

土工事における情報化施工事例 - デジタル写真測量による情報化施工

鹿島建設(株) 土木技術本部 フェロー会員 早崎 勉
鹿島建設(株) 横浜支店 正会員 越谷信行

1. まえがき

空港工事のような大規模土工事においては切土場や盛土場の形状が急速に変化することから、迅速な出来形計測が望まれている。このため、静岡空港工事では従来の方法の改善を図るためにリアルタイムGPSを利用したワンマン測量システムを導入しているほか、切土場や盛土場の三次元形状計測にデジタル写真測量技術を適用することにより、施工管理の一つである出来形管理業務の一層の省力化・迅速化を検討している。本報では、デジタル写真測量技術の概要を紹介するとともに、工事への適用性について報告する。

2. 計測原理概要

本システムで用いたデジタル写真測量技術は、2枚のペア画像（ステレオ画像）間の対応点探索により撮影対象の三次元形状計測を行うステレオ解析手法である。図-1に計測原理を、図-2に計測の流れを示す。

基本原理としては、レンズ歪等の光学系の補正パラメータが既知の2台のカメラを用いて、撮影位置・姿勢が正確に計測された箇所から撮影した2つの画像に写る同一対象点の個々の画像上での平面位置からその点の空間内の三次元座標を算出するものである。撮影画像上の多数の点について同様に座標を算出することで、撮影された範囲の形状計測が可能となる。計測精度に大きく影響するカメラ撮影位置、姿勢の計測は、図-3に示すように計測範囲内に座標既知の基準点を複数置き、各撮影画像上の基準点の位置から逆算する方法をとっている。本計測技術は主に航空写真測量として発達してきた。専用のフィルムカメラを用いて撮影し、その写真を解析図化機によって手作業で読み取り、地形図や等高線図などを得てきた。近年、デジタルカメラの高解像度化、低価格化及びパソコンの高速、大容量、低価格化によって、高精細の画像が簡単に入手し、大容量の画像データを手軽に処理できる環境が整ってきた。このため、高解像の現場写真をパソコンで画像処理することが容易となり、施工中の地形データを短時間で獲得し、施工へフィードバックすることが可能となってきた。

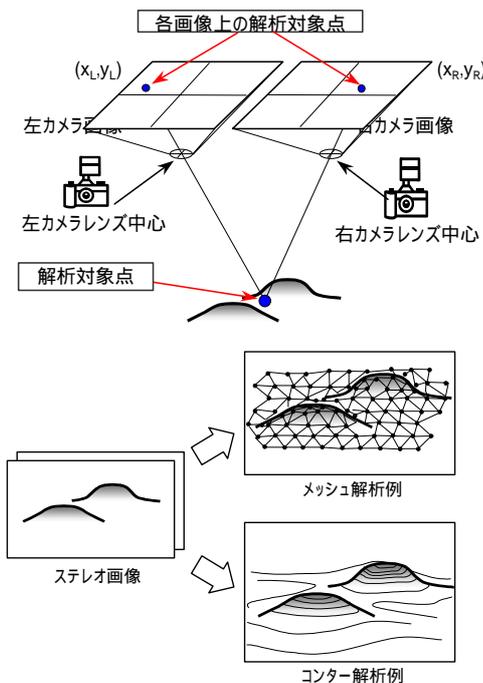


図-1 ステレオ解析の原理

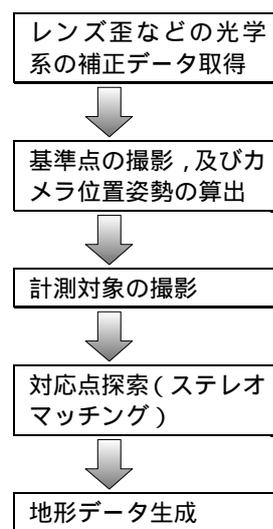


図-2 ステレオ解析の手順

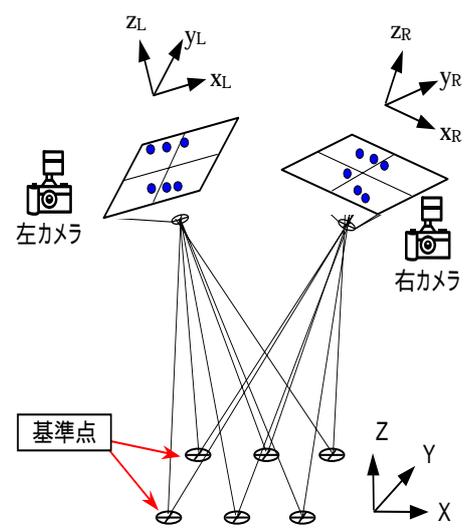


図-3 カメラ位置姿勢の算出

キーワード 土工事, 情報化施工, 写真測量, デジタルカメラ

連絡先 〒107-8388 東京都港区元赤坂 1-2-7 TEL 03-5474-9128

3. 法面形状の計測事例

これまでも行われてきた航空機による写真撮影は広範囲を一度に測量できる大きなメリットがあるが、費用の面で、その撮影頻度は限られてしまうのが現状である。このため大規模土工事における、日々の切り盛りによる地形変化を簡単に捉えることを目的に、切土法面の形状をデジタル写真測量によって計測する実験を実施した。図-4は法面計測時の写真撮影形態イメージである。

