

I-010

様々な形態の屋根付き建物モデルの自動生成 Automatic Generation of Building Models with Various Shapes of Roof

杉原 健一
Kenichi Sugihara

1. まえがき

建物の屋根は図1に示すように、「切妻屋根」、「寄せ棟屋根」、「横長切妻屋根」、「入母屋屋根」、「寺屋根」等の様々な形態をとる。様々な形状の屋根を備えた3次元建物モデルを主要な構成物とする3次元都市モデルは、都市計画、まちづくり、建築、景観評価、防災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、営業活動の場としてまで活用が期待される重要な「情報基盤」である。

このとき、現状では、屋根付き3次元建物モデルを製作するには、3次元CGソフトを用いた手作業による3次元モデル化を行い、多大の時間と労力を掛けている。例えば、3次元モデルをCSG(Constructive Solid Geometry)で作成する場合、次に示す(1)から(5)の労力のかかる手順に従って、モデリングを行っている。

(1)屋根や建物本体など建物の部品となる、適切な大きさの直方体、プリズム、多角柱等の基本立体(プリミティブ)を作成する。(2)これらの基本立体の間で、ブール演算を行い、屋根や窓などの部品を作成する。(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。

上記のプロセスを自動化するために、これまでの研究成果[1][2]で、「3次元都市モデルの自動生成システム」が、電子地図上の頂角が直角の建物境界線(直角ポリゴン)を「長方形の集まり」にまで、分割・分離し、各長方形の上に3次元建物モデルを自動生成した。本研究では、これらの長方形の上に「切妻屋根」などの「屋根の基本形」を自動生成する手法を明らかにすると共に、基本形から発展させ、「朱雀門」や「五重塔」などの複雑な形状をとる屋根を持つ建物の自動生成を行った。

2. 屋根付き3次元建物モデルの生成方法

分割された長方形の上に、長方形形状の屋根板、窓やドアとそれらのために穴を開けたBox状の建物本体等の「建物を構成する部品」を配置して、3次元建物モデルを生成する。長方形は、その頂点を切妻屋根の平面図である図2に示すように番号付けし、これらの頂点を内分、外分する点を求め、建物を構成する部品を配置する。本システムは、時計回りに長方形の頂点を辿り、辺長と辺の傾きを求め、最長の辺が右向きであれば、その辺の起点をpt1とし、もし、最長の辺が左向きであれば、その辺の起点をpt3として、時計回りに番号付けを行う。このように番号付けすることにより、長方形の長い方の辺で、図上で上にある辺の左側の頂点からpt1、pt2、pt3、pt4と時計回りに番号付けを行うことができる。ここで、長方形の4つの辺は、長辺である辺12と辺34、短辺である辺23と辺41に分けられ、「長方形の傾き」は長辺である辺12の傾きとする。建物を

