

# 線分制約を取り入れた3次元点集合からの建物モデル復元手法

石川 裕治<sup>†</sup> 宮川 勲<sup>†</sup> 若林 佳織<sup>†</sup> 有川 知彦<sup>†</sup>

<sup>†</sup> 日本電信電話株式会社 NTT サイバースペース研究所

## 1 はじめに

現実の都市景観を3次元化したモデルデータは、災害や電波伝搬の数値シミュレーション、カーナビゲーションの3次元コンテンツとして広く利用されており、モデル構築の効率化が求められている。

建物形状の復元手法としては、航空写真から抽出した線分を連結し、建物輪郭を獲得する手法がある。しかし、線分の抽出不足や輪郭以外の線分の存在などが、建物の輪郭抽出を困難な問題としている。これに対し、筆者らは空撮した時系列画像から獲得した3次元点集合を用いて、同じ高さの点集合をグループ分けし、各グループ(クラスター)の凸包を建物の上面形状として自動復元する手法を提案した[1]。しかし、この手法[1]では点の位置情報のみを用いているため、建物の形状を正しく復元できない場合があった。

上記の問題に対し、画像から抽出された線分情報を輪郭の形成に用いるのではなく、クラスター生成時の制約条件として用いることにより、建物形状の復元精度向上を目指す。本稿では、線分で連結されたクラスターが分断されないようにし、さらに、クラスター内に含まれる線分情報に適合するように建物の上面形状を生成する手法を提案し、空撮映像を用いた建物形状の復元実験により本手法の有効性を示す。

## 2 従来手法の問題点

従来手法の問題点を図1を用いて説明する。

図1の左下に示すように、ビルが密集する地域では、多数の線分が断片的に抽出され、また、閾値の設定によっては輪郭以外の線分が多数抽出されてしまう。その結果、線分の連結による輪郭の構成は難しい問題となっている。

一方、文献[1]のクラスター生成手法では、クラスターの凸包が低いレイヤの点を含めないという制約のみを用いて、点の距離が近い順にクラスターを段階的に併合していく手法を用いている。しかし、画像における特徴点の分布は一様ではないため、実際の建物形状と異なるクラスターが形成されてしまう場合がある(図1右

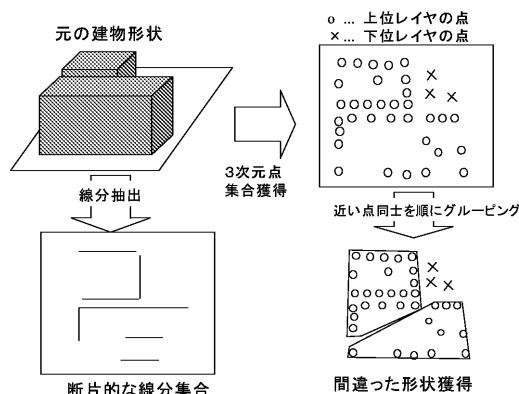


図1: 空撮映像から獲得される情報と問題点

下). もう一つの問題点としては、建物の上面形状として凸包を用いているため、建物形状が直角や平行線を多く含むという性質を取り入れることが難しい。

## 3 線分情報を利用したクラスター生成

上記の問題点を解決するために、本稿では線分情報をクラスター生成処理に反映することで、文献[1]のクラスター生成手法を改善するアプローチをとる。具体的には、以下の2つの制約条件をクラスター生成処理に取り入れる。

**制約1:** 点の距離に優先して、線分  $v$  上にある点のペア  $(p, q)$  を同一のクラスター  $C$  に含めるようにする。なお、この場合を「線分  $v$  は  $C$  に含まれる」と言うこととする

**制約2:** 各クラスターから生成される建物上面形状は、クラスター内に含まれる線分の方向に沿った外接長方形であるとする

図1の線分および点集合を入力として、上記の制約を取り入れたクラスターの生成処理を図2を用いて説明する。

制約1を満足するために、初期のクラスター集合を生成する時点で、同一線分上の点集合を同一のクラスターとしておく(図2の①)。次に、異なるクラスターに含まれる点のペアを、点の距離が近い順に見つけてクラスターを併合していく(図2の②)。クラスターの併合時には制約2を満たす外接長方形を作成し、この長方形が下位のレイヤの点を包含しないならば併合を取りやめる(図2の③)。すべての点のペアについてクラスターの併合処理を行い、その時点で得られた外接長方形の集合を建物の上面形状として出力する(図2の④)。

Building Model Recovery under 2D Line Constraints from 3D Point Sets

<sup>†</sup> Yuji ISHIKAWA (ishikawa.yuji@lab.ntt.co.jp)

<sup>†</sup> Isao MIYAGAWA (miyagawa.isao@lab.ntt.co.jp)

<sup>†</sup> Kaoru WAKABAYASHI (wakabayashi.kaoru@lab.ntt.co.jp)

<sup>†</sup> Tomohiko ARIKAWA (arikawa.tomohiko@lab.ntt.co.jp)

NTT Cyber Space Laboratories, NTT Corporation (†)

