

# 街区における再生可能エネルギーに適した建物の3Dモデルの自動生成

村瀬孝宏・杉原健一・周欣欣

## Automatic Generation of 3D House Models Suitable for Renewable Energy in the City Block

Takahiro MURASE, Kenichi SUGIHARA and Xinxin ZHOU

**Abstract:** 街区レベルにおいて、敷地や建物を太陽光発電に適したかたちにして、再生可能エネルギーの利用を進めることが重要である。そのとき、出来上がるであろう形を具体化する「街区の3Dモデル」は、関係者で合意形成を図るときに非常に有効である。現状では、この街区レベルの3Dモデルを多大の時間と労力を掛けて作成している。本研究では、電子地図に基づいて、太陽光発電に適した建物の3Dモデルを自動生成するシステムを開発した。活用事例として、区画整理前後の街区、あるいは、太陽光発電に適した建物形状であるかないかで、太陽光発電がどのように変わるかをシミュレーションした。

**Keywords:** 自動生成 (automatic generation), 3次元建物モデル (3D model of building), 再生可能エネルギー (renewable energy), 環境教育 (environmental education)

### 1. はじめに

3次元CGによる都市モデルは、「太陽光発電に適したまちづくり」や「自然と共生するまちづくり」等の「環境共生型まちづくり」を進める社会資本整備において、合意形成を図るために利活用が期待される重要な「情報基盤」である。そのために、「実際に出来上がる整備事業」に近いであろう「整備案の3Dモデル」が重要となる。例えば、太陽光発電に適した建物の3Dモデルを構築するには、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、街並みの3Dモデルを製作する。しかし、このような都市モデルの作成には、多大の労力と時間をかけて作成する必要がある。これまでの筆者らの研究成果であるGISとCGを統合化した3次元都市

モデル自動生成システムを応用し、太陽光発電を備えた建物の最適化を目的としたモデルを自動生成することを提案する。本研究では、電子地図に基づいて、太陽光発電の最適化を目的とした3次元建物の自動生成システムを開発し、これにより利用者が「太陽光発電に適した街づくり」など環境問題や再生可能エネルギーの可能性を検討するケースにおいて支援することができる。敷地や建物を太陽光発電に適したかたちにして、再生可能エネルギーの利用を進めることが重要であり、このシステムにより街区における再生可能エネルギーの利用可能性の特徴を把握し、ポテンシャルエネルギーを推察することが可能となった。

### 2. 3Dモデル自動生成のプロセス

本研究における建物の3Dモデルの自動生成のプロセスを図1に示す。建物の3Dモデルの情報源になるものは、図1左端に示すような電子地図である。電子地図は、汎用GIS(ArcGISなど)

