

コンテンツ論文

GIS データに基づく3次元都市モデルの自動生成

--- 江戸時代の京都町並み生成への応用 ---

小阪 佳宏^{*1}, 磯田 弦^{*2}, 塚本 章宏^{*3},奥村 卓也^{*4}, 仲田 晋^{*5}, 田中 覚^{*5}

Automatic generation of urban 3D model based on GIS data

- Application in generation of Kyoto in the Edo era -

Yoshihiro Kosaka^{*1}, Yuzuru Isoda^{*2}, Akihiro Tsukamoto^{*3},Takuya Okumura^{*4}, Susumu Nakata^{*5}, and Satoshi Tanaka^{*5}

Abstract --- This paper explores a method of creating large-scale urban 3D models from GIS spatial data. It is capable of cost-effectively creating realistic VR models based on existing GIS data. Parametric 3D models of houses are created from polygon data, fences from line data, and pedestrians and trees from point data. The method is applied to the project 'Virtual Kyoto Time-Space' in which the whole city of Kyoto of the Edo era is re-created.

Keywords: GIS, Automatic generation, Database, 3D model, Kyoto

1 はじめに

近年, 人文科学の諸分野(地理学, 歴史学, 考古学等)において, 諸々の都市シミュレーションや研究成果公開のプラットフォームとして利用するために, コンピュータ上の3次元都市モデルの需要が高まっている。しかし, 広域にわたる3次元都市モデルを作成するには, 多大な費用と時間がかかる。このため, 3次元都市モデルの作成および利用はカーナビゲーションや不動産業界など一部の実用分野に限られていた。

一方, 1980年代後半に始まる地理情報システム(GIS: Geographic Information System)革命以降, 様々な地理情報が蓄積されている[1]。近年では, GISの利用は, 地理学はもちろん, 歴史学や考古学を含む人文科学の諸分野にまで拡大しており, 人文現象に関するGISデータベースの整備も進められている。

また, IT革命がもたらした技術革新は, 人々がより身近にバーチャル空間を利用することを可能にした。例え

ば, Second Life [2] や Google Earth [3]は, 通常のインターネット回線を利用してデータをサーバーからクライアント側にオンラインで配信しており, ユーザ参加型の仮想空間が実現している。インターネットを介したバーチャル空間は, 3次元都市モデルを広く一般に公開する手段を提供している。

そこで本論文では, 学術分野におけるコンピュータ上の3次元都市モデルに対する需要を満たす方法として, 既存のGISデータを活用して3次元都市モデルを効率的に自動生成する手法を開発する。そしてこの方法の具体的な適用事例として, 江戸時代の京都全域の町並みを再現する3次元都市モデルを作成する。

立命館大学におけるグローバル COE プログラム「日本文化デジタル・ヒューマニティーズ拠点」(文部科学省, 2007-2011年度)では, 情報技術を人文科学に応用するデジタル・ヒューマニティーズ Digital Humanities 研究が進められている[4]。この研究の一環である, 「バーチャル京都」プロジェクトでは, 歴史時代の京都の古地図, 出版物, 風景画, 災害記録などのGISデータを整備している[5-8]。また, このプロジェクトでは3次元都市モデルをWeb配信し, これを器としてその中に京都の有形・無形の文化遺産を配置することによって, 京都の伝統文化を全世界へ発信する取り組みを行っている。建都以降, 様々な時代の様々な地点で発生した事件や災害の記録, また各地で花開いた芸術や芸能のデジタ

*1 立命館大学大学院 理工学研究科

*2 立命館アジア太平洋大学 アジア太平洋学部

*3 立命館大学大学院 文学研究科, 日本学術振興会

*4 立命館大学 理工学部

*5 立命館大学 情報理工学部

*1 Graduate School of Science and Engineering, Ritsumeikan University

*2 College of Asia Pacific Studies, Ritsumeikan Asia Pacific University

*3 Graduate School of Letters, Ritsumeikan University

*4 College of Science and Engineering, Ritsumeikan University

*5 College of Information Science and Engineering, Ritsumeikan University

ルアーカイブを、3次元都市モデル内の場所から検索できるインターフェースをつくるのが目的である。

「バーチャル京都」プロジェクトでは、これまで Light Detecting and Ranging (LiDAR) データにもとづく現代の京都の3次元都市モデル、平安建都1200年記念の際に制作された平安京復元模型の設計図にもとづく平安時代の京都の3次元都市モデルを作成しており、これらはすでに Web 配信を行っている[7]。しかし、現存する京都の文化的遺産がもっとも多くつくられた時代である江戸時代の京都の3次元都市モデルはまだ完成していない。それは、江戸時代の京都の町並みの情報が、完全には残っていないからである。このような場合、町家や武家屋敷などを適宜に自動配置する手法が有効である。そこで、本論文では、江戸時代の京都の町並みを、提案手法の重要な適用例として取り上げる。

GIS データから3次元モデルを自動生成する方法のうち、家屋形状のポリゴン(多角形)データから家屋の3次元モデルを自動生成する手法については数々の研究があるが([9-11]など)、本論文ではポリゴン以外の図形(ポイントおよびライン)から3次元の地物を自動生成するケースも含めて包括的に論じる。まず、2章にて使用する江戸時代京都のGISデータソースを紹介したのち、3章でGISデータから3次元都市モデルを自動生成する方法について述べる。家屋、塀、樹木などの地物のパラメトリックな3次元モデルを準備しておき、これにGISから得られる座標値を代入することで、それぞれの3次元モデルに必要な頂点を作成し、これらの頂点をつなぎ合わせることで3次元モデルを自動生成する。4章では、ポリゴン・ライン・ポイントから自動生成される個々の地物について述べ、5章で全体を総括する。

