

都市施設の改修工事における 3次元測量と点群データの活用

日軽エンジニアリング株式会社 横谷 真一

日軽エンジニアリング株式会社 廣畑 晴俊

株式会社日建設計シビル 沼川 清久

株式会社日建設計シビル 藤田 千雅子

1. はじめに

近年、国土交通省が推し進める「i-Construction」を契機として、3次元測量および点群データを含む3次元データの活用が推奨されている。土木分野は「BIM/CIM活用ガイドライン(案)令和2年3月¹⁾」、 「地上レーザスキャナを用いた公共測量マニュアル(案)平成30年3月²⁾」等が整備され、建築分野は「官庁営繕事業におけるBIMモデルの作成及び利用に関するガイドライン平成30年改定³⁾」が整備されている。ただし、各分野において公共施設を含む都市施設等の改修工事に主眼をおいたガイドライン等の整備はまだされていない。

また、今後20年で建設後50年以上経過する施設の割合が高くなり加速度的に老朽化が進んでいく。⁴⁾それにより今後都市施設の改修工事はますます増えてくることが予測される。古い施設などにおいては竣工後の改修に関する資料がない場合が多く、改修設計のための測量や詳細調査は必須となる。従来の調査方法では手間がかかることや人為的な間違いが発生する懸念もあるため、3次元レーザスキャナ(以後、3Dスキャナー)を用いた点群データや全方位画像写真の活用が有効であると考えられる。

本稿では、都市施設の中でも屋内空間である地下街の天井改修工事を対象に、3次元測量と点群データ活用による有効性の検証を行い、測量およびデータ処理時間の短縮と人件費削減効果について述べる。また今後の展望として、屋外空間である駅前ペDESTリアンデッキの桁カバー改修工事における活用の可能性、課題についても述べる。

2. 3次元測量方法

測量対象は、現在地下街防災推進事業を適用して天井改修工事が実施されている名古屋セントラルパーク地下街である。(写真1)3次元測量に用いた機器、点群データ処理ソフトウェアについては表1に示す。

測量は、図1のように通路交差点部10m×12mの範囲で、3Dスキャナーの設置形式をパターン①(1箇所スキャン)、パターン②(4箇所スキャン)に分けて行った。前者はデータ合成なし、後者はデータ合成のため基準球を5箇所設置した。本天井改修工事では天井部に防護ネット(目合い15mm)が張られているため、防護ネットありの場合となしの場合を比較するために各々のデータを取得した。モノクロスキャン(測量時間7分/回)、カラースキャン(測量時間10分/回)についても比較するため各々のデータを取得した。



写真1 地下街天井改修工事中における3次元測量

| | |
|-------------------|--|
| 測量機器 (3Dスキャナー) | FARO Focus S150 Plus |
| 点群データ処理 ソフトウェア | データ合成：FARO SCENE ノイズ除去、参照点抽出：Infipoints |

表1 3次元測量に用いた機器、ソフトウェア

3. 3次元測量データの比較と精度

3.1. スキャン箇所数による比較

3D スキャナー設置形式について、パターン①では天井設備で影となる部分が出来てしまい、改修設計に役立たないことが確認できたため、パターン②でのスキャンデータの合成が必要となった。本検証を行った改修中の天井は凹凸が多く、複数箇所でのスキャンおよびデータの合成が必要であることが確認できた。(図2)

3.2. 防護ネットの有無による比較

天井部の防護ネットありの状態ではネットを点群データとして測ってしまうため、ネットを張った状態で天井内部の躯体や配管設備等のデータを取得することが困難であることが確認できた。(図3) 網目の大きさによっては測量ができる可能性はあるが、データ処理の作業効率が落ちる事が想定される。

3.3. モノクロ、カラーデータの比較

カラースキャンについては、精度には影響はないが、天井内の配管設備等の識別には有効であることを確認できた。(図4)

3.4. 3次元測量データの精度

3D スキャナーからの水平距離とデータ精度については、水平距離が遠くなると天井への入射角が小さくなり、点群間隔が粗く精度が落ちてしまうことが確認できた。本検証のケースでは、1m~3m であれば高精度(±1 mm)の測量が可能であった。上記から 3D スキャナーの設置間隔については 4m~5m ピッチで行うこととした。(図5) また、地下街は屋外空間と比べ気象条件や振動などの影響を受けにくく、3次元測量に有利な条件が揃っており、データ精度が良いことは明らかである。

