

Web3D テクノロジーを用いたインターネット上での  
景観評価システムの開発と実用化

千葉大学大学院自然科学研究科

助手 林 恩美

## 目 次

1. はじめに	1
2. 研究の目的	1
3. 研究の構成及び方法	1
4. Web3D テクノロジーによる景観可視化システムの開発	3
4.1 VRML について	3
4.2 VRML による景観可視化	3
4.3 Town Maker について	4
4.4 GUI 機能を実装した景観可視化システム VR-TERRAIN GUI の開発	6
4.4.1 Terrain Layer	7
4.4.2 Building Layer	8
4.4.3 Make Object Layer	10
4.4.4 Tree Layer	12
4.4.5 Generate VRML	15
5. 標準化空間データの景観可視化システムへの応用	16
5.1 XML による標準化空間データと GIS による景観可視化	16
5.2 JPGIS と XML について	17
5.3 GIS ソフトウェアによる標準化空間データの作成	18
5.4 標準化空間データの景観可視化システムへの応用	19
6. インタラクティブな景観可視化・景観評価システムの開発	21
6.1 サーバーサイド上での景観可視化システム	21
6.2 インタラクティブな景観評価システム	21
7. VR-TERRAIN GUI の景観づくりへの応用	24
7.1 VR-TERRAIN GUI による景観可視化	24
7.2 VR-TERRAIN GUI の景観づくりへの応用	25
7.3 VR-TERRAIN GUI による景観可視化画像に対するアンケート	28
8. おわりに	30
参考文献	32

## 1. はじめに

都市計画において、多様な市民の合意形成を効率的に推進することは、きわめて重要な課題である。合意形成の段階では多数の人々を対象とした多様な側面からの評価と議論が必要である。そのため、情報の公開や議論の透明性を支援できるシステム、また、市民によって提案された計画案を即時的に公開し、多数の人から評価しうるインタラクティブな評価システムが必要である。

## 2. 研究の目的

本研究では、Web3D テクノロジーを用いて、インターネット上で多数の人々がいつでもどこからでも自由に参加し、多視点から景観を評価できる景観評価システムを開発する。なお、より進歩した景観評価システムとして、提示された 3 次元 CG に対する評価だけでなく、インターネット上で市民が計画案を簡単に修正し、3次元 CG で提示できるインタラクティブな評価システムの開発を研究の目的とする。また、開発したシステムを用いて、実際に開発行為が行われる予定地を対象に、景観画像を作成し、その計画案に対する景観評価を行い、景観可視化・評価システムとしての多面的な評価を、専門家や非専門家に求め、システムの実用性を確かめることを研究の目的とする。

これまでのバーチャルリアリティシステムは高価な設備を必要とするものが多く、多数の人々を対象とした景観評価に用いることは困難であったが、本研究により、バーチャルリアリティによる景観可視化や評価が低コストで期待される。以下に、研究の構成とフローを示す。

## 3. 研究の構成及び方法

平成 16 年度の研究では、GIS データと Web3D テクノロジーを利用したインターネット上での景観可視化・評価システムを開発した。そこで、平成 17 年度の研究では、これまで開発したシステムを用いて、以下の 3 点を中心とした研究を一年間進めていく。

### 1) Web3D テクノロジーによる景観可視化システムの開発

現在、Web3D テクノロジーの一つである VRML(Virtual Reality Modeling Language)を用いて、地形と植物からなる景観をリアルタイムで可視化できるシステムの開発を行っている。今後、このシステムを改良し、建物も含めたより細かい都市景観を可視化できるより使い易いシステムを開発する。そのため、基本的な操作をマウスで行うことができるような GUI(Graphical User Interface)機能を付加する。なお、開発したシステムで作成した景観情報を都市計画などの各業務で共有化するため、JIS 化された地理情報標準プロファイル(JPGIS:Japan Profile for Geographic Information Standards)準拠の XML データ(標準化空間データ)として出力できるようにする。

### 2) インタラクティブな景観可視化・評価システムの開発

VRML と CGI(Common Gateway Interface)スクリプトなどの Web テクノロジーを利用し、サー

バーサイドで地形、植物、建築物からなる都市景観を簡単にシミュレーションできるシステムを開発する。なお、より進歩した景観評価システムとして、提示された3次元CGに対する評価だけでなく、インターネット上で市民が計画案を簡単に修正し、3次元CGで提示できるインタラクティブな評価システムを開発する。

### 3) 景観可視化・評価システムとしての実用性を、ケーススタディを通して検証

開発したシステムを用いて、実際に景観アセスメントや開発行為が行われる予定地を対象に、変化を予測した景観画像を作成する。また、シミュレーションした景観画像をもとに、景観評価を行い、専門家や非専門家に、景観可視化・評価システムとしての多面的な評価を求め、システムの実用性を確かめる。本研究のフローを、図1に示す。

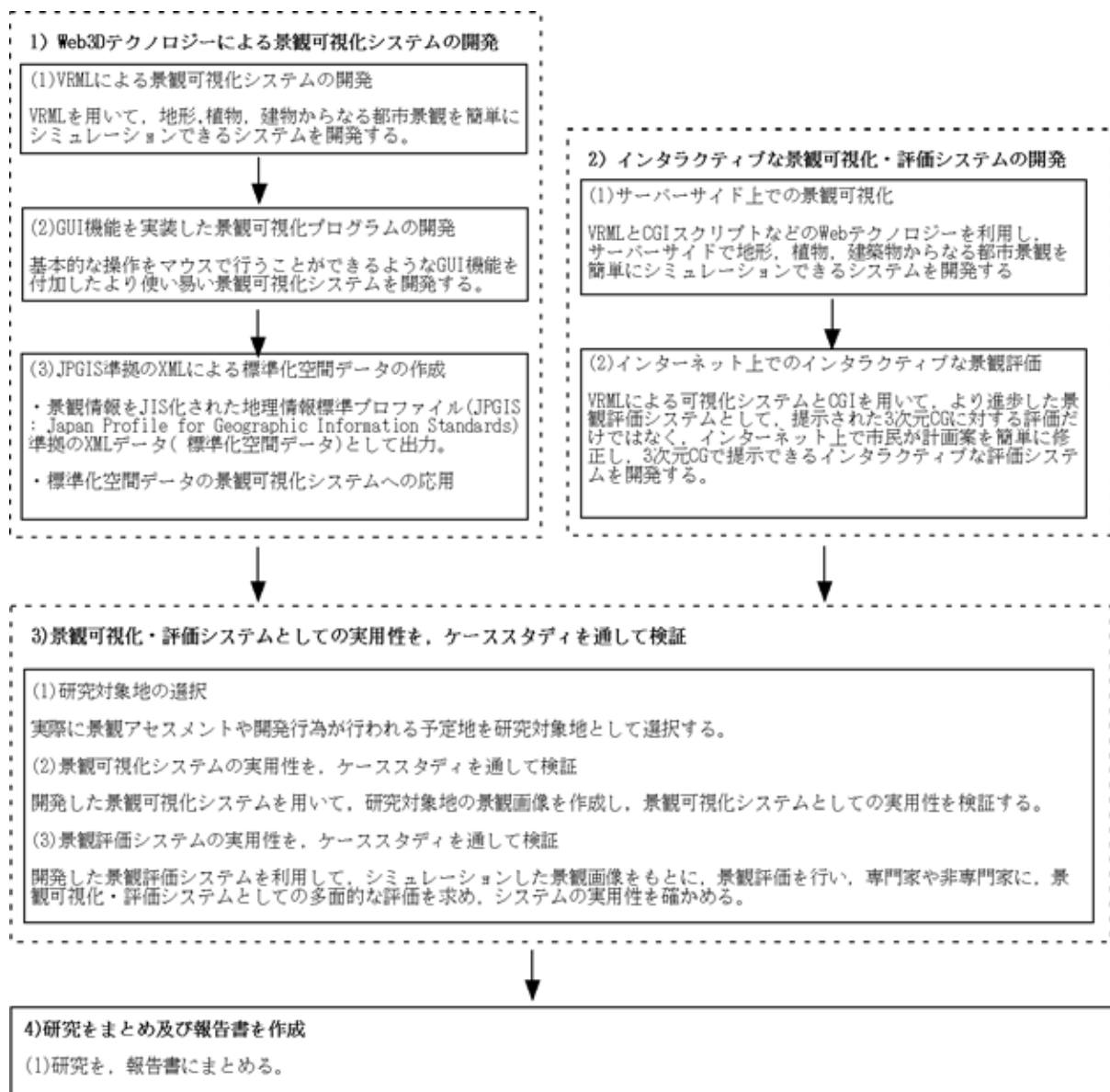


図1 研究フロー

## 4. Web3D テクノロジーによる景観可視化システムの開発

### 4.1 VRML について

VRML は、Web3D テクノロジーの一つであり、インターネット上で 3 次元情報を可視化するための言語である。なお、その名前の由来のとおり、仮想現実感システムを作成するための言語である。VRML で作成したプログラムの利用は、サーバーから VRML プログラムおよび必要なデータを、ユーザーがダウンロードして、ユーザー側のコンピュータでプログラムが実行され、3 次元画像をリアルタイムで見ることができる。3 次元画像を見るためには、VRML 対応ブラウザが必要である。本研究では、VRML ブラウザである Cortona (ParallelGraphics 社) と Web ブラウザである Internet Explorer (Microsoft 社) の組み合わせを用いた。

VRML は特定の CPU や OS に依存しない。また、開発環境としては、これらのブラウザがあれば良く、VRML 対応ブラウザの多くは、現在無料で入手することが可能で、非常に低コストで 3 次元グラフィックシステムを作成し、その 3 次元情報をインターネット上で容易に伝達、共有することができる。

### 4.2 VRML による景観可視化

Honjo and Lim(2001)は、VRML を使用し、シミュレーションした画像の中をリアルタイムで歩く疑似体験(Walk Through Simulation)が可能な景観可視化システムを開発した。そのプロセスを、図 2 に示す。この景観可視化システムを利用することで、地形や植物からなる庭園景観や森林景観の 3 次元画像を簡単にシミュレーションすることができる。しかし、このシステムは、図 3 に示すように、テキストベースの樹木調査の結果や地形データを VRML プログラムに変換するものであり、Graphic User Interface (GUI) には配慮していない。また、変換プログラム (VR-Terrain) よりテキストベースのデータから自動的にモデリングされる地形と植物とは異なって、建築物のモデリング作業が自動化されていない。例えば、3 次元建築物を景観シミュレーションで表現したい場合、ユーザーは事前に 3 次元建築物の VRML ファイルを作成しておく必要がある。そのため、細かい建築物の表現は、順次にできない。そこで、本研究では、地形、建物、植物からなる都市景観を簡単に可視化し、シミュレーションした画像の中をリアルタイムで歩く疑似体験(Walk Through Simulation)が可能な景観可視化システム "Town Maker" の開発を行った。なお、汎用的な景観設計のための CAD システムとしても使用できるように、GUI(Graphical User Interface) 機能を付加したより使いやすい景観可視化システム "VR-Terrain (VRT- GUI)" の開発を行った。

