

WebGIS 技術を用いた歴史的都市景観のデジタル・アーカイブ

河原大^{2,3} 矢野桂司¹ 中谷友樹¹ 磯田弦¹ 河角龍典¹ 松岡恵悟¹ 河原典史¹ 井上学¹
塚本章宏¹ 桐村喬¹ 曾根敦³ 畑中達也³ 銀木護³ 益見貴光³ 坂尾滋彦³ 福島綾子³ 高瀬裕^{2,3}
立命館大学文学部地理学教室¹ 立命館大学 COE 推進機構² (株)キャドセンター³

デジタルアーカイブは、その歴史情報をデジタル化し保存、活用するところに意義があるが、そのためには、情報の発信のプラットフォームを構築していく必要がある。本研究では、最新の 2D-GIS、3D-GIS と VR 技術を駆使して、時間次元を取り入れた 4D-GIS としての京都の歴史的都市景観を復原し、情報配信基盤を構築した。デジタル・アーカイブには、復原技術のみならず、情報の共有も重要であり、今後、Web 配信していくことで新しい知見の追加や他分野への応用可能性が広がる。

Digital archive of historic city landscapes based on Web-GIS technology

Dai Kawahara^{2,3}, Keiji Yano¹, Tomoki Nakaya¹, Yuduru Isoda¹, Tatsunori Kawasumi¹, Keigo Matsuoka¹, Norifumi Kawahara¹, Manabu Inoue¹, Akihiro Tsukamoto¹, Takashi Kirimura¹, Atsushi Sone³, Tatsuya Hatanaka³, Mamoru Shiroki³, Takamitsu Masumi³, Shigehiko Sakao³, Yutaka Takase^{2,3}
^{1,2} Dept. of Geography, Ritsumeikan University ³ CAD Center Corporation

Significance of digital archive lies in storing and utilizing historical information of targeted subjects by digitizing them. To achieve it, it is necessary to construct a platform to distribute information. In our research project, we have constructed 4D-GIS, the platform for information distribution, to virtually reconstruct the historical cityscape of Kyoto by using the latest technologies of 2D-GIS, 3D-GIS and virtual reality(VR) as well as incorporating the dimension of time. Objective of digital archive is not only to reconstruct targeted subjects but also to share information. Therefore, our attempt of distributing information through internet is expected to be developed into acquirement of new knowledge or applications to different fields of study.

1. はじめに

歴史的都市景観の復原に際しては、一つの建築物だけでなく、通りや街区、地域全体のスケールをシームレスに表現して初めて都市景観のデジタル・アーカイブといえよう。また、この場合のデジタル・アーカイブ化とは、それらコンテンツの形状を精確に 3D-VR (3次元バーチャル・リアリティ) モデルとして再現し、当該コンテンツの時間的かつ空間的位置情報をデータベース化することである。その構築には、近年におけるデジタル化された空間情報の蓄積といった GIS 環境の高度化や、精度や操作性の面での 3D-GIS や VR 技術の実用化が寄与していることはいうまでもない。

本研究では、対象とする歴史都市京都の景観の変遷を対象に様々な空間的スケールと時間的スケールから、忠実に再現していくことを目的としている。その各復原過程では、位置的精確さ、史実に基づいた情報を反映していかなければならない。その上で、ベースとなる GIS を利用した 2次元情報の確立と[1]、そこから導出される 3次元空間情報および多様な 3次元 VR コ

ンテンツの整備による 3D-GIS 化を行ってきた[2]。こうした 3D コンテンツに時間軸を加えて 4次元 (4D-) GIS として統合し、リアルタイムに配信するシステムの構築について検討していくこととする。

2. 2D-GIS から 3D-GIS への展開

3次元地図は、仮想空間上に空間領域を高精度かつ高品質に表現するものであり、2次元地図を上回る情報量をもち、そのニーズは、都市計画、景観検討、防災分野など広範に拡大している。しかし、地図という側面と過去の景観などを復原する際には、多種多様な 2次元空間情報を基礎とすることは無視できない。

