

光点検知を搭載したタブレット PC による劣化部位計測システム

日本電信電話 (株) アクセスサービスシステム研究所

正会員 ○齋藤千紘, 川端一嘉

日本電信電話 (株) アクセスサービスシステム研究所

非会員 高橋宏行

1. はじめに

1-1. 概要

コンクリート構造物の定期点検ではひび割れ・剥離などの状況を点検して補修・補強および更改の判断を実施している。劣化の進行度を推定するには劣化サイズの定量データが必要であるが、高所に発生した劣化など直接計測が困難な事例では定量データの取得にコストを要することが課題であった。この課題に対し、アクセスサービスシステム研究所ではレーザーポインタの光点を含む撮影画像から簡易かつ高精度に遠隔計測を行う技術の原理を考案し、報告を行った¹⁾。本稿では、その原理を活用し遠隔計測を実現するために、撮影画像上をなぞることでひび割れ長を自動計測するソフトウェアについて述べる。

1-2. 原理

以下に、撮影画像を用いた遠隔計測技術の原理を述べる。計測者は撮影機材と一体化した光点出力装置を用いて計測を行う(図 1)。本装置は覗き穴を中心に既知の距離 R で T 字状に配置された 3 つのレーザーポインタを有しており、図中 z 軸方向に光点を出力する。この 3 つの光点及び計測対象が同時に収まるように撮影された画像を用いて、画素分解能 M を求めることができる。画素分解能 M は、光点 A,B 間の距離 $G_1+G_2(\text{pixel})$ を用いて以下の式で求められる。

$$M = \left(\frac{2R}{G_1 + G_2} \right)$$

最終的に計測対象のサイズは、計測対象が占める画素数 N に画素分解能 M を乗じることで得られる。

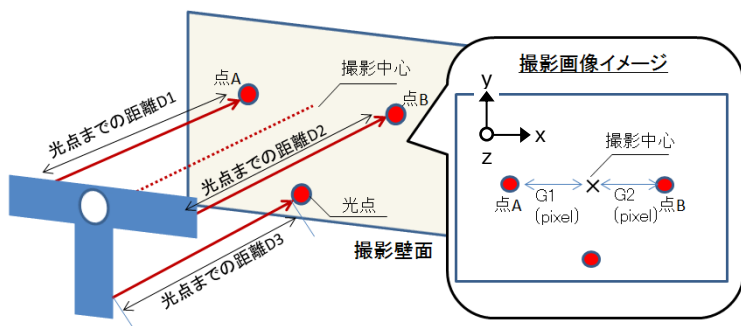


図 1. 遠隔計測の原理

2. ソフトウェア処理

前述の原理を用いて計測対象のサイズを求めるためには、2 つの処理を行う必要がある。1 点目は撮影画像から光点を検知し $G_1+G_2(\text{pixel})$ を求める処理であり、2 点目は劣化部位など計測対象の画素数 N を認識する処理である。このうち 1 点目について撮影画像毎に施す処理は同一であるので、ソフトウェア処理により自動化した。これにより作業者が手動で光点検知する場合と比較して作業量を削減すると共に、計測者に依存する誤差を排除することが可能となる。

2 点目については、画像上で認識すべき劣化部位の形状及び個数が多様であると考えられるので、作業者が撮影画像上の計測対象をなぞることで画素を認識する手法を実装した。よって作業者によるなぞり誤差の大きさを確認することが必要となる。以下に、1 点目の光点検知技術及びなぞり誤差を含めた計測精度について報告する。

2.1 光点検知技術

本手法は、とう道など外光の少ないコンクリート構造物内を点検する用途に用いることを想定している。光点検知の自動化にあたっては、様々な物体が映り込む撮影画像から光点以外の物体を排除し光点領域のみを抽出することに課題があった。

図 2 は光点出力装置により撮影された画像である。輝度の高いレーザー光点は画像中心を基準に等間隔に配置されており、中心の白飛びした円と周囲の赤い拡散光で表現されている。この特徴的な光点を抽出する際に、一般に撮影画像を表現するのに用いられる RGB 表色系は不適である。輝度が高く赤いという情報を領域抽出の条件とするには、RGB 表色系の 3 軸である R(赤), G(緑), B(青)は互いに相関が大きく、3 軸それぞれに処理を施す必要がある。

そこで、光点検知を行うにあたってまず撮影画像を HSV 表色系へと変換した。HSV 表色系は、レーザー光の持つ輝度が高く赤いという情報を V(輝度)及び

キーワード: 画像処理技術 コンクリート ひび割れ 剥離
〒305-0805 茨城県つくば市花畑 1-7-1 齋藤 千紘(さいとう ちひろ) [Tel:029-868-6218](tel:029-868-6218)

