

## デジタルビデオ映像を用いた三次元数値地形情報の取得に関する研究

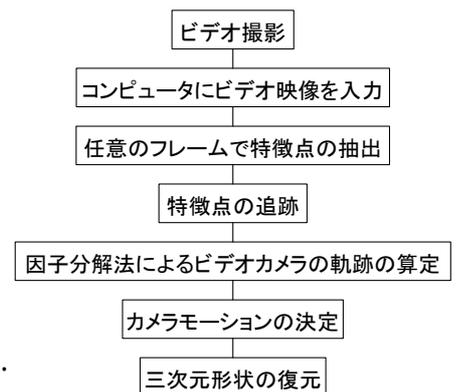
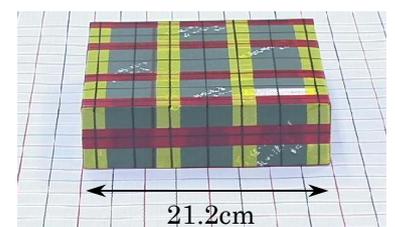
神戸大学都市安全研究センター 正会員 沖村 孝  
 神戸大学都市安全研究センター 正会員 鳥居 宣之  
 神戸大学大学院 学生会員 久保 達也

## 1. はじめに

わが国では、豪雨や地震による斜面崩壊や地すべりにより被害が発生している。災害対策の面からこのような斜面の地形情報を入手することは非常に重要である。近年、画像処理技術の飛躍的な進歩により、レーザーキャナやデジタルビデオ映像などを用いて三次元数値地形情報を取得することが摸索されている。デジタルビデオ映像を復元する方法<sup>1)</sup>では、容易に三次元情報の取得が可能であり、この方法を測量技術として応用できれば、特別な測量機器を必要とせずに地形情報を得られると考えられる。しかし、復元により得られる三次元情報は解析段階で設定された座標系の座標値であり、座標の値は距離などの数値的な意味をもたない。そのため、地形計測に復元結果の三次元座標を用いる場合、既知情報などを用いて座標値に修正を加える必要がある。本研究では、上述した手法を用いて得られる三次元情報を地形計測に用いるために、必要な修正手法について検討を行う。

## 2. 復元手法

デジタルビデオ映像は、「VirtualGAIA」<sup>1)</sup>を用いて三次元情報に復元した。図1<sup>1)</sup>に三次元形状の復元までの処理フローを示す。本研究では、修正手法の検討を目的とするため、室内にて写真1に示す箱を復元の対象として撮影を行った。撮影時に画像の振れを減らすため、ビデオカメラは水平な台上を平行移動させ、鉛直方向の振れを除いた。次に、入力した映像の中から静止画像を選択し、周辺との明暗や色彩の差が顕著である特徴点を抽出した。この特徴点の移動軌跡を全ての画像フレームから算定した。得られた特徴点の移動軌跡を用いて Poelman & Kanade が提案する因子分解法<sup>2)</sup>によりカメラ軌跡と特徴点の位置関係を求めた。このカメラ軌跡からステレオ視の原理を用い、三次元数値情報の復元を行った。

図1 三次元形状の復元フロー<sup>1)</sup>写真1 使用した復元対象物  
寸法 (21.2cm × 19.8cm × 5.9cm)

## 3. 修正手法

上述したようにデジタルビデオ映像を復元して得られる三次元情報は、解析段階で設定された座標系の座標値であり、通常我々が扱う平面直角座標系の座標値ではない。そこで、復元対象の既知情報を用いて復元から得られた三次元情報の修正を行った。以下にその修正方法を示す。

まず、測点として復元結果の中から既知点位置の座標値を抽出した。次に、これらの測点から3点を選択して三角形を作成し、この三角形の面に対する単位法線ベクトルを求めた。同様に既知点においても復元結果と同じ3点を用いて単位法線ベクトルを求めた(図2参照)。これら二つのベクトルは同じ面から求めたものであるから、座標系の軸方向が同じであれば等しい値になる。そこで、復元結果の単位法線ベクトル  $t = [t_x, t_y, t_z]^T$  と、既知点の単位法線ベクトル  $n = [n_x, n_y, n_z]^T$

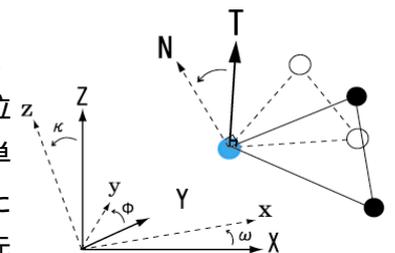


図2 単位法線ベクトル

キーワード 画像処理, 三次元数値地形情報, デジタルビデオ映像

連絡先 〒657-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1 神戸大学都市安全研究センター TEL078-803-6431

とが(1)式の関係にあるものとして、回転角 $\omega, \phi, \kappa$ を算定した。ただし、本研究ではデジタルカメラは水平な台上を移動させたことにより、 $\phi = 0$ と設定した。その後、求めた回転角を用いて(2)式<sup>3)</sup>により座標値の修正を行った。

$$\begin{pmatrix} n_x \\ n_y \\ n_z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \omega & -\sin \omega \\ 0 & \sin \omega & \cos \omega \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos \kappa & -\sin \kappa & 0 \\ \sin \kappa & \cos \kappa & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} t_x \\ t_y \\ t_z \end{pmatrix} \quad (1) \text{式}$$

