

3次元都市モデルの自動生成 — Google Earth 上で江戸時代京都の可視化 —

満福 講次
立命館大学大学院 理工学研究科

平部 敬士
立命館大学大学院 理工学研究科 修了

塚本 章宏
立命館大学 衣笠総合研究機構

仲田 晋
立命館大学 情報理工学部

山本 真嗣
立命館大学大学院 理工学研究科

磯田 弦
東北大学大学院 理学研究科

長谷川 恭子
立命館大学 衣笠総合研究機構

田中 覚
立命館大学 情報理工学部

近年、都市計画や景観シミュレーション等などの様々な分野において3次元都市モデルの需要は高まっている。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」では、歴史学・文学・地理学などの研究支援を目的として、江戸時代京都の町並みを3次元的に復元し、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。本稿で取り上げるGoogle Earthは、3次元形状データと合わせて様々な情報を表示することができ、さらには世界で広く使われていることから、都市空間の情報発信に最適なプラットフォームであるといえる。本研究では、GIS（地理情報システム）で取得した江戸時代京都のデータ（GISデータ）を利用し、あらかじめ用意しておいた京町家や寺院・神社のプロトタイプモデルを適宜に選択・変形してGoogle Earth上に配置し江戸時代京都の町並みを自動生成する。

Automatic Generation of 3D Urban Models — Visualization of Kyoto City in Edo Era on the Google Earth —

Koji MANPUKU
Graduate School of Science and Engineering
Ritsumeikan University

Takashi HIRABE
Graduate School of Science and Engineering
Ritsumeikan University

Akihiro TSUKAMOTO
Synthesis research organization of KINUGASA
Ritsumeikan University

Susumu NAKATA
Collage of Information Science and Engineering
Ritsumeikan University

Masatsugu YAMAMOTO
Graduate School of Science and Engineering
Ritsumeikan University

Yuzuru ISODA
Graduate School of Science
Tohoku University

Kyoko HASEGAWA
Synthesis research organization of KINUGASA
Ritsumeikan University

Satoshi TANAKA
Collage of Information Science and Engineering
Ritsumeikan University

Recently, demands for 3D urban models are growing in various fields such as urban planning and landscape simulation. This paper presents a method for creating large urban 3D models from GIS spatial data automatically, based on prototype models created by a modeling software such as Google SketchUp. Our purpose in this research is to recreate historical city landscape of Kyoto in a virtual space, which is used as digital contents to introduce traditional Kyoto culture worldwide. Google Earth is a platform that is suited for this purpose. It is also suited for visualizing 3D urban models together with variety of geographical information. We apply our method and develop a software to automatically model Kyoto city of the Edo Era, utilizing GIS spatial data created from ancient maps.

1. はじめに

近年、都市計画・都市防災・景観シミュレーションなど、様々な分野で 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ためには、多大な費用と時間がかかる。これにより、3 次元都市モデルの作成・利用はカーナビゲーションシステムや不動産産業での利用など、採算性の高い実用分野でしか取り扱うことができなかつた。その一方で、測量技術の開発や高解像度の衛星データなどにより、様々な 2 次元地理データが蓄積・整理されるようになってきた。こうした地理的位置に関する情報を持ったデータを総合的に管理・加工するシステムとして、地理情報システム (GIS : Geographic Information System) がある[1]。

我々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」(文部科学省, 2007-2011 年度)のサブプロジェクト「歴史地理情報研究」として、江戸時代京都の町並みを作成し、京都の伝統文化を全世界に発信する取り組みを行っている[2]。一方、現在、世界で広く利用されている Google Earth は、3 次元形状データと合わせて様々な情報を表示することができる。また、都市空間の情報発信に最適なプラットフォームであり、我々の目的にかなっている。

本研究では、Google Earth 上に大規模都市モデルを低コストで作成する手法の開発を目的とする。この目的のため、GIS から取得したデータ (GIS データ) と、あらかじめ 3 次元モデリングソフトウェアを用いて作成しておいた 3 次元モデル (プロトタイプモデル) から、3 次元都市モデルを自動生成するツールを開発した。