京都の歴史的景観を VR により復原する過程でも、現在の京都からさかのぼるかたちでこれまでいくつかの時間断面で空間情報を整備してきた[3]。1200年を越す歴史都市である京都は、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、戦前に建てられた神社・寺院、京町家、近代建築などの建造物が多数現存している。こうした要素を各時空間のキーとなる構成要素とし、景観復原をおこなった。

(1) 3次元空間の構築手順

著者所属：株式会社キャドセンター 立命館大学文学部地理学教室 立命館大学 COE 推進機構 (CAD Center Corporation Ritsumeikan University)

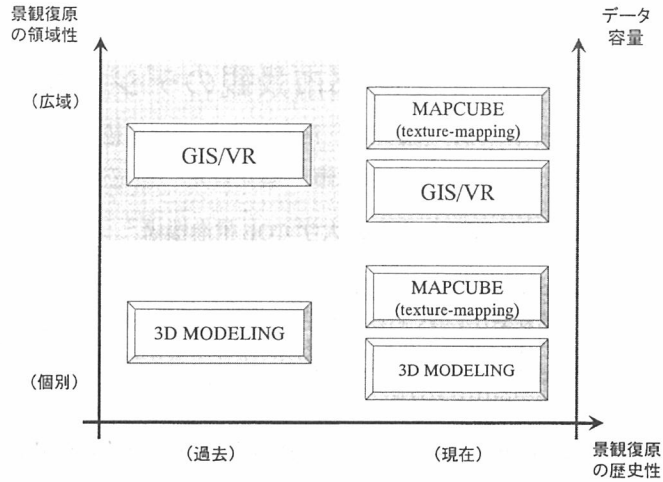


図1 4D-GIS/VRの構築概念

VR化する3次元空間は、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である「MAP CUBE™」をベースに2次元GISにより取得した正確な位置情報から再現していく必要がある。さらに、歴史的な景観要素を生成するには、現在から過去に遡って空間情報を整理していかなければならないため、空中写真(1928・1948・1961・1974・1987・2000・2002年)や住宅地図(1961・1974・1987・1998・2000・2002年)といった資料や、ゼンリン『Zmap-TOWN II』(1998・2000・2003年)、京町家調査(1998・2003年)などの詳細なGISデータから作成した。また、1912年に刊行された大正元年『京都地籍図』をGISデータ化することで、大正期の土地1筆レベルまでの情報を取得した[4]。

その他、旧版地形図や『平安京提要』[5]なども用いることで過去の復原の参考資料とした。また、3Dモデルの生成方法については、作成モデルの空間的領域を考慮して、個別に作り込む詳細なモデルの作成とGISとVRの連動により広範囲の自動生成による作成をおこなう(図1)。広域にわたる膨大な量の建築物等で構成される都市情報を現在から過去を通じて表現するには、モデルの自動生成技術を必要とする。こうした手順により、京町家を景観要素の要とした京都の歴史の変遷VRや平安京の景観復原をおこなった。

(2) 3次元町家モデルの自動生成

京都市都心部には約28,000棟もの京町家が存在し、今尚京都の都市景観の重要な構成要素となっている。ここでは、京町家の代表的な建物類型である総二階、中二階、三階建、平屋建などのそれぞれの特徴を有した簡易な3D-VRモデルを作成し、それを2D-GISの地割位置に当

