

ファサードと屋根の形状を考慮したデジタルシティの構築

天野貴文・吉川 眞・平尾公孝

Digital City with Facade and Roof Shape

Takafumi AMANO, Shin YOSHIKAWA and Masataka HIRAO

Abstract: This study proposes a method to generate a digital city by using mobile mapping system (MMS) data and LIDAR data. A model of building with facade is generated from the MMS data and a model of its roof shape is generated from the LIDAR data respectively. A building model with a facade and a roof shape is constructed by composing the both models. As a result of a case study, high-probability building models were generated. However, generating a facade model will be changed by the positions of lines that the user-inputs. Therefore, the authors must develop an automatic extraction method that includes an eaves line, an outer wall line and parapets lines.

Keywords: モービルマッピングシステム (mobile mapping system), デジタルシティ (digital city), 屋根 (roof), ファサード (facade), 蓋然性 (probability)

1. はじめに

現在, 都市デザインや景観デザインにおいて, 三次元モデル化された都市であるデジタルシティ (吉川, 2007; 吉川, 2011) をベースに都市の将来像の把握が行われている. このデジタルシティを作成する際, 建築計画中の施設のような一般に主対象や副対象になる重要な景観要素は, できる限り現実に近い雰囲気で表現する必要から, 三次元 CAD を用いた精緻なモデリングが行われる. 一方, 対象場に存在する景観的な背景に該当する建物など, いわゆる周辺環境モデルは, 四角柱や多角柱モデルなどの簡易なモデルが用いられてきた (天野・吉川, 2010b). 多角柱モデルは建築物の外周線を上空に押し出すだけの簡

単なモデルであり, その手軽さから場合によっては主対象にも適用されることがあるが, その代償としてデザイン対象地域に詳しくない関係者に対し間違った景観イメージを与える危険性がつきまとう. たとえば, 伝統的建造物群保存地区内における周辺環境の表現に多角柱モデルを使用すると, 同地区内に近代的ビルディングが林立するような錯覚を与えてしまい (天野・吉川, 2010a), デジタルシティの蓋然性は著しく低くなる.

2. 研究の目的

周辺環境モデルは景観の背景にあたるものであり, 景観的な重要性は一般に低く, 地物それぞれを詳細に再現する必要性はない. しかしながら, 蓋然性高く表現する, すなわち「それらしく見える」ことは求められている (Amano and Yoshikawa, 2011).

多角柱モデルと現実の建物を比較すると, 景観的な差異は見えの面積が大きいファサード (建物

天野貴文 〒535-8585 大阪市旭区大宮 5-16-1
大阪工業大学大学院工学研究科都市デザイン工学専攻
Phone: 06-6954-4109 (内線 3136)
E-mail: amano@civil.oit.ac.jp
吉川 眞 大阪工業大学工学部
平尾公孝 株式会社パスコ関西事業部

前面)と屋根部に現れる。多角柱モデルは生成の容易性の代償として、これらの実形状をすべて捨て去っている。

本研究は、後述するモバイルマッピングシステム (Mobile Mapping System, 以下 MMS という) データや LIDAR (Light Detection and Ranging) データはじめとする地理空間データを活用し、対象場における景観シミュレーションの蓋然性を高めるとともに、デジタルシティの構築に向けたモデリング手法、なかでも形状面に着目した三次元都市モデルの構築手法の開発を試みたものである。

3. ファサード・屋根つき建物モデルの生成方法

本章では MMS データと同データを用いた建物モデルの生成方法について説明する。

3.1 MMS と MMS データ

MMS とは図-1 に示すように車両天板上に GPS アンテナ、IMU (Inertial Measurement Unit, 慣性計測装置)、デジタルカメラ、レーザスキャナを装備した高精度移動 GPS 計測装置である。MMS は最高時速 80km で走行しながら、一秒間に約 26,000 発のレーザを発射し、道路 (車両走行軌跡) に沿った形で高密度な三次元の点群データ (MMS データ) を取得することができる (吉田ほか, 2009)。また、レーザは前方上方および前方下方の二機が存在し、取得される点群データは絶対精度で 0.1m、相対精度で 0.01m である。

