

3次元画像計測装置による道路付属施設等の形状計測

ドーコン 防災保全部 ○正会員 佐々木聡

ニコン技術工房 MB部 正会員 小出 博

1. はじめに

我が国でも道路利用者への安全性の確保と利便性を提供するため、道路上には数多くの道路標識、道路情報提供装置、照明設備などの付属施設が設置されている。昨今、これらの道路付属施設に、自動車交通や風荷重などの振動が原因と考えられる損傷・落下事故が数多く報告されている。通常、このような損傷による事故を未然に防ぐためには、通行車両の交通規制を伴ない高所作業車などを利用した、近接点検や補修作業を実施しているのが実体である。そこで、これら数多くの道路付属施設の点検を、より合理的にかつ効率的に実施出来るよう、点検員の近接目視検査に代わる検査手法の1つとして、CCDカメラ撮影による3次元画像計測技術を利用した試験形状計測を行い、道路付属施設等の形状検査装置としての利用性を検証したので報告する。

2. 計測装置の概要

(1) 計測原理

3次元の距離情報の取得方法は、主に表-1に示す4種類の方法が考えられる。この中で、今回は、CCDカメラを2台用いた両眼立体視法と投光法を利用している。

表-1 3次元距離情報取得方法一覧表

方法	原理	測定される量	死角	能動・受動
両眼立体視法	三角測量	絶対距離	有り	受動
投光法	三角測量	絶対距離	有り	能動
レーダー法	伝搬時間からの距離推定	絶対距離	無	能動
人工テクスチャ法	模様のひずみからの傾斜推定	相対距離	有り	能動

両眼立体視法は、お互いの位置関係で既知の2ヶ所の視点から対象を観測することにより、その対象物の3次元位置を知ることができる。

これは、視覚情報から、二つの視点と対象上の1点を頂点とする三角形が設定できるという幾何学的性質に基づいているため、三角測量の原理とよばれている。人が二つの眼で外界を観測し、右眼と左眼での見え方の差に基づいて奥行きを知覚するのもこの原理である。

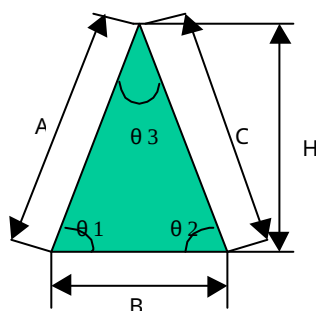


図-1 三角測量の原理

$$\begin{aligned}\theta_3 &= \pi - (\theta_1 + \theta_2) \\ A &= B \sin \theta_2 / \sin \theta_3 \\ C &= B \sin \theta_1 / \sin \theta_3 \\ H &= A \sin \theta_1 = B \sin \theta_2\end{aligned}$$

図-1に示すように、カメラ間の距離Bと対象点との角度 θ_1 、 θ_2 が解れば、三角形は決まる。B、 θ_1 、 θ_2 を与えると他の項目は上式で表される。

(2) 計測方法

両眼立体視法における最も大きな問題点である、二つの画像間での位置関係を決定するため今回は、投光法を利用した。これは、両眼立体視法における二つの視点のうち一方にはカメラの代わりに強い光源を置き、そこからある方向へ選択的に光を投影して、対象物体表面でのその光の像をもう一方の視点に置いたカメラで観測する方法である。また、2つの撮影画像の同一点（対応点）を取得する方法として、格子状の模様を

キーワード： 維持管理，3次元画像，形状計測，道路付属施設，CCDカメラ

連絡先： 〒004-8585 札幌市厚別区厚別中央1条5丁目4番1号 TEL 011-801-1576 FAX 011-801-1577

対象物に投影し縦横の格子線に番号をつけ交点を対応点とする方法を採用した。計測方法と順序は、格子パターンを被写体へ投影する。格子像を左右のCCDカメラで撮像する。格子のみを画像処理で取り出す。格子線に番号付けを行い、交差座標を左右の画像上で求める。2枚の画像上の交差座標値を基に3次元座標値を計算する。次に格子支点間の線分上座標値を計算する。最後に既に計算された3次元座標位置を基に補完し空白部の3次元座標を求める。この手法により、3次元座標を求め、対象物を座標値のある点群として画像処理することが出来る。