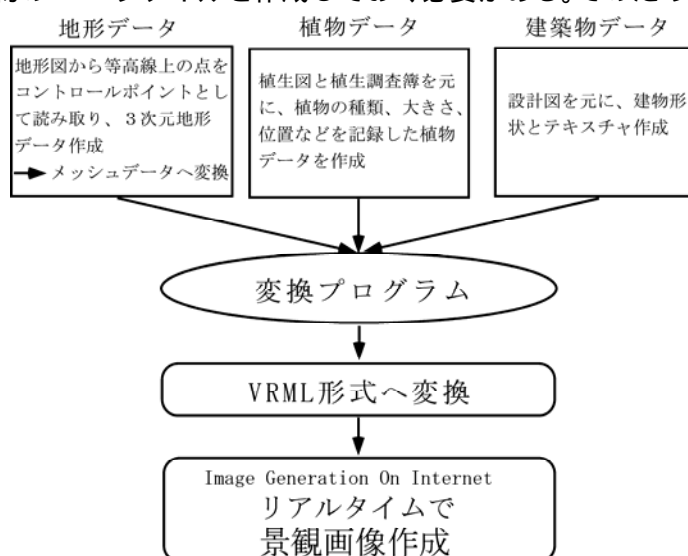


図 2 VRML による景観可視化プロセス

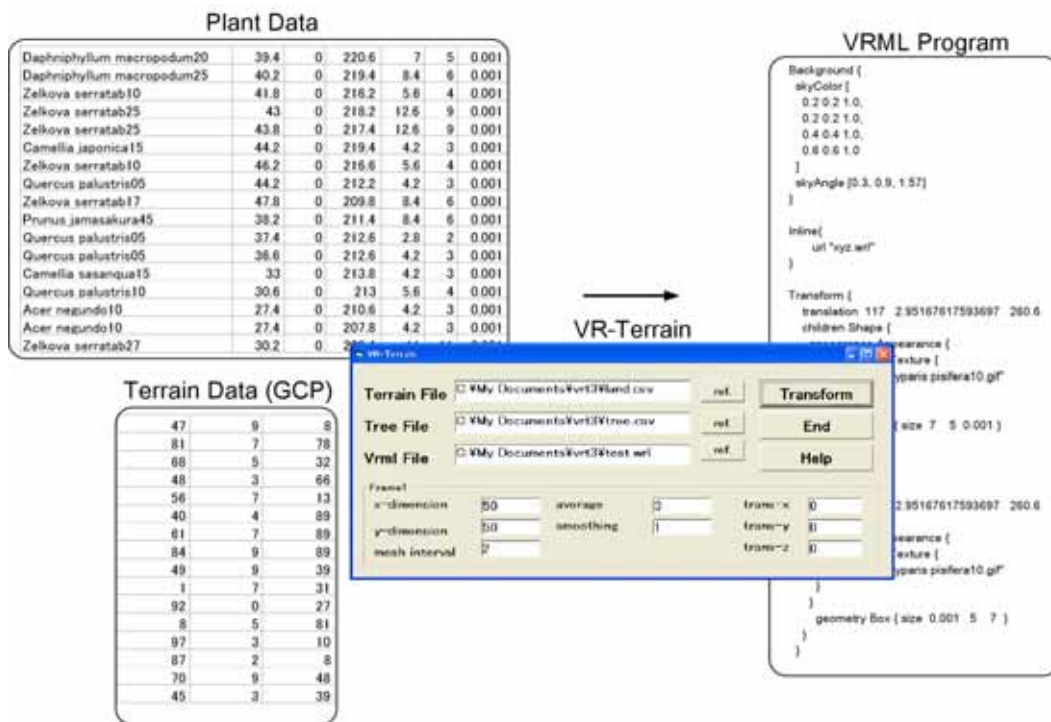


図3 テキストベースの樹木調査結果や地形データを VRML 形式への変換

#### 4.3 Town Maker について

本研究では、建物も含めたより細かい都市景観をユーザーがより簡単にシミュレーションできるプログラム、Town Maker を開発した。Town Maker のメインメニューを、図4に示す。図5にTown Maker で使うパラメーターの説明を示す。Town Maker の開発には、Visual Basic(Microsoft社)を使用した。

Town Maker では、ハウス、ビルディング、タウンに関わる各パラメーターの値を入力し、Make Town ボタンをクリックするだけで都市景観がシミュレーションできる。なお、新しいハウスやビルディングを作成し、それらをシミュレーションに利用したい場合は、作成したいハウスとビルディングの数を決めてから、Make House と Make Buildings を押す。そうすると、ハウスとビルディングが指定された数だけ新しく作成される。

図6に、Town Maker で作成した都市景観のシミュレーション画像の例を示す。研究対象地は、東京都江戸川区一之江境川親水公園沿線とした。

Town Maker では、各パラメーターの値を入力するだけで、図6(b)のように道路から建物をセットバックさせたり、図6(c)のように街路樹を配置したりすることが簡単にできた。また、図6(d)のように配置した街路樹のサイズや種類を容易に変更できた。Town Maker で作成した都市景観の3次元CGの中をスムーズにリアルタイムでWalk-Through シミュレーションすることもできた。このような機能を用いることで、さまざまな都市緑化プランの3次元CGを簡単に作成・検討することができる。街路樹の画像データは、AMAP で作成したものを使用した。これらの画像データを用いることで、さまざまなパタンの街路景観をシミュレーションすることができる。

Town Maker では、図 6 のように自動車を画像の中において自動車が走るアニメーション画像を簡単に作成することが可能である。なお、その自動車の走行速度も容易に調節できる。このような機能を用いると、都市緑化プランが歩行者および運転者心理に及ぼす影響の比較検討が、従来の写真や CG の静止画によるフォトモンタージュ法に比べて非常に簡単かつ低コストに行える。

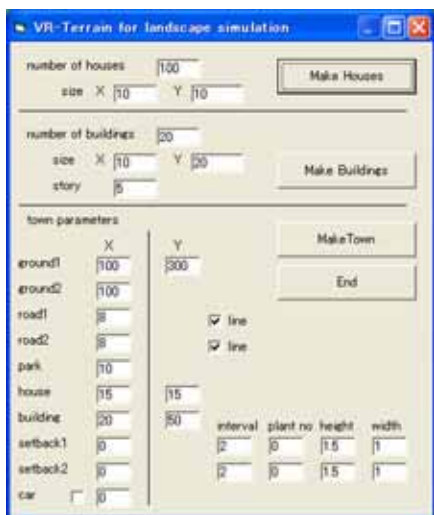


図 4 Town Maker のメインメニュー

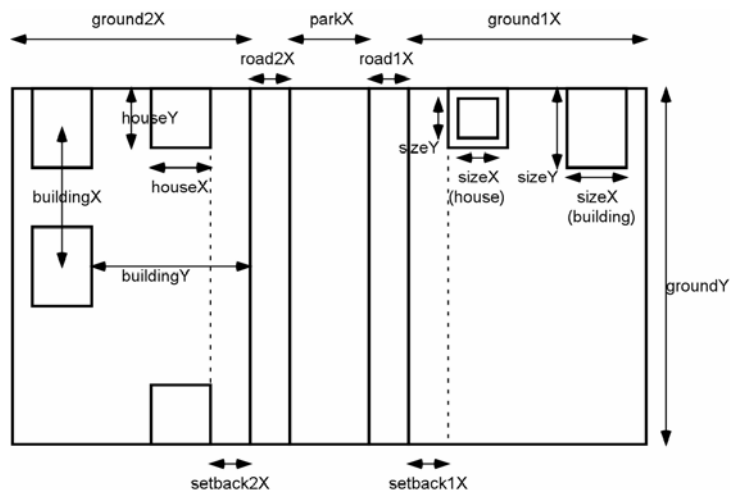


図 5 Town Maker で使うパラメータの説明



(a) Town Maker で作成した VRML による景観のシミュレーションの例



(b) 道路から建物を 1 m セットバックした例



(c) 街路樹を配置した例



(d) 街路樹のサイズを変更した例

図 6 Town Maker で作成した都市景観のシミュレーションの例

#### 4.4 GUI 機能を実装した景観可視化システムの開発

本研究では、VRML の記述に Visual Basic(Microsoft 社)を使用し、図 3 の VR-Terrain を改良し、基本的な操作をマウスで行うことができるような GUI 機能を実装した景観可視化プログラム VR-Terrain GUI (VRT-GUI)を開発した。図 7 に、VRT-GUI のメインメニューを示す。

VRT-GUI のメイン画面では、まず景観シミュレーションで使用するバックグラウンドイメージを選択することができる。次に、そのイメージが表す実際のスケールを設定することが可能である。イメージは、“jpg”形式を使う。例えば、図 7 の画面上では、“a.jpg”というバックグラウンドイメージが使われ、そのイメージの 1Pixel は、0.47mを表すことになる。

VRT-GUI は、図 7 に示すように、地形データ、建物データ、植物データを作成するレイヤーと、それらのデータで景観をシミュレーションするレイヤーで構成される。以下、それぞれのレイヤーについて詳しく説明する。

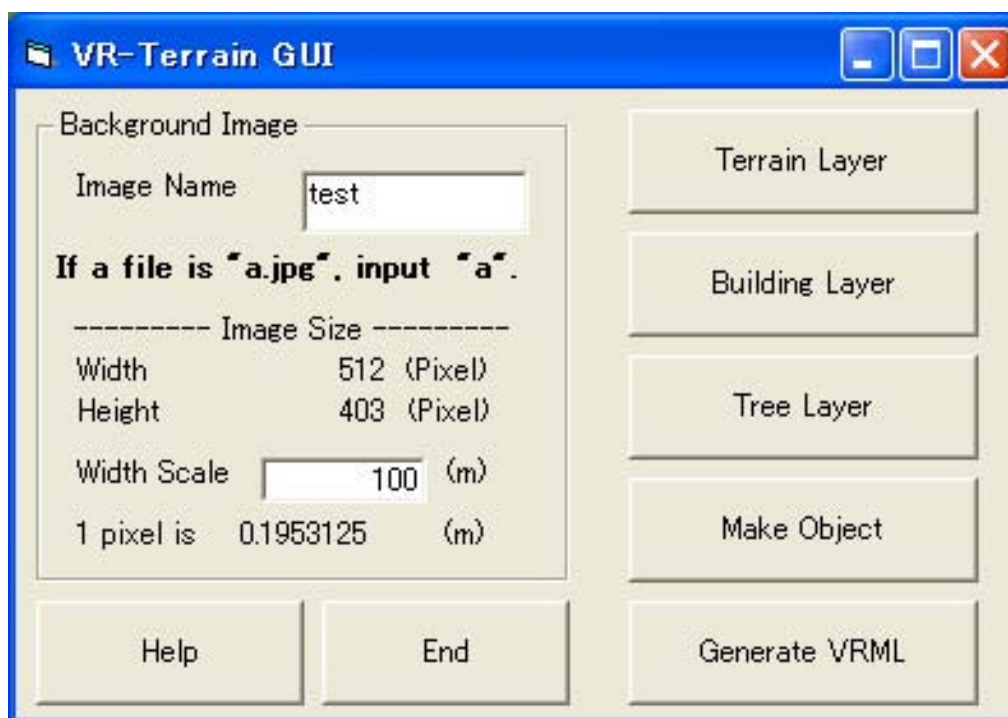


図 7 VR-TERRAIN GUI のメインメニュー



#### 4.4.1 Terrain Layer

Terrain Layer は、図 8 に示すように、Menu ウィンドウと GCPLocation ウィンドウから構成されている。Menu ウィンドウでは、標高を入力したり、作成途中の地形データを確認したり、削除したり、リセットしたり、保存したりすることができる。Menu ウィンドウの右側にある Terrain Parameter の各項目の値（例えば、Mesh Interval, Average range, Smooth range）は、VRML で地形の 3 次元画像をシミュレーションする際、メッシュデータの作成や地表面の平滑化などに使用する。

