

## GISベースの多目的3次元仮想都市空間の構築

杉原 健一 松島 桂樹  
岐阜経済大学 経営学部 経営情報学科

本論文では、最新のコンピューター技術であるGIS(地理情報システム)、CGとインターネットの各技術を活用・統合して、3次元仮想都市空間を構築する方法を提案する。構築する3次元仮想都市空間は、「都市情報システム」として広く市民や専門家に様々な情報を提供、あるいは収集管理する機能を持たせることが可能である。例えば、国土計画、都市計画、福祉情報を含む行政サービス、地籍管理、防災計画、公共事業のビジュアライゼーション、環境管理等について数々の目的にあわせて情報を提供するシステムが考えられる。ここでは、2次元GISにおいて、その管理する地図上のオブジェクトの位置や属性データを抽出して、そのデータに基づいて3次元CGを自動生成して3次元仮想都市空間を構築するまでのプロセスを述べる。構築した仮想都市空間の活用の事例として、都市計画における土地利用の制度と規制が街並みにどのような影響を及ぼすかのシミュレーションを行った。

### Realization of Multi-Purpose 3D Virtual City based on GIS

by Kenichi SUGIHARA, Keiju MATSUSHIMA

Gifu-Keizai University, Faculty of Business Administration

In this paper, we propose the method to realize the 3 dimensional virtual urban city, utilizing and integrating the new computer technology, that is, GIS(Geographical Information System), Computer Graphics, and Internet. 3D virtual urban city can serve as the City Information Systems that provide citizen and expert with various information, such as city planning, disaster protection, administrative service information including welfare facilities. Through extracting the position and attribute data of the objects on 2D GIS, we present the process of developing 3D virtual city spaces that are automatically created according to the extracted data. We also present the case study of 3D virtual city by simulating virtual landscape as the result of land use system and regulations

#### 1. はじめに

「3次元仮想都市空間」は、都市計画や景観評価、交通工学、教育といったアカデミックな分野での活用から公共事業の情報公開、町造りへの市民参加の場としての活用、企業活動におけるマーケティングやアミューズメント分野での利用など、広範囲の分野での活用が期待される重要な情報基盤である。都市計画や景観評価の分野では、建設が予定されている建築物を仮

想的に作り出して景観はどう変化するかをシミュレーションする、建築の規制や制度を変えるとどう街並みが影響を受けるのかをシミュレートするのに大変使い勝手のいい「3次元のたたき台」を提供することができる。あるいは仮想都市空間をVRML(Virtual Reality Modeling Language)で再構築し、仮想都市上のオブジェクトに各種の属性データ、例えば、土地利用や地籍管理の情報から医療福祉施設の情報まで広範な都市情報を付加し、それをインターネット

上で共用できるようにすれば、大変わかりやすい都市情報システムを作ることができる。ここで仮想都市空間の基盤を2次元GIS(地理情報システム)とした。GISとは、広く平面的、立体的に分布する多次元的な地理情報を収集、管理、解析、表示することを目的とするコンピュータシステムである。GISはいわば電子地図である空間データを核とするデータベースであり、その空間データに位置情報、属性情報を結合して、応用システムを作ることができる。

本研究では、進歩の著しいコンピューター技術であるGIS、3次元CGソフトウェアとインターネットの各技術を活用、統合して、3次元仮想都市空間を自動生成し、広範な用途が考えられる仮想都市空間を構築する方法を提案する。構築した仮想都市空間を活用する事例として、都市計画における土地利用の制度と規制が街並みにどう影響を及ぼすかのシミュレーションを行った。

## 2. 仮想都市空間構築の意義

「3次元仮想都市空間」は、広範囲の分野での活用が期待される情報インフラである。この情報基盤は「都市情報システム」として国土計画、都市計画、福祉情報を含む行政サービス、地籍管理、防災計画、公共事業のビジュアライゼーション、環境管理等について情報を提供、情報を収集管理することができると考えられる。「都市情報システム」において、都市空間データ管理の最近のシナリオでは、行政、民間企業、一般市民の要望に応えるようなわかりやすい情報システムが望まれている。(The Cyber-City Concept From 2D GIS to the Hypermedia Data Base, 1998 Michael Gruber)

「都市情報システム」は都市空間情報全般をデータベース化し、管理・分析・シミュレーションを行う。このシステムで中核となるのは「3次元仮想都市空間」である。「わかりやすさ」を求めるような技術動向の現れとして、地図を主体とした伝統的な2次元GISから、現実世界に近い3次元マルチメディア化した都市情報シス