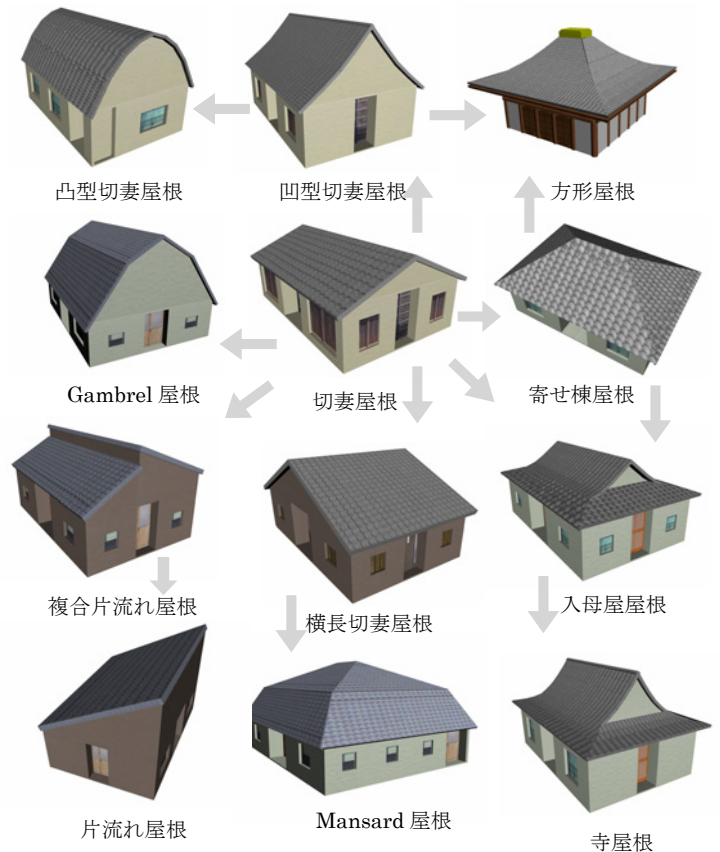
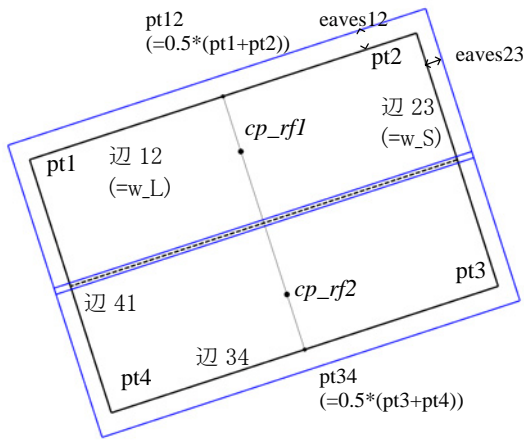


図1 自動生成した様々な形態の屋根付き3次元建物モデル

構成する部品は、適切に辺12と辺23を内分する点を求め、部品の制御点をそこに移動し、配置する。

基本立体(プリミティブ)には、その位置や姿勢をコントロールするための「制御点(Control Point)」と「ローカル座標」が存在し、その制御点を適切な位置に移動することで、建物を構成する部品を配置し、建物を生成する。3次元モデル生成エンジンとして使用している3D Studio MAXにおいて、制御点は基本立体によって異なり、直方体(Box)は底面の中心、プリズムは、プリズム生成時、底面の三角面の原点にあたる頂点が制御点となる。

屋根の「基本形である切妻屋根」は、それを構成する2枚の屋根板と屋根下の構造物、建物本体を図2の平面図、図3の正面図で示すように配置して、作成する。図2に平面図において、切妻屋根を構成する2枚の屋根板の長さは、辺12の辺長(w_L)に辺12方向の軒長(eaves12)を加えた長さ、幅は辺23の長さ(w_S)に辺23方向の軒長(eaves23)とプリズムの上向斜面からの斜面法線方向の板までのオフセット距離(rf_offs ; 図3参照)を加えた幅となる。



$$ratio_s = 0.25 - \frac{0.5 \times (eaves23 \times \cos\theta + rf_offs \times \sin\theta)}{w_S} + \frac{thick_rf \times \sin\theta}{w_S}$$

$$cp_rf1 = (1.0 - ratio_s) \times pt12 + ratio_s \times pt34$$

$$cp_rf2 = ratio_s \times pt12 + (1.0 - ratio_s) \times pt34$$

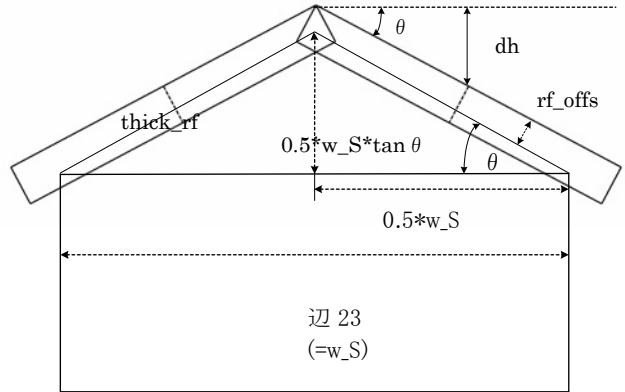
*ここで、thick_rf は屋根板の厚さ、eaves23 は辺 23 の方向の軒部の長さ、θ は屋根板の水平面に対する傾き

