

「バーチャル長岡京 3D マップ」の構築と博物館展示への活用

河角龍典¹・橋本隆憲²・山中章³・高瀬裕^{2,4}・矢野桂司¹

¹立命館大学文学部, ²(株) キャドセンター, ³三重大学, ⁴立命館大学 COE 推進機構

「バーチャル長岡京 3D マップ」は、インタラクティブな機能を持つ 3 次元地図である。本研究では、「バーチャル長岡京 3D マップ」の構築プロセスについて説明し、その博物館展示への活用の可能性について示す。「バーチャル長岡京 3D マップ」の内容には、歴史空間情報のアーカイブとビジュアライゼーションの研究が含まれる。これらの研究を効率的に遂行するためには、GIS、CAD、VR の総合的な活用が不可欠である。インタラクティブ 3 次元地図は、模型や CG など博物館展示に用いられる従来の景観表現手法に比べ、様々な側面で有利である。

Construction of “Virtual *Nagaoka-kyo* 3D map” and its application to museum exhibit

Tatsunori Kawasumi¹・Takanori Hashimoto²・Akira Yamanaka³・Yutaka Tkase^{1,2}・Keiji Yano¹

¹Ritsumeikan University, ²CAD CENTER CORPORATION, ³Mie University

“Virtual *Nagaoka-kyo* 3D map” is the three-dimensional digital map which has an interactive architecture. In this paper, we explain the construction processes of the “Virtual *Nagaoka-kyo* 3D map”, and consider the application of the interactive 3D map in a museum exhibit. This historical 3D map construction is including the digital archives and visualization research of historical spatial information. In order to carry out these researches efficiently, we need to use the technologies of GIS, CAD, and VR comprehensively. This interactive 3D map has some advantages in various aspects of museum exhibit over the landscape representations such as diorama and 3D CG which have been used in previous studies.

1. はじめに

「バーチャル長岡京 3D マップ」は、長岡京に関する地盤、土地利用、建築物などの空間情報をもとに構築した、インタラクティブな 3 次元地図である。

本研究で対象とする長岡京は、平安京の直前（西暦 784 年～794 年）の時代に、現在の京都府向日市、長岡京市付近に建設された古代の首都である（図 1）。長岡京は 10 年という短命な都であったが、1800 回を超える発掘調査により、都市景観の実態が解明されつつある。こうした調査により長岡京に関する膨大な歴史空間情報が蓄積

されてきた。しかし、これらの研究の基礎となる膨大な発掘調査成果のデジタル化は、ほとんど進んでいないのが現状である。長岡京においては、本研究で扱う GIS（地理情報システム）を用いたデジタルアーカイブや景観のビジュアライゼーションの研究は、実施されてこなかった。

近年、3 次元都市モデルの生成に関する研究^{[1][2]}の発展がみられるが、本研究は 3D-GIS や CAD などの空間情報技術を用いた都市景観のビジュアライゼーションの研究を歴史都市に応用した研究である。

歴史都市の空間情報に対して GIS や CAD を適

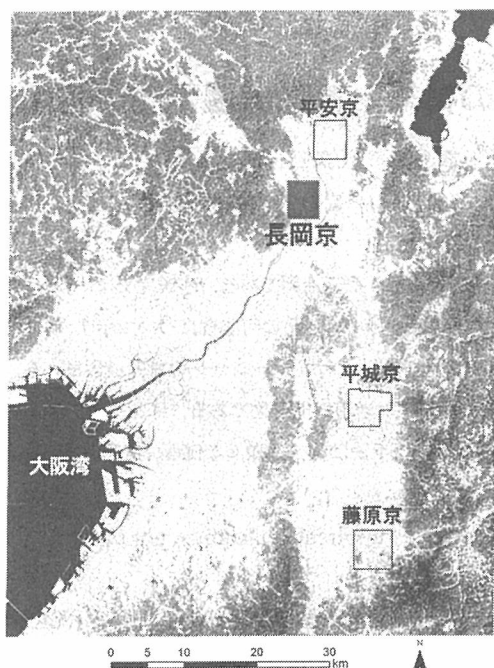


図1 長岡京の位置

用した過去の都市景観のビジュアライゼーションに関する研究はこれまでいくつか実施されている。日本国内に注目すれば、事例の多くは江戸³や大坂など情報量の多い近世以降の城下町に偏る傾向にあるものの、古代都市を対象とした研究も近年いくつか実施されるようになった^{[4][5]}。しかし、本研究で対象とする長岡京では、3D-GISやCADをベースとした都市全体の復原的研究はこれまで実施されていない。

