トンネル覆工に着目したひび割れ抽出のための画像処理範囲特定に関する基礎的研究

西日本高速道路エンジニアリング四国(株)　○正会員　粂野　佑允
西日本高速道路エンジニアリング四国(株)　　正会員　橋本　和明
西日本高速道路エンジニアリング四国(株)　　正会員　明石　行雄

１．はじめに

トンネル覆工コンクリートの維持管理において，ひび割れの変状は，基本的に目視検査に依存している．筆者らは１次元カラーラインスキャンカメラ[1)]を中心とした車上撮影システム（時速 100km，１画素１㎜で撮影）と画像つなぎ合わせによる展開画像を生成するシステムから構成されるトンネル覆工コンクリート検査システムを開発した．展開画像は，ひび割れ以外に，汚れ，湧水個所，遊離石灰跡，ケーブル等の領域が映る（図－1）．通常の画像処理は，ひび割れ以外の領域も一律に解析するため，自動抽出の性能は十分とは言い難く，半自動処理がほとんどである．

図－１　展開画像例

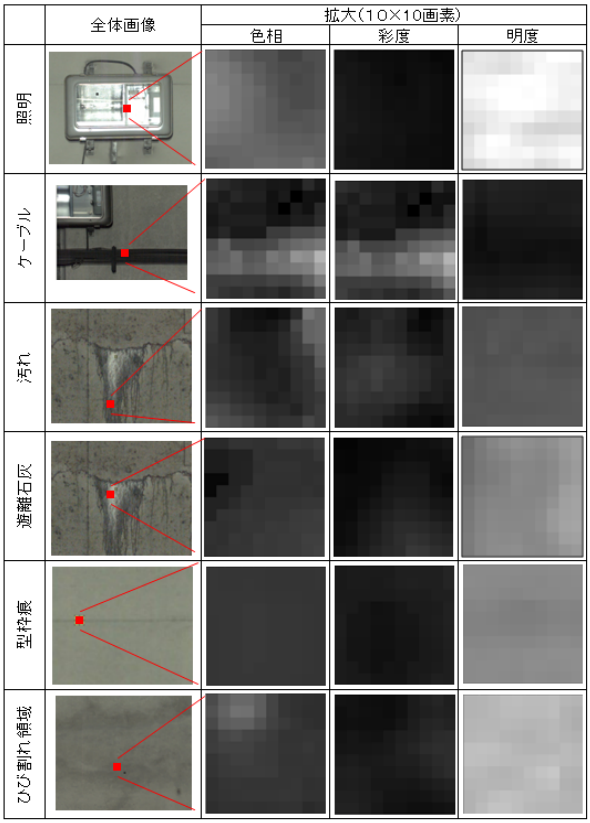
本文は，画像の濃淡を特徴量としたひび割れ抽出のための画像処理範囲の特定方法について検討したので報告する．

２．ひび割れ領域とそれ以外の画像領域と拡大写真

ひび割れの自動抽出を行うと，ケーブルや照明等，コンクリートと異なる材質の境界をひび割れと誤検出する．照明やケーブルを色相・彩度・明度別に拡大すると明度の値がコンクリートと比較して大きく異なる(照明が白くてケーブルが黒い)．ケーブルの色相と彩度については，他の領域と比較して，テクスチャのキメ細かさが大きいことが確認できる．

遊離石灰や汚れ領域のテクスチャは同じ傾向にあるが，明度の値が全体的に，ひび割れ領域と比べて黒い．型枠痕はひび割れと誤検出する確率が非常に高い．型枠痕を拡大すると，ひび割れ領域の拡大と同じ傾向であるが，明度のテクスチャに違いが確認できる．

表－1　色相・彩度・明度の拡大一覧



３．画像解析に使用する特徴量

ひび割れ抽出を精度よく行うためには，ひび割れ以外の領域を自動判別して，マスキングすることが必要である．

本文は，10×10 画素の範囲内にある領域をひび割れ領域として選択できる有効な特徴量の選択を行う．

３．１　濃度ヒストグラム解析による特徴量

濃度値分布を調べる方法であり，10×10 画素の範囲内を解析対象とし，明度，彩度，色相ごとに，平均，標準偏差，尖度，歪度を計算したものを特徴量する．

３．２　テクスチャ解析による特徴量

テクスチャ解析には同時生起行列とマルチフラクタル解析がある．本文は同時生起行列を利用し，特徴量を表-２に示す５種類とした．同時生起行列とは，隣り合う２つの画素対における濃度の配置具合を調べる方法

キーワード：ひび割れ抽出，１次元カラーラインスキャンカメラ，同時生起行列，画像処理
連絡先　　〒760-0072 高松市花園町三丁目１番１号　　TEL 087-834-1121　FAX 087-834-0150