そして、開発したツールに江戸時代京都の GIS データと京町家や寺院・神社の 3 次元モデルをインプットし、Google Earth 上に江戸時代京都の町並みを自動生成した。

2. 既存研究

広域の町並み自動生成を目的とした本研究に関わる一連の成果には、GIS データから 3 次元都市モデルを作成するツールとして Excel VBA を利用したもの[3] (VBA 版ツール) と、Visual C++ を利用したもの[4] (C++版ツール) がある。

2.1 VBA 版ツール

VBA 版ツールの特徴は「パラメトリック 3D モデルシート」を用いていることである。これは、3 次元モデルを構成する頂点群の座標値情報を Excel のスプレッドシートに書き込んだものである。一般的な 3 次元モデルは 3 次元頂点群で定義される面で構成されているが、パラメトリック 3D モデルシートは頂点座標値を、パ

ラメータを使った関数で表現している。図 1 にパラメトリック 3D モデルシートの例を示す。3 次元形状フォーマットは、Wavefront OBJ フォーマットに準じており、座標入力後の計算結果は OBJ ファイルで出力される。また VBA 版ツールでは、Microsoft Excel で読むことのできる全てのデータベースファイル形式を GIS データとして使用することができる。

VBA 版ツールの欠点として、パラメトリック 3D モデルシートを作成するためには、Excel のスプレッドシート 1 セルずつ手作業で入力して作らなければならない、非常に手間がかかるということが挙げられる。また、OBJ ファイルには形状情報しか記述されておらず、質感やテクスチャの情報は別途に MTL ファイルを作成しておく必要がある。

The image shows a screenshot of a Microsoft Excel spreadsheet titled '3D Model Sheet'. The spreadsheet contains a grid of data used for defining a 3D model. The columns include numerical values for coordinates (X, Y, Z) and other parameters. The data is organized into rows, with some cells containing formulas or references. The spreadsheet is used to define the geometry of a 3D model in a parametric way, where each vertex and edge is defined by a set of parameters that can be adjusted.

図 1 : パラメトリック 3D モデルシートの例

2.2 C++版ツール

C++版ツールの特徴として、3 次元モデリングソフトウェアで作成した 3 次元形状データを用いることが挙げられる。パラメトリック 3D モデルシートの機能を「形状情報」と「関数」に分け、「形状情報」を 3 次元モデリングソフトウェアで作成し、「関数」をプログラム内で記述している。3 次元モデリングソフトウェアはソフトウェアごとに差はあるが、視覚的かつ直観的な操作で容易に 3 次元形状データを作成することができる。これにより、VBA 版ツールのパラメトリック 3D モデルシート作成の手間をより簡略化することができている。3 次元形状フォーマットは、Wavefront OBJ フォーマットに準じている。OBJ ファイルに必要な MTL ファイルも 3 次元モデリングソフトウェアで作成することができる。

3. 3 次元都市モデルビューア

3.1 Google Earth の利用

Google Earth は Google 社が無償で提供しているバーチャル地球儀ソフトである[5]。Google Earth をプラットフォームとして 3 次元都市モデルを自動生成する理由として、「入手が簡単で

世界中で使用されている」, 「直観的で簡単な操作性」, 「3次元モデル・住所・画像などの様々な情報を表示可能」といったことが挙げられる。そして, 作成した3次元モデルをWeb上にアップロードできる体制も整っていることから, 都市空間の情報発信に最適なプラットフォームであるといえる。

Google Earthには独自形式のXMLベースのマークアップ言語で記述されるKMLファイルがある[6]。KMLファイルはKMLタグ編集を行うことによって, Google Earth上に3次元モデル・目印・画像・テキスト情報など, 様々な情報を表示することができる。図2にKMLファイルを編集してGoogle Earth上に情報を表示した例を示す。

