

3次元点群データより無作為に抽出された点の計測に関する一考察

東日本旅客鉄道（株） 上信越建設 PMO

正会員

○細川 良美

JR 東日本コンサルタンツ（株）

正会員

石原 勇一

CalTa（株）

正会員

高見澤 拓哉

1. はじめに

遠隔地施工管理実現に向け、3次元点群データ（以下、点群）を活用した品質管理実現を目指している。デジタル空間上で点群計測を行う場合、現状では任意に点と点を選択し2点間の距離を計測する方法が一般的である（図-1）。しかし、デジタル空間上での計測操作は現場でのスケール等を用いた計測と比較し、実際に計測したい三次元的な位置の選択が煩雑であり計測値にばらつきが生じやすいという課題がある。そこで、本検討ではデジタル空間上での計測時にばらつきの少ない計測ツールの開発を目的とし、計測方法の提案および評価を実施したので報告する。

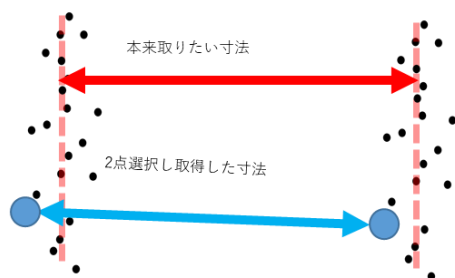


図-1 従来計測方法

2. 計測方法の提案

まず、デジタル空間上で点群を使用した品質管理に適する計測方法を提案する。図-2に、今回提案した計測方法のイメージを示す。案1は、面モデルを測定したい位置に配置し、面-面間や面-点間を計測する方法である。案2は、寸法を直接計測するのではなく品質管理の可否基準となる寸法を持たせた四角いボックスをデジタル空間上に配置し、干渉チェックを行う方法である。案3は、複数点を選択し、選択した点の重心位置で面を作成、作成された面からの距離を測定する方法である。提案した計測方法の3案を、鉄道工事で想定される計測場面である、①短距離の型枠や最外縁鉄筋かぶり寸法、②中距離

のホーム先端から軌道中心までの離れ高さ寸法、③長距離の高架橋（構造物）の出来形寸法の3つの計測場面を想定し、これらに対応できるものとする。今回、複数提案した中から本報告においては、すべての計測場面にに対応できると考えた案3を採用し検討を進めることとした。

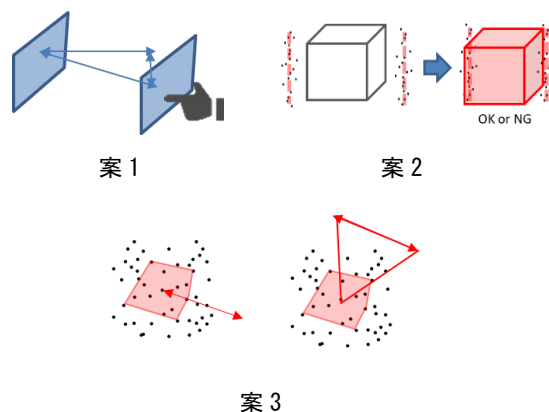


図-2 計測方法案イメージ

3. 提案した計測方法の評価

計測時の真値に対する誤差や複数計測時のばらつき程度について評価することで、提案する計測方法の計測精度を確認する。評価の際に、点群の生成具合等の不明確な要素の影響を測定結果が受けないよう、決まったばらつき程度を持たせた点群を作成することとした。検討用に作成した点群は、1000 mm（Z軸）×500 mm（Y軸）の中に10 mmピッチで点を配置した面と、面から100 mm離れた位置に真値が100 mmとなる点群の線である（図-3）。この時、面に対してはX軸方向に $1\sigma=15$ mmのばらつきを与えた。これは、SfMにて取得した点群で得られる精度と同程度である。

この作成した点群を用いて、2.にて提案した計測方法を使って計測した場合の真値との誤差や複数計測のばらつき程度を確認する。この際、面作成時の点選択数を3点、5点、7点と変化させることで、選択数の違いによる平均誤差やばらつき程度についても

キーワード 点群、デジタル空間、誤差、標準偏差

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） Email: yo-hosokawa@jreast.co.jp

