コンクリート構造物検査に用いる画像処理手法の開発

西日本旅客鉄道(株) 正会員 ○坂本 保彦
西日本旅客鉄道(株) 正会員 御﨑 哲一
(公財)鉄道総合技術研究所 非会員 鵜飼 正人

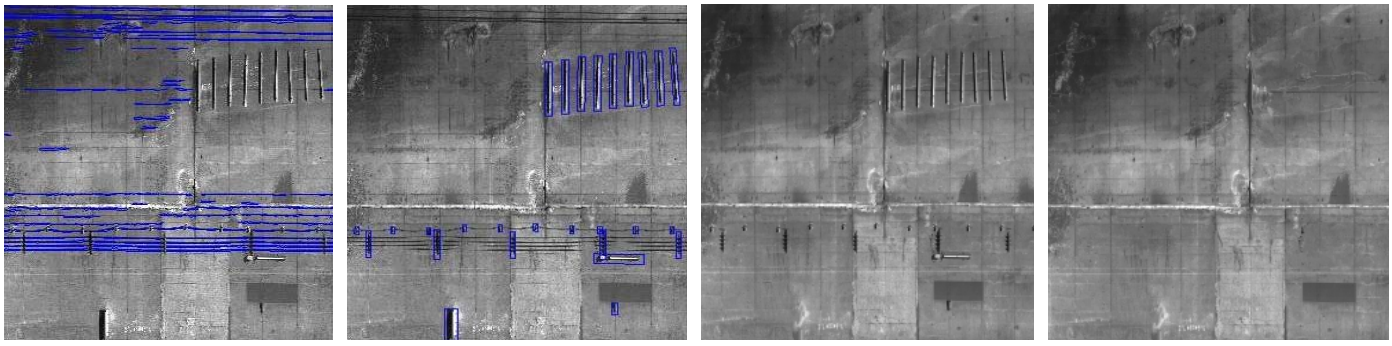
１．はじめに

コンクリート構造物の目視検査は，検査員の主観に左右されるうえ，膨大な作業量となるため，検査結果に対する信頼性や作業効率の面で課題を抱えている．コンクリート表面の閉領域化したひび割れは，コンクリート片の落下の危険性があり，優先的に発見する必要がある．また，背面圧によってひび割れ又は打ち継目から湧き出した漏水は，エフロレッセンスの析出による中性化現象等の様々なトンネル被害をもたらすことから，トンネルの健全度を診断する上で重要な評価指標となる．今回，これら閉合ひび割れや漏水を自動的に抽出する画像処理手法を考案し，実際に撮影したトンネル覆工面画像を用いて本手法の有効性を確認した．

２．画像修復(inpainting)技術を用いた不要成分の除去

トンネル壁面画像には，ひび割れ以外にもケーブルや各種添架物が映っている．画像処理はひび割れ以外の対象にも一律に作用するので，ひび割れだけを選択的に処理することができない．特に閉合ひび割れのように，細かい幾何学的な特徴を利用して検出する場合は，ノイズに性能が大きく左右される．そこで，これら画像内の不要な部分を取り除いた上で，取り除かれた領域（欠損領域）を自動的に修復する画像修復手法を検討した．

まず，蛍光灯や架線等の抽出したい構造物をテンプレートとして登録する．登録したモデルに対して，0.8～1.2 倍までのスケールの変化に対応した形状ベースのパターンマッチングでこれらを抽出する．本手法は，物体の輪郭データと，その法線方向の輝度勾配データに基づいてマッチングを行うもので，隠れや乱れのある画像においても安定した探索を可能としている．次に，テクスチャを考慮しながら周辺のトンネル壁面画素で検索した当該領域を補間する．当該領域が新しい濃淡値で覆われるまで，周囲の画像の完全な部分からコピーする．これによりあたかもこれらの構造物が無い画像が生成される(**図１**)．



