

短基線ステレオ計測によるコンクリート構造物の遠望目視点検

芝浦工業大学 学生会員 ○磯松 祐一郎
 芝浦工業大学 正会員 勝木 太
 芝浦工業大学 正会員 中川 雅史

1.はじめに

現在、コンクリート構造物のひび割れ点検は、主に目視で行われている。しかし、目視点検では測定における個人誤差によって計測精度に大きなばらつきが生じてしまう。そこで既往の研究では、この個人誤差の影響を回避するために、計測の自動化などが試みられている[1]。筆者らは安価で設置が簡便なステレオ計測に着目し、これによる目視点検の研究[2]を進めてきた。これにより、近接目視に相当する三次元計測が可能であることを確認したが、遠望目視点検に相当する三次元計測が可能となれば、点検作業の迅速化を図ることができる。そこで、本研究では、撮影対象から離れた位置からの三次元計測でも、精度を保証できるかを検証することを目的とする。

2.手法

本研究の流れを図1に示す。

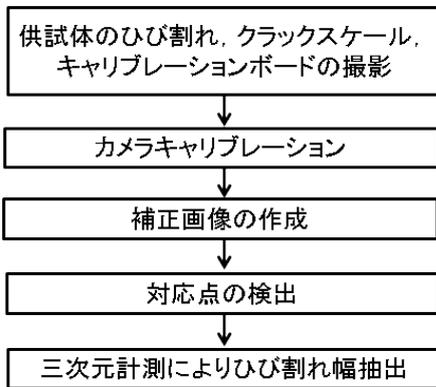


図1 ひび割れ抽出までのフローチャート

2.1 カメラキャリブレーション

本研究では、計測対象に基準点を設置しない固定基線でのステレオ計測を行うために、Zhangの手法[3]によるカメラキャリブレーションを行った。この手法は、後述した式を最小化することで、カメラの内部パラメータ (A, k_1, k_2) およびカメラの位置姿勢パラメータ (R_i, t_i) を得るものである。

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \|m_{ij} - \check{m}(A, k_1, k_2, R_i, t_i, M_j)\|^2$$

これにより求めた2つのカメラのパラメータと、2つのカメラ画像上で対応する画像座標値を用いることで、対象点の位置を求める手法がステレオ計測である(図2)。

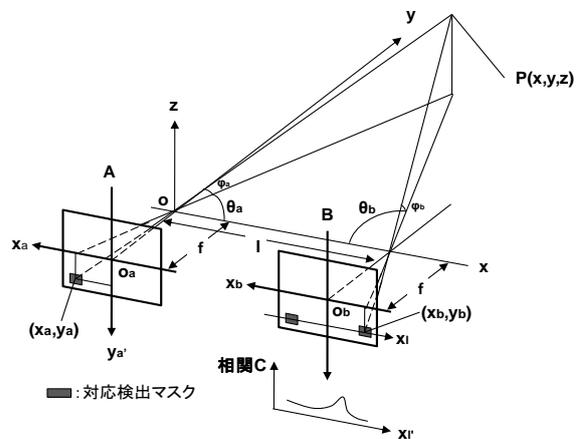


図2 ステレオ計測

2.2 遠望目視

遠望目視とは、カメラ等を活用した近接目視を含む目視のことである。ステレオカメラを用いて行う場合は、カメラの姿勢(向き)や基線長(カメラ間の距離)が重要となってくる。これらに変化することでステレオ計測の性能に影響してくる。

3.実験

コンクリートひび割れを捉えるには、±0.1mm程度の精度で計測することが求められる。そこで、5m先の対象をステレオ計測する上で、その精度を±0.1mm以内にできるかを検証するため、基線長、カメラの向きをパラメータとして設定し、それぞれの精度を求めた。また、撮影距離5mにおける空間解像度を、0.3mm/ピクセル程度に設定した。さらに、この撮影距離において