今回計測した範囲は、幅約20m、高さ約10mで、勾配1:1.2の部分（図-5の白線部分）で、周囲5箇所に事前に基準点を設置した。また、精度比較のために計測範囲内に5点検証点を置いた。各点には測量用反射ターゲットを貼り付け、写真撮影とともに、光学測量機（トータルステーション）で測量した。撮影は法面に向かって法尻から7mの距離をとって、正面及び正面から3m左右位置の3箇所から行った。デジタルカメラはニコン製のD1、レンズはニコン製の18mmレンズを使用した。図-6は計測結果を立体に表示した例である。検証点での精度比較の結果は、撮影範囲の下側で水平方向が約6mm、奥行方向が11mm、上側では、水平方向約12mm、奥行方向約38mmであった。これは法面上方では下方に比べ撮影距離が増加していることが原因である。しかしながら、200m²程の範囲を簡単な撮影によって形状計測できる可能性があることが分かった。

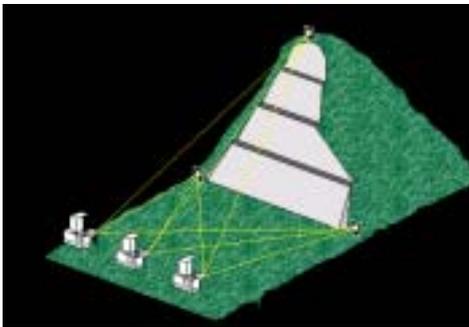


図-4 法面計測における撮影形態

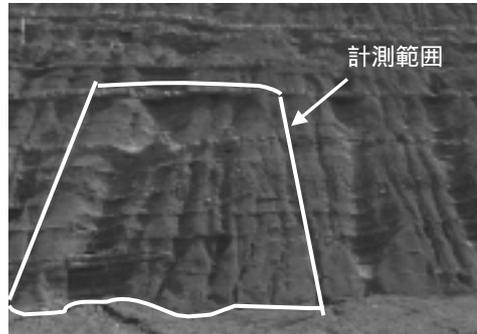


図-5 実験法面と計測範囲

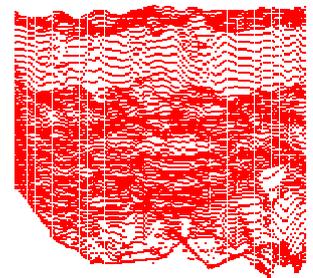


図-6 計測結果表示例

4. 今後の課題と展望

本手法は、大規模土工事における出来形管理の省力化、迅速化に対して十分効果があるものと考えられる。法面形状以外にも現場全体の土量バランスや出来形計測など、その適用範囲は多岐にわたることが考えられる。今後は、現場撮影時における基準点の簡易設置法の検討や、今回記述できなかった、画像処理性能（マッチング性能、所要時間など）の向上を図っていく予定である。

また、前述のように現状では問題はあるが広範囲の計測には現場上空から撮影する方法が適する。図-7に現状での様々な画像取得方法、図-8にバルーンから撮影された画像及び解析結果例を示すが、これらの取得画像に対しても画像解析技術の向上による迅速な地形データの取得は重要である。

将来的には必要精度や計測範囲によって利用すべき画像、解析法等を使い分け、経済性、迅速性をも考慮したトータルな計測システムの構築に努めていく所存である。

画像取得の種類	
700km	衛星 ①撮影範囲：10km x 10km 1日1回、衛星通過時のみ 分解能：軍事10cm、民間1m
2km	航空機 1km x 1km 数10cm
200m	飛行船 ラジコンヘリ バルーン 200m x 200m 数cm
地上	簡易撮影 数10m x 数10m 数mm

図-7 画像取得の種類

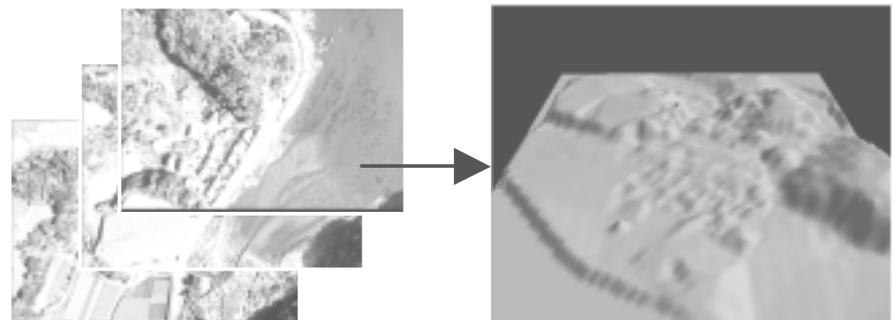


図-8 バルーン画像の処理例