ところで、博物館展示において、歴史都市景観を再現する場合、一般的にこれまで模型、絵画、3DCGのレンダリング画像やアニメーションが主要な表現手法となってきた。とりわけ本稿で取り組むVR（Virtual Reality）技術を適用したインタラクティブな歴史都市の3次元空間を構築した事例はまだ少ない。この理由のひとつは、広域に複雑な3次元の建物形状を大量に表示するためデータ量が大きくなり、リアルタイムでのレンダリングが難しくなるためである。

以上のように日本の古代都城のような広域に

大量の建築物が配置される歴史都市の再現を効率的に進めるためには、GISの利用は不可欠である。本来、この「バーチャル長岡京3Dマップ」の研究の中には、①GISによる歴史空間情報のデジタルアーカイブ、②CADとVRによる3次元ビジュアライゼーション、さらには③GISデータベースを活用した空間分析、そして④3次元ビジュアライゼーションを利用した景観分析が含まれる。本稿では、そのうち①歴史空間情報のデジタルアーカイブと②3次元ビジュアライゼーションに論点を絞り、GIS、CAD、VRを総合的に活用した「バーチャル長岡京3Dマップ」の構築プロセスを説明する。そして、その3次元ビジュアライゼーションの活用事例のひとつとして、博物館展示に使用したコンテンツの特徴、バーチャル3Dマップの応用の可能性を示す。

2. 研究方法

「バーチャル長岡京3Dマップ」は、①長岡京のインタラクティブ3次元マップを主とするコンテンツ、②大きさを比較するためのコンテンツ、③長岡京の現況と過去の長岡京を比較するためのコンテンツの3つから構成されている。とりわけメインのコンテンツであるインタラクティブ3次元マップは、地盤データ（地形・河川・植被、街路）、長岡京域土地利用データ、3次元建物形状データから構成される。

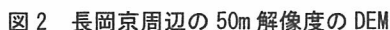
バーチャル長岡京3Dマップの構築の手順は次の通りである。①GIS上での地盤データ・土地利用データの構築、②CAD・CGソフトウェアによる3次元建物形状データの作成、④VRソフトウェア上での、地盤データ、土地利用データ、3次元建物形状データの統合と表示、⑤展示用インターフェースおよびコンテンツの作成。

ここで扱う空間情報は、すべて同一の投影座標系のもとで管理し、ここでは、日本測地系平面直角座標系第6系を使用した。また、土地利用デー

なお、GIS ソフトウェアは、(株) ESRI 社の ArcGIS9、CAD、CG ソフトウェアは(株)イー
フロンティア社の Shade8、VR ソフトウェアは
(株)キャドセンター社の UrbanViewer™を使用
した。

(1) 地盤データの構築

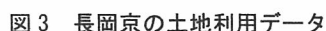
地形の 3 次元形状データには、「国土地理院の数値地図 50m メッシュ (標高)」を用い、GIS ソフトウェアで 50m 解像度の DEM (Digital Elevation Model) を生成し、VRML 形式で出力したデータを使用した (図 2)。



条坊の街区については、(財) 向日市埋蔵文化財センターが作成した「長岡京条坊復原図」を使用した^[8]。長岡京条坊復原図に記載される座標系をもとに GIS ソフトウェアに取り込み、条坊街区形状データを作成した。街区ポリゴンの規模は一町を基本として、街区の規模が二町、四町に及ぶ街区に関しては街区の大きさを変更した。

(2) 長岡京の GIS 土地利用データの構築

長岡京域では、数多くの発掘調査が実施されてきたが、近年の大規模発掘調査により宅地内部の実態が詳細に判明している区画に関しては、発掘調査成果を加味しながら建物配置の復原を行った。図3は、長岡京の条坊街区とその土地利用データをGISで表示したものである。



