

## 木構造状画像フィルタを用いた路面性状の合理化診断システムの構築

東京大学大学院 学生員 西川 貴文  
山梨大学 正会員 吉田 純司  
東京大学大学院 フェロー 藤野 陽三

## 1. はじめに

産業、経済、社会の安定と発展を推進すべく、全国的な整備が進められている自動車道路網は、現在もその発展の途上にある。特に、高規格幹線道路は、急速な整備が進められているものの、現在、供用下にあるものは計画総延長の約60%に留まり、今後もさらなる建設・整備の推進が図られることになる。その一方、安全で安定した交通ネットワークを整備するためには、既設道路網の適切な維持・管理を行うことが非常に重要であり、道路構造上の欠陥による事故や環境問題の発生を未然に抑制、防止することが強く求められる。

このような現況と近い将来の展望に対して、現在、道路の維持管理は、検査車を用いたレーザ照射や画像集録、検査員による目視検査を主流として行われている。しかしながら、検査車や診断装置などのシステムの導入コストは非常に高いうえ、その診断効率は、対象区間の膨大な画像データを検査員が逐一目視し、判定を行うという非常に非効率的なものである。

本研究では、路面性状の診断システムのインテリジェント化を目的に、まず、集録された路面の画像から、舗装のひび割れとそれに類する損傷を自動的に抽出する画像フィルタを構築する。次いで、損傷の抽出結果をもとに、路面性状の判定を行うアルゴリズムを開発し、合理的な画像診断システムを構築する。

## 2. 検出の対象とする路面性状

実際の道路舗装面の状態は、舗装材の種類、日光による陰影や降雨・降雪、汚れなどによって多種多様であり、画像による診断はこれらの影響を直接的に受ける。そのため、従来の画像処理では、路面の画像から舗装のひび割れを自動的に検出することが困難である。そこで本研究では、様々な状況下において撮影された路面の画像において人間の目で認識可能なひび割れを検出の対象とした。

## 3. ひび割れ抽出のためのフィルタの構築

## (1) 木構造状画像フィルタ生成システム

多様な画像に対して頑健に目的の効果を得るため、

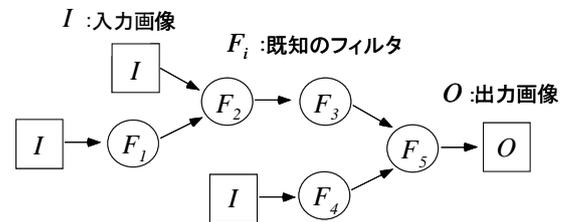


図-1 GPを用いて生成される木構造状の画像フィルタ



(a) 原画像1 (b) 目標画像1 (c) 重み画像1

図-2 複合画像フィルタ探索のための教師画像セット例

図-1 に示すような木構造状の画像フィルタ（以下、複合画像フィルタ）を構築することとした。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（以下、木構造状画像フィルタ生成システム）を応用した。

## (2) 複合画像フィルタ探索のための教師画像

GPにおいて探索される複合画像フィルタの評価に用いる教師画像は、頑健なフィルタを構築するため、対象とする路面の画像（以下、対象画像）においてひび割れの識別が困難であると思われる箇所などを複数枚抽出したものとした。一例として、原画像とそれに対応する目標画像および重み画像（以下、これらを一組として教師画像セットと呼ぶ）を図-2 に示す。木構造状画像フィルタ生成システムでは、入力画像  $I$  に対する処理結果  $O$  が、目標画像を精度よく再現するフィルタの組み合わせを探索する。

## (3) 複合画像フィルタの二段階探索

本研究では、複数の教師画像セットを木構造状画像フィルタ生成システムに入力するため、GPによるフィルタの探索計算の効率化と、より良好な探索解を得ることを目的に、二段階での探索を行った。