---

村瀬孝宏 〒509-6101 岐阜県瑞浪市土岐町 2216

中京学院大学 中京短期大学部

Phone: 0572-68-4555

E-mail: murase@chukyogakuin-u.ac.jp

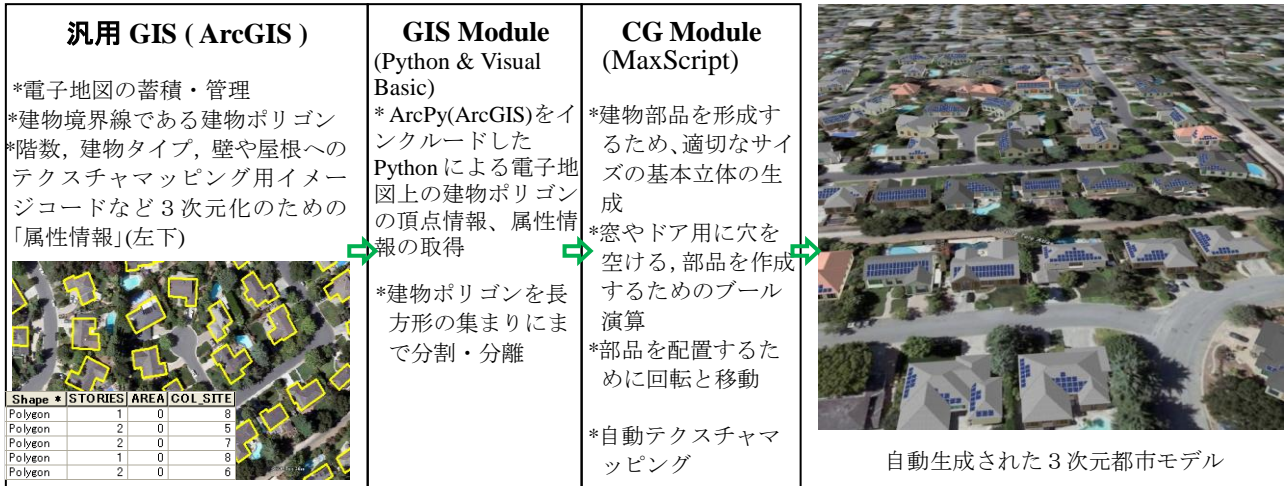


図 1 自動生成システムの構成と 3Dモデルの自動生成のプロセス

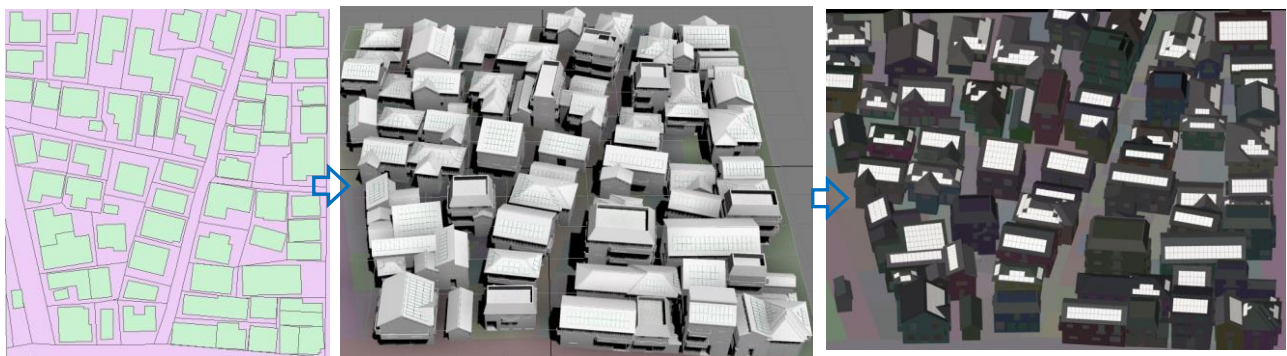
によって、蓄積・管理される。電子地図上の建物ポリゴンは、GISのソフトウェア部品(MapObjects)を用いてプログラム開発したGISモジュールにて、(1)直角ポリゴンを「長方形の集まり」にまで、分割・分離する。(2)建物ポリゴン上の不要な頂点をフィルタリングする。(3)建物境界線よりセットバックした所にある窓やドアを配置するため内側境界線を生成する、などの「前処理」を行う。

前処理したデータを、3DCG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、建物の3Dモデルを自動生成する。

(1)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。(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。

本研究では、太陽光発電に適した建物として、太陽光発電の効率がいいとされる「メガソーラ」のパネル形態に似せた南向きの屋根を大きくした片流れ屋根の3Dモデルの自動生成手法を提案する。また、本システムの活用事例として、「仮想の密集市街地」に対して、細街路を拡幅する等の一般的な区画整理を行い、その前後の街区、あるいは、太陽光発電に適した建物形状であるかないかで、太陽光発電がどのように変わるかを数値実験した。ここで、太陽光発電は、パネルの太陽光線に対する「垂直成分」の面積に比例すると考えられるので、仮想空間で、仮想のカメラで仮想街区を、例えば、俯角40度の正投影で撮影し、各屋根に設置されたパネルの垂直成分の合計面