該の京町家の建物類型を対応させた自動生成シ

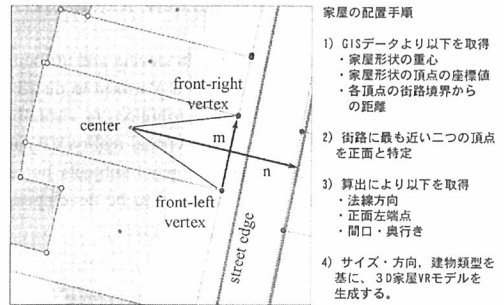


図2 間口・奥行き・方向の取得手順

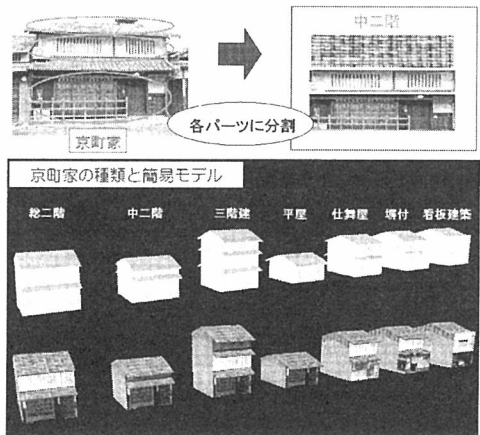


図3 町家類型と対応するモデル・テクスチャ

システムを構築した[6]。このシステムは、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)(図2)、そして建物

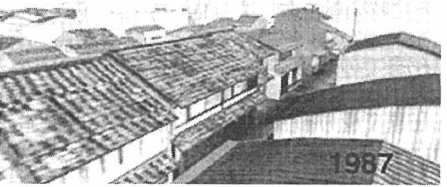
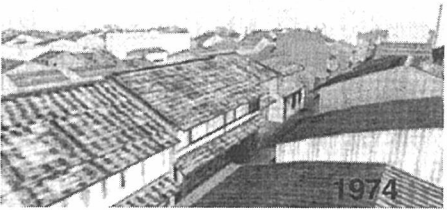
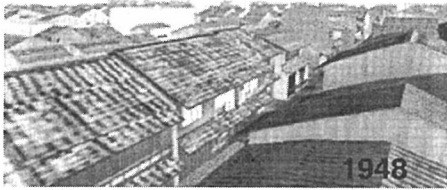


図4 町家の減少過程の3次元化

類型の情報を取得し(図3), 一度に多数の京町家のVRモデルを出力でき, ベースに経年的な2次元データを用いることにより, 生成したVRモデルは景観の変遷を容易に視覚化できる(図4)[7].

(3) 3次元平安京モデルの自動生成

3D平安京モデルの作成資料として, 地形復原には(財)京都市埋蔵文化財研究所『京都市内遺跡立会調査概報』から平安京の埋没深度を特定し, 古地形をDEM(数値標高モデル)化した. 建築物の復原には京都市歴史資料館管理の『平安京模型設計図』を用いて, 当時の土地利用[5]に従いパターン化した建築物モデルを1町~4分の1町の街区単位で自動配置を試みた. 具体的な手順としては, ①発掘資料および歴史史料に基づいた平安京の土地利用データベースを作成し, ②そのデータベースに関する2次元GISを構築する[8], その次に, ③平安時代の建物の設計図から3次元建物モデルを生成し(図5), それらを1町~4分の1町の街区単位で配置した建物モデル群を作成する(図6). 最後にVR表示ソフトウェアを用いて2次元GISと建物モデルを統合し, 平安京の町並みを再現する(図