探索の第一段階では計算効率の観点から、計算ケー

キーワード：路面性状、舗装、ひび割れ、画像診断、遺伝的プログラミング

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

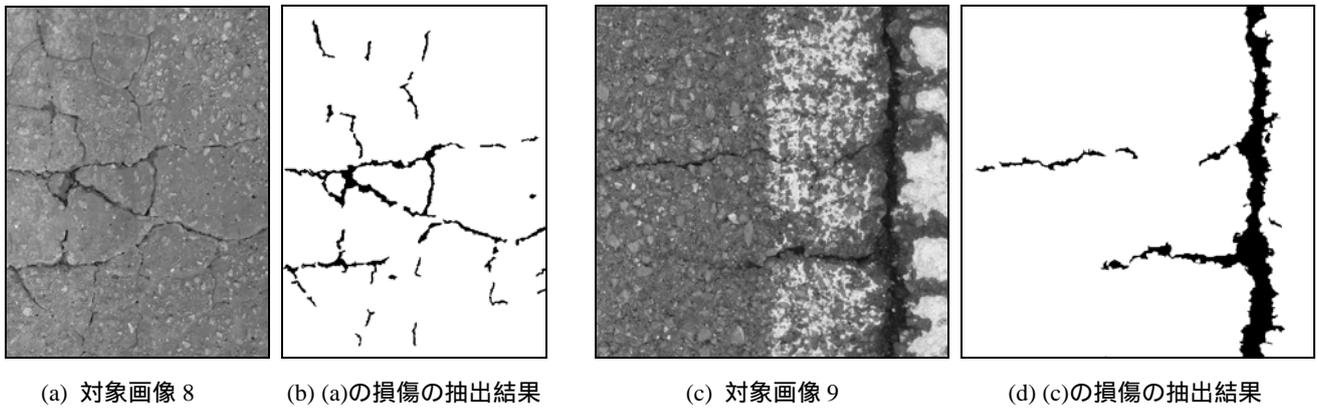


図-3 ひび割れ抽出の対象とした路面の画像と、重ね合わせによるフィルタの適用後にノイズを除去した結果の例

ス毎に入力する教師画像セットの組み合わせをランダムに選択してフィルタを探索し、そのケースにおける最良個体を保持する。この探索では、常に3種類の教師画像セットのみを対象としていることから、計算時間は1~2日程度である。第二段階では、第一段階の最良個体のみを集めた集団(約50個体)に対し、すべての原画像を入力画像として探索する操作を複数回実施し、そのうちの最も優れた個体を「最良の複合画像フィルタ」とする。第二段階の探索では、個体数が約50と少ないため世代数を第一段階の1/10程度に低減でき、計算時間は1~2日程度である。

#### (4) 重ね合わせ処理によるフィルタの適用

探索によって得られた最良のフィルタを対象画像へ適用した結果、いずれの対象画像についても、ひび割れを比較的良く抽出することができたものの、完全には抽出されていない箇所がいくつか見られた。そこで、対象画像にフィルタを適用した結果と、対象画像の解像度を1/4に低下させた画像にフィルタを適用した結果を重ね合わせる手法を用いた。この重ね合わせ処理を用いてフィルタを適用することにより、微細なひび割れが分断されて抽出される現象を防ぐことができる。

#### (5) ノイズの除去

フィルタ適用後の画像では、表層の骨材や道路標示など、ひび割れ以外を誤って抽出している箇所(以下、ノイズ)が存在する。これらのノイズは、いずれもひび割れと比較すると画素数の少ない集合であることから、8連結の条件でラベリングした画素集合の画素数を判定基準としてノイズを除去することとした。

### 4. フィルタの適用によるひび割れの抽出

対象画像に対して最良のフィルタを適用し、重ね合わせ処理を施した後、ノイズの除去処理を行った結果の例を図-3に示す。図-3からわかるように、不明瞭なひび割れや亀甲状の損傷、道路標示を含む対象画像に

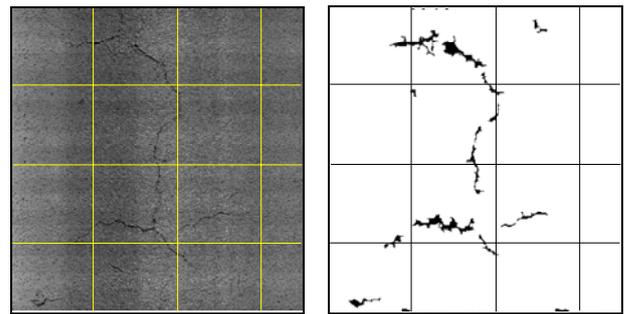


図-4 ひび割れ率の算定の例(ひび割れ率:20%,グリッドのサイズ:500×500[mm])

おいても、ノイズを良好に除去しながら、ひび割れを良好に抽出することが可能である。

### 5. 画像処理による損傷判定の自動化

路面性状の診断は、舗装面の平坦性、ひび割れ率、わだち掘れを評価指標として計られているが、その中でもひび割れ率は重要な指標として扱われる。本研究では、路面を撮影した画像からひび割れ率を自動的に算出するアルゴリズムを開発し、舗装の損傷判定の自動化を図った。本アルゴリズムでは、ひび割れを抽出した画像において、各グリッド内のひび割れの有無を判定、集計することでひび割れ率を算定する。

### 6. まとめ

本研究において構築した診断システムによって、現行の診断において多大な時間と労力を要している、舗装の損傷の診断作業を、定量的でかつ合理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

- ・長尾智晴：進化的画像処理，昭光堂，2002.
- ・青木紳也，長尾智晴：木構造状画像変換の自動構築 ACTIT，映像情報メディア学会誌，Vol.53, No.6, pp.888-894, 1999.