Web 対応型都市景観検討支援 システムの開発

DEVELOPMENT OF WEB BASED URBAN CITYSCAPE EXAMINATION SYSTEM

荒屋 亮 ——*1

キーワード：
Web, 仮想空間, 地理情報システム, 都市景観, 検討支援システム, VRML

Keywords：
Web, Virtual reality, Geographic Information Systems, Cityscape, Examination support, VRML

Ryo ARAYA ——*1

In this study, I have researched and developed a 3-Dimensional cityscape examination system in order to help the administration and the inhabitants examine and reach a consensus on a certain cityscape policy. By utilizing a globally standardized 3-D technology called the VRML in the system, an interactive cityscape examination using the Internet has been made possible. In addition, I have designed the system so that, administrative map data can be utilized to efficiently produce a high-precision 3-D cityscape data. After actually applying the system in a real city planning process, I was able to concretely grasp the influence a building height regulation has on a cityscape.

1. はじめに

近年の都市環境の課題は、従来の利便性・安全性の追求から環境・景観・防災面での生活空間としての魅力向上へと多様化している。その中で、地域住民による景観利益を守る権利として景観権が近年議論され、平成16年12月には景観法が施行された。これにより行政は、都市や農村において潤いのある豊かな景観を形成していくため、地域住民の賛同を得つつ開発に一定の制限を設けることによって景観の整備や保全を図っていかなければならない。しかし、景観は立体的かつ複雑な空間要素によって構成されていることから、行政と地域住民が具体的なイメージとして検討の内容を共有し議論を行うことは困難であった。従来より、景観イメージの伝達手法として、断面図、展開図、パースやアイソメ図、模型といった表現手法が用いられてきたが、制作に労力を要すると共に視点変更や設置スペースに制限を伴うというデメリットがあった。

そこで近年では、計画案を立体的に表現できるコンピュータグラフィックス (Computer Graphics) や仮想現実 (Virtual Reality) が注目を集めている。コンピュータの高性能化に伴い、形状、テクスチャをリアリスティックかつ高速に描画し、任意の視点から景観を検証できる手法が実用化されている。過去の研究として、松本氏ら^{文1)}は、GISとVRMLを用いることによって、景観評価に有効なVRML都市空間映像の提案を行っており、操作性として反応速度の遅さと視点変更の難しさを課題として指摘している。次に、小島氏ら^{文2)}は、Web上で三次元空間を表示する際に、二次元地図上で視点位置と連動させる手法を提示しており、閲覧者への効果的な情報提供方法について言及している。また、荒屋らは^{文4)}二次元地図を三次元画面の視点のナビゲーションインターフェイスとすることに

よりVRMLの視点移動の困難さを大幅に軽減する手法を提案している。また、民間分野でも景観検討を支援する専用ソフトウェアを複数提供しており^{文5) 文6) 文7)}、高速でリアルな都市景観の描画が可能となっている。しかし、市販製品の多くは独自形式のデータフォーマットであったり、ソフトウェアの導入費用がかかったりと、インターネット経由で景観情報を広く配信するのに制限がある。

そこで本研究では、インタラクティブな仮想空間の中で複数計画案を任意の視点から容易に比較検討ができるWeb対応型三次元都市景観検討システムについて提案する。本システムでは、過去の研究成果を発展させ、VRMLをベースとしユーザがとりわけ操作方法について訓練せずに任意視点から複数計画案を比較検討できる二次元地図と連動した操作環境を実現する。さらに、行政の内部検討や住民説明会において都市景観に関する合意形成支援だけでなく、近年高速化が進んでいるインターネットを経由してインタラクティブな三次元都市景観情報の提供を可能とし、広く住民の意見を収集するのに資するシステムを開発する。

2. 現状の課題とWeb技術を用いた景観計画検討システムの要件

2.1 システム要件

従来の三次元景観画像を作成する専用のCAD、CG、GISソフトウェアの多くは、高機能で汎用的なシステムとなっている。しかし、これらシステムは、景観検討時にこの機能に習熟したオペレータが帯同しない限り、住民が直接操作しながら計画への理解を深めていくという利用方法には適していない。そこで、三次元的な景観条件を様々な視点で確認でき、誰でも直感的に操作できるシステムが必要であると考え、本システムの開発に当り、次の5点を要件とした。

*1 (株)環境ジージアエス研究所 取締役
(〒812-0054 福岡市東区馬出3-15-25-316)