GCPLocation ウィンドウでは、画面上でマウスをクリックするだけで、地形の GCP (Ground Control Point) 値を簡単に取得できる。GCPLocation ウィンドウで取得した地形の X と Y の座標値に対する Z 座標値（標高）は、Menu ウィンドウの Height (標高) で入力する。このように作成した地形データ (X, Y, Z 座標値) は、図 9(a) のように CSV 形式で保存され、VRML というボタンをクリックすることで、順次に図 9(b) のように VRML プログラムへ変換される。その後、VRML の 3 次元画像が数秒でユーザーのモニターにレンダリングされる。ユーザーは作成された 3 次元の地形をあらゆる視点から自由に見ながら、入力されたデータの正確さを確かめることができる。



図 8 Terrain Layer での地形の VRML 画像作成の例

TerrainMenu ウィンドウ (左上), GCPLocation ウィンドウ (右), 地形の VRML 画像 (左下)

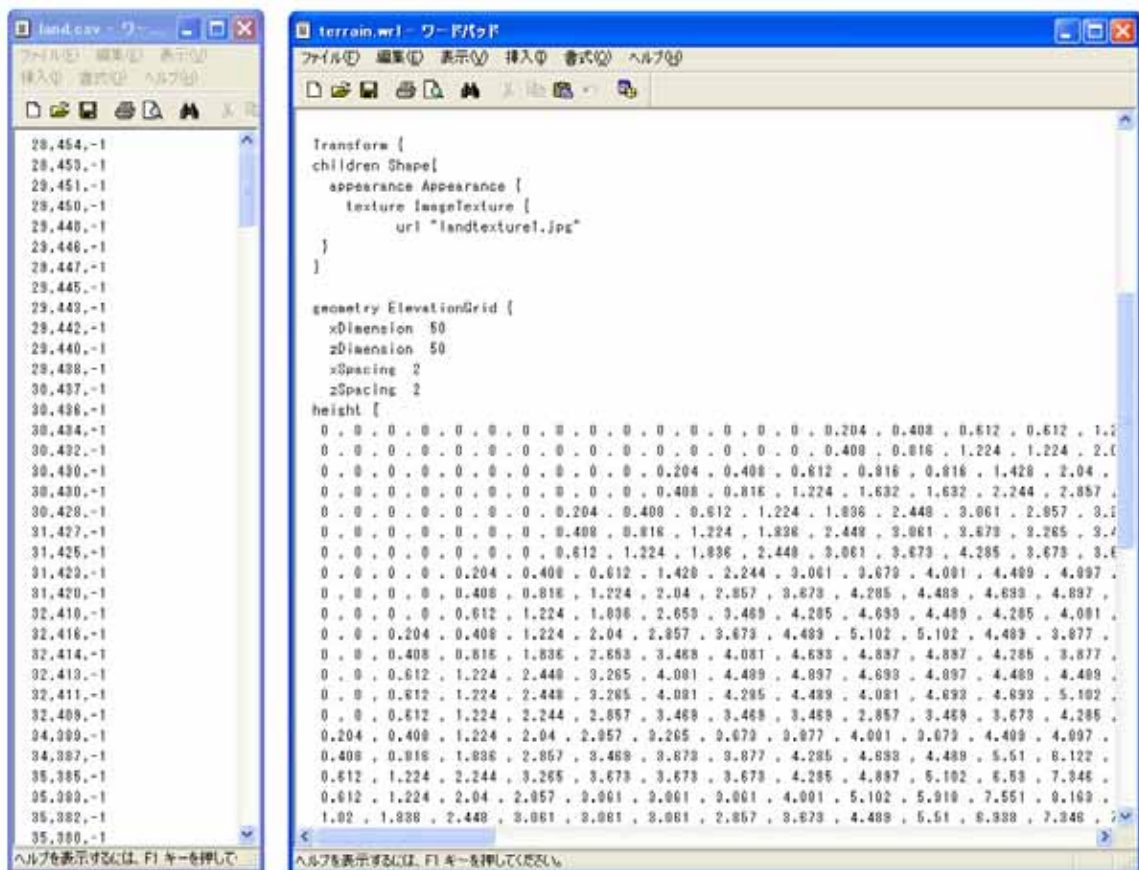


図9 (a)Terrain Layer で作成された CSV 形式の地形データの例 (左)  
 (b)Terrain Layer で作成された VRML プログラムの例 (右)

#### 4.4.2 Building Layer

Building Layer は、Terrain Layer 同様、図 10 に示すように、2つのウィンドウ (BuildingMenu ウィンドウと BuildingLocation ウィンドウ) から構成されている。

BuildingMenu ウィンドウでは、シミュレーションで使用する建物の種類、大きさ、方向を指定することができる。BuildingLocation ウィンドウで入力された建物の位置情報は、赤い四角で囲んだ BuildingMenu ウィンドウの ListBox を通じて確認できる仕組みになっている。ListBox に入力されたデータ (建築物名、位置情報、大きさ、方向) は、BuildingMenu ウィンドウを通じて、図 11(a)のように CSV 形式で保存され、VRML というボタンをクリックすることで、順次に図 11(b)のように建築物の VRML プログラムへ変換され、数秒で VRML の 3次元画像がユーザーのモニターにレンダリングされる。ユーザーは作成された 3次元の建築物の VRML 画像をあらゆる視点から自由に見ながら、入力したデータの正確さを確かめることができる。シミュレーションで使用する建築物は、図 12 に示す Make Object Layer でモデリングしたものを使用した。これについては後で詳しく説明する。

BuildingLocation ウィンドウは、BuildingMenu ウィンドウで選択した建築物を配置するためのウィンドウである。BuildingLocation ウィンドウ上で、マウスをクリックするとその情報が BuildingMenu の ListBox に記入される。



図 10 Building Layer での建築物の VRML 画像作成の例

BuildingMenu ウィンドウ (左上), Building Location ウィンドウ (右), 建築物の VRML 画像 (左下)

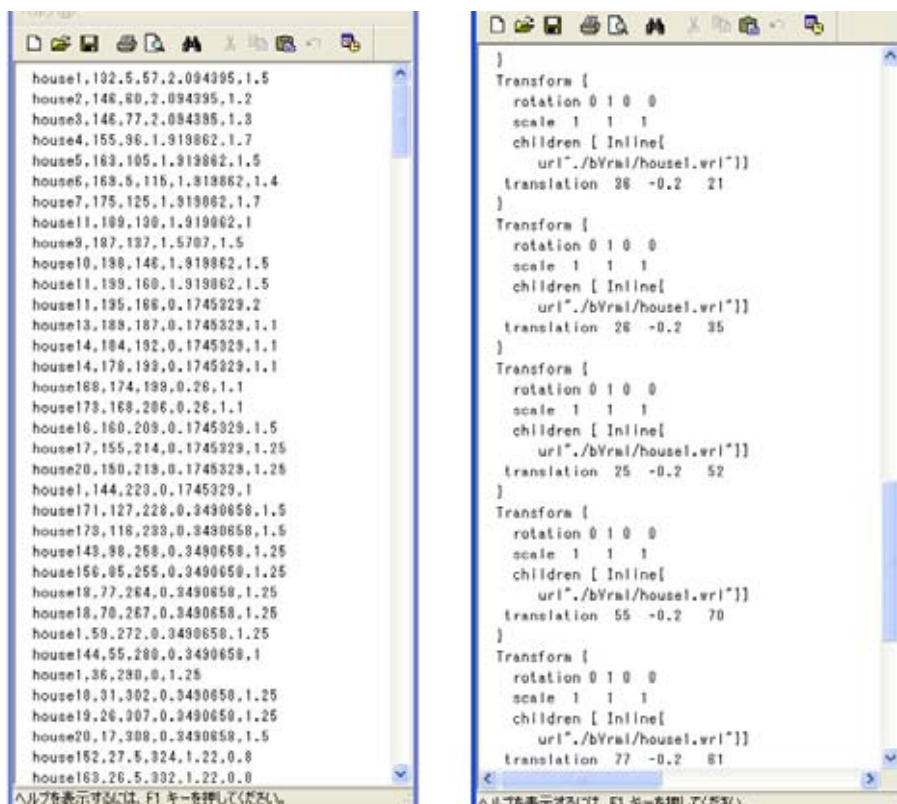


図 11 (a) Building Layer で作成された CSV 形式の建築物データの例 (左)

(b) Building Layer で作成された建築物の VRML プログラムの例 (右)

### 4.4.3 Make Object Layer

Building Layer で使用する建築物は、図 12 に示す Make Object Layer で簡単に作成することができる。建築物のモデリングは、立方体にテクスチャを貼り付けて表現する。その作業を MakeObject Layer の 2 つのウィンドウ (MakeObject Menu ウィンドウと MakeObject Location ウィンドウ) で行う。

MakeObject Menu ウィンドウでは、まず、作成する建築物の名前を入力する。次に、建築物の基本となるパツツを決め、その幅・高さ・奥行きを入力する。次に、パツツの配置と貼り付けるテクスチャを設定する。そうすると MakeObject Menu ウィンドウで選択したパツツが、図 9 右上に示すように、MakeObject Location ウィンドウに表示される。ユーザーは、表示されたパツツをマウスで動かしながら位置をきめ、マウスをクリックすることでパツツの配置を決めることができる。配置が決められると、その情報は、MakeObject Menu ウィンドウの ListBox に記入される。ListBox に入力されたデータ (建築物名、位置情報、大きさ、方向) は、MakeObject ウィンドウを通じて CSV 形式で保存され、VRML というボタンをクリックすることで、順次に建築物の VRML プログラムへ変換され、図 12 の右下のような VRML の 3 次元画像でユーザーの画面上にレンダリングされる。ユーザーは作成された 3 次元の建築物の VRML 画像をあらゆる視点から自由に見ることができる。図 14 と図 15 に、作成した建築物の例を示す。これらの建築物のデータは、Object Layer で使用される。

図 13 に、建築物のモデリングに使用する壁・屋根・窓・ドア用のテクスチャを示す。ユーザーは使いたいテクスチャの番号を MakeObject Menu ウィンドウ上で選択することで、簡単に建築物の表面にそのテクスチャを貼り付けることができる。

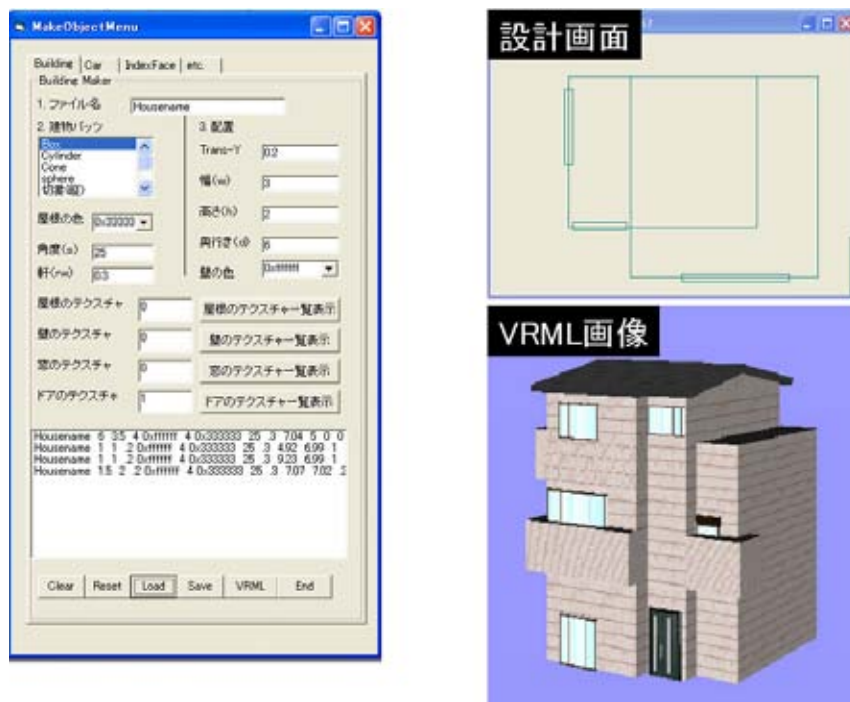


図 12 MakeObject Layer での建築物作成の例

MakeObject Menu ウィンドウ (左上), MakeObject Location ウィンドウ (右), 建築物の VRML 画像 (左下)



