

ランダムフォレスト法によるアスファルト舗装ひび割れの検出

愛媛大学大学院 学生会員 ○蔵本 直弥

愛媛大学大学院 学生会員 片岡 望

愛媛大学大学院 正会員 大賀 水田生

愛媛大学大学院 正会員 全 邦釘

1. 緒言

現在、我が国におけるアスファルト舗装の劣化・損傷度を評価する際に、ひび割れが重要な判断基準となっている。しかし、その評価手法は、点検者が道路画像に対してひび割れをスケッチするというものであり、客観的な評価ができていたとは言い難い。また、道路画像は膨大な量であるため、測定者が判断するには多大な労力を要する。そこで本研究では、画像解析による精度のよいひび割れ自動判定手法を提案する。

2. 画像解析手法

本研究の画像解析手法では教師あり学習という、あらかじめ人間が用意した正解データを基に学習を行う機械学習法を用いてひび割れ判定を行っている。また機械学習法として、単純な識別規則を組み合わせる複雑な識別境界を得る決定木を用いている。

決定木¹⁾とは、ある特徴画素値とひび割れ判断のしきい値との大小関係からひび割れかどうかを判断し、クラス分けを行うものである（図 1）。木を成長させる方法として CART 法(classification and regression tree)を用いる。CART 法によるクラス分けは、必ず 2 分岐であり、また、クラス分けを行う判断基準であるしきい値は(1)式に示すジニ係数によって決定される。

$$L(t) = \sum_{j \neq i} P(C_i | t) P(C_j | t) = \sum_{i=1}^K P(C_i | t) (1 - P(C_j | t))$$

$$= 1 - \sum_{i=1}^K P^2(C_i | t) \quad (1)$$

ジニ係数は次のように解釈することができる。ノード t で i 番目のクラスのデータが選ばれる確率が $P(C_i | t)$ で、それが $j \neq i$ のクラスに間違われる確率が $P(C_j | t)$ なので、 $\sum_{j \neq i} P(C_i | t) P(C_j | t)$ は、ノード t における誤り率となっている。また、 i 番目のクラスを 1、それ以外を 0 とするベルヌーイ試行を考えると、 $P(C_i | t) (1 - P(C_j | t))$ はその分散となるのですべてのクラスに関する分散の和を与えているノード t で分割規則を作るとき、不純度の減り方が 1 番大きな分割を選べばよい。すなわち、分割を s としたとき、

$$\Delta L(s, t) = L(t) - (p_L L(t_L) + p_R L(t_R)) \quad (2)$$

が最大になるジニ係数を、可能な分割の候補の中から選べばよい。しかし、木構造では過学習の問題が生じることが知られている。そこで決定木の集合体であり、過学習が生じない特徴を持つことが知られているランダムフォレスト²⁾についても採用し、ひび割れ判定を行う。ランダムフォレストとは、バギングを改良し、決定木の各終端ノードにおいて識別に用いる特徴をあらかじめ決められた数だけランダムに選択することで、

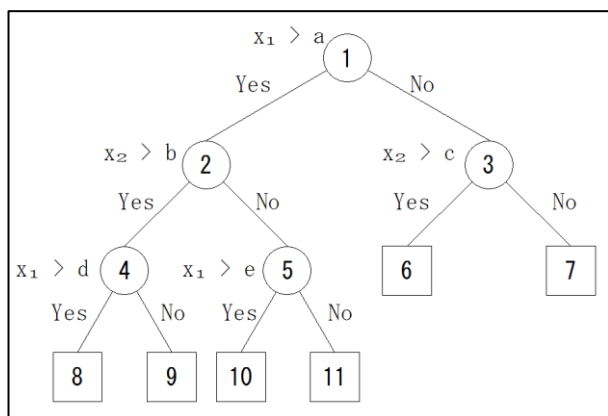


図 1. 決定木

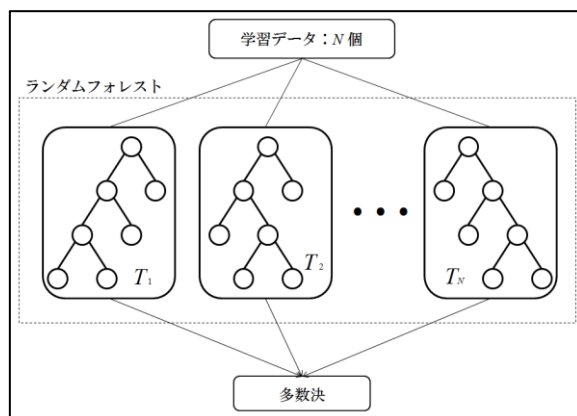


図 2. ランダムフォレスト

相関の低い多様な決定木を生成できるようにした手法である．具体的には，複数の決定木を作成し，それら複数の結果から多数決によってひび割れの判定を行うという手法である．