2 江戸時代京都のGISデータソース

2.1 江戸時代京都のGISデータ

江戸時代の京都全域の3次元都市モデルを作成するために使用した主要なデータソースは寛永19年(1642年)頃作成の「寛永後萬治前洛中絵図」(京都大学附属図書館蔵)(以下、洛中絵図)に描かれた、江戸時代初期の古地図である。この地図は精度が高く、武家屋敷、寺社、宮殿の敷地に関してはほぼ正確に特定することができる。この地図は、立命館大学文学部においてデジタル化され、現在のGISデータと対応させることにより測量誤差による地図のゆがみを取り除いたものを使用した[12]。詳細は第4章で述べるが、基本的には、このGISデータ化された洛中絵図(図1)の町地に町家のモデルを、屋敷の敷地(境界)には塀モデルを、そして山林や屋敷林に樹木を自動生成することで、江戸時代京都の3次元都市モデルを作成する。

歴史時代の3次元モデルを生成するには、洛中絵図

から得られる平面図に加え、立面図に相当する情報も必要である。その情報源としては、同じく江戸時代初期に描かれた「紙本金地著色洛中洛外図六曲屏風」(林原美術館所蔵)(以下、洛中洛外図)を用いた。洛中洛外図は京都の市中と市外を俯瞰するようにして描いた六曲一双の屏風画であり、さまざまな建物や町衆の生活を描いた芸術作品である。この洛中洛外図から家屋の類型を調べ、類型ごとの頻度を求め、また建物や歩行者の画像を抽出して3次元モデルに貼り付けるテクスチャを作成した。もちろん、同資料は芸術作品であり、当時の町並みを客観的に伝えるデータとはいえないが、そもそも客観的なデータは存在しないため、ここでは洛中洛外図に沿った3次元都市モデルを作成することを目標にした。

2.2 GIS上での空間演算

後述する3次元モデル自動生成プログラムは、GISの2次元のポイント・ライン・ポリゴン形状から3次元モデルを自動生成するが、その前工程として、それぞれの形状にはGISデータとして整備されているさまざまな属性を、GISに備わっている空間演算を用いて付与する。

(1) 高さのデータを与える

3次元都市モデルを作成する上で、その地物がたつ地盤の標高を、Digital Elevation Model (DEM)から与える必要がある。ここでは、「洛中絵図」の地物に、現代のDEMから得られる標高を与えた。

(2) 方向のデータを与える

地物によっては、方向や表裏を特定すべきものが存在する。例えば、家屋であれば間口側がどちらの方向にあるかを特定する必要があるが、これは街路や街区との空間的な関係によって決定することができる。ここでは、敷地形状の各頂点に、最近隣の街区境界までの距離を与えた。また、敷地の塀のように閉鎖するラインであれば、ラインのどちら側が外側かを特定する。あるいは、歩行者を街路にランダムに発生させる場合には、歩行者の存在する領域(歩道)を特定した後に、ランダムにXY座標を発生させた上で、街路中心線の方角を属性として与えれば、街路にそって歩行する歩行者のモデルを作成することができる。

(3) 地区の属性を与える

対象地域内で、家屋の密度や家屋の種別構成に変化を持たせるためには、各地物がどの地区に存在するかを示す地区のIDを与える必要がある。また、一般的に広域の3次元モデルを作成する際、対象地域全体で一つのモデルを作成するとモデルが大きくなってしまいうため、ある決められた空間的な大きさを持ったタイルに分けてモデルを作成することがおこなわれる。個別の地物がどのタイルに属するかという情報もGIS上であらかじめ地物に付与しておく。

その他、技術的な問題であるが、GIS の空間データには冗長な頂点(例えば、直線のセグメントを複数に分割する頂点)が存在する場合がある[10]. このような場合には GIS の総描のアルゴリズムを用いて冗長な頂点をあらかじめ削除(フィルタリング)することを行った.

3 次元モデルを GIS データから自動生成する場合に、どこまで GIS 上で前工程として行い、どこから 3 次元モデル自動生成プログラムのなかで行うかには、判断が必要である. ここでは、空間的な位置関係にもとづいて地物に属性を与える場合や、地物に位相幾何学的な演算をする場合には、GIS に備わっている機能を用いてあらかじめ行っておくことが効率が良いと判断した.

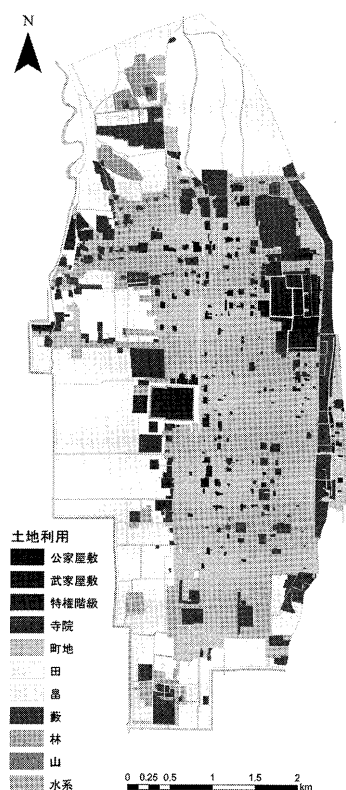


図1 GIS データ化された洛中絵図

Fig.1 Rakuchu-ezu converted to GIS data

3 3 次元モデル自動生成プログラム

2 次元の GIS データから 3 次元都市モデルを自動生成する「3 次元モデル自動生成プログラム」を開発するにあたり、我々は、マイクロソフト社のスプレッドシートであるエクセルと、そのマクロ言語である VBA を使用した. 我々の開発したプログラムは、エクセルがインストールされている PC 上で利用可能である.