*1 President, Environmental GIS Laboratory

- i. 三次元表示画面の視点の位置や方向条件を示すアイコンを二次元の地図上に示し、これを視点移動時のナビゲーションとして利用できること。
- ii. 視点の移動や代替計画案の表示切替えなど操作を極力簡単なものとし、初めての利用者でも直感的に操作できること。
- iii. インターネット経由で行政や都市計画専門家が、現況ならびに将来の都市景観を三次元情報として配信し、地域住民などの閲覧者が、その比較代替案を多角的な視点より閲覧し、事業者の用意したアンケート等を通じて計画案についての意見を述べる環境を提供できること。
- iv. 地域住民が閲覧する際、汎用的なPCで動作しハードウェアやソフトウェアの用意において費用負担が発生しないこと。
- v. 三次元データの構築が容易であること。

2.2 システム概要

本提案システムでは、まず三次元空間を記述する国際標準言語 VRML (Virtual Reality Modeling Language) と Macromedia 社の Flash を採用し、Web ブラウザソフトウェア上で動作する三次元景観検討システムの開発を行う。これにより、三次元コンテンツのインターネット配信が可能となり、ユーザは無料配布されているプラグインソフトウェアをオートインストールするだけで閲覧可能となる。

図1 画面構成

次に、ユーザインターフェイスには、都市景観を示す三次元ビューと、視点の位置や方向を示す二次元地図及び高さ方向を表すスライダーバーを配置する（図1）。地図及びスライダーバーには視点の状況を示すアイコン（以下、アバター）が表示されており、アバターをドラッグすると三次元ビューの視点の変更され、逆に三次元ビュー上のドラッグによって視点を変更すると地図上のアバターが移動するといった、双方向連動を JavaScript 及び VB Script を用いて実現する。また、三次元ビューには通常、現況の景観が表示されており、計画案ボタンを選択すると比較代替案の三次元形状が三次元ビュー上に合成表示される機能を設ける。これにより、閲覧者が任意の視点より計画案を比較検討できる仕組みとする。

2.3 提案システムの特徴と有効性

以上のシステム要件を踏まえ、本研究で提案するシステムの特徴として以下の4点が指摘できる。

i. インタラクティブ性

インタラクティブ性とは、視点位置や比較代替案の変更といった閲覧者の要求に応じてリアルタイムに三次元景観を描画できる機能である。従来の三次元表示システムの多くは三次元ビューを主体としており、視点設定や比較代替案の変更には専門のオペレーターに

よる操作を要するものであった。本提案システムでは、二次元地図を三次元ビューと常に連動させる仕組みを実装することにより、閲覧者への視点に関する情報提供を行うだけではなく、視点操作のためのユーザインターフェイスとしても機能する。これによりユーザは、VRML ビューア標準の操作環境では難しいとされていた視点移動が極めて簡単・正確に行えるようになる。

ii. 汎用性およびインターネット対応

インターネットで配信可能な市販の景観検討システムの多くは独自形式データを採用しており、構築作業も専用のソフトウェアで行う必要があるためデータの互換性に乏しい。これに対し、VRML は ISO により国際標準化された3次元記述言語であり、無料ビューアも普及している点と独自のデータ構築ツールを汎用 GIS ソフトウェアに組み込む事が容易な点を勘案すると、景観検討システムのプラットフォームとして利用するのに適しているといえる。

iii. 都市形状データ構築の効率性

都市景観の三次元化においては対象とする建物数が多くなるため、効率的な構築手法が重要となる。本研究では、市町村が整備している縮尺 1/2,500 の DM データ^{注1)}より建物形状や地形モデルを構築する手法を採用した。建物形状を構成する各種座標情報として、①壁面座標情報、②建物底面標高、③建物高さ情報の3つに分類し DM データからそれぞれを抽出し、所定の VRML ノードを半自動的に生成するスクリプトを GIS ソフトウェアに組み込む。これにより、既存の地図情報を最大限活用し、現地踏査などの労力をかけずに広域かつ正確な現況地形や建物の再現が可能となる。また、計画案も GIS 上で建物図形を入力し、階数情報を属性として入力すると、同様に三次元形状データとして出力される仕組みとする。

iv. データサイズの最適化

また本システムでは、データ記述手法についても独自の方法を用いデータサイズの軽量化を図る。通常、VRML において建物形状の記述には Indexed Face Set (インデックスフェイスセット) ノードと呼ばれる三角形の集合体で立体を表現する方法が多用されるが、建物を記述するデータが冗長なことから、ファイルサイズの増大と描画速度の低下を引き起こすという課題があった。そこで、本システムでは、断面形状を押し出して立体を形成する Extrusion (エクストルージョン) ノードで記述する方法を提案する（図2）。既往の研究では、Extrusion ノードを用いて建物形状を記述する手法について明記された記述は見られない。その理由として Extrusion ノードで形成される建物形状モデルは、①寄せ棟屋根を表現しようとした場合、その建物の内部に原点を持たせたローカルな座標系で扱わね

