

CS-31 デジタルカメラとGPSを用いた3次元計測手法による 防災情報の取得に関する研究

関西大学大学院 正会員 村木広和* 関西大学総合情報学部 正会員 田中成典**
 関西大学総合情報学部 正会員 古田 均** 関西大学総合情報学部 学生会員 北川悦司**

1. はじめに

最近、我が国では、自然災害による被害が多発しており、特に地震や豪雨などによる災害が発生し、その度に多くの損失を被っている。また、地震によって崩壊した都市部構造物や山岳部は、余震を含むわずかな外力や基準以下の降雨などの誘因による2次災害が発生しやすい状態にある。災害を未然に防ぐためには、災害危険個所の詳細な防災情報が必要となる。

本研究では、効率的な防災情報を取得する技術を確立するために、デジタルカメラとGPSを用いる事により、速やかに直接計測不可能な形状を計測する手法を確立する事を目的とする。

2. 計測手法

従来の写真測量において、GPSおよび地上測量データを組み合わせた解析については、既報¹⁾で体系化されている。GPSを用いた3次元データ処理についても既報²⁾で体系化されている。

本研究では、既報^{1) 2)}の考え方をベースに、最小限の基準点配置によるデジタル写真標定解析手法についての理論を確立する。計測では、デジタルカメラで撮影したカメラ位置をGPSを用いキネマティック測位法、ディファレンシャル測位法の2種類で求め、計測対象の手前に1点基準点を設置した条件を設定した。撮影は視点の異なった3ヶ所以上から同一場所を撮影する。図1は「撮影イメージと計測イメージ」を表したものである。

効果的な3次元メッシュデータの取得方法は、計測対象全体にM*Nのマトリクスを発生させ、各交点を空間探査面積相関法で自動計測を行い、定められたX,Y値に対するZ値を求める手法を検討した。本手法は、従来の文献^{3) 4)}によるステレオマッチング方法において不可能であったエピボラーラインを構成した画像を使用せずに計測ができる点、また、計測幅が均一となったデータを取得できる点、そして、撮影方法についても自由度を持たせる点に特徴がある。

2. 1 デジタル写真測量

標定の手法としては、単写真標定の基本式である共線条件式(1)と(2)から、カメラの傾き(K, Φ, ω), カメラ位置(X₀, Y₀, Z₀)と観測対象物(X, Y, Z)との幾何関係を考慮する。

$$Fx_{ij}=F(x_{ij}, X_0, Y_0, Z_0, \omega, \Phi, K, X, Y, Z)=(-c \cdot A1 - x_{ij} \cdot C1)/C1 \quad (1)$$

$$Gy_{ij}=G(y_{ij}, X_0, Y_0, Z_0, \omega, \Phi, K, X, Y, Z)=(-c \cdot B1 - y_{ij} \cdot C1)/C1 \quad (2)$$

$$A1=a_{11}(X-X_0)+a_{12}(Y-Y_0)+a_{13}(Z-Z_0)$$

$$B1=a_{21}(X-X_0)+a_{22}(Y-Y_0)+a_{23}(Z-Z_0)$$

$$C1=a_{31}(X-X_0)+a_{32}(Y-Y_0)+a_{33}(Z-Z_0)$$

ここでは、

X, Y, Z : 計測対象物の地上座標

X₀, Y₀, Z₀ : カメラ投影中心の地上座標（レンズ中心）

C : 画面距離（焦点距離）

x_{ij}, y_{ij} : 計測対象物の写真座標（画素位置をミリ単位の写真座標にアフィン変換式で変換した値）

a_{ij} : 回転行列(K, Φ, ω)

キーワード：デジタルカメラ，GPS，防災情報，写真測量，自動計測

* 〒564-1095 大阪府高槻市霊仙寺2-1-1 (TEL) 0726-90-2404 (FAX) 0726-90-2491

アジア航測株式会社勤務（関西情報システム部 〒564-0063 大阪府吹田市江坂町2-1-11）

** 〒564-1095 大阪府高槻市霊仙寺2-1-1 (TEL) 0726-90-2404 (FAX) 0726-90-2491

式(1)と(2)は、単写真標定の共線条件式であり、撮影ポイントの異なる複数枚の写真を用いて解析を行う場合は、バンドル調整法を用いて各写真の傾きおよびカメラ位置を求める。本研究では、撮影点と基準点1点分の座標値を確定値とし調整計算を行った。