3.2 建物モデルの生成フロー

本研究で提案する建物モデルの生成フローは図-2 に示すとおりである。この一連の手続きを GIS パッケージである SIS MapModeller 7.0 を用い、半自動的にファサードと屋根を考慮した建物モデルを生成するシステムを開発した。フロー内の各処理については次章のケーススタディを通じて説明する。なお、ファサードを有す建物モデルの生成方法については著者らの既往文献 (Amano and Yoshikawa, 2011) に詳しい。

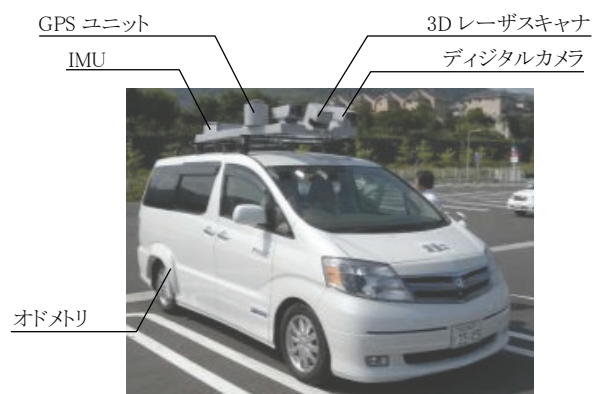


図-1 MMS 外観

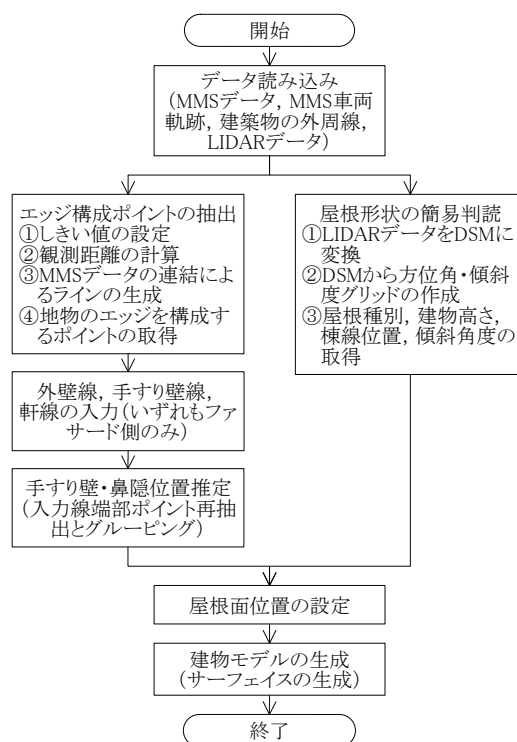


図-2 建物モデルの生成フロー

4. ケーススタディ

前章で示した建物モデルの生成フローを実際のデータに適用した。

4.1 試行対象地と使用データ

本研究で使用する主なデータは MMS データ、MMS 車両軌跡、建築物の外周線 (基盤地図情報) および LIDAR データである。MMS データはポイントデータであり、座標値 (XYZBLH) のほか、属性情報として観測時の GPS 時刻 (小数以下四桁, 秒)、誤差およびカラー値 (RGB) を有す。

MMS 車両軌跡はラインデータであり、車両位置座標 (x, y, z) のほか、属性情報として GPS 時刻 (小数以下一桁, 秒) がある。

両データは、2008 年 12 月に大阪府豊中市の阪急電鉄宝塚線岡町駅周辺で取得されたデータを使用した。したがって、ケーススタディの対象地も同地域周辺に設定している。

