

3次元レーザーミラースキャナーを用いた土量計測方法の検討

(株)フィールドテック 正会員 村山盛行
 (株)タクモ 正会員 清水哲也
 三井建設(株) 正会員 大津慎一
 三井建設(株) 正会員 佐田達典

1. はじめに

3次元レーザーミラースキャナー(以下スキャナー)を用いたリアルタイム3次元測量は、測定精度は $\pm 2.5\text{cm}$ と光波測距儀やGPSより劣るものの、面的に縦80度、横330度の範囲で、半径350m内の地物を連続測定することが可能(Riegl社製LMS-Z210の場合)であり、非常に短時間で広範囲を計測することができるのが特徴である。またデータは、斜距離、水平・立体角度、受光強度、RGBそしてレーザー光源を原点とするXYZ座標値が得られる。スキャナーの設定解像度(射出間隔)を変化させることにより、1回の計測で最大約500万点近くの3次元データを取得することができる。しかし、計測範囲、計測点数が増えるにつれて、そのデータ量は膨大なものとなるため、現状のアプリケーションでは対応しきれないという問題も発生してしまう。

今回、スキャナーの特性を活かして、造成工事の土量計測に適用することにした。実際に作業を行うにあたって、現地での計測とデータ処理を効率化するために、スキャナーの設置位置と計測方法を検討したので以下に報告する。

2. 計測準備と現地計測の方法

土量計測を行うにあたって、事前にしなければならないことは、現地の下見と現地図面から、スキャナーの設置位置を検討することである。スキャナーの設置位置を決定するポイントは主に6つある(表-1)。特に、計測範囲(敷地面積)がどれくらいの広さなのか、合成に用いるターゲットを設置するのに適した場所はあるか(杭を打つ場所があるか、ターゲットを貼り付けることができる障害物があるか)、データの後処理になるべく余計な手間と時間を掛けずに済むようにデータを取得する、の以上の項目は作業

表-1 レーザースキャナーの特性と検討項目

ポイント	検討項目	スキャナー特性
1	計測範囲	空間範囲80度×330度、距離範囲350mまで
2	取得データ量	1計測最大約500万点の3次元座標データ
3	現地形状	高低差のある地形が有利
4	視認性	障害物の陰になる部分は計測不可能
5	ターゲット位置	近距離・高解像度なほどターゲット座標値
6	移動手段	人もしくは車による持ち運び(重量16kg)

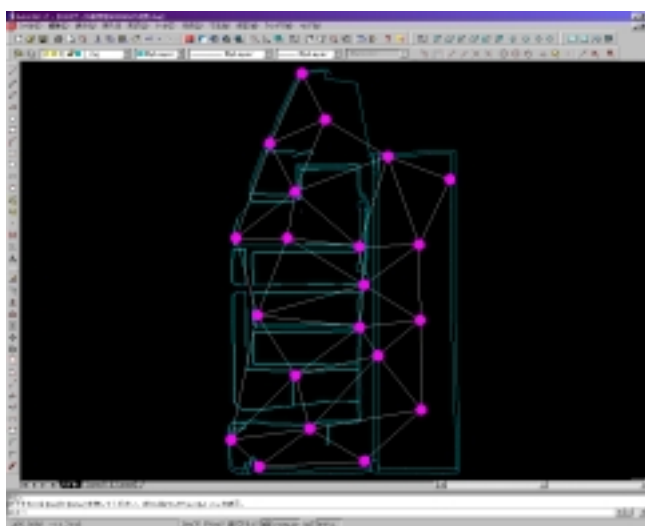


図-1 現地形状に対するレーザー計測地点の決定
 効率に大きく影響する。これらの情報からスキャナー設置位置と計測点数を決定(図-1)し、計測作業に取り掛かる。

計測方法としては、まずおおよその計測地点に三脚を利用してスキャナーを水平に設置する。次にスキャナーから半径5m~10m付近のスキャン範囲内に、反射率の高い反射シート(大きさ5×5cm程度)を用いたターゲットを2点もしくは3点設置する。これは座標変換とデータ合成を行うにあたって必要であり、ターゲットに当たったデータの識別は、レーザーの反射強度を利用して行う。ターゲットの座標値は、各ターゲットに当たったレーザーの全点の平均値を計算し、それをターゲット座標値とする¹⁾。

キーワード：土量計測、3次元計測、レーザースキャナー、GPS

連絡先：〒270-0132 千葉県流山市駒木 518-1 TEL 0471-40-5207 FAX 0471-40-5218

3. 造成工事への適用

今回、埼玉県鷲宮町の「東鷲宮土地区画整理事業造成工事」のサーチャージ盛土の土量計測に適用した。従来、土量を求める方法として、断面法，メッシュ法，等高線法などがある。今回は、メッシュ法により土量が求められるように、3次元データを取得することにした。メッシュ法を選択した理由は、各データの計測精度が $\pm 2.5\text{cm}$ であるため、まず1mのメッシュを作成し、その10m $\times$ 10mの範囲100点の格子点データを10mメッシュの1ブロック相当になるように換算して、精度誤差を分散させるためである。今回の適用に関して、計測方法を表-1のポイントに沿ってまとめてみると次のようになる。

