

舗装・伸縮装置のリアルタイム簡易点検システム（VIMS）への 画像解析を用いた診断手法の導入の一試行

東京大学大学院 学生会員 ○河村 明義 正会員 西川 貴文 フェロー 藤野 陽三

1. はじめに

我が国では、高度経済成長期以降に集中的に整備された道路インフラが高齢化を迎え、今後は維持管理・更新コストが継続的に増大していくことが予想される。だが近年は、国・自治体の厳しい財政状況のもと道路事業費の削減が続いており、健全な道路保全の継続には限られた予算内での効率的な維持管理の実施が必要とされてきている。一方、インフラ整備が急速に進むアジア諸国でも、不適切な維持管理による道路の劣化が大きな問題となっている。

東京大学橋梁研究室では、(財)首都高速道路技術センターとニチレキ株式会社の協力のもと、伸縮継手および路面を対象に簡易かつ定量的に性状の診断を行う高頻度簡易診断装置；Vehicle Intelligent Monitoring System（以下、VIMS とする）を開発している。現在のVIMS の計測は乗り心地に特化したものであり、これに加えて道路資産保全の観点から舗装の構造的性能に影響するひび割れを測定することで、より総合的な維持管理が実現可能となると考えられる。

よって本研究では、VIMS によって把握することができない可視的な損傷を、画像処理手法を用いて定量的かつ迅速に計測するシステムを構築し、VIMS へ導入することを目的とした。本研究では、ポットホールやひび割れ等の舗装の可視損傷を対象とする。

2. VIMS の特長と課題

VIMS は、巡回車の動的応答を利用し、舗装・伸縮装置を客観的・低コスト・リアルタイムに点検・診断することを目的とした移動モニタリングシステムである。VIMS によって路面を診断することによって、舗装のIRI、伸縮装置部の段差量を、走行する車両の応答加速度によって同定することが可能である。すでに首都高速道路を始めとする主要な自動車専用道路において試験的運用下にあり、システムの有用性が示されている。

ただし、VIMS はあくまでも加速度応答に表れる路面の状態のみを対象としているため、路面性状を評価する上で重要な指標となるひび割れやポットホールなどの可視損傷を識別・検知することが困難である。

そこで、VIMS を搭載した点検車両内にビデオカメラ



図-1 デジタルビデオカメラの設置・収録状況

を設置し、収録された路面の画像からひび割れやポットホールを自動で迅速に検出する画像解析手法を構築する。

3. 診断システムのプロトタイプ構築と適用

(1) 画像診断システムの概要

本システムでは、導入・運用が容易である市販のデジタルビデオカメラを使用する。ビデオカメラに収録された路面の画像に対して、画像の階調値の分布を用いて対象領域を自動的に抽出する木構造状の画像フィルタを適用し、舗装の損傷箇所を検出する。さらに、検出結果から損傷の可視的な特徴量を定量的に算出し、道路舗装の健全度を評価する。

(2) 損傷の抽出に用いる画像フィルタ

多様な画像に対して頑健に目的の効果をを得るため、図-2 に示すような木構造状の画像フィルタを構築・適用した。フィルタの構築では、木構造の適切な組み合わせを遺伝的プログラミング(以下、GP)によって探索するシステムを応用した。

(3) プロトタイプによる診断結果

収録された路面の画像に対して、プロトタイプによって損傷を抽出した例を図-3 に示す。図-3(a), (b)では縦方向に分布しているひび割れを抽出することができる。しかしながら、図-3(c), (d)においては、画像右側から差ししている樹木の影を抽出し、画像中央付近に存在しているひび割れは抽出することができていな

キーワード：路面性状、舗装、ひび割れ、画像診断、VIMS

連絡先：〒113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1 東京大学大学院社会基盤学専攻 TEL03-5841-6099