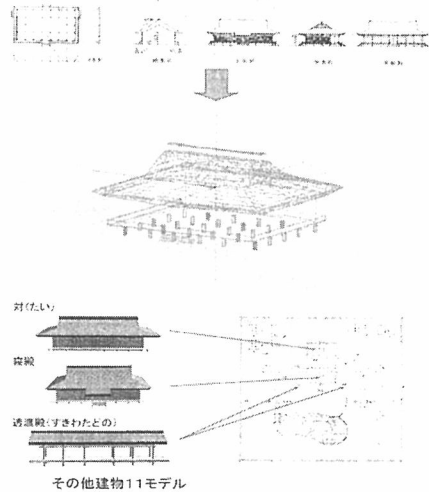


図5 設計図から作成した建物モデル

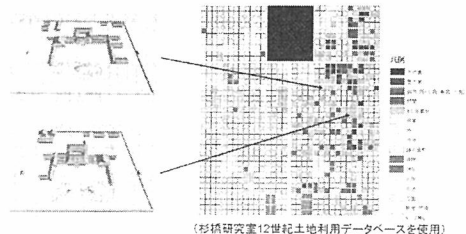


図6 土地利用に基づいた建物モデルの配置



図7 平安京の景観復原 VR

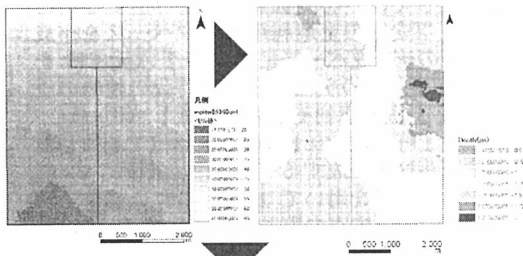


図8 平安京の古地形モデルの復原

7) . さらに地盤に関しても、発掘調査報告書から作成した地質データベースの GIS 解析によって、平安京の埋没深度の空間的分布を特定し、平安時代の古地形も DEM (数値標高モデル) によって再現する (図 8) .

(4) 4D-GIS としての京都バーチャル時空間の構築

京町家や平安京の広域モデルに加えて、ランドマーク性の高い建築物については、CAD による詳細なモデルを作成し、ピンポイントに置くことで、広域かつ高精度な都市モデルを経年的に構築した。こうして、これまで構築してきた現在と過去の 3D-GIS としての京都のバーチャル空間を、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



図9 大正初期 (上段) から現在 (下段) への時・空間的移動

間を構築する。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。表現には 3 次元都市データの可視化ソフトウェアである『Urban Viewer™』を用いて、任意の視点移動とシーンの切り替えによる複数の時間断面での 3D-GIS を組み込むことで、異なる時・空間への移動を可能とした (図 9) . 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。この 4D-GIS を用いることによって、過去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。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 [9][10][11][12].

3. Web3D-GIS 技術と情報配信

これまで、4D-GIS として京都バーチャル時・空間を構築してきた。今後は、京都のデジタル地図のベースとして、新しいコンテンツを容易に取り込むことができるプラットフォームへ発展することが目標である。そのシステムとして Web3D-GIS による情報基盤の整備を進めてきた [13][14][15].

ブロードバンドインフラの普及や 3 次元グラフィックスの低廉化は、インターネット上での Web3D を可能なものにしたが、この Web3D 技術を用いての広域都市データをリアルタイムに表示するシステムは、現状では鳥瞰レベルのものが多く、ウォークスルー時に要求されるような高精度な表現力を持つものまだ存在しない。また、GIS で管理・利用されるような空間情報との対応には未到達なのが現状である。

ここでは、Web3D-GIS のためのシステムとして開発してきた『Urban Viewer for Web™ (UV4W)』の概要とその応用について解説する。

(1) Web3D-GIS

都市における 3 次元都市データは、建物形状・地盤形状等で構成され、その膨大なデータをインターネット配信するためには、データの軽量化・細分化や効率的な配信方法の確立が課題となる。さらに、それに見合うシステムの設計が必要である。本システムは、3 次元都市データを配信するサーバ、地理情報データベースサーバと個々のクライアントで構成されている(図 10)。

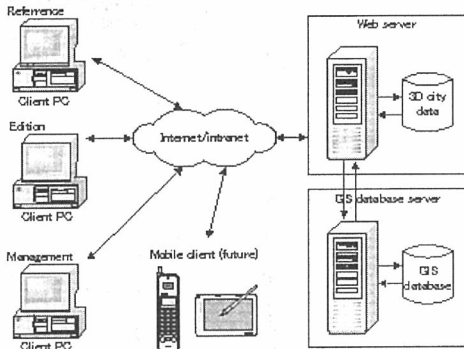


図 10 Web3D-GIS のシステム構成

(2) データの圧縮・軽量化

データの軽量化のうち、3 次元形状モデルについてはリアルタイムレンダリングする際の負荷が問題となる。そのために、全ての面をポリゴン化することを避け、底面ポリゴン+高さ(階数)により軽量化を行った(図 11)。さら 3 次元建物形状データや地盤形状データなどに用いるテクスチャ画像データについては、サーバとクライアント間のデータの伝達のなかで負荷を軽減した。具体的には、サーバ側に用意する複数の解像度の広域テクスチャ画像のなかか

