

# 3次元建物モデルの 自動生成システムとその活用

杉原健一

1. はじめに
2. 3次元建物モデルの自動生成プロセス
3. GIS モジュール
  - 3.1. 本研究の根拠とポリゴンデータ表現
  - 3.2. GIS モジュールからの出力データ
4. CG モジュール
  - 4.1. ポリゴンへのプリミティブ割当
  - 4.2. ポリゴンへの建物割当アルゴリズム
  - 4.3. 建物生成モジュール
5. 本システムの活用事例
6. おわりに

【アブストラクト】 3次元 CG で作る都市モデルは、景観設計や都市計画、交通工学、教育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として利活用が期待される重要な「情報基盤」である。例えば、住民参加型のまちづくりにおいて、住民と行政と専門家で見守るまちの3次元イメージを共有する道具として、3次元 CG の都市モデルが有効である。しかし、この3次元都市モデル構築のためのデータ取得・モデリングには、膨大な時間と労力がかかる。そのため、本論文では、GIS (地理情報システム) と CG を統合化して、GIS に蓄積されたデータ、主に建物境界線と建物の属性情報に基づいて、3次元 CG ソフトが都市の建物モデルを自動生成するシステムを提案する。次に、本システムを活用する事例として、都市計画や建築

基準法の諸空間形態規制を建物群へ適用あるいは緩和すると街並みにどういった影響を及ぼすかのシミュレーションを行った。本システムはまちづくりにおける制度や規制の評価を行い、良好な街並みを形成するにはどういった制度や規制が望ましいかを検討する3次元のたたき台を提供する。

**【Abstract】** 3D-CG model for real city space is the important information infrastructure that can be used for various purposes, such as, simulator for landscape design, city planning, transportation engineering and education. However, in order to realize 3D-CG City, the enormous time and labor have to be consumed to design the model and to acquire the data for the model. In this paper, we propose the system to generate 3D-CG City automatically, utilizing and integrating GIS and CG. In this system, 3D-CG buildings are automatically generated, depending on the contour and attribute data of buildings. We also present the simulation system for 3D-CG City landscape evaluation by applying and changing the land use system and construction regulations. This system provides citizen and administrators the 3D prototype of towns that can be evaluated and utilized for forming scenic townscape.

## 1. はじめに

3次元CGによる都市モデルは、広範な分野での様々な利活用が期待される重要な「情報基盤」である。都市計画や景観設計、交通工学、教育といったアカデミックな分野の活用から公共事業の情報公開、まちづくりへの市民参加の場、ゲームやアミューズメントの分野での利用が考えられる。例えば、住民参加型まちづくりでは、住民・地権者と行政と専門家が目標とするまちの3次元イメージを共有し、改善案や代替案を検討していくことがよりよいまちづくりにつながる。関係者間で、まちの3次元イメージを形成する道具として、CGによる3次元モデルを作成することが有効である。しかし、その都市の3次元CGモデル構築のためのデータ取得やモデル作成には、3次元CGソフト等を使った多くの手作業を行う必要があり、多大な時

間と労力がかかる。例えば、住宅1軒の簡単なモデルを作るのに1時間かかるとして、数千軒の建物より成り立つ街並みを再現するのに数千時間も時間を必要とする。

都市モデルを構築するには、建物など都市を構成するものからイメージデータを取得し、それから空間データを抽出する。イメージデータを利用するリモートセンシングの分野では、マルチセンサーシステムを備えた衛星や航空機、自動車を使って、空間データを取得する。レーザーやデジタルカメラ、CCDなどのセンサー技術は急速に進歩し、また、衛星写真を個人が入手することもできるようになり、都市のイメージデータを利用して、都市モデルを構築する試みがなされている<sup>1)~3)</sup>。しかし、これらリモートセンシング技術で得られる3次元形状データから広範囲で精緻な都市モデルは得られていないのが現状である。

コンピュータによる3次元都市モデルを作る別の試みとして、GIS（地理情報システム）は地図を3次元表示するため機能を拡張している。また、カーナビゲーションシステムや電子地図ソフトも地図の3次元表示に取り組み、地図の立体表示機能を持つ。例えば、ESRI社のGISは3次元表示機能を付加すれば、建物ポリゴンを建物の階数データに基づいて押し出し（extrude）して、3次元都市モデルを作成できる（図1）。

このようにポリゴンの押し出しで、3次元化は可能であるが、都市の主要な構成物である道路や公園等はなく、また、建物のディテールにも欠けている。これはカーナビや電子地図ソフトにおける3次元表示機能でも同様である。

3次元都市モデルの構築は、リモートセンシングでのモデル獲得以外には、主にCADやCGソフトを使って、手作業でオブジェクトを制作している。新しい試みとして、Gruber<sup>4)</sup>はCADとGISを統合して、3次元都市モデルを構築した。また、上田<sup>5)</sup>らはGISデータをもとにOpenGL等のグラフィックライブラリを使って、3次元CGの建物データ群を自動生成しよう



図1 GISに3次元表示機能を付加し生成した3次元都市モデル  
(名古屋市栄地区)

Fig.1. 3D Urban Model generated by 2D GIS with 3D display extension  
(Sakae district, Nagoya city)

という試みもある。しかし、OpenGL等のグラフィックライブラリを使って、3次元都市モデルを自動生成する試みは原理的には可能でも、多大のプログラミング、システム開発が必要で、現在のところ、大規模で精緻な3次元都市モデルを生成するシステムは完成していない。

本論文では、都市の建物の空間データと属性データをデータベース化できるGISと、3次元建物モデルを生成できるCGソフトとを統合化して、屋根や窓などのディテールのある建物を自動的に生成するシステムを提案する。即ち、GISの方で管理している建物の位置や境界線等の空間データと形状や材質を決める属性データとを自動生成の「設計仕様データ」として、CGモジュールが3次元CGソフトをコントロールし、建物群を自動的に作っていくシステムの開発を行った。次に、本自動生成システムを活用する事例と

