

民生用デジタルカメラによる急傾斜地測量法の開発

第一工業大学 学生会員 ○名嘉眞 智明
第一工業大学 正会員 田中 龍児
第一工業大学 正会員 岡林 巧

1. はじめに

写真測量は、撮影した写真から対象物の3次元座標を得る技術である。従来、写真測量を行うためには高価な測定用カメラと図化機が必要であったが、最近の民生用デジタルカメラは解像力が大幅に向上し、価格も安くなったため、手軽に計測に利用できる技術として実用化研究が進められている。また、それに併せてソフトウェアも進歩し、市販のデジタルカメラとパソコンによる3次元計測が可能となっている。

しかしながら、ほとんどのシステムは撮影方法の制約（条件）が多いため操作が難しいことや、高度な専門知識が必要なため誰でも使えるリーズナブルなシステムになっているとは言い難い。

田中¹⁾²⁾は、市販のデジタルカメラを用いた海岸地形測量を、自由な姿勢で撮影した複数の写真を用いて、かつ撮影対象物に標定点を設定せずに、概算の座標値のみの入力でカメラ座標と傾きを精度良く計算している。この技術と画像マッチングの技術を組み合わせることにより、レーザ計測と同じように撮影された写真の画素単位に近い3次元座標を得ることが可能になる。

2. 研究の目的

旧来の写真測量の計算の中心は、バンドル調整法（図-1 参照）という最小二乗法の原理から成っている。バンドル調整法とは、空中三角測量における調整計算法のひとつで、各写真上で対応する点を空間上で結ぶ事により写真相互間のつながりをつけてモデル全体を計算する方法である。簡単には、画像の点と対応する地上の高さが既に分かっている複数の点（基準点）点になるべく一致するように、未知数（カメラの内部、外部パラメータ、および3次元形状）を探索することである。本研究では、古典的な写真測量の理論に近年の発達が目覚ましい画像処理技術を取り入れ、地上測量では困難な急傾斜地測量法の開発を試みる。

3. 計測の原理と方法

民生用のカメラレンズはひずみ大きいので、キャリブレーションが必要である。キャリブレーションとは、カメラの内部パラメータ（焦点距離、レンズのひずみ補正係数、画像中心など）と外部パラメータ（カメラの傾き、位置など）を求めることであるが、画像処理の分野では写真測量の標定点に相当するパターンを写した複数のビューから、各パラメータを求める Zhang³⁾ の手法が用いられている。ソースプログラムも公開されており、多くの研究がなされている。本研究でもこの手法で内部・外部パラメータを求めた。

内部・外部パラメータが判明すれば、対象点の座標を取得することは容易であるが、この方法では、対応点を1点ずつ指示しなければならない。これを自動化するためには画像マッチングを行わなければならないが、本研究では、対応点はエピポーラ線上（図-2 参照）に存在するという条件を用い探索の高速化を図った。

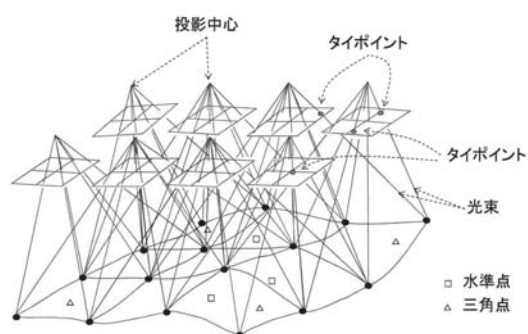


図-1 バンドル法概念図

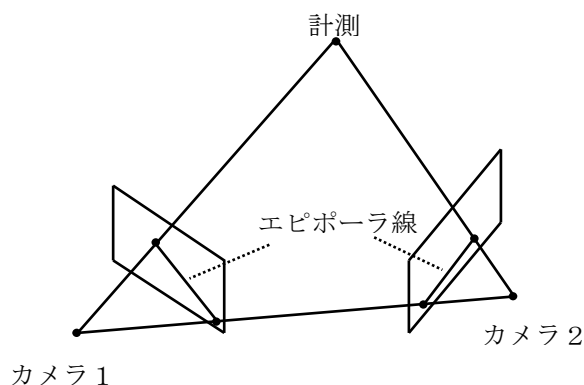


図-2 エピポーラ拘束

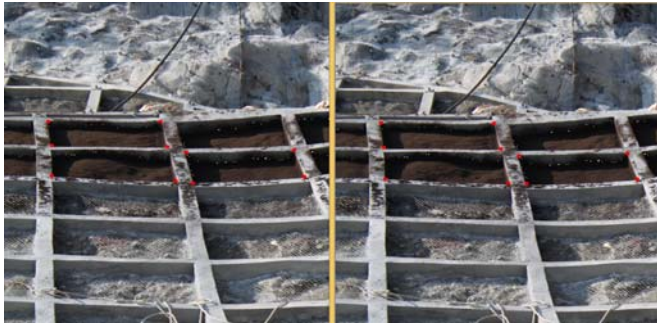


図-3 3次元座標取得



図-4 ステレオ写真

表-1 計測した3次元座標と点間距離 単位 m

X(水平)	Y(垂直)	Z(奥行)	点間距離
0.78	0.52	2.80	0.00
0.82	0.59	2.78	0.08
1.39	0.54	6.24	3.50
1.85	0.53	6.17	0.46
1.17	0.81	5.95	0.77



図-5 マッチング画像

図-3 は、しらす斜面の崩壊後の修復工事面を少しずらして撮影した2枚の写真から、特徴点をクリックし座標を取得している様子である。赤点は座標を取得する点であり、あらかじめカメラの内部パラメータを求めておき、バンドル法により座標を算出した。

図-4 は、キャリブレーション用のチェスボードを斜面の前に置き、写真を撮影している様子である。計測点の位置は次の手順で求めた。1) チェスボードが写るように左右10組程度のステレオ写真を撮影する。2) 外部パラメータを求めて平行化する。3) その内1組のステレオペアで対応点の視差を算出して奥行き方向の距離を求める。

4. 計測結果

表-1 は、クリックした画像の座標から、3D座標と点間距離を求めたものであるが、標定点座標が未知のため検証はできていない。本手法では、カメラ基線長など既知のステレオカメラで撮影するか、撮影対象物にスケールになるものが必要である。図-5 は、2画像の平行化の後、視差を求め点群データにより3D表示したものである。現時点では、各点の座標値を求めるところまでは至っていないが、将来的には簡単で迅速かつ経済的に非接触3次元計測を実現する技術として期待できる。

謝辞：本研究は、平成26年度鹿児島県建設技術センターの助成を受けています。記して、感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 田中龍児，西隆一郎，幸哲也，二ツ町悟：民生用デジタルカメラを用いた浅海域地形の写真測量法の開発について，2006年7月海洋開発論文集，第22巻，pp.911-916（第4章）
- 2) 田中龍児，西隆一郎，佐藤道郎，高江洲剛：サンゴ礁海域を対象とした写真測量(測深)法の開発，2007年7月海洋開発論文集，第23巻，pp.543-547（第4章）
- 3) Zhang Zhengyou：A flexible new technique for camera calibration, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence* 22(11), pp.1330-1334, 2000.