

Ⅱ-1 整形した建物ポリゴンからの3次元建物モデルの自動生成

Automatic Generation of 3-D Building Models from Noise-edge Filtered Building Polygon

杉原 健一¹齊田 征男²横井 英彦³林 良嗣⁴

Kenichi Sugihara Yukio Saida Hidehiko Yokoi Masatoshi Itou Yoshitugu Hayashi

【抄録】筆者らは電子地図上の建物境界線である建物ポリゴンに基づいて、3次元建物モデルの自動生成システムの研究を行っている。建物を上からみる平面図では、建物境界線は、軒部や倉庫、樹木、その他の建物周辺にあるものによって、屋根の角に向かって、一直線にならずに、境界線の進行方向に垂直に折れ曲がる短い辺が多い。ここで、短い折れ曲がった辺群を「建物境界線のノイズ辺」と見なす。建物境界線には短く折れ曲がった辺が存在するが、その建物境界線内にある建物本体は、上空から見て壁面が短く折れ曲がっていることはまれで、直方体の形状、直方体の組み合わせた形状となっていることが大部分である。そこで、本研究では、こうした建物境界線に対してノイズ辺の除去を行い、建物ポリゴンの整形を行い、建物本体のprobableな境界線を推定して、3次元建物モデルを自動生成することを目指す。

【Abstract】 Based on building boundaries or building polygons on digital map, we are proposing the system to generate 3-D Building Models automatically, integrating GIS and CG. Building polygon is becoming easy to get when satellite images and digital maps are gradually becoming available. The programs have been developed to process the 2-D GIS information. Another program on the side of 3-D CG receives the processed data and generates 3-D Building Models automatically. However, building polygons do not always contain straight edges but short noise edges. So, we propose the program to filter out these unnecessary noise edges.

【キーワード】 3次元都市モデル、自動生成、地理情報システム、CG、建物ポリゴン、景観評価、3次元可視化システム

【Keywords】 3-D Urban Model, Automatic Generation, GIS, Computer Graphics, Building Polygon, Landscape Evaluation, 3-D Visualization System

1. はじめに

筆者らは、電子地図上の建物境界線(建物ポリゴンとも記す)に基づいて、3次元建物モデルを自動生成するシステムの研究を行っている。電子地図やオルソ画像は、比較的容易に関係者でなくも利用できるようになった。例えば、人工衛星や航空機などに搭載した高精細度のカメラを使い、離れた位置から地表を撮影することが日常的に行われ、衛星写真や航空写真、それを加工したオルソ写真を、インターネット上でも公開している。そして、オルソ写真を画像処理し、画像上の地物をパタ

ーン認識する研究も活発に行われている。例えば、図1に示すように建物のイメージを認識し、その建物の建物境界線を描くというようなソフトウェアが開発されている。また、地図製作会社では、市町村合併の特需もあり、地図データの作成に人手をかけ、多くの電子地図の製作を行っている。特に、電子住宅地図の製作では、デジタイザーを使い、多大の工数をかけ、建物境界線を描いている(図2参照)。



図1 パターン認識によるオルソ画像からの建物境界線の抽出(DEFiNiENS社のeCognitionによる)

