

距離画像によるビルの高精度計測とモデリング

阿久津功朗[†] 星 仰[†]

茨城大学[†]

1. 研究の概要

近年、レーザーを用いた据え置き型距離画像取得装置の出現により、その距離データを用いて、歴史的建造物の復元や、建築物の3次元CADモデルの構築などへの応用が研究されている。しかし、距離画像装置の原データを3次元モデルとして表現するとき、数万点にもよる測定点群によって構成されるメッシュは、膨大な数のポリゴンによって構成されている場合が多いので、そのままでは表示やデータ送信の効率がよくなく実用的でない。さらに、そのモデルの利用法としては、3次元的外観を確認するのみの場合が多く、距離画像に写る物体の認識までは至っていない場合が多い。そこで、本研究では距離画像における建築物を構成する平面・線分要素を抽出し、ポリゴン数を削減することとともに、その要素の平面・線分方程式を最小2乗法により求めることで、高精度のモデルを構築することを試みる。

2. 距離画像装置

本研究で用いた距離画像装置は、「LMS-210」であり、精度は標準で $\pm 2.5 \sim 10\text{cm}$ である。この装置で取得できる距離画像データは、取得時にレーザーで一定間隔の角度で距離をスキャンするので、データを2次元的に配列することで距離画像を構成することができる。本研究で用いた対象ビルを撮影した距離画像を図1に示す。

3. 平面抽出と頂点削減

平面を抽出するために、距離画像の点群に仮の稜線を定義し、その稜線をはさむ三角メッシュの法線の夾角を計算する。さらに、その角度にある閾値 θ_{thr} を設定し、その閾値以上の角度である場合、その稜線を特徴稜線と定義した。さらに、特徴稜線を構成する2つの頂点を特徴頂点として、特徴頂点以外の頂点を削減した。閾値 θ_{thr} について、試行錯誤に調べたところ、 $\theta_{thr} = 0.32\text{ (rad)}$ が最適であると判断した。その平面抽出結果をYZ平面に投影したものを図2に示す。なお、黒色が特徴頂点、灰色が平面である。

4. 平面区分化と平面方程式の算出

平面の抽出結果をもとに、距離画像内に写る個々の平面を区分し、ラベリングを行う。平面の定義は、

特徴頂点として検出されたピクセルに囲まれた平面ピクセル群を1つの平面とした。また、それらの平面候補点をもとに平面方程式を算出する。平面上に距離データを持つ頂点がN個あった場合、最小二乗法を用いて誤差が最小となる平面方程式を算出する。

5. 平面の外郭エッジ抽出とその直線検出

求めた平面方程式を3次元的に表示する場合、その平面を閉塞する直線群が必要である。ここでは、平面の閉塞する点群を追跡することによって、平面の外郭エッジを抽出するとともに、平面を閉塞する頂点が追跡順に格納される追跡リストを作成する。外郭エッジ抽出法として、 3×3 セルを用いた外郭エッジ追跡アルゴリズムを用いた。そのアルゴリズムの適用結果を図3に示す。灰色は対象平面、黒色が外郭エッジである。

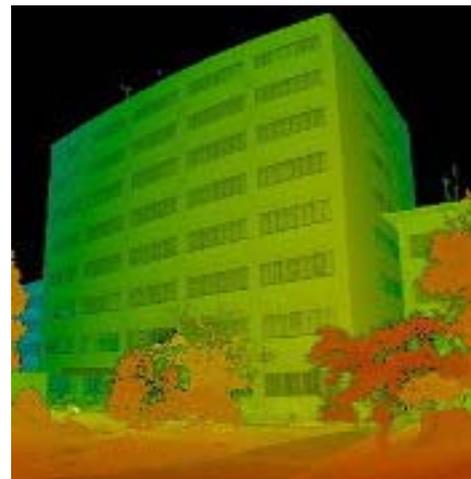


図1 対象ビルの距離画像

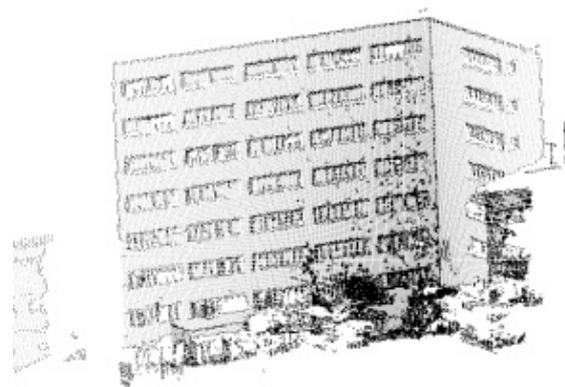


図2 平面抽出結果

High accuracy survey and modeling of buildings using range image

[†] Yoshiaki Akutsu, Takashi Hoshi
Ibaraki Univ.

