

3次元デジタルカメラ測量における カメラ姿勢と精度に関する基礎的研究

環境防災研究室 大本裕之
指導教官 宮木康幸

1.はじめに

わが国では、現在の斜面崩壊の監視方法として CCD カメラを使用した写真測量システムを使用している場合がある。しかし、この方法では、ターゲットの設置やカメラの設置するために労力がかかるので容易に観測することができない。そこで安価なデジタルカメラを使い、相互標定の理論を利用した三次元測量システムの技術を応用できないかと考えた。この方法は持ち運びに便利なデジタルカメラを複数の別の場所から撮影した画像を用いて算出する写真測量である。今後目指すシステムの一例として写真測量のネットワーク化がある。これは、カメラをターゲット代わりにしてお互いのカメラの画像を撮影し合うことを行なう写真測量です。これを携帯電話の内蔵のカメラ機能を用いることにより画像のデータのやり取りがすぐにできるので、計測できるので今後の発展が期待される。そのため、写真測量に必要な係数を簡易的に求めた値を使用したほうが本研究の目的は、①簡易的な方法で求めた必要な係数がどのように結果に影響するか②カメラの姿勢が変化することによってどれだけ結果の影響があるか、以上の 2 点を調査する。

2.三次元測量システムについて 1)2)

まず今回のデジタルカメラを用いた 3 次元測量システムを行なうためには、内部標定と外部標定を行なう必要がある。

①内部標定とは、カメラ固有の焦点のずれやレンズの収差に代表されるカメラ自体が持つ誤差を測定する方法である。一般的にカメラで撮影された画像のゆがみをとるために算出する。これはカメラ独自の値となるので、カメラ 1 台に対し 1 回測定すればよい。

外部標定とは、カメラの相互標定を行なうときに必要な位置や向きを求め手法である。撮影の毎に算出しなければならない。

3.内部標定要素について



図 1 内部標定を求めるときに使用する立体定規

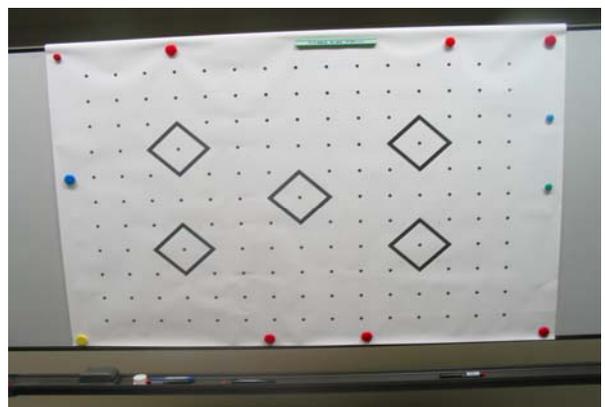


図 2 今回使用した印刷物

カメラのゆがみを除くために行なう内部標定は通常図 1 のような立体定規を使用して計測します。この立体定規は横方向、高さ方向、奥行き方向の情報があるので、精度のよい内部標定を行なうことができます。しかしながら、立体定規を用いて計測を行なう場合、準備や既知点の計測に多大な労力が必要だ。

そこで、図 2 のような点が多く書かれた印刷

物を用いた。これは立体定規とは異なり奥行き方向の情報が存在せず立体定規程度の精度で内部標定を求めることが難しいと予想される。本研究では図 2 を用いて TOPCOM 社製の PI3000 から内部標定を求めた。

4. 外部標定要素について

外部標定の算出は図 3 に示す双方の画像に共通する点(パスポイント)の位置を何点か指定することによって求めることができる。通常パスポイントを 5 点から 10 点の間で行なわれる。このときにパスポイントの選択方法によって三次元測定の精度に現れるため注意が必要である。

