

地上型レーザスキャナを用いた既存建築物の3次元モデルの構築

関西大学大学院 学生会員 ○陳 鐘漢
 関西大学 正会員 窪田 諭

1. はじめに

日本では、高度経済成長期に大量に建設された建築ストックの維持管理についての研究が進んでいる。2010年には国土交通省官庁営繕部が官庁施設ライフサイクルへBIM技術を導入し、官庁営繕事業におけるBIMガイドラインを取りまとめた^[1]。また、3次元CADを用いた既存建築の設計情報のデジタル化を可能にするため、情報の整備・管理手法の技術も開発されている^[2]。既存建築物において維持管理にBIMモデルの活用が期待される。

近年、設計図がある既存建築物において設計情報のデジタル化に関する研究が進んでいる^[3]。しかし、設計情報が残っていない既存建築物を対象とした研究はまだ少ない。そこで、設計情報が残っていない建築物を対象に、地上型レーザスキャナを利用して高精度に既存建築物を計測し、それを基に3次元モデルを構築することを考えた。点群データを利用するためには、計測範囲の制限、点群データの処理技術などの課題がある。これらの課題を解決し、3次元モデルの作成手順を確立する必要がある。

そこで、本研究では、設計図書がない既存建築物の3次元モデルを構築する手順を提案し、検証する。

2. 3次元モデルの構築手順の提案

本研究では、既存建築物における計測から3次元モデルの構築データの共有について、以下の8ステップを提案する。

(1)室内外における点群データの計測

計測機器の特性と範囲に基づいて計測位置を特定する。建築物を対象とする場合は、室内外で計測した点群データを結合するために、特徴点または特徴面が必要となる。室外から室内環境を測れない場合は、計測した点群データの位置合わせが難しいと考えられる。

(2)点群データの結合

屋内外に共通する特徴点・特徴面を利用して、計測した点群データを結合する。室内外の点群データは共通している点が少ない場合があるので、ターゲットを利用して特徴点を作ることもある。

(3)点群データにおけるノイズ除去などの処理

点群データには周囲の環境も含まれているので、膨大なデータ量を減らすために、関心領域の抽出とノイズ除去を行う。

(4)BIMモデルの作成

点群データからBIMモデルを構築する際には、部材ごとにモデルを定義する必要がある。BIMモデル

を活用し、維持管理に必要な属性情報を付与する。

(5)LOD/LOAの観点から点群データとBIMモデルの評価

点群データの評価にはLOA(Level of Accuracy)^[4]を、BIMモデルの評価にはLOD(Level of Development)^[5]を用いる。LOAは米国建築文書化協会(USIBD)が提唱し、点群データとオブジェクトとの誤差を表す指標で、LOA10~LOA50まで5つのレベルがある。LODはBIMモデルの詳細度を示す指標である。

(6)部材・設備の識別

BIMモデルを構築する従来の手法では点群データを参照して手動で部材を定義するが、データの量によって手間がかかる。大規模点群データに対して部材と設備の識別に関する研究も進んでいる^[6]。

(7)データ構造の定義

点群データには対象物表面に位置する点のローカル座標がある。その上、計測機器のGPS座標と各点の色も表示できる。BIMモデルには既存構造物において、寸法、注記など表示情報と部材・設備の属性情報が含まれる。必要となる属性情報は部材等の名称、数量、点検・補修などの記録と考える。BIMモデルの拡張性によりその他の情報の追加もできる。

(8)データの共有

BIMの標準規格であるIFC(Industry Foundation Classes)^[7]を利用し、異なるソフト間でデータを共有する。

本研究では、上記のうち(1)~(5)の手法を実行し、点群データを基にBIMモデルを構築し、評価した。

3. 手法の検証

関西大学千里山キャンパスの第4学舎1号館を計測対象とする。

(1)室内外における点群データの計測

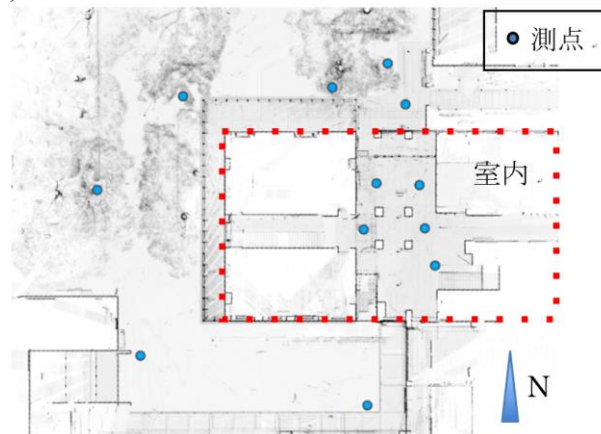


図1 測点の位置

キーワード 既存建築物, 維持管理, 点群データ, BIM, 3次元データ

連絡先 〒564-8680 大阪府吹田市山手町 3-35 関西大学大学院 理工学研究科 環境都市工学専攻
 TEL 06-6368-1121

地上型レーザスキャナとして、FARO 社製の Focus3D X 330 を使用した。使用したレーザスキャナの仕様では、計測範囲 10m 以内の精度が $\pm 2\text{mm}$ である。分解能 1/4、品質 4 倍に設定し、図 1 に示すように一階の室内では 5 箇所、室外では 7 箇所計測した。室内外の点群データを結合するために、室外では扉付近の測点を増やし、室内外両方を計測できるようにした。

