

京都バーチャル時・空間プロジェクト GISによる京都バーチャル時・空間の構築

矢野桂司・磯田弦・河角龍典・中谷友樹・高瀬裕・河原大・井上学・河原典史・塚本章宏・高橋学
文学部地理学教室

概要 本プロジェクトの目的は、最新の3D-GISとVRモデリング技術を最大限に活用して、バーチャル空間で歴史都市京都の町並みの景観を復原することである。京都では、第二次世界大戦の被害が最小限であったこともあり、神社、寺院、京町家をはじめ、近世・近代の建築物が多数現存している。また、祇園祭に代表される伝統的な祭事が今もなお継続して行なわれており、それらも歴史都市京都を構成する不可欠な要素である。

本プロジェクトは、このような京都の景観を構成する様々なコンテンツをデジタル・アーカイブとして取り込みながら、現在から戦前、さらに江戸中期までを復原する。そのために、次のサブ・プロジェクトが同時進行している：(1) MAP CUBE™による現在の建築物の3D-GISの構築、(2) 2D-GISを用いた京町家モニタリング・システムの構築、(3) 空中写真、古写真および地籍図などのデジタル・アーカイブと2D-GISを用いた過去の景観復原、(4) 伝統的・歴史的建造物に加え、祇園祭の山鉾を含む文化財の3D-VRモデルの生成、である。これらのサブ・プロジェクトを統合して、4D-GISとしての京都バーチャル時・空間が構成される。

最終的に構築される時間次元を取り入れた4D-GISとしての京都バーチャル時・空間には、時代を超えた様々なデジタル・コンテンツを配置することが可能であり、時・空間を自由自在に移動することができる。そして、この京都バーチャル時・空間はインターネットを介して情報発信される予定である。

GIS-aided Construction of 'Kyoto Virtual Time Space' Project GIS-aided Construction of 'Kyoto Virtual Time Space'

Keiji YANO, Yuzuru ISODA, Tatsunori KAWASUMI, Tomoki NAKAYA, Yutaka TAKASE, Dai KAWAHARA,
Manabu INOUE, Norifumi KAWAHARA, Akihiro TSUKAMOTO and Manabu TAKAHASHI
Department of Geography

Abstract Our project restores the whole city of pre-modern Kyoto in a virtual reality space, utilising a combination of GIS and VR technologies. Being affected little by the wartime raids, Kyoto retains numerous historical buildings from the pre-war period. Such buildings include temples, shrines, and early westernised buildings, but also *Kyo-machiyas*, typical traditional townhouses in Kyoto that we place special importance in our project which aims to recreate historical daily lives. Kyoto also stages many traditional festivals such as the *Gion* festival.

We reconstruct the urban landscapes from the present back to the pre-war period and then to the mid-Edo era. Our goal is to construct a "Kyoto Virtual Time Space" in a 4D-GIS, in which we can walk through a virtual 3D space of Kyoto of a desired time slice. The following sub-projects are running simultaneously; (1) reconstruction of current urban landscape by storing location and attributes of buildings using MAP CUBE™, a 3D-GIS data; (2) monitoring system for *Kyo-machiyas* using 2D-GIS; (3) restoration of past urban landscapes by geo-referencing digitally archived materials such as aerial photos, street photos and cadastral maps; (4) creation of 3D-VR models of various buildings such as *Kyo-machiya*, but also other artifacts such as *Yama-hokos*, floats used in the *Gion* festival. The 4D-GIS of the "Kyoto Virtual Time Space" are the integration of the above sub-projects.

The "Kyoto Virtual Time Space" is an interactive system that users have the capability of navigating freely in a virtual 4D space. The virtual city acts as an intuitively comprehensible interface to the databases of digitally archived materials, and we are planning an on-line access to the virtual city and the database over the internet.

