

四角形の方向性を考慮したポリゴン分割・整形による建物の自動生成

○杉原 健一*¹ 沈 振江*²

キーワード：ポリゴン分割、ポリゴン整形、自動生成、3次元建物モデル、四角形の方向性

1. はじめに

「街の3Dモデル」は、都市計画、まちづくり、防災、景観工学等のアカデミックな分野から公共事業の情報公開、まちづくりへの住民参加の場、観光案内、企業の広告など営業活動の場としてまで利活用が期待される重要な「情報インフラ」である(図1右参照)。特に、昨今、大自然災害が脅威となる中、防災まちづくりの「整備案」を分かりやすく周知し、合意形成を図るための住民参加の場として利活用が期待される。整備案を3Dモデル化するには、それぞれ、デザイナーが描く計画案の地図情報に基づき、主に3次元CG作成ソフトを用いて、膨大な手作業にて、街並みの3Dモデルを製作する。

この手作業を省力化するために、建物の3Dモデルを、製作ルールのプログラムで自動生成する「手続き型モデリング」が研究されている¹⁾²⁾。Müllerらは、建物境界線である建物ポリゴンの押し出し処理と Aichholzer³⁾らによる Straight Skeleton 手法を用いて一般形状の屋根を生成する。筆者らのこれまでの研究⁴⁾⁵⁾⁶⁾で、開発したシステムは、電子地図上の建物ポリゴン(建物境界線)が「頂角がほぼ直角の直角ポリゴン」である場合、それらを四角形の集まりまで分割・分離して、これら四角形の上に、Box 形状の建物本体や上から見て長方形の屋根を配置して、3Dモデリングを行った。

ところが、本稿の図で以下に示すように電子地図上の建物ポリゴン(建物境界線)は、その頂角が“ほぼ直角”のポリゴンであるが、厳密に頂角が直角の直角ポリゴン(Orthogonal Polygon)とは限らない。そのため、基本立体である Box 形状を建物本体として組み合わせて作る建物で、その Box 間に「隙間」や「重なり」が生じてしまう。そ

こで、建物ポリゴンを正確な直角ポリゴンに整形(Rectification)し、精緻な建物の3Dモデルを自動生成する手法を提案した⁷⁾。本手法では、建物ポリゴンを四角形の集まりまで分割するが、その過程で、分割された四角形の方向性を算出し、どの四角形のどの辺に接していたかを保存する。ポリゴン整形時に、ほぼ垂直な四角形が隣接しているようなポリゴンでは、ポリゴンの主な傾きに合わせるため四角形の方向を180度反転させることが多い。このとき四角形に保存された隣接関係に基づいて整形処理するので、反転すると不具合を生じる。本研究では、多様なポリゴン形状に対応するように「四角形の方向性を考慮したポリゴン分割・整形」による建物の自動生成を提案する。

2. 既往の研究

図1右に示すような街並みの3Dモデルは、広範囲で多目的に利活用が期待される情報インフラであるため、建物の3Dモデルを自動的あるいは半自動的で構築する研究が盛んである。現存する街並みの3Dモデルは、ステレオ画像の航空写真や衛星写真からコンピュータビジョン(CV)や写真測量(Photogrammetry)、リモートセンシングの技術を用いて、建物をふくむ地物の3次元形状を復元する。これらの測量法は、正確なサイズの建物概形の3Dモデルを提供するが、これらは窓や玄関、ドア、ベランダといった建物の詳細を持っていない3Dモデルである。