(2)点群データの結合と評価

屋内外で計測した 12 箇所の点群データは、FARO SCENE を用いて自動的に結合された。室内外の点群データを結合する際に特徴点または特徴面は自動的に識別されていないので、扉付近に位置している特徴点と特徴面を手動で選択した。結合の精度を上げるために可能な限り離れている特徴点、または、面積が広い特徴面を選択した。室外から扉付近の室内環境も計測できたので、床と一部の壁を特徴面にした。結果として室内外の点群データ結合の最大点誤差は 3.8mm、平均点誤差は 2.1mm であった。結合した点群データは LOA50(点群データの内の 95%の点の誤差が 1mm 以内)を満たさず、LOA40(点群データの内の 95%の点の誤差が 1mm~5mm)を満たしていることが分かった。

(3)点群の処理

点群データの処理には CloudCompare を利用した。屋外のデータには対象構造物周囲の環境も含まれているので、不要なデータを削除し、関心領域を抽出した。次に、SOR フィルターを利用し、点群データのうち、各点から隣接の 6 点までの距離が(平均値 $+1\times$ 標準偏差)より大きい点を削除した。点群データの点数は 362,661,348 点から 269,985,748 点に減った。図 2 に処理後の点群データを示す。



図 2 SOR 処理後の点群データ

(4)BIM モデルの作成と評価

BIM ソフトには Revit を利用した。点群データから BIM モデルを作るためには、部材ごとにモデルを作る必要がある。Revit のライブラリに存在する壁、柱、床などのモデルを利用する際、点群データを参照として、寸法を合わせてモデルを作成した。



図 3 点群データを参照にして BIM モデルを作る模様

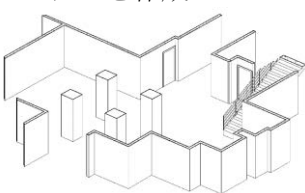


図 4 BIM モデル

点群データを参照して BIM モデルを作成する過程を図 3 に、構築した BIM モデルを図 4 に示す。各部材の寸法、形状及び位置が示されるので、LOD200 を満たす。ただし、維持管理のために、LOD300 以上の詳細度が望ましいと考える。属性情報の追加によりさらに BIM モデルを詳細化するためには時間を要するので、LOD200 のモデルをベースとして、関心領域だけ詳細化することができる。

4. おわりに

本研究では、設計図書が存在しない既存建築物の点群データから BIM モデルを構築する手順を提案した。室内外の点群データを結合する際の問題点を示し、点群データの精度評価および BIM モデルの詳細度評価を行った結果は、データの信頼性の参考情報となる。

今後の課題については、以下の四点が考えられる。一点目に、室内外の点群データの特徴点が少ない場合に位置を合わせる方法を検討する。二点目に、本研究では柱、壁、扉、階段などの部材を対象として BIM モデルを作成したが、BIM ソフトには設備や照明器具など維持管理に必要なモデルをライブラリに有していない場合が多い。解決策としては、Web で公開されたモデルを利用する、または部材のテンプレートから作る。三点目に、大規模のデータを手動で処理するためには作業量の懸念があるので、点群データの認識技術が発展すれば自動化することが望まれる。最後に、提案する手順の(6)~(8)はまだ検証していない。それらの課題について検討する必要がある。

参考文献

- [1] 国土交通省大臣官房官庁営繕部: 官庁営繕事業における BIM 導入プロジェクトの開始について, 国土交通省報道発表資料, 2010.03. http://www.mlit.go.jp/report/press/eizen04_hh_000003.html (参照 2021.3.1)
- [2] 国土交通省総合技術開発プロジェクト: 中古住宅流通促進ストック再生に向けた既存住宅等の性能評価技術の開発, <http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/kpr/prn0060.htm> (参照 2021.3.1)
- [3] 松林道雄, 渡辺俊: BIM データ化された設計図書を用いた施設管理の効率化, 日本建築学会計画系論文集, Vol.82, No.734, pp.1125-1133, 2017.
- [4] USIBD Level of Accuracy(LOA)Specification Guide, 2016.
- [5] BIMForum, “Level of Development Specification”, 2016.
- [6] 阿部誠也他: 大規模点群からの Deep Learning による構造物の検出, 精密工学会学術講演会講演論文集, Vol.2018A, pp.54-55, 2019.
- [7] 国土交通省: BIM/CIM モデル等電子納品要領(案)及び同解説, 2020.