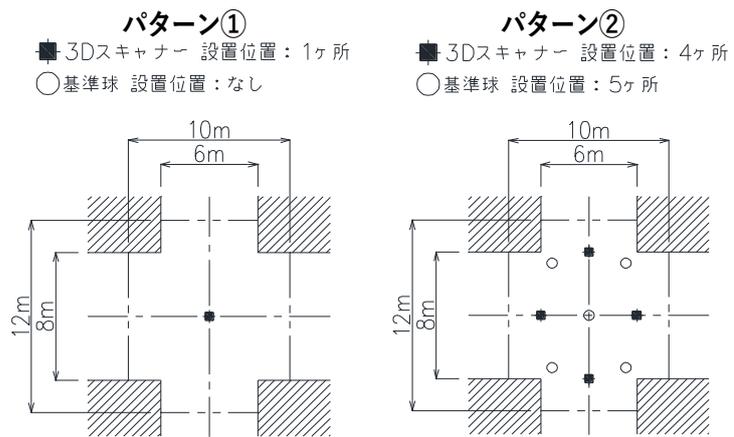


図1 3D スキャナー設置形式

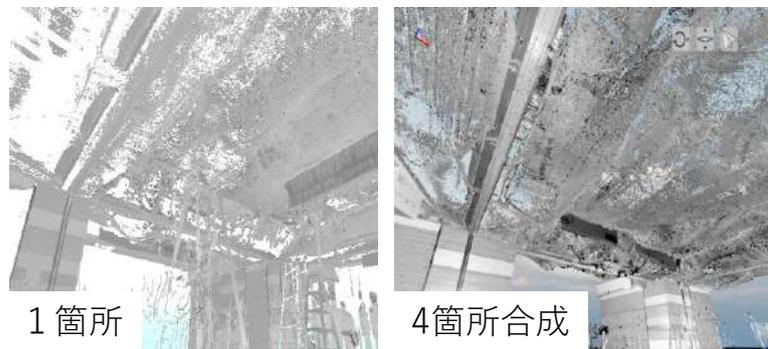


図2 天井部スキャン箇所数による画像の比較



図3 天井部防護ネットの有無による画像の比較



図4 天井部モノクロ、カラーデータによる画像の比較

| 3Dスキャナーからの水平距離 | データ精度 屋内環境(地下街) | 3Dスキャナーの設置間隔 |
|----------------|--------------------|--------------|
| 1m~3m | ±1mm | 4m~5m |
| 3m~5m | ±3mm | 7m~8m |

※ 水平距離が遠くなると取得できる点群密度が粗くなるため精度が落ちる

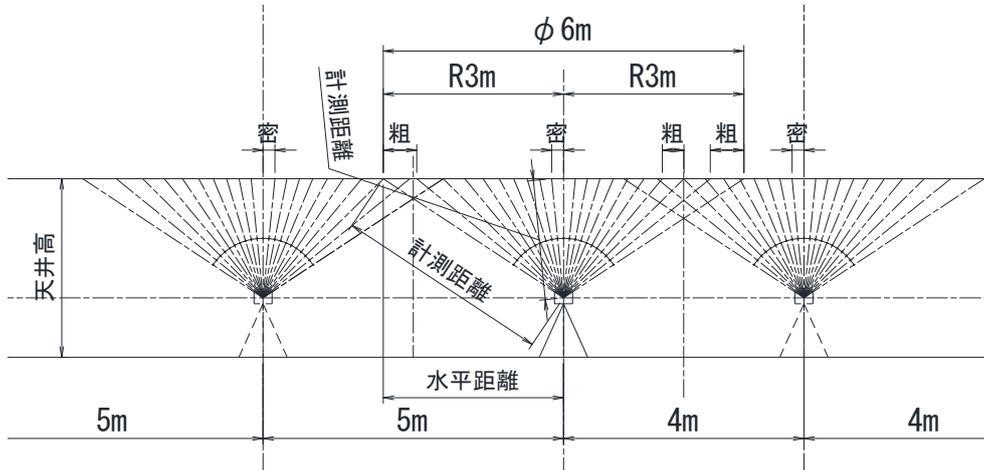


図5 3Dスキャナーの設置間隔とデータ精度

4. 3次元点群データ処理、活用方法

本測定の目的は、新設する天井パネル製作のため T バー材(天井パネル支持部材)の内寸法を計測することであり、3次元測量により得られた点群データの処理についての作業フローを以下に示す。まず「FARO SCENE」にてスキャンした点群データを取り込み、データの合成および不要点群の削除等を行う。次に合成したデータを「Infipoints」で読み込み、ノイズ除去等を行った上で確認したい参照点を抽出する。次に抽出した参照点を「Excel」へ書き出し、マクロを用いて「AutoCAD」へ2次元オブジェクトとして変換したデータを、新設する天井パネルの作図に活用した。(図6)

