

京都バーチャル時・空間の構築

—GISによる京都バーチャル時・空間の構築—

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、河原典史、古賀慎二、高橋学(立命館大学地理学教室)

Abstract: The purpose of our research is to restore the whole city of historical city, Kyoto, in a virtual reality space. Our goal is to construct Kyoto Virtual Time Space in which we can walk through the streets of Kyoto from the olden days to the present and to the future on a computer display. The project involves 3D modeling of the present day Kyoto, and then restoring the city back to the pre-war period and to the mid-Edo era. Highly efficient GIS and VR technology are used throughout the project; (a) to store location and attributes of current buildings including Machiya, shrines and temples; (b) to archive and geo-reference any materials including Yamahoko at the Gion festival, as well as cadastral maps, street photos and aerial photos; and (c) to estimate and simulate landscape changes over the periods using aforementioned materials.

I はじめに

1980年代後半に始まる地理情報システム(GIS)革命以降、コンピュータの性能が飛躍的に向上し、また新しい測量技術の開発や高解像度の衛星データの出現などにより、様々な地理情報が膨大に蓄積されつつある。このようなGIS環境の高度化によって、3次元GISやバーチャル・リアリティ(VR)技術による都市景観のモデル化は、その質と操作性の両面で実用化の段階に入りつつある。本研究では、こうした新しい3次元GIS/VR環境を最大限に活用して、歴史都市京都の町並み景観の復原を目的とする。

1200年の歴史の都である京都は、第二次世界大戦の戦災の被害が最小限であったこともあり、戦前からの大路・小路、神社・寺院、京町家、近代建築物などの建造物が多数現存している。そこで本研究では、まず、現在の京都における町並みの景観をバーチャル・シティーとして構築し、現在から過去にさかのぼる形で、戦後、大正・明治、そして江戸までの京都を再現し、京都バーチャル時・空間をコンピュータ上に構築していく。なお、本研究で構築する京都バーチャル時・空間は、次世代における京都の3次元デジタル地図のベースとすることを目標としている。今後、多

様なコンテンツをデジタル化することにより、それらコンテンツを容易にこの京都バーチャル時・空間の中に取り込むことができるよう、ソフト面・ハード面を工夫する。

現在のバーチャル京都

本研究では、現在におけるバーチャル京都の3次元GISのベースとして、現時点で最も精度の高い3次元都市データ構築システム(キャドセンター(社)技術)を用いたMAP CUBEを用いる(矢野ほか、2003)。そして、重要な景観コンテンツとして、現存する京町家に着目する。

1) 3次元都市モデル

MAP CUBEは、高精度なレーザー・プロファイラー・データ(パスコ(社)製)と2次元ベクター地図(インクリメントP(社)製、以下iPC)をベースに作成されたものであり、レーザー・プロファイラーで取得した点群データの高さ誤差は $\pm 15\text{cm}$ 、水平間隔は1~2.5mである(現在では1m間隔まで計測可能)。

MAP CUBEデータは、京都市域を250m×250mの区画ごとに分割したもので、建物部分と地表面部分の3次元モデルからなる。前者に関しては建物の屋上部分(空中写真)や側面の画像

を、後者に関しては空中写真を、それぞれテキスト・マッピングすることができる(図1)。MAP CUBEのデータは、専用のビューア・ソフトであるUrban Viewerで表示することができる。そして、3次元形状モデルの作成やテキスト・マッピングの作業は、OBJ形式を扱うことができるCG/VRソフト(form.Z、MultiGen Creatorなど)を用いる。

2)京町家モニタリング・システム

本研究で用いる京町家のデータベースは、平成10年度の京都市「京町家まちづくり調査」と平成7、8年度「トヨタ財団助成による市民調査」によって得られた外観調査に基づくものである(以下、両調査をあわせて「京町家外観調査」と呼ぶ)。調査範囲は、京都市の都心4区内にあり、明治後期に市街化していた元学区である。

この「京町家外観調査」では、調査員が住宅地図をもとに街中の街区を悉皆調査し、京町家1戸1戸の外観を「建物調査シート」(建物類型調査、保存状態、建物状態など)に記録し、データベースが作成された。その結果、対象元学区内で21,820軒の京町家が特定された(京都市、1999)。

