

3次元画像計測装置による道路附属施設の形状計測

Verification of Shape Measurement on Road Auxiliary Facilities using Measurement Device of 3D Picture

(株)ドーコン ○正会員 佐々木 聡 (Satoshi Sasaki)
(株)ニコン技術工房 正会員 小出 博 (Hiroshi Koide)
旭ハイテック(株) 手塚政男 (Masao Tezuka)

1. はじめに

わが国の道路交通網の多くは、高度経済成長期に建設され、利用者への利便性を提供するため、道路上には道路標識、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。近年これらの道路付属物において、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。このような損傷のほとんどは、繰返し荷重による部材の疲労損傷が主なものと考えられるが、中には部材接合部（ボルト接合など）の緩みによる変状も発生している。これらの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う高所作業車などの利用による、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計測を行い、道路付属施設の形状検査装置としての適用性に関する検証を実施した。

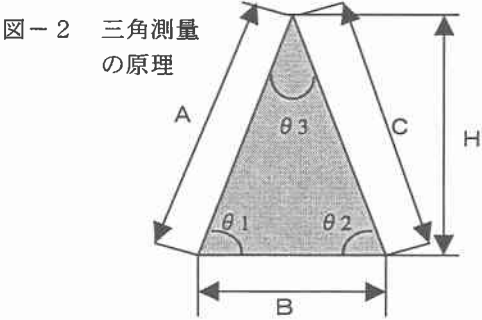
2. 計測装置の概要

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。

両眼立体視法は、お互いの位置関係から既知の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に基づいている。



カメラ間の距離Bと対象点との角度 θ_1 、 θ_2 が解れば、3角形は決まる。B、 θ_1 、 θ_2 を与えると他の項目は次式で表される。

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

実際のCCDカメラと撮像レンズ、対象点の位置関係を図-3に示す。

図-3 カメラと対象点の位置関係

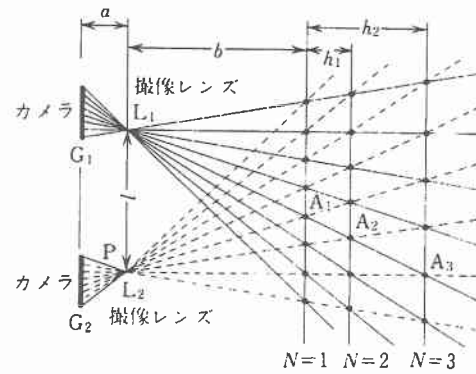


図-1 両眼立体視概念図

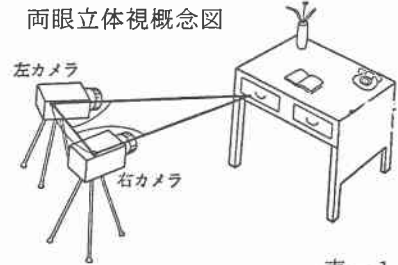


表-1 3次元距離情報取得方法一覧表

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

両眼立体視法における最も大きな問題点は、二つの画像間での位置関係の決定である。今回は、この問題を回避するために投光法を利用した。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つの撮影画像で同一点（対応点）を取得する方法として、格子状の模様を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ている。これは、最初に撮影されたそれぞれの画像で格子のみを画像処理により取りだし、次に格子線の番号付けを行い、縦横で同じ線の番号で形成される交点の座標2枚の画像上でそれぞれ求め、その2枚の画像上の座標値をもとに対象点の3次元座標位置を計算する。このように、対象物に投影された格子全ての交点座標を求めると、交点間の線分上の座標値も計算することが可能になる。さらに交点および線分上の3次元座標をもとに補完を行い、交点の無い部分の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。

②計測装置

今回利用した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。

図-4 3次元画像計測装置概念図

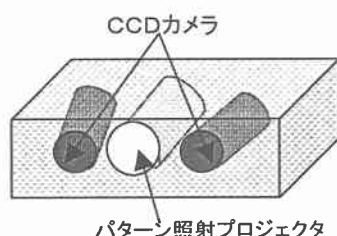
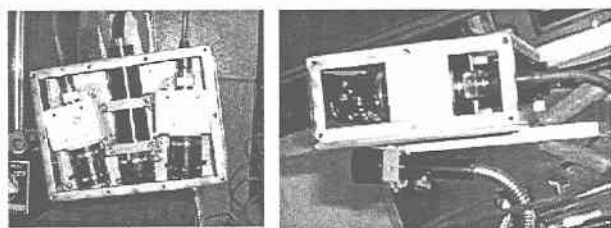


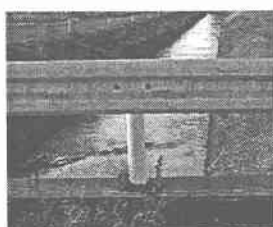
写真-1 3次元画像計測装置



3. 計測結果

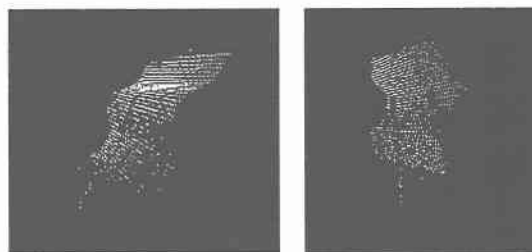
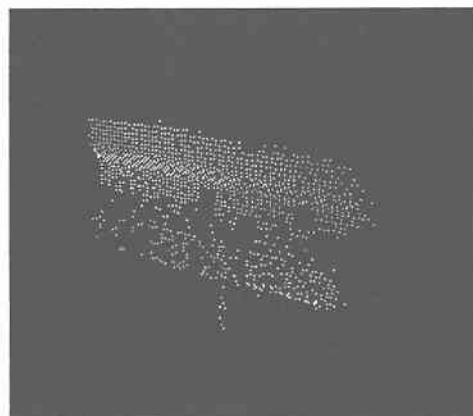
今回は、道路付属物の代表的な施設である、橋梁の防護柵（ガードレール）を対象物として試験的に計測を行った。この結果、室内用に開発された3次元画像計測装置を屋外で利用できる事が

写真-2 橋梁の防護柵



実証され、道路付属施設の立体形状を3次元の点群座標に計算し画像として表示することが可能であることが確認できた。

図-4 3次元点群画像



4. まとめと今後の課題

CCDカメラ2台を用いた両眼立体視法と投光法を併用した光学的3次元画像計測装置により、橋梁の防護柵の形状を立体的な点群画像として座標値を計算し表示可能ことが検証された。しかし、今回使用したカメラユニットは、焦点距離が150cm、計測範囲が80cm×60cmの広範囲計測タイプのため、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。今後は、このような課題点を踏まえて道路付属施設のボルトや橋梁の支承などの細かい部分の画像取得が可能なカメラユニットの開発とその計測検証を実施して形状検査装置としての利用性を確認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