図2 建物形状モデルの効率化手法

ばならず、そのままでは地形上の正しい位置に重ね表示できない点と、②テクスチャの貼り付け座標を厳密に指定できない点、といふ2点により建物形状の表現に使われなかったと考えられる。そこで筆者は、前者のローカル座標系の問題については、Transform（トランスフォーム）ノードを用い建物が位置する対座標まで平行移動する手法を取ることで対応し、後者のテクスチャの問題については、建物の窓を表した単位テクスチャをマンションに対しタイル状に繰り返し貼ることで対応した。本研究では、この一連の方式を「押出形成法」と定義する。この方式によって建物群を記述するデータ量が大幅に削減され、描画速度も向上する。従って、インターネットを通じてデータ配信を行う際の通信時間も軽減される。

以上の様に本提案システムでは、VRMLで都市景観を扱う場合、描画速度が遅く操作性に難があるという既往研究での指摘に対し、押出形成法によるデータ構築手法の提案とFlashという他の技術との連携により①インタラクティブ性、②汎用性およびインターネット対応、③都市形状データ構築の効率性、④データサイズの最適化、の4点を同時に実現している点で、従来の景観検討システムよりも高度化している。すなわち、行政職員や住民が直接利用できる三次元景観検討ツールとしての要件と、インターネットを経由して高速に三次元的な景観に関する情報提供できる合意形成支援ツールとしての要件の2つを同時に達成しているシステムであり、同様の特徴をもつ既往研究はない。

なお、近年は衛星写真を用いた三次元データ生成技術や、航空機に搭載したレーザプロファイラを用いた三次元データの取得技術が実用化されており、今後はこのような都市形状データの活用が一般的になると考えられる。しかし、地方都市において都市景観の検討を目的にこれらの測量を新規に実施することは費用的に困難であると考えられる。国土交通省が定義するDMデータや航空写真といったすでに自治体で普及しているデータを活用し、立体的・効率的な景観データを自動的に生成する手法が当面重要になると考えられる。

3. 合意形成プロセスにおけるシステムの実証実験

3.1 実証実験の背景

本システムを、M市におけるマンション等の高層住宅の高さ規制検討に適用した。同市は交通網の整備などにより近年急速にマンション開発が進み、低層住宅地の田園景観の悪化が懸念されている。建物の高さ規制は、土地の資産価値への影響も考えられるため、将来の地域景観について地域住民と議論しながら方向性を決めていくことが肝要となる。その中で、建物の高さを規制する領域を検討する場合、実際の建築物の形態は個々の敷地条件により異なってくるため、地図上での検討ではイメージがつかみにくいという課題が指摘

図3 景観検討対象範囲

される。

そこで、本提案システム上でM市のデータを用い、現状のまちなみを示す景観と、検討中の建物の高さ規制案を適用した場合の将来予測景観を複数表示し、実際の景観検討の場で利用することによりシステムとしての有用性を検証した。

3.2 対象地の設定

M市全域を三次元化するとデータ量が膨大となりパソコンでの処理が困難となるため、市街化区域の中でマンション建設が多い領域を5地区抽出し、各地区において三次元化作業を行った。また各地区の領域はそれぞれ1km²前後である(図3)。