合わせて確認する。

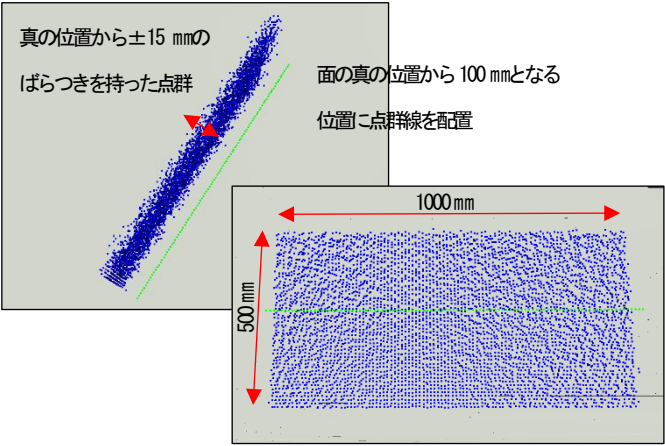


図-3 評価用点群

4. 評価結果

図-4 に、提案した計測方法を用いて評価用点群を計測した状況を示す。表-1 に、提案した計測方法による計測値と真値との平均誤差、および誤差の標準偏差を示す。サンプル数は、計測者 5 名が各パターン 10 回計測した全 50 サンプルである。図-5 に、計測誤差の誤差と、理論値（ランダムに 1000 回計測した場合）の誤差、それぞれの標準偏差を示す。表-1、図-5 とも、面作成時の点選択数をパラメータとした。

表-1 からは、面作成時の点選択数が多くなると、測定時の誤差やばらつきが小さくなることが確認できた。このことから、今回提案した計測方法が計測による誤差や複数人測定時のばらつきを低減できると考えられる。5 点選択時には、3 点選択時の約半分程度まで誤差が低減された。標準偏差についても、選択する点数が増えると小さくなる傾向が確認できた。また、図-5 からは、理論上求めた標準偏差と今回実際に計測し得られた誤差の標準偏差と同様に、選択数が増えればばらつきが低減される傾向を示しており、実測値が妥当であると考えられる。しかし、実測定の 7 点選択時には理論値の標準偏差を大幅に下回り、理論値の半分程度までばらつきが抑えられている結果となった。これは、理論値は完全な無作為抽出にて計測値を算出しているが、実測定については、計測時に明らかな外れ値（真値に対しての計測値が不自然なもの）を除いてしまう場面もあったため、無作為抽出と作為抽出の誤差が出ている可能性がある。選択する点数が増えると、この現象は発生しやすくなり理論値との乖離が出やすくなると考えられる。

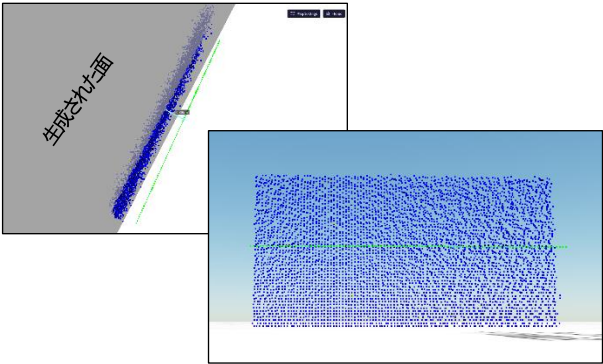


図-4 5 点選択時の計測状況

表-1 点選択数別の平均誤差および標準偏差

	3点選択	5点選択	7点選択
平均誤差	11.41	5.83	3.88
標準偏差	9.58	6.49	2.77

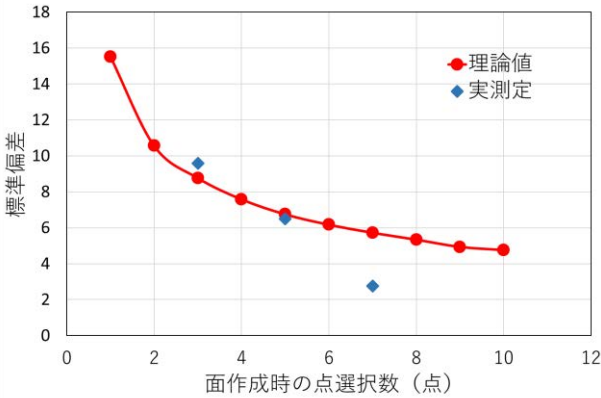


図-5 実計測および理論値の誤差の標準偏差

5. まとめ

本検討では、 $\sigma=15\text{ mm}$ のばらつきを持った点群上にて、測定時の誤差や複数人測定時のばらつきを確認した。その結果、今回提案した計測方法により、計測による誤差や複数人測定時のばらつきを低減することが、実測および理論値上からも確認することができた。また、 $\sigma=15\text{ mm}$ 程度の点群上にて計測を行う際は、5 点以上選択し平面を作成することで、計測による誤差を、1 点選択時の最大で発生し得る誤差である 15 mm の 3 分の 1 程度まで抑えることができることが分かった。

今後、本稿で提案した計測方法を、実際に取得した点群に用いてばらつきの程度を確認するとともに、計測ツールへの実装に向け有用性を高める必要があると考える。