

12. 地下街浸水シミュレーションのための地上構造物の3次元CADデータの作成

中村栄治・山本義幸

1. はじめに

都市部では豪雨が増える傾向にあり、地下街の浸水に対する避難対策が求められるようになってきている¹⁾。避難対策を考えるうえで、浸水のシミュレーションは不可欠なものとなる。事例が多く報告されているような平面的な広がりだけを考慮した2次元的な浸水シミュレーションではなく、シミュレーションを3次元的に行う場合、地下街の3次元モデルが必要になるだけでなく、地下街が立地する近辺の地上人工構造物（ビルや道路など）の3次元モデルも必要になる。名古屋駅西口にある地下街エスカ近辺の地上にある人工構造物の3次元モデルの作成について報告する。

2. 地上建築物の写真計測による点群データ

2.1 レーザ計測の適性

図1に示すように、地上部で据え置き型レーザスキャナを使うと、点群データの抜けが発生してしまう。図1の例では、円状に黒くなっている部分がレーザスキャナが設置されていた場所であり、スキャナの直下は計測できていないことがわかる。スキャナの周りに位置する街路樹がレーザ光の直進を妨げているために、街路樹を挟んでスキャナと反対側の領域の多くの部分では黒くなっており、点群が生成されていない。



図1 レーザスキャナによる計測漏れ

2.2 写真点群の特徴

このような理由により、地上の建築物の点群データは写真計測により取得することにした。写真計測といっても、単に民生用デジタルカメラ（SONY a6000）をモノポッドの先に装着し、地上から約3メートルの高さに掲げ、歩いて連写モードで撮影したに過ぎない。図2にその結果の一部を示す。点群生成ソフトウェアであるPix4D Mapper²⁾により点群データを生成した。その結果を図3に示す。写真点群のレーザ点群より優れる点は、動いているものが計測（撮影）されたとしてもノイズとして点群に現れないことである。これは、写真点群の生成原理を考えれば当然である³⁾。図2の右側の写真の下部に路上駐車していた車の屋根が映り込んでいるが、図3には車自身も点群としては生成されていないことがわかる。



図2 連続写真



図3 生成された写真点群

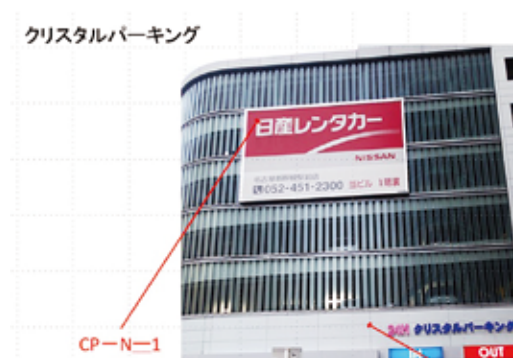


図4 看板と壁材境界を基準点とした例

2.3 写真点群の座標変換

写真点群はレーザ点群と同様、ローカル座標の値で表されている。ただし、写真点群はレーザ点群とは異なり、長さは実際の物理的寸法を反映したものではなく、無次元単位である。その理由は、カメラのレンズのパラメータ（焦点距離など）や、カメラと被写体の距離や角度などが異なれば、被写体の像（写真）の大きさが変わるためである。そのために、建物の表面や道路面に描かれた交通標識のグローバル座標（平面直角座標第VII系）を、GPS計測機やトータルステーションで必要十分な数だけ測量する必要がある。図4は、地上から基準点にトータルステーションの照準を合わせ、ノンプリズム計測を行った例である。これらの基準点を使い、過剰観測により写真点群の座標値をグローバル座標に変換することができた。

2.3 写真計測作業と写真点群生成における生産性

写真計測は据え置き型レーザスキャナによるレーザ計測に比べ遥かに生産性が高い。その理由の一つは、写真計測においては、撮影された写真からカメラの自己位置が推定されるため、写真撮影の場所の制約を受けないからである。一方、据え置き型レーザスキャナによる計測では、計測結果が連結するように、スキャナの位置を考えながら計測する必要がある。このことがレーザスキャナによる計測を時間がかかる作業にしている要因である。

点群の生成においては二者の立場が逆転する。写真計測結果から点群を生成するには、(1)カメラのレンズ特性を規定する値（焦点距離やゆがみなどカメラ内部パラメータと呼ばれるもの）の推定、(2)カメラの自己位置（被写体との距離や撮影角度などカメラ外部パラメータと呼ばれるもの）の推定、(3)カメラパラメータを使い複数の写真から、写真の画素ずつを3次元空間にマッピングするDensificationと呼ばれる処理が必要になる⁴⁾。これらの処理は非常に時間がかかるものである。図4の例では、点群データを生成するまでに2日間ほど費やした。

3. 地上の3次元モデル

3.1 ビルの3次元モデル

前節で述べた写真点群データを使いビルの3次元モデルを作成した。具体的には、点群データを点群ビューワに表示しながら、ビルの形や大きさを計測した。その作業の例を図5に示す。



図5 点群ビューワでの計測の例

計測した結果を基にして、Autodesk社のBIMソフトウェアであるRevitで平面図と立面図を作成した⁵⁾。図6と図7にそれぞれビッグカメラ名古屋駅西店と名鉄ニューグランドホテルの平面図と立面図を示す。ビルの屋上やビルの裏面など、手持ちの点群データに含まれていない部分については、Google Earthの3次元モデルを参考にした。

