

### 3次元点群データを用いた測量精度に関する実験的検討

東日本旅客鉄道(株) 正会員 ○高見澤 拓哉  
 東日本旅客鉄道(株) 正会員 井口 重信  
 東日本旅客鉄道(株) 正会員 竹谷 勉

#### 1. はじめに

3次元レーザースキャナにより得られる点群データを用いて構造物の設計・施工を行う場合、要求性能に合わせて精度を確保する必要がある。精度の良い測量を行う場合、高精度のレーザースキャナを用いて多点の点群を取得すれば良いが、時間とコストがかかる。そこで、3次元点群データの精度と測量器からターゲットまでの距離と測量の関係について、実験的検証を行った。

#### 2. 実験概要

表-1に示す3次元レーザースキャナを用いて10m, 20m, 30m先に設置したターゲットを計測する実験を行った。ターゲットの設置状況を図-1に示す。ターゲットには、白色(紙)と銀色(アルミ)の2種類を用意し、レーザー光が垂直にあたるように設置した。レーザースキャナの10m地点におけるレーザー照射間隔を示す計測モードを3.1mm, 6.3mm, 12.5mmの3水準に変えてそれぞれ計測を行った<sup>1)</sup>。

表-1 レーザースキャナ諸元

| 方式     | TOF       |
|--------|-----------|
| レーザー波長 | 1064nm    |
| 最小点間隔  | 3.1mm/10m |
| レーザー求心 | 1mmφ (1m) |

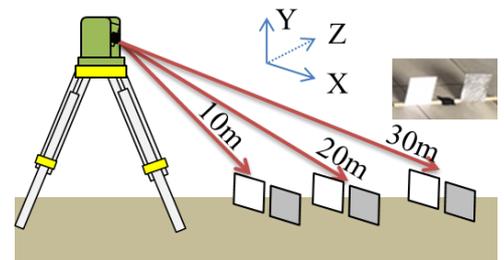


図-1 ターゲット設置状況

#### 3. 実験結果

##### 3.1 計測結果

3.1mmモードで、白色(紙)の計測結果を図-2に示す。いずれのグラフも各径測点の平均値を原点として表示した。10mの距離では10cm四方のターゲット形状が良く判別できるが、30mの距離では判別が難しい。また、ターゲットからの距離(Z座標)については、0を中心に-14.4mm~22.9mmの間に分布していた。

##### 3.2 取得した点数

ターゲットまでの距離と取得した点数(点密度)との関係を図-3に示す。同一の計測モードにおける距離ごとに取得できる点数は、距離が近くなるにつれ加速度的に増える。白色(紙)と銀色(アルミ)の材質による密度の差は、74%~98%で大小関係にも傾向が見られないことから、今回の実験においては見られなかった。