して、都市計画や建築基準法の諸形態制限を建物群に適用するあるいは規制値を変更して適用するシミュレーションを行った。形態制限となる容積率や建蔽率の規制や斜線制限等は建物の形状をある程度決定する。良好な街並みを形成するには、3次元都市モデルを使って制度や規制を評価し、どういう制度や規制が適切かを検討することが有効である。

## 2. 3次元建物モデルの自動生成プロセス

本研究の自動生成のプロセスでは、建物情報を蓄積・管理できる GIS から、3次元 CG を生成できる CG ソフトに建物情報を引き渡して、建物群を自動生成する。3次元建物モデルを実現するには、建物の3次元形状やサーフェイス、材質を再構築しなければならない。建物モデルを構成するオブジェクトの形状やマッピングデータの制作は手作業に依存し、莫大な労力と時間が必要とされるのが現状である。そこで、2次元 GIS が管理する電子住宅地図で、建物境界線のポリゴン（以降、建物ポリゴンとする）や建物属性情報に注目し、それを利用できるように、ポリゴンの頂点の位置情報と属性情報を出力する GIS モジュールを開発した。次に、GIS モジュールから頂点群の位置情報や属性情報を受け取り、それらに基づいて、3次元 CG ソフトを制御して、CG オブジェクトを自動生成する CG モジュールを開発した。3次元都市モデルのデータソースとなるものは、国土地理院の数値地図、ゼンリン等の住宅地図会社の電子住宅地図となる。それらを GIS で取り込み、空間データ基盤とする。規制や制度のシミュレーションを行う場合、それに都市計画や建築基準法の規制となる容積率、斜線制限などを属性データとして入力し、GIS を構築する。本システムは蓄積された容積率や建蔽率、斜線制限に基づいて、建物可能な最大限の閉面（エンベロップ）を自動生成する。この3次元モデルは、複数ある規制や制度を実際の都市のエンベロップ群に適用

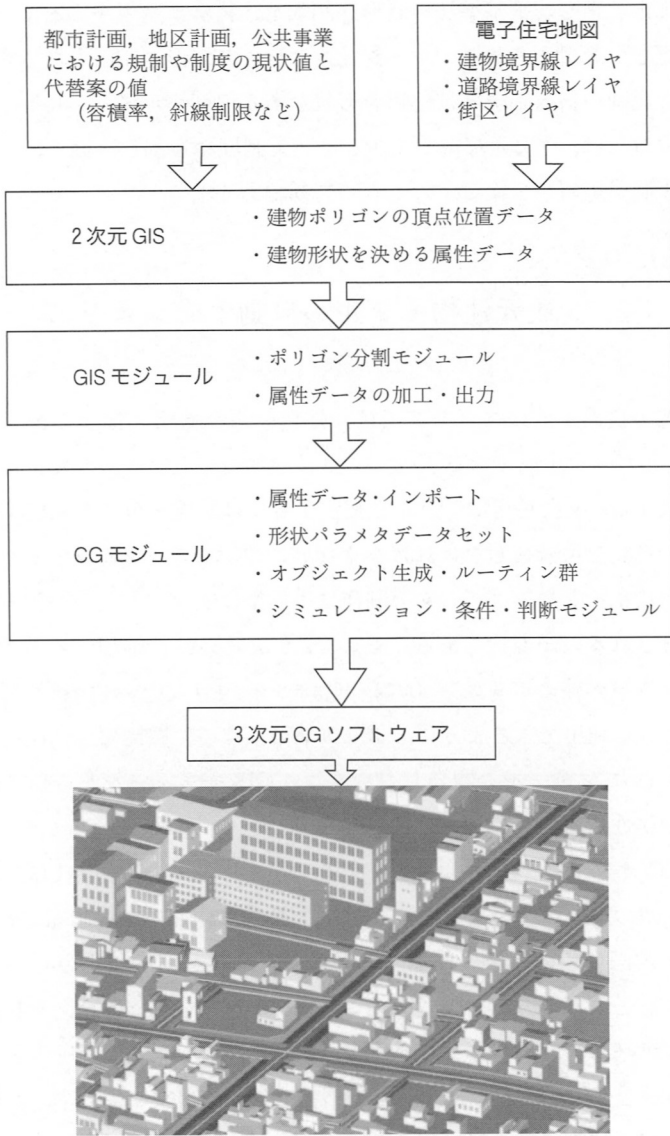


図2 3次元建物モデル自動生成のプロセス  
Fig.2. Flow of Automatic Generation for Buildings

した結果、街並みが全体としてどういう姿になるのかを表すことができる。

### 3. GIS モジュール

#### 3.1. 本研究の根拠とポリゴンデータ表現

市販の2次元GISには、地図上のオブジェクトの空間データと属性データをCGソフトが取り込めるような形式で出力する機能はない。そこで、GISソフト部品(エスリ社, MapObjects 2.0)を使って、CGソフトが取り込めるようなデータを出力するモジュールを開発した。

建物ポリゴンは図3のマップに示すように、大半の頂点の角度は90度前後である。GISでは、建物ポリゴンの頂点は時計回りに番号付けされ、ポリゴンの辺を時計回りに追っていくとすると、辺が曲がる向きは元の辺に対して右に90度曲がるか、左に90度曲がるかの2通りに限定されることになる。辺の曲がり方が2種類しかないとする、ポリゴンの頂点数によって、ポリゴンがとる形状のパターンが決まり、その数を計算できる。また、頂点の角度が90度前後であるというのは、多くの建物は3次元CGでのプリミティブ図形となる直方体を組み合わせた形状をしていると判断できる。6頂点以上の建物ポリゴンに建物を割り当てる際に、直方体等のプリミティブ図形を配置できるように建物ポリゴンを長方形に分割する必要がある。本研究では、次の2つの仮定を元にしてシステムを開発した。

