

リアルタイム被害査定におけるデジタル写真計測の適用に関する研究

京都大学大学院 学生員 ○藤岡 大輔
 京都大学大学院 正会員 大西 有三
 京都大学大学院 正会員 西山 哲

1. はじめに

地震や洪水による被害発生後、迅速かつ正確な被害査定を実施する測量手法が求められている。リアルタイム被害査定は、被害査定を要望されたのち復旧作業を遅らせることなく被害規模を把握することであり、そのためには対象の三次元座標を取得することが必要となる。本研究では迅速かつ高精度で容易に三次元座標を取得できる測量手法としてデジタル写真計測を適用する。被害箇所への接近は危険を伴うため、計測対象点には近づくことなく対象の特徴点を計測点として計測を行いその精度を検証する。また現場計測を通じてリアルタイム被害査定においてデジタル写真計測の適用性を検討する。

2. デジタル写真計測の基礎理論

デジタル写真計測は写真上の写真上の二次元座標(x, y)から、カメラの撮影位置(X_0, Y_0, Z_0)と姿勢(θ, ϕ, κ)および計測点三次元座標(X, Y, Z)を算出する測量手法である。デジタル写真計測の基礎理論¹⁾は、カメラレンズの中央と写真上に写った対象点、そして実際の対象点が一直線上にあるという条件、共線条件式である。複数の写真、全対象点において共線条件式をたてたのち初期値の周りでテーラー展開により線形化し、連立方程式を作ったのち繰り返し最小二乗法を用いて解を算出する。

$$x + \Delta x = -c \frac{m_{11}(X - X_0) + m_{12}(Y - Y_0) + m_{13}(Z - Z_0)}{m_{31}(X - X_0) + m_{32}(Y - Y_0) + m_{33}(Z - Z_0)} \quad \text{ここに}$$

$$y + \Delta y = -c \frac{m_{21}(X - X_0) + m_{22}(Y - Y_0) + m_{23}(Z - Z_0)}{m_{31}(X - X_0) + m_{32}(Y - Y_0) + m_{33}(Z - Z_0)} \quad \begin{array}{l} c: \text{レンズ焦点距離} \\ m_{ij}: \text{カメラ回転行列} \\ \Delta x, \Delta y: \text{レンズひずみ補正項} \end{array}$$

3. 計測

特徴点を計測点とするデジタル写真計測が撮影距離に応じてどの程度の精度で三次元座標を取得できるかを検証するため現場計測1(図1)を行った。撮影対象の法面を三つのエリアi, ii, iii, に分割し、そのエリア内にある幾つかの計測点を対象として計測を行う。エリアiまでの撮影距離は80m, エリアiiは90m, エリアiiiは110mである。デジタル写真計測において精度を決定する指標の一つとして縮尺比(レンズ焦点距離/撮影距離)が挙げられる。撮影距離が短い地点において対象点焦点距離が大きいレンズを用いれば対象点はより大きく写るため精度は向上する。36mmレンズを装着した一眼レフデジタルカメラNikonD200を使用したため、エリアiの縮尺比は1/2200, エリアiiでは1/2500, エリアiiiでは1/3000である。法面正面から少しずつ移動しながら数十箇所から撮影を行い、一箇所につき2枚(カメラ回転角0度, 180度)撮影を行い、数十枚撮影した。計測点の三次元座標を算定するためにはカメラ撮影位置と姿勢を推定する(後方交会)必要があり、それには6点の既知三次元座標が必要となるため、斜面下方に設置したターゲットの過去の写真計測で利用した三次元座標データを利用する。カメラ位置と姿勢が推定できれば前方交会法を用いて計測点の三次元座