平成7、8、10年度に実施されたこれらの調査は、当時、存在していた京町家の数を正確に把握することを主な目的としており、GIS上でそれらの位置を正確に把握することは必ずしも目的ではなかった。その結果、GISデータとしては不完全な状態のものであり、それを、MAP CUBEと対応させるためには、ベースとなるIPCの住宅地図上に、これらの町家調査のデータをマッチングさせる必要がある。そこで、マッチングできなかったものに対しては再調査を行い、京町家データベースのGIS化を完成させつつある(図2)。その際、平成7、8、10年以降の京町家の減少に関しても、あわせて調査し、特定非営利活動法人京町家再生研究会の協力を得ながら、京町家モニタリング・システムを構築しつつある(河原ほか、2003)。

過去の景観コンテンツ

過去の景観コンテンツのうち、ここでは京都の過去の大路・小路と、過去の町家の空間的分布に関するGISデータの作成について概観する。

1)過去の大路・小路

現在のデジタル化された京都市域の地図として、『数値地図25000(地図画像)』『数値地図25000(空間データ基盤)』『数値地図2500(空間データ基盤)』『数値地図10000(総合)』などが利用できる。

そして、京都の戦前の旧版地形図や都市計画図としては、『仮製2万分の1』(明治中期)、『正式2万分の1』(明治42年)、『1万分の1』(昭和13・26年)、『2万5千分の1地形図』(大正末期以降)、『3千分の1都市計画基本図』(昭和10・28年)などが存在する。これらの地図をデジタル化し、GISソフトウェアArcMap(米国ESRI社)上のジオリファレンス機能を用いて、現在の『数値地図25000(地図画像)』に一致するように変換を行った。

2)過去の地割

京都の明治・大正期の地籍図に関しては、『明治17年地籍図』と、『大正元年地籍図』が利用できる。明治17年地籍図は、京都府総合資料館に所蔵されるが、台帳が存在していない。ここでは、立命館大学附属図書館所蔵の『大正元年地籍図』(縮尺は約1,300～1,500分の1)をデジタル化し、京町家の2次元GISとの重ね合わせを行った。京都の大通りは、現在のものと位置や幅員なども大きく異なるため、通りを基にした重ね合わせは困難である。しかし、地籍図の特徴として町丁界の折れ点の形状が比較的正確である点が挙げられる。そこで、現在の町丁界の折れ点に合わず形で、地籍図と現在の地形図・住宅地図との重ね合わせを、大路・小路の重ね合わせと同様にArcMapのジオリファレンス機能を用いて行った。そしてさらに、重ね合わせた後、地籍図の一筆ごとにポリゴンを作成した。これは土地の境界であり当時の家屋形状とは異なるが、現在ほとんどの町家が消滅した四条通の景観を復原する際に手掛りとなる。

3)過去の京町家の空間的分布

ここでは空中写真の判読から、過去の京町家の空間的分布を特定する。京都市都心部の空中写真は、米軍、国土地理院、民間企業などによって数年ごとに撮影されている。本研究では、1928(昭和3)年の京都市撮影空中写真、1948(昭和23)年の米軍撮影空中写真、1961(昭和36)年、

1974(昭和49)年、1987(昭和62)年国土地理院撮影空中写真、2000(平成12)年中日本航空撮影空中写真について判読を実施した。

空中写真の判読によって京町家の正確な空間的分布を特定するためには、まず、空中写真のゆがみを取り除く幾何補正の作業を行い、オルソ画像を作成する必要がある。本研究では、空中写真のスキャンの後、ArcMapのジオリファレンス機能を用いて幾何補正を行った。京町家の判読は、ArcMap上で表示された補正済みの空中写真画像上にて行い、京町家の家屋形状をトレースし、ポリゴン化した(図3)。

一般的に京町家の屋根の形態は、「瓦葺」で「平入り」のものが多くを占めることから、空中写真による京町家の特定はこの2つの指標を基準に行った。京町家以外の建築物として、屋上が平面の中高層建築物の判別は容易であり、京町家との区別は容易であった。それに対して、寄棟の瓦屋根の建物は、近代西洋風の建築物、日本家屋、京町家の一部にも存在し判別が困難であるため、ここでは「寄棟」の建物は京町家から除外することにした。このように、空中写真からの情報のみに頼る京町家の判読には限界があり、こうした点を様々な資料から補わなければならない。