1: 岐阜経済大学 経営学部 経営情報学科 0584-77-3598, sugihara@gifu-keizai.ac.jp

2: 玉野総合コンサルタント株式会社 ITプロジェクト室 052-931-5366 saida_yukio@tamano.co.jp

3: 玉野総合コンサルタント株式会社 ITプロジェクト室

4: 名古屋大学大学院・環境学研究所 052-789-2772, yhayashi@genv.nagoya-u.ac.jp

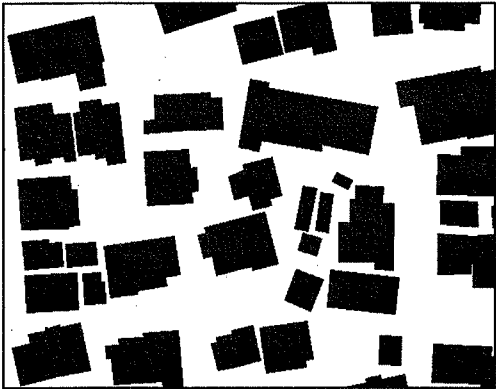


図2
地図製作
企業が製
作する電
子住宅地
図上の建
物ポリゴ
ン

建物を上からみる平面図では、建物境界線は、軒部や倉庫、樹木、その他の建物周辺にあるものによって、屋根の角に向かって、一直線にならずに、図1、図2に示すように、境界線の進行方向に垂直に折れ曲がる短い辺が多い。ここで、短い折れ曲がった辺群を「建物境界線のノイズ辺」と見なす。建物境界線には短く折れ曲がった辺が存在するが、その建物境界線内にある建物本体が、上空から見て壁面が短く折れ曲がっていることはまれで、直方体の形状、直方体の組み合わせた形状となっていることが大部分である。そこで、本研究では、こうした建物境界線に対してノイズ除去を行い、建物ポリゴンの整形を行い、建物本体の probable な境界線を推定して、自動生成することを目指す。ノイズ辺を含み、屋根の角に向かう建物境界線に対して、ノイズ辺の除去後のほぼ同じ傾きをもつ複数の辺の傾きの平均を、主なる傾きである「主傾き」として求め、最も内側となり「主傾き」を傾きする辺を、建物本体の境界辺とする。本研究では、こうして得られた辺群に基づいて、3次元建物モデルを自動生成する。

2. 本システムの自動生成の流れ

本研究での3次元建物モデルの自動生成のプロセスを図3に示す。自動生成システムは、GISが蓄積・管理する電子地図上の建物境界線(建物ポリゴン)の情報に基づいて、3次元建物モデルを自動的に作成する。本システムは、市販の2次元GISソフトと開発した「GISモジュール」と「CGモジュール」から構成される。「GISモジュール」は、建物ポリゴンに対して、ノイズ辺や不要な頂点のフィルタリング、複雑な形状のポリゴンを基本ポリゴンにブレイクダウンするためのポリゴン分割、壁や窓部を生成するための輪郭線生成などの加工処理を行う。

「CGモジュール」は、GISモジュールで前処理された地物の図形情報と階数、建物タイプ(屋根無しビルディング、切妻屋根、寄せ棟屋根付き建物などに分類)等の属性情報を受け取り、それらに基づいて、建物モデルを自動生成する。図3のS10の処理は、「属性情報」の入力処理で、本システムの利用者が行う。S20～S60の処理は、GISモジュールが行う。S70の処理は、CGモジュールが行う。

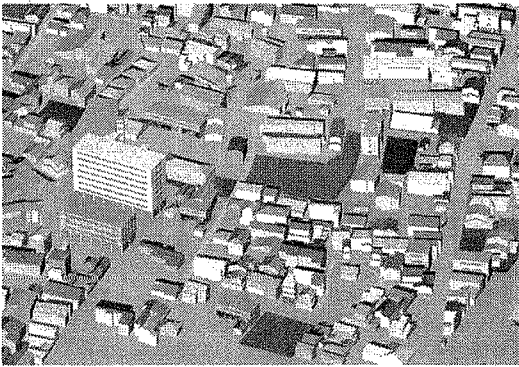
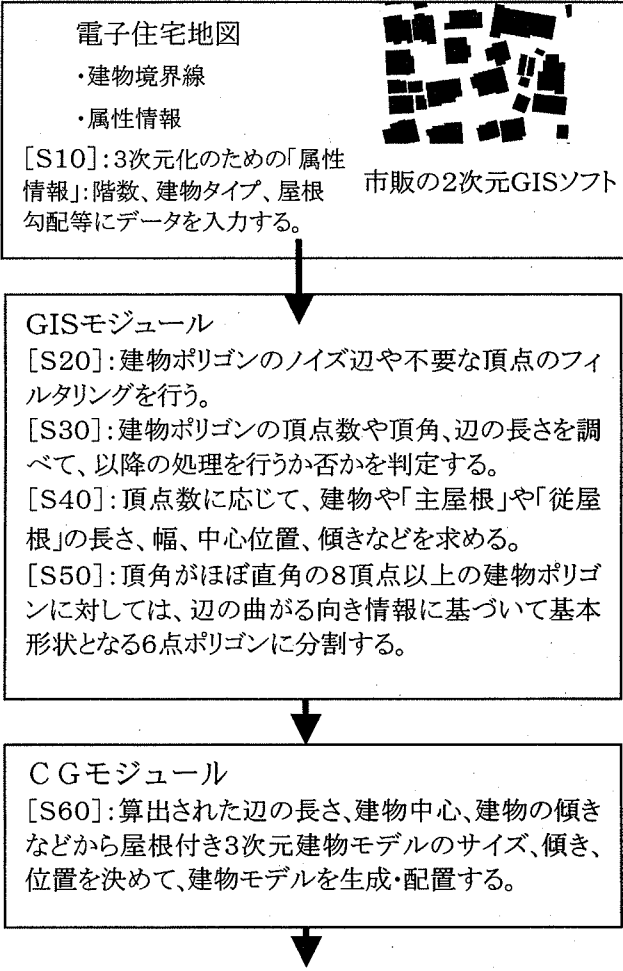


