

# デジタル写真測量による 景観模型の三次元モデリング

1100383 片岡 香織

高知工科大学工学部社会システム工学科

景観模型は、丘や山といった地形に粘土などを用いて制作する。粘土で丘を制作する為、制作した丘の正確な標高値を知ることは困難である。そこでデジタル写真測量を使い景観模型の三次元モデリングを試みた。目標精度は模型から図化することを考慮し、0.5mm とした。その結果、デジタル写真測量を行うことで景観模型の丘の形状を等高線で詳細に表現できた。検証結果は平均 1.6mm の誤差が出た。今後もっと誤差を小さくしていくことが課題である。

**Key Words :** 三次元モデリング、デジタル写真

## 1. 背景

近年、デジタルカメラやPC周辺機器が目まぐるしい発展をしてきた。それによってデジタルカメラとPCを利用したデジタル写真測量が簡易になってきた。この技術は、実際の物体に非接触で計測可能という利点である。

現在、デジタル写真測量は様々な分野に利用されている。主な利用分野は、以下のとおりである。

- ・遺跡の3Dモデリング
- ・医療分野での3Dモデリング
- ・模型の3Dモデリング

景観模型は、丘や山といった地形制作に粘土などを用いて制作している。粘土で丘を制作する際、丘の高さはある程度設定した高さで作っているものの、仕上がりの高さは多少変動する。したがって正確な高さを求めることは困難である。そこでデジタル写真測量(以降、写真測量と呼ぶ)を用いた景観模型の数値モデル化が期待されている。写真測量を行うことで景観模型の丘の正確な高さを求めることができる。このデータをもとに設計図面を描いたり、同じ模型を再現することも可能となる。

## 2. 目的

本研究の目的は写真測量を使って景観模型の三次元データを取得することである。取得された三次元データを元に等高線を描き、設計図として利用可能かどうか検討する。目標精度は模型から図化することを考慮し、0.5mm とした。

## 3. 使用デジタルカメラ

本研究室が所有しているデジタルカメラ Nikon 『D100』を使用した。(図 3.1) カメラの仕様を表 3.1 に示す。



図 3.1 Nikon D100

表 3.1 Nikon D100 カメラ仕様

有効画素数	610 万画素 (3008×2000pix)
焦点距離	35 mm
絞り値 (f)	22
CCDサイズ	23.7mm×15.6mm

#### 4. 写真測量の原理

写真測量とは、平面上に写された像の形から立体座標を計測する技術である。

写真測量において被写体、カメラのレンズ中心が一直線にあるという幾何学の条件を共線条件という（図 4.1）。共線条件の基本式を式 4.1、式 4.2 で示す。

二次元の 1 枚の写真から被写体の三次元座標を求めることは不可能である。その為、異なる点から撮影した 2 枚の写真を用い、同じ点を特定することで三次元座標を計算できる（図 4.2 参照）。

今回、デジタル写真測量には三次元モデル作成ソフトプロコン製の“3D画像計測ステーションPI3000”を使用した。

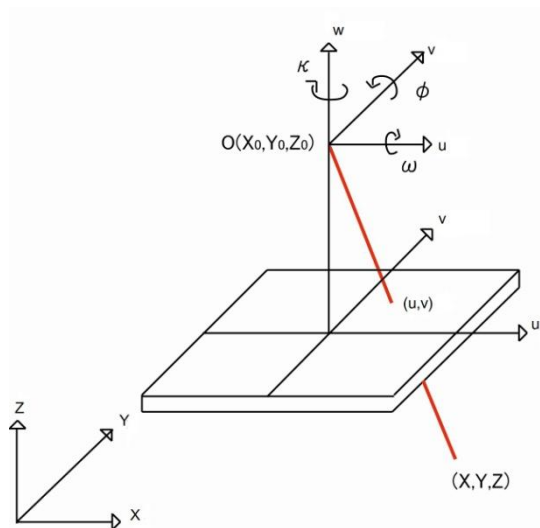


図 4.1 共線条件

$$u = c \frac{a_{11}(x - x_0) + a_{12}(y - y_0) + a_{13}(z - z_0)}{a_{31}(x - x_0) + a_{32}(y - y_0) + a_{33}(z - z_0)} \quad (式 4.1)$$

$$v = c \frac{a_{21}(x - x_0) + a_{22}(y - y_0) + a_{23}(z - z_0)}{a_{31}(x - x_0) + a_{32}(y - y_0) + a_{33}(z - z_0)}$$

