# 空間情報技術の活用による歴史的景観の復元

近藤大地<sup>1</sup>・吉川 眞<sup>2</sup>・田中一成<sup>3</sup>

<sup>1</sup>正会員 修士(工学) 大阪府立西野田工科高等学校 定時制の課程 デザイン科 (〒553-0007 大阪市福島区大開2-17-62, E-mail:kondou-t@nishinoda-t.osaka-c.ed.jp)

<sup>2</sup>正会員 工博 大阪工業大学工学部都市デザイン工学科
(〒535-8585 大阪市旭区大宮5-16-1, E-mail:yoshikawa@civil.oit.ac.jp)

<sup>3</sup>正会員 博士(デザイン学) 大阪工業大学工学部都市デザイン工学科
(〒535-8585 大阪市旭区大宮5-16-1, E-mail:issey@civil.oit.ac.jp)

観光立国を目指す政府において「景観」は重要なキーワードとなっている。一方で、空間情報技術の発達により、都市デザイン分野でも空間データの利活用が大いに進展している。そこで本研究では、歴史・文化・風土など地域の特性を活かしたまちづくり支援を目的として、空間情報技術を活用することで各種空間データを融合し、歴史環境データベースの構築と3次元都市モデルの構築を試みている。構築した3次元モデルはアニメーションや3DVRなどへ展開することで、ディジタルコンテンツへの応用も図っている。

キーワード:歴史的景観,空間情報技術,景観シミュレーション

#### 1. はじめに

産性重視の画一的な都市基盤整備が行われてきた. こう した中、環境の破壊と景観の醜悪化が進み、歴史や文化 といった地域性が失われてきた. しかし, こうした状況 への反省から近年、質的に豊かな国土利用に向け、政府 は「美しい国づくり政策大綱」を打ち出し、「景観法」 の施行も始まっている. また, 「観光立国行動計画」を 策定し、街の景観形成や魅力形成に向けて、地域の歴史 的建造物の保全や活用といった取り組みを推進している. 一方で、近年の空間情報技術の発達にともない、ハー ドウェア・ソフトウェア両面での進化やデータウェアの 整備が進展し、3次元都市モデルを用いた景観シミュレ ーションが比較的容易に行えるようになってきている. また、「美しい国づくり政策大綱」の具体的施策の一つ とされる技術開発でも、GISを活用した3次元景観シミ ュレーションなど景観の対比・変遷を分析する技術があ げられている.

わが国では、戦後復興、高度経済成長期を通じて、生

## 2. 研究の目的と方法

本研究は、多様な歴史環境が生きる関西において、歴 史的景観を保全・復元・活用することを社会の要請と捉 え、歴史・文化・風土など地域の特性を活かしたまちづ くり支援を行うことを目的としている. 具体的には、GISやCAD/CG、GPSといった空間情報技術を積極的に活用することで、図面や史料、DM (Digital Map) データや航空機搭載型レーザ測量 (LIDAR) データといった各種空間データを融合し、歴史環境データベースの構築と3次元都市モデルの構築を試みている。また、これら構築されたデータはアニメーションや3DVRへと展開を図り、3次元モデルの利活用についても考察を行っている.

#### 3. 研究対象地

本研究では、大阪府高槻市の高槻城跡地域を対象としている(図-1). 大都市近郊の衛星都市である高槻市は戦後の急激な人口増加によって都市化の進んだ地域である。



図-1 研究対象地

また、大阪と京都の両大都市を結ぶ位置関係により、古くから交通の要衝としても栄え、長く多彩な歴史を有している。中でも江戸期より町家や武家屋敷が建ち並ぶなどして栄えた高槻城跡地域では、平成15年3月に「高槻市しろあと歴史館」を開館するなど、歴史遺産を活用した「まちづくり」を積極的に展開している。空間データの整備にも早くから取り組んでおり、それらデータの利活用という面で先進的な自治体でもある。