図3 本システムの自動生成の流れ

[S10]:3次元化のための「属性情報」、即ち、階数、建物タイプ、屋根勾配等にデータを入力する。

3次元屋根付き建物モデルを生成するために必要な属性情報である「階数」、「建物タイプ」、「屋根勾配」などにデータ入力する。

[S20]:建物ポリゴンのノイズ辺や不要な頂点のフィルタリングを行う。

GISモジュールは、GISソフトが蓄積及び管理する電子地図上の建物ポリゴンの図形情報を取得する。取得した建物ポリゴンの各頂点の情報から、頂点数、全ての頂角、辺の長さ、辺の傾きを算出する。重なり合う頂点、頂角が180度となる頂点、ノイズ辺を除去し、新たに頂点数、辺の長さ、辺の傾きを算出する。

[S30]:頂点数と頂角を調べて、以降の処理(3次元屋根付き建物モデルの生成)を行うか否かを判定する。

GISモジュールは、各建物ポリゴンに対して、求めた頂点数と頂角を調べて、以降の処理である基本立体(プリミティブ、直方体やプリズムなど)を配置して屋根付き建物モデルの生成処理を行うか否かを判定する。頂点数が4以上の偶数で、10以下の数であり、建物ポリゴンの全ての頂角がほぼ直角(約85～95度)の場合は、その建物ポリゴンについて、以降の処理を行う。

[S40]:頂点数に応じて、建物や「主屋根」や「従屋根」の長さ、幅、中心位置、傾きなどを求める。L字型となる6点ポリゴンの場合、6点ポリゴンの最長辺の長さで傾きに等しい長さ、傾きとなる「主屋根」と、それに直交する「従屋根」を組み合わせる屋根を形成する。この「主屋根」と「従屋根」の長さ、幅、中心位置、傾きを算出する。同様に、建物は2つの直方体を組み合わせる屋根の下を形成する。

[S50]:頂角がほぼ直角の8頂点以上の建物ポリゴンに対しては、辺の曲がる向き情報に基づいて基本形状となる6点ポリゴンに分割する。

GISモジュールは、時計回りに順番に頂点を調べ、辺が前の辺に対して右に曲がるか、左に曲がるかの2通りの辺の曲がる向きの情報で、建物ポリゴンを表現する。このような表現方法を用いると、建物ポリゴンの全ての頂角がほぼ直角である場合、辺の曲がる向きの情報によって建物ポリゴンがとり得る形状パターンを特定することができる。また、全ての頂角がほぼ直角で8個以上の頂点を持つ建物ポリゴンを、中心となる「幹部」と、これに付随した「枝部」と見なし、「枝部」を切り取り、基本

