

## アスファルト舗装におけるひび割れ深さ推定手法の検討

東日本高速道路(株) 東北支社 正会員 ○畠山 仁  
 東日本高速道路(株) 東北支社 非会員 千坂 俊治  
 (株)ネクスコ・エンジニアリング東北 非会員 公平 学  
 (株)ネクスコ・エンジニアリング東北 正会員 高橋 基夫

### 1. はじめに

高機能舗装（排水性舗装）を採用している NEXCO の舗装補修工事では、路面水に晒される基層，さらには路盤の打替えまでを必要とするケースが近年増加しており，施工中に補修深さの変更が生じると工期等に大きな影響が生じることから，事前の損傷深さの推定には高い精度が求められる．損傷深さを把握する方法としては，コア抜きでひび割れ深さを確認する方法やFWDによる調査が一般的に行われているが，これらの点状の調査方法は精度の割には時間も費用もかかり，交通規制も必要であることから，お客様サービスの観点からも望ましい方法とは言えない．本稿では，交通規制を必要としない測定手法で取得したひび割れデータからひび割れ特徴量を分析し，ひび割れ深さを推定する手法について検討した結果を報告するものである．

### 2. レーザーによるひび割れ測定システム

通常の路面性状測定車（ラインセンサカメラ）の撮影画像では連続粒度でない高機能舗装 I 型のひび割れは見えにくいため，レーザーによるひび割れ測定システム（LCMS : Laser Crack Measurement System）を用いた．カナダの Pavemetrics 社で開発されたこのシステムでは，ひび割れデータとして車線延長 5 m 区間での座標位置や寸法を取得できることから，ひび割れの外見的特徴量を数値化でき，それに基づくひび割れ深さの推定が可能となる．

### 3. ひび割れ特徴量及び推定手法の選定

取得したひび割れデータからひび割れ特徴量を抽出した結果，12 種類の特徴量が得られた（表-1）．これらの特徴量からひび割れ深さを推定する手法としては，種々提案されている機械学習アルゴリズムのうち，ランダムフォレストを採用した．

表-1 ひび割れ特徴量一覧

頂点数
ひび割れ平均幅
ひび割れ総延長
最多角度
最長ひび割れの平均幅
角度ヒストグラム
ひび割れ延長平均
最長ひび割れの延長
最長ひび割れの角度
ひび割れ本数
平均測定深さ
最長ひび割れの平均測定深さ

### 4. ランダムフォレストによる学習とひび割れ深さ推定の手順

ランダムフォレストとは，2001 年に提案された機械学習アルゴリズムで，データ量が多くても高速に動くなどの特性を持ち，どの特徴量がどの程度分類に有効かを寄与率として評価することもできる．ランダムフォレストにおける決定木の概念を図-1 に，多数の決定木により推定を行う概念を図-2 に示す．

ランダムフォレストによる学習とひび割れ深さ推定の手順は，①ランダムに採用したひび割れ特徴量と各特徴量における 1 つ以上の判定基準により分岐構造の決定木（フローチャート）を多数作成し，②ランダムに選定したひび割れデータ（特徴量のセット）を各決定木に当てはめて到達したゴールに正解（実際のひび割れ深さ：以下「損傷レベル」と言う）を与えることで学習を行う．そして，③損傷レベルを推定したいひび割れデータを全決定木に落とし込み，到達した決定木のゴールに与えられている損傷レベルを集計して多数決により推定を行うものである．

### 5. ひび割れ深さ推定の検討

ひび割れ深さ推定検討は，まずメッシュごとのひび割れデータを取得し，そのメッシュの実際の損傷レベル（損傷レベル A：ひび割れが上層路盤に達している状態，損傷レベル B：基層に達している状態，損傷レベル C：表層内にとどまっている状態）を確認して，ひび割れ特徴量と実際の損傷レベルのデータセットを 723

キーワード アスファルト舗装，ひび割れ，ひび割れ深さ推定，ひび割れ特徴量

連絡先 〒980-0021 宮城県仙台市青葉区中央 3-2-1 TEL 022-217-1791

作成した。しかし、損傷レベルに偏りが大きいと判断されたため、比較的バランスの良かった地域のデータを2倍にし、偏りの著しかった地域のデータをランダムに削減することでバランス化を図って617セットとした。そして、そのうち447セット(70%)をランダムに抽出し、それらを使用(学習)して500の決定木を作成した。

6. ひび割れ深さ推定結果

決定木作成に使用しなかった170セット(30%)のひび割れデータを課題として与え、損傷レベルの推定を試行した。ひび割れ深さ推定結果は図-2に示すとおりで、全体一致率は88%で、各損傷レベルの一致率は、損傷レベルA:93%, B:67%, C:85%という良好な推定結果であった(図-3)(表-2)。また、寄与率が高かった特徴量は「ひび割れ頂点数」「ひび割れ総延長」「ひび割れ本数」「最長ひび割れの延長」の4つとなり、ひび割れの「深さ」は概ね「長さ」に関係していることも判明した。