# 4. 城郭図面の定位とデータベースの構築

## (1) 歴史的位置参照点による図面の定位

城郭モデルの復元にあたり、城郭平面図を現代図中に 定位させる必要がある。その定位に際して、田ノ畑・吉 川らによる歴史的位置参照点手法<sup>1)</sup>を応用させること とした。

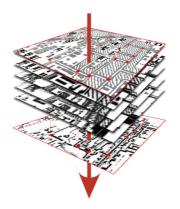
過去との繋がりを考えた場合、位置情報として重要になるのがGCP(Ground Control Point)である。GCPはディジタル地図の幾何補正を行う際に基準とする点であり、過去の地図を現代地図に定位させる場合には、過去から現代にかけて変化がないと思われる点を指すことが多い。すなわち、過去と現代の同一位置を示す点として、GCPは歴史的位置参照点の候補点とすることが可能である。そこで本研究では、GCPの観点から、過去から現代にかけて変化のない街区の角について抽出し、これらを歴史的位置参照点の候補とし、その後、現地での測量により高精度な座標位置を取得することとした。

本研究の対象地である高槻城跡地域は、明治期の鉄道建設のため城は破却され、その後、工兵隊の駐屯、戦後の公園整備等により、現在その面影を見ることはできない。しかし、城下町からの町割や掘割が現在の街区形成に継承されているという史料<sup>2)</sup>の記述があったため、地形図データベースの構築により、街区の形成をたどることで、過去から現代にかけて変化のない街区を抽出することとした。

地形図データベースの構築に際し、明治期より比較的精度の高い地図を有している国土地理院発行の旧版地図を用いて、約20年ごとに6年代分の地図を使用した.また、これらのベースマップとして1/500の精度をもつ高槻市DMデータを用いている.

構築したデータベースから、高槻城地域における街区の変化を読み解き、過去から現代にかけて変化のなかった街区を見つけ出し、これらの角を位置参照点の候補とした(図-2). 研究対象地域である高槻市では独自に位置参照点の整備を行っており、高槻城跡地域でも多数の点が配置されている可能性があったため、高槻市の既存

位置参照点と地形図データベースより抽出された候補点とを重ね合わせ、現地測量の必要性を検討した(図-3). 現地の地理条件や作業効率などを踏まえた上で、TS(Total Station)測量とFKP(面補正パラメータ)方式によるGPS測量により現地測量を行った(図-4).



現代 (1997) 高度経済成長期 (1970) 戦後復興期 (1950) 昭和初期 (1928) 明治後期 (1909)

明治中期 (1890)

図-2 GCPの抽出イメージ





旧版地図より 土井出した点





図-3 抽出点と高槻市既存参照点をオーバーレイ





図-4 現地測量風景

その結果,既存参照点も含め31点の座標値を取得することができた.測量成果をGIS上にインポートし,ベクタ化した城郭図面の定位を行った.取得した参照点をGCPとして,現代空間上にほぼ正確な位置で城郭図面の定位を行うことができた(図-5).



図-5 城郭復元図の定位

#### (2) 歴史環境データベースの構築

定位した城郭図面と高槻市DMデータをもとに、歴史環境データベースの構築を行った。こうした歴史的位置情報を記したデータベース構築は現代と過去の繋がりを把握する上で大変貴重な資料となる。具体的には、掘割の変遷データベース、堀の深さに関するデータベース、町丁目エリアのデータベースの3つを構築している(図-6)。





天正年間







寛永年間以降

図-6 掘割変遷データベース

本研究で復元する高槻城は江戸期のものであるが、中 世高槻城の規模については具体的な遺構もなく、その復 元には当時の文献や絵図から類推する他に手立てはない とされている。こうした中、発掘調査報告書<sup>2)</sup> に江戸 期高槻城以前の掘割がある程度の類推で描かれていたため、GISを用いて現代空間上に定位させた。その結果、4期にわたる高槻城掘割の変遷を把握することができた。堀の深さに関するデータベースの構築では、史料<sup>3)</sup> の記述によりその位置を割り出している。また、町丁目エリアのデータベースでは明治期の大字・小字界の史料を入手し、そのエリアを定位した。当時の小字名には本丸や二之丸、桜之馬場といった名称が残っており、城郭の位置関係を示す情報として大変貴重なものとなっている。これに現代の町丁目エリアをオーバーレイさせると、細分化されていた境界は大きく統合され、その形態も城郭の面影をほとんど残していないことがわかる。