まだ、存在しない、これから作る計画案の街並みの建物の3次元形状をドローン等で取得することはできないが、詳細を有する現状ありうる形状の3次元建物モデル

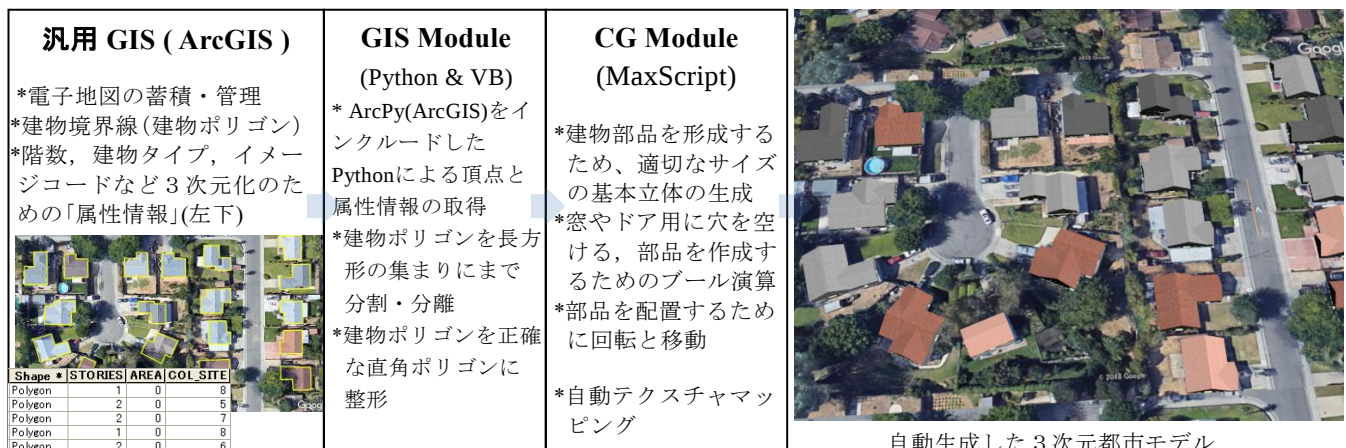


図1 自動生成システムの構成と3Dモデルの自動生成のプロセス

を、製作ルールで自動生成する手続き型モデリング (Procedural Modeling) が研究されている。Wonka ら¹⁾²⁾ は、この手続き型モデリングにおいて、GISが蓄積管理する電子地図から「建物境界線」を取り込んで、彼らの形状言語において、基本形に分類する。もし、それができない形状であれば、建物ポリゴンの押し出し処理 (Extruded Footprint) と Straight Skeleton 手法³⁾を用いて一般形状の屋根を生成している。しかし、彼らの論文において、電子地図上の建物ポリゴンへの Straight Skeleton の適用手法や適用結果などの図や記述はなく、手法は明らかにされていない。また、Straight Skeleton 手法による生成される屋根は、Straight Skeleton の縮小処理において、短い辺は消失するので、長い辺が残ることになり、屋根頂線は、建物境界線の「長辺に平行な頂線」を持つ屋根しか生成できない。屋根形状は多種多様に渡り、「長辺に垂直な頂線」となる屋根も存在する。

本研究で提案するシステムでは、電子地図上の建物ポリゴンを四角形の集まりまで分割・分離して、各四角形の上に独立して建物形状を作成できる。屋根形状は多種多様であり、「四角形の長辺に垂直な頂線」となる屋根も存在する。本システムでは、分割・分離した四角形の長辺に平行な屋根頂線とするか、垂直な頂線とするかをポリゴンに関連付ける属性情報で決め、屋根形状を生成できる。

3. 本システムの構成と自動生成のプロセス

本研究における自動生成のシステム構成と建物の3Dモデルの自動生成のプロセスを図1に示す。街の3Dモデルの情報源は、図1左に示すような属性情報を関連付けた建物境界線(建物ポリゴン)を描いた電子地図である。電子地図は、汎用GIS(ArcGIS)によって、蓄積・管理される。電子地図上の建物ポリゴンは、本研究で開発したArcPy(ArcGIS)をインクルードしたPythonプログラムにより、ポリゴン頂点と属性情報などを取得する。Visual Basic.NET で開発したGISモジュールによって、次の前処理を行う。

- (1) 建物ポリゴンの各辺の長さや傾き、左右にどちらに曲がるのか(RL 表現)、各頂点の内角を計測する。
- (2) 内角がほぼ180度の頂点をフィルタリング(除去)する(プログラムに与える数値で閾値を設定)。
- (3) ポリゴン各辺の辺長の総和が最大となる辺の傾きである「主傾き(Main Angle)」を算出する。
- (4) 窓やドアの配置のため、元建物ポリゴンを数十センチ程度セットバック(プログラムに与える数値で自由に設定)した縮小ポリゴンを生成する。
- (5) セットバックした縮小ポリゴンの各辺の長さを算出する。
- (6) RL 表現で、L 頂点(Left Turn)間の連続する R 頂点(Right Turn)の個数をカウントする。