ら、適切な解像度の画像を視点間距離から決定し、クライアント側にダウンロードするようにした。

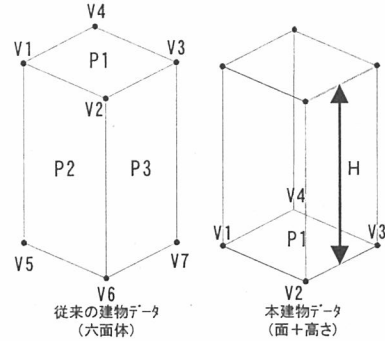


図 11 3 次元建物形状のデータ構造

(3) データの配信方法

3 次元空間データをシームレスに表示・配信するために、LOD (level of detail) による階層的なデータ構造とストリーミング配信技術を採用した。ここでは、クライアント側で、サーバからの広域管理データファイルの取得をおこない、視点情報等の状況に最適な詳細度 (LOD) のデータを選択表示できる(図 12)。そして、広

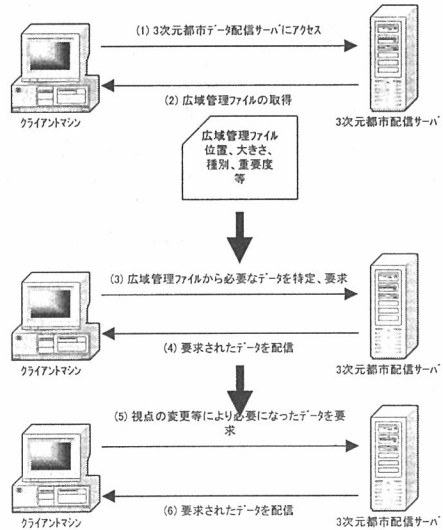


図 12 LOD 処理のプロセス

域管理データファイルがもつ参照アドレスとデータの位置・大きさ・重要度などの情報は、大量のデータから必要なデータを選択しそのデータのみ表示するための指標となる。さらに、その LOD の指示に従い必要な地域のデータを順次

ダウンロードし、一定時間読み込みされていないデータは新しく読み込むデータのためにメモリから解放するというデータのロード・アンロードのタイミングを計る機能としてストリーミング配信技術を応用している。

(3) 起伏付き地形データの表現

地盤形状については、航空写真の他、標高値を持つ起伏付きの地盤形状も表現できるようにした。起伏を表現する上で、広域な地盤形状をシームレスにネットワーク上で配信し、近い地形は詳しく遠いところは粗く表現するようにするため、距離に応じて構成する頂点数・ポリゴン数を軽減できる DEM 形式を採用した (図 13)。

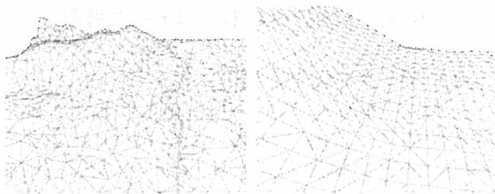


図 13 TIN と DEM の地盤形状

データの構造としては、標高値を持つ頂点配列と、地形を構成する三角形を定義した頂点インデックスを考え、同じ頂点配列に対し、描画対象となる三角形を定義する頂点のインデックスを用意することで、異なる詳細度を定義する事が可能になる。また詳細度の異なる 2 パターンのメッシュを連続させるとその接続部分が接合しなくなるため、この頂点インデックスを複数用意することで、その距離等に応じた最適なインデックスでポリゴンを構築した (図 14)。