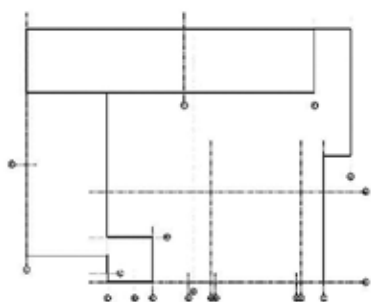


図6 平面図

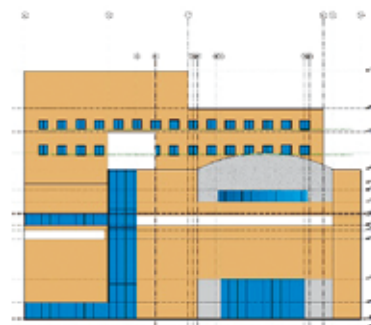


図7 立面図

Revitでは平面図と立面図が作成されると自動的に3次元モデルが生成される。図6と図7から生成された3次元モデルを図8に示す。

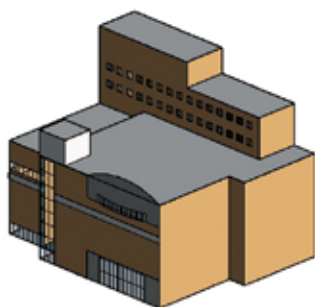


図8 3次元モデル

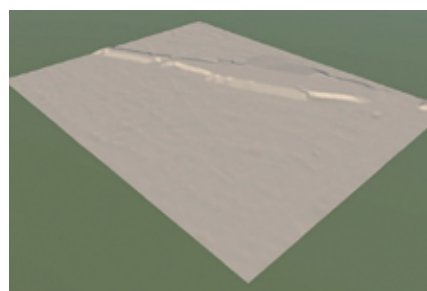


図9 名駅西側地形モデル

3.2 地面の3次元モデル

国土地理院の基盤地図情報サイト⁶⁾から点群データを入手してDTM (Digital Terrain Model)⁷⁾と呼ばれる地面の3次元モデルを作成した。図9にその結果を示す。図9の中で、周囲からやや高くなっている左右に細長くの伸びている部分は、新幹線のプラットフォームと、その前後の高架軌道に対応する部分である。

3.3 地上の3次元モデル

上述した建物（ビル）と地形の3次元モデルをAutodesk社のインフラ設計ソフトウェアであるInfraWorksを使い統合した。得られた地上構造物の3次元モデルのスクリーンショットを図10に示す。

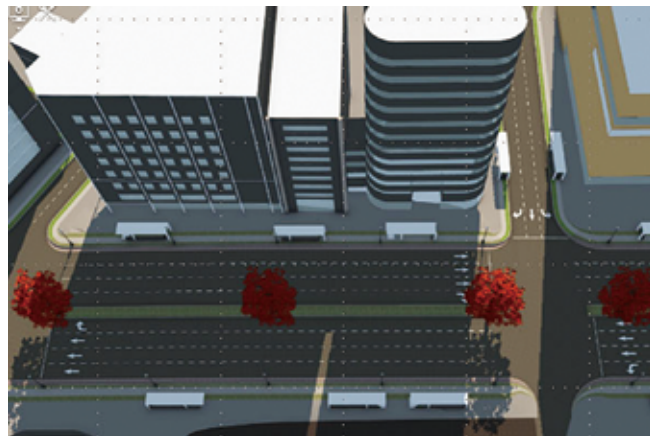


図10 地上の3次元モデル

4. まとめ

名古屋駅西口にある地下街エスカ近辺の地上にある人工構造物であるビルと地面の3次元モデルの作成方法について述べた。写真計測によって得られた点群データからビルの大きさを点群ビューワ上で計測し、その結果を基にしてBIMソフトウェアのRevitを使い、ビルの平面図と立面図を作成することで3次元モデルを生成した。国土地理院から入手した航空レーザ計測の点群データをもとに地面のモデルを作成した。これらモデルをインフラ設計ソフトウェアであるInfraWorksを使って統合した。

参考文献

- 1) 石垣泰輔, 市街地の水災害と地下空間浸水—大阪梅田地区を対象として—, 日本都市計画学会関西支部平成26年度シンポジウム資料, 2014.
- 2) Pix4DMapper Pro, <http://pix4d.com/product/pix4dmapper-pro>, 2017年5月アクセス.
- 3) R. Hartley, A. Zisserman, Multiple View Geometry 2nd Ed., Cambridge Press, 2004.
- 4) 古川康隆, 複数画像からの三次元復元手法, コンピュータビジョン最先端ガイド5, アドコム・メディア, 2012年.
- 5) 小林兼也, 藤原恵理子, VRによる地下街での自己位置把握の検証〜エスカを例として〜, 愛知工業大学情報科学部情報科学科卒業論文, 2016年3月.
- 6) 国土交通省国土地理院, 基盤地図情報サイト, <http://www.gsi.go.jp/kiban/f>, 2016.2017年5月アクセス.
- 7) G. Vosselman, H. Maas, Ed., Airborne and Terrestrial Laser Scanning, CRC Press, 2010.