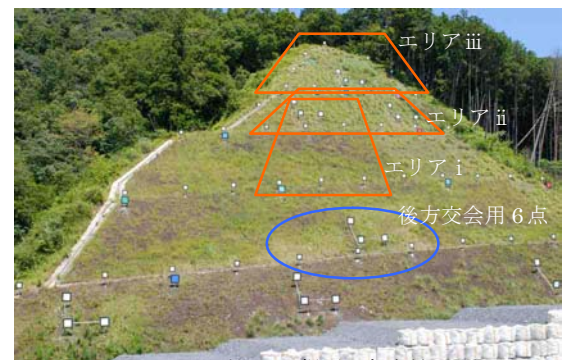


図1 現場計測1の撮影対象全景

デジタル写真計測, 被害査定, 写真測量, リアルタイム

連絡先

〒615-8450 京都市西京区京都大学桂 C1-2 棟 京都大学大学院都市環境工学専攻フロント環境工学講座

標の初期値を推定できる．計測値の標準偏差を内的精度と呼び，これでデジタル写真計測の精度を評価する．現場計測1の結果を図2に示す．どの計測においても内的精度は使用枚数を8枚にした段階で飛躍的に向上していることがわかる．最終的に内的精度はエリアiでは5.31mm，エリアiiでは7.52mm，エリアiiiでは6.54mmとなったが撮影距離に応じた精度の明確な差異は表れなかった．続いて現場計測1の結果を踏まえた上で被害査定の状況に近づけた現場計測2(図3)を行った．通常のデジタル写真計測では対象点にターゲットと呼ばれる計測点を設置してターゲットの重心位置の三次元座標を取得する．撮影現場である法面には既に写真計測用のターゲットが設置してある．被害発生現場にターゲットを設置することは困難であるため，被害査定を実施する状況に近づけるべく，現場計測2では斜面のアンカー突起を特徴点として目視で捉えて計測を行った．現場計測2の撮影距離は130mであり，50mmレンズを装着した一眼レフデジタルカメラNikonD100を使用したため，縮尺比は1/2600である．撮影は現場計測1と同様にして行った．

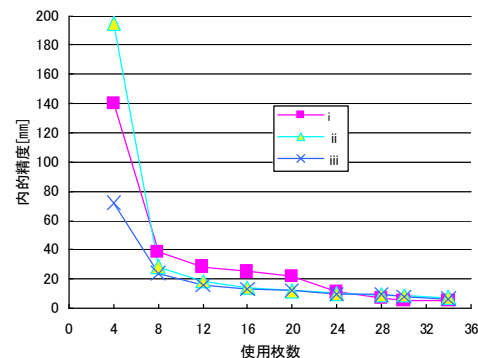


図2 現場計測1の内的精度と使用枚数の関係

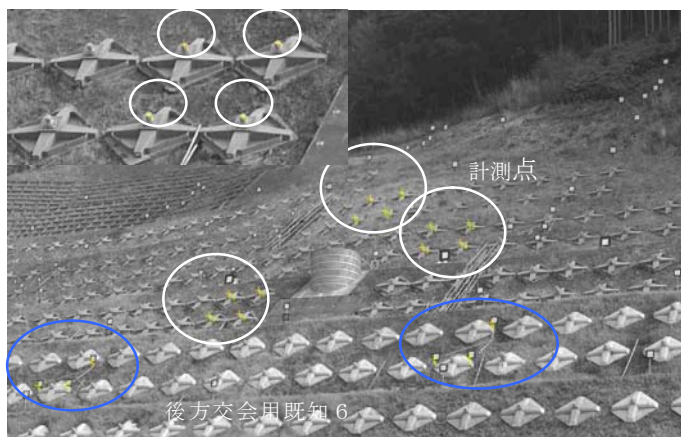


図3 現場計測2の撮影対象全景と特徴点

現場計測2の結果を図4に示す．使用枚数を8枚にした段階で内的精度は大きく向上した．その後使用枚数を増やしていくに従って内的精度は緩やかに向上していく．現場計測2では9.32mmまで下げることができた．被害査定に用いるデジタル写真測量の最大の懸念は複数の写真上で同一対象点を捉える，すなわちマッチングである．本計測では人工物を対象としているためマッチングは比較的容易であった．

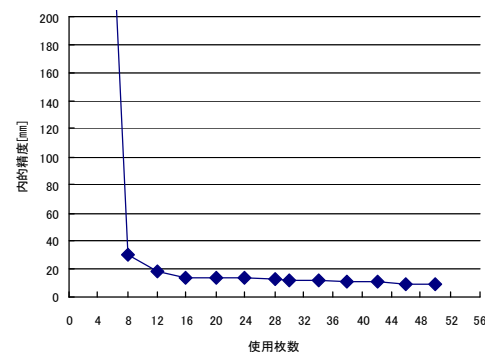


図4 現場計測2の使用枚数と内的精度の関係

4. まとめ

以下にこの研究で得られた知見を示す．

- ・どの写真においても同じ特徴点が明確に選択可能であるとき，撮影距離が100mくらいであり対象を撮影した写真が8枚あれば内的精度3cm前後で計測できる．撮影枚数が多数枚あれば最終的に内的精度10mm前後で計測することができる．
- ・現場において撮影が終わり次第，内業に移る．写真枚数や計測点数にもよるが1時間あれば三次元座標の算出することができ，ノートパソコン等を持参すれば現場においても三次元座標を取得できる．
- ・三次元座標取得には既知三次元座標6点が必要となる．三次元形状を精密に計測してある格子状の物体を写真に写りこむように設置してその一点を原点に設定すれば容易に既知三次元座標が取得できる．
- ・本研究では人工物を特徴点として捉えておりどの写真においてもその特徴点が目視により簡単に選び出せたが，崩壊した土砂などの自然物を対象にした場合にマッチング手法を検討しなくてはならない．

参考文献

- [1]秋本圭一：情報化施工のためのデジタル画像計測法に関する研究，2002
 [2]田島稔，小牧和雄：最小二乗法の理論とその応用 [改訂版]，東洋書店，1996