

基本メッシュのフィッティングによるレーザ計測点群からの市街地環境メッシュモデリング — 一点群の色情報を考慮した道路・壁面の自動モデリング —

北海道大学 ○新田 一馬, 伊達 宏昭, 金井 理

要旨

本研究では、地物の種類に応じた基本メッシュのフィッティングによるレーザ計測点群からの市街地環境メッシュモデリングを目的とする。本報では、道路・壁面の点群へのグリッドメッシュのフィッティングとテクスチャマッピングによる、道路・壁面の色付メッシュモデルの自動生成法を提案する。

1 はじめに

近年、中長距離レーザ計測器の普及により、室内環境、プラント、遺跡、市街地、都市部などの大規模環境の3次元計測が可能となってきている。計測された点群は、各種寸法の計測、3Dアーカイブ、図化、モデリング、環境検査、シミュレーションなど、多岐にわたって利用されるようになってきている。レーザ計測点群からの市街地環境の3Dモデル化は市街地環境の認識や各種シミュレーションのために必要である。そこで、本研究では市街地環境のメッシュモデリング技術の確立を目的とする。

市街地環境中の建物、電柱や街路樹といった地物は、地物の種類ごとにその特徴が大きく異なるため、すべての地物を同一手法でモデリングすることは困難である。そのため本研究では、地物の種類に合わせた基本メッシュのフィッティングによるレーザ計測点群からの市街地環境メッシュモデリング手法を提案する。本報では、道路・壁面の点群への基本メッシュのフィッティングおよびテクスチャマッピングにより、道路・壁面の色付きメッシュモデルを生成する新たな手法を提案する。

2 提案する柱状物体のモデリング手法

本研究では図1のように、市街地環境中の地物を、①道路・壁面のような大きな平面状の物体、②街路樹、街灯のような形状が類似したものが多数環境内に配置されている物体、③電柱、標識のような構成要素（パーツ）の種類は少ないがそれらの配置のバリエーションが多い物体、の3タイプに分類し、それぞれのタイプにあわせたモデリング手法の提案を行う。各地物の特性に合わせた手法を適用することで、効率的にモデリングを行うことができる。

本手法ではまず、市街地レーザ計測点群に対し、道路・壁面の抽出および基本メッシュ（グリッドメッシュ）のフィッティングにより、タイプ①の道路・壁面のモデル化を行う。次に、タイプ②の物体をサンプルメッシュのフィッティングにより、モデル化する。モデル化したい物体のサンプルの点群をユーザが手動で選択し、サンプルメッシュモデルを作成する。サンプルと形状が類似した物体の点群を点群中から抽出し、サンプルメッシュモデルを抽出した物体の点群へフィッティングすることで類似形状物体のモデリングを行う[1]。最後にタイプ③の物体はパーツメッシュのフィッティングによりモデル化する。点群の中から電柱や標識等の柱状物体を抽出し、高精度点分類に基づく特徴抽出とメッシュフィッティングにより、柱状物体のメッシュモデルを自動生成する[2]。本研究ではこれまでに、タイプ②、③の物体のモデリング手法の開発を行ってきた。本報では、タイプ①の道路・壁面のモデリング法について述べる。