- (7) 「連続する R 頂点の個数」に応じて、枝屋根を大きく分類し、さらに L 頂点の前後の辺の長さや分割線から対向するポリゴン辺までの距離に応じて、分割パターン、優先度を決め、分割処理を行う。
- (8) 分割された四角形について、その「頂点の番号付け」と隣接している四角形を探す「活性四角形 (Active Rectangle)」⁷⁾かどうか、「主傾き」に対する分割四角形の傾きに応じて反転(Flip)するかの判定を行う。
- (9) 「活性四角形」が隣接四角形、次に、その四角形のどの辺に接しているかをサーチする。
- (10) 活性四角形が、どの四角形のどの辺に、どのように接するかを調べ、「主屋根との共通頂点である頂点」(これを母点: Generatrix とする)を基準として、活性四角形の平均長辺と平均短辺、主傾きから、整形した四角形を形成する。
- (11) 整形した四角形に関連付けられている属性情報(屋根タイプ、長辺や短辺の長さ、傾き、頂点座標など)をCGモジュールへ出力する。

前処理したデータを、3次元CGソフト(3ds Max)をコントロールする「CGモジュール」(MaxScript でプログラム開発)が取込み、以下の処理を自動的に行い、3D建物モデルを自動生成する。

- (1) 整形した四角形に基づいて、屋根や建物本体、窓など建物の部品となる、適切な大きさの直方体、三角柱、多角柱などの基本立体(プリミティブ)を作成する。
- (2) これらの基本立体の間で、屋根や窓用に穴を空ける、または、部品を作成するためのブール演算を行う。特に種類の多い「枝屋根」についてブール演算用の板を多種類作成。
- (3) 作成した部品を回転する。
- (4) 正しい位置にそれらを配置する。
- (5) それらにテクスチャマッピングを施す。

このGISモジュールとCGモジュールでの処理は、本研究で開発したプログラムによって、全て自動的に処理される。

4. 四角形頂点の番号付け

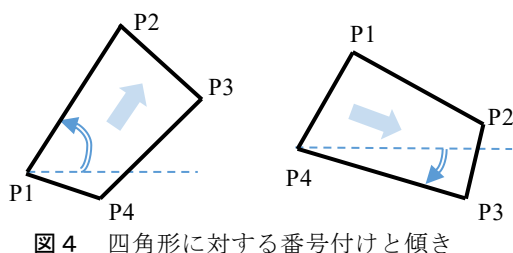
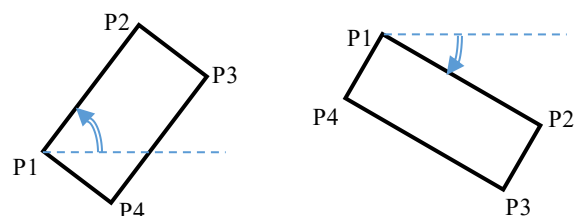
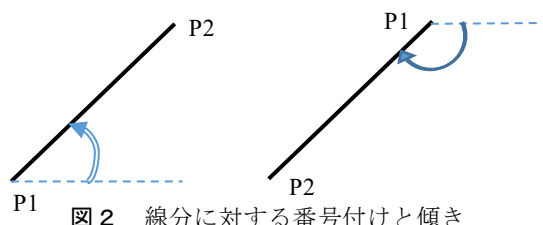
線分の傾きは、線分両端の2つの頂点を点1と点2とすると、 x 座標の小さい頂点を点1とし、 x 座標の大きい頂点を点2とし、傾き $= (y_2 - y_1) / (x_2 - x_1)$ と計算する。これは、2次元の座標系で x 座標は右に向かっており、線分が x 座標の小さい頂点から x 座標の大きい頂点に向かうとき、頂点の y 座標がどう変化するかが「傾き」になるということである。このように、線分の頂点の番号付けにおいて、下の図2の左に示すように線分の2つの頂点で左側にある頂点を始点である点1(P1)と番号付けを行うと、線分の傾きは-90度から+90度までの範囲に限定できることになる。一方、図2の右に示すような番号付けを行うと、線分の傾きは-90度以下の角度になって