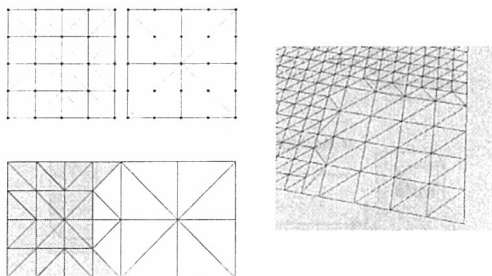


図 14 頂点インデックスと描画面面

(4) 京都バーチャル時・空間の Web 配信

このシステムを用い構築された京都バーチャル時・空間では、①ランドマーク要素へのジャンプ機能 (図 15)、②建物の規模と用途による検

索機能 (図 16)、③ウォークスルー表示と過去・現在の景観の切り替え機能 (図 17) など、様々な機能を擁している。今後は、表示画面中



図 15 表示画面とジャンプ機能

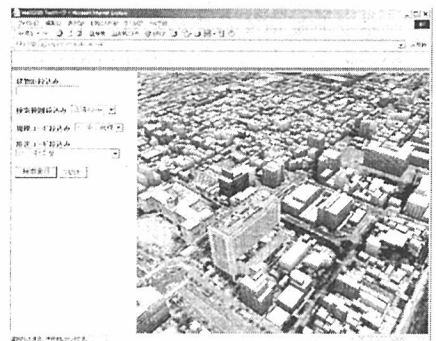


図 16 検索機能

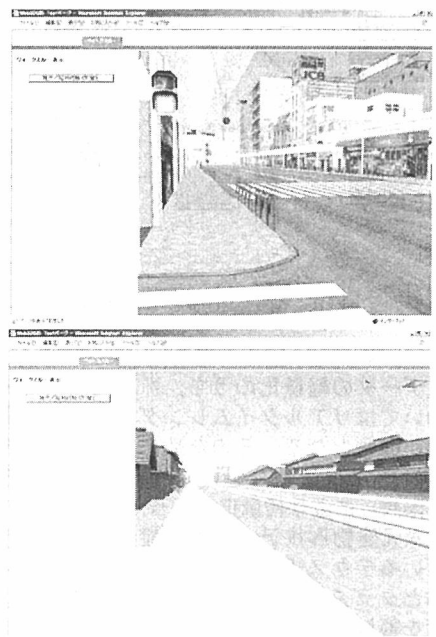


図 17 切替表示 (上: 現在/下: 昭和初期)

にテキスト・アイコンによる情報表示や、検索属性の追加と充実、加えてクライアント側による情報を Web 上に反映するなどの機能の拡充が図られる。また、現状は平面形状による地盤であるが、起伏形状のいかされた地盤モデルを取り込んでいく予定である (図 18)。

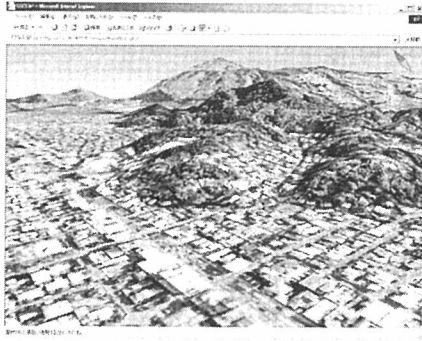


図 18 起伏付き地盤形状表示

(5) GIS との相互対応

3次元表示をインタラクティブに動作するには、Web3D と GIS を組み合わせたシステムの構築が必要となる。そこで、(財)日本地図センターによる 2D-WebGIS システムである『電子国土 Web システム』(以下、電子国土)を利用して、2D-GIS と 3D-GIS の Web 上での連携システムを試作した(図 19)。電子国土は、背景地図を国土地理院が配信し、地理情報を発信する側が地図上に示すデータを配信することで、地理情報の Web 上での配信を容易にするシステムである。基本動作は、電子国土(2D)の画面中心点を UV4W(3D)に渡すことにより両画面を連動させている。このシステムが備えている機能は、キーワード検索による地図上への結果表示や、設定したルートの移動、GPS 機能つき携帯電話などにより位置情報が付加された画像ファイルのポイント表示などであり、ユーザーからのデータ追加を可能にしている。