# 5. 3次元都市モデルの構築

# (1) 城郭都市モデルの構築

歴史環境データベースの構築により、対象地における さまざまな位置情報を定位することができた.これらの GISとCAD/CGを統合的に利用し、高槻城ならびにその 城下町の復元を試みた.

モデルの構築範囲は、定位を行った城郭図面の範囲に加え、3Dビューアのフライスルーへの展開を踏まえた範囲として、高槻城周辺の歴史環境である西国街道、芥川宿地域を含む3km四方を選定している(図-7).

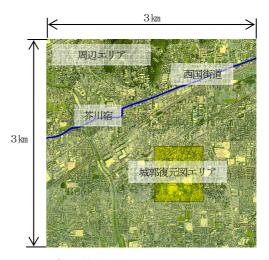


図-7 モデル構築範囲

城郭モデルの構築にあたり、まず土台となる地形モデルの構築を行った. リアリティをもったモデルを構築するためには景観に及ぼす影響として考えられる周辺地形も考慮する必要がある. また、高槻城地域は北に北摂山脈が存在する関係で、北側の標高が少し高くなっているため、これらの地理的影響をモデルに表現することとし

た. モデルは城郭図面範囲内のエリアとそれ以外の3 km四方に含まれる周辺エリアとに分けて構築している.

過去の地形については、現代の標高と同じとして扱い、 山野・吉川の手法<sup>4)</sup> を用いて構築している。高槻市DM データから作成した交差点ポリゴンにLIDARデータをオ ーバーレイさせ、計算機上で最頻値を算出し、交差点の 標高としている。 これらポイントデータから不定形三 角網(TIN: Triangulated Irregular Network)を生成し、地 形モデルの構築を行った(図-8).

ここで構築した地形モデルをもとにTINの切り取りにより、城郭地形モデル、周辺地形モデルの構築を行った。とくに周辺地形モデルについては「高槻市の近世歴史地図」を参考に江戸期の土地利用分類を表現した地形モデルを構築した(図-9)

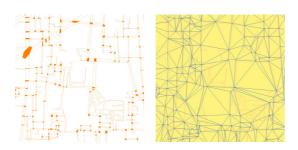
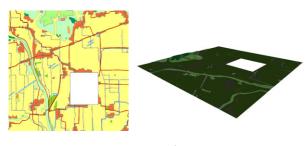


図-8 交差点ポリゴンから TINの生成



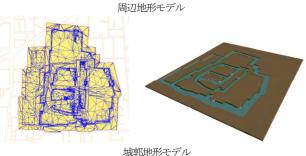


図-9 地形モデルの構築

城郭内の天守や武家屋敷、町家などの建物モデルは高 槻市しろあと歴史館より借用した城郭模型図面をもとに 構築している。本研究ではこれら図面に描かれているス ケールや形態をもとに外形を作成し、一部のモデルにつ いては史料の記述に基づいた細部の表現についてモデリ ングを試みている。

#### a) 起り・反り屋根と石垣モデル

古くからの木造建築の屋根は緩やかなカーブを描いている.このカーブには2種類あり、やわらかさを表現できることから、数奇屋建築に多い起り屋根と威厳をもつ城や寺社に多く見られる反り屋根がある.これら垂木の曲線美は大工の技術によるもので、設計図に描かれることが少ない.本研究で扱う模型図面にも描かれていないため、CAD/CGのモデラであるfom・Zの変形ツールを用いて反り・起り屋根の表現を試みた.変形ツールとしてはモデルの両端を固定し変形処理を行うラジアルシアーコマンドを用いている(図-10).