- (1) ポリゴン頂点の角度は90度である。
- (2) ポリゴン頂点の数は4から10点余りまでの少ない数が大半である。

上記仮定を検証するために、建物ポリゴンの各頂点の角度を計算した。建物ポリゴン上の隣り合う2辺(segment)の内積を使って、角度を求めた。

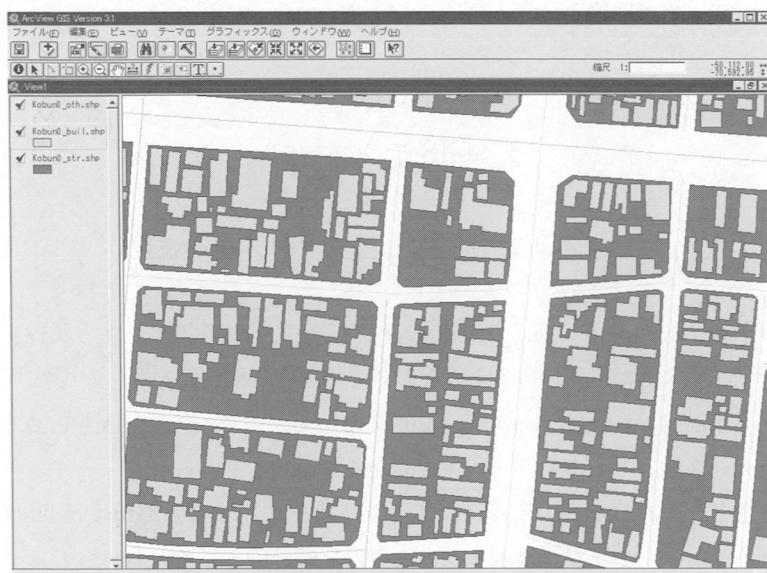


図3 電子住宅地図の例（ゼンリン，大垣市内）

Fig. 3. Example of the Digital Residential Map

$$\theta = \arctan \sqrt{\frac{(\text{length of segment1})^2(\text{length of segment2})^2}{(\text{inner product of 2 segments})^2} - 1}$$

大垣市内の住宅地において、1500ポリゴンについて調べ、各頂点の角度の頻度を図4のヒストグラムにまとめた。グラフから明らかなように建物の曲がり角がほぼ90度前後である。また、ポリゴン頂点数は建物形状が取りうるパターンの数に影響するので、建物ポリゴンの頂点数についても、同じ地域で調べた(図5)。頂点数は10点までで、全体のポリゴンの94.9%を占める。このことは本研究の仮定が成り立つ根拠となる。例えば、建物ポリゴンは、図6で示すような形状をしていれば、ポリゴンは辺の曲がる方向の集合で表現できる。ここで、ポリゴンの頂点数と右曲がり辺(R)の数と左曲がり辺(L)の数の間には以下の関係が成り立つ。



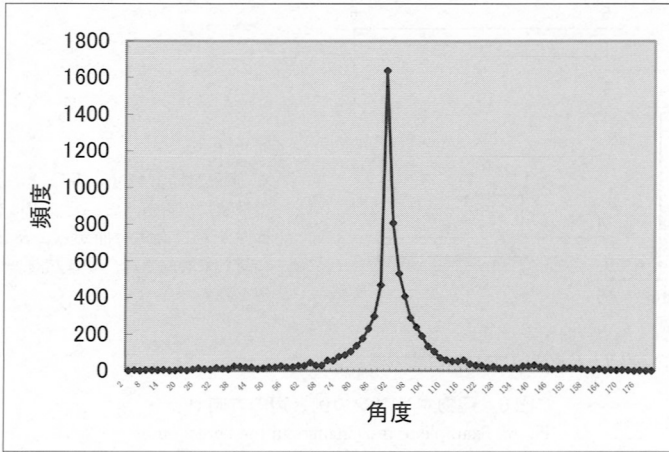


図4 建物ポリゴンの各頂点の角度

Fig.4. Histogram of the Frequency of Angle Values at the Vertices of Buildings' Polygons

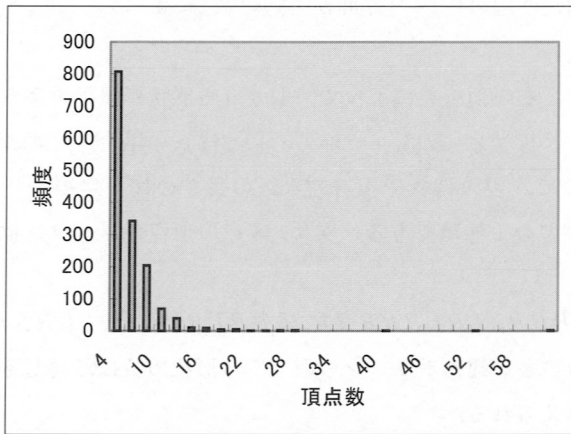
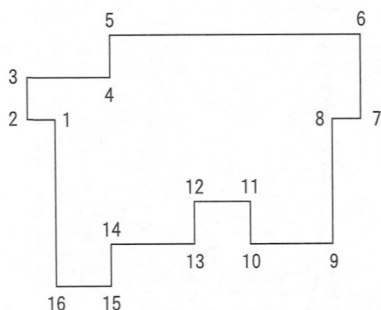


図5 建物ポリゴンの頂点数の頻度

Fig.5. Histogram of the Frequency of the Number of Vertices of Buildings' Polygons



辺の曲がる方向セット  
*LRRLRRRLRLLLRRLRR*

\* 頂点は時計回りに番号付けされる。  
 番号順に辺を追うと、元の辺に対して辺は左か右に直角に曲がる。*R*は元の辺に対して右向きに、*L*は左向きに曲がる辺を表す。

図6 建物ポリゴンの例と辺の方向セット  
 Fig. 6. Example of the Changes in the Direction of the Segments of Building Polygon

- (1) 頂点数 = (右曲がり辺の数) + (左曲がり辺の数)
- (2) (右曲がり辺の数) - (左曲がり辺の数) = 4

ポリゴンは、その頂点数によって、取りうる形状が以下のように決まる。6点の頂点のポリゴン（以降、6点ポリゴンとする）の場合、左曲がりの辺は1つしかないので、辺の長さや相対的な辺の長さの比を無視すると、形状パターンはL字型の1種類である。次に、8点の頂点のポリゴンは下の4種類ある。