1)計測敷地範囲は約10ha(およそ400m $\times$ 250m)あるので、既存のメッシュ法(10mメッシュ)による土量計測と同等の成果が得られるようにした。

2)1回の取得データ数を約10万点程度になるようにスキャナーの解像度を設定した。

3,4)重機は数台入っていたものの、大きな障害物はあまり無かったので、スキャナーの設置位置の間隔を約60～80mにして、16箇所の設置位置を決定した。設置間隔は、レーザー点数予測式¹⁾から決定し、データ取得間隔の粗い部分を他の計測により補えるように配慮した。現地形状に合わせて設置位置を7箇所補完し、計23箇所(うち2箇所は同じ場所から方向を変えて計測)から計測を行うことにした。これによって100m²当たり、データ密度が粗い場所でも200～300点程度の点数が取得できる。また、現地地形を再現するには、全範囲に平均してデータを必要とする。

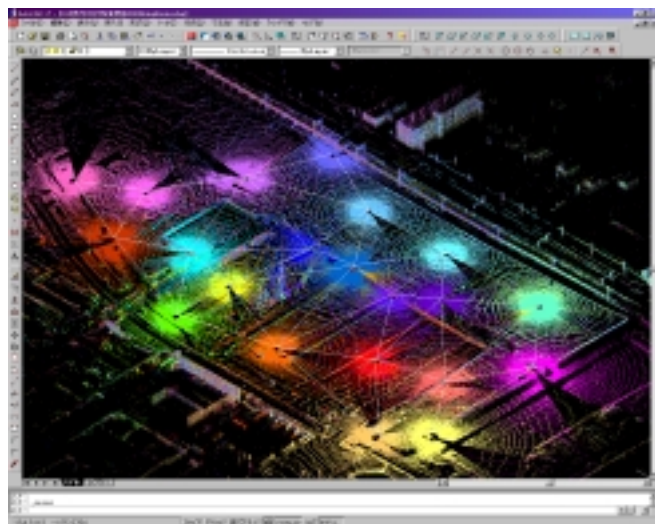


図 - 2 計測データの合成図

表 - 2 GPS とレーザースキャナーの特徴の比較

	GPS	レーザースキャナー
現地計測時間	16時間	6時間
周囲からの影響	衛星の電波条件がよい場所では作業効率が落ちる(山の中、高層建築物付近、交通量の多い道路近辺など)	測定対象物の前に障害物があると陰ができてデータが取れない
座標系	はじめから現地座標系で計測可能	ターゲットを用いて座標変換
変化点の形状認識	変化点をあらかじめ確定できる	複数データから見当をつける
移動	荷物がコンパクトかつ軽量なので容易	機器が重いため移動が困難
計測データ	1回1点で特定の場所の3次元データ	広範囲の不定多数の3次元データ
計測準備	周辺機器との接続は最初だけでよい	周辺機器との接続を毎回行う
計測作業	計測ポイントに移動しないとデータが取れない・周辺に大きな障害物があるとデータが取れないことがある	離れた場所から計測可能 ターゲットの現地座標をTSなどで別に計測しなければならない
後処理	測定データから直ぐに成果品を作成	膨大なデータ量の処理に時間がかかる
形状の再現性	全体をおおまかに再現	複雑な形状や細かい起伏も再現

5)ターゲットを貼った木杭を計測位置10m以内に打ち込んだ。計測した23箇所からのデータを合成し(図-2)、1mメッシュの点数(約10万点)にすることで全体を平均化し、形状を再現した。

6)走行用の鉄板が限られた場所しかなく、表面の地盤も雨で緩んでいたため、人による持ち運びにより移動することにした。

これらの下見と計画を立てるのに1日必要とするが、この作業を行うことが現場適用の最大のポイントとなる。この計画に沿って現場計測を行った。

4. GPS による土量計測方法との比較

従来の計測方法の一つであるGPSによる土量計測方法とスキャナーでの計測方法を比較・考察した(表-2)。ここでは10haの敷地に対して10mメッシュのデータ(1000点)を作成する場合について比較し、作業に要する人数を2名としている。

5. まとめ

今回、スキャナーによる土量計測について総合的な検討を行い、実際の造成工事への適用を行った。その結果、従来法(GPS)と比較して約半分の時間で計測でき、より細かいデータを収集できた。

今後の計測方法の課題として、今回の土量計測への適用に限らず、機動性の向上と必要以上のデータを削減する問題がある。この問題を解決する方法として、自動車にスキャナー、周辺機器、ターゲットを固定し計測を行う予定である。

参考文献 1) 村山盛行・大津慎一・佐田達典・清水哲也：3次元レーザーミラースキャナーによる形状計測システムの精度検証,第25回土木情報システムシンポジウム,2000.10.