形状となる6点ポリゴンに分割するための頂点を決めることができる。即ち、8点ポリゴンでは、辺が左に曲がる頂点に注目し、その頂点から、時計回りの方向か反時計回りの方向に分割線を伸ばして、連続する右曲がり辺で構成される「枝部」を分割する。

[S60]:算出された建物や「主屋根」や「従屋根」の長さ、幅、中心位置、傾きなどから屋根付き3次元建物モデルのサイズ、傾き、位置を決めて、建物モデルを生成・配置する(S70)。CGモジュールは、GISモジュールで算出されたデータに基づいて、3次元建物モデルとする基本立体のサイズ、傾き、位置などを決め、また、形状モデリングのために基本立体間のブール演算を行い、建物モデルを生成し、建物ポリゴン上に配置する。最後に、形状モデルにテクスチャマッピングすることで、3次元建物モデルを完成させる。

3. 本自動生成システムの特徴

3次元建物モデルの情報源としているものは、建物境界線である2次元の「図形情報」と、建物階数や建物種類などの「属性情報」である。そのため、2次元形状から3次元の建物形状を推定して、モデルを生成する。特に、一般的な屋根付き建物は、階数が少なく、建物境界線から3次元形状を推定・生成する手法によって、現実に近い建物モデルを効率よく生成することができる。

都市計画やまちづくり、景観評価において、デザイナーが考える案をすばやく製作できることが望まれている。本システムは、代替案や様々な要望に迅速に対応し、モデルを非常に効率的に自動生成することができる。本システムの特徴を以下に列挙する。

- (1) 都市計画やまちづくりにおいて、デザイナーが描く地図から、素速く建物の3次元モデルの自動生成ができる。プランニングの効率を上げ、理解しやすい3次元モデルを作ることができる。
- (2) 一般的に、都市シミュレーションシステムは一般的に大規模で、非常に高価だが、本システムはシンプルで、安価に「3次元都市モデル」を自動生成する。
- (3) 建物を1軒1軒、色々な角度で写真撮影し、得られるステレオ画像を使って、3次元形状を推定するという手作業をせずに、2次元の建物境界線から3次元建物形状を推定して、即時に自動生成する。

4. ノイズ辺除去と自動生成した3次元建物モデル

ノイズ辺を含む建物境界線に対して、ノイズ辺の除去及び建物本体の境界線を求める手順を以下に説明する。建物境界線の全ての辺の長さ(しきい値;Lth)より短さを時計回りに調べる。ある長さ(しきい値;Lth)より短い辺をノイズ辺と見なす。

- (1) 辺の長さを時計回りに順番に調べ、長さがしきい値Lthより長い場合は、その辺の傾き α を記憶する。
- (2) 長さがしきい値Lthより短い場合は、その辺を無視して、次の辺を調べる。
- (3) 調べた次の辺の長さがしきい値Lthより長い場合は、(1)で記憶した傾き α と比較する。ほぼ同じ傾きであるとき、その傾きと異なる辺が現れるまで、その同じ傾き α とほぼ等しいかどうか調べる。
- (4) (3)での比較で等しくない場合、(1)へ戻り、新しく調べ始める。と同時に、連続したほぼ等しい傾きの平均を求め、その傾きを「主傾き」とする。ほぼ等しい傾きが連続する辺群において、その頂点群の中で一番内側の頂点を見つける。
- (5) (4)で算出した「主傾き」と最も内側の点を通る直線を求め、次の傾きが異なる辺との交点を求め、建物本体の辺とする。