図 13 壁，屋根，ドア，窓用テクスチャの例



図 14 MakeObject Layer で作成した建築物の例



図 15 MakeObject Layer で作成した建築物の例

#### 4.4.4 Tree Layer

Tree Layer は、Object Layer 同様、図 16 に示すように、2つのウィンドウ (Tree Menu ウィンドウと TreeLocation ウィンドウ) から構成されている。植物のモデリングは、薄い立方体を2枚直交させて植物の透過 Gif 形式の画像を貼り付けて表現した。その作業を Tree Layer の2つのウィンドウで行う。

TreeMenu ウィンドウでシミュレーションに使用する植物の種類を選択し、TreeLocation ウィンドウで植物の位置を決め、建物同様に配置する。植物の位置情報は、図 16 で赤い四角で囲んだ TreeMenu ウィンドウの ListBox を通じて確認できる。ListBox に入力されたデータ (植物名、位置情報、大きさ) は、TreeMenu ウィンドウを通じて、図 17 (a) のように CSV 形式で保存され、VRML というボタンをクリックすることで、順次に図 17 (b) のように植物の VRML プログラムへ変換され、数秒で図 16 の左したのような VRML の3次元画像がユーザーのモニターにレンダリングされる。ユーザーは作成された3次元の植物の VRML 画像をあらゆる視点から自由に見ながら、入力したデータの正確さを確かめることができる。

TreeLocation ウィンドウは,TreeMenu ウィンドウで選択した建築物を配置するためのウィンドウである。TreeLocation ウィンドウ上で,マウスをクリックするとその情報がTreeMenu のListBox に記入される。図 18 に,植物のモデリングに使用できる二次元画像データベースの例を示す。



図 16 Tree Layer での建築物の VRML 画像作成の例

TreeMenu ウィンドウ (左上), TreeLocation ウィンドウ (右), 植物の VRML 画像 (左下)

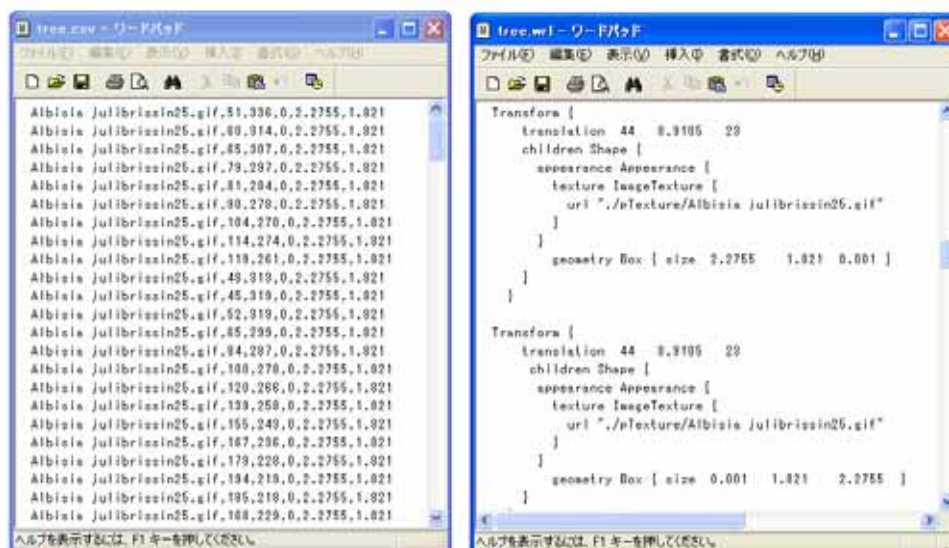


図 17 (a) Tree Layer で作成された CSV 形式の植物データの例 (左)

(b) Tree Layer で作成された植物の VRML プログラムの例 (右)

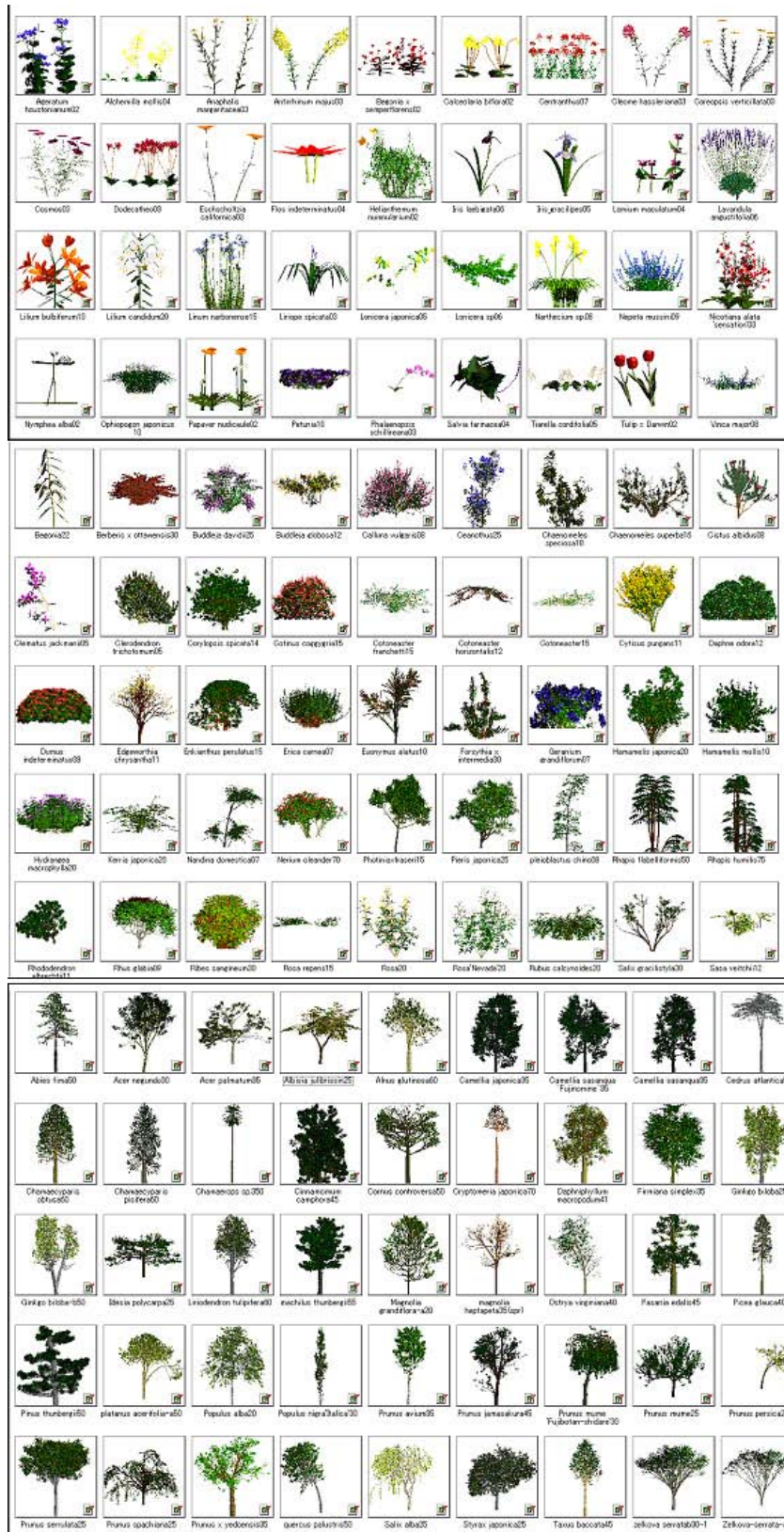
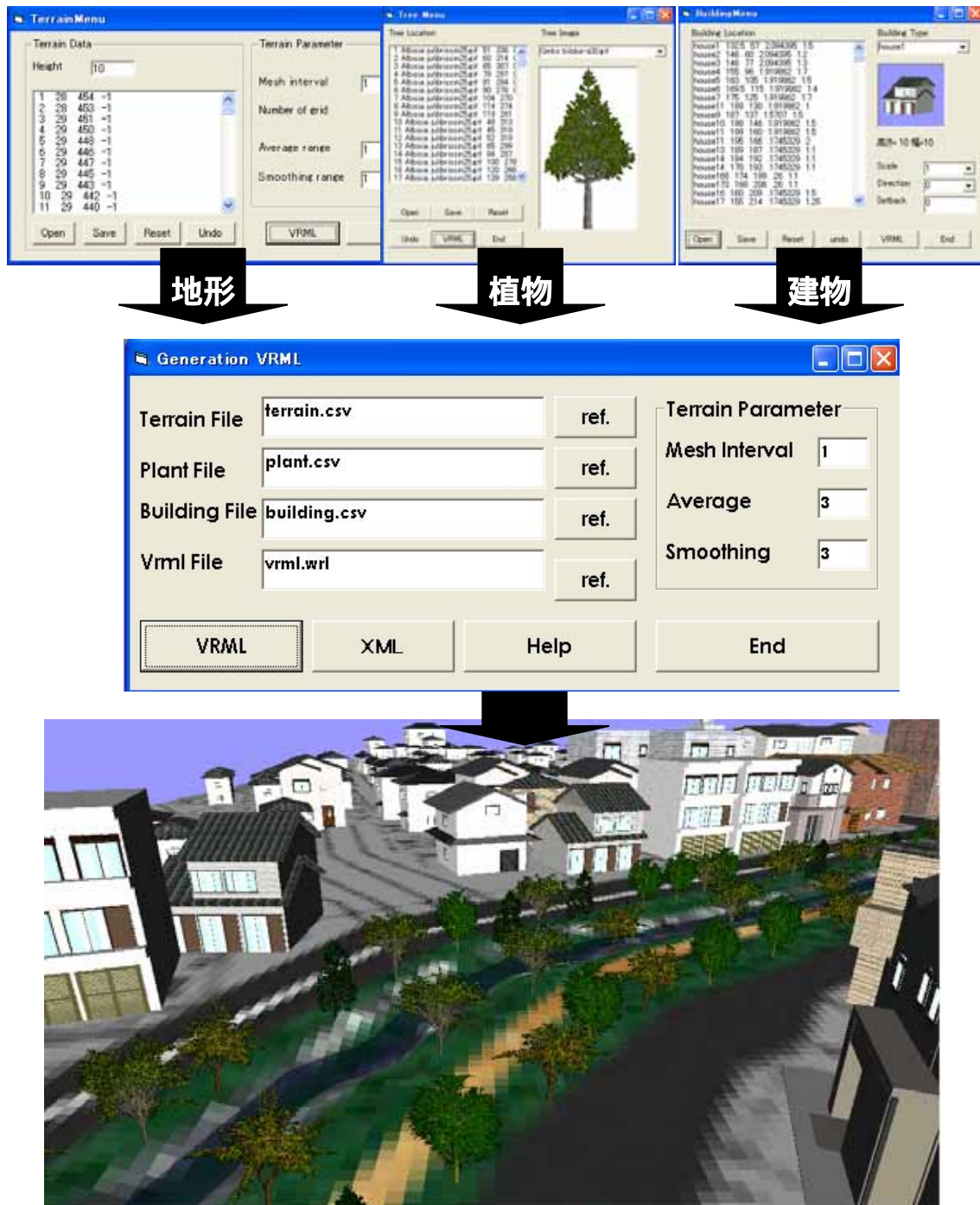