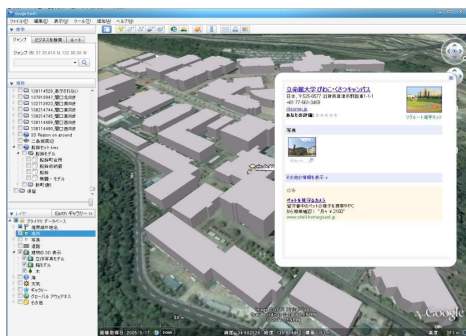


図2: 情報付加の例

3.2 Google Earthのためのモデル自動生成

Google EarthではOBJファイルを読み込んで表示することができない。Google Earth上で3次元モデルを表示するためには, 3次元形状情報がCOLLADAフォーマットで記述されたDAEファイルで準備しておく必要がある[7]。さらに, DAEファイルをKMLファイル中のタグでリンクさせ, そのKMLファイルをGoogle Earthに読み込ませることによりGoogle Earth上に3次元モデルを表示することができる。

さらに今回利用したGISデータ(後述)とGoogle Earthは座標系が異なっており, GISデータは日本測地系・平面直角座標系で記述されているのに対し, Google Earthは世界測地系・経度緯度座標系で記述されている。このため, Google Earth上に3次元モデルを正確に配置するためには平面直角座標系を経度緯度座標系に, 日本測地系を世界測地系に変換するという2段階の座標変換が必要である。

本研究で作成した自動生成ツールでは, GISデータに記述されている敷地の個数分の建築モデルを3次元形状データとして出力するのではなく, KMLファイル中の建物モデル(DAEファイル)へのリンクタグを敷地の個数分書き込むことでGoogle Earth環境のための3次元都市モデルの自動生成を実現している。DAEファイ

ルはGoogle SketchUPというGoogle社が提供する3次元モデリングソフトウェアで作成する[8]。

また, 出力直前に座標変換を行うようにし, Google Earth上でも正確な位置に3次元モデルを表示できるようにした。座標変換は, まず日本測地系・平面直角座標系を日本測地系・経度緯度座標系に座標変換する。次に国土地理院から発行されている地域毎の座標変換パラメータを利用して, 日本測地系・経度緯度座標系から世界測地系・経度緯度座標系に座標変換する。1つの座標値を座標変換する際に, その点を含むメッシュの4つの角の変換パラメータを使い, その4つのパラメータから二重線形補間を使用して変換後の座標値を求める[9][10]。

4. GISデータ

4.1 データソース

本研究では, 江戸時代の京都市全域を記述したGISデータに基づいて3次元都市モデルの自動生成を行っている。京都全域について江戸時代の個々の家屋や敷地のデータは存在しない。しかし, 洛中に関しては寛永19年(1642年)ごろに作成された「寛永後萬治前洛中絵図(以下, 洛中絵図)」(京都大学附属図書館蔵)がある。この古地図は非常に精度が高く, 武家・公家屋敷や, 寺社の敷地に関してはほぼ正確に特定することができる。この地図をデジタル化し, 測量誤差による地図のゆがみを取り除いたものをデータソースとして使用し, 町地の部分に京町家モデル, 寺社地の部分に寺院・神社モデルを配置することにより江戸時代京都の3次元都市モデルを自動生成する[11][12]。図3にGISデータ化された洛中絵図を示す。

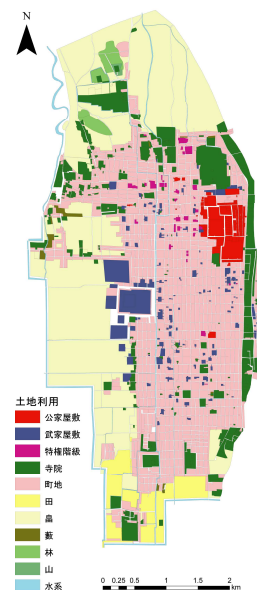


図3: GISデータ化された洛中絵図

4.2 GIS データの種類

GIS データは、利用する空間データ・属性データの組み合わせにより様々な種類を作成することができる。本研究で用いる GIS データは「間口端点データ」と「敷地頂点データ」の2種類がある。図4にそれぞれのデータの頂点・重心座標の例を示す。

間口端点データは、敷地の間口となる線分の両端の頂点座標値と敷地の重心座標値で構成される GIS データである。このデータを用いる利点は、あらかじめ間口の位置が決まっているので、プログラム中で間口の位置を決定する必要がないことである。

敷地頂点データは、敷地の各頂点座標値とその道からの距離、そして敷地の重心座標値で構成される GIS データである。このデータを用いる利点は、敷地の形状が一意に決定されることにある。