*LLRRRRRR, LRLRRRRR, LRLLRRRR, LRRRLRRRR*  
 以下、頂点数の多い建物ポリゴンの取りうる形状の数は、同じものを含む円順列の式で与えられる。

- (1) 10 頂点ポリゴン

$$\frac{10!}{7!3!} \times \frac{1}{10} = 12 \text{ 通り}$$

- (2) 12 頂点ポリゴン

3個の循環節がある場合

$$\frac{3!}{2!1!} \div 3 = 1 \text{ 通り}$$

6個の循環節がある場合

$$\left( \frac{6!}{4!2!} - \frac{3!}{2!} \right) \div 6 = 2 \text{ 通り}$$

循環節がない場合

$$\left( \frac{12!}{8!4!} - \frac{6!}{4!2!} \right) \div 6 = 2 \text{ 通り}$$

$$\text{合計 } 1 + 2 + 40 = 43 \text{ 通り}$$

頂点数が増えると、幾何級数的に形状パターンの種類は増える。

### 3.2. GIS モジュールからの出力データ

GIS モジュールでは、CG モジュールのデータ処理の負荷を減らすために、8点以上の頂点から成る建物ポリゴンを中心領域と「枝」とに分割する処理を行う。GIS モジュールは、建物ポリゴンの各頂点の座標を出力する処理、建物ポリゴンの分割処理をして、後述する「建物割当アルゴリズム」を適用する候補となる6頂点の座標を出力する処理などを行う。建物ポリゴンの頂点数によって、6頂点のセットの数は変わるので、6頂点の座標セットの数は可変長となる。このようにGIS モジュールは、CG モジュールが使用する以下のデータを出力する。

- |                     |                 |
|---------------------|-----------------|
| (1) ポリゴンの頂点数        | (2) 各頂点の座標      |
| (3) ポリゴンの各辺の長さ      | (4) ポリゴンの各頂点の角度 |
| (5) 辺の曲がる向き (RL 情報) | (6) 建物の階数       |
| (7) 建物の色, テクスチャ     | (8) 屋根の色, テクスチャ |
| (9) 建物のタイプ          | (10) 基準容積率      |

- (11) 前面道路の幅員による容積率
- (12) 斜線制限を受ける道路の番号
- (13) 割当アルゴリズムを適用する6点ポリゴンの頂点の座標 (可変長)

## 4. CG モジュール

### 4.1. ポリゴンへのプリミティブ割当

3次元CGの制作では、プリミティブ図形のブール演算を行って、CG制作を行うことが多い。本研究でも、建物ポリゴンにプリミティブ図形を割り当てる。建物CGをプリミティブ図形のブール演算で生成する利点を次に挙げる。

- (1) プリミティブ図形は、その長さ、幅、高さなどのプロパティを容易に取得し、制御することができる。
- (2) プリミティブ図形の制御点は明確で、位置や方向を容易に制御できる。
- (3) プリミティブ図形は通常、数式で表現することができ、データ量を削減できる。これは、建物の数が増えてきたとき、特に重要である。
- (4) 建物ポリゴンの形状をプリミティブにすることでポリゴン作成時の形状誤差をなくすることができる。
- (5) プリミティブ図形は、NURBS (非定型論理的Bスプライン) 変換して、複雑なモデリングができる。

### 4.2. ポリゴンへの建物割当アルゴリズム

6頂点以上となるポリゴンは分割して、プリミティブ図形を割り当てるが、

ポリゴンの最長の辺を1辺とする長方形を分割せず、「枝」を分割し、また、その辺に平行になるように屋根を配置するアルゴリズムを考えた。そして左曲がり辺を含む最小の頂点数である6点ポリゴンに建物と屋根を配置するアルゴリズムを基本とした。6点ポリゴンを2つの長方形(1つをポリゴンの最長辺を1辺とする長方形とその残りの長方形)に分割し、その長方形上に直方体プリミティブ(Box1とBox2)を割り当てる。直方体に屋根(Roof1とRoof2)を割り当てて建物を生成する。ここで、長方形の長辺をその長方形の長さ、長辺の向きをその長方形の向きとする。

#### 【6点ポリゴンへの建物&屋根割当アルゴリズム】

- (1) 6辺の中で最長の辺 ( $L_{max}$ ) を見つけ、それを Box1 の長さとその方向とする。
- (2)  $L_{max}$  に隣り合う辺で、長い方の辺の長さとし向きを2つ目の直方体 (Box2) の長さ ( $L_{box2}$ )、Box2 の方向とする。
- (3) 短い方の辺を Box1 の幅 ( $W_{box1}$ ) とする。
- (4)  $L_{box2}$  の隣で、 $L_{max}$  ではない側の辺を Box2 の幅 ( $W_{box2}$ ) とする。
- (5) Box2 の長さは最終的に ( $L_{box2} - W_{box1}$ )
- (6) Roof2 の長さは  $\left( L_{box2} - \frac{W_{box1}}{2} \right)$
- (7) Roof2 の端の位置を決める点 Prf2 の位置算出

$P(1)P(2) \geq P(3)P(4)$  の場合

$$Prf2 = P(1) + (P(2) - P(1)) \times \frac{L_{box2} - 0.5 \times W_{box1}}{L_{box2}}$$

$P(1)P(2) < P(3)P(4)$  の場合

$$Prf2 = P(1) + (P(2) - P(1)) \times \frac{0.5 \times W_{box1}}{L_{box2}}$$

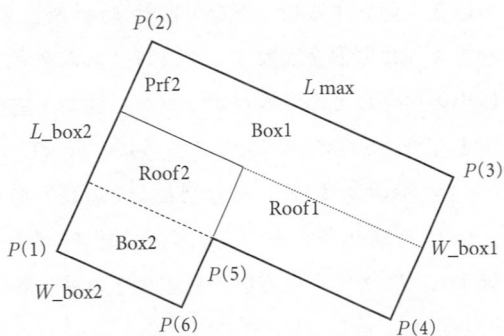


図7 6点ポリゴンへの建物と屋根の割当  
 Fig.7. 6 vertices polygon divided into Box1, Box2 and assigned by Roof1, Roof2