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の飛躍的な向上、そして、高分解能衛星データをはじめ新しい測量技術の開発などにより、多種多様なデジタル化された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（3D-）GISやバーチャル・リアリティ（VR）技術が、精度・質や操作性の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GIS環境を最大限に活用して、歴史都市京都の町並みの景観を復原することを目的とする。

1200年を越す歴史の都（みやこ）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、戦前からの神社・寺院、京町家、近代建築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、現在の京都の町並みの景観を、3D-GISをベースとするバーチャル・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、江戸時代の京都を再現し、4D-GISとしての京都バーチャル時・空間をコンピュータ上に、そしてインターネットを介したサイバー・スペース上に構築していく。

なお、本研究で構築する京都バーチャル時・空間は、次世代において様々な利用が期待される京都のデジタル地図のベースとな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・ハード面での仕組みもあわせて考えていきたい。その結果、様々な目的に利用可能な開かれたプラットフォームとなりえることを前提に、この京都バーチャル時・空間を構築する。

II 現在の京都のバーチャル空間

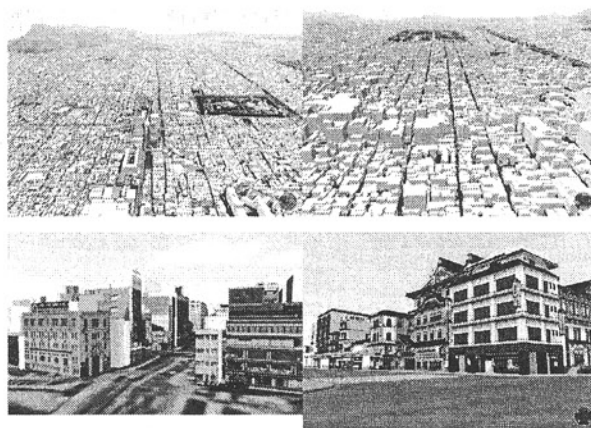
バーチャル空間という言葉に関しては、仮想空間、バーチャル・シティー、デジタル・シティー、サイバー・スペースなど多くの類

似した用語があるが、ここでは、存在するあるいは存在していた現実空間を、GISなどを用いて、コンピュータ上に再現した都市空間と定義する。

1. 京都バーチャル空間のベースデータ

本研究では、2002年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）である「MAP CUBE™」を用いる（矢野ほか、2003）。

京都市域を対象としたMAP CUBE™のデータは、2002年夏にレーザー・プロファイラーを用いて実測し、作成されたものである。（第1図）。



第1図 京都市域の3D-GIS

2. 現在の京都の2D-GIS

本研究では、前節で述べたMAP CUBE™を京都バーチャル時・空間のベースとして用いるが、それに反映させるための様々な地物の精確な2D-GISを構築していかなければならない。

(1) デジタル住宅地図

都市域レベルでの都市景観を対象とするバーチャル・シティーの構築のためのデジタル地図としては、1軒ごとの建築物の家屋形状が特定できる精度のものが必要である。

本研究では、3D-GISのMAP CUBE™が、『iPC住宅地図』をベースとしていることから、最終的には、全ての家屋属性を『iPC住宅地図』に統合する必要がある。そこで、『京都市都市計画図』のデジタルマップ（京都市DM）、（株）ゼンリン『Zmap-TOWN II』などの属性データも活用しながら、一般住宅、神社・寺院、

公共建物、3階建て以上の中高層建築物、などの現在の建築物や街区面などの精確な2D-GISを整備した。

(2) 京町家の分布

京町家は平安時代中期に起源を持つが、瓦屋根などに象徴される今日の京都都心部の町並みを構成する京町家の原型は、江戸時代中期に形成されたと言われる(高橋、2001)。その後も少しずつ変化を繰り返し、大正末期から昭和初期に建築されたものがその最後の様式であるとされる(京町家作事組、2002)。

そして、今日まで、京町家は地域の資源として大切に受け継がれ、京町家の保全・再生を支援する市民活動は、近年ますます活発になっている(高橋・中川、2003)。そうした京町家への関心の高まりの中で、京町家の現状や実態を正確に把握することが急務となっている。

京都市は、市民からの調査ボランティアを募り、平成10年度に「京町家まちづくり調査」を大規模に実施した。この調査は、都心部を対象に京町家の外観調査と住民へのアンケート調査を行った平成7、8年度市民調査「木の文化都市：京都の伝統的都市居住の作法と様式に関する研究」(トヨタ財団助成金による調査)を基礎として、調査地域を拡大したものである。これら2つの調査結果から、都心4区(上京区・中京区・下京区・東山区)で、明治後期に市街化していた元学区に含まれる範囲には、約28,000軒弱の京町家が残存していることが確認された(京都市、1999)(これらの調査を第I期調査と呼ぶ)。