4. CAD・CGによる3次元建物形状データの作成

(1) 3次元建物形状モデルの作成と復元資料

3次元建物形状は、古代の建築物の復元模型設計図をもとに、CAD、CGのソフトウェアでモデリングを行った。なお、3D建物形状のテクスチャについては、既存の復元模型を撮影したものを使用している。

長岡京独自の3次元建物形状データの構築においては、向日市文化資料館に所蔵される長岡宮「内裏正殿・朝堂院復元図」⁹を使用した。その復元模型設計図には、内裏正殿、朝堂院、大極殿に関する建物設計図は掲載されるが、長岡京に存在するすべての建物をカバーしていない。そこで、カバーしていない建物については、京都市が所蔵する「平安京復元模型設計図」^[10]をもとに3次元建物形状を構築した。なお、それらの3次元建物形状データの中には、「バーチャル平安京」^[11]構築時に作成した3次元建物形状モデルも再利用されている。

(2) 街区単位での3次元建物形状データの配置

「長岡京復元模型設計図」は、街区単位の建物配置情報を持つ。長岡宮域については、全25パターンの配置情報が示される。長岡京域については、全30のパターンが示される。そのうち本研究では邸宅民家、役所、寺院などの18パターンを採用した。「長岡京復元模型設計図」に示される条坊街区単位の建物配置パターンの図には、基本的に街区内の個々の建物の配置位置と屋根の材質（瓦葺、桧葺、板葺）が記載されているが、各建物の規模はおおよその情報しか得られない。そこで、まずは建物配置情報図面から建物の大きさを特定し、必要な個々の3次元建物形状データをリストアップした上で、街区単位の建物配置情報をもとに3次元建物形状データを配置した（図4）。

ところで、条坊街区一町の大きさはおおよそ

120m×120mに及び、街区内に起伏が存在する。

ここでは、個々の建物形状データを自動的に起伏に対応させるプログラム独自に開発し利用した。

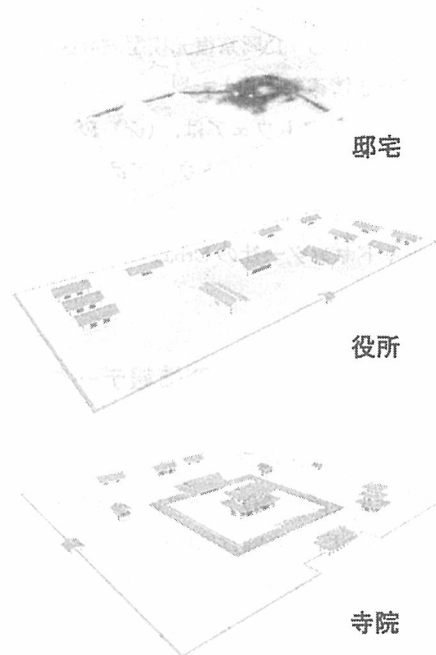


図4 街区単位の3次元建物形状データの事例

5. VRソフトウェアによるデータの統合とビジュアライゼーション

(1) データの統合

GISソフトウェア単独でも地形や建築の3次元表示は可能である（図5）が、よりリアルな建物形状データを大量に統合するために、本研究ではVR専用のビューワーソフトウェア（Urban ViewerTM）を使用する。長岡京の景観をよりリアルに可視化するためには、地盤データ、土地利用データ、3次元建物形状データの統合をVRソフトウェア上で行う必要がある。GISで作成した地盤データ、土地利用データは、日本測地系平面直角座標系第6系の統一された座標系に基づき配置する。地形や街区のデータについては、VRソフトウェアで読み込み可能な形式に変換し、リダ

クシオン処理を施した上で配置した。



図5 GISソフトウェアによる
長岡京の3次元表示

長岡京城の街区は、全1240街区に及び、そのうち844街区に街区単位の3次元建物形状データを配置した。このように広域の地盤データおよび大量の3次元建物形状データを動作させるために、3次元建物形状の作成時には、リダクション処理を施し、データ量を減らした。このように800を超える街区単位の3次元建物形状データを土地利用データに基づき効率的に配置するために、それらを自動的に配置するプログラムを用いた。また建物形状データにLOD (Level of Detail) を適用するためにテクスチャの解像度も近景用と遠景用の2パターンを用意した。