キーワード ステレオカメラ, 三次元計測, カメラキャリブレーション, コンクリートひび割れ, 遠望目視点検

連絡先 〒135-8548 東京都江東区豊洲3-7-5 TEL03-5859-8359 E-mail: h09203@shibaura-it.ac.jp

コンクリートひび割れを計測できるかを確認するために、0.3mm程度のひび割れを発生させたコンクリート供試体を計測対象として準備した。撮影環境、対象を図3に示す。また、使用機材を表1に示す。

結果：取得画像（左）と、サブピクセル処理による任意のひび割れ箇所の自動特定結果（右）



図3 撮影環境

表1. 使用機材およびカメラ設定

使用カメラ	NIKON D300 (2台)
使用レンズ	AF-S NIKKOR 200mm
画像サイズ	2144×1424px
記録形式	TIFF形式

4. 結果

ステレオカメラ基線長およびカメラの向きと計測精度の検証結果を表2に示す。さらに、5m先において、コンクリートひび割れ箇所を計測可能であることも確認した（図4）。

表2 ステレオカメラ基線長およびカメラの向きと計測精度の検証結果

基線長[cm]	カメラの向き	RMSE (全方向) [mm]
16	平行	0.116
21	平行	0.139
16	注視	0.097
21	注視	0.099
26	注視	0.085
36	注視	0.089

5. 考察

表2に示したとおり、カメラの向きが計測対象へ注視した形であれば、±0.1mm以下の精度を出すことができた。カメラの向きが計測対象へ注視した形と比較して、カメラの向きが平行な場合は、±0.1mm以下の精度を達成しなかった。これは、ステレオ画像のオーバーラップ率が低下し、Zhangの手法におけるレンズ歪みの除去が不十分となったことが原因として挙げられる。また、理論上、基線長を長くするほど精度が良くなると予想できたが、本実験においては、計測精度に顕著な変化がなかった。

さらに、図4に示したとおり、撮影距離5mにおける空間解像度を、0.3mm/ピクセル程度に設定したとしても、サブピクセル処理により、±0.1mm以下の計測精度を実現できるとともに、画像上においてクラック形状を詳細に把握できることも確認できた。

6. まとめ

本研究では、遠望目視において、ステレオ計測の精度を保証できるかを検証した。特に、本実験では、撮影距離を5mに設定し、カメラの向きを計測対象へ注視した形にすることで、±0.1mm以下の精度で計測できることを確認するとともに、画像上においてクラック形状を詳細に把握できることも確認できた。

参考文献

- (1) 西村正三ほか, 3D レーザ・デジタル画像を用いた軍艦島計測と損傷図作成 -3D点群のレンダリング・ひび割れ描画支援システム-, 日本写真測量学会“写真測量とリモートセンシング”, pp46-53, 2012.
- (2) 小林潤一ほか, ステレオカメラを用いたコンクリートひび割れ進展の把握, 第39回土木学会関東支部技術研究発表会, I-44, 2011.
- (3) Zhengyou Zhang, “A Flexible New Technique for Camera Calibration”, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 22(11):1330–1334, 2000.

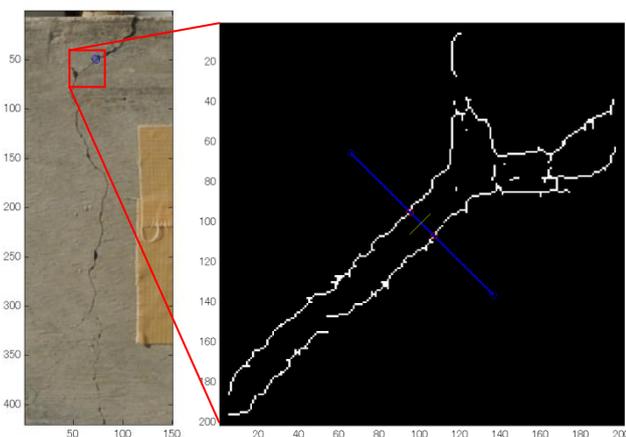


図4 5m先におけるコンクリートひび割れ箇所を計測