

# デジタル画像を利用したひびわれの計測精度について

山形設計(株) 正会員 ○堀内 宏信  
(有)ジーテック 後藤 和夫

## 1. はじめに

トンネル、擁壁、橋梁などといった土木構造物では、想定外の荷重や地盤の変位によってひびわれや目地の開口が経時的に進展することがあり、構造物の維持・管理の目的から、ひびわれや開口の大きさの計測が必要となる場合は比較的多い。

このような構造物表面に発生したひびわれを計測するために、最近ではデジタル画像を利用するケースが増えてきたが、計測精度については意外と曖昧であることが多いように思われる。このため、デジタル画像を利用したひびわれ計測の精度の限界及び精度向上の試みについて、本稿にて報告する。

## 2. 計測原理の概要

計測の省力化や効率化などの目的から、デジタルカメラなどで撮影した画像を基にひびわれ幅を計測する多種多様なシステムが提案されている。しかし、これらのシステムにおけるひびわれの計測原理は、そのほとんどが画像の pixel 数を数えることで距離を計測するものである。

写真 - 1, 2 は、筆者らが開発したひびわれ計測システムであり、ひびわれを跨いで計測用のマーカーを貼り付け、これをデジタルカメラで撮影を行い、各標点間の距離と角度を予め検定してある基準長さとしてデジタル画像の pixel 数から求め、これらを組み合わせることによりひびわれを跨いだ 2 つの面の相対移動をベクトルとして定量化している。

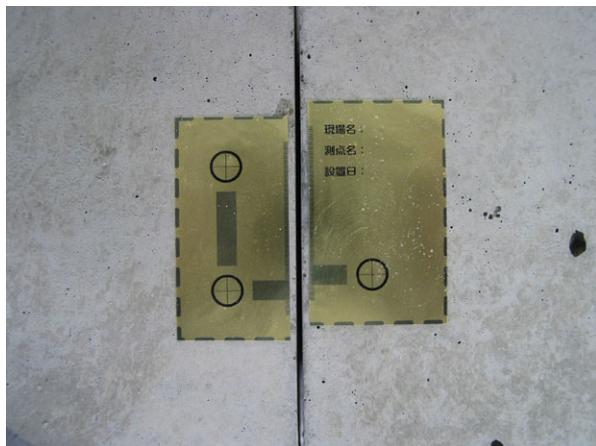


写真 - 1 計測用マーカー（二次元計測用）

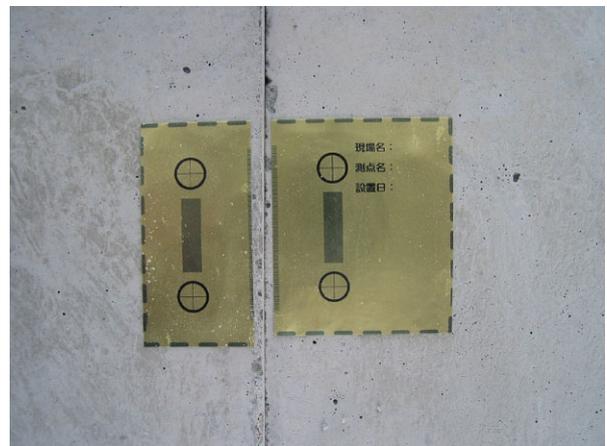


写真 - 2 計測用マーカー（三次元計測用）

このようなシステムにおいて、最小分解能となる 1pixel の大きさは、画角と画素数の比率としては常に一定であるが、その絶対値は、撮影時の被写体との距離に応じて無段階に変化する特徴を持っている。

## 3. 計測精度の試算

画像の pixel 数を数えることで距離を計測する方法での計測精度を、筆者らが開発したシステムを例に試算する。写真 - 1 において、各標点間の距離が 2.5cm、それに対応する画素数が 500pixel と仮定すると(600万画素級のデジタルカメラを用いて写真 - 1 程度の画角での撮影に相当)、1pixel 当たりの分解能は 0.05mm となり、最終的な計測精度は理想的な状況下であっても 0.05 ~ 0.1mm が限界となる。

この方法を用いて精度を 2 倍にするためには単純に 2 倍の解像度、同一画角で 4 倍の画素数が必要となる。ここで、デジタルカメラよりも解像度で勝る 35mm 銀塩フィルムを用いて同一画角で撮影した画像からフィ

ルムスキャナー(4,000dpi)を用いて取り込んでも、画像は約 2,400 万画素となり精度的には 600 万画素の 2 倍に留まることから、精度を飛躍的に向上させることは原理的に難しいことが分かる。

写真 - 1 は被写体からおよそ 10cm の距離から撮影した画像である。同じ条件の下で 1m の距離から撮影した画像では、単純計算による計測精度は 0.5~1.0mm に低下するので、コンクリート構造物を対象とした場合、補修が必要となるひびわれ幅の目安である 0.3mm を判読することは難しい。