(a)ﾊﾟﾀｰﾝﾏｯﾁﾝｸﾞで抽出されたケーブル領域　(b)抽出された添架物領域　(c)ケーブル領域の画像修復結果　(d)最終的な画像修復結果

図１　画像修復(inpainting)技術による壁面画像の生成

３．閉合ひび割れの検出アルゴリズム

一般的な閉合ひび割れのサイズをカバーする面積だけオーバーラップするように分割した処理領域に対して，撮影解像度以上のサブピクセル精度でひび割れ線分を抽出し，領域解析により一定以下の面積の微粒子を除去し，近接する線分同士を連結して閉合領域を生成する．全ての領域に対してラベル付けを行い，各領域の上下左右の端部の座標値が当該処理領域の範囲内にあるか否かを判定し，範囲内ならば閉合ひび割れと決定する．実際の撮影画像による検証実験の結果，閉合ひび割れを精度よく検出できることを確認した(**図２**)．

キーワード　トンネル，ひび割れ，閉合ひび割れ，漏水，画像処理，画像修復，パターンマッチング
連絡先　〒530-8341　大阪市北区芝田 2-4-24　西日本旅客鉄道㈱　鉄道技術本部技術部　TEL 06-6376-8136

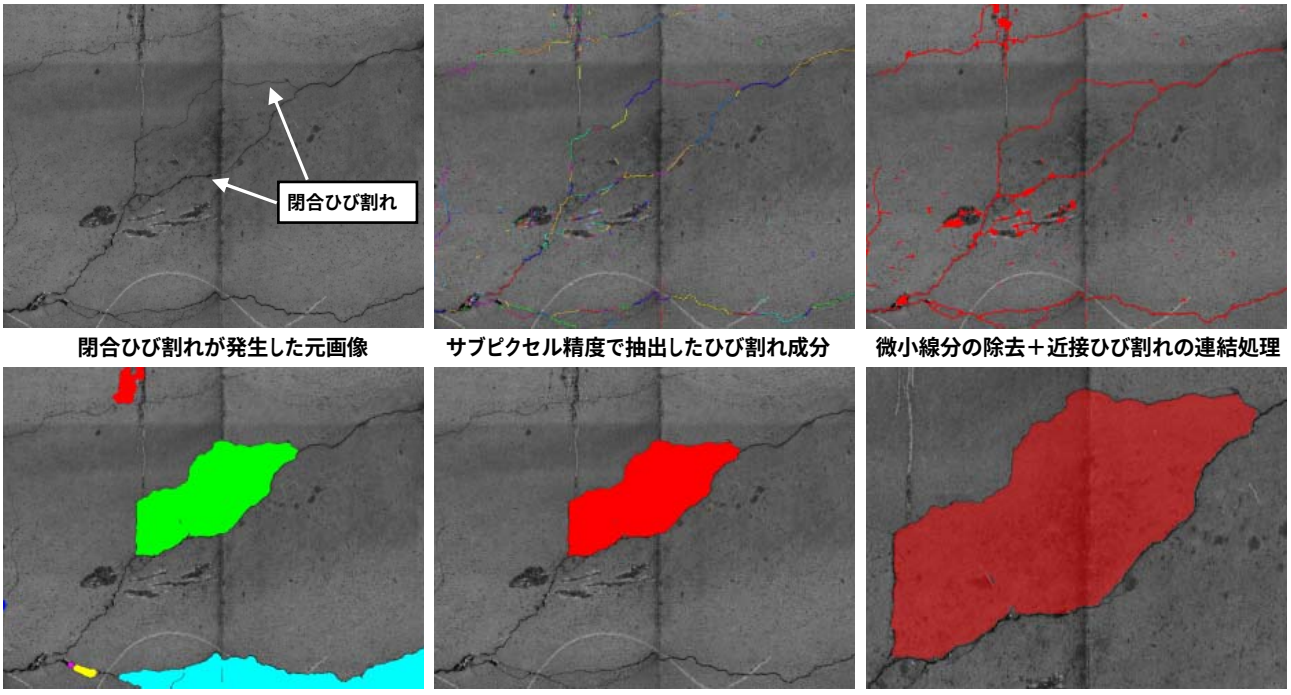


図２　閉合ひび割れの検出結果

４．漏水の検出アルゴリズム