である．

ここでは，基礎的な検討のため，10×10 画素内の輝度値のデータを使用した．

４．判別に有効な特徴量

上記の特徴量 20 種類の中から，判別に有効な特徴量を選択する．判別する領域は，照明，ケーブル，汚れ領域，遊離石灰跡，型枠目地跡とひび割れ抽出領域とする（6 種類）．トンネルは供用年数が古くなるにつれて，排気ガス等の汚れが覆工コンクリートに付着する．したがって，検証に使用する特徴量は，供用年数の異なる 5 トンネルの展開図から 6 種類の領域を無作為に抽出した．探索的な統計手法である決定木分析を実施して有効な特徴量を選択した．濃度ヒストグラムの中での有効な特徴量は明度と彩度の平均値と彩度の標準偏差となった（図－１）．テクスチャ解析での有効なカテゴリは角 2 次モーメントとコントラストとなった（図-2）．濃度ヒストグラムの特徴量を使用すると，ケーブル，照明，遊離石灰を判別することができる．しかし，ひび割れ領域，汚れ・色むら，型枠痕等のコンクリートの表面区分は判別できない．一方，テクスチャ解析の角 2 次モーメントは，ひび割れ領域のみを選択することが可能である．これは，ひび割れ領域だけが他の領域と異なるテクスチャとなっていることを示している．角 2 次モーメントが 0.4 以上の範囲をひび割れ自動抽出のための画像処理範囲とすると良い．本文は 5 トンネルのデータで評価したが他のトンネルでも同様の結果となるか検討する必要がある．

５．まとめ

本研究で得られた知見を以下に示す．

（１）ひび割れ自動抽出はひび割れ以外の領域も一律に解析するため，ひび割れ以外のノイズを誤検出する．

（２）トンネル覆工コンクリートには，汚れや照明・ケーブル等が存在している．このため，ひび割れ以外の領域を判別することがひび割れ自動抽出を行ううえで重要である．

（３）展開画像から，ひび割れ領域以外を判別するのに有効なカテゴリは 5 つである．ひび割れ抽出のための画像処理範囲を特定するには角 2 次モーメントが有効である可能性が高い．

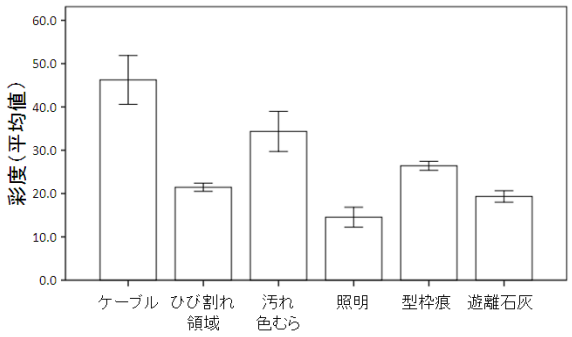
（４）テクスチャ解析から得られる特徴量を利用すると，型枠痕を判別することが可能となる．

参考文献

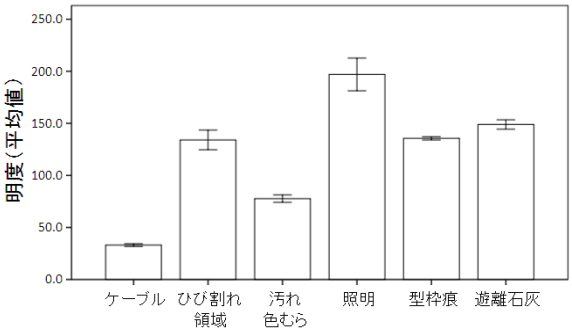
１）林ほか：路面性状調査車による排水性舗装の骨材飛散評価手法の提案，土木学会第68回年次学術講演会，平成 25 年 9 月

表－２　同時正規行列からの特徴量

特徴量	特徴	備考
角 2 次モーメント	テクスチャの一様性	
コントラスト	濃度変化の激しさ	
相関	濃度値の周期性	
逆差分モーメント	濃度変化の一様性	
エントロピー	濃度値のばらつき	

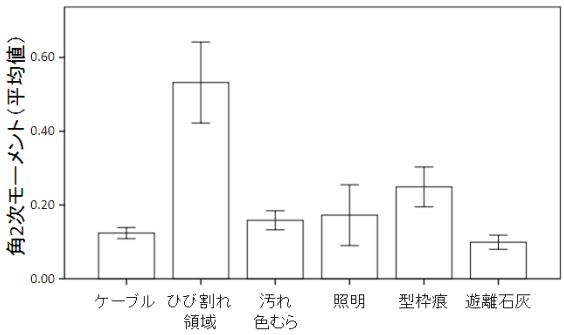


（a）　彩度の平均値

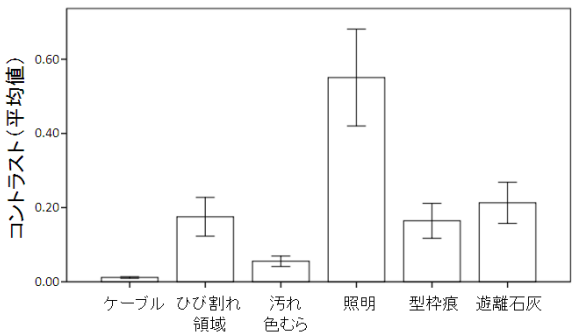


（b）　明度の平均値

図－１　濃度ヒストグラムの特徴量



（a）　角 2 次モーメントの平均値



（b）　コントラストの平均値

図－２　テクスチャ解析の特徴量