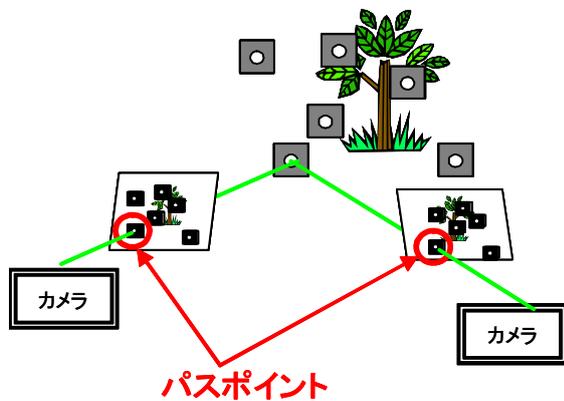


図 3 パスポイントの選択

5. 三次元測量システムの作業フロー

- ①内部標定要素を入力する。
- ②パスポイント(画像の中で共有して使う観測点)を設定する。(通常は 6 点から 10 点)
- ③左右のカメラ画像から写真座標を収集する。
- ④プログラムにより排出されたデータを内部標定要素により主点のずれや歪曲収差などを補正する。
- ⑤基線長のような(基線長がわかっていなければ 1 と与えられる)他の既知量を入力する。
- ⑥初期近似値(例: $\beta 1, \gamma 1, \alpha 2, \beta 2, \gamma 2$)を入力する。(通常はすべて 0 を与えるものであるが、カメラに傾きを与えた場合にはその傾きを与えるとよい結果が得られる)
- ⑦正規方程式を解くことにより近似解(例: $\Delta \beta 1, \Delta \gamma 1, \Delta \alpha 2, \Delta \beta 2, \Delta \gamma 2$)を算出し、未知数を補正する。

⑧収束判定を行い、決められた収束値より大きな場合は補正された未知数を近似値として 7. を繰り返す。収束判定で収束したと判定された場合は 9. に進む。

⑨パスポイントのモデル座標を算出する。

⑩基線長を入れていなかった場合、パスポイント間の実測値を入力し実尺とする。

⑪実尺三次元座標を算出する。

6. パスポイントの位置による影響



図 4 ターゲットの写真

次の図 4 の写真のようにターゲットを並べた。特に白い線で描かれている部分は 10 個のパスポイントが等間隔(約 16cm ずつ)で一直線上に並べられている。この並べ方は奥行き方向や高さ方向の変化がなく横方向のみの変化のため、この 10 点のみをパスポイントとして計算しても結果が収束することができなかった。そのため、この 10 点の他にパスポイント追加する必要がある。これ以外のターゲット 14 点をパスポイントとして組み合わせることで求められる内部標定要素が精度に及ぼす影響について検討する。今回は基本となる 10 点と実測値との差がどのように比べることができるかを 20 のパターンを調べてみた。

図 5 はパスポイントを 10 点に加えて追加した 4 つのパスポイントを用いて算出した内部標定要素を使って求めた三次元座標値とトータルステーションにより測量した実測値との

誤差の二乗和を表している。ただし、今回はいちばん差が小さいものを 1 として他はその比で結果を比較しています。その結果今回いちばん実測値との差が小さかったのはパターン 3 となった。

図 5 からパスポイントの配置によって大きな差が生じています。以下の写真図 6, 7 では精度が 1 番目と 2 番目によかったパスポイントの位置であるパターン 3 とパターン 9 を示した。また逆に図 9, 10 は精度が悪くなったパスポイントの位置の組み合わせであるパターン 4 とパターン 8 である。

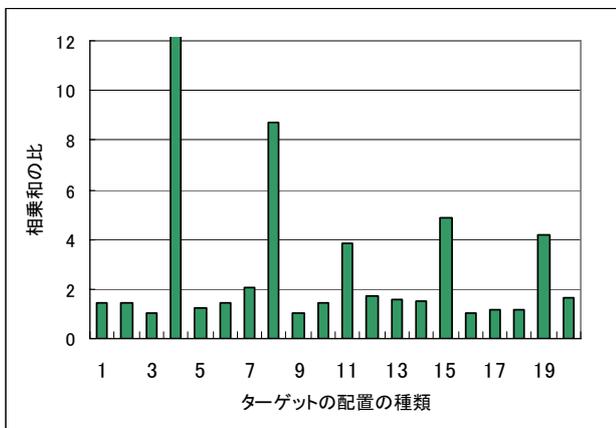


図 5 パスポイントの配置パターン

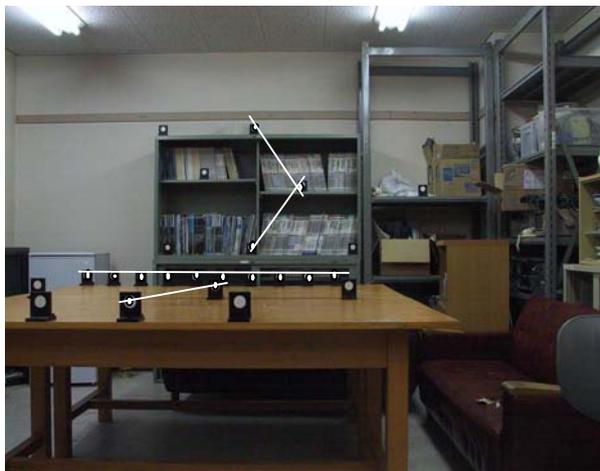


図 6 1 番精度がよい配置パターン

図 6 は、今回の実験で一番精度が良かったパスポイントの配置パターンであり、画面の中央部に分布しています。

図 7 は 2 番目に精度が良かったものであり、測定対象の奥行きや高さ方向の情報が十分散



図 7 2 番目に精度のよいパターン



図 8 2 番目に精度が悪いパターン



図 9 一番精度が悪いパターン

らばっています。

図 8 は 2 番目に精度が悪かったパスポイントを配置であり、パスポイントが基準点より後ろにあり、奥行き方向の情報は十分存在するが、高さ方向の情報は非常に少ない。