(2) 統合データのビジュアライゼーション

図6は、これらの空間情報を統合したデータをUrbanViewer™上で表示したもので、長岡京の羅城門の南の上空から北方を眺めた風景である。ある。このVRソフトウェアを使用することによって、操作者の意思にしたがって自由自在にリアルな3次元空間を行動できる。このVR技術を応用した閲覧用ソフトウェアは、フライ・スルーモード、ウォーク・スルーモードなどインタラクティブな閲覧機能を備える他、スケールを自由自在に変化させる機能も備え、周辺の山並みを含めた長岡京の景観を様々な視点からアルタイムで確認することができる。このような景観を創出することは、従来の景観復原の手法でも可能であったが、

とりわけ精度と効率の面での困難が存在した。



図6 VRソフトウェアによる長岡京の3次元表示

6. 博物館展示におけるバーチャル3Dマップの活用の可能性

(1) 「バーチャル長岡京3Dマップ」のコンテンツ

「バーチャル長岡京3Dマップ」は、長岡京の3次元空間をウォーク・スルー、フライ・スルーできるコンテンツ「京内空中探索」、そして長岡京の大きさを理解するためのコンテンツ「大きさ比較」、さらには長岡京城の現在の空中写真と長岡京の景観を比較するためのコンテンツ「切り替え古今マップ」から構成される(図7)。

「京内空中探索」はウォーク・スルー機能とフライ・スルー機能を備えている。ウォーク・スルー機能は、朱雀門から長岡宮の朝堂院、大極殿院付近に設定した(図8)。ウォーク・スルーモードでは、人の目線に立って移動し、自由自在に視点を変えリアルタイムで景観シミュレーションを行うことができる。他方、フライ・スルー機能では、俯瞰的な視点から長岡京やその周辺を含むエリアの景観シミュレーションを行うことができる。ところどころには、主要施設の説明板が用意されており、施設の概要を確認することができる。