テムへの移行が急速に進んでいる。情報処理の分野での技術革新、例えば、インターネット、3次元CG、地理情報システムを含むデータベースの発展は目覚ましく、それらの成果は都市空間データの管理に十分活用できる。データ管理、データ更新とそれらを行う場合のユーザーインターフェイスは都市空間情報システムにおいて重要な役割を果たす。都市空間利用という情報を管理する、あるいは情報を公開する上で、3次元化されたCGによる仮想都市空間は、単に2次元情報を与えていた従来型のGISに比べて、3次元情報を視覚的に訴え専門知識なしに都市空間データを理解できるという点、またより現実に近い3次元仮想空間をウォークスルーして情報を手に入れられるという点でも優れたシステムであると言える。

こうして構築した「3次元仮想都市空間」をVRMLで再構築することで、インターネットを通してサーバからクライアント側へ送出することが可能である。仮想都市空間上のオブジェクトに様々なマルチメディアの属性データをハイパーリンクすることで、本システムは一部の専門家、行政担当者だけのものではあった都市計画、公共事業計画、防災計画や環境管理などの都市情報を情報開示するための広く一般の市民への基本的な情報源とすることができる。つまり、現実に近い3次元の都市シーンをバーチャル訪問者はウォークスルーして容易に必要な情報を入手することで、数多くの都市情報を提供するサービスを行うことができる。

## 3. 2次元GISから3次元CGへ

3次元仮想都市空間を実現するには、都市の建築物やその他のオブジェクトの3次元形状やサーフィスや材質の属性を再構築しなければならない。仮想都市空間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、莫大なコストと時間が必要とされるのが実状である。本研究では、進歩の著しい新技術「GIS」、「3次元コンピュータ・グラフィックス」の最新の成果を活用・統合化して、仮想都

市の生成を自動的に行うシステムの構築を目指す。本システムのデータ処理の流れを下の図1に示す。

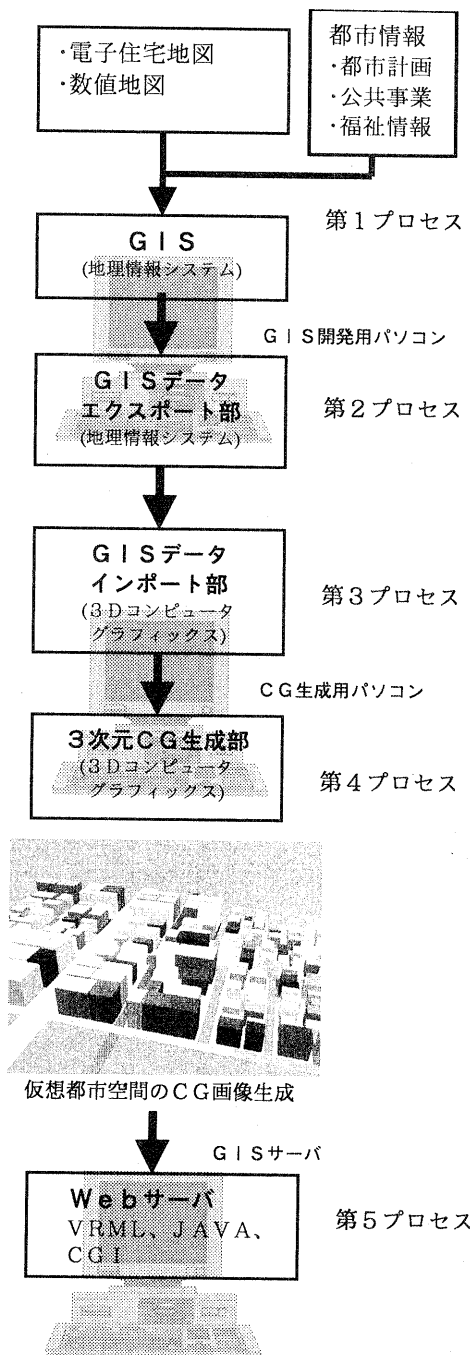


図1 本システムのデータ処理の流れ

### 【第1プロセス】

：2次元GISによる空間データ基盤の構築

仮想都市を作る源流となるものは、国土地理院の空間データ基盤である数値地図、あるいはゼンリンなど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。それに都市計画、土地利用、公共事業などの行政情報を属性データとして付加する。図2は大垣市の福祉施設の建物のポリゴンに施設の画像をハイパーリンクして表示したものである。このように2次元GISでは、空間データ基盤をデータベースの主キーとしてマルチメディアの情報にリンクすることができる。