6点ポリゴンへの屋根&建物割当アルゴリズム（以降，割当アルゴリズム）の適用例を図8に示す。

8点以上の頂点から成るポリゴンについては，ポリゴンを中心となる領域とそれに付着した枝部から成ると見なし，中心領域を分割せず，枝を分割して，6点ポリゴンにブレイクダウンし，割当アルゴリズムを適用する。本ア

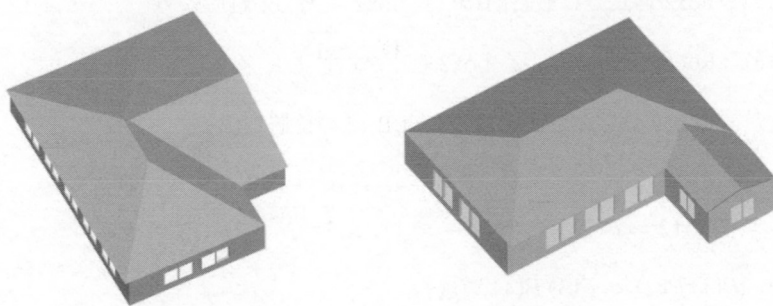


図8 6点ポリゴンへの建物と屋根の割当例  
 Fig.8. Examples of assignment of two Boxes and two Roofs to 6 vertices polygon

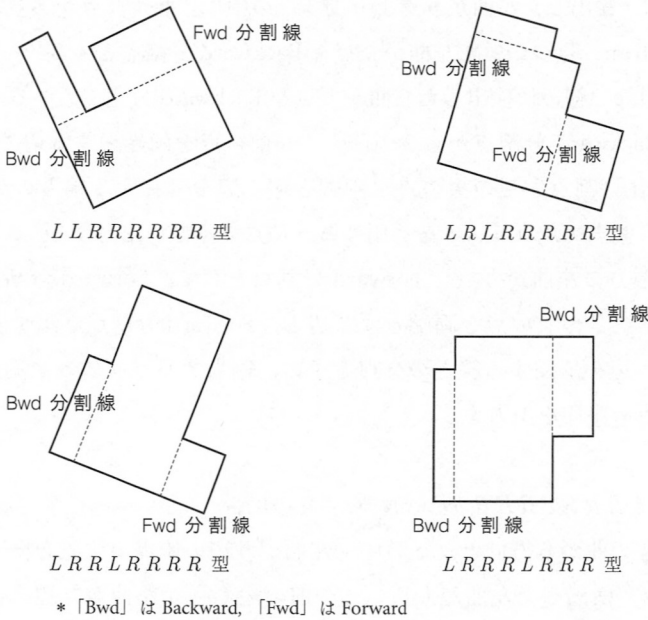


図9 4種類の8点ポリゴンと枝の分割線  
Fig.9. 4 types of 8 vertices polygon and dividing line of branches

ルゴリズムでは、ポリゴンは辺の曲がる向き（R）のデータセットで表現できるとしたが、枝の部分（R）が続いた後の左曲がり（L）までと見なす。辺が逆向き（即ち、左曲がり）に曲がる頂点に注目し、その頂点から時計回りと逆向きに分割線（Backward 分割線と呼ぶ）または時計回りと同じ向きに分割線（Forward 分割線と呼ぶ）を延ばして、枝を分割する方法を考えた。4種類の形状パターンを持つ8点ポリゴンについて、枝を分割するアルゴリズムを次のように考え、本システムで適用・実施した。

【8点ポリゴンの分割アルゴリズム】

〔I〕 LLRRRRRR, LRLRRRRR, LRRLRRRR 型の場合

(1) 辺の曲がる方向セットの中で左曲がり辺の始点の位置を検出する。

- (2) if 検出した左曲がり点より前3点の中に左曲がり点があるか。
- (3) then 見つかった左曲がり点を Backward 分割点とする。  
else 初めに検出した左曲がり点を Backward 分割点とする。
- (4) Backward 分割点から2つ前と3つ前の点を両端とする辺と、Backward 分割点とその次の点を両端とする辺を延長する線との交点を求め、割当アルゴリズムを適用する6頂点の座標を出力する。
- (5) 他方の左曲がり点を Forward 分割点として、Forward 分割点から2つ次と3つ次の点を両端とする辺と、Forward 分割点と1つ前の点を通る辺を延長する線との交点を求め、割当アルゴリズムを適用する6頂点の座標を出力する。

〔II〕 *LRRLLRRR* 型 (循環節あり) の場合

- (1) 辺の曲がる方向セットの中で左曲がり辺の始点の位置を検出する。
- (2) if 検出した左曲がり辺の1つ前の辺 ( $a$ ) が左曲がり辺の3つ前の辺 ( $c$ ) より短い。
- (3) then 2つの左曲がり点を Backward 分割点とする。  
else 2つの左曲がり点を Forward 分割点とする。
- (4) 前述のケースと同様な交点計算を行い、割当アルゴリズムを適用する6頂点の座標を出力する。

図10において、左曲がり辺の1つ前の辺である  $a$  と  $d$  の長さの合計が左曲がり辺の2つ前の平行な2辺の距離 ( $a + b$ ) より短い場合は、分割線は Backward 分割となり、逆の長い場合は Forward 分割となる。以上の分割 & 割当アルゴリズムを使って、8点ポリゴンへ建物と屋根を割り当てた例を図11に示す。