3. 画像解析によるひび割れ手法の提案

ひび割れ判定の際，重要となってくるのが画像フィルタである³⁾．画像フィルタにより注目画素とその周辺における画素値の平均値などの特徴変数を算出することができる．本研究では，**Mean Filter**，**Median Filter**，**Bilateral Filter**を用いる．**Mean Filter**は注目画素とその周辺の画素値の平均を画素値とする平滑化フィルタである．平滑化フィルタとは，画像中に存在するノイズを除去したり，画素ごとの画素値の細かい変化を小さくしたりすることで，滑らかな画像にする処理のことである．**Median Filter**は，注目画素とその周辺の画素値の中央値を注目画素値とするフィルタであり，**Mean Filter**と同様に背景部分のノイズを除去することができる．**Bilateral Filter**は，画像中にある画素値の急激な変化(エッジ)を保持しつつ画像の平滑化を行うエッジ保存型平滑化フィルタである．**Bilateral Filter**は，注目画素からの距離(空間的距離)だけでなく，画素値の差(色の距離)を考慮することによって，ひび割れ部分は保持しつつ，画像全体の平滑化を行うことができる．

これら3種類の画像フィルタを道路画像に適用させ，学習データとして用意し，正解画像と比較することによってひび割れである画素，ひび割れでない画素が持つ特徴を学習させる．学習後，別の道路画像を読み込ませ，その画像に対してひび割れの判定を行う．図3に道路画像，図4に決定木を用いた結果画像，図5にランダムフォレストを用いた結果画像を示す．決定木では1mm以上の幅を持ったひび割れを検出できているが，ひび割れ周辺や画素値の低い部分で過学習により発生するノイズが多く発生している．しかし，ランダムフォレストではこれらのノイズの発生を抑えることができている．



図3. 道路画像

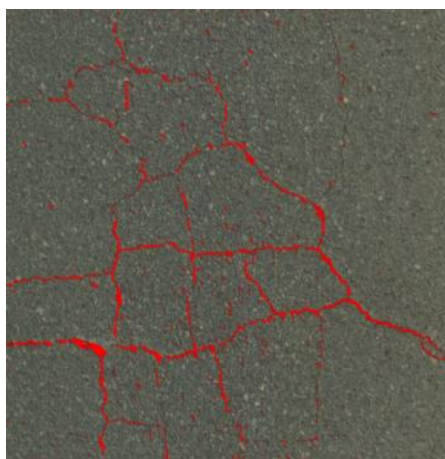


図4. 決定木による結果

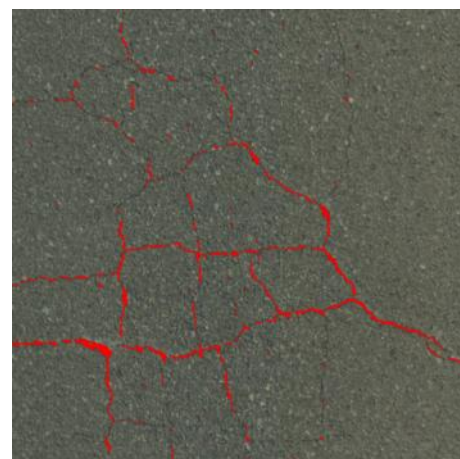


図5.ランダムフォレストによる結果

4. 結言

本研究により得られた主な結果を以下に示す．

- 1) ランダムフォレストを用いることによって，機械学習で発生する過学習をなくし，精度のよいひび割れを検出することができた．
- 2) 新規ひび割れ画像における解析結果と正解画像における解析結果を比較すると，抽出するべきひび割れを抽出することができた．

参考文献

- 1) 平井有三：はじめてのパターン認識，森北出版株式会社，pp.176-197，2012
- 2) Ho, Tin Kam (2002). "A Data Complexity Analysis of Comparative Advantages of Decision Forest Constructors". Pattern Analysis and Applications 5, p. 102-112
- 3) 酒井幸市:改訂版 デジタル画像処理の基礎と応用-基本概念から顔画像認識まで-, CQ 出版, pp.36-38, 2007.