図2 切妻屋根の2枚の屋根板の平面図と各パラメータの説明

屋根板は、図2の平面図が示すように、その制御点を辺12の midpoint と辺34の midpoint を結ぶ線を内分する点に配置する。制御点は直方体の底面にあり、板は水平面に対してθだけ傾いていることを考えると、内分比は、0.25 よりも長さ eaves23 と長さ rf_offs の長さ w_S に対する比の分だけ小さくなり、板の厚さ(thick_rf)の長さ w_S に対する比の分だけ大きくなる。

ここで、2枚屋根板で成り立つ切妻屋根の自動生成のプロセスを以下にまとめる。

- (1) 軒長や屋根板の屋根下構造物からの変位分(rf_offs; 図3参照)などの独立したパラメータを用いて、屋根板の幅、長さ、高さを算出し、直方体プリミティブを生成する。
- (2) 直方体に対してテクスチャマッピングを施す。
- (3) 辺12側の直方体は、x軸回りに-θ、辺34側の直方体は、x軸回りにθだけ回転する。
- (4) 直方体を「辺12の傾き」だけ、Z軸回りに回転する。
- (5) 平面図上で適切に直方体を配置する辺12と辺23を



*屋根板の幅(wid_rfb; width of roof board)は

$$wid_rfb = side23L + eaves23 + rf_offs \times \tan\theta$$

ここで side23L は $side23L = 0.5 \times w_S \times \sqrt{1 + \tan^2\theta}$

*屋根板の高さ(hei_rf)は以下の式で与える。

$$hei_rf = st_heit - 0.5 \times (side23L + eaves23 + rf_offs \times \tan\theta) \times \sin\theta - thick_rf \times \cos\theta + rf_offs / \cos\theta + 0.5 \times \tan\theta \times w_S$$

ここで、st_heit は屋根のスタート高さで、階高×階数

図3 切妻屋根の2枚の屋根板と屋根下の構造物、建物本体の位置関係を示す正面図

内分する比を算出して、適切に直方体を移動する。

(6) 正面図上で適切に直方体を配置する高さを算出して、適切に直方体を移動する。

屋根の基本形である「切妻屋根」生成手順に基づいて、複雑な屋根形状となる「朱雀門」や「五重塔」などを自動生成した。「切妻屋根」と同様に、朱雀門屋根や五重塔屋根の平面図と正面図を作成し、平面図において各屋根板の位置決めを行うための内分点の算出、正面図において各屋根板の位置決めを行うための高さ及び傾きの算出を行い、朱雀門屋根や五重塔などを自動生成した。

参考文献

[1] 杉原健一、林良嗣：3次元建物モデルの自動生成のための一般化建物ポリゴン分割法、2006年度土木情報利用技術論文集、Vol.15、pp.67-74、2006.10
 [2] Kenichi SUGIHARA : Generalized Building Polygon Partitioning for Automatic Generation of 3-D Building Models, ACM SIGGRAPH 2006, Posters Session, Virtual/Augmented/Mixed Reality & Environments



図4 美濃国分寺を再現する3次元モデル

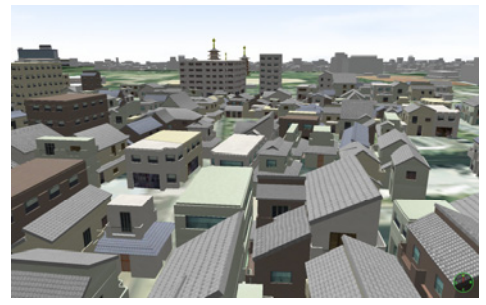
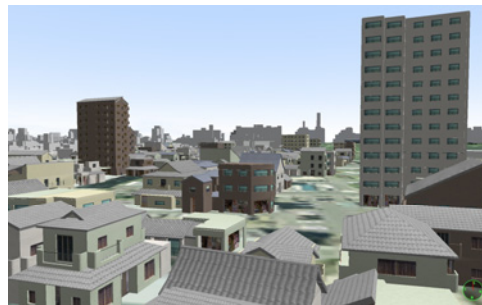


図5 電子住宅地図に基づいて自動生成した3次元都市モデル