

赤外線カメラの高感度化による検査精度向上に関する研究

(株) コンステック	正会員	○佐藤 大輔
(株) コンステック		込山 貴仁
大阪大学大学院	正会員	阪上 隆英
大阪大学大学院		久保 司郎

1. はじめに

赤外線法によれば、検査対象となる構造物を非接触で遠隔から検査することができる。その特徴は、安全性の高さ、検査効率の良さ、などの長所を作りだしており、検査面積が大きいコンクリート構造物の浮きや剥離を検出する手法¹⁾として適用する事例が多く見られる。しかしながら、日射が直接あたらない場合、たとえば橋梁床板下面など、健全部と欠陥部との間に生じる温度差が小さい場合、浮きや剥離を見逃すことが考えられる。これは、赤外線を検出する非冷却マイクロボロメータセンサ（以下非冷却センサ）の感度不足に起因するものである。そこで本研究では、橋梁床板下面の浮き・剥離の検出精度向上を目的として、高感度可視デジタルカメラなどで S/N を改善する際に用いられる画像処理方法を応用し、非冷却センサを搭載した赤外線カメラを高感度化するためのノイズ低減処理機構の開発を行った。

2. 赤外線カメラのノイズの影響

現在市販されている非冷却センサを搭載した赤外線カメラの最小検知温度差（NETD : Noise Equivalent Temperature Difference）は、 $0.06^{\circ}\text{C} \sim 0.08^{\circ}\text{C}$ 程度（対象物は黒体：温度 30°C ）であり、コンクリート構造物の検査を行うための表面温度測定には支障ない感度を有しているものと考えられる。しかしながら、橋梁床板下面など日射が期待できない部分では、表面温度が低く、欠陥部の温度変化量が小さい。そのため、欠陥を検出するために必要な温度差が生じにくく、浮きや剥離などの欠陥を検出できる熱画像を取得することが困難となる。これは、非冷却センサに発生する電氣的なノイズ（ランダムノイズ）あるいは素子の画素毎の感度のバラツキによるノイズ（長周期のノイズ）の影響が、コンクリート表面から放射された赤外線によって変化する抵抗変化の成分に比べて大きくなり、見かけ上感度が低下したようになるためである。

3. ノイズ低減処理機構の概要

橋梁床板下面など検査対象面に直接日射が得られない場合、小さい温度差でも検出できるように、赤外線計測の感度値を絞る。この時撮影される熱画像には、図 1(b)に示すように縦横の縞状のノイズが現れることが多い。これが非冷却センサ特有の長周期のノイズである。このようなノイズが画面に表示されている状態から、カメラのメカニカルシャッター（以下シャッター）を閉じると、被写体は映像から消えた状態になる。しかしながら、縦横縞のノイズは非冷却センサに依存する特性なので、シャッターを閉じた状態でも図 1(b)のような

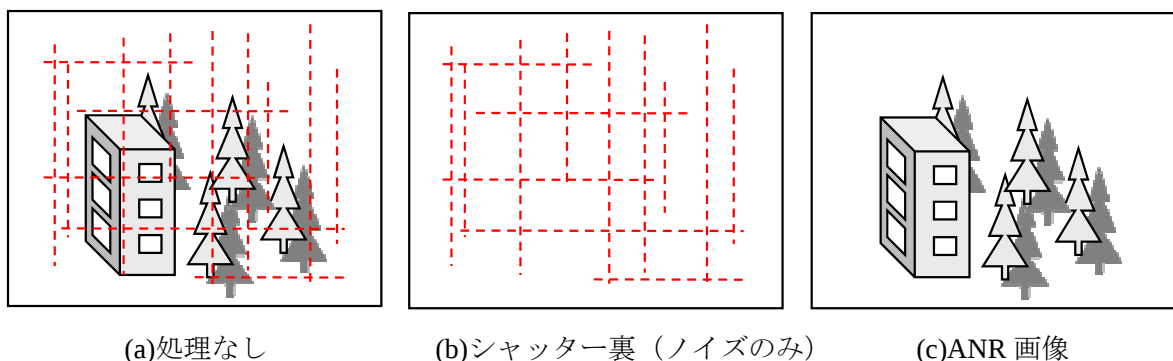


図 1 ノイズ低減処理機構の効果の模式図

キーワード 赤外線, 浮き, 剥離, 検査, パッシブ法, コンクリート

連絡先 〒540-0028 大阪市中央区常磐町 2-3-14 (株) コンステック 技術開発本部 TEL 06-4791-3121

シャッター裏の均一な温度分布画像に縦横縞のノイズとして現れる。ノイズ低減処理機構を用いた計測では、図 1(a) から図 1(b) を差分する処理を行い、縦横縞のノイズが除去された鮮明な画像を取得する。さらにこの処理を繰り返し行い、そこで得られた複数の熱画像を加算平均処理することで、より鮮明な熱画像を取得することができる。本研究により開発したノイズ低減処理機構を Advanced Noise Reduction 処理 (以下 ANR 処理) と呼び、得られた画像を ANR 画像と呼ぶ。