しまう。同じ傾きを2つの角度で表現するのは不適切なので、x座標の小さい左端の頂点を点1 (P1)と番号付けする。

同様に、「長方形の頂点の番号付け」を行う場合、下の図3に示すように上側長辺の左側の頂点を点1 (P1)と番号付けすると、長方形の傾きを -90 度から $+90$ 度までの範囲に限定できる。

同様に、下の図4に示すような4辺の長さが異なる「頂角がほぼ直角の近い四角形の頂点の番号付け」を行う場合、最長辺である上側長辺の左側の頂点を点 P1 と番号付ける(図4左)、あるいは最長辺である下側長辺の右側の頂点を点 P3 と番号付け(図4右)すると、四角形の傾きを -90 度から $+90$ 度までの範囲に限定できる。四角形において、点 P1 か点 P3 の番号付けが決まれば、残りの頂点は「時計回りの番号付け」で決まる。このような「長方形に近い四角形」に対して、本システムでは、時計回りに辺の長さを計測し、最長辺を見つけ、その最長辺が「右向き」であれば、その辺の始点を点1 (P1)、あるいは、最長辺が「左向き」であれば、その辺の始点を点3 (P3)と番号付ける。

本研究では、整形した四角形を形成する際、「四角形の方角性」を考慮し、四角形の方角をポリゴン各辺の辺長の総和が最大となる辺の傾きである「主傾き」か、それに直交する方向に合わせることにした。ここで、「主傾き」は、一定の刻み幅の傾きの範囲で、ポリゴンの各辺の辺長の総和を求め、最大の総和となる範囲から主傾きを求める。そして、平均長辺長と平均短辺長から、整形した四角形



を形成する。

5. 枝屋根の形成手法

図5に示すような頂角がほぼ直角のポリゴンの各辺を時計回りに辿るとき、辺は右に回るか(R頂点)、左に回るか(L頂点)のどちらかである。本システムでは、L頂点の間の連続するR頂点の数をカウントし、2個以上で「枝屋根」となる可能性があるので、L頂点前後の辺の長さや候補となる分割線から対向する辺までの距離を測定し、「枝屋根」となる場合は分割処理を実行する。

ここで、内角が 270 度前後のL頂点からは「2本の分割線(DL:Dividing Line)」を引くことができる。これまでの研究⁴⁾⁵⁾⁶⁾で、分割線が3つの条件を満たし、優先度の高い分割線が選ばれて、分割処理を実行する。