3.3 三次元景観データの作成

現況地形や建物の三次元化作業に当り、M市の整備する縮尺1/2,500のDMデータとオルソ航空写真データ、国土地理院の整備する50mメッシュ標高データを活用した。その構築手順を図4に示す。

i. 広域地形

遠景の山並みを再現するため、50mメッシュ標高データを用いて100mのメッシュサイズで広域地形メッシュを作成した。

ii. 詳細地形

詳細な地形情報の作成には、前述のDMデータより等高線や道路といった地形を構成するレイヤを抽出し、各対象地区で10mメッシュの詳細な地形データを作成した。高い精度を有するDMデータから地表面データを作成することによって、道路や法面など国土地理院の50mメッシュ標高データでは表現できない微地形を再現することが可能となる。これに同市のオルソ航空写真をテクスチャとして貼り付けることによって、道路、宅地、緑地といった土地利用が詳細に判別できる地形データが生成された。

iii. 現況建物

前述の押出形成法を用いて、DMデータから市街地の三次元データを構築した。その他の景観を構成する主要な要素となる、街路樹、ゴルフ練習場、送電線鉄塔、大型アンテナ施設については、個別に立体モデルを作成し空間上に配置した。

iv. 建物将来像

まず対象地区の市街化区域内において低利用地(現況地目が農地または駐車場である土地と定義する)を抽出した。この低利用地において将来マンションが建設されると仮定し、①現行の容積率と斜線制限の範囲で最大の高さの場合の建物形状と、②同じ容積率で絶対

■詳細表示地区(5箇所)

図4 三次元データ構成

図5 景観検討システム画面

高さを5階以下に制限した場合の建物形状を想定し、それぞれ、「高さ規制なし」、「高さ規制あり」の建物将来像として作成した。いずれも、容積率、建ぺい率、斜線制限を考慮し床面積が最大になるような建物形状形状をGIS上で手作業により作成した。

本提案システムでは、上記の①広域地形、②詳細地形、③現況建物、④建物将来像からなる4種類の三次元形状データをユーザの選択に応じ合成表示することで、三次元的な景観状況を再現する仕組みとなる。データを4種のレイヤに分けて管理する利点として、①複数のシーンで共通して利用されるデータを再利用することが可能となる点、②計画代替案を切り替える際に該当する建物形状データのみを読み込むため、インターネット経由で計画案を切り替える際のユーザの待ち時間が大幅に軽減される点、の2点が指摘できる。

3.4 公開

景観検討システムとして、三次元ビューには前節で作成した三次元データを、二次元地図には対象地区の航空写真を用い構築した(図5)。システムを公開するに当たり、その背景となる現状の課題点や、景観問題に関する要点を解説したホームページを作成し、閲覧者が論点を理解しやすいよう留意した。また、閲覧者が景観について比較検討した後、フォームメールを用いたアンケートによってシステムの有用性及びマンションの高さ規制に関する是非について調査を行えるようにした。また、インターネット通信環境の無い場所でも閲覧できるようCD-ROMでの配布も可能な形態とした。

4. 考察

本システムの実証実験を通じて以下のような点が評価された。

i. 直感的操作環境

二次元地図上に描画されるアバターを用いて視点変更が行えるインターフェイスにより、直感的かつ正確に視点移動が可能となり、閲覧者が自ら操作し景観の検討を行うことができた。

ii. 大幅なデータ削減

提案手法である押出形成法を用いた建物記述方法により、1地区当りのデータサイズが約1.2MB前後となり、従来手法と比較し63%から75%程度のデータ削減が可能となった(図6)。これにより、近年のブロードバンドの普及を考慮すると十分インターネットで配信できる容量となった。一方、三次元画像の描画速度についてみると、従来手法による平均描画速度が21.2fpsであったのに対し提案方法では22.5fpsと若干高速化している。

図6 三次元データのサイズ比較

表1 三次元データの描画速度

	地区名					平均	
	A地区	B地区	C地区	D地区	E地区		
建物数(戸)	621	680	892	888	716	759	
面積(ha)	6.5	102.0	80.3	101.0	78.0	73.6	
合計ファイルサイズ(MB)	IndexedFaceSet ノード使用時	6.95	4.18	6.79	14.6	5.67	7.64
	Extrusionノード 使用時	1.92	1.32	2.51	3.68	1.99	2.28
ファイルサイズ低減率	-72%	-68%	-63%	-75%	-65%	-69%	
平均描画 速度(fps) 注)	IndexedFaceSet ノード使用時	19.3	19.3	21.4	22.9	23.2	21.2
	Extrusionノード 使用時	23.8	22.9	22.5	20.5	23.0	22.5

注)検証環境は、以下の通りである。

CPU:Pentium4 2.8Ghz、MEMORY:1GB、OS:WindowsXP SP2、GraphicBoard:RADEON9000

a) 高さ制限あり

b) 高さ制限なし

規制がある場合は、建物が横長となり遠景の山並みが殆ど見えない。一方、高さ規制が無い場合、圧迫感はあるものの地表面にオープンスペースが残り、遠景の山並みある程度望むことができる。