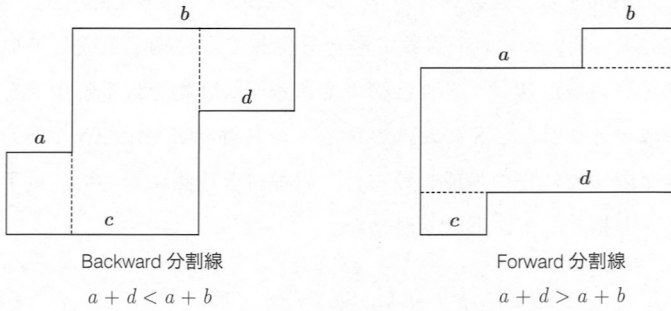


図 10 分割線が2通りある8点ポリゴン  
 Fig. 10. 2 types of dividing line (8P polygon)

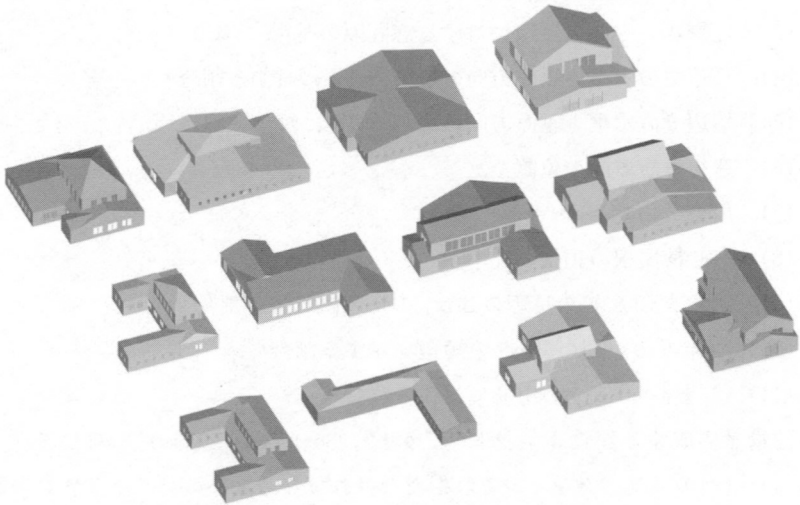


図 11 8点ポリゴンへの建物と屋根の割当例  
 Fig. 11. Examples of assignment to 8 vertices polygon

### 4.3. 建物生成モジュール

GIS モジュールから受け取るデータに基づいて、CG モジュールは建物モ

デルを自動生成する。建物のタイプ（ビルディング、切り妻屋根の住宅、寄せ棟屋根の住宅など）、ポリゴンの頂点数で場合分けして、建物を生成していく。建物の形状を決める形状パラメタは膨大であるが、建物を数千軒生成して、街並みを形成するには、GISにおけるフィールド数を膨大にできないために、パラメタを限った建物の生成に絞った。屋根付き建物に対して、以下のようなパラメタを指定して、形状を決めた。

#### 【屋根付き建物に対する形状パラメタ】

- (1) 建物ユニット (Box1 等) の高さ
- (2) 建物ユニットの長辺に対する窓間隔の基準 ( $SWl$ )
- (3) 建物ユニットの短辺に対する窓間隔の基準 ( $SWs$ )
- (4) 長辺での水平と垂直方向の窓の  $SWl$  に対する割合
- (5) 短辺での水平と垂直方向の窓の  $SWs$  に対する割合
- (6) 窓の垂直方向の位置
- (7) 屋根の勾配
- (8) 寄せ棟屋根の頂線の比率
- (9) 2階部 (Box3) の長辺の Box1 の長辺に対する割合
- (10) 2階部の短辺の Box1 の短辺に対する割合
- (11) 2階部の Box1 の中心に対する位置

建物を構成する建物ユニット（この場合、Box1, Box2, Box3）に対して、上の(1)～(8)のパラメタをそれぞれ持たなければならないので、パラメタの数は多くなる。そこで、パラメタ群をテーブルとして、プログラム中に配置し、GISから受け取る建物タイプに応じて、テーブルの中からパラメタ群を選択することにした。

建物はフィールドワークあるいは航空写真を調べることで、その形状を最終的に決定する。そのとき調査者は、異なるパラメタ群で生成した形状の異なる建物群の候補の中から最も近いものを選んで、建物タイプを決めてい

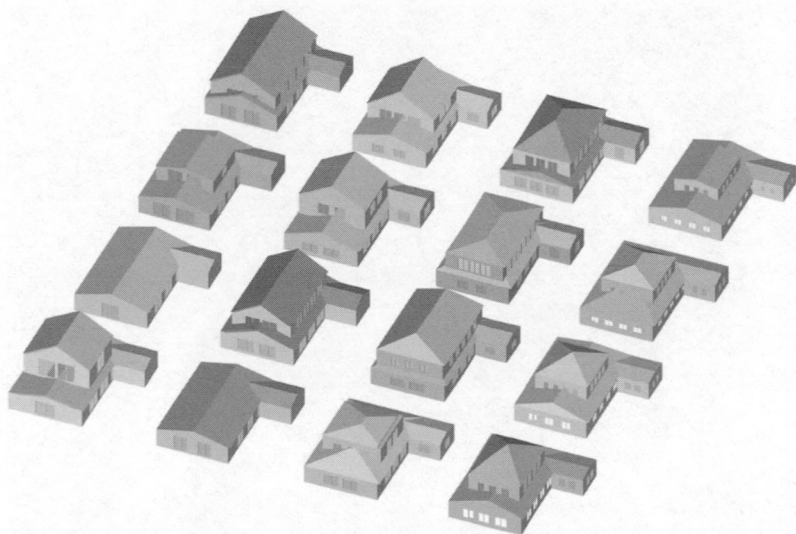


図 12 同一の6点ポリゴンの敷地に対して異なるパラメタセットを使って自動生成した建物群

Fig.12. Houses that have different set of parameters and are generated from the same polygon

く。同一の6点ポリゴンの敷地に対して、異なるパラメタセットを与え、自動生成した選択の候補となる建物群の例を図12に示す。自動生成した都市全体の鳥瞰図とウォークスルーする視点でながめたイメージを後掲図13と図14に示す。

## 5. 本システムの活用事例

建築物の形態を決める制度や規制として、用途地域制，建築基準法が存在する。これらの制度や規制により，建物を建ててもよいエンベロープは決定される。例えば，道路や隣地からの斜線制限の形状そのままが建物の姿に



