

## 簡易デジタル写真測量システムの最適撮影諸元に関する基礎検討

木更津工業高等専門学校 学生会員 ○白井 隆文  
木更津工業高等専門学校 正会員 島崎 彦人

### 1. はじめに

デジタル写真測量は、従来の写真測量に比べ、3～6倍高い精度を得ることができる、標定やモデル化もコンピュータを用いることで自動ないし半自動で行うことができる、撮影した写真の管理が容易である等の利点がある<sup>1)</sup>。また、近年、デジタルカメラの高画質化や多機能化、低価格化が飛躍的な勢いで進んだことから、文化財調査や災害現場調査等、様々な場面で民生用デジタルカメラを用いたデジタル写真測量の需要が高まっている<sup>2)</sup>。

本研究では、計測用カメラではなく一般に市販されている民生用デジタルカメラと、バルーンやラジコンヘリといった安価なプラットフォームを組み合わせた簡易デジタル写真測量システムの開発に取り組んでいる。本報では、開発中のシステムにおける最適な撮影諸元の提示、および、カメラキャリブレーションの重要性の再確認を目的として行った一連の解析について報告する。なおここで言う撮影諸元とは、基線長および光軸の傾きのことを指す。

### 2. 方法

#### 2.1. 3次元モデルの構築

民生用デジタルカメラは、マニュアルフォーカス機能が付いていることと画素数が500万画素以上あることの重要性<sup>1)</sup>を考慮し、Canon PowerShot G11を使用した。撮影対象は、湿度や気温による体積変化が小さい廃プラスチック製の立方体(90\*90\*90mm)とした。撮影対象には、撮影した2枚の画像の画像座標を関連付けるための相互標定に用いる標定点(円形)、および、モデル作成後の3次元計測に用いる検証点(蝶ネクタイ型)を付した。標定点の中心計測の精度が検証点の計測精度に影響を与えることが懸念されるが、撮影画像上で標定点の直径を58.25画素以上にすることで影響を無視できるとの先行研

究<sup>3)</sup>に基づき、標定点の直径は5mmに設定した。また、画像座標と現実での座標を関連付けるための絶対標定に用いる基準点は、撮影対象の下に設置した板に描いた、縦横30mm間隔の平行線の交点とした。

##### 2.1.1. カメラキャリブレーション

2次元配置のカメラキャリブレーション用シートを、正面から1枚、上下左右から斜め方向に1枚ずつの計5枚撮影した。それらの画像をTOPCON社のImage Master Calib<sup>4)</sup>で解析し、カメラキャリブレーションファイルを作成した。

##### 2.1.2. 外部標定

撮影した2枚の画像をカメラキャリブレーション結果と共にTOPCON社のImage Master<sup>4)</sup> ビギナーズへ取り込み、標定点の中心を自動2値化処理により求め、2枚の相互標定を行った。さらに、2枚の画像上の基準点とその座標値をもとに絶対標定を行った。

##### 2.1.3. モデル構築

標定結果に基づいて、同ソフトウェアにて3次元モデルを構築した。

#### 2.2. 3次元計測性能の評価

##### 2.2.1. 最適撮影諸元の探索

2.1.1.～2.1.3.の手順を、基線長(10～150mm, 20mm刻み)と光軸の傾き(10°, 20°, 30°)の各値を変更して繰り返し行った。得られた24種類の3次元モデルの各検証点の3次元座標値を計測し、実測値との残差を計算した。残差の計算結果を目的変数、基線長と光軸の傾きを説明変数とした重回帰分析を行い、残差に対する基線長と光軸の傾きの影響を調べた。

##### 2.2.2. カメラキャリブレーションの重要性の確認

2.2.1.において最適だと判断した諸元下でのモデルに対し、キャリブレーションパラメータの値を0にすることで、3次元計測の結果にどのような変化が出るのか検証した。