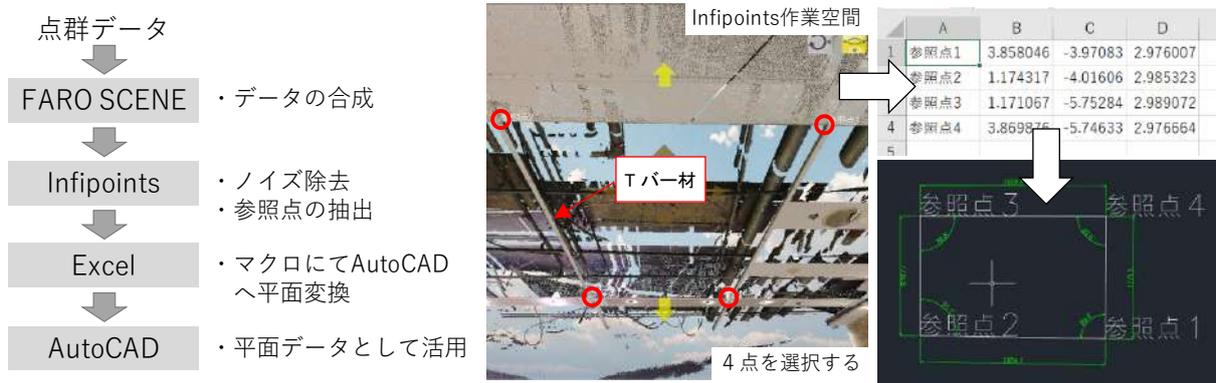


図6 点群データ処理の作業フロー、参照点の抽出

スキャンしたデータを直接「Infipoints」上で必要な寸法を確認することが可能である。図7に天井パネル部の平面に開口部の寸法線を記入したものおよび横断面に高さ寸法を記入したものを示す。このようにあとから任意の寸法を確認可能なので、追加測量作業が不要となるメリットは大きい。

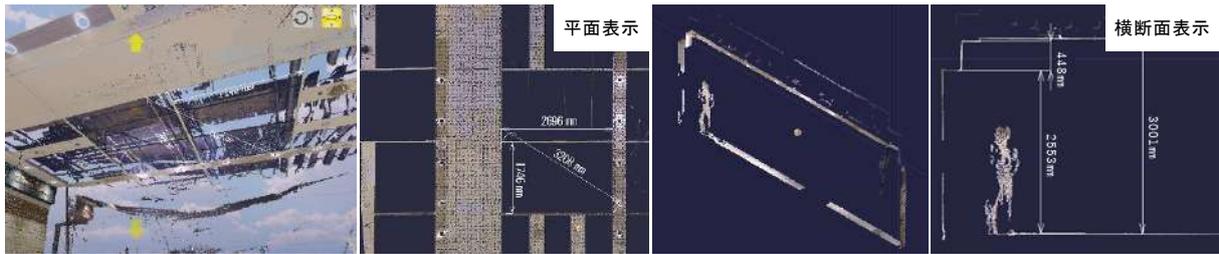


図7 3次元点群データの断面表示および寸法計測

5. 3次元測量導入による効果

3D スキャナーを用いない場合(従来の測量)と3D スキャナーを用いる場合(3次元測量)の比較を行った。従来の方法とは、天井ネットを張った状態でレーザー下げ振り器を用いて天井測点を床面に落として寸法計測する方法で、作業人員は3人が必要であった。3次元測量ではスキャナーの操作自体は1名で可能であるが、防護ネットの撤去作業においては2名が必要なため作業人員として2人をカウントしている。改修工事現場は防護ネット撤去作業により、測量とは別の時間を要する点がある点には注意が必要である。データ処理時間については、点群データを用いない場合(紙に書き写した計測値をCADデータへ描き起こす作業)と比較した。今回の比較検証においては3次元測量の導入効果として1スパンあたり4.5人・時間の短縮、人件費として約3万2000円程度の削減ができることを確認した。(表2)さらに、現場での測り忘れがあった場合は、測量した点群データにて再度確認可能である事や、実測データの人為的な測り間違い、転記間違いも防止できる事等、二次的なメリットもある事が確認できた。

今回の改修工事では、天井パネルの作図に2次元CADデータへ変換を行ったが、今後はBIM等の3次元ソフトにより3次元データのまま施工図へ反映、さらには工場加工図へ展開することで更なる業務効率化が図れるものと考えられる。

| | 従来の測量 (防護ネットありのまま) | | 3次元測量 (防護ネット撤去) | |
|--------------------------|--|--|--|--|
| 測量範囲 | 10mx12mの1スパン | | 10mx12mの1スパン | |
| 作業人員 | 3人 | | 2人 | |
| 防護ネット撤去・復元時間 | | | 0.7h 20min × 2回 | |
| 測量時間 | 2h | | 0.8h 10min(準備) 10min × 4scan | |
| データ処理時間 (取り込み~図面反映まで) | 5h | | 3.5h | |
| 合計時間 (人 × 時間) | 11人・h 3人 × 2h 1人 × 5h | | 6.5人・h 2人 × (0.7+0.8)h 1人 × 3.5h | |
| 費用 (人件費、夜間割増適用) | ①76,920円 7500円 ⁵⁾ × 7h 6105円 ⁵⁾ × 4h | | ②44,760円 7500円 ⁵⁾ × 5h 4840円 ⁵⁾ × 1.5h | |
| 導入効果(削減費用) | 32,160円(①-②)/1スパン | | | |