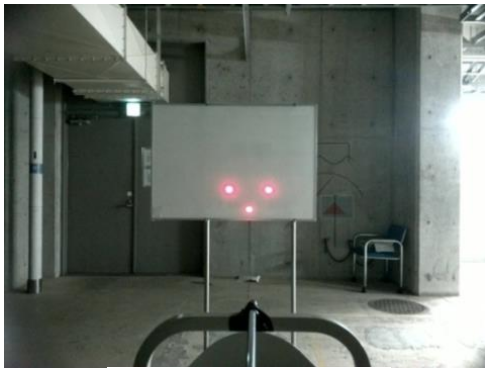


図 2. 撮影画像

H(色相)でそれぞれ独立に扱うことができる。輝度情報 V を二値化し、白飛びした領域を抽出したのが図 3 である。ただし撮影画像に光点以外の外光や電光などが存在すると、図 3 中に光点以外の白飛びが発生する。輝度情報のみでオブジェクトを 3 つに絞り込めない場合は、色相情報 H を輝度情報 V に乗じることで、高い H 値(赤い拡散光)に囲まれた白飛び部分のみを抽出することができる(図 4)。光点 A 及び光点 B の重心座標を導出して距離を求め、キャリブレーションによりレンズ歪み補正した結果を $G_1+G_2(\text{pixel})$ として求めた。

2.2 なぞり誤差を含む計測精度

光点検知を行った後、撮影画像上の劣化部位をなぞって画素数を認識する処理を行い、サイズを計測する。本技術が提案する遠隔計測の精度評価実験を、以下に示す手順で行った。

直接計測値 800mm の長さを持つ紐状の物体を壁面に配置し、800 万画素のカメラを持つタブレット PC を用いて正対した状態で撮影を行った。撮影画像内の計測対象をなぞることで対象の画素数 N を求め、光点検知により自動的に求まる画素分解能 M 乗じて実長を計測した。撮影距離は 0.5m から 5.0m まで 0.5m 間隔で変化させ、各撮影距離において 5 回の計測を行った。なお、計測前に撮影距離 1.0m, 2.0m, 3.0m の光点検知結果からレンズ歪み補正式を決定し、キャリブレーションを行っている。以下に述べる測定誤差には、ソフトウェアの処理に依存する光点検知誤差と、キャリブレーション誤差、計測者が撮影画像上をなぞることに由来するなぞり誤差が含まれている。

実験結果を図 5 に示す。図の赤線は計測対象の実長 800mm を示している。キャリブレーションを行った撮影距離 3.0m 内の範囲では、いずれの計測値も実長から誤差 4%以内の値を示した。撮影距離 3.0m を超える範



図 3. 二値化された輝度情報 V

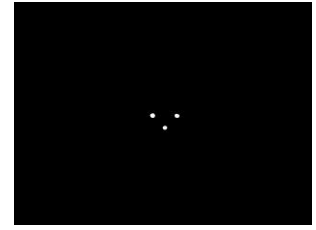


図 4. 光点検知結果

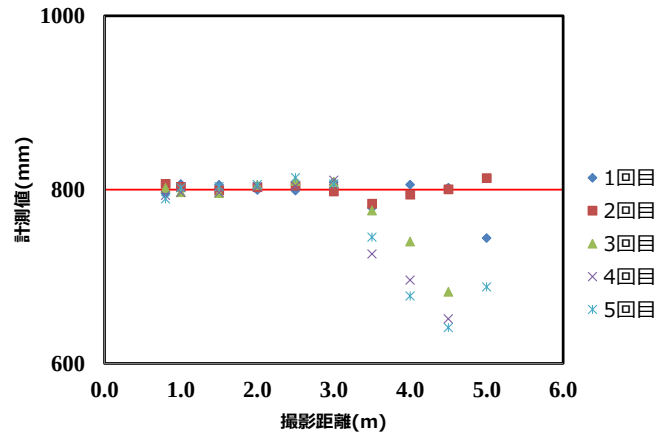


図 5. 精度評価実験結果

囲ではばらつきの多い測定結果となっており、キャリブレーション範囲外でレンズ歪み補正の誤差が大きく反映される結果となっている。よって、キャリブレーションを行った範囲の撮影距離では、なぞり誤差も含めて良い精度で遠隔計測を実現することが可能である。

3. まとめ

前稿で提案した原理及び本稿の画像処理を用いた光点検知技術により、撮影画像内に長さの基準を自動で付与することが可能となった。光点検知は、光点の輝度および赤色色相を抽出するプロセスにより実装した。計測誤差は、キャリブレーションを行った撮影距離 3.0m 以内において 4%以内である。コンクリート構造物内の点検のために本手法を用いるにあたって、撮影距離 3m 以内で運用することは現実的であり、本手法を適用して目視計測以上の精度を持つ遠隔計測を実用化することが可能である。

本手法は前稿で報告した原理に基づく壁面角度検知機能を備えることが可能である。角度検知機能を含めた精度向上、およびキャリブレーションの最適化が今後の課題である。

参考

- 1) 田中航, 内堀大輔, 川端一嘉, 高橋宏行: "レーザーポインタの光を活用した撮影画像内のひび割れ長計測方法", 土木学会年次学術講演会講演概要集 70th, VI-167, 2015-08-01.