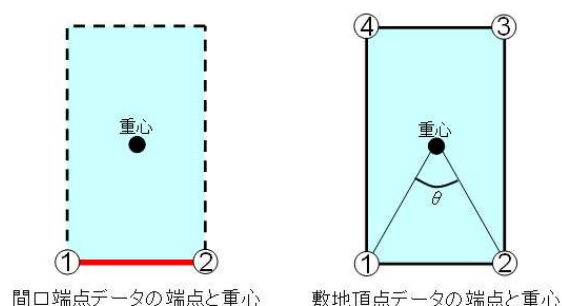


図4：各 GIS データの頂点・重心座標の例

5. 京町家の自動生成

5.1 京町家

「日本文化デジタル・ヒューマニティーズ拠点」のプロジェクトでは、京都固有の町並みを仮想空間上に再現するにあたり、江戸時代京都に着目している。その理由として、第一に京都の伝統的な家屋である京町家は文化財として評価が高まっており、さらに京町家が構成する都市景観自体が文化財として捉えられるようになってきていること、第二に、老朽化や再開発によって昔ながらの京町家の数が減少しており、その記録をデジタルアーカイブとして保存することが必要になっていること、第三に、過去の京都の市街地は、庶民の住居であった京町家が大部分を占めていたと考えられることである[13]。

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5万6千軒におよぶ京町家の家屋形状と町家7類型などの属性データが存在する[14]。そこで、京町家9類型(総二階・中二階・三階・平屋・仕舞家・塀付・看

板建・ウダツ付き平屋・ウダツ付き中二階)のプロトタイプモデルと京町家のデジタル画像を加工して作成されたテクスチャを利用し、京町家の自動生成を行う。図5に9種類の京町家プロトタイプモデルを示す。



図5：9種類の京町家プロトタイプモデル

5.2 自動生成

京町家の自動生成に利用する GIS データの形式は、主に間口端点データである。これは、京町家が「うなぎの寝床」と呼ばれるほど宅地の間口は狭く、奥行きが長く、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だからである。しかし、敷地頂点データを用いる場合、間口の方向が決まっていないので、以下のアルゴリズムに従って間口の方向を定める。

1. 道からの距離が小さいほうから2点(図4右：①②)を選ぶ。
2. この2点と重心がなす角 θ が $\theta \geq 120^\circ$ かつ、2点の距離が1.2m以上であれば、その2点により作成される線分を間口に採用する。
3. 2. で条件を満たさない場合、道との距離が短い順の頂点(図4中右図の点③)と①との間口を対象に切り替える。
4. 2と3を繰り返す、間口を決定する。

GIS データには、どの敷地にどの種類の京町家が生成されるのかが記述されており、その敷地に合った種類の京町家を選択される。もし GIS データ上の京町家種類の値が「不明」であった場合は、ユーザが自動生成ツール側で指定した類型頻度に基づいて9種類の中からランダムに選択される。

GIS データを入力すると、京町家プロトタイプモデル(DAEファイル)が生成先のフォルダにコピーされる。そして、GIS データから、敷地の間口の大きさ、間口の中点座標値、間口からの敷地の奥行き、間口の向きを計算する。計算

結果から、Google Earth 上での京町家プロトタイプモデルの配置座標、回転角、スケーリング倍率を決定する。そして、KML ファイル中に KML タグを利用して、モデルの配置座標、モデルの回転角、モデルのスケーリング倍率、京町家プロトタイプモデルへのリンク、テクスチャのランダム割り当てを記述する。これを敷地の個数分繰り返すことで、KML ファイル中に 3次元都市モデルを Google Earth 上にどのように表示させるかが記述される。最後にテクスチャを生成先フォルダに追加して京町家の 3次元都市モデルが完成する。自動生成した江戸時代京都の 3次元都市モデルの例を図 6 に示す。



図 6：自動生成結果（地下鉄烏丸御池駅周辺）

6. 寺院・神社の自動生成

6.1 京都の寺院・神社

京都には「八百八寺」と称されるほど多くの寺院・神社が存在しており、町並みを構成する重要な要素となっている。しかし、京都の寺院・神社は多種多様であり、敷地内にある建築物が敷地内にどのように配置されているかの類型化が難しい。