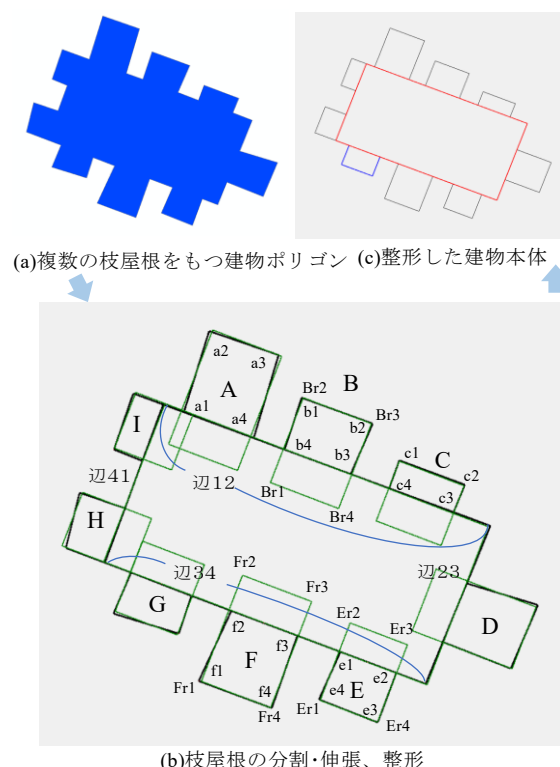


図5 建物ポリゴンの枝屋根の分割・伸張、整形

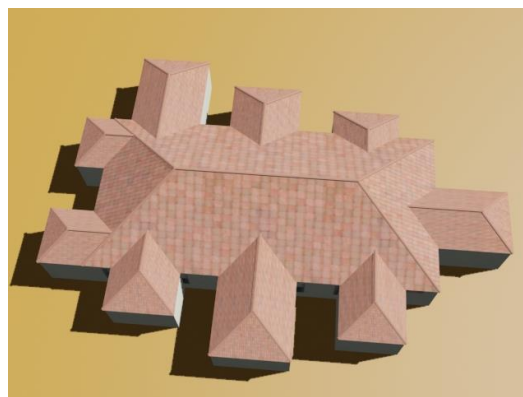


図6 自動生成した3次元建物モデル

表 1 分割四角形の最長辺の番号・進行方向と活性辺の関係

最長辺番号	最長辺の向き	活性辺(Active Edge)	妻側の辺	図 5 での枝屋根例
1	右向き	辺41(ad41)	辺23	A, D
1	左向き	辺23(ad23)	辺41	F
2	右向き	辺34(ad34)	辺12	B, C, H, I
2	左向き	辺12(ad12)	辺34	E, G
3	右向き	辺23(ad23)	辺41	F
3	左向き	辺41(ad41)	辺23	A, D
4	右向き	辺12(ad12)	辺34	E, G
4	左向き	辺34(ad34)	辺12	B, C, H, I

図 5 の頂角がほぼ直角の 3 6 頂点の直角建物ポリゴンの場合、「RLLRRLRRLRRLRRLRRLRRLRRLRRLRRL」(左端より RL 表現で)となり、「LRRL」型の枝屋根を複数持つ。分割四角形の頂点は、4 章で述べたような番号付けを行うが、分割される四角形の「4 辺で最長辺は何番目か(最長辺番号)」、また、その向きに応じて、四角形のどの辺が本体ポリゴンに接していたかが表 1 に示すように分かる。

これは、時計回りに番号付けされた本体ポリゴンから、枝屋根として四角形を切り取るとき、「LRRL」型の枝屋根で「先頭の L 頂点を始点とする辺から何番目の辺になるか」である「辺番号」が「4 番目の辺」が確実に「隣接辺」となるからである。この「辺番号」は、切り取られる前の元のポリゴン本体の辺の番号を「絶対番号」とすると、切り取られる枝屋根の四角形の中での辺番号であり、「相対番号」といえる。ここで、この「隣接辺」は、建物ポリゴンが四角形の集まりまで分割・分離されたあと、隣接辺は「活性辺:Active Edge」として、隣接四角形をサーチする。例えば、図 5 において、「隣接辺」となる「4 番目の辺」とは枝屋根 A の辺 a41、枝屋根 B の辺 b34、また、枝屋根 E の辺 e12 となる。これらは「活性辺」の項目として、表 1 にも示す。

また、「2 番目の辺」は、図 6 の枝屋根と表 1 にも示すように「妻側の辺」となる。但し、「2 番目の辺」は図 7 上の四角形 B に示すような両側が延びていくような枝屋根では、切り取られた四角形の「ID 番号」、その四角形の「どの辺か」、「どのように四角形に隣接していたか」の情報を保存した「Stored Edge」となる。

なお、図 5 の枝屋根 A から I が、表 1 の「図 5 での枝屋根例」の項目で 2 つ書かれているのは、実際はどちらかに決定されるが、図 3 で示す様に「上側長辺の左側の頂点を点 P1 と番号付け」行うことと「下側長辺の右側の頂点を点 P3 と番号付け」行うことが同じことであることによる。

ここで、「1 番目か 3 番目の辺」が最長辺であれば、その枝屋根の向きは本体ポリゴンの隣接辺に垂直で、「2 番

目か 4 番目の辺」が最長辺であれば、その枝屋根の向きは本体ポリゴンの隣接辺に平行となる。本システムでは、分割する四角形の頂点を時計回りに「番号付けサブルーチン」に渡す。サブルーチンでは、渡された 4 頂点から最長辺は何番目かを求め、その辺の始点を点 1 か点 3 とする。また、表 1 に基づく「Active Edge」の設定と切り取られた四角形に「Stored Edge」がある場合は、上記情報の引継ぎ、受け渡しをサブルーチンで行う。