図 19 Web3D-GIS 事例(電子国土と Web3D の連携)

4. 結語

デジタル・アーカイブは、その歴史情報をデジタル化し保存、活用するところに意義があるが、そのためには、情報の発信のプラットフォームを構築していく必要がある。本研究では、最新の 2D-GIS、3D-GIS と VR 技術を駆使して、時間次元を取り入れた 4D-GIS としての京都の歴史的都市景観を復原し、情報配信基盤を構築した。デジタル・アーカイブには、復原技術のみならず、情報の共有も重要であり、今後、Web 配信していくことで新しい知見の追加や他分野への応用可能性も広がることと考えられる。“virtual”(可視化)は、過去や未来の姿という「見えない」ものを獲得することを可能にする。また、リアルタイムに見ることができ、その対象を異相の空間から獲得することができれば過去、現在、未来の景観をあまねく社会へ発信可能となる。とりわけ、景観を含めた歴史的コンテンツのアーカイブには、こうした情報共有の意味や多くの人々に検討の機会を提供する必要性があるため、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りうる。今後は、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要素など、多種多様なコンテンツの充実と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なシステムおよび Web 上での GIS 機能の拡充などが考えられる。また、Web によるコンテンツの公開は、さまざまな機関、組織との情報の共有が考えられ、京都を舞台にした産官学共同の研究や事業機会も創出されよう。

参考文献

- [1] 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、桐村喬: 都市景観のデジタル化: 京都バーチャル時・空間—京都の過去の町並みを歩く—, 地図情報, Vol.25, No.2, pp.16-19, 2005.
- [2] 高瀬裕、庄直樹、曾根敦、四宮公基: デジタル都市モデルの生成—精細 3次元都市データ自動生成システムの開発と活用, 可視化情報学会誌, Vol.23, No.88, pp.17-23, 2003.
- [3] 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: 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, 2003.
- [4] 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: 『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, 2004.

[5]古代学協会, 古代学研究所編: 平安京提要, 角川書店, 1994.

[6]河角龍典・矢野桂司・磯田 弦・河原 大・河原典史: 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 126, pp. 65-71, 2004.

[7]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—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学術研究発表大会講演集地理情報システム学会講演論文集, Vol.13, pp. 459-462, 2004.

[8]河角龍典・佐古愛己: 地理情報システムを用いた平安京の景観復原, 人文地理学会大会研究発表要旨, 2004.

[9]矢野桂司・中谷友樹・磯田 弦・河角龍典・高瀬 裕: 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, 2004.

[10]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.

[11] Keiji YANO, Tomoki NAKAYA, Yuzuru ISODA and Yutaka TAKASE: Virtual Kyoto: restoring historical urban landscapes using VR technologies, Proceedings of the Nara Symposium for digital silk roads, pp.429-438, 2004.

[12]河原 大・磯田 弦・河角龍典・井上 学・中谷友樹・矢野桂司・高瀬裕: 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, 2004.

[13]高瀬 裕・曾根 敦・畑中達也・銀木 護・益見貴光: 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, 2004.

[14]曾根敦・畑中達也・銀木護・益見貴光・坂尾滋彦・河原大・高瀬裕: Web3D-GIS 技術による 3 次元都市モデルのインターネット配信, 第 13 回地理情報システム学会学術研究発表大会講演集地理情報システム学会講演論文集, Vol.14, pp. 539-545, 2005.

[15]福島綾子・下川雄一・増田達男・宮下智裕・曾根敦・坂尾滋彦・銀木護・河原大: 歴史的地域における景観検討のための web コミュニケーションツールの提案, 第 14 回地理情報システム学会学術研究発表大会講演集地理情報システム学会講演論文集, Vol.14, pp. 369-372, 2005.