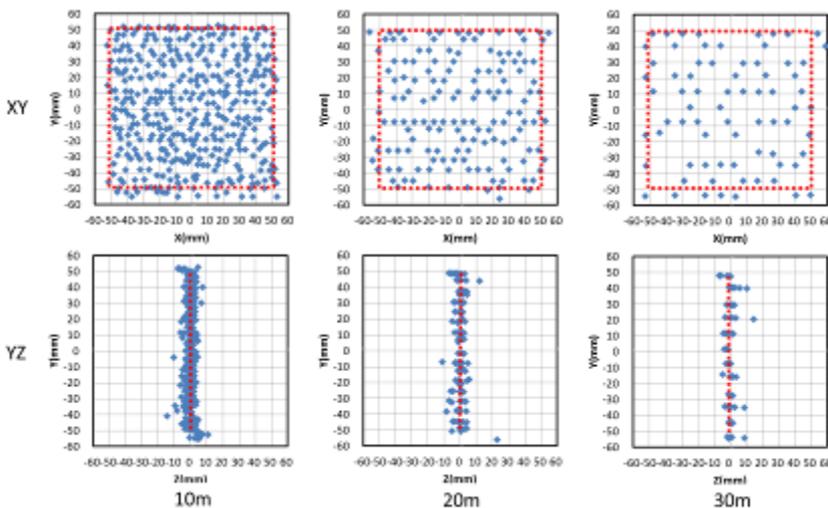


図-2 計測結果

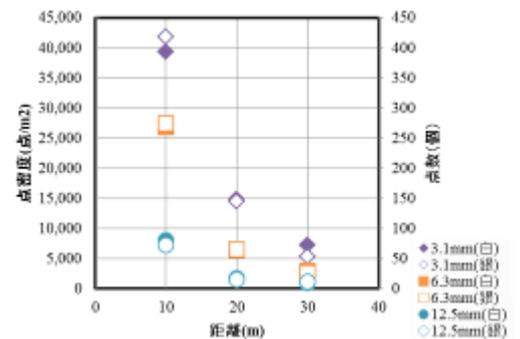


図-3 点数関係

キーワード 3次元レーザースキャナ, 点群, レーザー測量

連絡先 〒370-8543 群馬県高崎市栄町6番26号 東日本旅客鉄道株式会社 TEL027-324-9369

### 3-3. Z方向の点群計測精度

図-4に白色(紙)で10m-3.1mmモードの場合のZ座標における計測誤差の分布を示す。また、図には実測値の標準偏差を用いた正規分布の値も示す。ここでの計測誤差は、各ターゲットにおける計測値の平均値からの誤差とした。実測値の分布は正規分布のように見える。図-5に白色(紙)で10m-3.1mmモードの場合のZ座標における計測誤差の正規分布による期待値と実測値との関係を示す。正規分布による期待値は実測値と線形の関係にあり、決定係数  $R^2 = 0.9678$  であることから、Z方向誤差は正規分布で近似可能と考えられる。

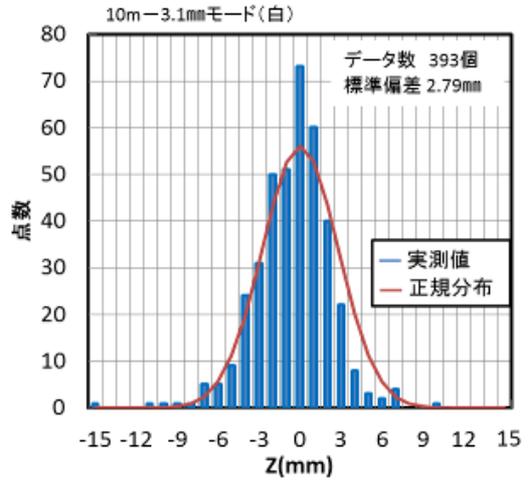


図-4 Z方向距離の誤差分布

### 4. 実測値を用いたシミュレーション

図-3に示すように、ターゲットまでの距離により取得できる点群の数が異なる。そのため、本実験のように同じ大きさの対象物の測量を行ったとしてもその平均値の誤差は距離によって大きく異なると予測される。そこで、実験結果より得られたZ方向誤差の標準偏差の値を用いてZ方向の計測精度について考察する。

Z方向の誤差が実測で得られた標準偏差の正規分布で発生すると仮定し、図-3に示す点密度で1000回計測した場合の平均値の標準偏差をモンテカルロシミュレーションにより算出した(図-6)。距離と平均値の標準偏差は線形の関係にあり、例えば23.4m離れたターゲットに3.1mmモードで計測した場合の標準偏差は0.33mm程度であると予測され、99.8%の確率(3 $\sigma$ )で誤差が1mm以内に収まると思われる。

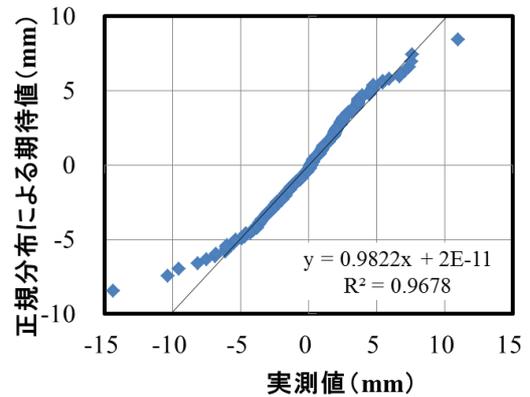


図-5 正規分布による期待値と実測値の関係

### 5. まとめ

本実験の範囲において以下のことが分かった。

- ・点群の取得密度は、距離に応じて加速度的に減少するが、白色(紙)と、銀色(アルミ)では大きな差は無かった。
- ・ターゲットの奥行き方向(Z方向)誤差の分布は、正規分布で近似可能と思われ、10m-3.1mmモードでは標準偏差が2.79mmであった。
- ・実測により得られた標準偏差を用いると、3.1mmモードの計測で23.4m離れた10cm四方のターゲットのZ座標を99.8%の確率で1mm以内の誤差で計測できると思われる。

### 参考文献

- 1) 鹿田 正昭: 地上型レーザースキャナーデータ計測の標準化に関する調査研究

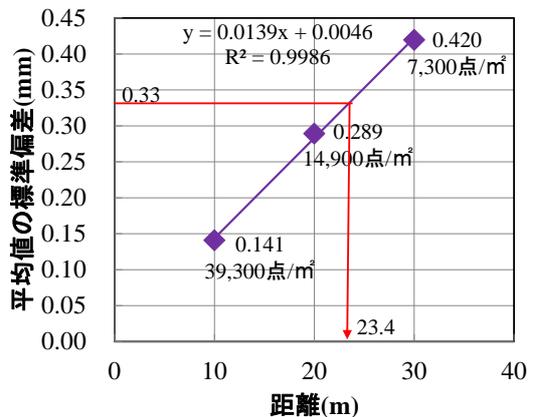


図-6 距離ごとシミュレーション結果