枝屋根を形成するには、「どの四角形に接しているか」、そして、その四角形の「どの辺か」、「どのように四角形に隣接」していたかの情報に基づいて、枝屋根を整形しながら再構築する。枝屋根は、図 5 で示すように本体ポリゴンのどの辺、即ち、辺 12、辺 23、辺 34、辺 41 に接するかで 4 つの場合分け、それから、「隣接パターン」については「時計回り方向の分割線(図 5 の枝屋根 I)」か「反時計回りの分割線(図 5 の枝屋根 H)」か、または、「両方向からの分割線(図 5 の枝屋根 H と I 以外全て)」の 3 種類の場合が存在する。

枝屋根の形成における場合分けについて、上記の場合分けに加えて、図 5 及び図 6 に示すように枝屋根は本体ポリゴンへ伸長する必要があり、その「枝屋根部の形状」(図 5 (b)において緑色の四角も含める四角の枝屋根部)と「枝部の建物の形状」(図 5 (b)において黒色の四角だけの枝建物部)で次の 3 種類の場合が存在する。

- (1) 枝屋根部も枝建物部も「最長辺が 2 番目か 4 番目」で本体ポリゴンの隣接辺に向きが平行(図 5 の枝部 C)
- (2) 枝建物部は「最長辺が 2 番目か 4 番目」だが枝屋根部は「最長辺が 1 番目か 3 番目」で本体ポリゴンの隣接辺に枝屋根部の向きが垂直(図 5 の枝部 B と E、H)
- (3) 枝屋根部も枝建物部も「最長辺が 1 番目か 3 番目」で本体ポリゴンの隣接辺に共に向きが垂直(図 5 の枝部 A と D、F)

6. 整形処理で四角形の方向の反転が生じる場合

これまでの研究⁴⁾⁵⁾⁶⁾で、本システムでは直角建物ポリゴンを 3 つの条件を満たす分割線で優先度の高い順に分割し、ポリゴンが四角形の集りになるまで分割を行う。切り取られた四角形は「番号付け関数」で、前章の表 1 に示すように、「活性辺」が決まり、活性辺を持つ「活性四角形」は隣接四角形を探し出し、活性辺を枝屋根として隣接四角形まで伸ばす。

ここで、隣接四角形を探すには、整形する前のオリジナルのポリゴン形状にて、探索(サーチ)を行わないと、サーチがうまく行われない。これは、「活性辺上の点」が、分割されたどの四角形に「内包」されているのか、次に、その「内包している四角形のどの辺の上」に存在するのかを調べるからである。整形してしまうと、大きく分割四角形やその辺の位置が変更されてしまう。整形して四角