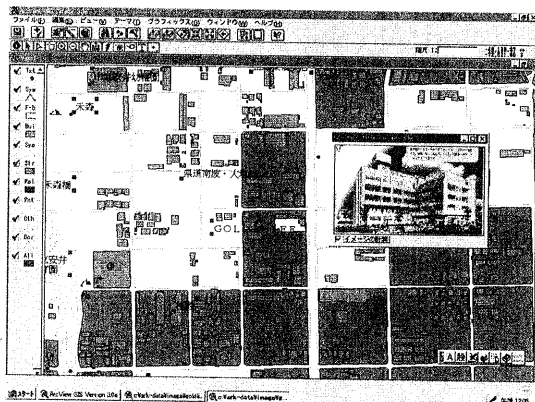


図2 2次元GIS(大垣市)でリンクしてある福祉施設の画像を表示

2次元GISは管理する地図上のオブジェクトの位置や色々な属性データを定義・編集・変更することができる。

### 【第2プロセス】

：2次元GIS上のオブジェクトの位置情報、属性データのエクスポート

市販の2次元GISには我々が望むような形(CGソフトの方で取り込めるような形式)で地図上のオブジェクトの位置情報や属性データをエクスポートする機能はない。そこで、GISを構成するGISソフトウェアコンポーネント(エスリ社、MapObjects)を活用して、2次元GISが管理する地図上のオブジェクトの位置

情報と属性データをCGソフトウェアが取り込めるような形式でエクスポートするインターフェイスの設計が必要である。

GISソフトウェアコンポーネントにおいて、敷地や建物のデータは図3に示すようにPolygonオブジェクトとして取り扱われる。Polygonオブジェクトは閉じたシェープを形成する線状の図形で、エスリ社のGISでは、点(Point)コレクションでデータは保存されている。

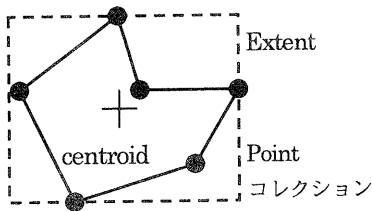
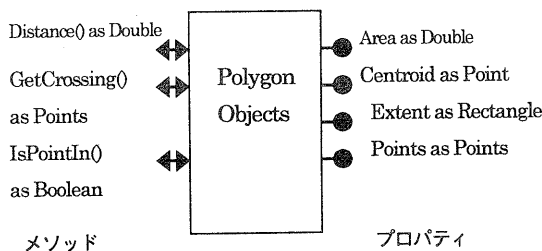


図3 ポリゴンオブジェクトのデータ構造(GIS)

### 【第3プロセス】

：2次元GIS上からの位置情報、属性データのインポート

2次元GISの方からエクスポートされる敷地や建物のポリゴンデータをCGソフトウェアの方でCGオブジェクトとして再構築できるようにデータの構造や形式を整えCG生成部へデータを渡す機能を果たすインターフェイスを設計する必要がある。2次元GIS上の敷地や建物のポリゴンにリンクされている属性データに基づいて3次元CGオブジェクトを生成するための高さ等の3次元形状、テクスチャマップをはじめとするレンダリング情報を整えてC

G生成部へデータを引き渡す。

### 【第4プロセス】

：3次元CG生成部

GISデータインポート部から受け取ったデータに基づいて仮想都市上のオブジェクトを生成していく。CGオブジェクトはプリミティブな図形のクラス(box, prism など)のインスタンスとして定義され、そのプロパティに値を入れて形状や位置などを指定する。

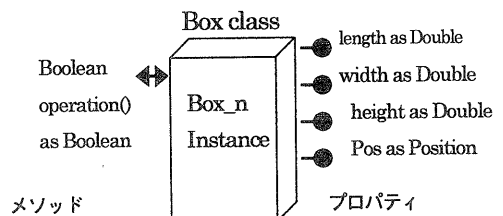


図4 Boxオブジェクトのデータ構造(CG)

より複雑な建物形状を実現するためにCGオブジェクトに対して各種の幾何学処理やブール演算を行う。例えば、本研究の事例研究として取り組んだ「建築規制によって建物が建てられる最大限の閉曲面(エンベロープ)」の生成において建物群と道路の斜線制限によって形成されるプリズムとの間でブール演算を行った。