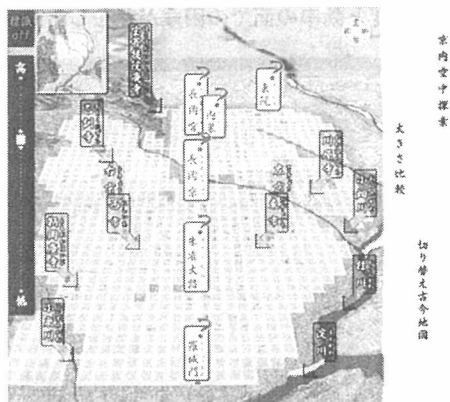


図7 「バーチャル長岡京 3D マップ」 オープニング画面のキャプチャー画像

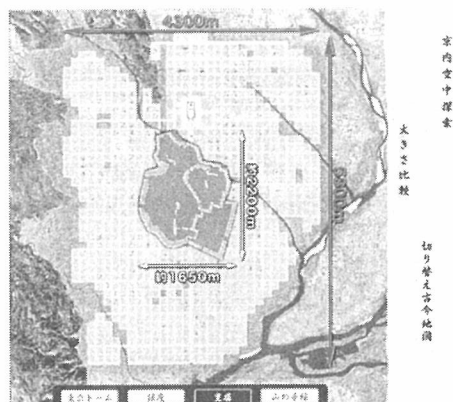


図9 「大きさ比較」のキャプチャー画像

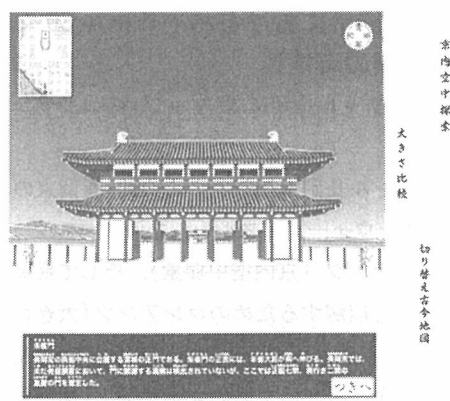


図8 「京内空中探索」のウォーク・スルーモールのキャプチャー画像

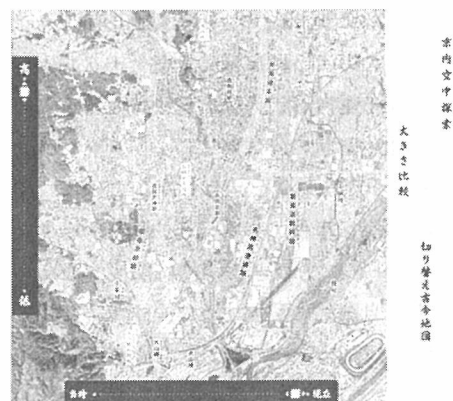


図9 「切り替え古今マップ（現代）」のキャプチャー画像

「大きさ比較」(図9)においては、長岡京の大きさを理解するシステムとして、長岡京の大きさと関東地方にある施設(東京ドーム、皇居、銀座、山手線)との比較を行えるコンテンツを作成した。また、朱雀大路の長さ(4000m)と同等の規模の施設として、成田空港 A 滑走路の事例を取り上げ、朱雀大路をジャンボジェット機が離陸する CG アニメーションを朱雀大路の説明項目にリンクさせた。

現在の景観の中における長岡京の場所を理解

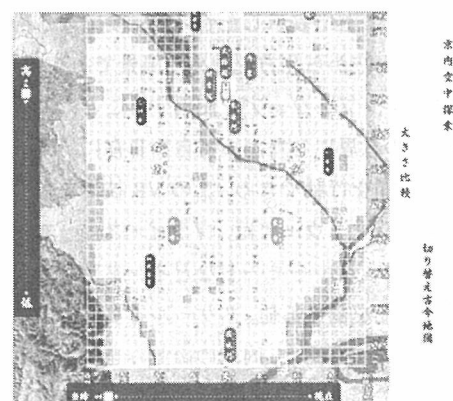


図10 「切り替え古今マップ（長岡京時代）」のキャプチャー画像

するためのコンテンツとして、現在の空中写真と長岡京の景観を比較するための「古今マップ」(図10)というコンテンツを作成した。「古今マップ」では、時間軸のスライダを動かすことによって、長岡京の2次元CGマップから現在の空中写真に表示をかえることができる。

(2) 展示用のシステム

なお、展示用のシステムとして、本研究では、操作性を考え、3次元データ表示用のタッチパネル NEXTRAX™ ((株)キャドセンター製) 17インチを使用した。国立歴史民俗博物館の展示においては、3台のタッチパネルを設営した(図11)。



図10 国立歴史民俗博物館における「バーチャル長岡京 3D マップ」の展示状況

展示においては、幅広い客層が予想されたため、インターフェースは簡素なものにした。基本的には、タッチパネル上のボタンに触るだけで、街並みに設定された主要な施設を閲覧することが可能になる。

(3) 博物館展示への活用の可能性

長岡京をはじめとする古代宮都の景観の可視化は模型、3DCG、絵画などによって表現されてきた。それぞれの表現方法と比較すると「バーチャル長岡京 3D マップ」にはどのような特徴があるのだろうか。ここでは、主に模型との比較を中心に博物館展示におけるインタラクティブ 3D マップの活用の可能性を考える。

GIS, VR, CAD を活用したバーチャル 3D マップの最大の特徴は、インタラクティブな機能を持つことである。こうした機能は、3DCG の画像や動画には含まれない。模型は、比較的自由的な視点から閲覧することが可能であるが、ウォーク・スルーモード的な閲覧は不可能である。

「バーチャル長岡京 3D マップ」は、スケール調整(ズームイン・ズームアウト)機能も備えられており、広域の表示から人目線に立った建物の細部の表示までひとつのシステム内で表示することが可能である。模型では閲覧者の視点の位置を変化させることによって、スケールの調整が可能である。しかし、広域対象にした景観復元が行われる模型では、建築物の細部を多くの場合表現することができない。

製作費については、制作エリアの規模や建物形状データのリアリティー度によって大きく変動するが、模型と比べると安価な場合が多い。設置スペースについては、「バーチャル長岡京 3D マップ」においては PC の設置スペースの確保が必要となるのみで、模型の設置スペースほど広い展示スペースを必要としない。ただし、閲覧人数については PC の設置台数に限られる。

とりわけ日本の古代都城は発掘調査が盛んに実施されており、情報の更新を頻繁に行う必要がある。模型における建物形状の入れ替えは非常に困難な作業である。「バーチャル長岡京 3D マップ」では、比較的容易に 3 次元形状データの修正が可能である。