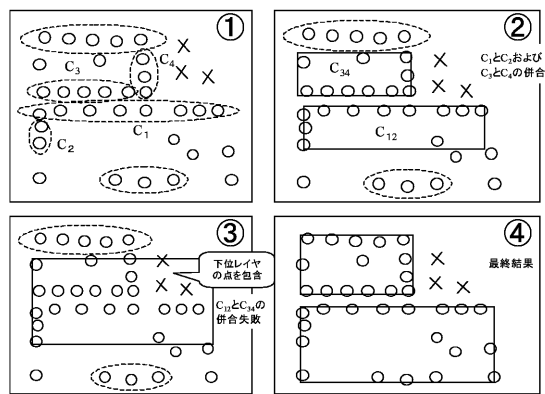


図 2: 線分情報を取り入れたクラスタ生成処理

以上の処理により、特徴点の分布の偏りによって間違った形状を復元してしまうことを防止し、また、建物形状の一般的特徴(平行や直角)を建物の復元形状に取り込むことができる。

#### 4 市街地空撮映像による実験および定量的評価

市街地の高度約 300m, 時速約 100km で撮影した HD 画像 (1920 × 1035 画素, 毎秒 30 フレーム) を用いて本手法の実験を行った。特徴点を約 10000 点発生させ、80 フレームに渡り追跡を行い 3 次元点集合を獲得した。得られた 3 次元点集合, エッジ点, 線分集合を図 3 の右上および左下に示す。

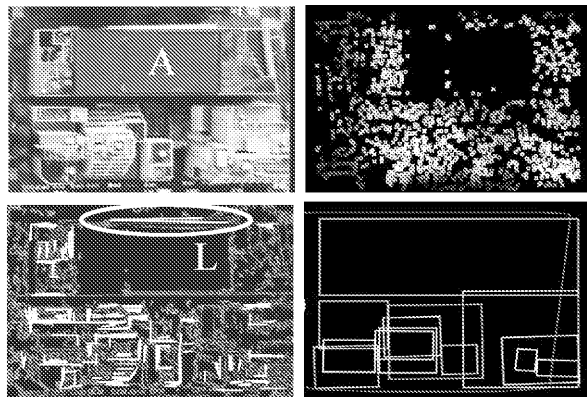


図 3: 空撮画像 (左上), 3 次元点集合 (右上), エッジ点と線分集合 (左下), クラスタ生成結果 (右下)

点集合および線分の獲得情報に提案手法を適用してクラスタを生成し、図 3 の右下に示す外接長方形集合を得た。比較のため文献 [1] の手法 (以下, 従来手法) でも同じ領域から建物モデルを生成した (図 4)。

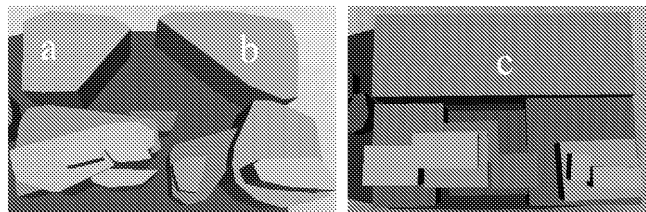


図 4: 復元結果: 従来手法 (上図) および提案手法 (下図)

復元領域上部の建物 A では中央部の特徴点の密度が低いために、従来手法ではクラスタが結合できず左右 (図 4 の a と b) に分断してしまっただ。しかし、提案手法では図 3 の線分 L により、線分上の特徴点が同一クラスタに含まれ、結果として建物全体が一つの形状 (図 4 の c) として復元できている。また提案手法の下半分の領域では、建物の密集度が高く、線分も輪郭の一部しか抽出されていないが従来手法に比べて提案手法によりほぼ正しい形状が得られている。これは制約 2 により、建物形状に適合した形状を生成できたためと考えられる。

提案手法は、特に建物平面形状に大きな関係があるため、復元結果の評価として、住宅地図の建物平面形状と本手法による復元形状の比較を行った。市街地の 8 つの領域 (それぞれ約 256m × 60m) に対し、従来手法と提案手法により建物モデルを復元した。含まれるモデルおよび地図の建物軒数はそれぞれ 284 軒, 290 軒であった。すべての領域において、モデルと地図の建物平面形状面積  $S_m, S_r$  およびそれらの重複面積  $S_o$  を求め、適合率 ( $100 * \sum S_o / \sum S_m$ ) と再現率 ( $100 * \sum S_o / \sum S_r$ ) を評価値として算出した (表 1)。

表 1: 従来手法と提案手法の適合率と再現率

手法	適合率 [%]	再現率 [%]
A:提案手法	67.10	85.51
B:従来手法	71.18	72.22
A-B	-4.08	13.29

提案手法は、実際の形状が長方形でない場合に形状が広がりすぎ、適合率をやや悪化させているものの、クラスタの結合が正しく行われる分、再現率を大幅に向上させていることが分かった。

#### 5 おわりに

本稿では、線分制約を取り入れたクラスタの生成手法を提案し、断片的な線分情報であっても、建物形状の復元精度向上に有効であることを示した。本手法では生成される平面形状が長方形のみに限定されているが、今後は、部分的な平行・直角形状を持つ図形に対応し、適合率の改善を図る予定である。

#### 参考文献

- [1] 石川 裕治, 宮川 勲, 若林 佳織, 有川 知彦: MDL 基準に基づく 3 次元点集合からの形状モデル復元, MIRU2002 論文集, Vol.1, pp.165-170, 2002
- [2] 宮川 勲, 長井 茂, 有川 知彦: カメラ運動をカメラ運動を拘束した因子分解法による空間情報復元, 電子情報通信学会論文誌, Vol.J85-D-II, No.5, pp. 898-966, 2002