4.2 地物のエッジを構成するポイントの抽出

(1) しきい値の設定

対象地域にある三箇所のおおむね平坦な交差点において、観測距離 (x) とデータ間隔 (y) をグラフ上にプロットし、 $\mu+3\sigma$ の位置で最小自乗法により回帰式に当てはめた結果、式 1 を得た。この式 1 を満たさない場合、点群が連続していない、すなわち同一の面上にないを考える。

$$y \leq 0.1e^{0.165x} \quad \text{式1}$$

(2) 観測距離の計算

MMS データに対し、MMS 車両からの観測距離を求めて属性として付与する。各点の GPS 時刻に対応する MMS 車両の軌跡上の位置を線形補間により求め、二点間の距離を計算した。

(3) MMS データの連結によるライン生成

同一の時刻情報を有する MMS データを接続してラインを生成した。また、ラインを構成する線分の内、その長さが観測距離に対して長く、式 1 を満たさないものは除外した (図-3)。

(4) 地物のエッジを構成するポイントの取得

ラインを構成する各頂点の座標を順に取得して、連続する二線分のベクトル v_a と v_b を求める。 v_a と v_b が式 2 を満たす場合、二線分の接続位置にある頂点が地物のエッジを構成すると仮定した。図-4 は抽出した点群である。

$$\theta = \left| \pi - \cos^{-1} \left(\frac{v_a \cdot v_b}{|v_a||v_b|} \right) \right| \quad \left(\frac{1}{2}\pi < \theta < \frac{3}{2}\pi \right) \quad \text{式2}$$

4.3 外壁線・手すり壁線および軒線の入力

外壁線・手すり壁線および軒線は抽出した点群と建築物の外周線を参照しながらユーザによってライン (いずれも直線) が入力される。

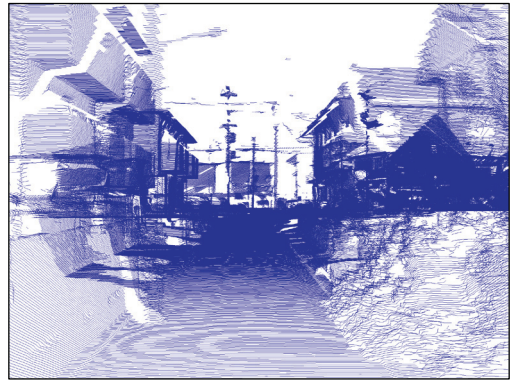


図-3 線分除去後の状態

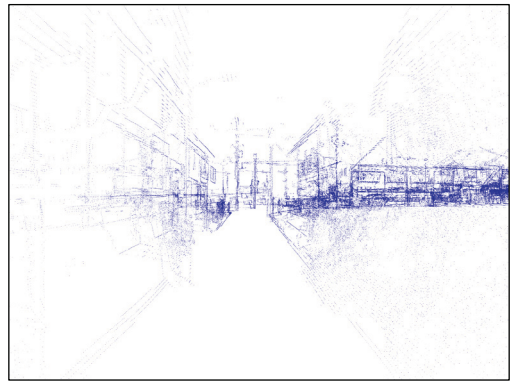


図-4 式 2 の適用により抽出した点群

入力された外壁線を用いて既存の建築物の外周線を修正する。手すり壁線については、抽出済み点群のうち、入力されたライン両端部周辺に存在する点群を再度抽出した。また、軒線からは最高高さを取得し、外壁高さとしている。

4.4 手すり壁の位置の推定

手すり壁部の構成点群に対し式 1 を用いてグルーピングする。具体的には、入力された手すり壁線の端部ごとに取得した点群を集約し、標高値で昇順ソートした。その後、標高値の低い点から順番に間隔を計算し、二点の観測距離の平均とその間隔が式 1 を満たさない場合はそこで手すり壁が途切れると仮定してグルーピングを行った。

設定したグループは、その最高値が手すり壁の上端、最低値が手すり壁の下端と対応し、サーフェイス生成時に参照する。具体例を図-5 に示す。なお、建築基準法施行令より高さが 1.1m 未満のグループについては、鼻隠 (軒先・ひさしの先端高さ) として扱っている。