そこで本研究では、日本建築史の研究成果を参考に、どの寺院・神社の敷地内にもある建築物とその建築物の代表的な造りを決め、寺院・神社の建築物の代表的な敷地内の配置位置を決定した[15][16]。寺院の自動生成に利用するプロトタイプモデルを図 7 に、神社の自動生成に利用するプロトタイプモデルを図 8 に示す。これらのプロトタイプモデルを敷地内で組み合わせて配置することにより自動生成を実現する。

なお、京都の寺社モデルの自動生成を行うにあたり、ランドマークとなり得る大寺院・大神社は個別にモデリングを行うことが望ましいため、本研究の対象外としている。

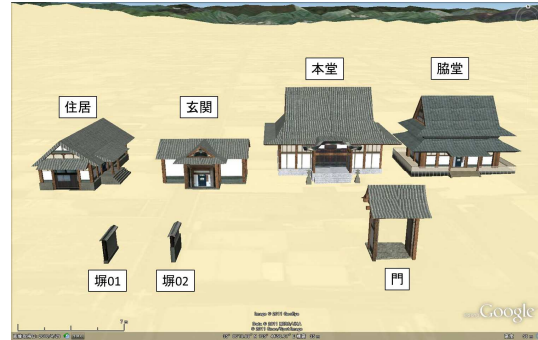


図 7：寺院のプロトタイプモデル

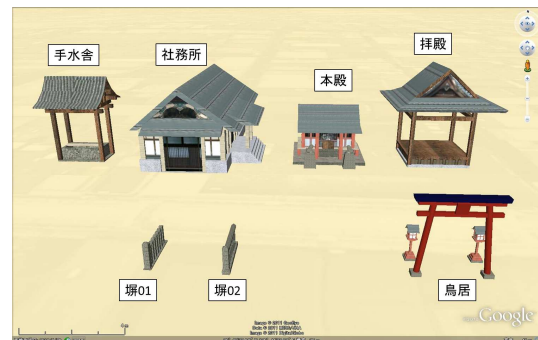


図 8：神社のプロトタイプモデル

6.2 門（鳥居）・塀配置アルゴリズム

寺院・神社の自動生成には敷地頂点データの GIS データを利用する。GIS データには門（鳥居）の情報がないため、門を含む辺を決定しなければならない。敷地の各頂点には道に面しているかどうかの判定が記述されているので、これを利用する。門（鳥居）・塀配置アルゴリズムを以下に示す。

1. 連続する 2 点の敷地頂点が道に面している場合 2 へ、そうでない場合 3 へ。
2. 2 点間の線分の長さが 3m 以下のときは 3 へ、そうでないときは線分の中点座標に門モデルを配置し、余った辺に等間隔に塀モデルを配置する。
3. 等間隔に塀を配置する。
4. 1～3 を繰り返す、敷地の辺上に門（鳥居）・塀モデルを配置していく。

このアルゴリズムは敷地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。

6.3 敷地内配置アルゴリズム

敷地頂点データには重心座標値が記入されているが、敷地内に正確にプロトタイプモデルを配置する際、敷地の形状によっては敷地外に重心座標が存在する場合もあり、重心座標値に依

存せず敷地内にプロトタイプモデルを配置する方法が必要である。

本研究では、確実に敷地内にプロトタイプモデルの配置点を生成するため、以下のような重み付けアルゴリズムを開発した。図 9 にアルゴリズムで生成されたプロトタイプモデルの配置点の例を示す。

1. 敷地を格子で分割する。
2. 各格子点が敷地の内にあるか外にあるかの判定を行う。
3. 敷地の内側にある格子点のうち、敷地の辺に最も近い格子点の重みを 0 とする。
4. 敷地の内側で等高線を描くように、一定の割合で格子点に重みを増やしていく。
5. 最終的に決まる一点（最も重みのある格子点）をプロトタイプモデルの配置点とする。
6. 5 で 1 点に決まらない場合、選ばれた複数個の格子点を以下の処理で 1 点に決める。」
7. 5 で選ばれた格子点から、敷地の各頂点を繋いだ線分の長さを求める。
8. 7 で求めた線分の中で最長のものと最短のものとの差を求める。
9. 8 で求めた差が最も小さいものをプロトタイプモデルの配置点とする。