プログラムが動作するプラットフォームとしてスプレッドシートを採用したのは、スプレッドシートが自動生成のひな形となる家屋等の形状情報の「パラメトリック 3D モ

デル」を記述するのに適しているからである. パラメトリック 3D モデルとは、3 次元モデルを構成する頂点群の座標値を、パラメータを用いた関数で表現したものである. スプレッドシートの各セルに関数を記述し、他のセルのパラメータを参照して座標値を算出することにより、パラメトリック 3D モデルを記述することができる. すなわち、家屋の形状をパターン化して数式で表現した上で、敷地の大きさや形状等のバリエーションを、GIS データから得られる座標値を代入して実現すればよい.

3 次元モデル自動生成プログラムでは、ユーザフォーム(図 2)を用いて、GIS データの 2 次元形状(敷地形形状ポリゴン、敷地境界ライン、樹木立地ポイントなど)を構成する座標値を取得し、さらに GIS の属性データ(家屋の種類等)に基づき、複数用意されているパラメトリック 3D モデルのそれぞれを記述したスプレッドシートのいずれかにその値を代入する. 同様に、属性データに基づき、複数用意されているテクスチャライブラリのなかから、適切なものを選択し、生成された 3 次元モデルの面に貼り付ける. この一連の流れを、都市全体にわたって繰り返すことで、町並みが自動生成される.

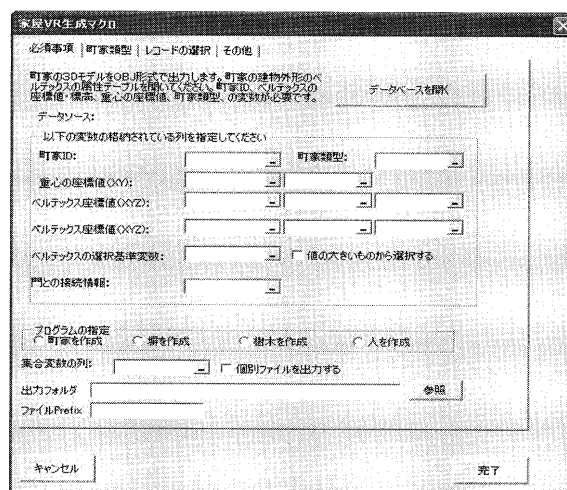


図2 ユーザフォーム

Fig.2 User form

我々の開発したアプリケーション・プログラムでは、エクセルで読み込むことのできるすべてのデータベースファイル形式を GIS 属性データとして使用できる. また、各シートに記述されているパラメトリック 3D モデルは、Wavefront OBJ フォーマット[13]に準拠しており、座標値代入後の算出結果は、OBJ ファイル形式で出力される. OBJ ファイル形式は 3 次元形状を記述するためのテキストファイルであり、その単純な構造のため広く普及している. また OBJ ファイルは座標の接続情報に基づく形状情報のみを記述し、質感やテクスチャの情報は、MTL ファイルと呼ばれる別ファイルに登録される. 3 次元モデルのレンダリングは、これらの OBJ ファイル、

MTL ファイル, そして MTL ファイルが参照するテクスチャ用の画像データを集めたテクスチャライブラリを, 適当な可視化アプリケーションに読み込ませて行う.

4 3次元モデルの自動生成

GIS の空間データには, 樹木や人物のようにポイント(点)で表現されるもの, 塀や線路のようにライン(線)で表現されるもの, そして一般家屋のようにポリゴン(面)で表現されるもの, の 3 種類が存在する. これらの幾何学的データは実在のさまざまな地物を表現している[14]. 本論文では, まずポリゴンの 3 次元化の事例として京町家と蔵の VR モデルを作成する(1, 2 節). また, ラインの 3 次元化の事例として, 塀の VR モデルを作成する(3 節). さらに, ポイントの 3 次元化の事例として樹木および人

物を作成する(4 節).

4.1 ポリゴンデータからの家屋の自動生成

4.1.1 京町家のパラメトリック 3D モデル

過去の京都市街地では, 庶民の住居であった京町家はその面積の大部分を占めていたと考えられる [8]. 現存する京町家に関しては, 「京町家データベース」(立命館大学・京都市・京町家再生研究会)が整備されており, 約 2 万 4 千軒におよぶ京町家の分布と町家 7 類型(総二階, 中二階, 平屋, 三階, 仕舞家, 塀付, 看板建)などの属性データが GIS データとして整備されている[15]. 現存する京町家からこの町家 7 類型のパラメトリック 3D モデルを作成した(図 3).

