

路面ひび割れ画像による舗装損傷診断について

東日本高速道路(株) 東北支社 法人会員 ○山口 泰之
" 法人会員 千坂 俊治
(株)ネクスコ・エンジニアリング東北 法人会員 新田 幸司

1. はじめに

NEXCO東日本東北支社管内の舗装においては、高機能舗装の採用に伴ってわだち掘れは激減しているが、凍上や凍結融解が生じる地域を中心にひび割れの進行が著しく、基層やアスファルト安定処理路盤を含む厚層補修が必要となってきた。補修の深さはFWD調査により判断することを原則とし、必要に応じ、コア採取や開削調査による確認も行っているが、これらの調査には費用もかかり、交通規制を必要とすることから、お客様サービスの観点からも好ましい調査手法とはいえない。

本報文は、路面性状測定車で高速走行しながら撮影した路面画像からひび割れの深さを推定する手法について、現在までの2年間の検討結果を紹介するものである。

2. 路面画像の処理

NEXCOでは路面性状測定車により定期的に舗装損傷を測定しているが、ひび割れについては路面のデジタル画像を所定のメッシュに分け、各メッシュ内のひび割れ本数を目視判定してひび割れ率を算定している。本検討においては、損傷診断の省力化のため、撮影画像を画像処理してひび割れを抽出することとした。

ひび割れ抽出の流れを図-1に示す。ノイズ除去等の処理を行った上で、2値化処理によりひび割れを抽出するものであるが、ひび割れが明確に現れるように2値化の閾値を下げるとノイズも増える結果となったことから、2値化処理はそのままにして、連続性の推定によりひび割れの途切れた部分を補完する「ひび割れ領域補完処理」の過程を加えている。

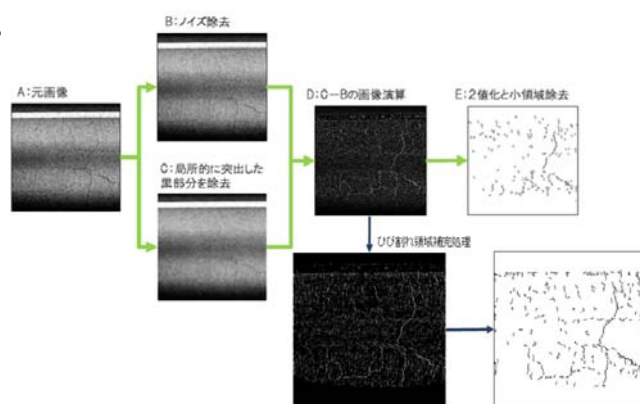


図-1 ひび割れ抽出の流れ

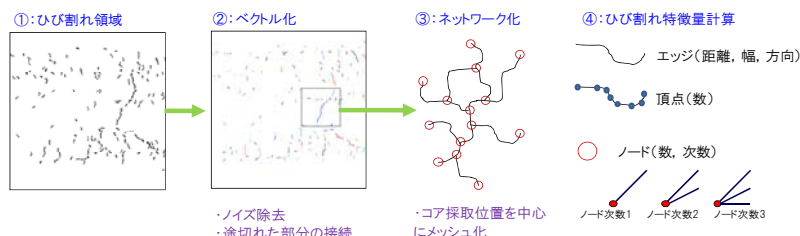


図-2 ひび割れ特徴量取得のイメージ

上記の処理を施した画像から、ひび割れを連続した線分列に置き換えるベクトル化処理により、ひび割れ要素が持つ特徴量（長さ、幅、方向、頂点数など）を数値データとして得ることが可能となる。（図-2）

3. サンプルコアの採取とマッチング手法の選定

表層に高機能舗装Ⅰ型（排水性舗装）を採用している区間のうち、ひび割れ進行が顕著な一部区間の路面画像から、1m四方のサンプル画像を141枚抽出し、コア採取によりひび割れの深さを確認して、損傷レベルを右に示すA～Cに3区分した。

損傷レベル	損傷状態
A	ひび割れがアスコン全層に及んでいる
B	ひび割れが表・基層に及んでいる
C	ひび割れが表層中にとどまっている

画像から得られる特徴量と各画像地点の損傷レベルをマッチングする学習モデルとしては、共に精度の高い分類器といわれるサポートベクターマシンとランダムフォレストを採用した。サポートベクターマシンは、射影空間でカテゴリ間のマージンを最大にしてマージンの中間を通る境界を求める方法で、ランダムフォレストは、精度が高いとはいえない複数の判別結果を組み合わせることで精度を向上させる方法である。

4. 特徴量の選定

各画像の総合的なひび割れ特徴量と損傷レベルの相関関係を見ると、平均ひび割れ延長（相関係数 0.447）、

最多ひび割れ方向（0.305）などの相関が高いことが分かったが、重要なひび割れの情報を重視する意味で、各画像における最長ひび割れの特徴量と損傷レベルの相関関係を見ると、最長ひび割れ延長（0.559）、最長ひび割れの方向（縦斜：0.425、横：0.401）などの相関が高い。