図 18 植物の二次元画像データベースの例



#### 4.4.5 Generate VRML

Generate VRML では、各レイヤーで作成した地形・建物・植物のデータをまとめ、一つの景観を作成できる。なお、地形・建物・植物のデータを XML データとして出力できる。これによりシステムで作成したデータを都市計画などの各業務で共有化できる。XML による景観情報の記述については、5 で詳しく述べる。Generate VRML の画面を、図 19 に示す。



#### VRML による 3D 景観画像の例

図 19 Generate VRML による景観画像作成の例

## 5. 標準化空間データの景観可視化システムへの応用

### 5.1 XMLによる標準化空間データとGISによる景観可視化

コンピューター上における可視化シミュレーションは、環境や景観計画において重要な役割を果たしている。今日、3次元コンピューターグラフィックス（CG）による景観可視化手法として、さまざまな手法が提案されている。景観分野では、そのような研究が、GIS（Geographic Information Systems）ベースの可視化システムやソフトウェアの発展を促してきた。GISは、位置とその属性データからなる地理的空間データを統合的に管理・運用することにより、高度な解析・判断を可能にするシステムである。2次元GISについては既に実用化されており、現在では3次元表示の活用も始まり、3次元GIS等の研究開発も進んでいる。ただし、これらは街や山などの大きなスケールの景観を可視化することを目的としたものであるため、木の一本一本について細かく可視化するような小さなスケールの景観には向いていない。

近年GIS分野では、空間データを相互利用するために、地理情報の標準化活動が行われている。JIS化された地理情報標準プロファイル（JPGIS：Japan Profile for Geographic Information Standards）などの規格がこれにあたる。これらは、汎用化言語であるXML（Extensible Markup Language）を使用し、データの設計や作成、その品質などに関わる規則を定めている。しかし、GISソフトウェア側での入出力機能はいまだ十分ではなく、景観の可視化において使用された例はない。

XMLは、データや文書を記述するための言語である。柔軟な記述形式の構成を持ち、形式の変更が容易にできるため、さまざまな分野で情報記述の有効な方法として注目されている。XMLは、3次元CGを利用したさまざまな景観可視化システムの間で使用できる景観情報の記述言語としても提案されており、景観分野においてもシステム間での共通語として使用できると考えられる。

そこで本研究では、GISを用いて作成した景観情報をJPGIS準拠のXMLデータ（標準化空間データ）として出力し、景観情報の標準化を行うことと、景観可視化システムで使用し、標準化空間データの実用性を確かめることを目的とした。

研究のフローを図20に示す。本研究は、GISソフトウェアを用いて標準化空間データを作成するプロセスと、空間データを可視化システムに応用するプロセスの2つから成る。

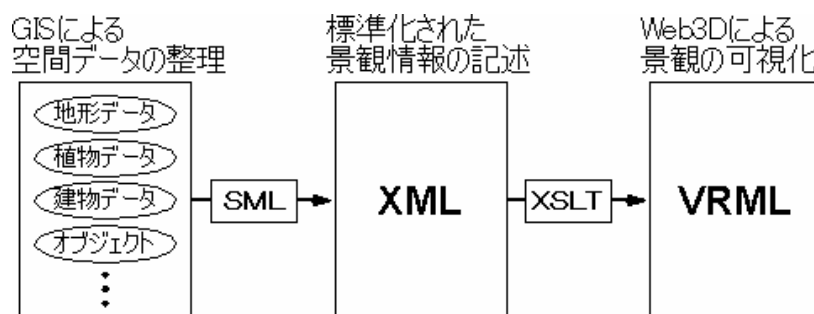


図20 研究のフロー

## 5.2 JPGIS と XML について

本研究では標準化空間データとして、JPGIS を利用する。JPGIS は、データの設計や品質を定めるものであるため、実際に利用するには空間データの利用分野ごとに適する規則を作成する必要がある。このことが、GIS ソフトウェア側での対応が十分でないことの一因だと考えられる。

そこで今回は、既存の研究を参考に景観可視化のための規則を定め、それに準拠した XML データを標準化空間データとして使用した。表 1 には今回定めた規則の一部である符号化規則を示してある。ここに示すクラスや属性にはそれぞれに定義規則を定めてあり、これらを符号化する際、表に示すようなタグ名に置き換えることとした。

XML は、電子的な文書管理を目的として開発が進められ、1998 年にインターネットの標準として XML1.0 が勧告された。XML は、独自に定義できるタグを持っており、このタグの使用でデータの内容についての情報も同時に持つことが可能である。そのため単独のファイルでデータの保持ができるという利点があり、データベースのデータ記述などに適している。

表 1 JPGIS 符号化規則

クラス名	属性名	タグ名
地物		Object
地表面		LandSurface
	起伏	undulation
道路		Road
	中心線	centerLine
建物		Buiding
	名称	name
	位置	position
	地上階数	riseStories
	高さ	height
	横の部屋数	sideRooms
	横幅	width
	奥の部屋数	innerRooms
	奥行き	depth
	植物	
名称		name
樹齡		age
位置		position
高さ		height
横幅		width

### 5.3 GISソフトウェアによる標準化空間データの作成

本研究では、対象地を千葉大学園芸学部フランス式庭園に定め、周辺の植栽、建築物を研究対象とした。

まず、景観に含まれる情報を、GISソフトウェアで整備した。GISソフトウェアは、MicroImages社で開発されたベクタ・ラスタ一体型地理情報処理システムである、TNTmipsを使用した。これには、データサイズの制限により有料と無料のバージョンが用意されており、本研究では無料のTNTmips-lite版を使用した。TNTmipsにより、建築物や植栽が記された園芸学部の平面図から、植栽・建物のベクタデータを作成した。図21にTNTmipsの操作画面を示す。植栽はポイントで、建物はポリゴンで表現した。TNTmipsでは、ソフトウェアが自動的にポイントやライン、ポリゴンの座標に関する情報を内部データ

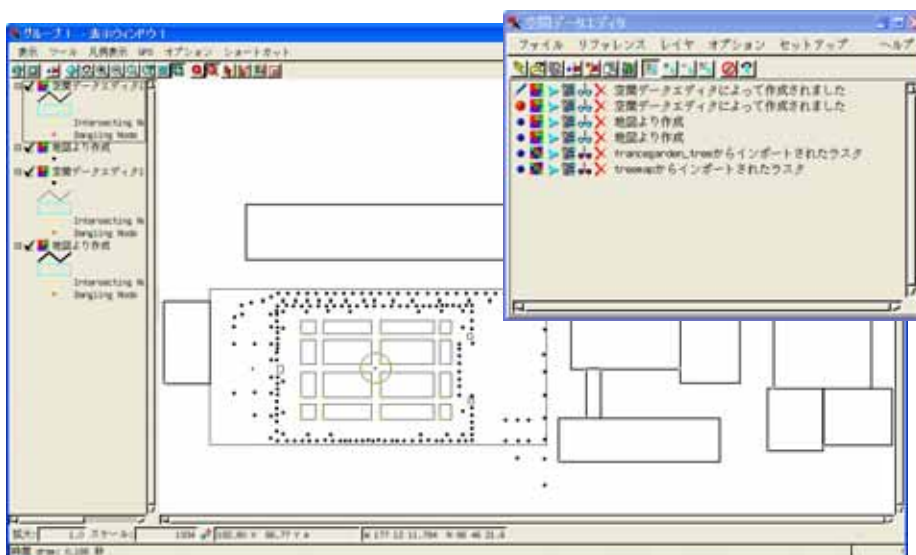


図 21 TNTmips 操作画面

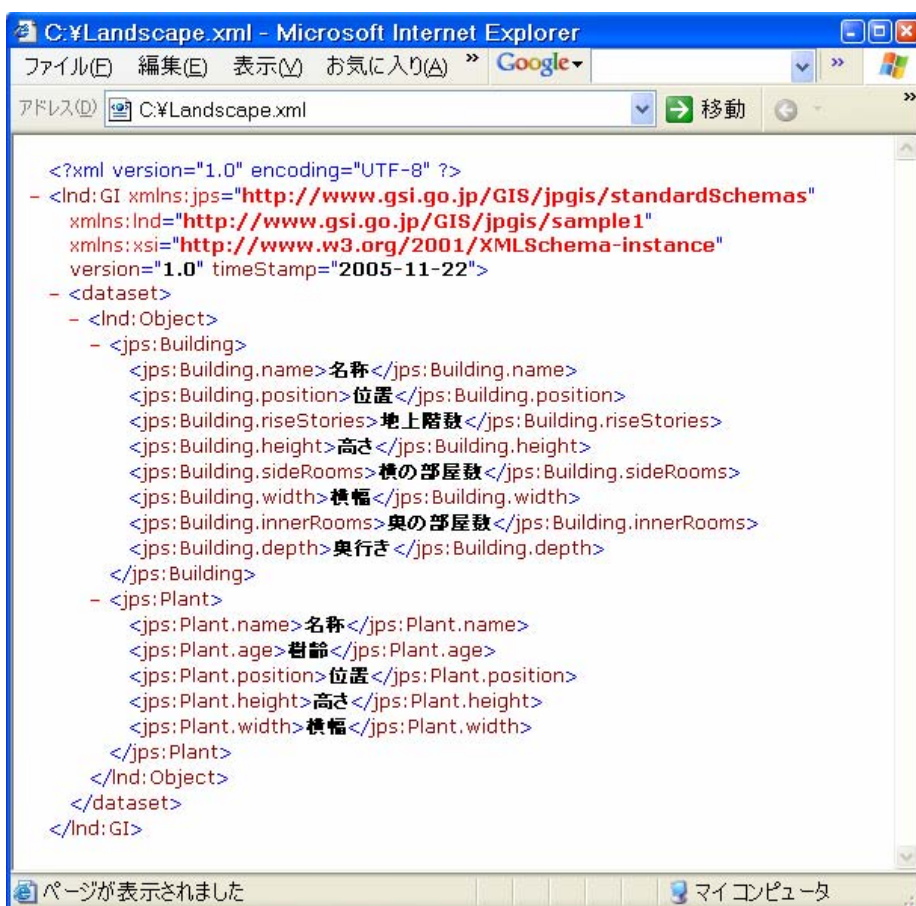


図 22 標準化空間データ概要

として保持し、面積や長さ等の算出も容易に行うことができる。また、別に外部テーブルを作成することで、各ポイントやポリゴンごとに様々な情報を含めていくことができる。今回は表 1 に示してある構造のように、植栽の各ポイントには名前・高さ・樹幹幅などの情報を含め、建物の各ポリゴンには名前・階数・高さなどの情報を含めた。

次に、TNTmips によって作成した植栽や建物等の各ベクタデータの景観情報を、JPGIS に準拠した XML で書き出すために SML ( Spatial Manipulation Language ) によるプログラムを作成した。SML は、TNTmips 専用のスクリプト言語である。SML を用いて、整備した景観情報を読み込み、標準化空間データの形式で別のファイルに出力している。図 22 が作成した標準化空間データ概要である。