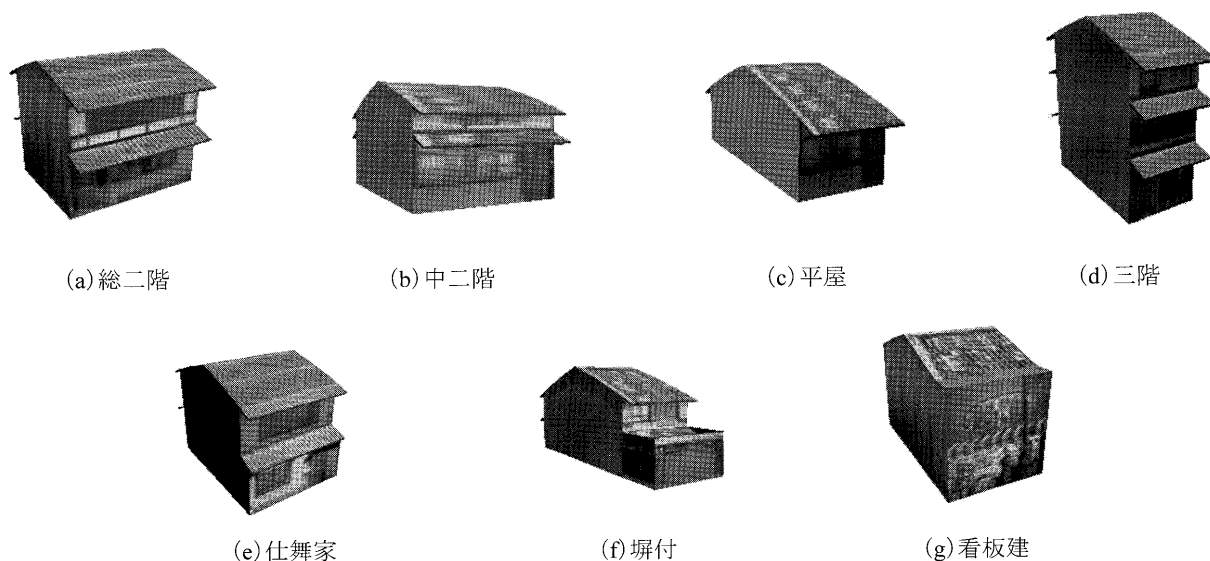


図3 京町家 7 類型のパラメトリック 3D モデル

Fig.3 Parametric 3D models of the seven types of *kyomachiya*

実際には, 江戸時代京都の個々の町家の類型はわからない. そもそも, 江戸時代の町地の個々の敷地すら不明である. そこで, 前述「洛中絵図」中の町地に大正元年発行の「京都地籍図」の地筆を GIS 上で合成して江戸時代の町家の敷地を作成した. また, 個々の町家の類型の構成を前述「洛中洛外図」から計測して(表 1) [8], この頻度にもとづいて町家類型をランダムに当てはめた.

表1 洛中洛外図上での京町屋類型の割合
Table 1 Proportion of kyomachiya types in the rakuchu-rakugai-zu

類型	合計[軒]	割合[%]
平屋	86	36.4
中二階(小)	66	28.0
中二階(大)	84	35.6
合計	236	100.0

4.1.2 京町家自動生成プログラムの仕様

京町家は, 「うなぎの寝床」と呼ばれるほど宅地の間口は狭く, 奥行きが長い. そして, 建物は間口いっぱい建てられて隣家と側面を接し, 正面は通りとの間に空地を設けることなく直接面しているという特徴を持つ建物である. そこで, 京町家モデルをパラメトリック 3D モデルから作成するにあたって, まず重要なことは京町家の入り口となる間口をどこに決定するかである(図 4). そのために, GIS 上であらかじめ頂点の属性として道との距離を算出しておき, この値が小さい順に 2 つの頂点(①・②)を選ぶ. そして, 重心と各頂点とのなす角を θ とし, $\theta \leq 120^\circ$ かつ 2 つの頂点の距離が 1.2m 以上であれば, その 2 つの頂点により作成される線分を間口とする. もし, ①と②でこの条件を満たさない場合は, 次に道との距離が短い③と①を間口の対象として, 条件を満たすか否かを調べる. 再び条件が満たされない場合は他の辺を同様に調べ, 間口の場所を決定する.

間口が決定すれば、その京町家 ID・京町家類型・重心座標・1 つ目と 2 つ目の頂点の座標値が、パラメトリック 3D モデルが記述されているスプレッドシートに代入される。京町家類型が不明な時は、7 種類の京町家からランダムで選出する。そして、各シートで京町家の奥行きや高さなどを計算し、京町家を作成する。そしてこの時に、用意されたテクスチャから画像を選別する MTL ファイルを使用し、テクスチャの選択も行う。この一連の処理を敷地データ中の京町家の個数分繰り返す。このようにして京町家を含む現在の町並みを京都市街地全域にわたって作成したものの一部を図 5 に示す[18][19]。

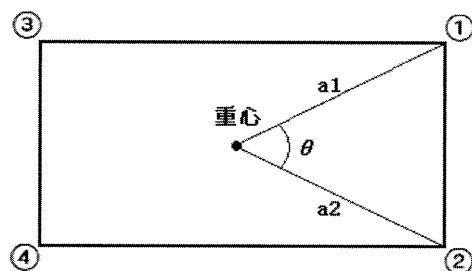


図4 間口の決め方

Fig.4 Determining the position of the front door

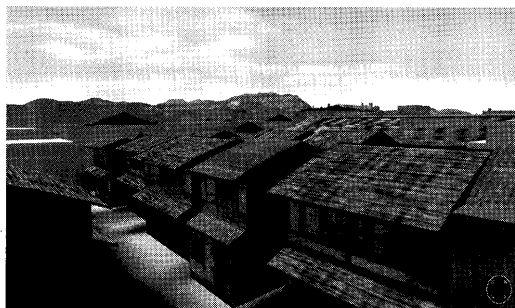


図5 上京区紺屋町から左大文字山の京町家モデル

Fig.5 3D Model of *kyomachiya*

4.2 蔵の自動生成

4.2.1 敷地内部の建造物

ここまで記述した町家の自動生成では、通りに面した建造物を作成したが、敷地の奥行きが深い場合には街区の内部は何もない広場になってしまう。しかし、「洛中洛外図」をみると敷地の内部には、蔵や樹木、井戸などが存在する。そこで、まず、敷地の内部に蔵を自動生成することを考えた。蔵についての GIS データが存在しないので、京町家の敷地内に、適当なアルゴリズムで自動配置することになる。