#### 4. 計測精度向上の検討

上述のように、解像度を上げて精度を向上することは難しいので、何らかの方法で 1pixel 未満の距離を計測する技術が必要となる。そのためのアイデアの一つとして、筆者らは以下の方法に着目している。

デジタル画像における各画素の明るさは、その画素に対応する撮像素子に入力された光の量により決定される。従って構造物表面のひびわれや欠陥など背景と大きく明るさ（明度）の違いがある対象物を撮影した場合、対象物が 1 画素に満たない大きさであっても、撮像素子に入力される光の量が相対的に少なくなるので、画素に明暗として記録される。

この現象を利用すると、背景と対象物の明度差を有意な任意の数  $m$  で階調化することにより、1 画素に相当する距離の  $m$  倍の精度での計測が可能となる。図 - 1 は、グレースケール画像を 5 階調化した例である。簡単のため、光の量と画素の明るさが比例すると仮定すると、背景の明るさ 100、計測対象物 0 の条件では、ひびわれが 20% を占める画素の明るさは 80 となり、80% を占める画素は 20 となる。写真 - 3, 4 は、実際のひびわれを撮影した画像を 8 階調化した事例である。

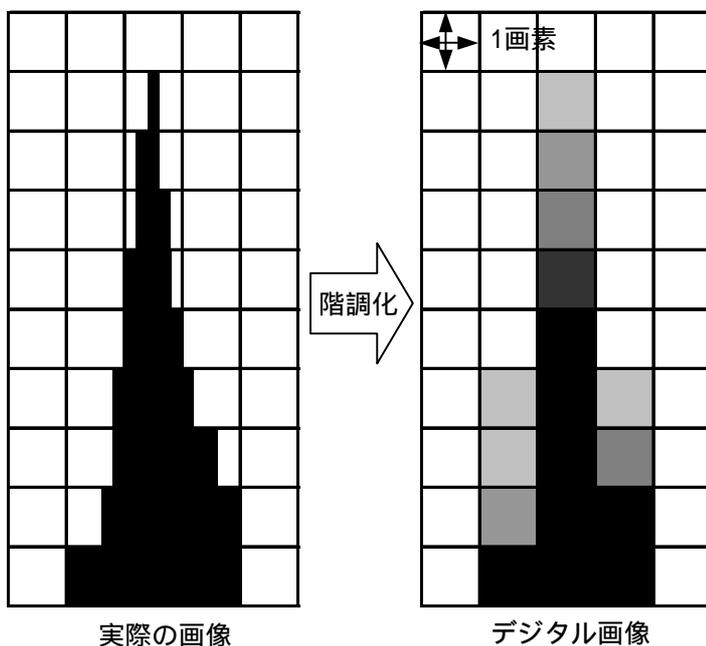


図 - 1 明度差を利用した計測原理

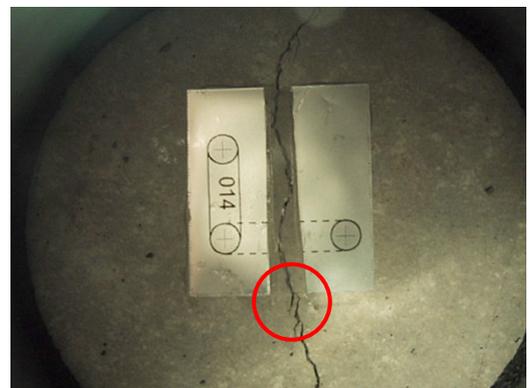


写真 - 3 ひびわれの撮影画像

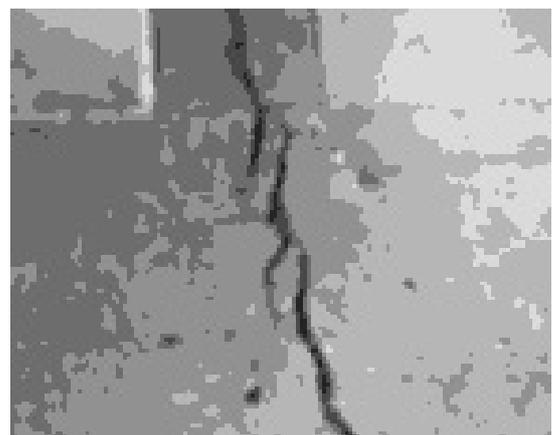


写真 - 4 階調化した画像（丸印拡大）

#### 5. おわりに

以上の検討の結果から、画像の実 pixel 数を数えてひびわれを計測する方法は、被写体に近い距離から撮影しなければ、実用上必要な精度の確保が難しいことが確認できた。

また明度差を利用した方法も、コンクリート表面の明るさは一様でなく、計測時における表面の汚れや照明状況など、実用化のためには解決しなければならない問題が多い。今後、現場実験などを行い実用性の有無と精度について検証することが課題であると考えている。