3 道路・壁面のメッシュモデリング法

3.1. 手法概要

本手法で提案する道路・壁面のモデリング手法の概要を

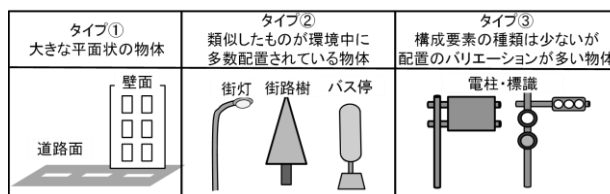


図1 地物の種類

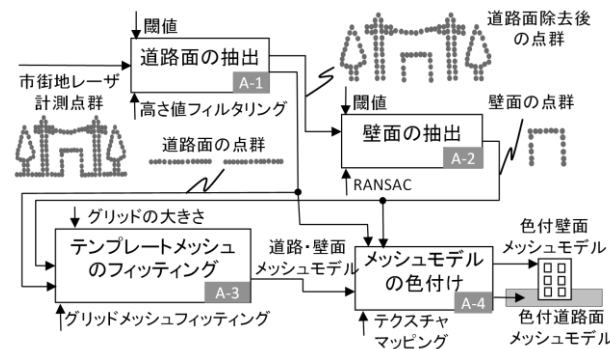


図2 道路・壁面のメッシュモデリング

図2に示す。まず、市街地レーザ計測点群からグリッドを用いた高さ値フィルタリングにより、道路面の抽出を行う (A-1)。次に、道路面を除去した点群の中から、近傍点クラスタリングによるセグメンテーションとセグメントのユーザ指定に基づき建物の点群を抽出する。抽出した建物の点群に対し、RANSACを用いて壁面の点群を抽出する (A-2)。そして、抽出した道路・壁面の点群に対し、グリッドメッシュのフィッティングを行うことで、道路・壁面のメッシュモデルを生成する (A-3)。その後、道路・壁面の点群から画像を生成し、その画像をグリッドメッシュへ貼り付けることで色付けを行う (A-4)。

関連研究[3]に比べ、本手法はスキャンラインの情報が不要であり、複数計測の合成点群も処理可能であるという特徴がある。

3.2. 道路点群の抽出

まず、図3(a)のように地面から閾値 τ_c 以上の高さを持つ点を点群から除去する。そして、図3(b)のように残った点群に対しXY平面上でグリッドを生成し、あるセル i が式(1)を満たす場合は、そのセルを道路セルとする。

$$z_{max}^i - z_{min}^i \leq \tau_h \quad (1)$$

ここで、 z_{max}^i はセル i 内の点の高さの最大値、 z_{min}^i はセル i 内の点の高さの最小値、 τ_h は閾値である。本研究では、閾値 τ_c は車の高さより少し小さい値 (1.1m)、 τ_h は縁石の高さより少し大きい値 (0.3m) に設定した。また、道路セルに含まれる点群を道路点群とする。

3.3. 壁面点群の抽出

ここでは、選択した建物の点群中から壁面点群を抽出する。まず、RANSAC による平面フィッティングにより建物の点群を平面領域に分割する。そして、各平面領域に対しフィッティングした平面上でグリッドを生成し、内部に点が存在するセルは壁面セルとし、その内部の点群を壁面点群とする。

3.4. グリッドメッシュのフィッティング

3.4.1 グリッドメッシュの生成

3.2, 3.3 節の処理で生成した道路・壁面のグリッドからそれぞれのメッシュモデルを生成する。まず、道路・壁面セルに対角線を引いて各セルを三角形に分割し、各三角形の頂点を点群中の最近傍点の高さに合わせることで、グリッドメッシュを生成する。このグリッドメッシュは、縁石等の段差形状を正しく表現しておらず、また点群の境界部分にメッシュが沿っていないため、段差・境界部分に関して、メッシュを点群へフィッティングする。

3.4.2 段差のメッシュフィッティング

あるセルの4頂点の高さの最大値と最小値の差が閾値より大きくなる場合は、そのセルは段差セルとする。そして、段差セル内の点とその周辺の点に対し、高さの閾値を設け、高さの高い領域と低い領域に分割する(図4左)。それぞれの領域に対し凸包を生成(図4中央)し、段差セルの頂点を凸包の最近傍点に合わせてメッシュを点群へフィッティングする(図4右)。

3.4.3 境界のメッシュフィッティング

辺を共有する隣接の道路もしくは壁面セルが4つ存在しないセルを境界セルとする。図5のように境界セルの各頂点を点群中の最近傍点の位置と合わせることで、境界のメッシュを点群へフィッティングする。

3.5. グリッドメッシュの色付け

3.4 節で生成したグリッドメッシュに対し、点群から生成したテクスチャ画像を貼り付けることで道路・壁面のメッシュモデルの色付けを行う。

まず、図6に示すように、セル内の点を平面(道路・壁面)へ投影し、画像を生成する。その際、各画素の色は、最も画素の中央に近い点の色とする。そして、生成した画像中の欠落画素(投影点を含んでいない画素)に対し、欠落画素のRGB値を8近傍の画素のRGBそれぞれの中央値とする処理を反復することで、欠落画素の補間を行う。最後に、生成したテクスチャ画像をそのセルへ貼り付ける。