4.2.2 蔵モデル自動生成プログラムの仕様

江戸時代には、間口の大きさに対して税金がかけられていたため、広い間口を持つ世帯ほど裕福だったと

考えられる。そこで、敷地内部への蔵の自動生成の判断基準としては、ある一定の長さ(当時の富裕層と考えられる 3 間)以上の間口を持ち、かつ奥行きが間口の 2 倍以上ある京町家に対してのみ蔵を作成することにした。作成された蔵と京町家を同時に表示すると図 6 のようになった。

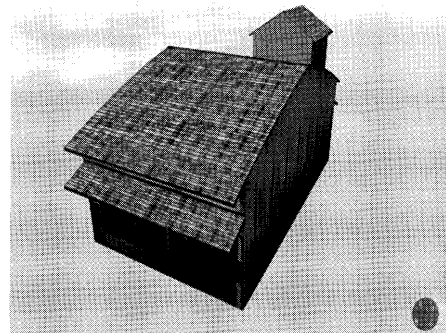


図6 間口から見た京町家と蔵

Fig.6 *Kyomachiya* and storehouse, seen from the front

4.2.3 衝突回避アルゴリズム

上記の方針で、本来の GIS データに無い蔵を自動生成・配置すると、蔵と蔵、蔵と京町家が衝突する場合があります。これを回避する必要があります。蔵は京町家に従属する形で生成されるために、京町家と蔵を覆う長方形の敷地(仮敷地)を図 7 のように新たに作成し、この仮敷地どうしの衝突判定を行う。衝突したと判断した場合はその町家に対して蔵を作成しないようにすることで衝突回避を実現した。図 8 に京町家のみを作成した場合を図 9 に衝突回避を適用して京町家と蔵を作成した町並みを示す。

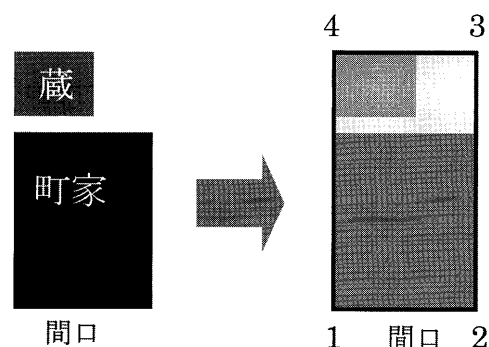


図7 仮敷地の決め方

Fig.7 Method to determine the hypothetical plots

衝突回避アルゴリズムの精度の指標として、洛中洛外図に描かれている蔵の数を指標とした。表 2 に洛中洛外図上での京町家と蔵の割合と、上記の手法で京都市街地全域を生成した際の京町家と蔵の割合を、衝突回避を用いた場合と用いなかった場合に分けて示す。衝

突回避アルゴリズムを用いることで、より江戸時代の状況に近い蔵の配置が実現されていることがわかる[18].

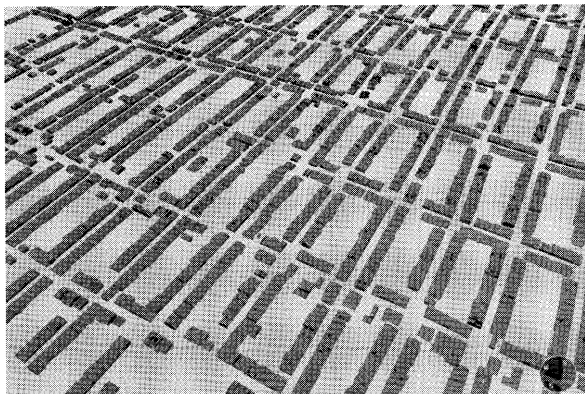


図8 京町家のみ作成した町並み

Fig.8 Urban 3D model of only kyomachiya

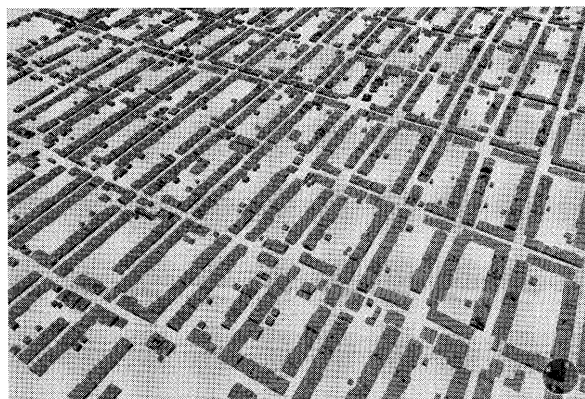


図9 衝突回避を適用して京町家と蔵を作成した町並み

Fig.9 Urban 3D model of kyomachiya and storehouse by using Conflict-Avoidance

表2 京都市街地全域の京町家における蔵の割合
Table 2 Proportion of storehouses to kyomachiya in the entire Kyoto urban area

対象データ	京都市街地全域		洛中洛外図
衝突回避	無し	有り	
町家の数[軒]	30,052	30,052	236
蔵の数[軒]	16,664	2,824	33
割合[%]	55.4	9.4	14.0

4.3 ラインデータからの塀の自動生成

町並みの作成においては、通りに面した建築物のモデリングが必要である。京町家の場合、間口が直接通りに面しているため、家屋のモデリングをすることになるが、武家屋敷の場合には、通りに面しているのは塀である。そこで、武家屋敷の塀を自動生成する。

塀自動生成プログラムでは、入力情報として敷地形

状の頂点座標、塀の種類、門の有無を必要とする。図10で、まず、連続した2つの頂点座標情報を始点①と終点②とする。そして塀の高さをz座標(標高)に加えることにより③、④の頂点を作成する。そして作成された頂点を、①②④③と順に接続させて面を作成し、同様に②①③④と順に接続し、裏側の面を作成する。これにより、一枚の壁を完成させる、この処理を繰り返すことにより、武家屋敷の敷地を囲む塀を完成させる。