外郭エッジには、建築物を構成する線分要素が含まれている。そこで、外郭エッジから直線成分を検出し、端点以外の頂点を減らすことによってモデリングの負荷を軽くすることを試みる。なお、これにはビルの直線要素を認識し、その直線成分の長さを測定できる利点もある。直線検出として、デジタル曲線上をトレースして小さな曲率点を検出する直線近似化法を用いる。曲率が閾値 θ_{thr} より大きくなる点を検出し、その点を直線の端点とした。図3の外郭エッジにおける直線検出結果を図4に示す。

6. 直線成分の交点算出と精度実験

外郭エッジの直線検出結果をもとに、その線分の端点が非常に接近している場合、その両線分は交差しているものと仮定し、交点を算出する。線分方程式は、線分候補点すべての座標データをもとに、最小2乗法を用いて算出する。

ここで、線分と交点の精度実験として、対象ビル前面平面部の上部線分について、距離画像を用いて手動で選択した場合と、本研究での線分交点算出法による測定結果、ビル設計図による実測値を比較する。その比較結果を表1に示す。手動による選択は10回の平均値としている。

表1 精度実験結果

線分交点の取得法	線分要素の長さ(m)
手動による選択	35.136
線分交点算出法	35.180
設計図による実測	35.200

7. ビルのモデリング

距離画像を3次元的に表示するためのViewerとしてVRMLを用いる。距離画像内の平面要素は、外郭線上の頂点が格納されている追跡リストを順に稜線で結んだ三角メッシュを用いて表示する。平面以外のモデリングについては、特徴頂点のみを表示した。その表示結果を図5に示す。

さらに、対象ビルの距離画像から作成した建築物モデルにおける頂点数を、本研究の頂点削減前と削減後と比較した。また、対象ビルの前面部平面のみでの比較も付け加える。その結果を表2に示す。

表2 頂点削減結果

対象	頂点削減	頂点数
モデル全体	前	73475
	後	36850
ビル前面部平面	前	24509
	後	392

8. 考察

本研究では、距離画像に写るビルにおいての平面・線分要素を高精度で抽出し、頂点を削減してモデルを構築することを目的とした。線分抽出の精度については、表1より、手動で線分の交点を選択す

るよりも、本研究の手法のほうが高精度で交点を抽出できることがわかった。さらにこの手法では、交点が障害物等で距離画像に写っていないでも算出できる利点もある。ビルモデルの頂点削減については、表2より、頂点を大幅に削減し、その頂点によって構成される三角メッシュの表示効率を向上することができた。

今後の課題としては、曲線・曲面成分の抽出や、平面内に写る窓等の認識とそのモデリング、木などの形状が複雑な物体の頂点削減とモデリングなどが挙げられる。

参考文献

- [1]星仰,阿久津功朗,“距離画像による建物のワイヤフレーム要素の抽出”,FIT2002,J-36
- [2]安居院猛,中嶋正之,“画像情報処理”,森北出版,1991

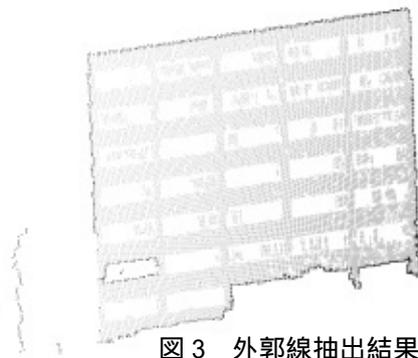


図3 外郭線抽出結果



図4 直線検出結果

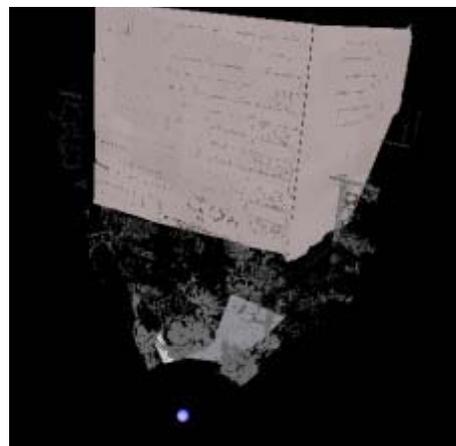


図5 対象ビルのモデリング