図 13 自動生成した 3 次元都市モデル  
Fig.13. Automatically generated 3-D Urban Model

なった「斜線ビル」が都心ではよく見られる（後掲図 15）。容積率の最大を目指して建物が建てられるような地域では、各建物のエンベロープが描く閉面群は、ある程度、都市の概観を形作るものとなる。本システムは規制や制度に基づくエンベロープや各種の斜線制限となる領域を自動生成し、バーチャルな 3 次元都市空間に規制や制度を適用して実験する「3 次元のたたき台」として活用できる。通常、後掲図 16 で示すように 2 次元の図面で描かれ、説明されている規制や制度を 3 次元空間にて、可視化し、制度や規制の認識を支援するとともに、複数ある規制や制度を実際の都市のエンベロープ群に適用した結果、全体として街並みはどういう姿になるのかを示すことができる。建物の形態を大きく制限するものである道路斜線制限は、前面道路の建物と反対側の境界線から適用距離の範囲内で、当該建物側の上空に向かう一定の勾配の斜面より上での建築を禁止する。禁止領域を作るために、道路境



図 14 3次元都市モデルのウォークスルー  
Fig. 14. Walkthrough Scene of generated 3-D Urban Model

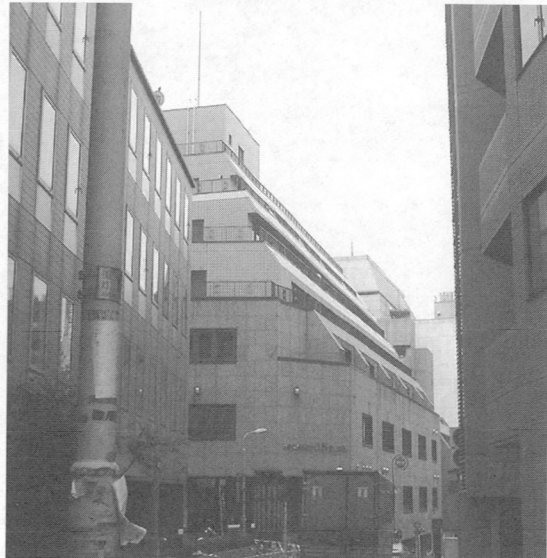


図 15 斜線制限を受けた  
建物 (東京都内)  
Fig. 15. Building adjacent to  
narrow road is under Set-  
back Regulation from Road  
(Tokyo)