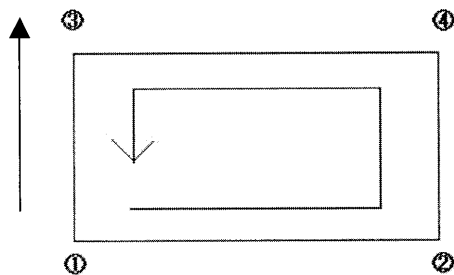


図10 塀の作成方法

Fig.10 Method to create a fence

テクスチャを貼り付ける際には一枚だけ張るのではなく、その辺の長さを計算し、テクスチャの基準長で除し、小数になった場合は切り上げた整数枚を張ることにより、画像が引き伸ばされてゆがむことを回避している。

門を含む辺については、図11のように、入力データである①⑥の頂点位置を壁の両端とし、中点から一定の幅(ここでは1丈3.03メートルとした)を門になるように、新たな頂点②、⑤、⑩、⑨を作成する。これらを用いて門の領域②⑤⑩⑨を定義して塀を分割する。また、門の部分が塀と比較して高くなるように、頂点④、⑦を定義して面①②④③、⑤⑥⑧⑦を作成・接続する。門以外の部分は、塀部分のテクスチャを前述同様に張ることによって表現した。

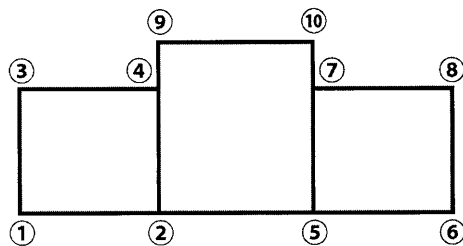


図11 門を含んだ塀の作成方法

Fig.11 Method to create a fence containing a gate

以上の方法をとることにより、塀の長さに関係なく一定の大きさで門を作成できる(図12)。また、このプログラムは敷地形形状のすべての頂点座標を使うため、鋭角な部分と鈍角の部分の混在した複雑な形状の塀であっても自動生成することが可能である(図13)。

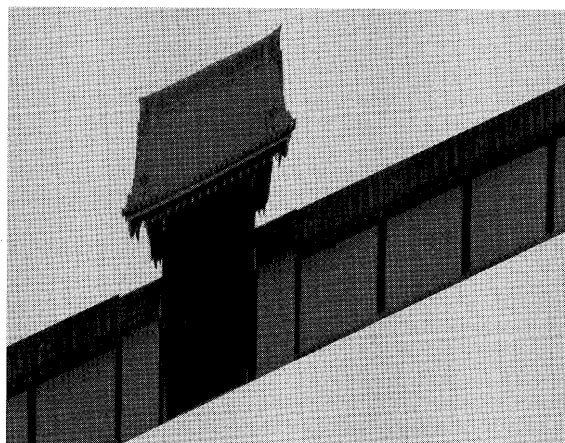


図12 作成された門モデル

Fig.12 Created gate model

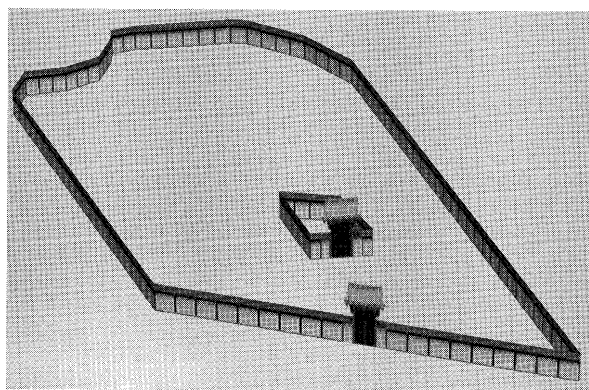


図13 作成された塀モデル

Fig.13 Created fence model

前述「洛中絵図」における武家地・公家地・寺社地については上記の塀自動生成プログラムを実行し、図 1 中の町地については大正元年発行の「京都地籍図」から合成された敷地データに家屋自動生成プログラムを適用した結果、図 14 のような 3 次元都市モデルを作成した。なお、京町家のテクスチャには、江戸後期に作成された「三条油小路町東側西側町並絵巻」(京都府立総合資料館所蔵)に描かれた町家のものを使用した。

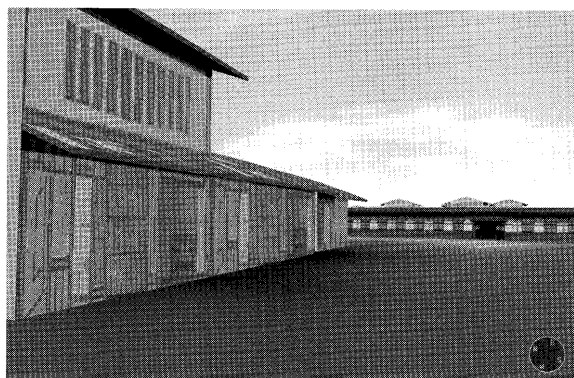


図14 江戸時代の京町家と塀

Fig.14 Kyomachiya and the fence in the Edo era

4.4 ポイントデータからの人物・樹木の自動生成

4.4.1 ポイントデータの作成

これまでに、建造物の自動生成について述べてきたが、建築物の自動生成だけでは、生命感のない閑散とした町並みしか得られない(図 14)。そこで、より昔の町並みに生命感を与えるために、ここでは GIS のポイントデータから人物や樹木の自動生成を試みた。3 次元都市モデルに詳細を加える場合には、その数が多数になるものに関しては、いかに小さいデータ量で、リアリティの高いものをつくるかが重要である。そこで、人物・樹木に対しては、ビルボード(看板モデル)を使用した。人物・樹木の GIS データは当然存在しないが、GIS 上で空間的な確率分布を仮定し、ランダムに配置した点上にビルボードを配置することで作成した。