（３）計測装置

利用した3次元画像計測装置は、計測対象にパターンを投影後、そのパターン画像を2台のCCDカメラで撮影して、対象物の3次元形状を計測する装置である。

この計測装置は、高解像度カラーCCDカメラ2台とパターン投影プロジェクター（150W ハロゲン光源）が一つのユニットとして構成されている。概念図を図-2に示す。

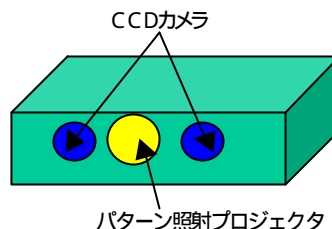


図-2 3次元画像計測装置概念図

3．計測結果

今回は、図-3、図-4に示すように、道路附属施設の代表的な施設である橋梁の防護柵（ガードレール）を対象物として試験的に計測を行った結果、断面最深凹み部の実測値 $d = 45.0\text{mm}$ に対し、3次元計測値 $d' = 43.5\text{mm}$ （図-6）であった。この事より、室内用に開発された3次元画像計測装置の屋外での適用性が実証され、道路附属施設の立体形状を計測する事が可能である事が確認できた。



図-3 橋梁防護柵計測状況

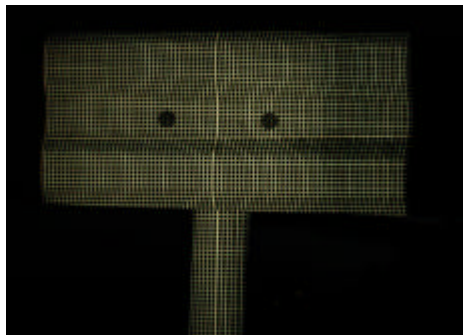


図-4 撮影格子画像

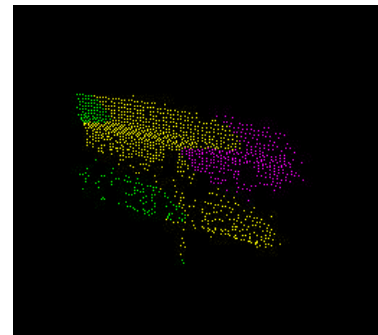


図-5 3次元点群画像（正面）

4．まとめと今後の課題

CCDカメラ2台を用い、両眼立体視法と投光法を併用した光学的3次元画像計測装置で、図-5に示すように橋梁の防護柵を立体的な点群画像として座標値を計算し形状を計測する事が出来た。

しかし、今回使用したカメラユニットは、計測範囲が横80cm×縦60cmの広範囲計測タイプであるため、細部の画像取得が出来なかった。また、パターン投影する光源が弱かったため、明瞭なパターン画像の取得が困難であった。さらに、形状実測位置と計算位置の関係づけなどの課題点が判明した。このような課題を踏まえ、今後、道路附属施設等構造物の細かい部材の3次元情報が取得可能なカメラユニットの開発とそれによる計測を数多く実施して、形状検査装置としての利用性を検証して行く予定である。

参考文献

- ・井口征士，佐藤宏介 共著：「3次元画像計測」昭晃堂
- ・小出博，手塚政男，佐々木聡：平成13年度 土木学会北海道支部論文報告集 第58号 pp.940-941

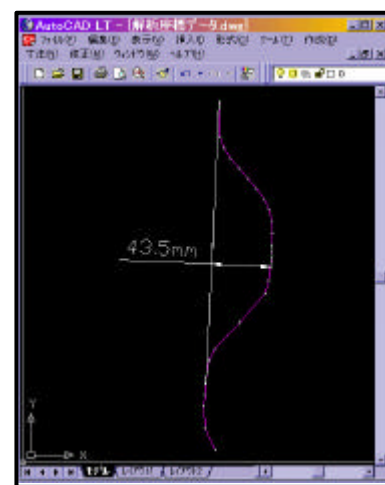


図-6 断面最深凹み部計測図