6.1 で述べたように、寺院・神社の建築物の代表的な敷地内の配置位置を決定している。これは、敷地の規模（面積と重み）によって敷地内のプロトタイプモデルの配置のパターンを、3 つ（規模小、規模中、規模大）に分けたものである。寺院の場合は、敷地内配置アルゴリズムで求めた 1 点に規模小・中・大それぞれ本堂・玄関・脇居を、神社の場合は、本殿・本殿・拝殿を配置する。敷地内配置アルゴリズムで生成した格子点を利用して位置関係を指定することにより、敷地内のほかのモデルも生成できる。寺院の規模による配置パターン小・中・大をそれぞれ図 10, 図 11, 図 12 に、神社の規模による配置パターン小・中・大をそれぞれ図 13, 図 14, 図 15 示す。

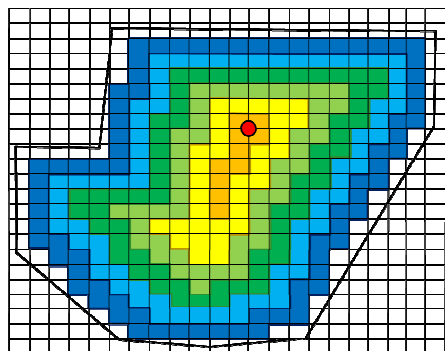


図 9 : アルゴリズム適用の例

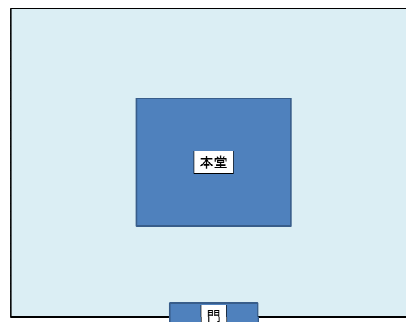


図 10 : 寺院の配置パターン (規模小)

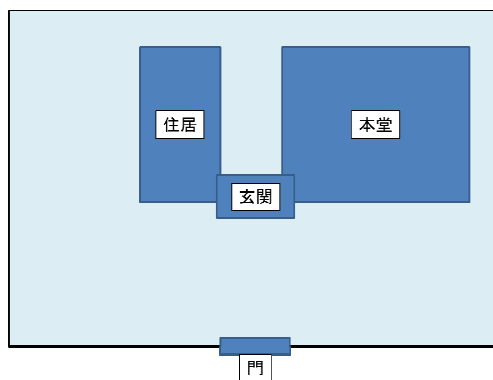


図 11 : 寺院の配置パターン (規模中)

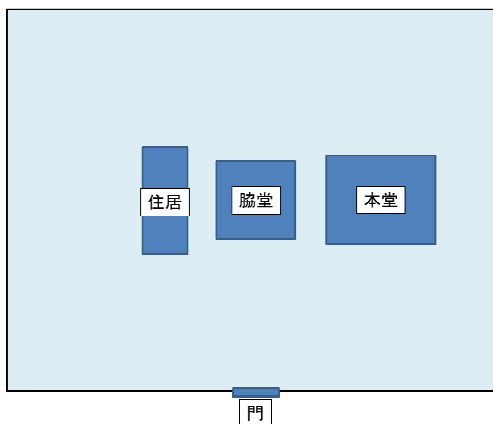


図 12 : 寺院の配置パターン (規模大)

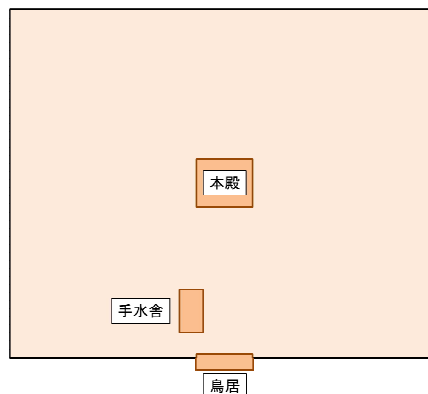


図 13 : 神社の配置パターン (規模小)