4.4.2 人物自動生成プログラムの仕様

人物は、前述「洛中洛外図」や「三条油小路町東側西側町並絵巻」の人物画像を切り取り、加工することでテクスチャを作成し、ビルボードに貼り付けることで表現した。また使用するテクスチャには、 α チャンネルを追加し、透過すべき部分を指定している。

さらにリアリティ追求のために、歩行者のビルボードの向きは、道路中心線の方角に対して一定の範囲だけランダムに回転させて決定した。人物を四条通に自動生成した結果、図 15 のような町並みが再現された。



図15 再現された江戸時代の四条通

Fig.15 Reconstructed Shijo-dori in the Edo era

4.4.3 樹木自動生成プログラムの仕様

樹木のビルボードは与えられたポイントデータから十字に直交するように組んだビルボードを作成した。使用するテクスチャには、人物の場合と同様に α チャンネルを追加したものを使用することにより、樹木の部分のみ表示されるようにした(図 16)。

また、ビルボードの回転角と、高さにそれぞれ別の乱数を用いることにより、10 種類程度のテクスチャで多様な樹木を表現することが可能となり、画一的な印象を避けるような工夫をした[19]。

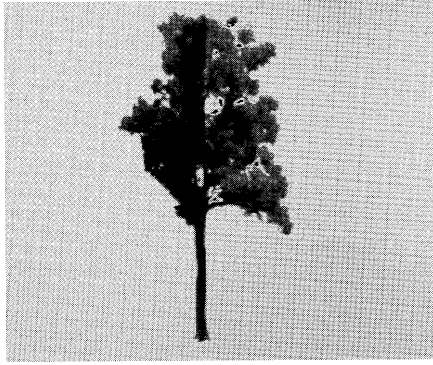


図16 作成された樹木モデル

Fig.16 Created tree model

5 おわりに

本研究では、GIS データの家屋形状のポリゴンデータから家屋や蔵を、敷地境界のラインデータから塀を、そして仮説から作成したポイントデータから人物や樹木の VR モデルを大量に自動生成・自動配置する手法とアプリケーション・プログラムを開発した。このプログラムを用いることにより、現実の、復元された、または仮想的な GIS データから、容易に 3 次元都市モデルを自動で生成することができる。本論文ではこの方法を、江戸時代の京都に適用し、GIS データ化された古地図を 3 次元の町並みとして表現することができた (図 17)。



図17 復元されたと京都市街地の町並み景観

Fig.17 Reconstructed streetscape in Rakuchu

もっとも、この方法で自動生成できるのは一般的な地物であり、ランドマークとなるような個性的な建造物は個別にモデリングが必要である。しかし、例えば、現在は焼失して存在しない二条城天守閣を、当時の設計図にもとづいて別途にモデリングし、この 3 次元都市モデルに配置すれば、このランドマークに空間的・地理的な文脈を与えることができる(図 18)。

歴史上の都市モデルを作成する上でのこの方法の最大の利点は、実際のデータが存在する部分に関しては、それを考慮した 3 次元モデルを作り、存在しない部

分については一定の仮説のもとで仮想的なモデルをつくることのできる柔軟さである。過去の時代のデータは、すべての地域や事項について完全にそろった状態で得られることはまずない。そこで、絵画などの歴史資料などを基に、部分的に得ることができる量的または質的データから仮説を構築する。提案手法を用いれば、その仮説をシミュレーションして可視化することが、容易に可能である。例えば、樹木の密度分布や、別の絵画資料にもとづく別の仮説も、パラメータを変更し、テクスチャを張り替えたりするだけで同様に可視化することも可能なので色々な仮説を比較するのが容易である。

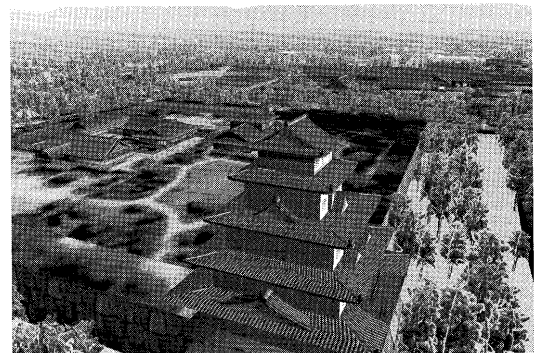


図18 復元された二条城天守閣と京都市街地の町並み景観

Fig.18 Reconstructed street scene of Rakuchu and Nijo Castle

本研究で作成した江戸時代の京都の 3 次元都市モデルは、立命館大学グローバル COE プログラム「日本文化デジタル・ヒューマニティーズ拠点」の「バーチャル京都」に統合され、Web 配信される予定である。(自動生成される 3 次元都市モデルのデータの大きさは、1 区画あたり、高々「1~2MB+テクスチャ・データ」程度であり、Web 配信にも適している。)すでに Web 配信をおこなっている現代および平安時代の京都の 3 次元都市モデルと統合されることにより、同じ場所からボタンクリックで、江戸時代、平安時代そして現代へと移動できるようになる。また、江戸時代に建設された建築物を、江戸時代の町並み景観の中から見物し、3 次元都市モデル内に配置されたハイパーリンクを使って、各地点に関連した浮世絵風景画や名所を閲覧することができるようになる。さらに、たとえば江戸時代の 250 年間の人口密度の変化や歴史資料による商人町、職人町などの分布を自動生成に反映させることで、地理学・歴史学の研究に直結する諸々のシミュレーションも可能になる。