一般的な漏水は，ひび割れ等からしみ出た水が，壁面をつたって鉛直方向に流れ落ちる黒っぽい跡として確認される．この特徴に着目して，最初に横方向に強い平滑化をかけ，輝度むらや輝度変化の影響を受けにくい動的しきい値処理で，背景に比べてより黒い領域を抽出する．次に小さなノイズを除去し，標準的な漏水の平均濃淡値の範囲でかつ，一定の幅と高さを有する領域を抽出する．領域の穴埋め，周囲領域の閉合処理を行い，最終的に当該領域を囲む座標軸と平行な最小矩形を漏水として検出する．処理結果を図３に示す．なお，本検出アルゴリズムは，漏水領域に限定するものではなく，全体的に白く粉をふいたようなエフロレセンス，鉄バクテリアなどの茶褐色の堆積物が付着した領域，さらにはコールドジョイント領域などにも適用可能である．

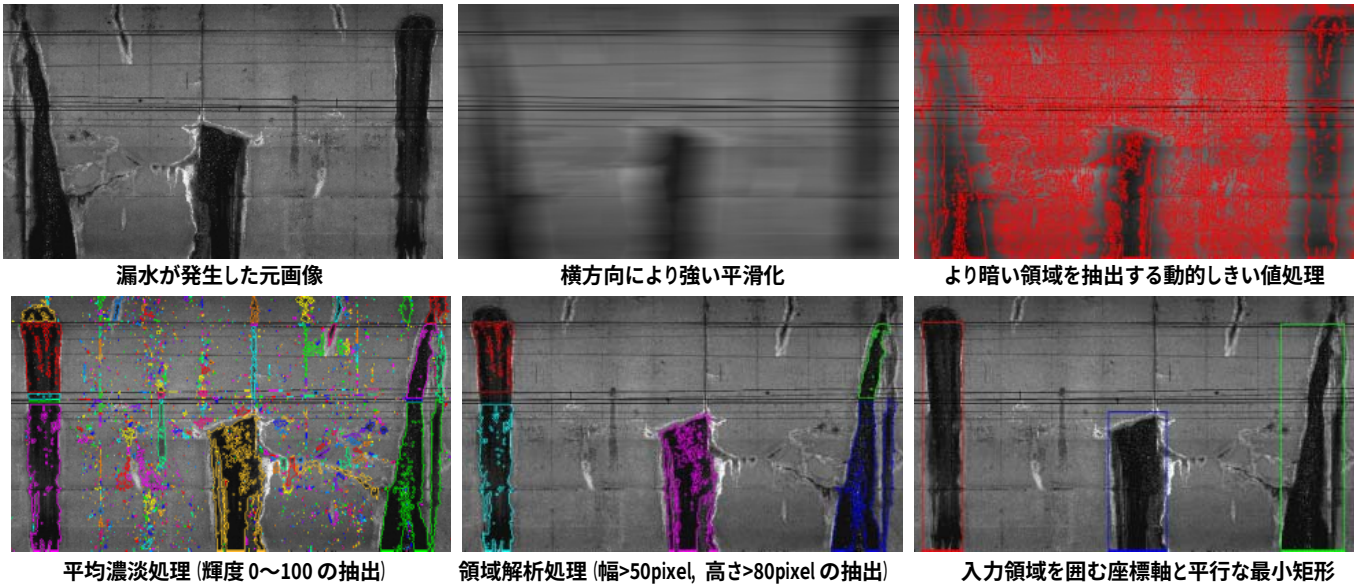


図３　漏水の検出結果

５．まとめ

ひび割れ等の変状を抽出するうえでノイズとなる領域を補償する画像修復手法，トンネル健全度診断の重要な評価指標となる閉合ひび割れや漏水の自動検出アルゴリズムを開発した．今回開発した手法は，非接触的検査手法を用いたコンクリート欠陥診断システムの重要な要素技術の一つとして利用できるものと考えている．