

鋼橋維持管理のための結露モニタリングシステムの開発 (その2)

—画像処理による結露付着状況の自動認識システム—

長崎大学工学部 学生会員○川田 匠 長崎県土木部 正会員 中 忠資
長崎大学工学部 フェロー 岡林隆敏 長崎大学工学部 正会員 奥松俊博

1. はじめに

鋼材表面に発生する錆の要因は水分と飛来塩分が主である。特に、桁下部分に付着する塩分は降雨によって洗われないため、洗浄による塩分の洗流し¹⁾が導入されているケースもある。塩分が付着した鋼材表面は、低湿度状態で結露が生じ、その結果、短期間のうちに錆が発生する。気温、湿度、付着塩分等などの外的環境要因と結露発生のメカニズムを解明する必要がある。一方、膨大な社会資本の維持管理問題を解決するためには、作業の効率化が必要不可欠である。本研究では、結露状況確認法の確立と効率化を目的として、画像処理技術を用いた結露自動認識システムを開発する。供試体による室内実験結果、および新設の鋼斜張橋（女神大橋：長崎市）に適用した結果を示す。

2. 錆の発生状況と結露モニタリング

鋼橋の錆が発生する箇所は、橋梁部材の断面形状や位置によって異なる。桁下部に比較的多く錆が発生していることから、風雨によって付着塩分が除去されないという環境要因があると思われる。図-1に、鋼斜張橋（長崎市）のフェアリング部の錆発生状況を示した。錆発生の主な要因が塩分と水分であることを考慮して、本研究では、付着水分（結露）のモニタリング方法の開発を行う。ネットワークカメラで撮影した橋梁表面の結露付着状況を、デジタル画像処理により客観的データとして抽出できるシステムを構築する。



図-1 鋼橋の錆発生状況

3. デジタル画像処理による結露の検出

(1) デジタル画像処理システム

仮想計測器ソフトウェア LabVIEW および IMAQ Vision Assistant を用いて結露自動検出プログラムを開発した。図-2は、結露情報を検出するための解析フローを示したものである。ネットワークカメラ（38万画素）で撮影した結露発生画像を元に、カラープレーン抽出、フィルタ処理などの処理を経て結露（粒子）情報が抽出できる。その実行画面を図-3に示す。

(2) 供試体を用いた室内実験

女神大橋と同様の塗装をされた供試体（図-4）に水滴を付着させ、ネットワークカメラで



図-2 解析フロー

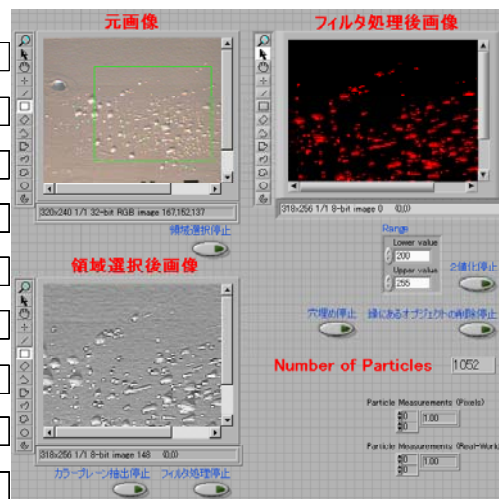


図-3 結露検出プログラム

撮影した画像に対し、デジタル画像処理を行った。室内実験状況を図-5に示す。図-6、図-7に水滴付着なし、付着ありの場合の一連の画像を示す。(a)は元画像である。元画像から水滴が付着していることを目視で確認することは可能であるが、自動的に判別するためには客観性のある定量的なデータを抽出する必要がある。元画像に対し以下の画像処理を施した。結露部分を明瞭にするために、まずカラープレーン抽出を行い、その後フィルタ処理を施す。その画像を(b)に示す。さらに二値化処理を行った画像を(c)に示す。水滴が「粒子」として赤色で表示されている。この粒子数の合計を比較することにより、水滴付着の自動判別が可能である。得られた粒子数は、水滴なしの場合374(1 pixels)、水滴ありの場合876(2 pixels)となった。