建物の側面の形態に関する情報や建物の用途に関する情報として、過去の風景写真や昭和30年代から存在している京都吉田地図株式会社の精密住宅地図などがある。京町家の判別は、こうした情報も参考にしながら行った(河角ほか、2003)。

その結果、戦後から現在までの京町家減少の空間的パターンを明らかにすることができた。1948年以降における京町家の家屋棟数の変化を13年ごとに示すと、大きな通りに面する町家から、通りから奥まった場所にある町家へと、徐々に、町家が減少していったことが分かる。

景観コンテンツの3次元VRモデル

ここでは、2次元GIS上に特定された景観を構成するコンテンツの3次元VRモデル化について概観する。現在の建物、現在そして過去の京町家の3次元VRモデルを構築するとともに、時代を

通じて存在するものとして、祇園祭の山鉾の3次元モデルを構築した(矢野ほか、2003)。

1) 現在の建物の3次元VRモデリング

MAP CUBEの3次元形状モデルは、前述のように、iPC 住宅地図の2次元家屋形状に、レーザー・プロファイラーから取得した高さデータ付加して3次元モデル化したものである。テクスチャ・マッピングに関しては、デジタルカメラによって撮影された画像を、CG/VRソフトによって貼り付け作業を行った。

なお、MAP CUBEデータは、iPC住宅地図で建物以外の場所は、空中写真をテクスチャ・マッピングしているが、道路や路地などの画像に置き換えることもできる。

2) 京町家の3次元VRモデリング

京町家のVRモデルに関しては、設計図から3次元CADを用いて作成する方法や、現存する京町家をレーザー・スキャンする方法などが考えられる。ここでは、典型的な京町家の建物類型である総二階、中二階、三階建、平屋建の各々の特徴を有した簡易な3次元VRモデルを作成し、それを2次元GISの地割位置に当該の京町家の建物類型を対応させて自動発生させる「家屋VRモデル作成マクロ」をExcelVBAを用いて作成した(図4)。このマクロでは、ArcMapのスクリプトを活用して、GISデータから、京町家の位置と形状ポリゴン(間口方向、間口幅、奥行き)、そして建物類型の情報を取得し、一度に多数の京町家のVRモデルをOBJ形式で出力できる。

マクロで自動的に京町家のVRモデルを大量に作成する利点は、現存する京町家はもちろん、過去の地割の推定と、京町家の建物類型が分かれば、ある程度の町並みの景観を再現できる点にある。いいかえれば、複数のシナリオの下で、過去の町並みを容易に再現できるということにある。もっとも、ここで再現できるのは多数の建築物からなる「町並み」であって、個々の建築物についての厳密な復原ではないことは言うまでもない(図5)。

3) 祇園祭の山鉾の3次元VRモデル

本研究では、京都の中心部で9世紀後半以降行われている祭事として、祇園祭をとりあげる。現

在のような形態となったのは14世紀半ばで、何度かの中断を挟みながら、ほぼ同じ大きさの山鉾が京都の街中に置かれてきた(足利、1994)。それゆえ、山鉾は、時代を通して京都の町並みを構成する重要なコンテンツの1つであると考えられる。

山鉾の3次元VRモデルの作成に関しては、ミニチュアをレーザー計測し、祇園祭時にデジタルカメラ撮影により取得した実物の画像をテクスチャ・マッピングして、山鉾の3次元VRモデルを作成した(矢野ほか、2003)。この山鉾の3次元VRモデルを、現在そして過去のバーチャル・シティーに置くことによって、山鉾を通して、町並みの変遷をみることができる。

京都バーチャル時・空間でみる町並みの変遷

ここでは、バーチャル時・空間を通して、京都の町並みの変化をみてみることにする。

まずは、四条通りの現在、大正初期、江戸期の町並みを比較してみる。現在に関してはMAP CUBE をベースに、通り沿いのビルに対して、テクスチャ・マッピングを行ったものを、大正初期に関しては『大正元年地籍図』の地割をベースとして「家屋VRモデル作成マクロ」を用いて作成したものを、そして、江戸期のものは平屋建ての京町家と仮定した。さらに遠景として京都を取り囲む三山を両時点に含め、祇園祭の函谷鉾のVRモデルを四条通り上に配置した(図6)。Urban Viewer上では、あらゆる視点からの町並みを表示できるが、現在のビルの谷間に埋もれる山鉾が、大正期には、極めて大きなオブジェクトであったことや、東山の稜線の可視範囲が大きく異なることがわかる(Yano et al., 2003)。

