分類する。

2.3 特徴量の算出

ナイーブベイズフィルタにおける特徴量は、背景処理後の画像中でひび割れを特徴づけるものを設定する。人間が画像中のひび割れをひび割れであると判断する要素は、領域の大きさ、色の濃さ、形状であると考え、これらを反映する特徴量を4つ考案した。

1つ目は大きさに関する特徴量Area-ratioである。

$$\text{Area-ratio} = \frac{A_i}{A_{\max}} \quad (3)$$

ここで、 A_i は各領域の大きさ(pixel)、 $A_{\max}$ は最大領域の大きさ(pixel)である。画像中で大きい領域は1に、小さい領域は0に近づく。**Fig.1**のひび割れ領域Bのようにひび割れは画像中で大きいことを反映する。

2つ目は色に関する特徴量Blacknessである。

$$\text{Blackness} = \frac{255 - B_i}{255 - B_{\max}} \quad (4)$$

ここで、 B_i は各領域の平均輝度値、 $B_{\max}$ は領域のうち最大の平均輝度値である。黒っぽい領域ほど値は1に近づき、ひび割れが画像中で黒っぽいことを反映する。

3つ目は形状に関する特徴量Linearityである。領域を最

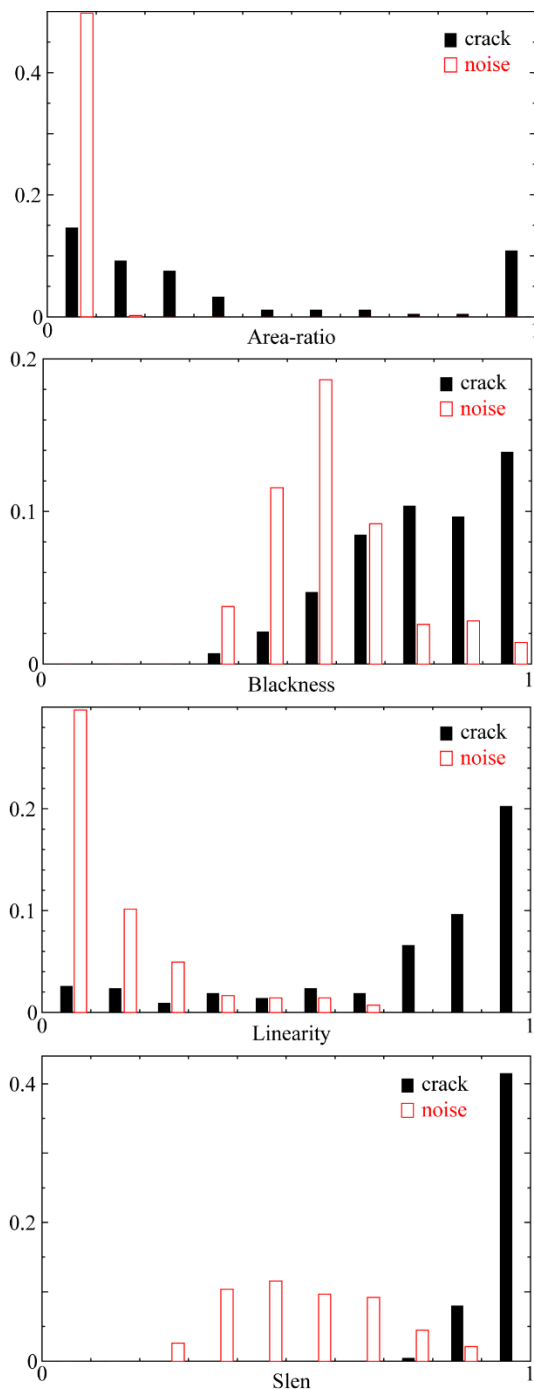


Fig. 2 Probability distribution of each feature

小二乗法で線形近似した際の相関係数である。ひび割れはノイズに比べ直線的であることを反映する。

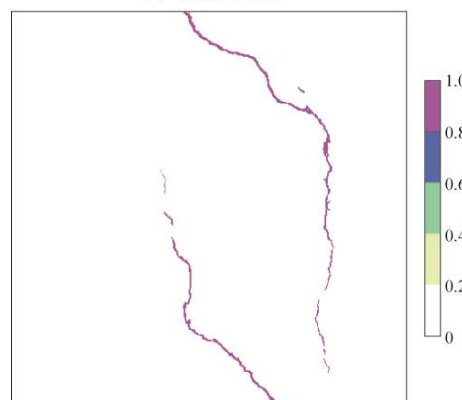
4つ目も形状に関する特徴量 Slen である。

$$\text{Slen} = 1 - \left(\frac{d_{\max}}{d_{\min}} \right)^{-1}, \quad d_{\min} = \frac{A_i}{d_{\max}} \quad (5)$$

ここで、 $d_{\max}/d_{\min}$ は細長比である。 $d_{\min}$ を直接算出することは難しいため、領域を長方形に近似した際の短辺の長さとしている。4つの特徴量はどれも0~1の値となり、1に近づくほどひび割れである確率が高くなる。仮にひび割れの大きさだけだとノイズである確率の方が高くても、色と形状の尤度を掛け合わせることで、ひび割れである確率を高めることができるのが提案手法の特徴である。



(a) 撮影画像



(b) 解析結果

Fig. 3 Verification example

3. 提案手法の検証例

ひび割れとノイズそれぞれ212個用意して4つの特徴量のデータを収集した。各特徴量の離散的確率分布を Fig. 2 に示す。例えば、ある領域の特徴量 Slen が0.9であったとき、ひび割れの尤度は0.4程度となる。これらの離散的確率分布を用いてベイズフィルタを構築し、別に用意した Fig. 3(a)の画像を解析した結果を Fig. 3(b)に示す。解析結果は各領域でひび割れである確率を正規化して与えることで、確率ごとに色分けしている。これは、ひび割れである確率を、各領域で算出することができる提案手法の特徴を利用した。実際は画像中に多数のノイズが発生するが、ひび割れである確率が極めて小さいために除去され、ひび割れを抽出することができている。

4. まとめ

画像中の領域の大きさ、色、形状を特徴量としたナイーブベイズフィルタによるひび割れ抽出法を提案した。解析結果では、領域ごとにひび割れである確率を可視化することでひび割れを抽出できることを示した。今後の課題として、Fig. 3に存在するような抽出しきれなかったひび割れ領域を抽出するために、特徴量の見直しなどを行う。

参考文献

- 1) 全邦釘, 嶋本ゆり, 大窪和明, 三輪知寛, 大賀水田生: ディープラーニングおよび Random Forest によるコンクリートのひび割れ自動検出手法, 土木学会論文集 F3 (土木情報学), Vol. 73, No. 2, I_297-I_307, 2017.