模型は、木材やプラスチックなどの材料が使用されて時間の経過とともに劣化する傾向にある。バーチャル 3D マップについては、劣化の恐れはない。

模型展示において各種情報が模型の内部で表示可能であるが、こうした情報の提示は 3D マップの方が容易であり、多くの情報をリンクさせることが可能である。情報発信の媒体としての活用

も見込まれる。

以上のように、バーチャル3D マップは、博物館の展示コンテンツとして、有用な側面を持つ。

7. おわりに

本稿では、GIS、CAD、VR を活用したバーチャル長岡京3D マップの構築プロセスとそのコンテンツの博物館展示への活用性を検討した。

「バーチャル長岡京3D マップ」では、情報科学の技術を活用しながら地理学、考古学、建築史学、歴史学など様々な学術分野に及ぶ空間情報を統合することによって、これまで創出されることのなかった長岡京とその周辺を含む地域の再現画像を精度よく効率的に創出することができた。

とりわけ、インタラクティブな機能を備えることによって、エンタテインメント的機能も高まり、学術情報をわかりやすい表現で発信することができる。本システムの持つこのような側面は、学術と社会とをつなぐ博物館の役割のひとつとして十分機能すると思われる。

長岡京のように歴史空間情報が蓄積された都市遺跡は他にいくつも存在する。本研究で適用したGIS、CAD、VRを適用した手法は他の歴史都市にも応用可能である。とくに古代都市における眺望意味を考察するためのシステムとして人文科学の研究への貢献が考えられる。

本研究では博物館展示を目的にシステムの構築を進めたが、今回使用したデータセットをもとにして3DWEB-GISとしてインターネットを通じて発信することも技術的には可能であり、今後の課題としたい。

付記

本研究で構築した「バーチャル長岡京3D マップ」は、国立歴史民俗博物館において開催された企画展「長岡京遷都—桓武と激動の時代—」（2007年10月10日～12月2日）に出展したコンテンツであり、国立歴史

民俗博物館の企画、協力のもと（株）キャドセンターと立命館大学が主体となり制作したものである。

「バーチャル長岡京3D マップ」の構築においては、国立歴史民俗博物館の展示プロジェクト委員の皆様にご協力いただいた。とりわけ、長岡京の建築物の復原においては、京都大学建築学研究科の高橋康夫先生にご教示を頂戴した。データ提供にあたっては、京都市、向日史教育委員会にご協力いただいた。末筆ながら記して感謝申し上げます。

なお、本研究は、文部科学省グローバル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」（立命館大学）の研究成果の一部である。

参考文献

- [1] N.Shioda: "3D urban models: Recent developments in the digital modelling of urban environments in three-dimensions", GeoJournal, vol.52-3, 263-269,2004.
- [2] 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,162p,2007.
- [3] 清水英範, 布施孝志: 国土の原景観を探る,測量,Vol.53-10,pp.13-20,2003.
- [4] 河角龍典, 塚本章宏, 磯田弦, 佐古愛巳, 高瀬裕, 矢野桂司:宮都研究とGIS,条里制・古代都市研究,第22号, pp.1-18,2007.
- [5] 角田哲也, 大石岳史, 小野晋太郎, 池内克史:バーチャル飛鳥京:複合現実感による遺跡の復元と観光案内システムへの展開, 生産研究,Vol.59-3,pp.172-175,2007.
- [6] 向日市文化資料館編「模型の復原」,向日市文化資料館報,創刊号, pp.14-18, 1985.
- [7] 中谷友樹, 桐村喬:「旧版地形図を見る」,(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.) pp.35-37, 所収.
- [8] (財)向日市埋蔵文化財センター編「長岡京条坊復原図」,(財)向日市埋蔵文化財センター年報, 都城, No.10, 附図, 1999.
- [9] 宮本長二郎: 10 内裏正殿・朝堂院の復原, 向日市文化資料館報, 創刊号, pp.35-37, 1985. その他設計図の原図は, 向日市教育委員会で管理されている.
- [10] この設計図は, 京都アスニーに展示されている平安京復原模型の設計図であり, 現在, 京都市によって管理されている.
- [11] 河角龍典「平安時代のバーチャル京都」(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.) pp.92-109, 所収.