

第Ⅵ部門

正射投影モデルを用いた初期値不要の三次元画像計測

京都大学大学院 学生員 ○山口 貴之
京都大学大学院 正会員 小野 徹

1. はじめに

現在のデジタル写真測量において確立されている調整計算モデルは、高速性、三次元画像計測の精度の高さなどの面に比べると、適用性の高さの面ではまだまだ課題が残されている。従来の解析方法では、おおよその撮影位置・角度、さらに被写体上の対象点のおおよその位置も既知でなければ計算できない。いくつかの座標既知点（基準点）があれば、それらを用いてカメラ撮影位置などを推定すること（標定）は可能であるが、従来手法である DLT では最低 6 点以上の基準点が必要である上に、それらが平面的に配置されている場合に計算が不安定であった。

そこで、本論文では DLT よりも必要な基準点の数が少なく、平面的に基準点が存在する場合でも安定した計算が可能な正射投影モデルを用いる。正射投影モデルを用いることで DLT よりも少ない数の基準点しか用いずに標定計算および対象点座標の調整計算が可能であることを示すとともに、デジタル写真測量の汎用性の向上に対する本手法の有効性を検証する。

2. 標定法の概要

正射投影モデルとは、アフィン投影モデルに

{条件 1}：光軸と撮像面は直交する {条件 2}：像の x 方向と y 方向の縮尺が等しい
という 2 つの制約条件を付け加えたモデルである。以下にその基礎式ならびに制約条件式を示す。

正射投影基礎式

$$\begin{aligned} x_a &= A_1X + A_2Y + A_3Z + A_4 \\ y_a &= A_5X + A_6Y + A_7Z + A_8 \end{aligned} \quad (1)$$

制約条件式

$$A_1A_5 + A_2A_6 + A_3A_7 = 0 \quad A_1^2 + A_2^2 + A_3^2 = A_5^2 + A_6^2 + A_7^2 (= m^2) \quad (2)$$

ここに、 (x_a, y_a) は撮影されたカメラ画像座標 (x, y) を正射投影変換した座標（正射投影画像座標）である。正射投影モデルでの標定とはモデル式のパラメータ $A_1 \sim A_8$ を決定することを意味する。これらはカメラの回転角や撮影位置などの標定要素を一般化したものであり、 $A_1 \sim A_8$ から標定要素の値を推定することもできる。なお、本研究では簡単のため内部標定要素は既知であるとしている。

手順.1

正射投影画像座標 (x_a, y_a) を得るには、カメラ画像座標 (x, y) からの投影変換の際に一部の外部標定要素が必要となる。しかし、外部標定要素は未知であるため、 (x_a, y_a) の初期近似値として (x, y) をそのまま用い、基準点座標を与えて基礎式 (1) から $A_1 \sim A_8$ を求める。ここで、 $A_1 \sim A_8$ の 8 個のパラメータを 2 つの式により求めるためには 4 点以上の基準点が必要となる。

手順.2

次に、求めた $A_1 \sim A_8$ を初期値として式 (1)(2)(3) を同時に解き、 $A_1 \sim A_8$ を更新する。さらにこれらの値から外部標定要素を求める。

手順.3

得られた外部標定要素を用いて (x_a, y_a) の値を更新する。手順 2,3 を繰り返して調整計算により解を得る。

なお、実際には基準点以外の対象点座標も同時に求めているが、説明が複雑になるためここでは省略している。手続き上最低 4 点の基準点が必要となるが、正射投影モデルのパラメータの自由度は 6 であり、理論上は 3 点の基準点でも解を得ることができる。これは、基準点が平面上に配置されていてもよいということを意味する。

正射投影モデル、写真測量、三次元画像計測

京都市左京区吉田本町 京都大学, 075-753-5064

3. シミュレーションによる評価

本手法では平面的に配置された4点の基準点だけでも標定計算ができるので、窓枠の4隅といった身近な物を基準点として代用することも可能である。そこで、シミュレーションでは図1に示したような建造物を被写体とし、その窓枠にあたる点のうち15点を対象点とし、それらの中から1-2-3-4の4点を基準点として選んだ。基準点の配置は被写体全体の横方向の30分の1という非常に狭い範囲であり、さらに全く同一平面上に存在している場合を想定した。

また、撮影状況は図2のように焦点距離30mmで撮影距離60mの場合と、焦点距離100mmで撮影距離200mの場合の2通り設定し、各撮影位置から1枚ずつ撮影した。評価方法は、画像標準誤差と、対象点座標の真値と解析により得られた値とを比較した外的精度を採用した。

得られた解析結果を表1に示す。焦点距離が30mmのケース、焦点距離100mmのケースともに、平面方向の理論誤差2mm前後に収まっている。全くの同一平面上に基準点を配置していることもあって、Z方向の精度が他の2方向に比べると低いのが、基準点の配置がこれほどに偏っていることを考慮すれば、この精度は十分実用可能であると言える。

焦点距離		30mm	100mm
画像の標準誤差		0.0011	0.0011
外的精度	X 座標	1.45	1.10
	Y 座標	0.68	1.46
	Z 座標	3.53	4.84
	平均値	2.24	2.98

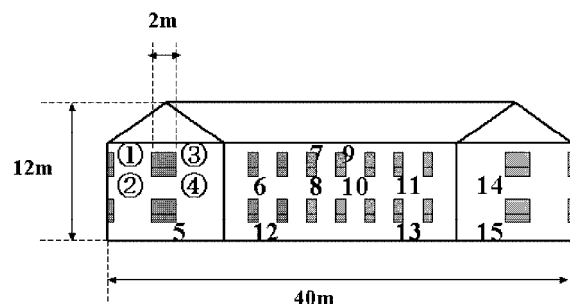
表1：シミュレーションの解析結果 (単位:mm)

4. 今後の課題

本論文では、シミュレーションを行って本手法の評価を行ったが、広角のレンズを用いた場合には不安定になるといった事例もあり、解決すべき問題も残されている。これらを解決するため、手法そのものを改良するとともに、様々なシミュレーションを引き続き行っていく必要がある。また、今後実際に撮影実験を行って得られた画像を用いて解析し、本手法を評価する必要がある。

参考文献

1) 小野徹, 服部進, 正射投影モデルを用いた画像標定の原理, 日本写真測量学会平成14年度年次学術講演会発表論文集 P.205~P.210, 日本写真測量学会



・①～④を基準点とし、②の1m奥を原点とする座標系をとる

図1：被写体前面図

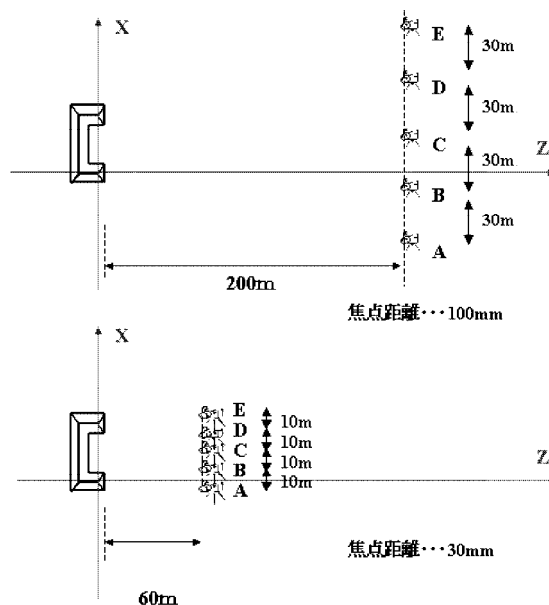


図2：撮影状況