4.5 屋根形状の簡易判読

LIDAR データを DSM データに変換後、方位角と傾斜度グリッドを生成して屋根形状の簡易判読（天野・吉川，2010b）を行う．簡易判読の結果から屋根形状，最高高さ，平均屋根勾配，棟線位置を取得する．

4.6 屋根面位置の設定とサーフェイスの生成

新たに設定した建築物の外周線と軒高さから多角柱モデルを生成し，さらに手すり壁の推定位置にファサードを構成するサーフェイスが外壁

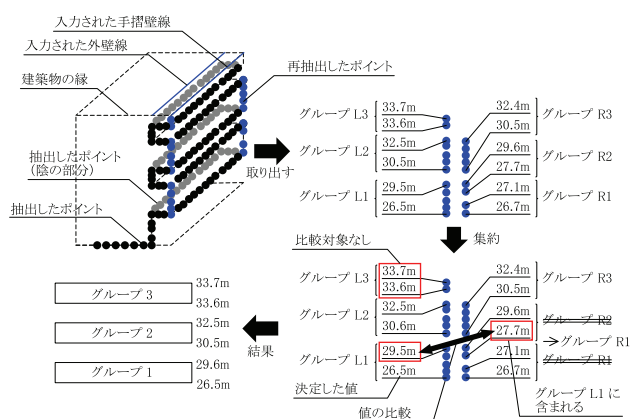


図-5 手すり壁位置の推定過程



図-6 ファサード付き陸屋根建物モデル

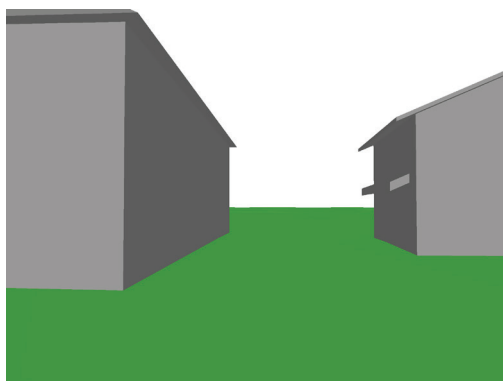


図-7 寄棟および切妻屋根の建物モデル

方向に押し出す形で配置する．図-6 は陸屋根のファサードつき建物モデルの再現例である．

屋根部については，軒線の位置から屋根種別（寄棟，切妻，陸）に対応する屋根面を最高高さにある棟線に向けて生成する．また，手すり壁のうち鼻隠と判定された部分について，屋根種別が傾斜屋根の場合は同じ傾斜を付けて建築物の外周線方向に押し出して生成する．陸屋根の場合は傾斜を付与しない．試行した結果を図-7 に示す．

5. おわりに

本研究で提案した手法により，ファサードの形状を半自動的に蓋然性高く再現することができた．課題として，ユーザのライン入力位置によりファサード形状が変わる点が挙げられる．そこで著者らは，現状ではユーザが入力している軒線などの自動抽出方法を GIS の空間解析機能を活用することで実現することを考えている．

参考文献

- 天野貴文，吉川眞（2010a）：建物屋根形状の簡易判読の試行と評価，情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集，**33**，49-54．
- 天野貴文，吉川眞（2010b）：MMS データを用いた 3 次元都市モデルの構築，地理情報システム学会講演論文集，**19**，2A-3（CD-ROM）．
- 吉川眞（2007）：デジタルシティと VR，都市計画，**270**，47-50．
- 吉川眞（2011）：デジタルシティの構築，測量，**722**，8-9．
- 吉田光伸，石原隆一，小崎真和，瀧口純一（2009）：モバイルマッピングシステムを用いた道路三次元情報の活用，三菱電機技報，**83**(5)，322-325．
- Amano, T. and Yoshikawa, S., 2011. Facade Modeling with Mobile Mapping System Data, *Proceedings of the 12th International Conference on Computers in Urban Planning and Urban Management (CUPUM 2011)*, 207 (USB Memory).