

MMS データを用いた建物 3D モデルの壁面生成手法

曾 鑫, 荒木 俊輔, 碓崎 賢一

A Method to Generate Walls of 3D Building Models Based on Mobile Mapping System Data

Xin ZENG, Shunsuke ARAKI, Ken'ichi KAKIZAKI

Abstract: One purpose of our research is to faithfully reproduce 3D landscape models. As the first step, we proposed a method to extract walls' points from mobile mapping system data by using RANSAC. However, the RANSAC does not always generate the best fit result, because it is the nondeterministic algorithm. In this paper, we analyze results by the RANSAC and propose a modified method against our previous method and discuss their results.

Keywords: モービルマッピングシステム(mobile mapping system), RANSAC(random sample consensus), 建物壁面(wall of building), 3次元建物モデル(3D building models)

1. はじめに

我々は都市計画, 街並みシミュレーションなどで利用するための三次元景観モデルの構築に関する研究を行っている. 景観の忠実な再現に向けて精密な地物の形状情報を用いる必要がある. そこで, 新世代の測量手法として注目されている Mobile Mapping System(以下, MMS)により取得されるデータを用いることを考えた. MMS は, 車載のレーザースキャナやカメラ, GPS, IMU などを用い, 走行しながら三次元計測を行うことで, 道路やその周辺の点群データを大規模かつ効率的に取得できる. その一方で, MMS により取得された膨大な点群表示にはコストがかかるという問題がある. そのため, 壁面などを構成する膨大な点群を簡潔なポリゴンに変換し, 高精度で軽量なモデルを生成する手法が求められている.

そこで, 本研究では, 三次元景観モデル構築の第一段階として, MMS 点群データから三次元景

観モデルを構成する主たる要素の一つである建物ポリゴンモデルの自動生成に取り組んでいる. 本稿では, 我々が[1]で示した建物壁面の点群抽出手法の評価で明らかになったデータおよび処理方式の問題を示しその改良方式を提案する.

2. 建物ポリゴンモデルの生成手法[1]

我々は論文[1]にて 1)MMS 点群から地面の点群を取り除いて残りの点群を地物毎に分割し, 2)点群を地物毎にクラスタリングし, 3)クラスタ化された点群から RANSAC[2]を用いて建物壁面を構成する複数の平面点群集合を抽出するという三つのステップから構成される手法を提案した. 図 1(a)に示す点群に対して, 処理 1)~3)を適用した結果を図 1(b)~(d)に示す. 図 1(b)は, 処理 1)により地面が削除され, 空間的に地物が独立していることを示している. 図 1(c)は, 抽出された点群クラスタごとに異なる色で示している. 図 1(d)は, 処理 3)により抽出された壁面点群が同一の色で着色され示されており, 本手法が有効であることを示している.

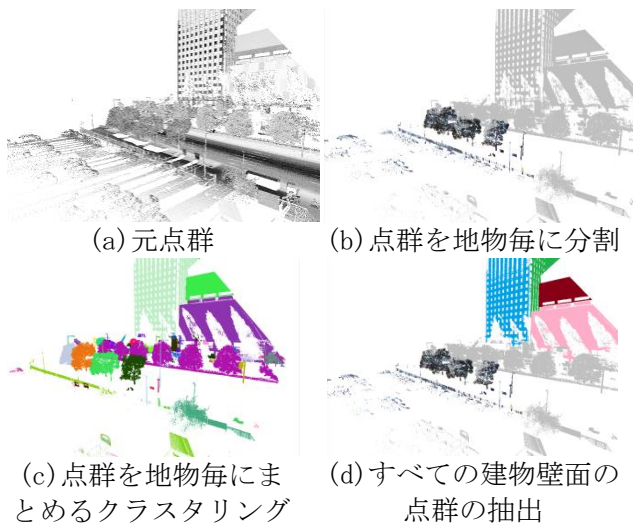


図1 建物壁面の抽出手法

しかしながら、民家の壁面抽出では、1つの壁面として抽出されるべき壁面が、図2に示すように複数の平面に分割されて検出されてしまうことがあるという問題が発生した。

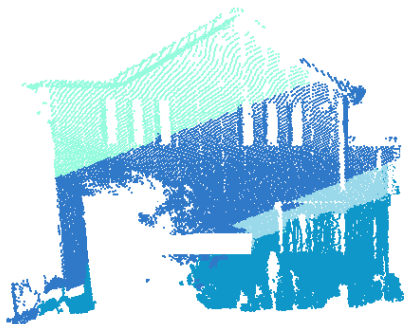
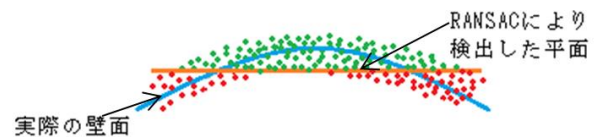