これらの外観調査では、建物類型、保存状態、建物状態などが悉皆調査され、その正確な位置が把握された。しかしながら、これらの大規模かつ貴重な調査データは、当時のGIS環境の技術的問題に加え、個人情報保護の観点からも、正確に1軒1軒GIS化し、データベースを作成して、それを維持管理していく計画はなかった。そこで、河原ほか(2003)では、かかる既存の京町家調査のデータをGIS化し、第I期調査のデータベースの不備を可能な限り

修正した(矢野ほか、2004a)。

戦前に建てられた京町家の空間的分布を示すGISデータは、過去の京都の景観復原に欠かせないデータベースとなりうるが、本研究で用いる3D-GISのMAP CUBE™と年次的なずれが生じている。そこで、2003年度から、立命館大学文学部地理学教室は、京町家再生研究会、京都市都市計画局都市づくり推進課、京都市景観・まちづくりセンターなどと密接な連携をとりながら、第I期京町家調査から約5年を経過した、追跡調査を2003年夏から開始した(第II期調査と呼ぶ)。

そこでは、第I期調査の復原GISデータを基礎として、再度、外観調査を行い、京町家の存在の有無、保存状態、建物状態、空家か否か、事業活用、などを再調査し、京町家が消失した場合は、現在の用途をデータベース化した。さらに、第I期調査では確認されなかった新発見町家もあわせて調査した。対象地域は、京都市都心部の18元学区に関しては、京都市都市計画局都市づくり推進課が追跡調査を実施し、立命館大学はそれ以外の第I期調査範囲の追跡調査を行った(河原ほか、2004a)。

このように構築された京町家モニタリング・システムのデータベースからは、現存する京町家の1軒ごとの位置情報に加え、建物類型、建物状態、保存状態などの外観調査による属性が含まれているほか、第I期調査(平成7・8・10年度)から第II期調査(平成15・16年度)への変化の情報(京町家の存続や、他の建築物への変化など)が把握される(第2図)。



第2図 京町家の空間的分布

(3) 近代建築

京町家や神社・寺院以外にも京都の町並みの歴史的景観に不可欠なものとして近代建築物がある。明治開国以降の近代化の過程の中で、西洋様式を取り入れて戦前までに建設された建築物や構造物は一般に「近代建築」と呼称される。

平成16年度に京都市が、近代建築物の文化財指定のために実施した「京都市近代化遺産調査」によると、現在、京都市内に約2000もの近代建築物が確認された。この調査では、それら個々の近代建築物に関して、所有者、住所、建築年次、構造（煉瓦造、木造、RC・SRC造など）などが記録されている。本研究では、この基礎調査の成果をGIS化し、京都の町並み景観のコンテンツの1つとして取り込んでいく。

3. 現在の京都の3D-GIS

本研究では、2D-GISによって整備された情報を、MAP CUBE™に反映させて、現在の京都のバーチャル空間を構築する。

京町家の3D-VRモデル（3D形状モデルにテクスチャ・マッピングを施したモデル）に関しては、設計図から3次元CADを用いて作成する方法などが考えられる（矢野ほか、2004b；Yano *et al.*、2004）。ここでは、典型的な京町家の建物類型（総二階、中二階、三階建、平屋建）の特徴を有した簡易な3D-VRモデルを作成し、自動的に発生させるプログラムを開発した（矢野ほか、2004c；河原ほか、2004b）。

京町家の3D-VRモデルを大量にプログラムで作成することの利点は、現存する京町家はもちろん、過去の地割の推定と、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」であり、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。

また、京町家以外にも、MAP CUBE™に含ま

れていない様々な景観コンテンツもあわせて作成している。例えば、範囲外の山間部（矢野ほか、2004d）、南座（池谷ほか、2004）、祇園祭の山鉾（矢野ほか、2003）、などが作成されている。

Ⅲ 過去の京都のバーチャル空間

京都バーチャル空間に時間次元を取り入れるためには、基本的には、過去のいくつかの時間断面ごとの2D-GISが整備されなければならない。本研究は、現在から明治、江戸時代にさかのぼる形での時間軸を想定しているが、ここでは、現在から、大正元年までの期間を設定する。