(a) 現況の電子地図 (b)自動生成した街区の3Dモデル (c)俯角43度で正投影した街区のイメージ

図 2 電子地図から自動生成した街区の3Dモデルと正投影した街区イメージ

積を求めた。

### 3. 太陽光発電に適した建物

太陽光パネルの実使用時の出力(発電電力)は、日射の強さ、設置条件(屋根の傾斜角と方位角、周辺環境)、地域差、及び温度条件により異なる。日本気象協会の1981年から2009年の29年間の観測データをもとにNEDO(新エネルギー・産業技術総合開発機構)が全国日射関連データマップを整備しており、地点を指定すれば、マップより日照量を予測できる。本システムによって自動生成された街区の3Dモデルでは、太陽光パネルは南向きと東向きの屋根に設置している。もっとも日照量が大きくなるのはパネルが南向きであるが、東西向きのパネルも、南向きパネルの日照量の約85%であるとされるので、東向き屋根にもパネルを設置した。図2と図3に「街区の3Dモデル」とその元とした電子地図、及び、平行光線である太陽光に対する「太陽光パネルの垂直成分」を表示したものを示す。図2(a)(b)では、典型

的な密集市街地の電子地図から本システムを用いて、自動生成した街区の3Dモデル、図2(c)は俯角43度の仮想カメラで撮影した街区の「正投影の投影図」である。NEDOの日射関連マップでは、日照量は指定した地点の周りの平均値しか分からないが、この正投影の投影図は隣接する建物の影の影響など詳細なレベルで、日照の状況をシミュレーションすることができる。

図3(a)(b)(d)は密集市街地を「区画整理した電子地図」とそれから自動生成した街区の3Dモデル、図3(c)は街区の3Dモデルの正投影の投影図、図3(d)は自動生成する建物を太陽光発電に適した形状である両片流れ屋根の建物とした場合、図3(e)(f)は仮想カメラによる俯角50度と30度で街区を正投影で撮影した図である。

図4は、建物形状の変更及び区画整理前後で「全体図の面積に対する各屋根のパネルの垂直成分の合計面積の割合」の比較を表している。この例では、図4に示すように単に区画整理だけでは、太陽光発電を行う「太陽光に垂直なパネル



(a)区画整理の電子地図 (b)区画整理した街区の3Dモデル (c)正投影した区画整理した街区イメージ



(d) 両片流れ屋根の建物の3Dモデル (e) 俯角50度で正投影したイメージ (f) 俯角30度で正投影したイメージ

図3 区画整理した地図から自動生成した街区の3Dモデルと正投影した街区イメージ(上)、建物を両片流れ屋根とした街区の3Dモデルと俯角50度と30度で正投影した街区イメージ



面の垂直成分」を増やすことはできないが、「両片流れ屋根」を配置した街区とすると大幅に垂直成分の面積を増やすことができることを示している。太陽光を受けるパネルの面積を増やすために、図3(d)に示すように、南北方向に長い長方形の敷地に対して屋根頂線を東西方向にする、南向きの屋根の面積を大きくした「両片流れ屋根」とした。

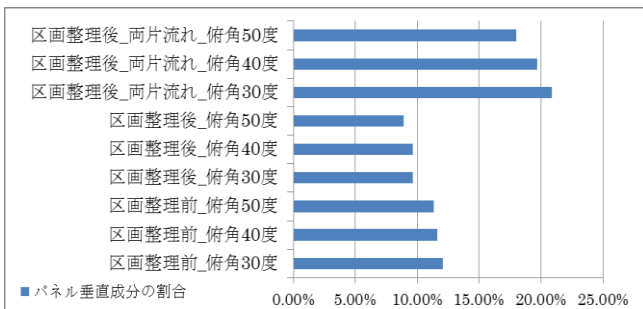
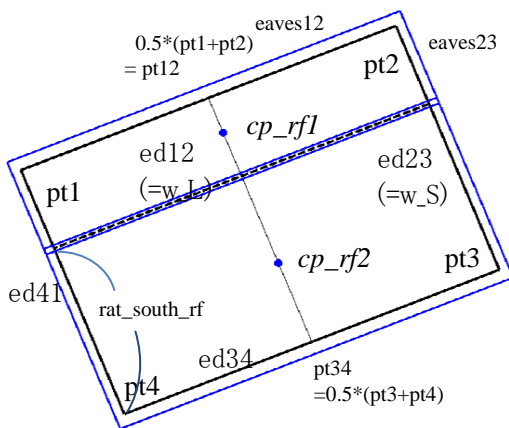