しかしながら、特徴量と損傷レベルの相関の高さが損傷レベル推定の精度向上に繋がるとは限らないと判断し、サポートベクターマシンとランダムフォレストのそれぞれで、総当たり式に各特徴量の組合せによる適合度を確認することにより最適な特徴量を選択することとした。その結果、2つのマッチング手法のどちらにおいても、使用する特徴量は①平均ひび割れ延長、②最長ひび割れ延長、③平均ひび割れ幅、④ひび割れ方向のヒストグラムの4つとなった。

なお、ここまでの試行錯誤において、推定結果が損傷レベルBとなることはほとんどなかったため、サンプルを「損傷レベルA」と「損傷レベルB+C」の二区分として検討を進めることとした。その結果、損傷レベルAが40サンプルであるのに対し、損傷レベルB+Cは101サンプルとなったが、カテゴリー毎のサンプル数の偏りが大きい場合には判別結果もサンプルが多いカテゴリーに偏る傾向があることから、損傷レベルAのサンプルを二重化（コピー）して80サンプルとし、全サンプル数は181とした。

5. 損傷レベル推定結果

サポートベクターマシンによる推定結果を図-3に、ランダムフォレストによる推定結果を図-4に示す。それぞれの図を構成する3つのグラフは、①「全画像データの損傷レベルを学習し、全画像データの損傷レベルを推定したもの」、②「偶数番の画像データの損傷レベルを学習し、奇数番の画像データの損傷レベルを推定したもの」、③「奇数番の画像データの損傷レベルを学習し、偶数番の画像データの損傷レベルを推定したもの」である。

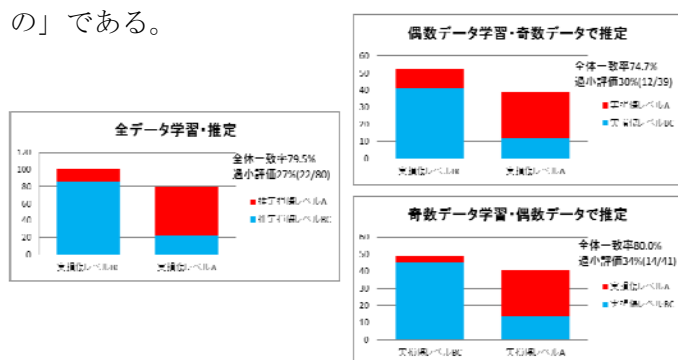


図-3 サポートベクターマシンによる推定結果

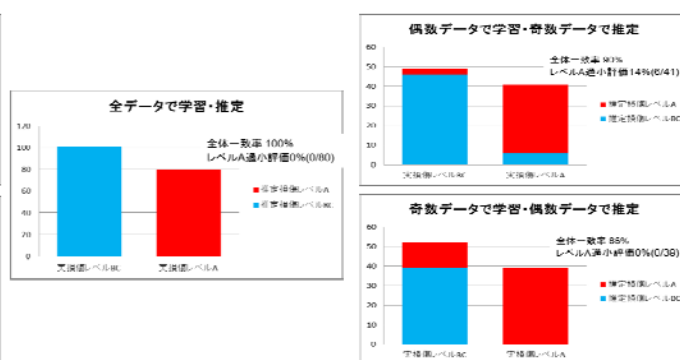


図-4 ランダムフォレストによる推定結果

ここで奇数番・偶数番というのは、全サンプル（181 画像）を採取個所のキロポスト順に並べ、偶数番のサンプルと奇数番のサンプルに分けたもので、本来は既往データで学習して新規データで損傷レベルの推定を行うことを模擬したものである。

既往の研究におけるFWDによる推定結果の例を図-5に示すが、画像データからの推定結果はこれに比べ遜色なく、実用化の可能性を示すものと考えられる。

6. おわりに

今回の検討は東北道の花巻 J C T から盛岡南 I C までの限られた区間についてのもので、舗装の厚さや交通量、また気候特性等についても限定的なものになっている。サンプル画像も十分に多いとは言えず、今後は対象区間を拡大して検討を継続し、路面画像から舗装の損傷深さを推定する手法を確立したい。

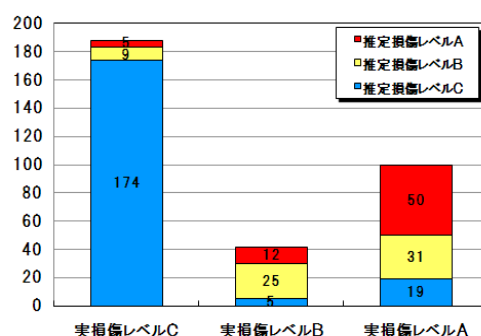


図-5 FWD による推定結果

キーワード 舗装, ひび割れ, 画像解析

連絡先 〒980-0021 宮城県仙台市青葉区中央 3-2-1 青葉通プラザ

東日本高速道路㈱ 東北支社 技術企画課 TEL 022-217-1746