規制がある場合は、丘陵地の緑地景観は殆ど変わらない。一方、高さ規制が無い場合は、丘陵地のスカイラインが遠蔵される。

図7 高さ規制と景観の相互関係の確認

iii. 建物高さと景観の相互関係に対する理解

建築物の高さを低く制限すると、高層マンションによる圧迫感が低減される代わりに、経済性と容積率の観点から建築面積が増加し建物の幅が広がる傾向がある。結果として市街地内に空隙が減り遠景のスカイラインの可視範囲の狭くなる可能性がある。こうした高さ規制の有無によるトレードオフの関係について、任意の視点から確認することができた(図7)。

iv. 具体的イメージに基づく議論

具体的な景観イメージを共有せずに高さ規制について議論する場合、高さを規制することで景観が保全されると安易に結論付けられ

る恐れがあるが、三次元的なイメージで景観を確認することにより複雑な景観条件を多角的な視点より確認し、建設的な議論を支援できた。

v. 既存データ利活用による作業効率化

一般的な DM データや航空写真といった汎用的データリソースから、独自に開発した変換ツールにより半自動的に三次元コンテンツの作成が可能となった。これにより、広域な地形と建物の三次元化にかかる作業の大幅な効率化が可能となった。

5. おわりに

本研究では、VRML と Flash という既存のオープンな技術を活用し、インターネット公開に対応したインタラクティブな景観検討システムを構築した。これにより、閲覧者は特殊なソフトウェアを購入すること無しに、現況及び複数の比較代替案の三次元景観を確認することができる。また、二次元地図と三次元ビュー上で視点位置が元々に常に連動したインターフェイスの実装により、初めての閲覧者でも直感的に操作し、景観条件について確認できるようになる。

今回は、本システムを用いてマンションの高さ規制の検討に応用したが、設計時の CAD データがあれば建築設計・道路計画・区画整理など多くの構造物の景観的な比較検討に容易に応用することが可能である。今後の課題として、以下のような改善が指摘される。

- i. 本研究の実験では、あらかじめ計画者により GIS を用いて構築された固定的な都市景観情報を提供し、閲覧者はそれらに対する意見を返答するという検討方式で進められた。高度地区の検討において、敷地条件による建物形状の制限と、建物高さの制限を同時に勘案した建物形状を住民が直接作図することは住民にとって負担となると判断したためである。しかし、提案システムを多様な景観検討の局面で活用する場合、ブラウザ上で閲覧者自信が建物の高さや外壁色の変更といった計画案の簡単な変更を行い、それらの意見を共有する仕組みが求められる。
- ii. 景観問題は日照問題と併せて議論されることが多いため、構造物が地表や近隣建物に落とす影の範囲や時間について再現できれば、合意形成の支援ツールとしての有用性が一層高まる。

参考文献

- 1) 松本直司・宇津宮崇司：Web サイト空間上での GIS・VRML を利用した景観合意のための都市空間提示システムの評価、日本建築学会技術報告集第 15 号、pp.269-274、2002
- 2) 小島裕徳、佐藤誠治、小林祐司、他 2 名：WebGIS を用いた住民参加型地域情報サイトの構築 - 都市空間情報の提供方法と GIS 及び VR を統合したコミュニティツールの開発 -、日本建築学会梗概集 F1、pp.557-558、2004
- 3) 小林英之：成熟都市シミュレータ Ver1.0+ 景観シミュレータ Ver.2.05 実務マニュアル、建築研究資料 No.96、建設省建築研究所、2000
- 4) 一ノ瀬博規・荒屋真二：2 次元マップを利用した VRML 空間ナビゲーション方式、電気関係学会九州支部第 52 回連合大会公演論文集 No.1350、pp.722、1999
- 5) マップキューブ http://www.mapcube.jp/use/use_6.html
- 6) ふるさとタッチ http://www.ajiko.co.jp/service/system/06_furusato.html

7) Virtools <http://www.virttools.jp/VirttoolsOnlinePage/VirttoolsIndex.htm>

注

注 1) DM データとは、デジタルマッピングデータの略であり、国土交通省が定めたデジタル地形図を構築するための表現体系ならびにデータ形式の規格である。自治体が整備する地形図は、この DM データで整備されることが多く、等高線や建物に対しては標高情報が付与されている。

[2005 年 4 月 20 日原稿受理 2005 年 7 月 22 日採用決定]