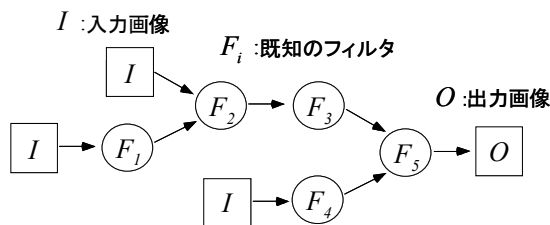


図-2 GPを用いて生成される木構造状の画像フィルタ

い。これは、適用する画像フィルタの特性上、損傷領域と比較してより低い階調値の領域が抽出されることが要因と考えられる。そこで、画像内の影の有無に関わらずに舗装の損傷領域を抽出するための画像フィルタの適用アルゴリズムの考案を図った。

4. 画像フィルタの適用アルゴリズムの考案

(1) 画像の適用領域の検討

影の抽出を抑制しながら効果的に舗装の損傷を抽出するため、フィルタを適用する領域を設定することとした。まず、画像全体に一括してフィルタを適用した結果、道路標示の有無に左右されることなく、主要な損傷を抽出することが可能であった。しかし、この適用方法では、画像上部に位置する遠い損傷や微細な損傷を抽出することが困難であった。また、主眼である影の抑制については、樹木や道路施設物の影が抽出されるため効果的ではないことがわかった。

そこで、一枚の画像において複数の領域毎にフィルタを適用した。その結果、複数の領域をまたぐ大きな損傷を一度に抽出することは不可能となるが、微細な損傷まで抽出することが可能となった。このことから、画像の領域分割・適用が有効であることがわかった。

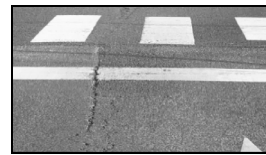
(2) 条件による影の識別

次に、分割適用によっても抑制することができない影の識別方法を構築する。路面に映る影の画像上での性質に着目し、以下を影を識別する条件とした。

- 影は舗装損傷と比較して、画像上に占める面積が大きい
- 影の領域は必ず画像の境界に接している

舗装路面画像（1920×1080）上で診断領域（1200×600）を設定して損傷を抽出することに着目し、これらの条件から以下の処理で影を識別することとした。

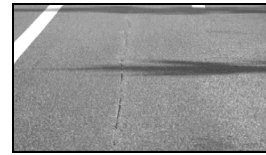
- ① 舗装路面画像全体に対してフィルタを適用する。
- ② 8連結の条件で0の階調値を有する集合をラベリングする。
- ③ 各集合の画素数が $(S/50)$ 以上の場合には、その



(a) 路面の画像



(b) (a)の抽出結果



(c) 適用前の画像

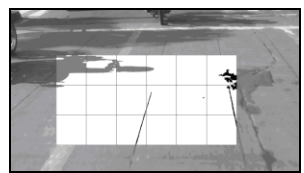


(d) (c)の抽出結果

図-3 プロトタイプによる損傷の抽出処理の結果の例



(a) 損傷のある舗装の画像



(b) ひび割れの抽出結果

図-4 影の識別とひび割れの抽出処理の例

集合に属するすべての画素の階調値を $V_{\max}/2$ にする。ただし S は画像サイズ、 $V_{\max}=255$ とする。

- ④ 画像境界部を含む各集合の画素の階調値を $V_{\max}/2$ にする。
- ⑤ 舗装路面画像とは別にメモリ領域を確保した診断領域に損傷抽出フィルタを適用する。
- ⑥ 8連結の条件で0の階調値を有する集合をラベリングする。
- ⑦ 各集合の画素が③、④で階調値が $V_{\max}/2$ となった画素と対応する場合、その集合に属するすべての画素を影と判断する。

以上の識別処理を適用した結果を図-4に示す。図-4から、路面の画像から影を識別しながら舗装の損傷領域を抽出することが可能となったことがわかる。

5. まとめ

本研究において構築した診断システムによって、VIMSの可能性がさらに拡大され、舗装の損傷の診断作業を、定量的でかつ効率的なものへ改善することが可能であると考えられる。

参考文献

西川 貴文, 吉田 純司, 杉山 俊幸, 斉藤 成彦, 藤野 陽三: “木構造状フィルタを用いたコンクリートのクラック抽出のためのロバストな画像処理システム”, 土木学会論文集A, Vol. 63, No. 4, pp.599-616, 2007.