

地上型レーザースキャナによる高精度測定

株式会社 数理設計研究所 名倉 裕

1. 概要

レーザースキャナの測定データを他の座標系に合わせようとする時、形状は損なわれる。

複数地点の測定データを単一座標系に統合する、測地座標系に合わせる、期間を置いて再設置、再測定する際、座標マッチング時に生じる。ここでは座標マッチングをより正確に行う方法を提案する。

2. 基準点マッチング

レーザースキャナ測定データの座標マッチングは座標既知点を基準点として行われる。基準点に反射ターゲットを設置して測定し、中心位置を算出する方法が一般的だ。(図-1)

レーザースキャナの最小制御角度とビーム径は時代とともに小さくなり、角度分解能が向上している。これに伴って反射ターゲットの測定は容易で正確になった。しかし有効測定距離も伸び、1kmを超えようとしている。角度誤差は距離とともに増加するため、基準点をより正確に測定する必要が生じている。

しかしレーザースキャナは1点の測定が得意ではない。反射ターゲットを測定して中央の座標値を算出すると、良くても±1cm、一般的に3~4cmの誤差がある。しかも反射シートのサイズ、形、角度、配置、距離により誤差は異なる。

3. 誤差の考え方

距離100mの基準点を測定して3cmの誤差があれば、距離500m地点のデータは15cmの誤差を持つ可能性がある。距離500mの基準点を±10cmの誤差で測定できれば良いが、難しい。

レーザースキャナで測定した点群個々の座標値の精度は決して高くない。むしろレーザービームの広がりのため、距離500mで±10cmより小さくなる事はない(RIEGL LMS-Z420i)。

それではなぜ、基準点測定と座標マッチングの精度を上げる必要があるのか。レーザースキャナが面を測る道具だからである。1つの面に乗る測定点群は数百から数万点に及ぶ。この点群が表す面の位置精度は高く、1000個の点群がある平らな壁の、壁に垂直な方向の位置精度は±1cm以下である。

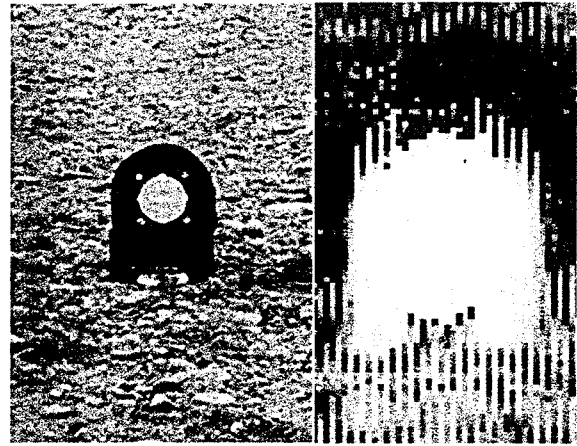


図-1 反射ターゲット(左)と測定データ(右)
右のデータイメージから、中央座標値を自動計算する。誤差±3~4cm。
(RIEGL LMS-Z420i & RiSCAN PRO)

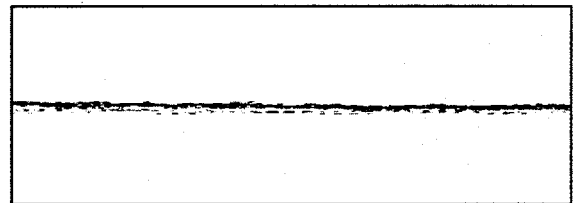


図-2 座標マッチング誤差が表れた面
平面を測定して距離100mで4cmずれた2つのデータ点群の断面。2つの平面を構成している。

2つの方向から同一の平らな壁を測る時、座標マッチングで4cmの誤差を生じれば、2つの平面が際立って現れる。

既知点を基準にした座標マッチングの精度では、レーザースキャナ測定点群が表す面を正しく表すためには充分ではない。

4. 図上のずれ評価

座標マッチングで面が正しく重ならなると、詳細な地形図はできない。表現する詳細さは必要性、機器の性能、測定状況で異なる。

1つの面を2地点から測定して1つの図に表す時、2つのデータずれがあると図上に様々な模様が見え、ずれを定量化できる。

4.1 差分

ずれのある2つのデータを合わせて等高線図を作ると、相互の点間にずれた量だけの等高線ができ、ずれの量がわかる。(図-3)

4.2 傾き

2つのデータをそれぞれメッシュ化し、各メッシュ毎に差分を算出して等高線図を作成する。差分に沿った等高線の向きは傾きの方向を、間隔は傾斜度を表す。(図-4)

5. 面的座標マッチングの数値計算化

図上でずれ、傾きが評価できる事を示したが、数値計算で座標マッチングする可能性を検討する。作図しての評価、補正は大きな手間を伴い、事前に基準点による座標マッチングを必要とする。

5.1. 測定時の準備

測定時、適当な平面を測定範囲に入れなければならない。擁壁、舗装路、橋梁などがあれば良い。比較的平らな砂州、岩盤でも良い。凹凸が多い面は適さない。前後、左右、上下それぞれの方向にあるとなお良い。足場が舗装されていれば使える。

高速スキャナ測定では、できるかぎり全周を測定しておくで、後に参照できる平面データが増える。

5.2. 平面計算

測定データから平面領域を切り出す。専用ツールは容易に作れるが、CADで可能だ。切り出した平面を表す点群の回帰平面を求める。いくつか方法は考えられ、困難ではない。(重回帰法、等)

5.3. マッチング

2ヶ所の測定データの回帰平面を、平行移動、回転移動して一致させる。(各平面に合同な三角形を置き、3頂点の座標をマッチングさせる方法など：特開 2002-341031)

以上を数値計算で実施すれば、数百メートル内の地形測定は相対誤差数センチで短時間に座標マッチングが可能だろう。図上の手作業では300m内が2cmくらいの誤差範囲に収まっている。

6. 正確なマッチングの効果

レーザースキャナ測定データの個々の点群座標値の精度は決して高くない。しかし多数の点で表される形状から、測量や写真にはない多くの情報が得られる。

地形それぞれに特徴的な凹凸は、多方向から測定したデータを整合させて初めてわかる形



図-3 ずれた2組のデータを重ねた等高線図
図-2のずれた点群を合わせ、1cm等高線を作成すると、ずれた分だけの等高線が見える。ここでは平均して約4cm(等高線4本分)の凹凸がある。砂質の川原なので大きな凹凸はない。



図-4 2組の面データのメッシュ化差分等高線図
2組のデータの垂直差分、傾きが現れる。



図-5 差分を修正、合成後作成した5cm等高線図
砂州の形状が正確に表現された。

状が少なくない。時を隔てて測定した2つのデータを整合すれば、地形の微小な変位が現れる。

基準点を測定する時、基準点の周囲に3方向の面を付加すれば、精度は単純な反射ターゲット測定より1桁向上する。

7. 結び

基準点から座標マッチングを行うのは容易であり、評価が容易である。しかし、基準点をいかに正確に測れるか、各点がいかに正確に地点に対応するか、というだけの評価では、レーザースキャナの価値を見損なう可能性がある。

レーザースキャナのデータが表すのは面であり、形状である。形状の正確さをより引き出す努力をすべきだ。

8. 参考文献

- ・ 特許公開 2002-341031
- ・ RIEGL LMS-Z420i 測定データ 有限会社和泉測量