図 9 は一番精度が悪かった配置パターンで

あり基準となる 10 個のパスポイントよりも奥にある本棚に配置されたパスポイントをまったく使用していないため、奥行き方向の情報も不十分で高さ方向の情報も不十分です。

次に、基準点の 10 点のほかにもどのくらい少なくすることができるのか調査した。この場合 12 個の場合は収束をしないことがわかった。そして 13 個使用した場合は収束する場合があったが、先の実験結果と同様にこの 3 つのターゲットの配置によって結果に大きな影響を及ぼすことがわかった。

実験結果からまた今回の実験からはっきり言えることは、2 次元的な情報のみよりも 3 次元的な情報を入れたほうの精度がよく出ることがわかった。

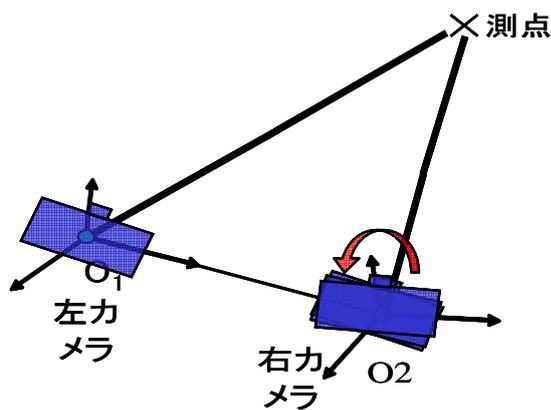


図 10 カメラのズレによる影響の概念図

8. カメラの方角が変化して起こる試験

計測をするときに風や手振れなど何らかの要因でカメラがずれる可能性がある。そのため、少しのカメラの方向の変化が起こることによって出力結果に対して大きな影響が出てくる可能性がある。そこで今回の実験では図 10 のように左カメラから見たときのカメラの X 方向を 0 度としカメラを反時計回りで 0 度から 1 度ずつ角度を動かし 10 度まで回転させてその誤差を調べてみた。ちなみに、パスポイントのパターンはいちばん精度がよかったが図-6 のパターンを使用した。

実験の結果事前に予想した結果は回転角度が大きくなるにたがって精度が悪くなるもの

だと思った。しかし、8 度で極端に精度が低下するが、9 度では 1～7 度の場合と同程度の精度となりました。なお、角度が 10 度では計算が収束しなかった。この結果からは、横方向か

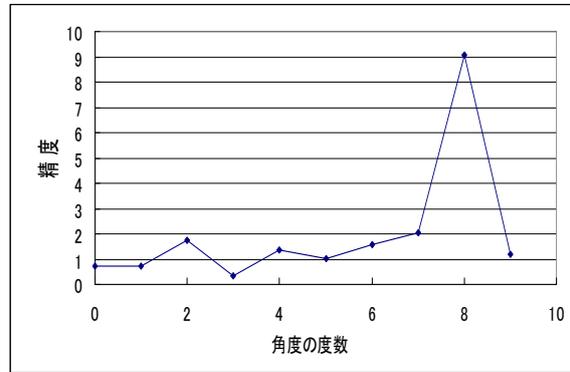


図 11 角度と精度の関係

ら 5 度程度のカメラの回転は、精度に大きな影響を及ぼさないことがわかった。

9. 結論と課題

結論として、

- ①パスポイントの選定については、高さ方向の情報が重要である。
- ②今回の実験では、画像の中心付近に集中した方がよい。
- ③カメラ姿勢については、5 度程度の回転では精度に大きな影響がない。

課題として、再度、内部標定要素の影響をも考慮した実験を行う必要がある。

{参考文献}

- 1)武田：解析写真測量によるデジタルカメラを用いた三次元測量システムの開発に関する研究 長岡技術科学大学大学院工学研究科 平成 14 年
- 2)社団法人日本写真測量学会：解析写真測量改訂版 (社)日本写真測量学会・解析写真測量委員会、平成 9 年