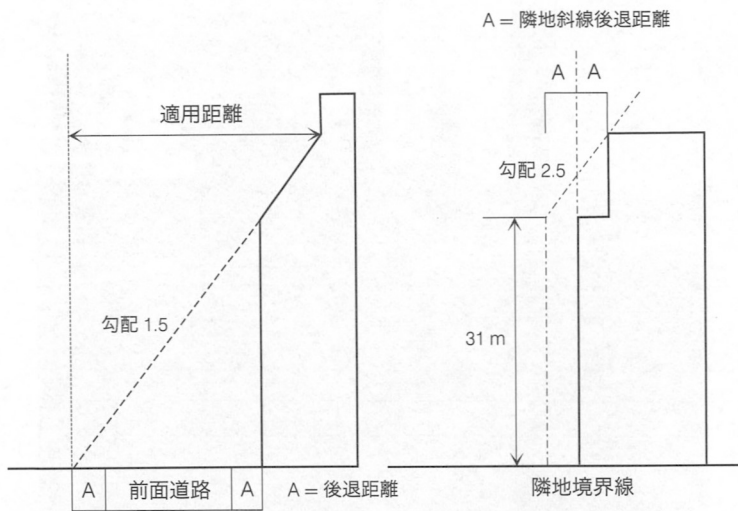


図 16 道路斜線制限 & 隣地斜線制限

Fig. 16. Setback Regulation from road & adjacent site

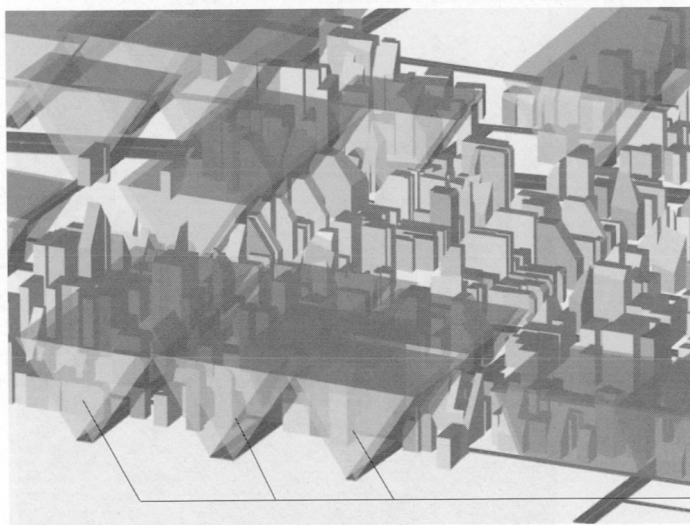


図 17 建物と斜線制限となるプリズムの関係

Fig. 17. Envelopes and Prisms that are Setback Regulation from Road

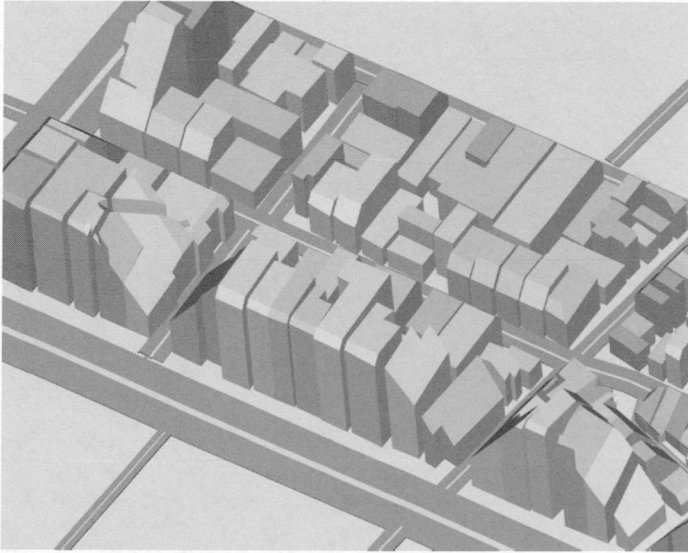


図 18 狭幅員道路によって制限されたエンベロープ  
 Fig. 18. Envelopes that are limited by Narrow road

界線を頂線とする下向きプリズムを生成し、規制が適用されるエンベロープと差のブール演算を行った。下向きプリズムとエンベロープの関係を図 17 に示す。図 18 は広幅員道路と幅員 4 m の道路が交差する地域で、現行規制となる前面道路による勾配 1.5 の斜線制限（適用距離 30 m 内）と前面道路幅員による容積率制限（ $4\text{ m} \times 0.4 = 160\%$ ）を適用した結果である。道路幅員による容積率の差によって、いわゆる「裏地」と「表地」の大きな差が現れている。また、細街路の斜線制限によって、エンベロープが削り取られてしまう姿もシミュレートしている。こうした裏地と表地に分けられた市街地は、国内のいたるところに見られ、街並みを整えることを阻害している。こうした街並みを改善する制度の 1 つとして、「街並み誘導型地区計画（'94）」が制度化された。この地区計画では、建物の壁面の位置や高さを揃えて街並みを整え、良好な居住環境を確保する場合に、斜線制限、前面道路幅員容積率

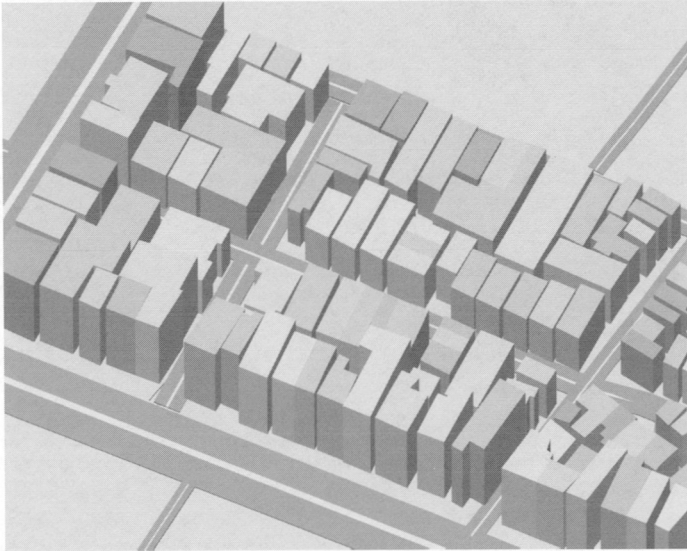


図 19 地区計画によって規制緩和されたエンベロープ  
Fig. 19. Envelopes that are deregulated by District Plan

制限を緩和する。この地区計画の条件を満たし、諸規制を緩和した場合のシミュレーションを行った (図 19)。

## 6. おわりに

本論文では、2次元電子地図上の建物の空間データと属性データをDB化できるGISと、3次元CGを生成できるCGソフトとを統合化して、建物を自動生成するシステムを提案した。3次元建物モデルは、従来の2次元の地図と異なり、現実の3次元の世界を写像するものである。CGによって、まちの3次元モデルを作り、プロトタイプとして使うことは、よりよいまちづくりに有効である。規制や制度のシミュレーション、区画整理、地区計画等



のまちづくりの試みにおいて、行政、専門家だけにとどまらず、住民や一般市民、学生に対しても「わかりやすい」、「検討しやすい」モデルを提供することになる。

謝辞 本研究の一部は以下の助成を受けた。ここに記して謝意を表する。

- (1) 文部省の科学研究費補助金 (基盤研究C 課題番号 11650568)
- (2) 通信・放送機構 (TAO) の地域提案型研究開発制度に係わる研究開発で課題「地域福祉情報ネットワーク構築における基盤技術研究」として研究助成
- (3) ソフトピアジャパンの研究助成, 研究開発テーマ「大垣市の多目的3次元仮想都市の構築」
- (4) 愛知県の「平成12年度緊急雇用対策先進的地理情報システム開発事業」で、採択テーマ「4次元GIS及び3次元都市モデル自動生成システムの構築に関する研究」として研究助成

【参考文献】

- 1) 納富幹人, 小澤史朗: 移動体観測による都市モデル構築, 電子情報通信学会誌, Vol. J81-D-II, No. 5, pp.872-879 (1998)
- 2) Chunxiao LI: Building 3-D Information Acquisition from 2-D Spatio-Temporal-Image, *UM3 (Urban Multi-Media/3D Mapping)*, pp.118-124 (1998)
- 3) Ryosuke SHIBAZAKI: Automatic Object Extraction from Simulated High Resolution Satellite Imagery, *UM3 (Urban Multi-Media/3D Mapping)*, '98, pp.1-6 (1998)
- 4) Michael GRUBER: The Cyber-City Concept from 2D GIS to the Hypermedia Database, *UM3 (Urban Multi-Media/3D Mapping)*, '98, pp.1-6 (1998)
- 5) 上田 稜, 星 仰: 市街地景観シミュレーション用データの効率的な収集とそのGISデータベース, 土木情報システム論文集, Vol.8, (社)土木学会 (1999)
- 6) 日端康雄: ミクロの都市計画と土地利用, pp.70-99, 学芸出版社 (1988)
- 7) 水谷清美, 高橋友一: インターネット上の3次元ナビゲーションにおけるインターフェイスの検討, 電子情報通信学会誌, Vol. J81-D-II, No.5, pp.925-932 (1998)
- 8) 谷崎正明, 嶋田 茂: 能動型検索機構による空間情報提供方式と仮想都市構築への適用, 電子情報通信学会誌, Vol. J81-D-II, No.5, pp.1005-1013 (1998)