4. 赤外線サーモグラフィの概要

開発した ANR 処理を実装した赤外線カメラの仕様を表 1 に示す。装置の温度分解能の指標である最小検知温度差は、簡易手法²⁾による評価の結果、加算平均処理では 0.186°C であったが、ANR 処理では最大で 0.075°C まで改善された。

表 1 赤外線カメラ仕様

最小検知温度差	0.08°C
測定波長	$8\text{--}14\ \mu\text{m}$
視野角	水平: 29° , 垂直: 22°
使用センサ	非冷却マイクロボロメータ
瞬時視野角	1.58mrad
表示画素数	320×240

5. 実構造物での検証

ANR 処理が実行可能な赤外線カメラを用いて、橋梁床板下面を対象とした検査を実施した。撮影では、赤外線カメラを三脚に固定し、通常に加算平均処理による測定を実施し、その後 ANR 処理を実行した撮影を行っている。図 2(a) に示すように検査対象とした橋梁は、漏水、エフロレッセンス、鉄筋腐食やそれに伴うかぶりコンクリートの剥落などが目視で確認できる状況である。

図 2(b) に示す熱画像は、加算平均処理を施した熱画像である。この熱画像では、浮きを起因とするわずかな温度差を確認することが可能である。しかしながら、画像全体にノイズが多く、小さな浮きまで把握することは困難である。仮に三脚に固定されていない赤外線カメラで撮影した場合、この程度のノイズが生じている熱画像では、浮きや剥離などの情報がノイズに埋もれ見落とすことが考えられる。

一方、図 2(c) に示す ANR 画像では、熱画像に見られるノイズが低減されており、小さな浮きによる温度差まで鮮明に表わされている。また、画像下側のスラブにおいては、温度低下している領域も鮮明に確認することができる。この範囲については可視画像でエフロレッセンスが確認されるため、スラブ上面の滞水・漏水が予測できる。

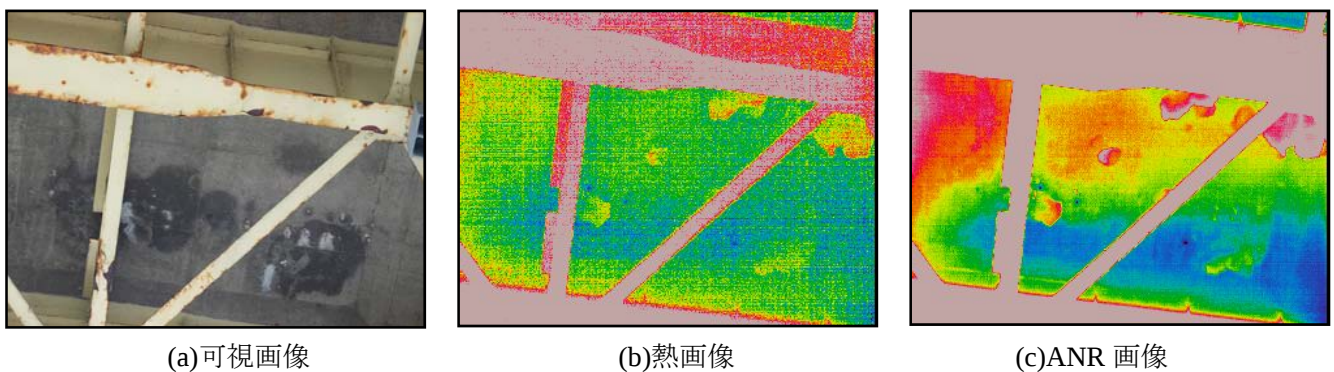


図 2 橋梁床板下面の測定結果

6. まとめ

本研究では、赤外線カメラの高感度化による浮き・剥離の検査精度の向上を試みた。以下にその成果を示す。

- (1) ANR 処理の開発により、センサの S/N が改善され温度分解能を向上することができ、日射が得られない橋梁床板下面などでも鮮明な熱画像を測定できた。
- (2) 温度分解能の向上により検査の正確性が向上されたことにより、さらに赤外線法のコンクリート構造物検査に対する適用範囲が広がると考えられる。

参考文献 1)(社)日本コンクリート工学協会, コンクリート診断技術'08[基礎編], 2008.3 2)黒川賢ほか: サーマグラフィ装置の最小検知温度差に関する研究, 日本機械学会論文集(C 編), 66 巻 643 号, pp.128-133, 2000.3