参考文献

- [1] 矢野桂司: デジタル地図を読む, ナカニシヤ出版, 2006.
- [2] Second Life: <http://secondlife.com/>
- [3] Google Earth: <http://earth.google.com/>

- [4] 立命館大学グローバルCOEプログラム「日本文化デジタル・ヒューマニティーズ拠点」:
http://www.ritsumeijp/humanities/index_j.html
- [5] 矢野桂司, 磯田弦, 中谷友樹, 河角龍典, 松岡恵悟, 高瀬裕, 河原大, 河原典史, 井上学, 塚本章宏, 桐村喬: 歴史都市京都のバーチャル時・空間の構築; 日本地理学会第二機関誌創刊準備号(第1巻0号), pp.12-21, 2006.
- [6] 矢野桂司, 中谷友樹, 磯田弦, 河角龍典, 高瀬裕, 河原大, 井上学, 岩切賢, 塚本章宏: 京都バーチャル時・空間; 「東洋学へのコンピュータ利用」研究セミナー論文集, pp.47-56, 2004.
- [7] 立命館大学文学部地理学教室「バーチャル京都」:
<http://www.geo.it.ritsumeijp/webgis/ritscoe.html>
- [8] 矢野桂司, 中谷友樹, 磯田弦 編: バーチャル京都—過去・現在・未来への旅; ナカニシヤ出版, 2007.
- [9] Haala, N, Brenner, C, Anders, K: Three dimensional urban GIS from laser altimeter and 2D map data; International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing 32, pp. 339-346, 1998.
- [10] Sugihara, K, Hayashi, Y: GIS based Automatic Generation of 3-D Building Model from Building Polygons Filtered; GIS 理論と応用 12, pp.187-195, 2004.
- [11] 勝村大, 谷村知洋, 青木香織, 阿部祥子, 田口博之, 森谷友昭, 高橋時市郎: 3DCG による歴史的町並み復元のための家屋生成手法; 画像電子学会誌, Vol.36, No.4 pp. 382-389, 2007.
- [12] 塚本章宏, 磯田弦: 「寛永後萬治前洛中絵図」の局所的歪みに関する考察; GIS 理論と応用 15(2), pp.63-73, 2007.
- [13] 栗原恒弥, 安生健一: 3DCG アニメーション; 技術評論社, 2003.
- [14] 磯田弦: 二次元と三次元の橋渡し—京都バーチャル時・空間における京町家モデル—; 立命館文学 593 号, pp.138-153, 2006.
- [15] 矢野桂司, 河原大, 磯田弦, 中谷友樹, 宮島良子: GIS を用いた京町家モニタリングシステムの構築; 地理情報システム学会講演論文集 vol.13, pp.459-462, 2004.
- [16] Takase Y, Yano K, Nakaya T, Isoda Y, Kawasumi T, Tanaka S, Kawahara N, Inoue M, Tsukamoto A, Kirimura T, Matsuoka K, Sone A, Shiroki M, and Kawahara D: Kyoto Virtual Time-Space: A 4D-GIS with VR and Web3D Technologies; Ritsumeikan University, pp.38-42, 2006.
- [17] 小阪佳宏, 磯田弦, 塚本章宏, 矢野桂司, 仲田晋, 田中覚: 古地図に基づく江戸時代の京都町並み CG の自動生成; 情報処理学会・人文科学とコンピュータシンポジウム論文集, pp.39-46, 2006.
- [18] 小阪佳宏, 磯田弦, 塚本章宏, 奥村卓也, 仲田晋, 田中覚: GIS データによる江戸時代の京都の町並みの自動生成-蔵の作成; 日本バーチャルリアリティ学会第12回大会論文集, pp.594-597, (CD-ROM), 2007.
- [19] 小阪佳宏, 磯田弦, 塚本章宏, 矢野桂司, 仲田晋, 田中覚: GIS データによる江戸時代の京都の町並みの自動生成; 日本バーチャルリアリティ学会第11回大会論文集, pp.263-266, (CD-ROM), 2006.

(2008年3月24日受付)

[著者紹介]

小阪 佳宏 (学生会員)

2006 年立命館大学理工学部情報学科卒。
2008 年立命館大学理工学研究科博士課程前期課程修了。同年4月, NEC システムテクノロジー(株)入社。現在に至る。修士(工学)。



磯田 弦

2000 年東北大学大学院理学研究科単位修得退学。2003 年立命館大学文学部専任講師。2006 年立命館アジア太平洋大学専任講師。現在に至る。GIS および労働市場研究に従事。



博士(理学)。

塚本 章宏

2005 年立命館大学大学院文学研究科修了。
2005 年同博士課程後期課程入学。2008 年4月より日本学術振興会特別研究員。歴史資料と GIS を用いた江戸時代京都の歴史に関する研究に従事。修士(文学)。



奥村 卓也

2007 年立命館大学理工学部情報学科卒。同年4月, アセンブレント入社。現在に至る。



仲田 晋

2001 年筑波大学大学院工学研究科修了。同年東京工業大学大学院理工学研究科非常勤研究員。2002 立命館大学理工学部講師。2005 年同大学情報理工学部助教授(現・准教授)。



現在に至る。数値解析, 逆問題, CG などの研究に従事。博士(工学)。

田中 覚

1987 年早稲田大学大学院理工学研究科博士後期課程修了。1992 年福井大学工学部助手。2000 年同助教授。2002 立命館大学理工学部教授。2004 年立命館大学情報理工学部教授。現在に至る。可視化, CG, 形状モデリングなどの研究に従事。博士(理学)。