次に、戦後の京町家の衰退を京都バーチャル時・空間を通してみる。年次別に空中写真から特定した京町家の位置に、同じく「家屋VRモデル作成マクロ」を用いて、京町家を配置し(京町家のタイプはランダム)、京町家以外の建物に関しては、MAP CUBEから現在の建物を配置した(図7)。その結果、通り側から京町家が減少していく様子や、高層のビルに埋もれていく様子がわかる(矢野ほか、2004ab)。

おわりに

本研究では、歴史都市京都を対象に、町並みの景観を構成する様々なコンテンツをデジタル化し、現在から過去の京都のバーチャル時・空間を構築している。これまでの都市の3次元モデル化は、主にそのデータ量の膨大さから、都市域の一部分であるとか、広域の場合でもその正確な位置やVRモデルのクオリティが十分ではなかった。本研究では、現時点で最も高精度でかつ広範囲を対象とした3次元GISデータであるMAP CUBEを京都のバーチャル時・空間のプラットフォームとした。

今後は、2次元GISとしてのデータベースの精緻化、景観コンテンツの時・空間情報の量とクオリティのさらなる充実を図っていく。そのためには、この京都バーチャル時・空間をクローズドなものとするのではなく、産官学で協働・共有できるような枠組みも構築したいと考えている。

文献:

- 足利健亮編(1994):『京都歴史アトラス』、中央公論社、155頁。
河角龍典・矢野桂司・河原大・井上学・岩切賢(2003):「空中写真を利用した京町家時・空間データベースの構築」、情報処理学会シンポジウムシリーズVol.2003、No.21、111-118頁。
河原典史・矢野桂司・古賀慎二・高瀬裕・河角龍典・井上学・河原大・岩切賢(2003):「4次元GISを用いた京町家モニタリング・システムの構築」、民俗建築124、13-22頁。
京都市(1999):『京町家まちづくり調査集計結果』、京都市都市計画局、44頁。
矢野桂司・高瀬裕・磯田弦・河原大・井上学・岩切賢・古賀慎二・河原典史・河角龍典(2003):「京都バーチャル時・空間の構築:四条通り界隈を中心に」、情報処理学会シンポジウムシリーズVol.2003、No.21、103-110頁。
矢野桂司・中谷友樹・磯田弦・河角龍典・高瀬裕(2004a):都市3次元GIS/VRによる京都バーチャル時・空間の構築、情報処理学会研究報告Vol.2004、No.6(2004-CVIM-142)、97-104頁。
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(2004b):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、47-56頁。
YANO, K., NAKAYA, T., ISODA, Y. and TAKASE, Y. (2003): Virtual Kyoto: restoring historical urban landscapes using VR technologies. 第2回NII国際シンポジウム「デジタル・シルクロード」奈良シンポジウム, 論文集



図1 京都の MAP CUBE(上) と
テクスチャ・マッピング(下)



図2 京都市都心部の京町家の分布



図3 空中写真による京町家判読(四条烏丸交差点付近)

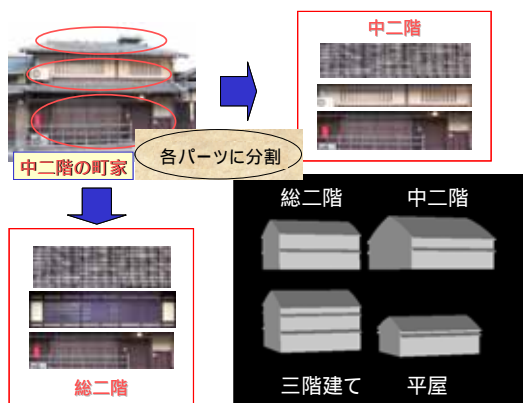


図4 京町家の簡易VRモデル



図5 現在の京町家の3次元GIS



大正期



現在

図6 四条通りのバーチャル時・空間変化（四条富小路より東を望む）



1928年



1948年



1961年



1974年



1987年



2000年

図7 京町家のバーチャル時・空間変化（四条河原町より西北を望む）
（注：京町家以外のモデルは現在のものを簡易的に配置している）