キーワード デジタル写真測量、民生用デジタルカメラ、3次元計測

〒292-0041 千葉県木更津市清見台東 2-11-1 木更津工業高等専門学校 TEL 0438-30-4000

E-mail: sirai.takafumi@gmail.com

### 3. 結果と考察

#### 3.1. 撮影諸元

##### 3.1.1. 光軸の傾き

重回帰分析の結果、 $0 \sim 20^\circ$  内の光軸の傾きの違いが残差に有意な影響を与えるとは言えないことがわかった。なお、今回用いた Image Master ビギナーズでは、筆者の経験上、光軸の傾きの増大とともに、基線長や光軸の傾きなどの外部標定要素の推定誤差が生じる懸念があった。このことから、より安定した推定結果を期待できる  $0^\circ$  が、最適値であると判断した。

##### 3.1.2. 基線長

重回帰分析の結果、基線長の違いが残差に有意な影響を与えることが認められた。X,Y,Z の 3 方向における各残差の中央値を基線長ごとに比較したところ、3 方向ともに残差が低かった基線長は 110mm であった(図 1)。基線長が 130mm, 150mm の場合、対象表面の標定点を正しく認識できなくなる現象が起きた。そのため 130mm, 150mm の場合は適さないものと判断した。今回の検証における撮影距離が約 220mm であったことを考慮すると、撮影距離に対する基線比が約 0.5 となる基線長が最適値であると言える。一般的に好ましいと言われる基線比は、0.3～1.0 の間である<sup>1)</sup>ので、今回の結果は妥当であると考えられる。

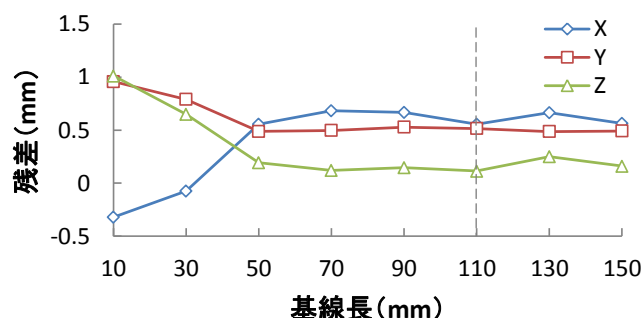


図 1 基線長－残差グラフ

#### 3.2. カメラキャリブレーションの重要性

基線長 110mm, 光軸の傾き  $0^\circ$  のモデルにおいて、キャリブレーションパラメータを 0 として、再度解析を行った結果、作成したモデル自体が撮影対象本来の形状を再現できない現象が発生した(図 2)。これにより、3 次元計測を正常に行うことが困難となり、残差はどの点においてもカメラキャリブレーションを行った場合に比べ大きくなった。この結果か

ら、カメラキャリブレーションは、写真測量を行う上で極めて重要であると判断した。



図 2 3 次元モデル画像, (左)キャリブレーション有, (右)キャリブレーション無

### 4. 今後

今回の検証環境は、安定した照明のある室内における 3 脚を用いた撮影であり、対象も変形の少ない素材からなる立方体であった。実際の撮影では、対象がより複雑な形状をとるだけでなく、天候によって撮影時の光環境も変化する。さらに、プラットフォームの振動によるブレが画質を悪化させる可能性も懸念される。

今後は、プラットフォームにカメラを取り付けた状態の野外撮影を行い、諸元をどの程度まで再現出来るのか、また、野外撮影で達成可能な精度はどの程度なのか検証を行なっていきたい。

### 参考文献

- 1) 津留宏介, 村井俊治(2011): デジタル写真測量の基礎～デジカメで 3 次元測定をするには～, 日本測量協会, 107pp.
- 2) 柳秀治(2011): 市販のデジタルカメラを用いた三次元計測について, THE JOURNAL OF SURVET 測量 2011 年 9 月号, 日本測量協会, pp.32-34.
- 3) 村岡龍治, 曾根光男, 須藤昇, 横塚英世, 白井直樹(2010): 重心法による円の中心位置の計測誤差, 写真測量とリモートセンシング vol.49 no.3, 日本写真測量学会, pp.128-139.
- 4) TOPCON : <http://www.topcon.co.jp/positioning/products/product/3dscanner/imgmaster.html> [2012/01]