図2 RANSACによる民家の壁面の検出

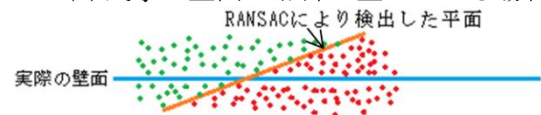
3. 壁面分割の原因解析

2章で述べた問題が発生する原因として二つの可能性が考えられる。一つは民家の壁面の点群が歪んでいること、もう一つはRANSACが壁面を構成する点群が構成する理想的な平面とは異なる平面を抽出したことである。これらの可能性を検証するために、以下に示す実験を行った。まず、民家の壁面に対してRANSACを用いて平面を取得する。次に、その平面の正の法線方向にある点を緑、そうではない点を赤に着色し、表示するようにする。

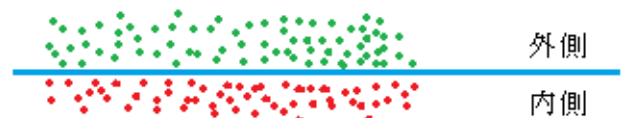
もし、緑と赤の点の分布が図3(a)のようなものであった場合、民家の壁面の点群が歪んでいることを確認できる。また、図3(b)のような点の分布ならば、RANSACが壁面を構成する点群とは異なる平面を検出したことを確認できる。そして、実際の民家の壁面とRANSACにより検出した平面が一致している場合、図3(c)のような点の分布となる。



(a) 民家の壁面の点群が歪んでいる場合



(b) RANSACが壁面を構成する点群とは異なる平面を検出した場合



(c) 壁面が理想的な壁面であった場合

図3 問題点についての調査

そこで、我々は18棟民家の28個壁面の点群データに対して調査を行った。

建物壁面は図3(a)のような場合は実際の民家の壁面が歪んでいる平面である。この場合の壁面の数は軽微なものを含めると、全部の壁面の28.6%であった。

また、建物壁面は図3(b)のように表示された場合に、RANSACにより検出された平面と実際の壁面が異なっていることを確認した。このような状況の壁面の数は全部の壁面の50%であった。

そして、建物壁面は図3(c)のような場合は実際の民家の壁面が極端に歪んでいない平面であり、RANSACで理想とする平面に属する点を抽出できた。このようなうまく抽出された壁面の数は全部の壁面の21.4%であった。

この調査結果から、2章に述べた問題に関して、その原因は実際の壁面の点群分布が歪んでいる

こと及び壁面を構成する点群が構成する平面とは異なる平面を RANSAC が検出したことの二つが原因であることを確認した。

4. RANSAC による平面誤抽出の原因

4.1 RANSAC の収束性

壁面の誤抽出の原因として RANSAC の収束性の問題が考えられる。平面抽出に採用した RANSAC は乱択アルゴリズムであり、乱数に基づく複数回の試行の中で、最も多くの点群が許容誤差に含まれる平面が、点群が構成する平面として抽出される。このため、試行回数を増やせば点群が構成する理想的な平面に準じるものを検出できる可能性は高まるが、それが必ず検出できることは保証されていない。

RANSAC による建物壁面の検出では、ある回数でランダムに三つの点を選び、三点を通る平面に属する点の数を判断する。検出された平面の品質は次の三つのパラメータにより決まる。

- 点から平面までの距離(許容誤差)
- 平面に載る点の数
- 試行回数

前述した処理によりランダムに選んだ点を用いて平面を推定する。個々の試行での結果が独立であるため、平面の推定過程に収束性がない。このため、RANSAC の処理回数を増やしても推定される平面が最良適合平面に必ずしも収束するわけではないことが分かる。

4.2 RANSAC により検出された平面の精密化

RANSAC の収束性の問題で誤抽出が生じているのか確認するために、収束性のある RANSAC 手法を提案し、それを用いて壁面抽出の再評価を行う。

平面を構成するサンプリング点の取得に着目して、RANSAC を改良した平面を構成する点群の抽出手法を提案する。

(1) RANSAC により平面を求める。求められた平

面に乗る点群と、その平面算出時の三点を記録する。

- (2) 平面に乗る点群の重心を求める。
- (3) 三点と重心の最長距離を求める。
- (4) 求められた重心を中心、最長距離を半径とした、球の外に存在する点の中からランダムに三点を選ぶ。球外の点の数がある閾値以下になるとき、処理を終了する。
- (5) 選んだ三点のそれぞれの最近傍点を求めて、新たな仮平面を生成する。
- (6) 新たな仮平面に属する点の数を求める。

① 新たな仮平面に乗る点の数が前回試した仮平面より多い場合、新たな仮平面とその平面に乗る点集合の点数を記録する。

② 処理(2)へ移行する。

この手法は、RANSAC による検出された平面の領域を段階的に広くしていくことで、毎回求めた平面の重心が前回より最良適合平面の重心に近くなる。このような処理をある回数で行い、仮重心を本当の重心に適合させることで、平面を収束的に精密化することができる。