1. 過去の京都の2D-GIS

(1) 過去の空中写真

都市景観の変化に大きな影響を与えるものとして、道路の拡幅などによる街区形状の変化があげられる。街区の変化に関しては、旧版地形図などをベースとして、その変更を把握することができる（河原ほか、2003）。しかし、縮尺が1万分の1～5万分の1であり、家屋形状レベルの変化を識別できる大縮尺の地形図は存在しない。そこで、ここでは過去の空中写真を用いて、過去の景観復原を試みる。

具体的な時間断面の設定としては、とりわけ京町家の消滅に焦点を当て、過去の空中写真や住宅地図など2D-GISデータを整備するための史資料が得られる年次を対象とする。過去の空中写真としては、2000（平成12）年、1987（昭和62）年、1974（昭和49）年、1961（昭和36）年、1948（昭和23）年、1928（昭和3）年撮影の6期を用いた。

各年次の空中写真の判読からは、京町家特有の瓦屋根と平入りの特徴から、個々の京町家を特定することができる（河角ほか、2003）。

具体的な作業としては、空中写真をデジタル画像化し、ESRI社ArcGIS上でジオ・リファレンス機能を用いて『IPC住宅地図』と重ね合わせ、1軒1軒の京町家を特定した。その結果、

戦後、高度経済成長期を経て、都心部において、大通り沿いから街区の内側へと、京町家が激減していく様子が明らかにされた（河角ほか、2004）。

(2) 大正元年『京都地籍図』

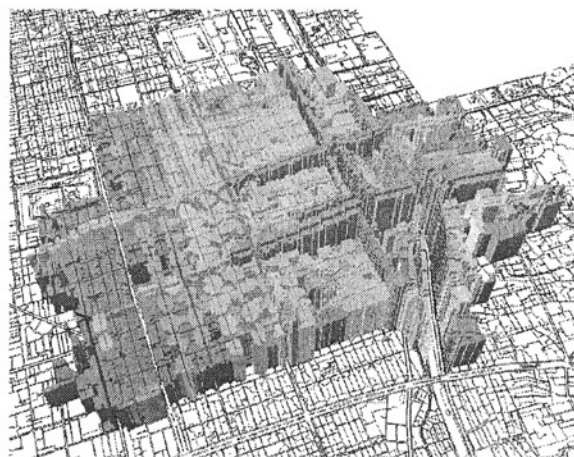
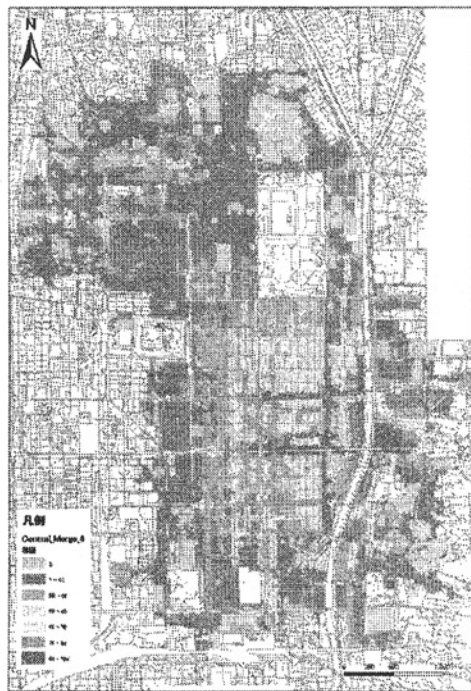
京都市域を対象とした最も古いと思われる1928（昭和3）年の空中写真以前の京町家の分布に関しては、精確な情報を得ることができない。しかし、1筆ごとの敷地や土地利用に関しては地籍図の利用が可能である。

明治末期における市街地の拡大に伴い、土地の分筆・合筆の増加が予想されたことから土地取引の円滑化を目的として、京都商工会議所などが中心となり大正元年『京都地籍図』が作成された。土地法典の1つであるこの地籍図は、当時の市街地に加え、市街地の拡大が予想される周辺の町村もカバーする南北約9km、東西約6kmの範囲を対象としたものである。縮尺はおおむね1200～2000分の1で作成されており、約20cm×約27cmのカード式で375枚の紙地図で構成されている。さらに、個々の地割に対応した付録土地台帳（地番、等級、地目、反別、地価、住所、地主姓名）が完備されている（井上ほか、2004；河原ほか、2004）。