### 【第5プロセス】

：VRMLで仮想都市を再構築し、WWWサーバに搭載し情報開示

仮想都市空間上のCGオブジェクトはVRMLに変換すれば、WWWサーバから情報発信することができる。CGソフトウェアには、CGオブジェクトをVRMLに変換する機能を持つものが多く、変換処理は容易であるが、膨大な情報量となる仮想都市全体を一括変換するにはパソコンレベルでは不可能である。また、変換されたVRMLの建物データは個々に独立しておらず、膨大なデータ量になってしまう。

#### 4. 規制によって形造られる仮想都市空間

我が国の都市の建物に対する規制としては、都市計画の中で土地の用途地域などを定める際の制度である「用途地域制」、建物に対して確保すべき詳細な基準・規制を決めている「建築基準法」が存在する。これらの規制には、都市の建物の形状に対してマクロ的な用途・容積・形態地域の配置から受ける規制と、個々の敷地が環境保全その他の理由によると同時にその周囲との関係により受けるミクロ的な規制がある。マクロ的な形態規制では、用途地域制と連動する形で容積率、建蔽率の上限、斜線勾配が指定される。ミクロな形態規制では、前面道路幅員による容積率の上限、それから道路・隣地・北側による斜線制限がある。これらのマクロとミクロな規制により決まる建物が建てられる最大限の閉曲面(エンベロップ)は決定される。例えば、道路や隣地から斜線制限の形状そのままが建物の姿になった「斜線ビル」が都心でよくみられる。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「エンベロップ」が描く閉曲面群は、ある程度、都市の姿、景観を仮想的に形作るものとなる。

こうした規制や制度の是非を検討する場合、こうした規制や制度は3次元の建物形状に対して適用される。これらの規制を適用した結果、3次元のエンベロップはどうなり建物形状はどう規制を受けるかをイメージする使い勝手のよい「3次元のたたき台」が存在しなかった。個々の規制を適用すると、個々の建物形状はこうなるであろうと予想をつけイメージを思い浮かべることはあっても、これら複数の規制を適用した結果、全体として町並みはどのようなイメージになるのかを検討する「3次元のたたき台」は今まで存在しなかった。本事例では、最新のコンピュータテクノロジーを使って、この規制や制度の適用や景観をシミュレーションする操作性のよい「3次元のたたき台」を構築することを目標としている。ここで「操作性がよい」とは、シミュレーションを行うとき、敷地の位置や形状データなどの基盤データの入力が容易

で、いろいろな条件を付加し、条件値を簡単に変更できるということを意味する。

##### 4.1 仮想街区の事例

本システムを適用した事例を以下に示す。極く一般的に見られるような図5に示す仮想の街区を取り扱う。幅員20mの広幅員道路の端から20mは商業地域で、基準容積率400%、建蔽率80%、他の地域は図6に示す用途地域となっているとする。

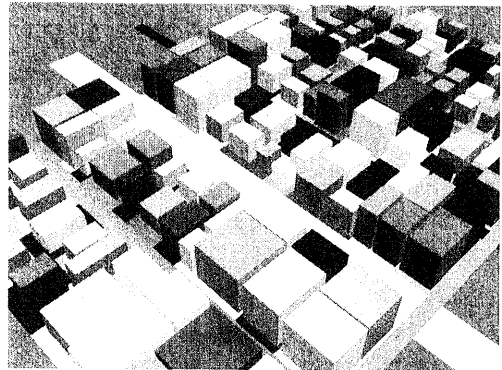
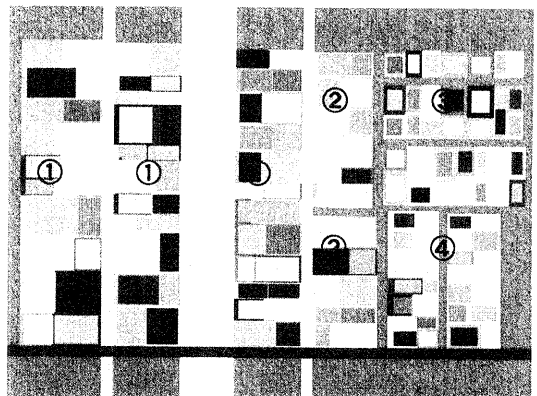