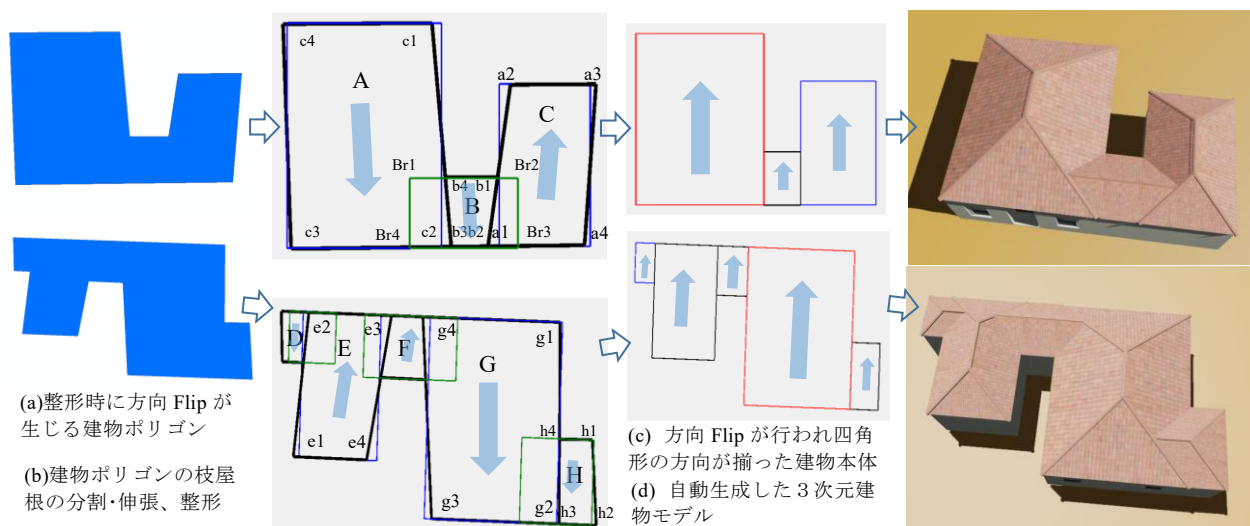


図 7 整形時に方向 Flip 行われ四角形の方が揃った建物ポリゴン

形の位置や形状が変わる様子を図 7 に示す。図 7 の上の建物ポリゴンにおいて「四角形 B」、下の建物ポリゴンにおいて「四角形 D、F、H」は「活性四角形」であり、隣接四角形を探す、整形する前の分割線を引いたオリジナルのポリゴン形状にてサーチを行う必要があることが分かる。

図 6 と図 7 で示すように整形処理後は、建物ポリゴンは「互いに直交する長方形の集まり」、即ち、長方形の方向性を考慮すると、長方形は「主傾き」か、または「主傾きに直交する傾き」の 2 つの方向のみを向くことになる。

ここで、図 7 で示すように、分割処理時、切り取った四角形の傾きと「主傾き」の間に 180 度近くの差がある場合、整形処理時に四角形の向きを「主傾き」にあわせるための方向の反転(Flip)が起こる。活性四角形は自分が見つけ、保存している隣接四角形の「隣接辺情報」に基づいて、整形処理を行うので、「隣接四角形の方 Flip」が起こると、活性四角形は保存している「隣接辺」の反対側の辺に隣接してしまうことになる。さらに、「活性四角形」において「方向 Flip」が行われた場合は、例えば、「活性四角形 H」の隣接辺が「辺 3 4 (h34)」から「辺 1 2 (h12)」に反転するため、整形処理する場合には「辺 1 2」の頂点座標を用いて残りの頂点座標を算出する。

さらに具体的例として、図 7 の下の建物ポリゴンにおいて「四角形 G」は「番号付け関数」で計測した四角形の傾きは最長辺が左向きであるので、その最長辺の始点を点 3 (g3) とし、四角形の傾きは -88 度となるが、主傾きは -3 度で、それに直交する傾きは 87 度となり、傾きの角度の差は 175 度となり、「四角形の方 Flip が起こる」とする。

7. まとめ

四角形の方 Flip が起こりうる建物ポリゴンは、東西

方向に平行な辺を持ち、それに垂直となる南北方向の辺を持つような形状であり、電子地図でも多くの割合でこうした建物ポリゴンが描かれている。このため、建物ポリゴンを整形する場合には、四角形の方 Flip が起こるか起こらないかを判定し、隣接辺や座標の母点の変更等を行う必要があると考える。本手法を用いれば、枝部が隣接四角形にどう接するかが分かり、窓やドア等を配置するとき、それらを枝部の隣接建物に交差しないように配置する等、矛盾しない形状の建物モデルを自動生成できる。

謝辞: 本研究は、JSPS 科研費の研究課題番号: JP18K04523、16K01045 の助成を受けて遂行された。ここに謝意を表する。

【参考文献】

- 1) Yoav I. H. Parish, and Pascal Müller : Procedural modeling of cities, Proceedings of ACM SIGGRAPH, ACM Press, E. Fiume, Ed., New York, pp.301-308, 2001.
- 2) Pascal Müller, Peter Wonka, Simon Haegler, Andreas Ulmer, Luc Van Gool : Procedural modeling of buildings, ACM Transactions on Graphics 25, Vol. 3, pp.614-623, 2006.
- 3) O. Aichholzer, F. Aurenhammer, and D. Alberts, B. Gärtner : A novel type of skeleton for polygons, Journal of Universal Computer Science, Vol.1 (12), pp.752-761, 1995.
- 4) K. Sugihara, Y. Hayashi : "Automatic Generation of 3-D Building Models with Multiple Roofs", Journal: Tsinghua Science & Technology (清華大學(中国)のジャーナル), vol. 13, pp. 368-374
- 5) Kenichi Sugihara and Junne Kikata : "Automatic Generation of 3D Building Models from Complicated Building Polygons", Journal of Computing in Civil Engineering, ASCE (American Society of Civil Engineers, アメリカ土木学会) January 2012
- 6) Kenichi SUGIHARA : "Automatic Generation of 3D Building Models with Various Shapes of Roofs", ACM SIGGRAPH ASIA 2009, Sketches, Visualization, 16-19 DEC, 2009
- 7) 杉原健一、沈 振江 : "電子地図上の建物ポリゴンの整形による 3 次元建物モデルの自動生成", 建築学会 第 38 回 情報・システム・利用・技術 シンポジウム