2.2 空間探査面積相関法

空間探査面積相関法については、バンドル調整法により求めた各写真の外部標定要素($K, \Phi, \omega, X_0, Y_0, Z_0$)を用い、計測対象に発生させた $M \times N$ のマトリクス上において、各交点の奥行きを写真2枚一組をペアとして、相関を採って、計測手法の精度検証を行った。

探査幅と相関係数値の関係を表した図2は、第1写真と第2写真で多段階相関係数の変化を表したものであり、実線は最も粗い第1段階で概略の位置を求め、その後、破線、1点破線、2点破線と段階を経て、最終位置を決定する様をグラフ化したものである。

$$r = \sigma_{12} / \sqrt{\sigma_1 \cdot \sigma_2} \quad (3)$$

$$\sigma_{12} = \sum (e_1 - \bar{e}_1)(e_2 - \bar{e}_2) \quad \sigma_1 = \sum (e_1 - \bar{e}_1)^2 \quad \sigma_2 = \sum (e_2 - \bar{e}_2)^2$$

ここでは、

r : 相関係数
 e_1, e_2 : 相関ウインド内の画素値
 $\bar{e}_1, \bar{e}_2$: 相関ウインド内の画素値平均値

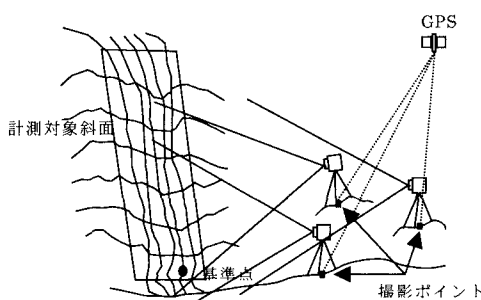


図1 計測イメージ図

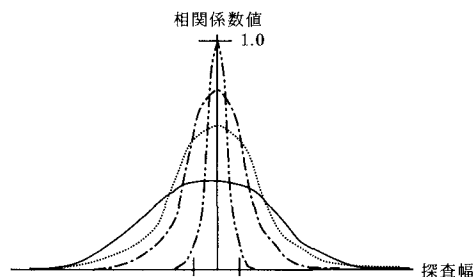


図2 探査幅と相関係数値

3. 計測結果検証

本研究では、キネマティック測位法とディファレンシャル測位法による撮影ポイント位置が、デジタル写真標定解析に及ぼす影響について検証を行った。そこでは、既設の国家三角点よりトラバース測量を行い、斜面上に基準点5点を設置し、地上写真測量カメラで撮影を行い、解析図化機を用い形状データを取得し、検証用データとした。キネマティック測位法で観測した結果が、検証データにかなり精度の良い位置結果を得た。しかし、ディファレンシャル測位法の結果では、検証位置と比較すると相対位置誤差は多少生じたが、形状については計測が可能であった。空間探査面積相関法に関しては、斜面画像を用いて検証を行い、従来のマッチング手法^{3) 4)}と比べ、比較的類似した自動計測結果を得た。

4. あとがき

著者らは、如何に早く有効な防災情報を取得するかの研究を行ってきた。本論文では、近年急速に普及してきたデジタルカメラとGPSを組み合わせる事により、簡単に3次元情報を取得する手法を構築した。しかし、本研究では、空間探査面積相関法について、計測対象毎に探査幅の調整を必要とする問題点がある。

今後の課題としては、空間探査面積相関法の探査幅の調整を自動化し、取得した形状情報を用いて、適切な防災対策を行う手法について研究を行う必要がある。

参考文献 1) 日本写真測量学会・解析写真測量委員会：解析写真測量（改訂版）、2) 中根勝見：GPS時代の最小2乗法測量データの3次元処理、東洋書店、3) 森 忠次、他2名：面積相関法による空中写真のステレオマッチングの改善、土木学会論文集、No.356/VI-3, pp.61-70, 1985., 4) 森 忠次、他3名：空中写真のステレオマッチングのための多段階相関法の改良（II）—画像の狭帯域フィルタリングによるマッチングの安定化—、写真測量とリモートセンシング、Vol.25, No.2, pp.24-38, 1986。