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix} = \quad (式 4.2)$$

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \omega & -\sin \omega \\ 0 & \sin \omega & \cos \omega \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos \phi & 0 & \sin \phi \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & \cos \phi \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos \kappa & -\sin \kappa & 0 \\ 0 & \cos \kappa & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

- $(X, Y, Z)$  : 対象物Pの地上座標
- $(X_0, Y_0, Z_0)$  : 投影中心の地上座標
- $c$  : 焦点距離
- $(u, v)$  : 対応する写真像の写真座標
- $a_{ij}$  : 回転行列の要素( $\omega, \phi, \kappa$ )

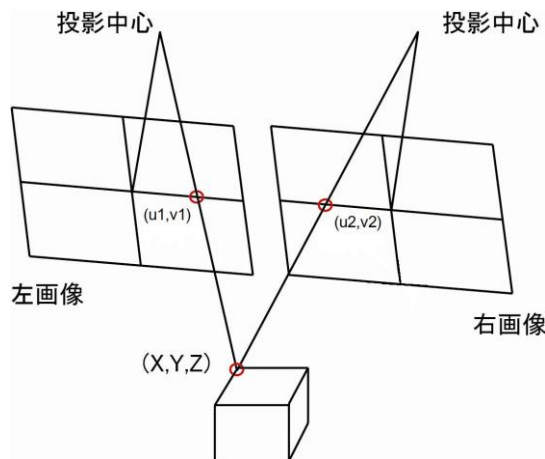


図 4.2 デジタル写真測量概念図

#### 5. デジタル写真測量の流れ

##### 5. 1 レンズのキャリブレーション

カメラの焦点距離、レンズ歪み、レンズの中心位置を正確に求めることをキャリブレーションという。高精度な計測においてキャリブレーションは必須である。

今回キャリブレーションは測量機器製造メーカーに委託した。

##### 5. 2 写真撮影

対象物をステレオペアで撮影する。通常、対象物に対して 45~90° 程度離れた左右から 1 枚ずつ撮影する。なお、レンズ歪みは、投影面とレンズの位置によって変化する。レンズキャリブレーションはピントが∞の位置の時に測られたものである。したがって、写真測量のためには、ピントを常に∞に設定して撮影しなければならない。しかし、模型は 1m 未満の距離から撮影しなければならないため、ピンボケにならない工夫が必要である。

今回は絞りを最大限に絞って被写界深度を

大きくすることで良好なピントを保った。

したがって、写真撮影をする上で注意すべき点は、スローシャッターとなるためカメラブレを防ぐことである。次にブレを起こりにくくする為に ISO 感度を大きくして撮影を行う。ISO 感度を大きくすることで感度の高い写真が撮影することができる。

### 5. 3 標定

標定とは撮影した時のカメラの位置と傾きを求める処理のことをいう。

標定を行う為には標定点を 6 点以上設定する必要がある。今回は基準点を 3 点、ステレオ対応点を 4 点設定した。

基準点とは、三次元の位置情報をもつ持つものである、ステレオ対応点は、位置情報を持っていないが、左右の写真に同一物が写っている点のことである。これらの標定点を選択し、標定を実行する。標定の結果が、縦視差、画像座標ともに 1.00pix 未満となれば標定完了である。

### 5. 4 モデリング

モデリングとは三次元モデルを作成することをいう。今回は多角形（ポリゴン）で対象物を表現する手法を用いた。2 枚の画像の同一点をマウスで選定し囲んでいき同一ポリゴンを作成する(図 5.1)。

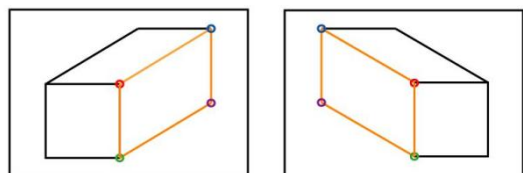


図 5.1 モデリング

## 6. 景観模型の三次元モデリング作成

### 6. 1 写真撮影

今回の模型は、60×84cm、高さ 9.5cm の景観模型である。この模型の丘の標高値を求め

等高線を描く必要がある。精度の高い等高線を描く為に写真撮影前に模型全体に不規則に目印になる点を 80 個ランダムに配置した。これはモデリングを行う際、ポリゴンを作成に役立てることができる。