4. 道路・壁面のメッシュモデリング結果

本実験では、市街地のMMSレーザ計測データ(北海道札幌市(アジア航測株式会社提供))を使用した。本手法による道路面のメッシュ生成結果を、図7(a)にワイヤフレーム表示、図7(b)に色付き表示で示す。本手法により、自動で道路面、半自動で壁面が抽出でき、グリッドメッシュのフィッティングにより道路・壁面の形状に合わせて、道路・壁面のメッシュモデルを生成し、テクスチャマッピングによりメッシュモデルへ色付けができていたことを確認した。今後の課題としては、より高精度な点群へのメッシュのフィッティング法の開発が挙げられる。

5. まとめ

本研究では、市街地環境中の地物を3つのタイプに分類し、それぞれのタイプに応じて基本メッシュをフィッティングすることによる、レーザ計測点群からの市街地環境のメッシュモデリング手法の概要について述べ、レーザ計測点群へのグリッドメッシュのフィッティングとテクスチャ

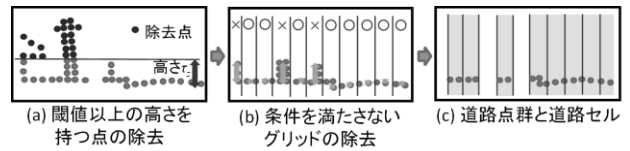


図3 道路面の抽出

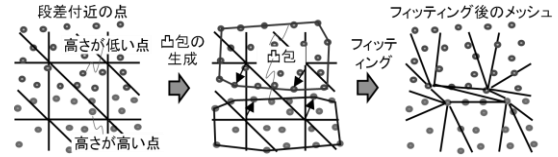


図4 段差のメッシュフィッティング

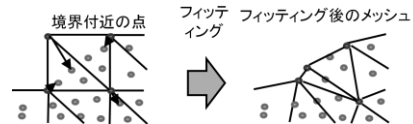


図5 境界のメッシュフィッティング

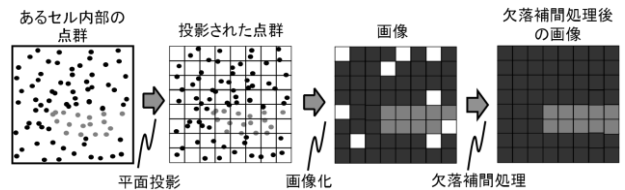


図6 点群からのテクスチャ画像生成

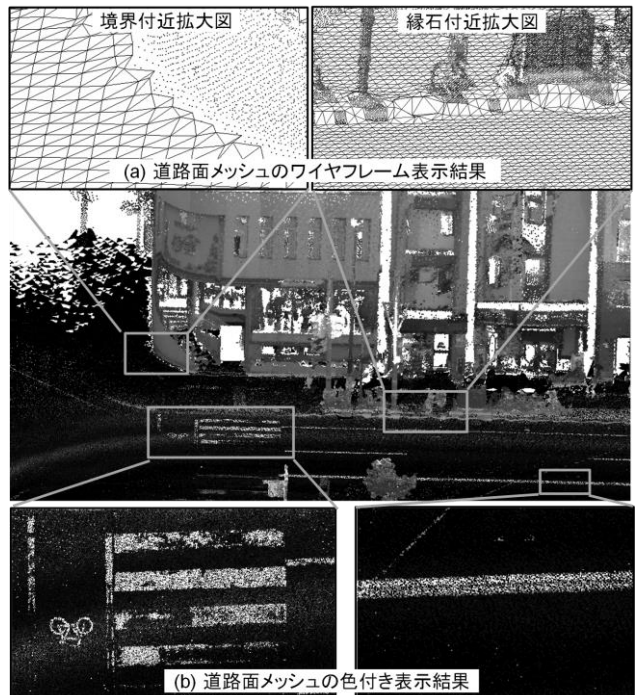


図7 道路面のメッシュ生成結果

マッピングによる道路・壁面の色付きメッシュモデルの生成手法を提案した。

参考文献

- [1] 新田一馬 ほか, “レーザ計測点群からの市街地環境メッシュモデリングに関する研究—サンプルメッシュを用いた街路樹の抽出・認識と自動モデリング—”, 2014年度精密工学会春季大会講演会講演論文集, pp.379-380, 2014
- [2] 新田一馬 ほか, “レーザ計測点群からの市街地環境メッシュモデリングに関する研究—高精度点分類に基づく柱状物体の自動モデリング—”, 2013年度精密工学会北海道支部大会講演会, B-19, 2013
- [3] Jun He, Hiroshi MASUDA, “Reconstruction of Roadways and Walkways Using Point-Clouds from Mobile Mapping System”, ACDDE 2012, 100099