景観情報を記述した XML データは図 22 に示すように、まず上部に、XML のバージョン情報などの XML 宣言をし、以降に階層的に景観情報を記述している。図 22 に示す内容の日本語記述の部分がデータとして表現され、植栽・建築物の数だけ下部に記述される。

#### 5.4 標準化空間データの景観可視化システムへの応用

XML による景観情報の可視化には、インターネット上で 3 次元情報を可視化するための言語である VRML を使用する手法を用いた。VRML を用いたのは、データが文字で表されており、データ仕様が明らかでないためである。VRML による景観シミュレーションでは、景観の中をリアルタイムで歩き回る疑似体験が可能である。本研究では、VRML ブラウザである Cortona ( Parallel Graphics 社 ) と Internet Explorer 6.0 ( Microsoft 社 ) の組み合わせを用いた。

XML データから VRML プログラムへと変換するために、XML の関連言語である XSLT ( Extensible Style-sheet Language Transformations ) を作成した。XSLT は XML の表示スタイルを指定する言語であり、作成した XSLT を介することで、XML データは VRML プログラムの形式で出力される。XML データの内容が異なっても、同じ XSLT を再使用することで、VRML プログラムへの変換が可能になる。しかしながら、XSLT はプログラミング言

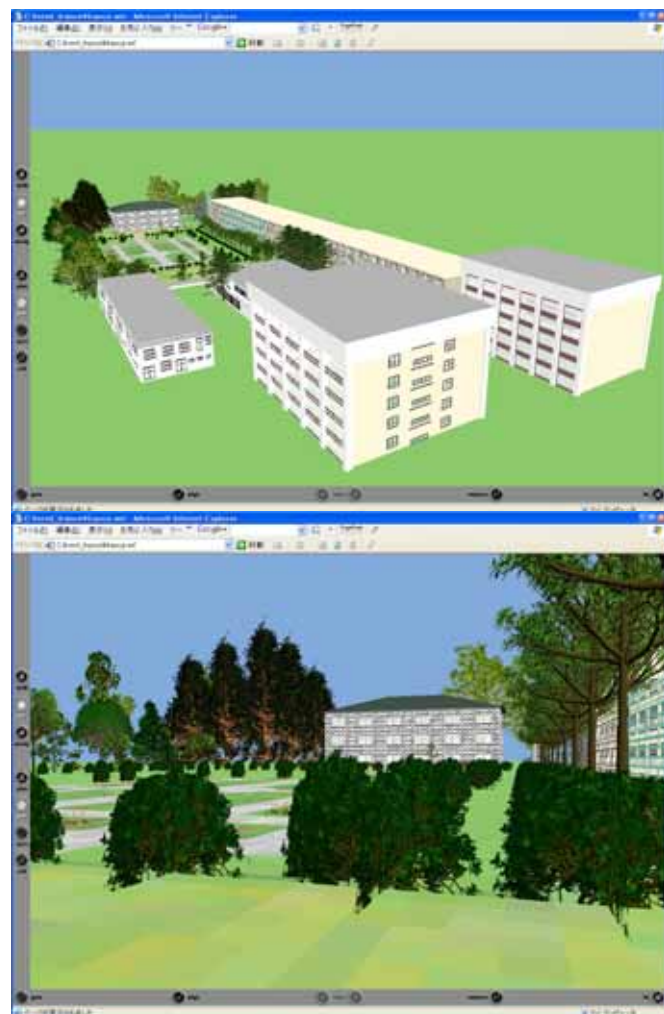


図 23. 景観可視化画像例

語ではないため、今回の景観可視化プロセスにおいて XML で記述した景観データから景観可視化用ファイルを作成するまでの過程は、完全には自動的に行えなかった。XSLT の機能的な制限により、XML から出力された VRML プログラムは、ブラウザ上からファイルに手作業で移す必要があった。

VRML プログラムより作成した景観画像を図 23 に示す。VRML における可視化では、植物は平面 2 枚に植物の透過 GIF テクスチャを貼り付け、その平面を直交させることで表現している。建物は、景観情報に記述された形状の立体にテクスチャを貼り付けて表現している。今回は、JPGIS に準拠した XML データを景観分野に応用し、景観分野において標準化空間データを提示した。その際に、GIS に、XML データの出力機能を追加した。また、GIS データ作成から景観可視化の一連のプロセスを実行することで、景観分野においても標準化空間データの運用が可能であることを示した。GIS と景観可視化システムとの連携により、今後大きな可能性を持つと考えられる。今後、GIS だけではなく、景観分野においても標準化空間データを普及させることで、誰もがデータを作成・利用できるようになる。

## 6. インタラクティブな景観可視化・景観評価システムの開発

### 6.1 サーバーサイド上での景観可視化システム

Honjo and Lim(2003)は、VRML と Perl (Practical Extraction and Report Language) で書かれたで作成した CGI スクリプトを利用して、WWW (World Wide Web) サーバー上で、VRML プログラムを作成し、可視化した景観の中をリアルタイムで Walk-Through Simulation できる仮想現実化システムを開発した。このシステムにより、ユーザーは特別な景観可視化用のソフトウェアを持たなくても、景観可視化用の Web ページへアクセスし、ブラウザ上で地形や植物などの景観情報に関するパラメータを選択したりデータを直接入力したりするだけで、さまざまな景観をインターネット上で簡単にシミュレーションすることができた。

また、開発したインターネット上での景観可視化システムと CGI スクリプトを用いて、インターネット上で景観評価を低コストで行うことのできる景観評価システムを開発し、その有効性を示した (Lim ら, 2006)。

### 6.2 インタラクティブな景観評価システム

本研究では、これらのシステムを改良し、より進歩した景観可視化・評価システムとして、提示された3次元CGに対する評価だけではなく、インターネット上で市民が計画案を簡単に修正し、3次元CGで提示できるインタラクティブな評価システムを開発した。システムの開発には、図に示すように、Windows(Microsoft 社)上で稼働する WWW サーバーである AN HTTPD、Windows 用 Perl である ActivePerl(ActiveState 社)を用いた。

CGI によるインターネット上でのインタラクティブな景観可視化・評価システムの概要を、図 24 に示す。図 25 に、松戸市駅前を対象地として作成したインタラクティブな景観可視化・評価のためのページ例を示す。

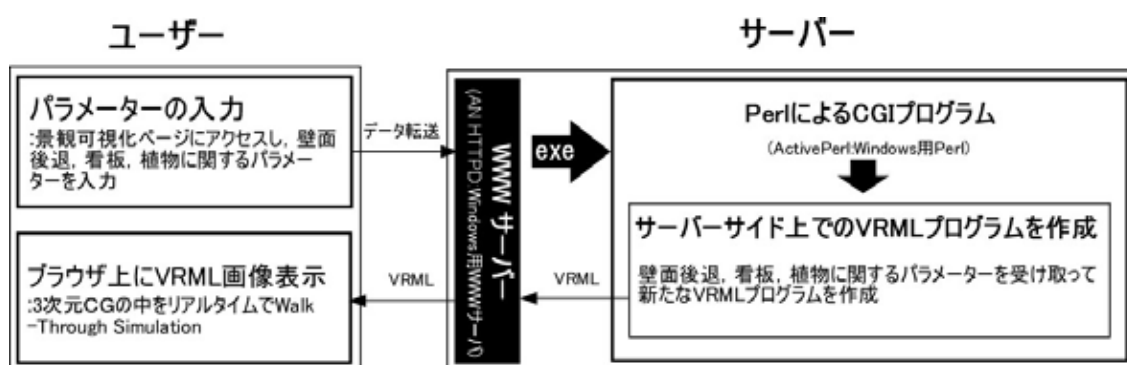


図 24 CGI によるインタラクティブな景観可視化・評価システムの概要

開発したシステムで、ユーザーは、まず図 25(a)のようなページにアクセスし、写真による現況のイメージ( )と3次元CGによる計画のイメージ( )を比較してみる事ができる。なお、計画案として提示されたVRMLによる3次元CGの中( )を、リアルタイムでWalk-Through Simulationしながら、計画案を細かく検討することができる。

次に、壁面後退、看板の有無、植物の種類をパラメーター( )としてページにのせてあり、このパラメーターを入力して“Try”ボタンを押すことで、ユーザーは、簡単に提示された計画案の3次元CGイメージを修正することができる。また、パラメーターを変えることで、さまざまな3次元画像を自ら作成し、その画像を計画案として提案することができる。

図 25(b)に、図 25(a)のパラメーター(壁面後退：1m、看板：なし、植物：ネムノキ)を壁面後退：0m、看板：あり、植物：イチョウに変更したときのページと3次元CG画像を示す。ユーザーは、作成した3次元画像の中をリアルタイムで歩き回りながら景観の変化を多視点から確認することができる。



(a) 壁面後退：1m、看板：なし、植物：ネムノキ



(b) 壁面後退：0m、看板：あり、植物：イチョウ

図 25 インタラクティブな景観可視化・評価のためのページ



図 26 に、開発したシステムで作成した VRML による 3 次元画像の例を示す。

今回は、都市の景観づくりにおいて、検討項目としてよく挙げられそうな項目（壁面後退、看板、植物）だけをパラメーターにしシステムを作成したが、パラメーターの数は、実際に検討される項目や使われるパソコンの性能を考えながら、自由に追加できる。



(壁面後退：0m，看板：なし，植物：ネムノキ)(壁面後退：0m，看板：なし，植物：イチヨウ)



(壁面後退：0m，看板：あり，植物：ネムノキ)(壁面後退：0m，看板：あり，植物：イチヨウ)

図 26 VRML による 3 次元 C G 画像の例

## 7. VRT-GUI の景観づくりへの応用

### 7.1 VRT-GUI による景観可視化

開発した VRT-GUI による景観可視化システムの実用性を確かめるため、東京都江戸川区一之江境川親水公園沿線を研究対象地として、図 28 の航空写真の内、四角で囲んだ部分、約 1.2 ha (262 m x 455 m) を VRT-GUI でシミュレーションした。図 27 に境川親水公園沿線の地図と写真を示す。

図 28 に、対象地の航空写真と VRT-GUI でシミュレーションした現況の町並み（遠景）を示す。この景観画像を作成するのに、スキャナで読み込んだ対象地の地図を VRT-GUI でのバックグラウンドイメージとして使用した。公園沿いの建物は現地で取った写真を見ながら詳細に作成し配置した。2 軒目以降の建物はランダムに配置した。合計 323 個の建物を配置した。植物は公園内に存在するのと同様 3 メートルの高さで、種はランダムに選択して 203 個配置した。河川は標高 - 1 m の地点 303 の座標により、この対象地の景観を作成した。