今回、撮影をする際、三脚を使えなかった為、ブレ防止に ISO 感度：1250，絞り：22 に設定して撮影した。

図 6.1、図 6.2 はそれぞれ左、右方向から撮影した写真である。



図 6.1 デジタル写真測量に用いた画像（左から撮影）



図 6.2 デジタル写真測量に用いた画像（右から撮影）

## 7. 測量結果及び検証

### 7. 1 結果

3D画像計測ステーション PI3000 を使って標定を行った結果、縦視差、画像座標ともに誤差が 1.00pix 以下となり標定は完了した。(表 7.1)

図 7.1 は、景観模型の三次元モデリング後、レンダリングを行ったものである。レンダリ

ングとは、数値データとして与えられた物体や図形に、対応する画像を貼りつけることである。図 7.2 は、得られた三次元モデルを元に等高線を描き、標高を算出したものである。

表 7.1 標定結果

縦視差	0.50 pixel
画像座標	0.99 pixel

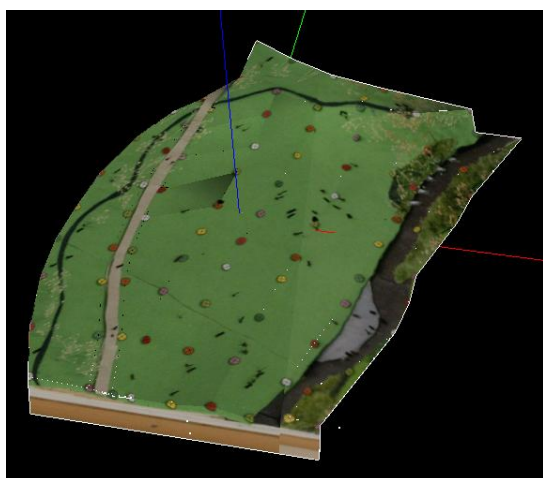


図 7.1 三次元モデリング

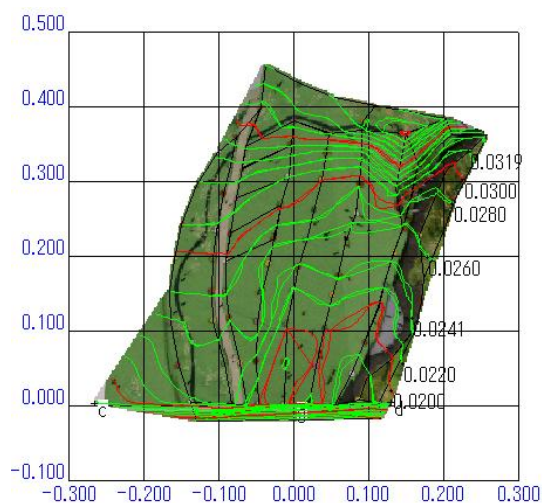


図 7.2 X-Y-Z 座標

## 7. 2 検証

写真測量によって得られた各点の座標をもとに、各点間の距離を計算した。一方で各点間の距離を定規で測り、写真測量の結果と比較した(表 7.2)。結果、平均誤差は 1.638mm

であった。0.5 m<sup>2</sup>の模型上で 1.638mm の誤差は模型全体の 2%なので設計上は大きい誤差となる。0.5mm 以下となることが望ましい。

	測量結果(mm)	実際の距離(mm)	誤差(mm)
1	54.976	57	2.024
2	66.331	68	1.669
3	54.797	56	1.203
4	55.617	57	1.383
5	45.341	47	1.659
6	50.502	52	1.498
7	45.436	47	1.564
8	39.087	41	1.913
9	34.134	36	1.866
10	43.399	45	1.601
		平均	1.638

表 7.2 測量結果と実際の距離

## 8. 考察

最終的に写真測量を行い景観模型の三次元モデリングすることができた。しかし、精度は目標を達成することはできなかった。今回標定精度は約 1pixel であった。今回の撮影条件であれば、1pixel のズレは、対象物において約 0.14mm のズレに相当する。したがって問題は標定にあるのではなくモデリング時の対応点の取得法、もしくは検証データ作成時の定規での読み取り精度にあると考えられる。

今後、問題点を明らかにし精度向上を目指す。

## 9. 参考文献

- 1) 株式会社トプコン 高地伸夫「デジカメ画像による 3D 計測・モデリングーデジタルフォトグラメトリー」
- 2) 山本優太、高木方隆(2007)「遺跡三次元モデル保存のためのデジタル写真測量基準点設置手法の開発」、2007 年度修士論文、高知工科大学
- 3) 野村努、高木方隆(2002)「デジタル写真測量による三次元地形モデルの自動生成」、2002 年度修士論文、高知工科大学