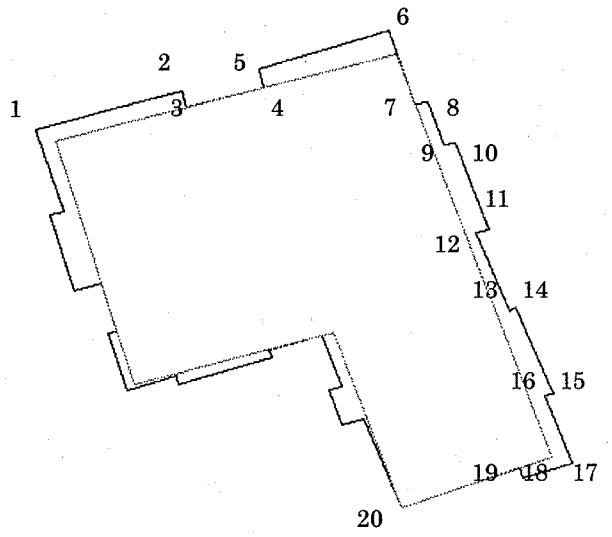


図4 ノイズ辺がある建物境界線に対するノイズ辺除去と建物本体境界線の算出

図4において、辺 12 から長さを調べ始める。辺12の長さはしきい値Lthより長いので、その傾き α を記憶する。次に調べる辺 23 はしきい値Lthより短いので、無視する。次に調べる辺 34 はしきい値Lthより長いので、そ

の傾きを辺 12 の傾き α と比較する。比較して、ほぼ等しいので、その値を記憶する。次に調べる辺 45 はしきい値Lthより短いので、無視する。次に調べる辺 56 はしきい値Lthより長いので、その傾きを辺 12 の傾き α と比較する。比較して、ほぼ等しいので、その値を記憶する。次に調べる辺 67 はしきい値Lthより長いので、その傾きを辺 12 の傾き α と比較する。比較の結果、等しくないので、新しく、その傾きを記憶する。と同時に、辺 12、辺 34、辺 56 の傾きの平均を求め、その傾きを「主傾き」とする。ほぼ等しい傾きが連続する辺群、即ち、頂点1から頂点6の中で一番内側の頂点を見つける。「主傾き」となる傾きを持ち、最も内側の点を通る直線を求め、次の傾きの異なる辺との交点を求め、建物本体の辺とする。

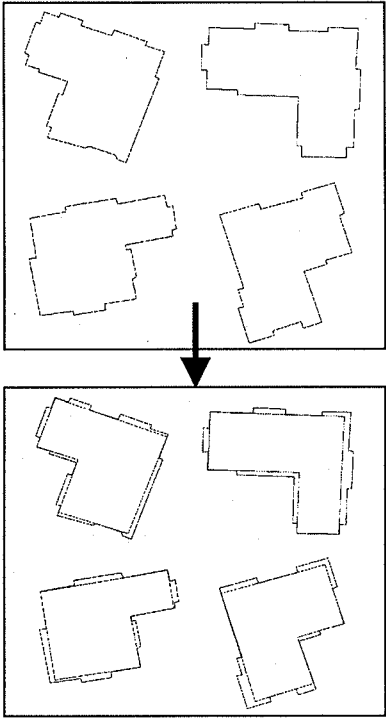


図5 ノイズ辺がある建物境界線(上図)と、それに対して、ノイズ辺を除去し、整形した建物ポリゴン(下図)。
建物本体となる建物境界線を内部に描いている。

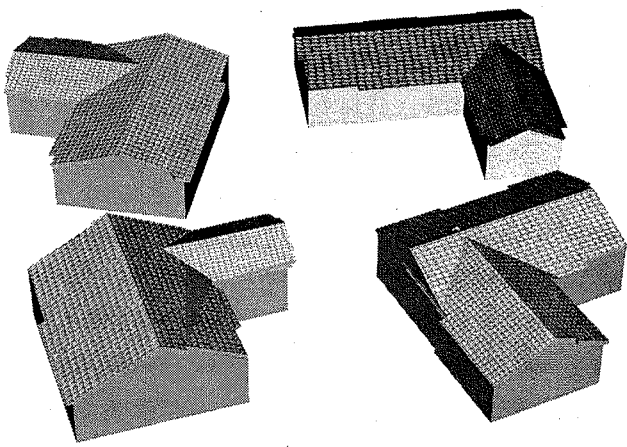


図6 ノイズ辺がある建物境界線に対して自動生成した屋根付き3次元建物モデル