

慣性写真測量の実用化に関する研究(その1)

基線高度比の影響と測定精度の提示

千葉工業大学 正会員 小泉 俊雄

千葉工業大学 学生会員 ○鈴木 英文

千葉工業大学 学生会員 升屋 渉

1. はじめに

慣性写真測量とはカメラに慣性計測装置(IMU: Inertial Measurement Unit)を取り付けることにより、撮影時のカメラの位置と傾きを求める基準点不要の写真測量である。IMUは時間と共に誤差が増大するという特性を持つため撮影基線長 B を長くすることにより撮影にかかる時間が長くなり誤差が増えると考えられる。本研究の目的は奥行き H を固定し、撮影基線長 B を変えた場合に、測定誤差がどのように変化するかということと、本研究で開発した慣性写真測量装置の測定精度を提示することである。

2. 使用した慣性計測装置の仕様

センサー部に使用している角速度計は米国 Kearfott 社製の T-16B 型のモノリシックリングレーザージャイロであり、加速度計は米国 AlliedSignal 社製の QA-1200 型の高精度加速度計である。図1に慣性写真測量装置を示す。



撮影部 コントロール部
図-1 慣性写真測量装置

作製した慣性写真測量装置は災害現場等の多少足場が不安定な場所での撮影も可能となるように背負子式のものとした。装置は図1に示すように、カメラとIMU (IMU: Inertial Measurement Unit) を搭載した撮影部と、バッテリーとパソコンを搭載したコントロール部に分けた。

2.2 機器

カメラは一眼レフデジタルカメラの canon EOS-1Ds Mark2 DIGITAL を使用した。画面サイズは $36 \times 24 \text{ mm}$

であり、カメラ部有効画素数は約 1670 万画素、総画素数は約 1720 万画素である。IMU は多摩川精機 (株) の TA7431 を使用した。

3. 使用したソフトウェア

解析には実体視をせずにステレオペアの画像の対応点をマウスでクリックして対応点の 3 次元座標を計測することのできるビクトリーソフト社の 3 次元計測ソフトである、フォトモデラー6を使用した。

3.1 誤差の補正について

本研究では、慣性データの誤差として影響の大きい ZUPT 処理 (静止時は速度ゼロ) を行った。また、標既知点に慣性装置を停止させることで、既知座標を用いて慣性装置の位置誤差を補正する CUPT 処理も行った。

4. 基線高度比 (B/H) の影響

4.1 実験概要

(1) 式は空中三角測量 (これ以降「空三」とする) の誤差の式である。ここで δ_{XY} : 水平と高さである $X \cdot Y$ 方向の地上座標の誤差、 δ_Z : 奥行き方向の地上座標の誤差、 H : 奥行き距離、 B : 撮影基線長、 f : 焦点距離、 δ_z : 視差の測定誤差である。通常の写真測量の測定精度は撮影基線長 B が長くなれば、精度の向上が望める。しかし、本装置で使用している IMU は時間と共に誤差が増大するという特性を持つため基線長 B を長くすることにより撮影にかかる時間が長くなり誤差が増えると考えられる。そこで、本実験では奥行き H を固定し基線長 B を変えて基線長の影響を調べることを目的とする。(注: 本研究では地上写真測量のため、奥行き H を Z と表示することもある。)

$$\delta_{XY} = \frac{H}{f} \delta_p \quad \delta_Z = \frac{H^2}{f \cdot B} \delta_p \quad (1)$$

4.2 実験方法

基線長を出発点から 5m 移動し撮影してから出発点に戻ったもの。出発点から 10m 移動し撮影してから出発

キーワード: 慣性航法装置、IMU、写真測量、慣性写真測量

〒275-0016 千葉県習志野市津田沼 2-17-1 千葉工業大学工学部建築都市環境学科小泉研究室

T E L 047-478-0450 E-mail: koizumi.toshio@it-chiba.ac.jp

点に戻ったものというように 15m、20m、25m、30m、35m、40m、45m と変化させて撮影をしたもの（単独撮影と名付ける）と、基線長を 5m ピッチで 5m、10m、20、30m と変化させて撮影したもの（連続撮影と名付ける）を行った。誤差の算出はトータルステーション(TS)との値と比較した。なお、被写体までの距離(奥行き Z)は約 60m である。

4.3 測定結果

(1)式より奥行き方向 Z の誤差は基線長 B に関係するため、図 2 と図 3 に連続撮影の「奥行き距離相対誤差」と「3 次元距離相対誤差」を示す。図 4 と図 5 に単独撮影の「奥行き距離相対誤差」と「3 次元距離相対誤差」を示す。なお、奥行き相対誤差の図(図 2、図 4)の●は(慣性写真測量の測定値-TS の測定値)÷被写体までの距離の平均値であり、○は(空三の測定値-TS の測定値)÷被写体までの距離の平均値として計算したものである。また、3 次元相対誤差の図(図 3、図 5)の●は(慣性写真測量の測定値-TS の測定値)÷慣性写真測量の測定値であり、○は(空三の測定値-TS の測定値)÷空三の測定値として計算したものである。