図 27 対象地の地図（左）と写真（右）

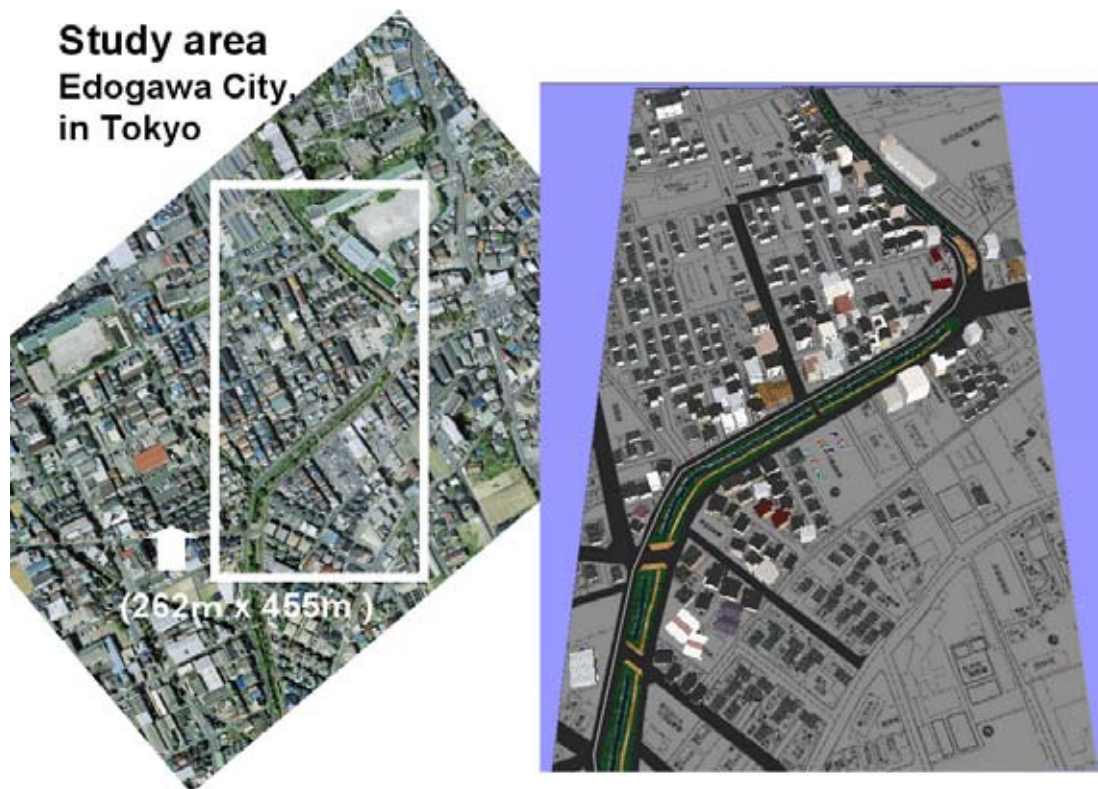


図 28 対象地の航空写真（左）と VRT-GUI でシミュレーションした現況の町並み（右）

## 7.2 VRT-GUI の景観づくりへの応用

境川親水公園沿線は、水と緑が豊かな景観で形成されているが、宅地化が進んでおり、この景観が失われることが懸念されている。そこで、2005 年に一之江境川親水公園沿線景観まちづくりがスタートし、図 27 の赤い四角で囲んだ境川親水公園の 3 地域（上・中・下流）で、景観形成の骨格となる建物の高さ・地区の範囲などについて考える懇談会が行われている。図 29 に、懇談会で検討されている建物の高さ・地区の範囲に関する概念図を示す。

図 30 に、VRT-GUI でシミュレーションした画像による地区の範囲検討の例を示す。図 30 は、親水公園沿線の前面に高い建物が建った場合の景観の見え方(a)と親水公園沿線の前面は低く抑え、奥に 5 階建ての建物が建った場合の見え方(b)を検討するために VRT-GUI で作成したものである。

図 31 (a)に、シミュレーションした町並みの近景の画像を示す。なお、今後親水公園側に 4 階建てが建設された場合（図 31(b)）、沿道から 2 軒目に 4 階建てが建設された場合図（31(c)）、そして沿道から 2 軒目に 5 階建てが建設された場合（図 31(d)）の予測画像を作成し、懇談会で建物の高さ・地区の範囲検討に用いた。予測画像は、現況のまちなみと同じ地形・建物・植物各データを用い、Building Layer で 4 階建てまたは 5 階建ての建物を作成・配置し、簡単にシミュレーションすることができた。図 32 に、2006 年 1 月に行われた一之江境川親水公園沿線景観まちづくり懇談会の写真を示す。

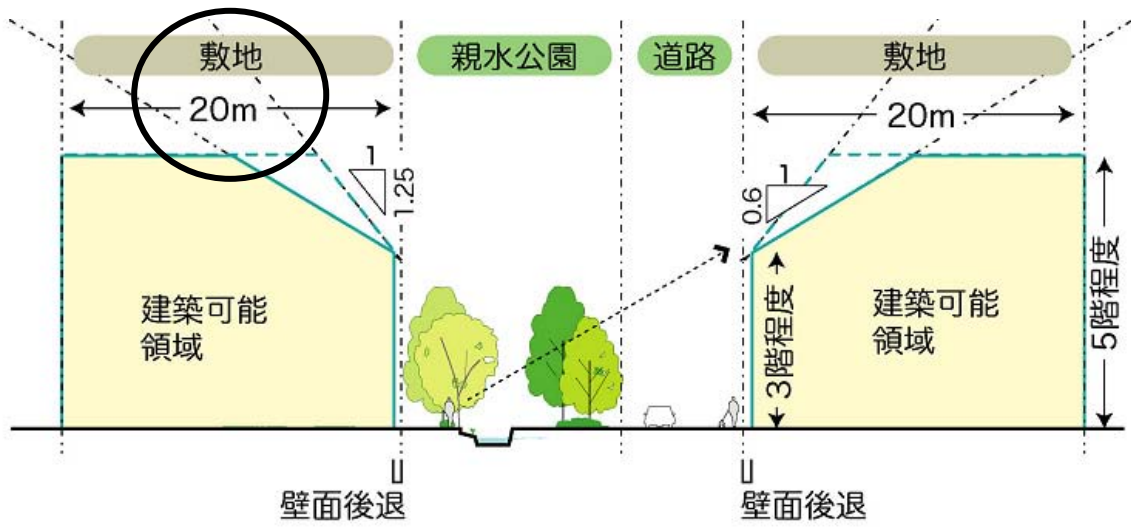


図 29 懇談会で検討されている建物の高さ・地区の範囲に関する概念図

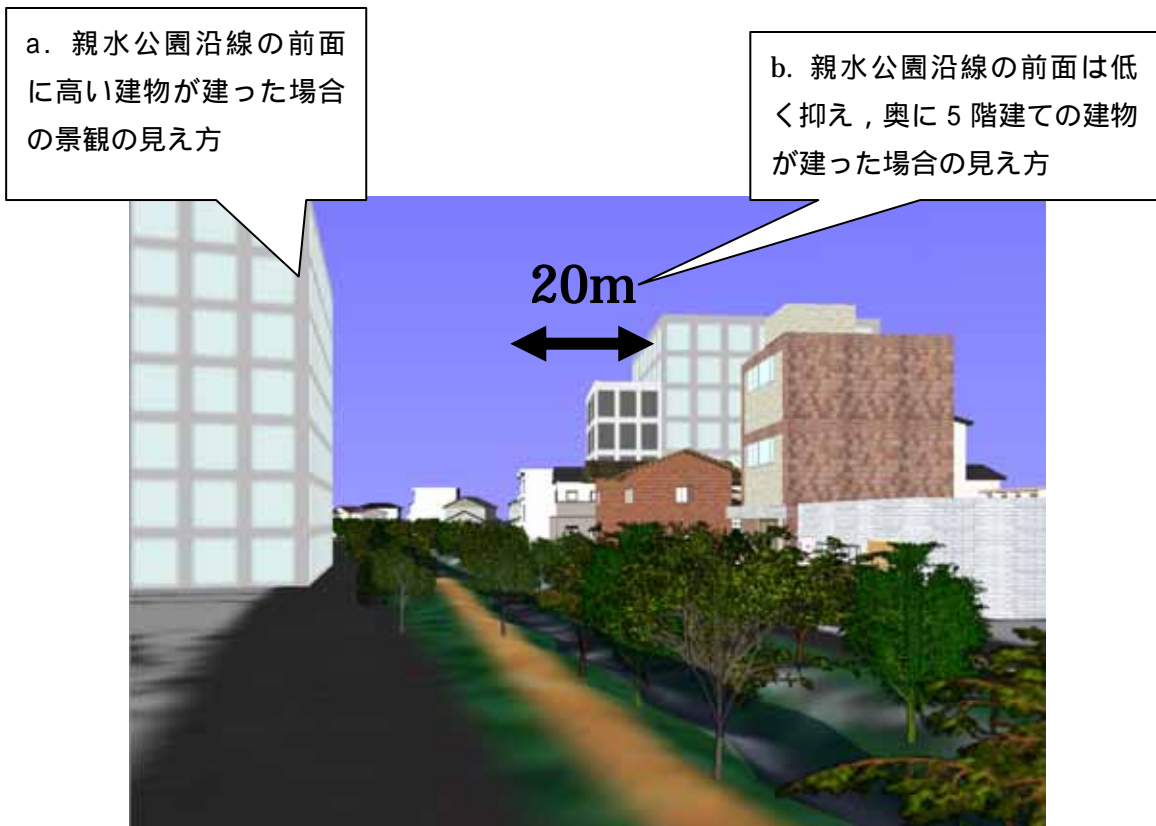
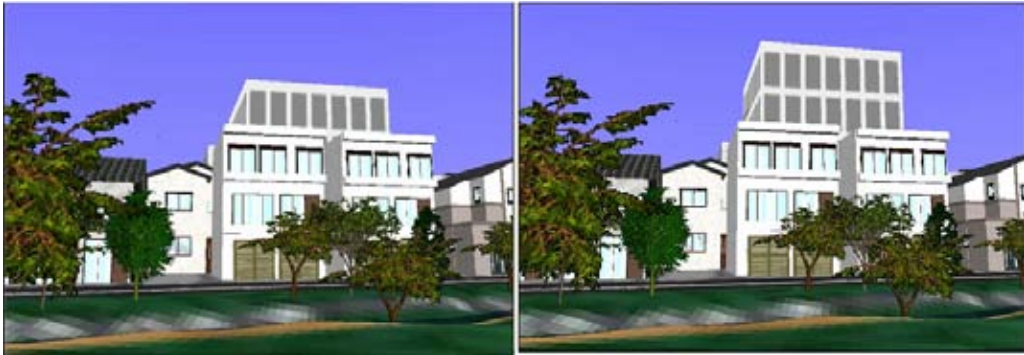


図 30 VRT-GUI でシミュレーションした画像による地区の範囲検討



(a) 現況の町並み画像

(b) 沿道に4階建てが建設された場合の予測画像



(c) 沿道から2軒目に4階建てが建設された場合 (d) 沿道から2軒目に5階建てが建設された場合

図 31 VRT-GUI でシミュレーションした画像による建物の高さ検討



図 32 一之江境川親水公園沿線景観まちづくりの懇談会の様子

### 7.3 VRT-GUI による景観可視化画像に対するアンケート

開発した VRT-GUI による景観可視化システムの実用性を確かめるため、VRT-GUI によるシミュレーション画像を、図 33 に示すように、懇談会で見せた後、懇談会の参加者 19 名を対象にシミュレーション画像に対するアンケートを行った。図 33 に、アンケート用紙を示す。図 34 と表 2 に、単純集計したアンケート結果を示す。

アンケートの結果を見ると、VRT-GUI によるシミュレーション画像による説明のわかりやすさについては、74%以上がわかりやすいと答えている。なお、家やビルに対するシミュレーション画像の再現性については64%以上が、親水公園に対するシミュレーション画像の再現性については47%が本物らしく見えると答えている。今回は、インターネット上での景観評価は行えなかったが、本研究で開発した VRT-GUI で作成した VRML シミュレーション画像は、まちづくりの意見交換において有効に使用できる手法であると言える。