また、石垣は天守閣の威厳を示す要素の一つである. 高槻城の景観構成においても天守閣にリアリティを与えることは重要であり、その一部を構成する石垣の表現は欠かせないものである.そこで、石垣の形状や種類について整理し、史料の記述にもとづくモデリング表現を試みた.

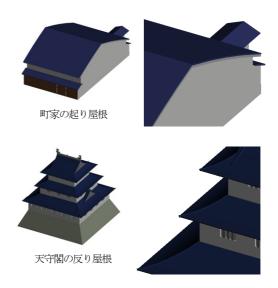


図-10 反り・起り屋根の表現

# b)添景の配置とモデリングツールの活用

添景は建物のスケールと比較すると小さいものであるが、景観に動きを与え、雰囲気づくりには欠かせないものである。本研究では添景として主に樹木を配置させている。添景は小さく細かなモデルが多数に及ぶことが多いため、個々にモデリングを行うとデータ量が膨大となる。そこで本研究では透過マッピングを用いて樹木の表現を行っている。また、360°方向の視点から樹木のボリュームを表現するため、3枚のサーフェイスモデルを底辺の中点を基準としてZ軸回りに60°ずつ回転させて表現している。

このほか、3次元スイープや回転体などさまざまなツールを用いてモデリングを行い、効率的なモデル構築を 試みている。

#### (2) 現代都市モデルの構築

復元した過去の景観と現代の景観を対比させるため、現代都市モデルの構築を行った。地形モデルについては城郭地形モデルの際に作成したTINを応用している。また、建物モデルについては広範囲となるため、山野・吉川による手法<sup>4)</sup>を応用し、LIDARデータを活用した自動生成により構築している。高槻市DMデータから建物データを抽出し、エリア内に含まれるLIDARデータの最頻値を算出し、建物の高さデータとしている。

生成された3D建物モデルは対象範囲の3km四方に及ぶため、データの操作性から、300m四方ごとに分割して出力した。また、直接出力されたデータは多角形面が三角形分割されているなどデータ量が膨大であるため、ポリゴン面の結合処理を行い、データの減量化・効率化を図っている。

現代都市モデルのリアリティを向上させるため、図面が比較的入手しやすい公共建物について高槻市に協力を依頼し、城郭復元図エリア内に含まれる9軒の建物について複写図面を入手し、モデリングを行った(図-11).

これら構築したモデルの配置や結合を行い,現代都市モデルの構築を行った.航空オルソ画像のマッピングや添景の配置,モデリングした建物の配置などにより,比較的リアリティの高い現代都市モデルを構築することができた(図-12).

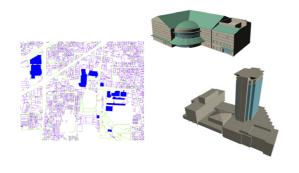


図-11 公共建物の配置図と主なモデリング建物

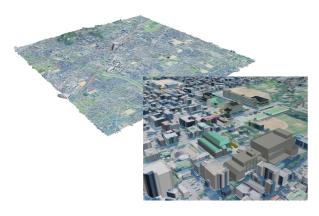


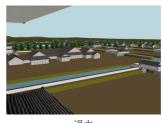
図-12 現代都市モデル

# 6. 景観シミュレーション

インタラクティブなシミュレーションを行いながら過去のまちの姿を表現できるアニメーションやVRは、関係者の合意形成プロセスにおいて極めて有用なツールである。本研究では構築した過去と現代の都市モデルを活用し、変遷景観の把握や3Dペイントレンダリングへの応用、アニメーション、3DVRへの展開を試みている。

## (1)変遷景観シミュレーション

構築した3次元都市モデルを用いて変遷景観シミュレーションを行った(図-13). 過去の代表的な視点場である天守閣からの眺めを現代と比較し、現代の代表的視点場として選定した高槻市役所新館・総合センター最上階からの眺望を過去の景観と比較した。往時の面影をほとんど残していない高槻城跡地域において、こうした景観の対比は歴史的遺産を視覚的に表現することができ、有用性が高いといえる。