大正元年『京都地籍図』は公図のように登記の変化が記載されないため、1時点における地割の状況が図化されており、デジタル化に最も適した資料である。

そこで、本研究では、大正元年『京都地籍図』の1筆ごとの地割に基づいて、当時の都市空間を復原することにした。

具体的な作業としては、カード式の紙地図すべてを、スキャナを用いてデジタル化し、1筆1筆の地割をポリゴン化した。そして、それらの地割ポリゴンを、ESRI社ArcGIS上のアジャスト機能を用いて『IPC住宅地図』と重ね合わせた。また、同時に約6万5千弱の筆の地割りに対応する付録土地台帳のデータベース化を行い、地目、地価、等級などの主題を地図化できるように、大正元年『京都地籍図』のGIS化を行った（第3図）。



第3図 大正元年『京都地籍図』の2D-GIS
（上段：上京区・下京区；下段：都心部の等級）

2. 過去の京都の3D-GIS

空中写真や大正元年『京都地籍図』で整備された過去の京都バーチャル空間の2D-GISに基づいて、現在の3D-GISとしての京都バーチャル空間と同様に、現在のMAP CUBE™を加工しながら、過去の京都バーチャル空間を構築する。

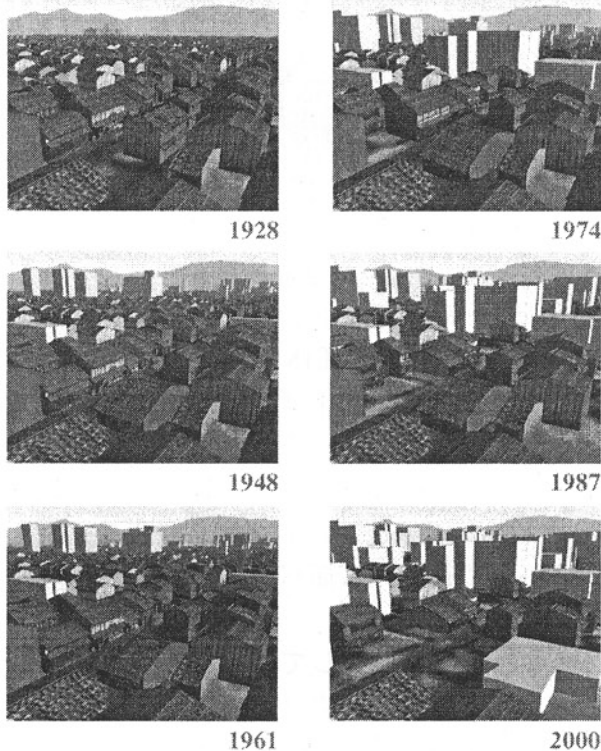
なお、京町家に関しては、過去の2D-GISによって特定された、間口、奥行、京町家類型など、に基づいて、京町家の3D-VRモデルを構築している。なお、消滅した京町家の類型は、現時点では不明のためランダムに類型を割り当てている。今後は、古写真などの情報も付

加させながら、よりリアリティの高いバーチャル空間の作成を目指す。

IV 4D-GISとしての京都バーチャル時・空間の構築

これまで構築してきた、現在と過去の3D-GISとしての京都バーチャル空間を、コンピュータ上に一度に取り込むことによって、4D-GISとしての京都バーチャル時・空間を構築する。