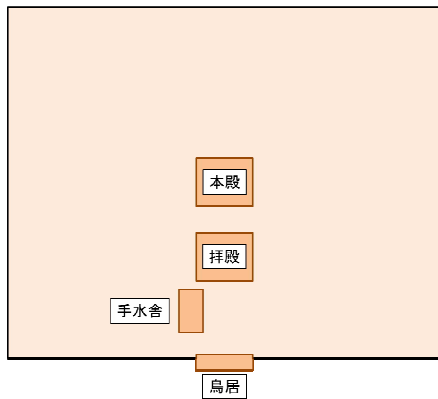


図 14：神社の配置パターン（規模中）

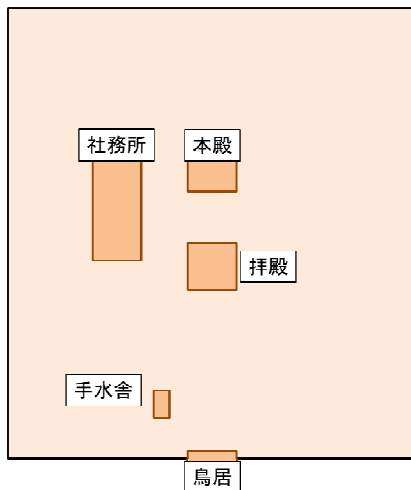


図 15：寺院の配置パターン（規模大）

6.4 樹木の自動生成

寺院・神社の敷地内には、塀に沿って樹木が生えている。6.3 で述べたアルゴリズムで生成した格子点とその重みを利用すれば塀に沿って樹木を自動生成することができる。具体的には、重みの段階が 3 段階目の格子点に沿ってランダムで配置していく。図 11 に樹木のプロトタイプモデルを示す。



図 16：樹木のプロトタイプモデル

6.5 自動生成結果

寺院・神社の自動生成結果を図 17、図 18 に示す。



図 17：寺院の自動生成結果

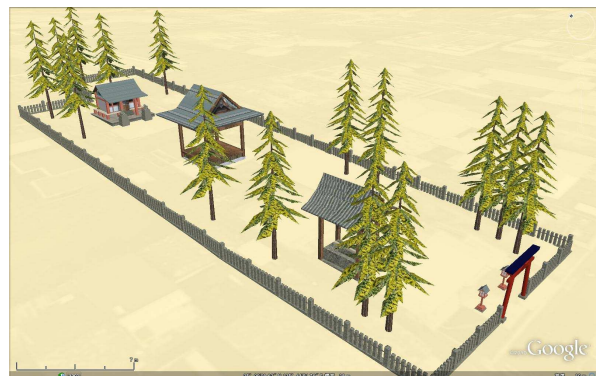


図 18：神社の自動生成結果

7. おわりに

本研究では、GIS データに基づき、Google Earth 上に 3 次元モデルを大量に自動生成する手法・ツールを開発した。そして開発したツールを用いて、江戸時代京都の GIS データと京町家・寺院・神社のプロトタイプモデルから Google Earth 上に江戸時代京都の町並みを自動生成した。自動生成した江戸時代京都の街並みを図 19 に示す。

今後は、1700 年と 1800 年の GIS データを用いて自動生成を行い、時代の移り変わりによる京都の町並みの変化を Google Earth 上で表現したいと考えている。また、京町家・寺院・神社を配置するだけでなく、武家・公家屋敷モデルを Google Earth 上に自動生成したいと考えている。

京都以外の地域の応用例として、東北地方太平洋沖地震の津波で被災した宮城県牡鹿郡女川町を対象に、震災復興支援の一環として擬似的に女川町の 3 次元都市モデルを作成するプロジェクトを進めている。

Google Earth 上に生成された 3 次元都市モデルはシミュレーションだけでなく、VR や MR の装置・システムと組み合わせることで、都市を疑似体験するエンタテインメントとしても活用することができる。具体的には「バーチャル祇園

