

## 航空レーザー計測データを利用した建物モデル形状推定に関する基礎的検討

鹿島建設(株)技術研究所 正会員 ○飯山かほり 山田岳峰 野中沙樹

### 1. はじめに

自然災害あるいは人災が及ぼす様々な被害を推定、再現するためには、都市全体の数値モデルに基づく災害シミュレーションが一つの有効な手段となり得る。こうしたシミュレーションによる評価の信頼性を担保するには、対象物を適切にモデル化することが鍵となる。例えば都市インフラを適切にモデル化するには対象構造物の形状・属性情報が不可欠である。近年国交省データプラットフォームをはじめオープンデータも充足化されてきているが、地域や対象によっては十分な量・質のデータ取得が難しいことも多い。このような中、地形や構造物の形状や状態を精度よく網羅的に把握できるツールとして点群データが注目されている。点群データから3次元モデルを生成する様々なアプリケーションも開発されており、土木・建築構造物を対象とした研究<sup>1-3)</sup>も進められているが、これらの方法の適用性は点群データや対象物の特性にも依存する。本研究では、都市災害シミュレーションに利用する建物群の効率的なモデル生成を目的として、航空レーザー計測データ(以下、LD)から建物高さを推定する方法について基礎的な検討を行った。

### 2. レーザー計測データを対象とした簡便な建物高さ推定の方法

本研究で対象とするのは、オープンデータである基盤地図情報<sup>4)</sup>と点群データを併用する方法である。点群データにはいくつかの種類があるが、ここでは静岡県で広く整備・公開されている点群データのうちLDおよびDEM(0.5mメッシュ)を活用した。航空レーザー計測は広範囲でデータを取得できる一方、図1に示す例からもわかるように、構造物上面に比して側壁など鉛直面の点群密度が低くなる特徴がある。本稿ではこの特徴を利用した建物上面の概略高さ推定を試みた。

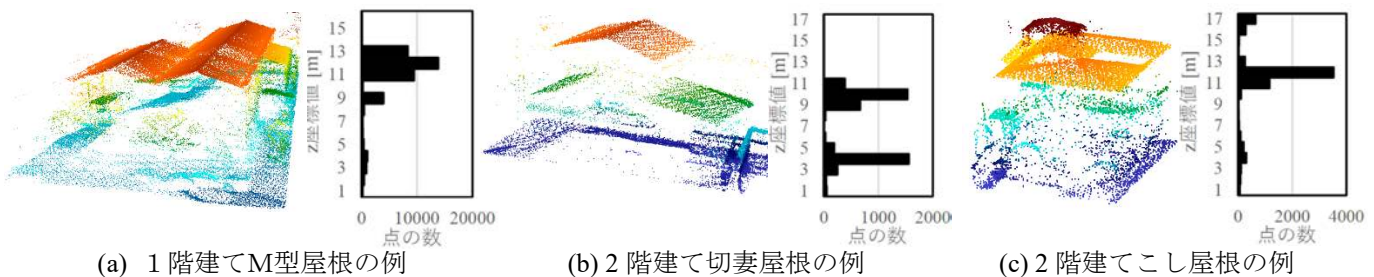


図1 主な建物形状の点群とその高さ方向のヒストグラムの例(青色地盤部はヒストグラムでは除外)

対象領域内建物群のうち各建物の平面形状を表す $N$ 角形ポリゴン(基盤地図情報から取得)のノード座標群を $\mathbf{X}=\{X_{i1}, \dots, X_{iN}\}$ , そのポリゴン内のLDの座標群とDEMの座標群をそれぞれ $\mathbf{P}_L$ ,  $\mathbf{P}_D$ で表す。ここでいう座標群とは、3次元座標を要素とする集合を指す。なお、 $\mathbf{P}_L$ および $\mathbf{P}_D$ は、まず $i$ 番目建物ポリゴン重心 $X_{iG}$ と重心から最も離れたポリゴンノード $X_{ij}$ までの距離 $|X_{iG}-X_{ij}|$ を半径とした水平面の円内にある点群をkd木で抽出し、抽出された点群に対して建物ポリゴンへの内外判定することで取得した。以下、1つの建物の高さおよび形状推定手順を概説する。

① 前処理:  $\mathbf{P}_D$ の要素のうちz座標の最小値 $z_{Dmin}$ を取得し、これを $\mathbf{X}$ で囲まれた建物ポリゴン内の代表地表標高と見做し、高さ $z_{Dmin}+z_0$ 未満の点を $\mathbf{P}_L$ から除去して $\mathbf{P}'_L$ を新たに生成した。建物1層の高さは3m以上と判断し、 $z_0$ は試験的に2.5mとした。新たに生成された $\mathbf{P}'_L$ の要素数を $m'$ とする。

② 高さ・形状推定: 既述のように、LDでは構造物上面の点群密度が側面のそれに比して高いという特徴をキーワード レーザー測量, 点群データ, 統合地震シミュレータ, IES, モデル化

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給2-19-1 鹿島建設技術研究所 TEL 042-489-8337