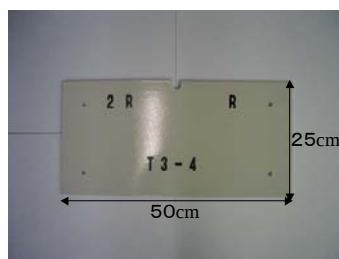


図 - 4 供試体

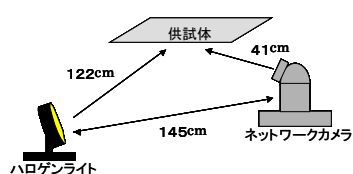
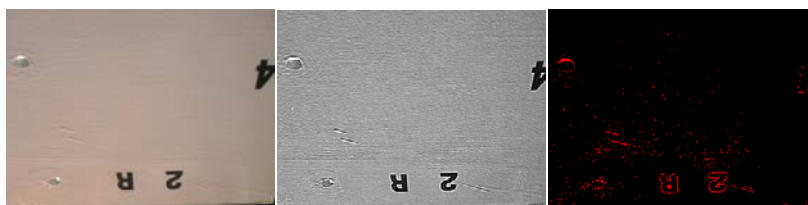
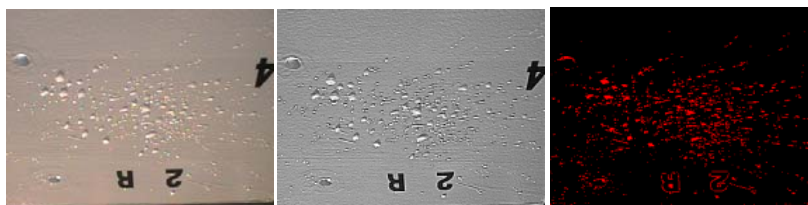


図 - 5 室内実験状況



(a) 元画像 (b) 画像処理① (c) 画像処理②

図 - 6 水滴付着なし (粒子数 3 7 4 (1 pixels))

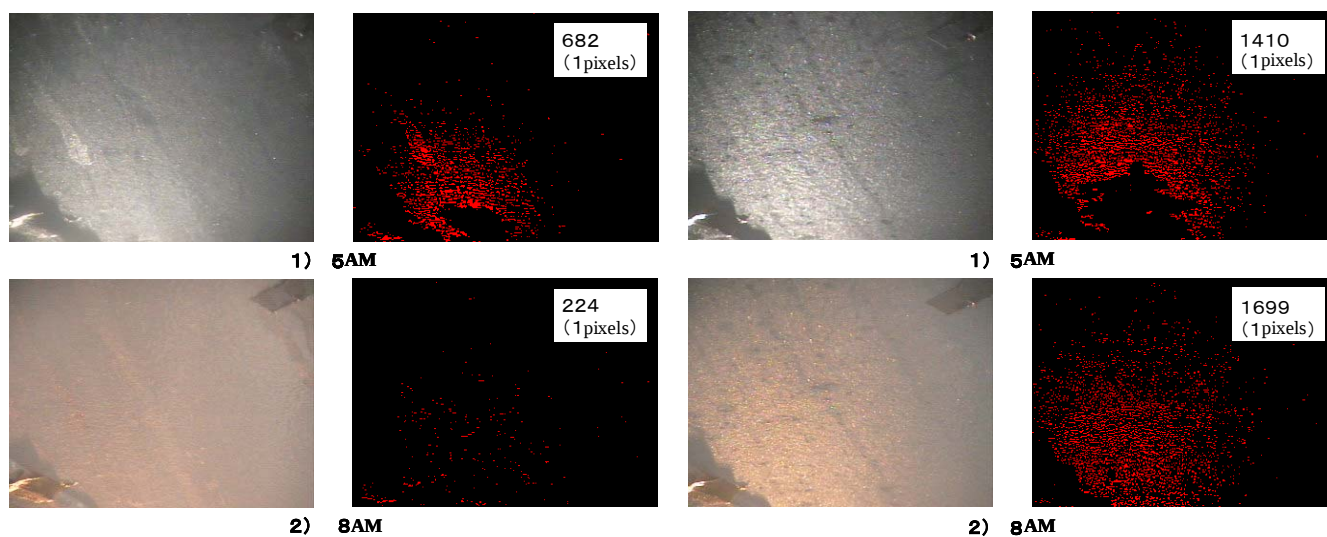


(a) 元画像 (b) 画像処理① (c) 画像処理②

図 - 7 水滴付着あり (粒子数 8 7 6 (2 pixels))

4. 実橋適用実験

実橋梁適用試験を行い本システムの有効性を検証した。対象橋梁は H 1 7 年 1 2 月に供用を開始した女神大橋である。ネットワークカメラで撮影した床版下部の画像に対し画像処理を施した結果を、結露未発生時 (図 - 8)、結露発生時 (図 - 9) について示した。それぞれ (a) は元画像、(b) は画像処理後を示す。(b) 図に示しているよう画像処理により結露情報が粒子数として検出される。これらの比較結果から、実橋梁においても、検出された粒子数を指標として、結露発生の有無を確認することが可能であることを検証できた。



(a) 元画像 (b) 画像処理後画像

図 - 8 結露未発生時 (1 2 / 5)

(a) 元画像 (b) 画像処理後画像

図 - 9 結露発生時 (1 2 / 3)

5. まとめ

デジタル画像処理による結露の検出について試みた。室内実験から、画像処理を施すことにより、水滴付着を客観的な情報として示すことができ、自動判別が可能であることを示すことができた。また実橋遠隔モニタリングを行った結果からも、本システムが結露モニタリングシステムとして有効であることを示すことができた。長期のモニタリングを行う場合、照明の当て方や温湿度等の環境的要因が粒子解析に影響を与えることがあり、これらを解決することが今後の課題である。

[参考文献] 1) 越後滋ほか：橋梁洗浄技術の開発, 川田技報 Vol.21, pp.30-35, 2002