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \omega & -\sin \omega \\ 0 & \sin \omega & \cos \omega \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos \kappa & -\sin \kappa & 0 \\ \sin \kappa & \cos \kappa & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} \quad (2) \text{式}$$

ここで、 $x, y, z$ : 復元結果後の座標値  
 $x', y', z'$ : 回転変換後の座標値

次に、(3)式に示す修正倍率を用いて座標値の修正を行った。修正の割合は復元結果によって異なるため、結果に応じた修正ができるように、座標軸ごとで算定するものとした。尚、式中の $p$ は基準点の意味を示し、本研究ではビデオ画像上で中心付近に存在する既知点とした。この計算を全ての既知点において行い、その平均値から修正倍率を算定した。

$$\begin{aligned} x'' &= \bar{\alpha} \cdot x' \quad \text{但し、} \alpha = (X - X_p) / (x' - x'_p) & \text{ここで、} \bar{\alpha}, \bar{\beta}, \bar{\gamma}: \text{修正倍率の平均値} & x', y', z': \text{回転変換後の座標値} \\ y'' &= \bar{\beta} \cdot y' \quad \text{と} \quad z'' = \bar{\gamma} \cdot z' \quad \text{も同様} & \alpha, \beta, \gamma: \text{各座標軸の修正倍率} & x'', y'', z'': \text{座標修正後の座標値} \\ & & X, Y, Z: \text{既知点の座標値} & \end{aligned} \quad (3) \text{式}$$

#### 4. 復元結果及び修正結果

図3は復元により得られた三次元座標のデータ形状を表している。この内、箱の上面部分のみの結果を補間してブロックダイアグラムで表したものが図4である。図をみて分かるように平面に設置した箱が傾斜した形状で復元されている。これは撮影の際に、ビデオカメラで斜め上方から行ったのが原因である。一方、上述した2つの方法を用いて修正した結果が図5である。この結果を見て分かるように、先ほどの傾斜した形状から求める平面形状に座標変換ができていくことがわかる。この座標変換において、カメラの傾斜角や既知点とカメラとの関係など角度に関する情報を何も加えていないことから、実斜面において撮影する場合にも、この修正手法を用いることができると考えられる。

次に、(3)式を用いて座標値の修正を行った結果の精度を確認するため、既知点と測点との比較を行った。図6は基準点から測点までの距離に対する座標値の誤差の関係を示したものである。図をみて分かるように、既知点からの距離にあまり関係なく、ほぼ一様に誤差が発生している。これは直線的な平面を形状復元する場合に誤差を生じやすいことが原因であると考えられる。また、復元に用いた箱は平面上に設置したために、 $z$ 座標の修正倍率を算定することができず、今回は $z$ 座標の修正を行うことができなかった。このことから修正倍率の算定方法については今後検討の必要があると考えられる。

#### 5. まとめ

復元結果の座標値の修正で、座標軸の修正は提案した回転変換により行えることが分かったが、修正倍率については算定方法について検討が必要であった。また、実斜面における適用や精度については、今後の課題である。

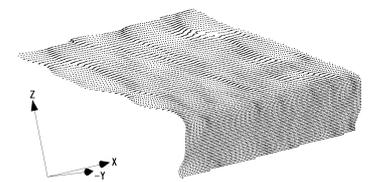


図3 復元結果のデータ形状

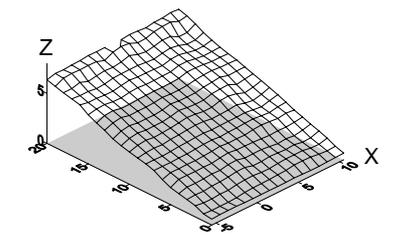


図4 箱の上面部分のブロックダイアグラム(復元結果)

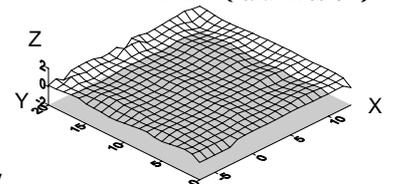


図5 箱の上面部分のブロックダイアグラム(修正結果)

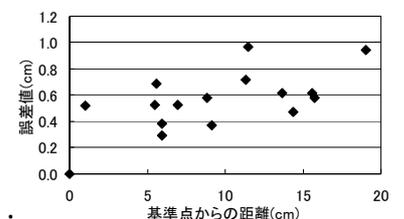


図6 基準点からの距離と誤差値の関係

- [参考文献] 1) (株)オーグス総研: VirtualGAI Windows 版 Ver 1.0.2, ユーザーズマニュアル, 105.p, 2000.,  
2) Conrad J. Poelman and Takeo Kanade: A Paraperspective Factorization Method for Shape and Motion Recovery, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 19. no. 3., pp. 206-218, 1997.,  
3) 村井俊治: 空間情報工学, 社団法人日本測量協会, pp. 165-220, 2002