7. まとめ

今回の検討により、レーザーによるひび割れ測定システム(LCMS)により取得される「ひび割れ特徴量(長さ等)」を用いて「損傷レベル(=ひび割れ深さ)」の推定が可能であることを確認できた。ラインセンサカメラを用いた通常の路面性状測定車の代わりに、この手法による「ひび割れ測定」を行うことで、同時に「ひび割れ深さ推定」も可能となり、事前調査の為の交通規制の削減や、計画変更の低減による工事の効率化に資するものと考えられる。課題としては、今回使用したサンプルは地域が偏っていたこと、また損傷レベルBのサンプルが非常に少なかったことが挙げられる。今後は、データを増やし(偏りを無くし)、汎用性の高いひび割れ推定手法の確立に向け検討を進めていきたい。

表-2 ひび割れ深さ推定結果

		実際の損傷			計
		レベルA	レベルB	レベルC	
推定結果	レベルA	79	2	11	
	レベルB	0	8	0	
	レベルC	6	2	62	
実損傷計		85	12	73	170
一致数量(推定=実際)		79	8	62	149
一致率(推定/実際)		93%	67%	85%	88%

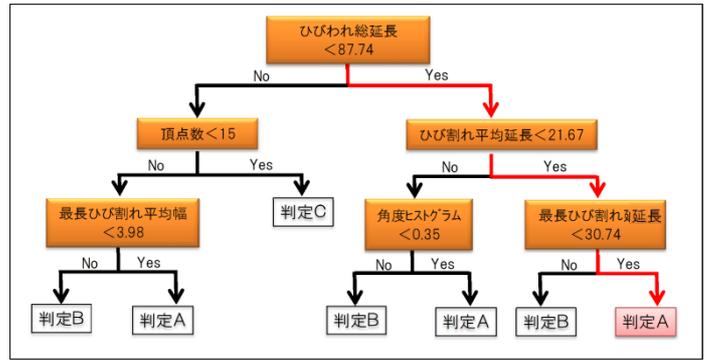


図-1 ランダムフォレストにおける決定木の概念図

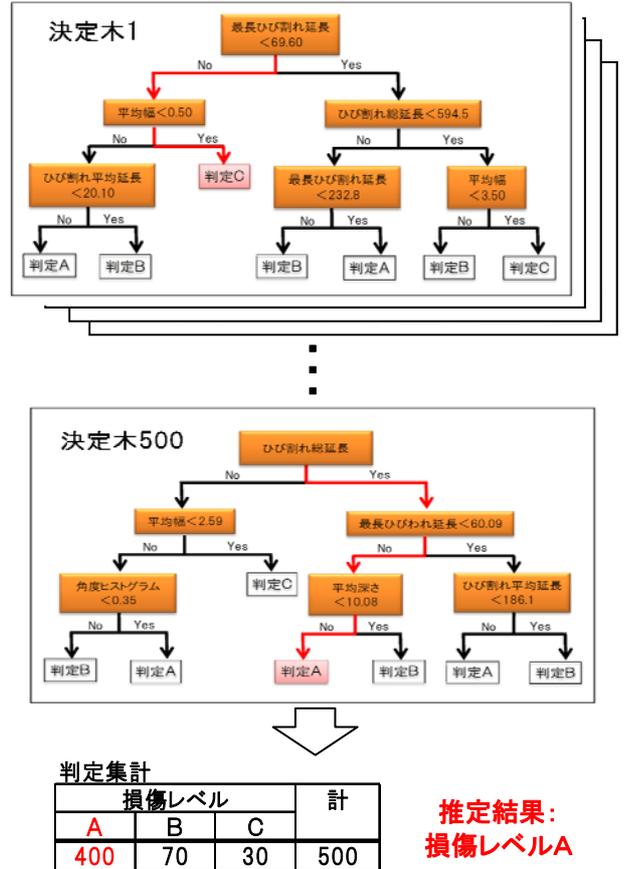


図-2 多数の決定木により推定を行う概念図

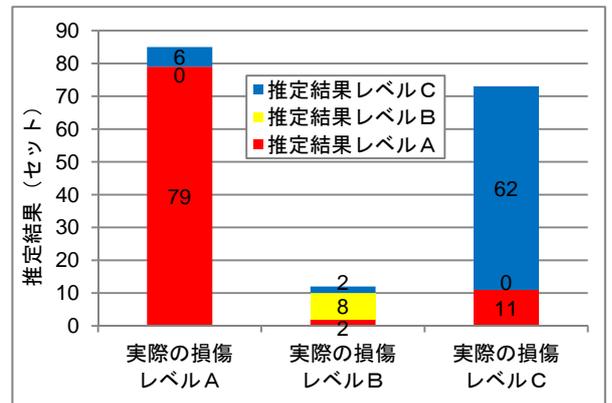


図-3 ひび割れ深さ推定結果