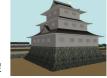


過去





現在



天守閣からの眺望

図-13 変遷景観シミュレーション

#### (2) 3Dペイントレンダリング

3Dペイントレンダリングは、1枚の画像中に深さやマテリアル、RGBといった複数の情報を含み構成されている。そのため、2次元画像でありながら3次元軸をもった空間内でペイントやレンダリングを行うことができる。また、モデルのエッジを活かした鉛筆画や水彩画といったイメージパースも容易に描くことができ、遠近を

表す添景の配置も3次元をもつ画面上で行うことができる( $\mathbf{Z}$ - $\mathbf{I}$ 4).

歴史的景観の復元イメージなどは名所絵や鳥瞰図など の絵図と比較させることが多いため、写実的なリアリティよりも、想像性あるイメージ表現の方が効果的な場合 もあるといえる.

#### (3) 3DVR

3 DVRはCAD/CGソフトウェアにより構築された3次元空間をウォークスルーやフライスルーの機能を用いて自由自在な視点移動で3 D空間を体験できる。こうした3 DVRの活用は、自由度の高い視点移動により、さまざまな角度からの景観検討を行えるほか、景観の全容把握をリアルタイムに行うことができる。また、近年ではこうした技術をインターネットで配信する試みもあり、3 DVRをまちづくり支援のディジタルコンテンツとして活用する自治体が増えている。本研究では3 Dビューアとして代表的なアプリケーションである Urban ViewerやNavis Worksを用いて3 DVRへの展開を図っている(図-15).



図-14 3Dペイントレンダリング

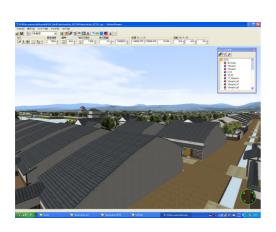


図-15 UrbanViewer による表示

## 7. おわりに

図面や史料、DMデータやLIDARデータといった空間データの融合により、3次元CGモデルとして歴史的景観を復元することができた.なかでも史料の記述に基づいた屋根形状や石垣勾配の表現はモデルにリアリティを付与し、より歴史性を考慮した都市モデルへ近づけることができた.つまり、歴史的景観の保全・復元を進める上で、空間情報技術を効果的に活用できることが検証できた.また、地形モデルなどのGISをベースとした3次元モデルの構築は、一度に広範囲のモデル生成が可能であり、効率よくモデリングを進めるにあたり大変効果的であった.3次元都市モデルの構築では、CAD/CGモデラだけでなくGISを積極的に活用していくことも有効な手段であることが示された.

構築されたモデルは今後,可視・不可視といった工学的な景観分析やディジタルコンテンツなどの基礎資料としても活用することが可能である.

今後の課題として、構築したモデルの拡充、データの 利活用などがあげられる他、作業時間の短縮、効率化に 向け、簡易作業についてはマクロプログラムの利用によ るモデル構築の自動化を図ることが重要であると考えら れる.

謝辞:本研究を遂行するにあたり、高槻市土木部と高槻市教育委員会よりデータや資料を提供いただいた。また、位置参照点測量には三菱電機株式会社と株式会社GIS関西の協力をいただいた。ここに記して謝意を表します。

#### 参考文献

- 1) 田ノ畑聡史,吉川 眞:過去との繋がりを考慮した位置 参照点の提案,地理情報システム学会講演論文集,Vol. 13,pp. 447-450, 2004
- 2) 高槻市教育委員会: 摂津高槻城-本丸発掘調査報告書-,高槻市,1984
- 3) 高槻市史編纂委員会:高槻市史,第二巻,高槻市,1984
- Yamano, T., Yoshikawa, S.:Three-dimensional Urban Modeling for Cityscape Simulation, Proceedings of the 8th International Conference on Computers in Urban Planning and Urban Management (CUPUM2003), 9B3.PDF (CD-ROM), 2003