*1 岐阜経済大学 経営学部 教授 博士(工学)

*2 金沢大学 環境デザイン学系 教授 博士(工学)

Automatic Generation of 3D Building Models by Building Polygon Partitioning and Rectification considering Polarity of Quadrilateral

○Kenichi SUGIHARA^{*1}

Zhenjiang SHEN^{*2}

Keywords: Polygon Partitioning, Polygon Rectification, Automatic Generation, 3D building model, Building Polygon, Polarity of Quadrilateral

A 3D city model is important in urban planning and landscape engineering. Urban planners may draw the maps for disaster prevention. 3D city models based on these maps are quite effective in understanding what if this alternative plan is realized. However, enormous time and labor has to be consumed to create these 3D models, using 3D modelling software such as 3ds Max or SketchUp. In order to automate laborious steps, we proposed a GIS (Geographic Information System) and CG integrated system for automatically generating 3D building models, based on building polygons or building footprints on a digital map.

A complicated approximately orthogonal polygon can be partitioned into a set of quadrilaterals ('quads' for short). The proposed integrated system partitions orthogonal building polygons into a set of quads and rectifies them, placing rectangular roofs and box-shaped building bodies on these rectified quads (rectangles). Since technicians, at map production companies, are drawing building polygons manually with digitizers, depending on aerial photos or satellite imagery, not all building polygons are precisely orthogonal. When placing a set of boxes as building bodies for forming the buildings, there may be gaps or overlaps between these boxes if building polygons are not strictly orthogonal. Our contribution is the new methodology for rectifying the shape of building polygons and constructing 3D building models without any gap and overlap.

Before polygon partitioning, all edge length and edge inclination of the polygon are measured, and the length of all edges are sum up according to the snapped angle of all edge inclination. Then, the angle for a longest sum up edge length can be adopted as the 'main angle' of the polygon, which will be then used as the inclination of all partitioned quads. At the time when one quad is divided as a branch quad, it is impossible for this quad to know which quad is adjacent to. It is not until the whole quads of a building polygon are divided that the quad knows which quad is adjacent to. After polygon partitioning into a set of quads, the branch quad, defined as 'active quads', will start to search for an adjacent quad. When a quad is cut off, a dividing pattern and which edge of the quad is cut off (active edge i.e. DL: Dividing Line) is saved at the quad. During the searching stage, an active quad will search for an adjacent quad by locating which quad the checking point on the active edge contains, and then checking which edge of the adjacent quad the checking point is on. These are the 'adjacency' an active quad saves for rectification.

For polygon shape rectification and orthogonalizing, the polarity of consisting quads should be considered. In the proposed system, each quads' inclination will be parallel to or perpendicular to the inclination of 'main angle' i.e. the angle for a longest sum-up edge length of the building polygon. However, the measured inclination of some quads can be almost opposite angle to 'main angle'. For example, approximately vertical line segments can have the inclination of 89.5 degree or -89.5 degree. Therefore, if the main angle of the building polygon is 89.5 degree and the measured inclination of a certain quad is -89.5 degree, then this quad's orientation should be flipped. Since an active quad will rectify itself and reconstruct according to 'adjacency' of the active quad, this 'flip' causes wrong reconstruction. To avoid wrong formation, detection of the 'flip' and right formation are necessary.

After rectification, divided precise rectangles become orthogonal to each other. In our proposal, after approximately orthogonal building polygons are partitioned and rectified into a set of mutually orthogonal rectangles, each rectangle knows which rectangle is adjacent to and which edge of the rectangle is adjacent to, which will avoid unwanted intersection of windows and doors when building bodies combined for automatic generation of 3D building models.

*1 Professor, School of Management, Gifu Keizai University

*2 Professor, School of Environment, Kanazawa University