図5 広幅員道路を挟んだ仮想街区



番号	用途地域	建蔽率	容積率	外壁後退
①	商業地域	80%	400%	1 m
②	近隣商業地域	80%	300%	1 m
③	一種低層地域	50%	80%	1 m
④	一種中高地域	60%	200%	1 m

仮想街区の用途地域、建蔽率、容積率、外壁後退距離は上の表の値を与えるとする。

図6 仮想街区の用途地域

#### 4.2 容積率・斜線制限による仮想街区の変化

仮想街区を基準容積率の限界を目指す形で建物が建てられた場合の街区の透視投影図を下の図7に示す。

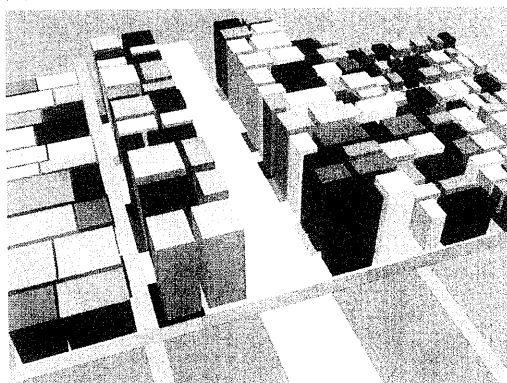


図7 基準容積率を100%使った仮想街区

しかし、裏地においては前面道路の幅員による容積率の制限のため、基準容積率を目一杯とすることはできない。この街区の場合、裏地の道路の幅員を4mとすると、非住居系の地域では、道路幅員(単位はm)に60%をかけた値となる。従って、裏地となる商業地域の容積率は240%となる。制限のついた街区の図を下の図8に示す。

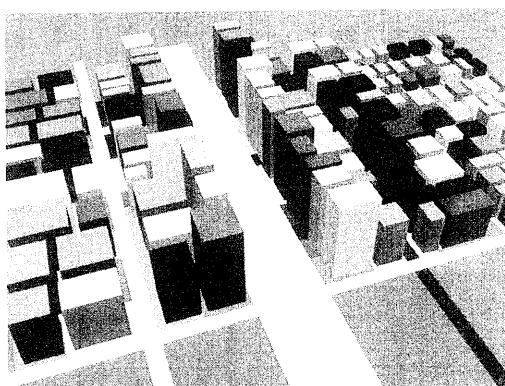


図8 前面道路の幅員による容積率の制限が行われた仮想街区

この場合、建蔽率を一律80%としたが、建蔽率を小さくとると、建物の高さの差が大きくなり、表地と裏地の差が顕著となる。

斜線制限も、前面道路の幅員による制限と同様に空間形成における大きな条件となる。斜線制限は都市空間利用において、特に建物の形態に直接的に作用する規制である。この事例において、道路による勾配1.5の斜線制限を仮想街区に適用してみた。(図9参照)

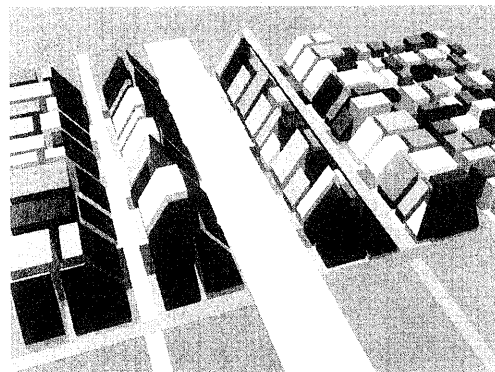


図9 斜線制限による容積率の制限

#### 5. むすび

本論文では、GISが管理する2次元地図情報を基盤としてそこから地図上のオブジェクトの属性データを抽出し、それを基に3次元CGソフトで仮想都市空間を生成する方法を提案した。得られた知見を以下にまとめる。

- (1)「仮想都市」を時間とコストをかけずに生成するのに、既存のGISが管理する2次元地図情報を基盤として3次元CGソフトとインターフェイスを設計することで自動的に生成する方法がある。
  - (2) 各種の条件を付けて「仮想都市」を生成することができる。このことは建築の規制の評価を行う「3次元のたたき台」を提供することになる。
- 謝辞 本研究の一部は、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”として研究助成を受け、ここに謝意を表す。

#### 文献

- ①日端康雄 “ミクロの都市計画と土地利用” 学芸出版社
- ②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” 信学論 Vol.J81-D11 No.5
- ③Steve Elliott “3D Studio MAX R2.5” ソフトバンク社