図4 建物形状の変更及び区画整理前後でパネル垂直成分の割合

#### 4. 両片流れ屋根の3Dモデルの自動生成

図1の自動生成システムのGISモジュールで、頂角が直角の建物境界線を「長方形」の集まりまで、分割・分離する。これら長方形は建物の平面図となる。「両片流れ屋根」は、「片流れ屋根」を



$$\text{ratio}_s = 0.5 \times (1.0 - \text{rat\_south\_rf})$$

$$\frac{0.5 \times (\text{eaves23} \times \cos \theta + \text{rf\_offs} \times \sin \theta)}{w_S} + \frac{\text{thick\_rf} \times \sin \theta}{w_S}$$

$$\text{cp\_rf1} = (1.0 - \text{ratio}_s) \times \text{pt12} + \text{ratio}_s \times \text{pt34}$$

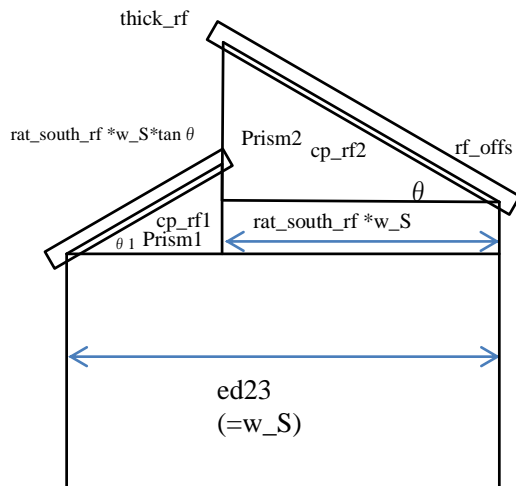
$$\text{cp\_rf2} = \text{ratio}_s \times \text{pt12} + (1.0 - \text{ratio}_s) \times \text{pt34}$$

図5 建物境界線とそれに対して生成される両片流れ屋根の2枚の屋根板の平面図と各パラメータ

組み合わせた建物と考える。両片流れ屋根は、それを構成する2枚の屋根板と屋根下の構造物(三角柱: prism), 建物本体を図5の平面図, 図6の正面図で示すように配置して, 作成する。長方形は, その頂点を図5のように番号付けし, これらの頂点間を内分, 外分する点を求め, 建物を構成する部品を配置する。

#### 5. おわりに

街区レベルにおいて, 敷地や建物を太陽光発電に適したかたちにして, 再生可能エネルギーの利用を進めることが重要である。そのとき, 出来上がるであろう形を具体化する「街区の3Dモデル」は, 関係者で合意形成を図るときに非常に有効である。現状では, この街区レベルの3Dモデルを多大の時間と労力を掛けて作成している。本研究では, 電子地図に基づいて, 太陽光発電に適した建物の3Dモデルを自動生成するシステムを開発した。活用事例として, 区画整理前後の街区, あるいは, 太陽光発電に適した建物形状であるかないかで, 太陽光発電がどのように変わるかをシミュレーションした。



$$\text{wid\_rfb} = \text{side23L} + \text{eaves23} + \text{rf\_offs} \times \tan \theta$$

$$\text{side23L} = \text{rat\_s\_rf} \times w_S \times \sqrt{1 + \tan^2 \theta}$$

$$\text{hei\_rf} = \text{st\_heit} + \text{rat\_south\_rf} \times \tan \theta \times w_S$$

$$- 0.5 \times \text{wid\_rfb} \times \sin \theta - \text{thick\_rf} \times \cos \theta + \text{rf\_offs} / \cos \theta$$

図6 2枚の屋根板の両片流れ屋根の側面図