用した。まず、 $P_L$ に対して0.5 mピッチのヒストグラムを作成した。ヒストグラムの階級幅を  $dz$  [m]、最大度数を  $n_{imax}$  と記す。 $n_{imax}$  は「建物ポリゴン内の代表地表標高 $+z_0$ 以上の高さに存在する点群のうち、ある高さ階級幅  $dz$  に存在する点群数の最大値」であり、この  $n_{imax}$  に相当するヒストグラム階級に建物上面が存在する、と判断した。なお、 $dz$  の値を変化させて屋根形状特性分類も試みた。ここでは  $R = n_{imax}/m'$  と、 $R$  の閾値  $R_{index}$  という指標を導入し、「 $R > R_{index}$  を満たす度数  $n_{imax}$  の階級に存在する  $P_L$  要素の  $z$  座標の平均値  $zD'_{ave}$ 」を建物高さの推定値とした。なお、判定の精度を概略的に把握するために結果を7つに分類した。分類は、 $R_{index}$  を試験的に0.6として、 $dz = 1.0$  m のとき  $R > R_{index}$  を満たす階級が存在する場合を分類1、上位2階級または3階級の合計数が  $R > R_{index}$  を満たす場合をそれぞれ分類2、分類3、 $dz = 2.0$  m、 $3.0$  m のとき  $R > R_{index}$  を満たす階級がある場合をそれぞれ分類4、分類5、これらの条件を満たさない場合を分類6とした。分類1は陸屋根などのフラットに近いもの、分類2、3はフラットに近い形状が2か所か3か所存在するもの、分類4、5は傾斜が比較的大きなものを想定している。なお、ポリゴン内点群数が50以下と少ない場合は分類0とした。

### 3. 建物高さの推定結果

下田市内の約1.6 km × 0.9 km の範囲（点群タイル横4×縦3枚分）を対象に前章の手順で建物高さを推定した。対象領域内の建物数は2967棟であった。推定結果の例を図2に示す。カラーバーは標高値[m]を表し、右図の建物の色は推定高を表す。同図から、全体としてはLDで示される屋根付近の高さに概ね整合した高さが推定できていることがわかる。一方、例えば図中白丸で示した高さ20m程度の建物のように、屋根部の形状が複雑であるものについては高さを推定できていない。これは分類6のケースに相当する。今回検討対象領域のうち7.5%弱が分類6と判定された。なお、全体の47.5%が分類1、74.0%が分類1～3と判定された。

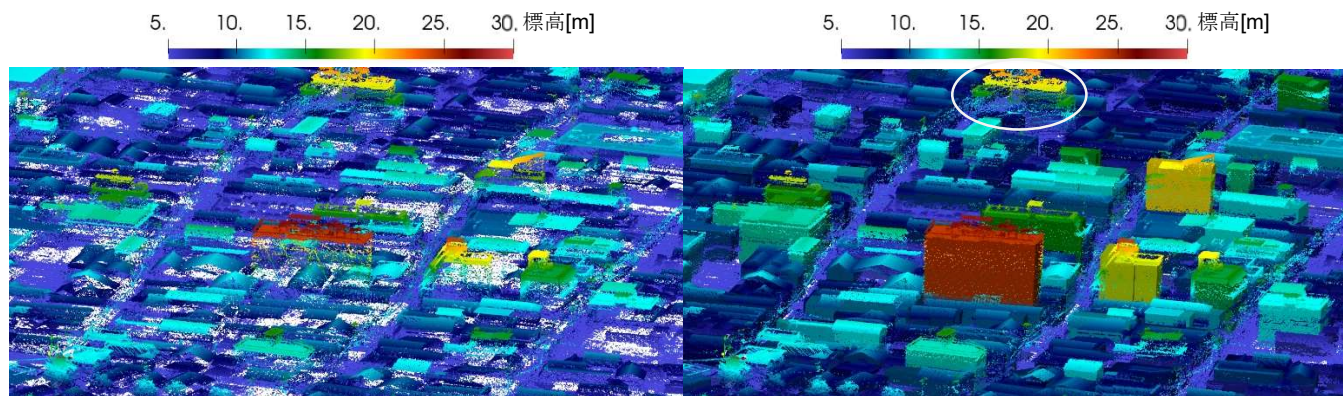


図2 推定結果例：レーザー計測データのみ（左）とこれに推定された高さの建物を重ねた結果（右）

### 4. おわりに

平面ポリゴン情報を併用することでレーザー測量点群データから指定した領域内の建物モデルの高さを推定する方法論を示した。本検討では平面ポリゴン情報を正としているため、点群と不整合があった場合の対応はできていない。結果の妥当性の定量評価、今回の手順で分類6と判定された建物を対象とした高さ推定方法の検討、平面ポリゴン情報と点群との不整合への対応が今後の課題である。

### 謝辞

静岡県より点群データをご提供頂き、基盤地図情報を利用させて頂きました。ここに謝意を表します。

### 参考文献

- 1) 塚田ほか：点群データを用いた橋梁の3次元モデルの生成に関する研究，日本知能情報ファジイ学会誌，Vol.27, No.5, pp.796-812, 2015.
- 2) 日高：土木構造物の計測点群データから維持管理に用いる3次元ポリゴンモデルの自動生成法に関する研究，大阪大学学位論文，2018.
- 3) 曾：MMS点群データを用いた建物3Dモデルの生成に向けた高速な壁面点群抽出手法，九州大学学位論文，2019.
- 4) 国土地理院ウェブサイト：<https://www.gsi.go.jp/kiban/>