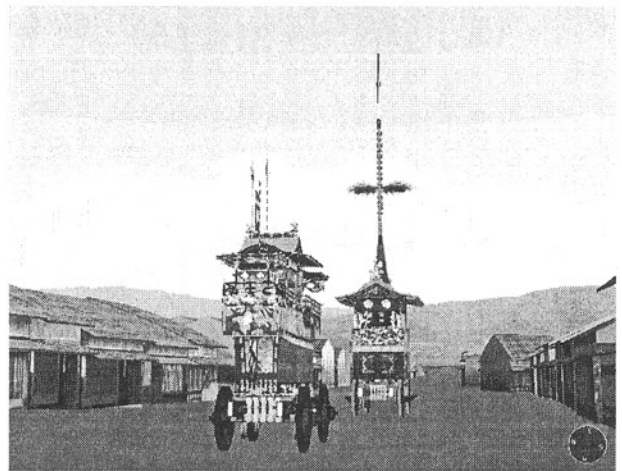
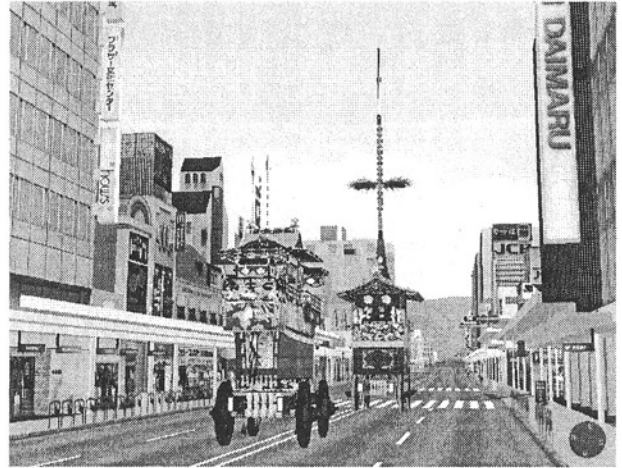
本研究では、Urban Viewer™を用いて、作成された4D-GISを表示させる。Urban Viewer™を用いることにより、京都バーチャル時・空間の中で任意に視点を移動させ、自由自在にウォークスルーすることができる。そして、複数の時間断面での3D-GISを用意すれば、それら3D-GIS間を瞬時に切り替える機能を有しており、異なる時・空間を瞬間的に移動することができる。本研究では、この時・空間表示システムを3次元に時間軸を加えた4D-GISと呼ぶことにする。



第4図 4D-GISによる景観変遷

この4D-GISを用いることによって、昭和初期から現在までの京都の町並みの景観変遷シ

ミュレーションを行うことができる(第4図)。また、14世紀から現在まで受け継がれている祇園祭りの山鉦が、三山を含めた4D-GISとしての京都バーチャル時・空間を通して、町並み景観の変貌をより明確に物語ってくれる(第5図)。



第5図 4D-GISを用いた山鉦と町並み景観
(上段：現在；下段：大正初期)

V おわりに

本研究で、最新の2D-GIS、3D-GISと3D-VR技術を駆使して、時間次元を取り入れた4D-GISとしての歴史都市京都のバーチャル・シティー(京都バーチャル時・空間)を構築した。とりわけ、本研究では、広域的な都市空間レベルでのバーチャル・シティーを対象として、現存する建築物を活用しながら、過去のバーチャル・シティーの復原を試みている。

3D-GISは、これまでの2D-GISでは表現でき

ない景観の表示を可能とする。特に、広域の都市空間レベルでの視覚化は、データ量が膨大となることから、個々のコンテンツの質的向上に加え、遠景の3D-VRモデルの簡素化や視点と対象コンテンツ間の距離に即した形での表現方法を工夫していかなければならない。

さらに、時間次元を取り入れた4D-GISを展開していくには、多くの時間断面ごとの3D-GISを作成し、時・空間的に自由自在に移動可能なシームレスなバーチャル・シティーに発展させる必要がある。

なお、Urban Viewer™を拡張して、4D-GISのデジタル・シティーをWeb配信するシステムも現在構築中である(高瀬ほか、2004)。このシステムにおいても、3D-VRモデルの質の向上と同様に、データ量の削減、さらには、効率よく表示させるための見せ方の工夫もあわせて考えていかななくてはならない。

今後の課題としては、古写真などを活用して、現存しない過去の京町家を含む建築物の3D-VRモデルの精度を高めることや、建築物以外の都市景観を構成するコンテンツの3D-VRモデルの構築などもあわせて行うことである。

さらに、産官学地連携を活用しての協同による京都バーチャル時・空間の構築に関する仕組みづくりも不可欠といえる。

付記:

本稿は、矢野桂司・磯田弦・河角龍典・中谷友樹・高瀬裕・河原大・井上学「歴史都市京都のバーチャル時・空間」、第24回国際シンポジウム「世界の歴史空間を読む」—GISを用いた文化・文明研究—(2005, pp.379-391)を加筆・修正したものである。

京町家外観悉皆調査のデータベースを利用させていただいた、京都市都市計画課都市企画部都市づくり推進課、特定非営利活動法人京町家再生研究会に感謝いたします。

なお、本研究は、平成14-18年度文部科学省21世紀COEプログラム「京都アート・エンタテインメント創成研究」(研究代表者:川嶋将生)、及び平成13-17年度文部科学省「私立大学学術高度化推進事業」オープン・リサーチ・センター整備事業「デジタル時代のメディアと映像に関する総合的研究」(研究代表者:川嶋将生)の研究成果の一部である。

参考文献

- 井上学・矢野桂司・磯田弦・高瀬裕・中谷友樹・河原典史・塚本章宏(2004):『京都地籍図』を用いた近代京都の景観復原—GISを援用した空間データの整備—2004年度人文地理学会大会予稿集, pp. 66-67。
- 河原大・矢野桂司・磯田弦・中谷友樹・宮島良子(2004a): GISを用いた京町家モニタリング・システムの構築, 2004年度日本地理学会発表要旨集, VOL.2004, No.66, p154。
- 河原大・磯田弦・河角龍典・井上学・中谷友樹・矢野桂司・高瀬裕(2004b): バーチャル京都—歴史都市の景観変遷—, 日本バーチャルリアリティ学会第9回大会論文集, pp. 179-182。
- 河原典史・井上学・塚本章宏(2004):『京都地籍図』の作成経緯をめぐる基礎的研究, 歴史地理学220, pp. 53-54
- 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, pp.13-22。
- 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, 人文科学とコンピュータシンポジウム論文集, Vol.2003, No.21, pp. 111-118。
- 河角龍典・矢野桂司・磯田弦・河原大・河原典史(2004): 昭和・平成期の京町家バーチャル時・空間—京町家時・空間データベース及びVR技術を用いた京町家の減少過程の復原—, 民俗建築, pp.65-71。
- 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。
- 京町家作事組編著(2002)『町家再生の技と知恵』, 学芸出版社, 143頁。
- 高瀬裕・曾根敦・畑中達也・銀木護・益見貴光(2004): Web3D技術による3次元都市地図配信システムの開発, 日本バーチャルリアリティ学会第9回大会論文集, pp. 53-56。
- 高橋康夫(2001)『京町家・千年のあゆみ』, 学芸出版社, 254頁。
- 高橋康夫・中川理編(2003)『京・まちづくり史』, 昭和堂, 246頁。
- 池谷論・草深祥平・大本直子・本嶋大嗣・武田祐樹・田中弘美・田中覚(2004): 京都・四條南座のデジタル・アーカイブの作成とその応用, 人文科学とコンピュータシンポジウム論文集, Vol.2004, No.17, pp. 39-41。
- 矢野桂司・高瀬裕・河原大・岩切賢・井上学・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—四条通り界限を中心に—, 人文科学とコンピュータシンポジウム論文集, Vol.2003, No.21, pp.103-110。
- 矢野桂司・河原大・磯田弦・中谷友樹・宮島良子(2004a): GISを用いた京町家モニタリング・システムの構築—産官学地連携としての試み—, 第13回地理情報システム学会講演論文集, Vol.13, pp. 459-462。
- 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, pp. 47-56。
- 矢野桂司・中谷友樹・磯田弦・河角龍典・高瀬裕(2004c): 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, pp. 97-104。
- 矢野桂司・磯田弦・河原大・河角龍典・井上学・中谷友樹・高瀬裕(2004d): 4D-GISによるバーチャル・シティーの構築: 歴史京都のバーチャル時・空間, 人文科学とコンピュータシンポジウム論文集, Vol.2004, No.17, pp.17-24。
- Yano, K., Nakaya, T., Isoda, Y. and Takase, Y. (2004): Virtual Kyoto: restoring historical urban landscapes using VR technologies. Proceedings of the Nara Symposium for digital silk roads, pp.429-438.