4.3.1 連続撮影

連続撮影では、奥行き・3 次元距離ともにおおむね一定の傾向の誤差が生じた。図 2 より、慣性写真測量の値で、約 0.002m～0.007m、空三でも 0.002m 以内ではほぼ一定であると言える。図 3 から慣性写真測量では約 0.03m 付近で一定と見ることができる。

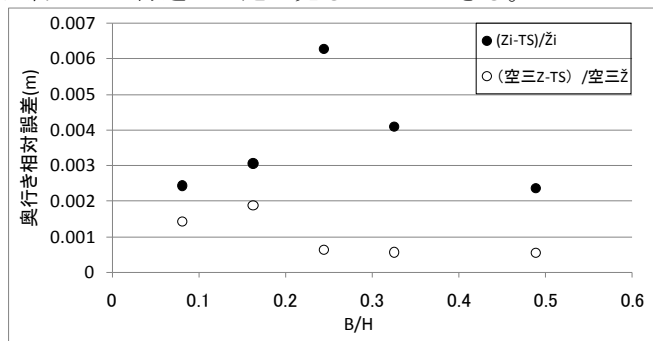


図-2 連続撮影(奥行き距離相対誤差)

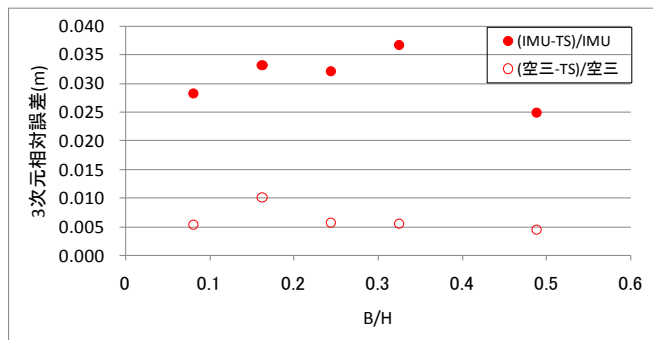


図-3 連続撮影(3次元距離相対誤差)

4.3.2 単独撮影

単独撮影では図 4 から分かるように、慣性写真測量では約 0.005m 付近で一定と考えられる。基線長 40m で大きく誤差が出ているが、これは IMU の測定精度が何らかの影響で悪くなってしまったための誤差と考えられる。図 5 に示す 3 次元距離相対誤差は、図 3 の連続撮影に比べると平均的に誤差が小さい。これは単独撮影より連続撮影の方が撮影しながら移動するために、IMU の測定時間が長くなり、IMU の誤差が増加するためと考えられる。この結果から、両者の差はあまり大きくはないが、誤差を小さくするためには、できれば単独撮影の方を選ぶべきである。

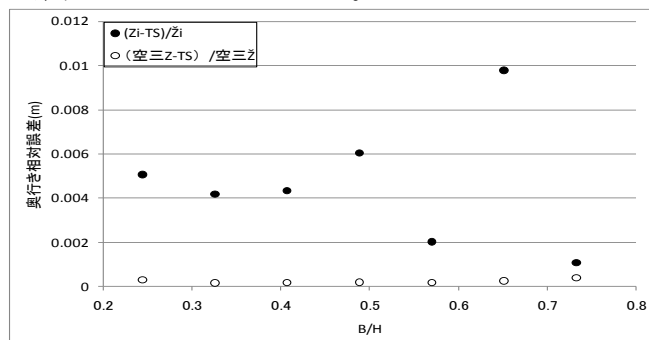


図-4 単独撮影(奥行き距離相対誤差)

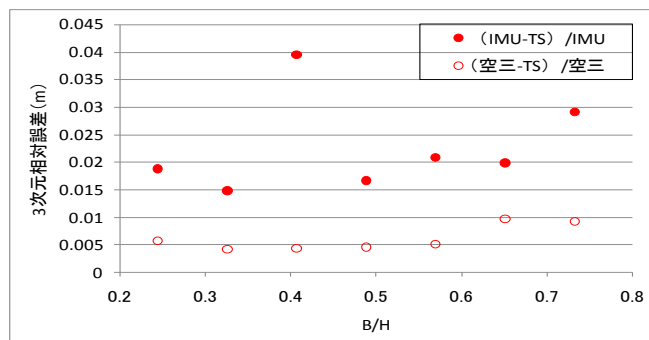


図-5 単独撮影(3次元距離相対誤差)

5. 結果

- (1) 慣性写真測量では基線長 (B) を長くしても精度を向上させるとは限らないことが分かった。基線長 (B) が大きくなれば、IMU は誤差が大きくなるが、写真測量の理論からは、誤差が小さくなるので、本研究での実験の範囲では、双方の関係から IMU の誤差はほぼ一定となったと考えられる。
- (2) 本研究で用いた装置では、奥行き相対誤差が約 0.005m、3 次元相対誤差が約 0.03m 程度で測定できることを提示した。

参考文献

小泉俊雄 白井靖幸:慣性写真測量カメラの開発研究, 応用測量論文集 2002.7 Vol.13 (2002)