コンピュータグラフィックスで動画で再現したまちなみについてお聞きします。

1. コンピュータグラフィックス(動画)で再現したまちなみについて、感じたことを A~E のいずれか1つに○印を付けてください。

(1) コンピュータグラフィックスの動画を使った説明はわかりやすかったですか

A. 非常にわかりやすい    B. まあわかりやすい    C. どちらともいえない  
D. わかりにくい    E. 非常にわかりにくい

(2) コンピュータグラフィックスの家やビルの画像は本物らしく見えましたか

A. 非常に本物らしい    B. まあ本物らしい    C. どちらともいえない  
D. あまり本物らしくない    E. 全く本物らしくない

(3) コンピュータグラフィックスの親水公園の画像は本物らしく見えましたか。

A. 非常に本物らしい    B. まあ本物らしい    C. どちらともいえない  
D. あまり本物らしくない    E. 全く本物らしくない

2. コンピュータグラフィックスでこの点を改善すればよいと思われる所があれば、ご記入ください。

3. その他、コンピュータグラフィックスの画像についての感想をご記入ください。

ご協力ありがとうございました。

図 33 アンケート用紙

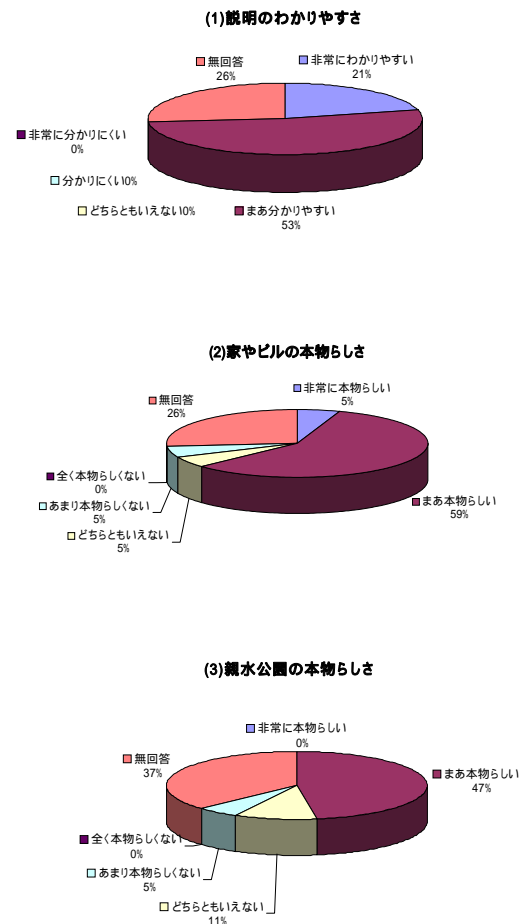


図 34 アンケート結果

表2 アンケート結果

属性		NO	コンピュータグラフィックスで動画で再現したまちなみについて				
地域	性別		説明のわかりやすさ	家やビルの本物らしさ	親水公園の本物らしさ	改善すればよいと思われる点	その他
上流	男性	1	A	B	B	?	?
中流	男性	2	?	?	?	?	?
中流	男性	3	B	A	B	?	?
中流	男性	4	B	B	?	?	1回だけの説明ではよく分からなかった
中流	女性	5	A	B	B	?	?
中流	男性	6	B	B	B	?	?
中流	男性	7	A	B	B	写真で最初全体図を示し、固定ナンバーで写真を紹介に入る順序にして行った方がよい	?
中流	男性	8	B	B	C	?	?
中流	女性	9	B	B	B	?	?
中流	男性	10	B	D	B	大変よいと思います	?
下流	男性	11	B	B	?	?	?
下流	?	12	B	B	B	?	?
下流	男性	13	B	C	C	もう少しリアリティがあれば、説得力も増す	?
下流	女性	14	?	?	?	?	?
下流	男性	15	?	?	?	?	?
下流	男性	16	?	?	?	?	?
下流	女性	17	?	?	?	?	バーチャルにての学習はとても分かりやすかった。理解するまでの時間短縮でよいですね
下流	男性	18	A	B	B	?	?
下流	?	19	B	B	D	これまでの二次元の絵による説明よりもはるかに分かりやすいと思います。一方で若い世代の方は、CGなどに普通に接して生活しているので、見る目としては厳しくなるとは思います。どこで折り合いを付けるかの問題ではないでしょうか	今回は、建物形状とおおよその色合いを見る点が目的であったため、大変理解に役立ったと思います。但し、これが商店街の細かいレイアウトなどの検討と言った細かい点になる場合は、よりリアリティが求められると思います

## 8. おわりに

本研究では、第一に、Web3D テクノロジーの一つである VRML(Virtual Reality Modeling Language)を用いて、地形、建物、植物からなる景観を簡単に可視化し、シミュレーションした画像の中をリアルタイムで歩く疑似体験(Walk Through Simulation)が可能な景観可視化システム "Town Maker" の開発を行った。なお、汎用的な景観設計のための CAD システムとしても使用できるように、GUI(Graphical User Interface) 機能を付加したより使い易い景観可視化システム "VRT-GUI" の開発を行った。システムの開発には、Visual Basic(Microsoft 社)を使用した。

Town Maker は、ハウス、ビルディング、タウンに関わる各パラメーターの値を入力し、Make Town ボタンをクリックするだけで街路樹を含む都市景観がシミュレーションできる。また、各パラメーターの値を入力するだけで、道路から建物をセットバックさせたり、配置した街路樹のサイズや種類を容易に変更させたりしながら、さまざまなパタンの街路景観をシミュレーションすることもできる。このような機能は、都市緑化プラン検討に適している。

VRT-GUI は、地形データ、建物データ、植物データを作成するレイヤーと、それらのデータをまとめて VRML プログラムへ変換し、景観をシミュレーションするレイヤーで構成される。

VRT-GUI では、ウィンドウに現れた地図の上でマウスをクリックすることで、地形・建物・植物の位置データなどを簡単に習得し、CSV や XML 形式でデータを保存できる。なお、ユーザーは作成途中のデータを順次に VRML プログラムに変換し、3次元 CG 画像をあらゆる視点から自由に見ながら、入力されたデータの正確さを確かめることができる。なお、VRT-GUI では、開発したシステムで作成した景観情報を都市計画などの各業務で共有化するため、JIS 化された JPGIS 準拠の XML データ(標準化空間データ)として出力できるようにした。

第二に、VRML と CGI(Common Gateway Interface)スクリプトなどの Web テクノロジーを利用し、より進歩した景観可視化・評価システムとして、インターネット上で市民が計画案を簡単に修正し、3次元 CG で提示できるインタラクティブな景観可視化・評価システムを開発した。

開発したシステムで、ユーザーは、まず、ページにアクセスし、計画案として提示された VRML による 3次元 CG の中を、リアルタイムで Walk-Through Simulation しながら、計画案を細かく検討することができる。次に、壁面後退、看板の有無、植物に関するパラメーターを変えることで、さまざまな 3次元画像を自ら作成し、その画像を計画案として提案することができる。

第三に、開発した VRT-GUI による景観可視化システムの実用性を確かめるため、実際に景観づくり方針の検討が行われている東京都江戸川区一之江境川親水公園沿線を、研究対象地として約 12ha (262m x 455m) をシミュレーションした。その画像を 2006 年 1 月に行われた懇談会で建物の高さ・地区の範囲検討に用いた。なお、懇談会の参加者 19 名を対象にシミュレーション画像に対するアンケートを行った。その結果、74%以上が、VRT-GUI によるシミュレーション画像による説明がわかりやすいと答えた。今回は、インターネット上での景観評価は行えなかったが、本研究で開発した VRT-GUI で作成した VRML シミュレーション画像は、まちづくりの意見交換において有効に使用できる手法であると言える。

これまでのバーチャルリアリティシステムは高価な設備を必要とするものが多く、多数の人々



を対象とした景観評価に用いることは困難であったが、本研究により、インターネット上でバーチャルリアリティによる景観可視化や評価が低コストで期待される。

## 参考文献

- 川村 博 (2001) : XML 文書データベース : ソシム, 東京, 271pp.
- De Reffye, P., Edelin, C., Francon, J., Jaeger, M. and Puech, C. (1988) : Plant Models Faithful to Botanical Structure and Development. Computer Graphics, 22, 151-158.
- ハーシー (2003) :速効! 図解プログラミングXML : 毎日コミュニケーションズ, 247pp.
- Honjo, T. and Lim, E. (2001) : Visualization of landscape by VRML system : Landscape and Urban Planning55, 175-183.
- Honjo, T. and Lim, E., Visualization of Forest Landscape by VRML. 2002 Asian Agricultural Information Technology & Management, 549-554, 2002
- Honjo, T. and Lim, E., Server Side Generation of VRML Program by Parametric Modeling, In Buhmann, E. and Ervin, S. (Eds.), Trends in Landscape Modeling, Wichmann, Heidelberg, pp 85-94. 2003
- Honjo, T. and Lim, E., Visualization of Landscape by Using Plant Modeling Technique, Hu Bao-Gang and Jaeger Marc (Eds.), Plant Growth Modeling and Applications, Tsinghua University, Springer, pp 401-409. 2003
- Honjo, T., Lim, E. and Umeki, K., Real-Time Rendering of Landscapes Using VRML with Graphic User Interface, In Buhmann, E. and Ervin, S. (Eds.), Trends in Real-Time Landscape Visualization and Participation, Wichmann, Heidelberg, pp 307-313. 2005
- Honjo, T., Lim, E. and Umeki, K., Three Dimensional Landscape Design and Visualization by VRML, Proceeding of the 19<sup>th</sup> International Conference, Informatics for Environmental Protection, 739-746.2005
- 野口 祐司, GIS と XML を利用した景観の可視化に関する研究, 千葉大学修士論文, 2005
- 本條 毅,野口 祐司,林恩美,梅木 清,XML を用いた景観可視化,ランドスケープ研究,68(5), 897-900,2005
- 林 恩美,本條 毅,VRML 画像を景観評価に用いる有効性について,ランドスケープ研究,65(5),693-696,5,2002
- Lim, E. and Honjo, T., Three-dimensional visualization forest of landscapes by VRML. Landscape and Urban Planning, 63, 175-186, 4, 2003
- En-Mi Lim, Tsuyoshi Honjo and Kiyoshi Umeki, (2006): The validity of VRML images as a stimulus for landscape assessment, Landscape and Urban Planning, 77, 80-93.
- 林 恩美,本條 毅,インターネット上での景観評価システムの開発と実用性について,ランドスケープ研究,66(5),855-858,5,2003
- 本條 毅,林 恩美 (2004) : 景観可視化プロセスとその記述法 :環境情報科学 33(2) , 48-54.
- World Wide Web Consortium (2004) : Extensible Markup Language (XML) 1.0(Third Edition) : World Wide Web Consortium ホームページ <http://www.w3.org/TR/2004/REC-xml-20040204/>

## 助成研究者紹介

りん うんみ

林 恩美

現 職：千葉大学大学院自然科学研究科助手（学術博士）

ほんじょうつよし

本條 毅

現 職：千葉大学園芸学部教授（農学博士）

主な著書：

- 1) バイオエキスパートシステムズ（共著）（コロナ社，平成 2）
- 2) コンピューターシステム，グリーンハウスオートメーション（共著）（橋本康編），（養賢堂，平成 4）
- 3) 計測とセンサ，ハイテク農業ハンドブック（共著）（日本植物工場学会編），（東海大学出版会，平成 4）
- 4) 空から見た都市，都市の風水土（共著）（福岡義隆編），（朝倉書店，平成 7）
- 5) 植物三次元形状の計測，生物環境調節ハンドブック（共著）（日本生物環境調節学会編），（養賢堂，平成 7）
- 6) 樹木成長シミュレーション，ランドスケープデザイン（共著）（ランドスケープ大系第 3 巻），（技報堂出版，平 9）