4.3 壁面の精密化についての評価

4.2 節の提案手法は図 2 の壁面に対して全体の壁面を抽出できた。抽出された壁面に対して、提案手法と RANSAC のそれぞれの抽出した平面に乗る点群の数と処理時間の関係を図 4 に示す。

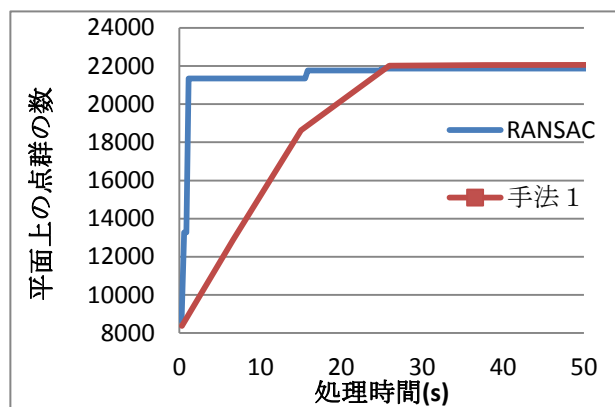


図 4 平面の精密化手法の評価

図 4 の横軸は平面の精密化の処理時間、縦軸は平面に乗る点の数である。グラフの傾きから、提案手法は収束的に平面を精密化できると確認した。また、提案手法は基本的な RANSAC よりも抽出平面の精度が向上する時間がかかっているが、抽出した平面上の点群の数が大きく、より適合した平面を抽出できることが明らかになった。

4.4 平面抽出の再評価

壁面抽出で分割が起きる理由を再評価するために、論文[1]で提案した手法とその手法の RANSAC 処理を 4.2 節で提案した改良 RANSAC 方式に置き換えた手法によって再度平面抽出を行った。これにより平面抽出の精度の向上が得られたが、壁面によっては、図 5 のように壁面が分割されてしまう問題が発生した。

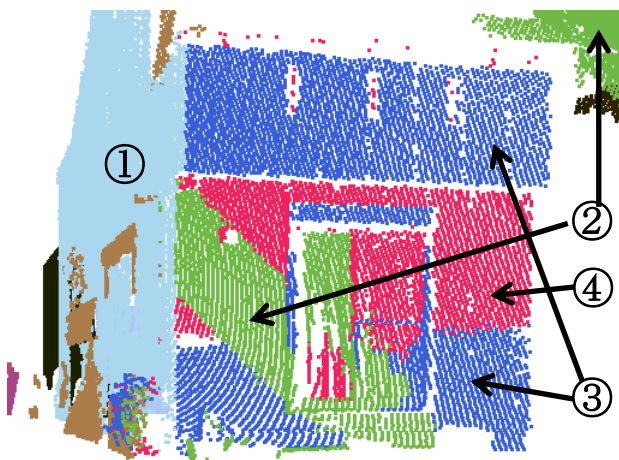


図 5 壁面を抽出する時発生した問題

図 5 の壁面の点群が、壁面を表す平面と異なる集合に分割された理由を解析した。図 5 の壁面抽出においては①で示す水色の点群がまず抽出され、次に、②の黄緑色の点群、③の青色の点群、④紫色の点群の順に抽出されている。②の黄緑色の点群は建物の壁面としては領域は狭いが、右上の領域に影響されて斜めに抽出されている。また、③の青色の点群は一階部分の壁

面と二階部分のバルコニーの壁面は水平方向のずれが僅かであったため、④の紫の領域を飛ばして一つの面として抽出された。

論文[1]で提案した手法では、点群の数が最大の平面から抽出していくために、②や③の領域のように同一平面上の点群でなくでも抽出されるという問題が発生したものと推測される。

現在この問題を解決する手法を検討している。例えば、壁面が地面に垂直に立っているという特徴や壁面の連続性に着目して、このような誤検出を取り除くことが考えられる。

5. まとめ

本論文では、論文[1]にて提案した手法は MMS 点群に対して、建物壁面が複数に分割されてしまうことがある問題があった。この問題を解決するため、RANSAC を改良した建物壁面の抽出手法を提案し、従来手法より多くの点群を抽出できることを確認した。

また、論文[1]で提案した手法や本手法は壁面が分割されてしまうことが発生していることを確認した。今後、この問題を改善する手法を検討していきたい。

参考文献

- [1] 曾鑫, 荒木俊輔, 碓崎賢一, “KD-Tree を用いた MMS データからの建物壁面の抽出手法,” 第 21 回学術研究発表大会予稿集, 地理情報システム学会, D-2-4, 2012.
- [2] M. Fischler and R. Bolles, “Random Sample Consensus: A Paradigm for Model Fitting with Applications to Image Analysis and Automated Cartography,” Comm. of the ACM, Vol.24, Issue 6, pp.381-395, 1981.