表2 3次元測量導入による効果検証

6. 屋外空間における検証と今後の展望

現在、これまで述べた屋内空間である地下街とは環境、条件の異なる屋外空間における3D スキャナー活用の検証を進めている。今回検証のために、某駅前のペDESTリアンデッキの桁カバー(写真2)改修工事において、3D スキャナーを用いて地上よりスキャンし、既設桁カバーパネルの点群データを取得した。

検証として既設桁カバーパネルの寸法確認を「Infipoints」の断面表示機能を用いて、点群データの寸法計測を数箇所行った。実際の施工図面との比較を行った所、精度は±3mm程度であった。(図8)



写真2 ペDESTリアンデッキ桁カバー

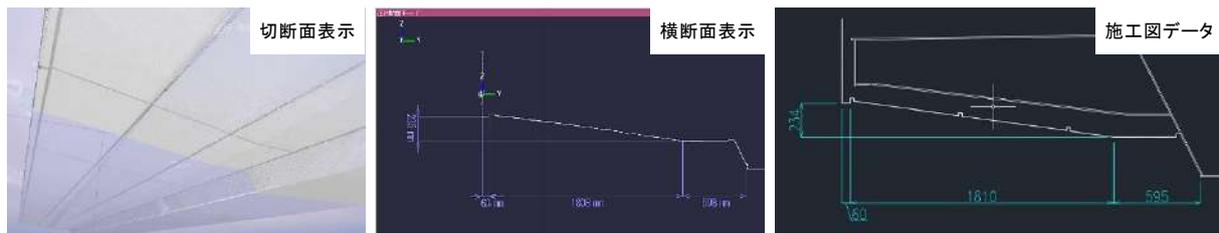


図8 既設桁カバーパネルの寸法確認

屋内空間である地下街との比較を交え、屋外空間における3次元測定の課題について述べる。地下街との大きな違いは測量対象までの高さ方向の距離にある。地下街が天井まで2mだったのに対して、ペデストリアンデッキの桁下までは4.5m程ある。このことにより、桁側面の1次ファスナー等の測量対象への入射角に大きな違いが出るため、スキャナーの設置場所には十分に気を配る必要がある。また、屋内空間とは違い雨、風、外光等の気象条件や、橋梁の振動等が点群データの精度へ影響を与えることが分かっている。屋外空間ではこれらの事象を把握した上で、精度誤差を許容できる設計をすることが求められる。仮にこのようなペデストリアンデッキの桁の測量において3Dスキャナーを用いずに測量する場合、高所作業車の手配や、道路上空の対象を測量するために交通規制等を行う必要がある。これらを考慮すると3次元測量導入による費用メリットが大きいと考えられる。今後も屋外空間での様々な条件下で検証を行い、精度や最適な3次元測量方法を明らかにするため知見を積み重ねていきたい。

7. おわりに

本稿では、屋内空間である地下街の天井改修工事において、3次元測量と点群データ活用により時間短縮による費用効果を確認することができた。また、屋外空間では駅前ペデストリアンデッキの桁カバー改修工事において3次元測量と点群データ活用の可能性についても見出すことができた。今後も様々な条件下での検証を通して知見を増やし、計画や設計担当者の業務効率化、精度、品質向上に寄与していきたい。最後に施工現場での実測許可を快諾いただいた(株)セントラルパークさまに感謝いたします。

【参考文献】

- 1) BIM/CIMガイドライン(案)共通編, 国土交通省, 3.5 地上レーザー測量 pp.60-61、2020.3
- 2) 地上レーザスキャナを用いた公共測量マニュアル(案), 国土交通省国土地理院, 2018.3
- 3) 官庁営繕事業におけるBIMモデルの作成及び利用に関するガイドライン, 国土交通省大臣官房官庁営繕部整備課施設評価室, 2018.8
- 4) 社会資本の老朽化対策情報ポータルサイト, 国土交通省, 社会資本の老朽化の現状と将来, https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/maintenance/02research/02_01.html, 2021.8
- 5) 令和3年度設計業務委託等技術者単価, 国土交通省, 2021.2

【備考】

本稿は、令和3年度土木学会全国大会第76回年次学術講演会にて発表済みの内容を含んでいる。