祭」が挙げられる[17]。これは、一般的な京町家の町並みを自動生成ツールで作成し、主要なランドマークを別途にモデリングツールで作成することで実現できると考えている。現在は、祇園祭で利用される山鉾の一つ「船鉾」と、それを管理している主要建築の「船鉾町会所・船鉾収納庫」の3次元モデルが研究室にデジタルアーカイブとして保存されている。それらと町並みを合わせて Google Earth 上に表示した結果を図 20 に示す。今後、祇園祭関連のデジタルアーカイブが充実すれば、Google Earth 上でのバーチャル祇園祭はより充実したコンテンツになると思われる。

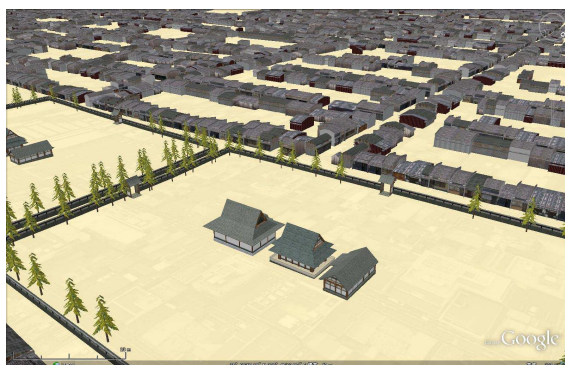


図 19：自動生成結果



図 20：バーチャル祇園祭の例（船鉾町新町通）

謝辞

神社仏閣の敷地内に配置される建物の位置や相互の位置関係について、立命館大学歴史都市防災センターの中村琢巳氏（日本建築史）に、貴重なご意見を頂きました。ここに記して感謝の意を示します。

参考文献

- [1] 国土地理院 GIS・国土の情報
<http://www.gsi.go.jp/gis.html>
- [2] 日本文化デジタル・ヒューマニティーズ拠点-グローバル COE プログラム-立命館大学,
http://www.ritsumeiji.jp/humanities/index_j.html

- [3] 小坂佳宏, 磯田弦, 塚本章宏, 奥村卓也, 仲田晋, 田中覚: 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---, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, 13(3), pp.315-324, 2008.
- [4] 平部敬士, 澤井雅和, 磯田弦, 塚本章宏, 小坂佳宏, 長谷川恭子, 仲田晋, 田中覚: GIS データによる京都町並みモデルの自動生成, 人文科学とコンピュータシンポジウム論文集「デジタル・ヒューマニティーズの可能性」, pp.29-34, 2009.
- [5] GoogleEarth, <http://www.google.co.jp/intl/ja/earth/index.html>
- [6] KML 入門ドキュメント, <http://code.google.com/intl/ja/apis/kml/documentation/>
- [7] KHROSOS GROUP, <http://www.khronos.org/collada/>
- [8] GoogleSketchUP, <http://sketchup.google.com/intl/ja/>
- [9] 計算式, <http://vldb.gsi.go.jp/sokuchi/surveycalc/algorithm/>
- [10] 座標変換, <http://vldb.gsi.go.jp/sokuchi/software/>
- [11] 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.111-121, 2007.
- [12] 塚本章宏, 磯田弦, 小坂佳宏, 矢野桂司, 田中覚: 絵画史料と GIS/VR とを用いた近世京都の町並み景観復原, 人文地理学会大会研究発表要旨, 26-27p, 2006.
- [13] 磯田弦, : 二次元と三次元の橋渡しー京都バーチャル時・空間における京町家モデルー, 立命館大学 593 号, pp.138-153, 2006.
- [14] 松本文子, 飯塚隆藤, 瀬戸寿一, 矢野桂司: 京町家調査と GIS (矢野桂司・中谷友樹・河角龍典・田中覚 編『京都の歴史 GIS』ナカニシヤ), 149-178, 2011.
- [15] 文化庁歴史建造物調査研究会: 建物の見方・調べ方-江戸時代の寺院と神社, ぎょうせい, 249p, 1994.
- [16] 都名所図会データベース, <http://www.nichibun.ac.jp/meisyozeu/kyoto/c-pg1.html>
- [17] 矢野桂司, 瀬戸寿一, 河原大, 速水貞彰: デジタルミュージアム構築のための通り景観復原--京都の三条通を事例に, 電子情報通信学会技術研究報告, 110(382), pp.383-385, 2011.