

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・評価システムの開発

千葉大学大学院自然科学研究科

助手 林 恩美

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）

目 次

1. はじめに	4
2. 研究の目的	4
3. 研究の構成及び方法	4
4. GIS データと Web3D テクノロジーによる景観可視化システムの開発	6
4.1 VRML による景観の可視化	6
4.2 VRML について	6
4.3 VRML による景観可視化手法	7
4.3.1 VRML による景観可視化プロセス	7
4.3.2 地形のモデリング	8
4.3.3 植物のモデリング	8
4.3.4 建築物のモデリング	9
4.3.5 VRML 形式への変換プログラム作成	9
4.4 XML と GIS データによる景観の可視化	10
4.5 XML および XSLT について	10
4.6 XML による階層的な景観構造の記述	11
4.7 XML による景観可視化手法	12
4.7.1 GIS データの XML への変換	13
4.7.2 XML を VRML へ変換	14
4.8 植物モデリングソフトウェアによる植物の画像データの作成	17
4.8.1 AMAP について	17
4.8.2 AMAP による植物画像データベースの作成	19
5. インターネット上での景観可視化システムの開発	19
5.1 CGI によるインターネット上での景観可視化	19
5.2 VR-Terrain	19
5.3 Forest-Maker	19
6. インターネット上での景観評価システムの開発	22
6.1 インターネット上での景観評価システム	22
6.2 CGI による景観評価システム	22
6.3 CGI による景観評価アンケートのページ作成	25
7. おわりに	27
参考文献	28

1. はじめに

「美しい国づくり」において、人々がどのような景観を良好で美しい景観であると認識しているのかを把握することは、きわめて重要な研究課題である。

これまでの景観研究では、労力・コスト面の制約から少数の評価者を対象とした景観評価が、現地および室内で行われている。また、景観提示媒体としては、写真、3次元コンピュータグラフィックス (CG)の静止画などによる限られた視点からの画像が主に使われている。しかし、「どのような景観が良好で美しい景観であるか」についての客観的なデータを示すためには、多数の人々を対象とした景観評価が必要である。また、提示媒体も、多視点からのアニメーション画像などが望ましく、シミュレーションした景観の中を、実際に歩き回るような疑似体験 (Walk Through Simulation) のできる仮想現実感システムが考えられる。

仮想現実感 (Virtual Reality) 技術を応用した三次元 CG の場合には、視点移動とほぼ同時に、視野に入る画像の CG が作成されるリアルタイム性が要求される。そのため、従来の仮想現実感システムは、極めて高価な入出力機器と高速の計算機の組み合わせであり、一般的に使用できるものではなかった。しかし、近年インターネット上で仮想現実感システムを作成するための言語である VRML (Virtual Reality Modeling Language) の規格策定とその進歩、またパソコンの高速化により、従来に比べて非常に低コストで仮想現実感システムが構築できる環境が整ってきた。

2. 研究の目的

以上の背景を踏まえて、本研究では、地理情報システム (GIS) データと Web3D テクノロジーの一つである VRML を用いて、インターネット上で景観を3次元的に可視化できる景観可視化システムの開発と、そのシステムより景観評価の際、景観の中を自由に歩き回る (Walk-Through Simulation) ことが可能な景観評価システムを開発することを、研究の目的とした。また、GIS データから景観可視化を行うため、XML (Extensible Markup Language) による GIS データの記述を行い、今後の GIS データの利用の可能性を示した。

インターネット上で景観を可視化し、多視点から景観を評価できる本システムにより、低コストで内容の濃いアンケートを行うことが可能であり、景観を客観的に評価することができるはずである。景観評価において、Web3D テクノロジーによる Walk-Through Simulation が可能な3次元 CG を実用的に用いることは、世界的にも例がなく重要な研究である。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

本研究では、以下の3項目を中心とした研究を行った。図1に、本研究のフローを示す。

1) GIS データと Web3D テクノロジーによる景観可視化システムの開発

GIS データと Web3D テクノロジーの一つである VRML を用いて、Walk-Through Simulation が可能な景観可視化システムを開発した。GIS データは、XML を用いて記述した。そのため、GIS データを XML へ変換できるプログラムを開発した。また、多様な景観を可視化するため、植物モデリ

ングソフトウェアによる植物の画像データを作成し、整備した。

2) インターネット上での景観可視化システムの開発

CGI(Common Gateway Interface)などの Web テクノロジーと VRML を利用し、サーバーサイド、すなわち WWW(World Wide Web)サーバー上で、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。

3) インターネット上での景観評価システムの開発

VRMLで開発したバーチャルリアリティによる景観可視化システムとスクリプト言語で書かれた CGI を用いて、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構築した。

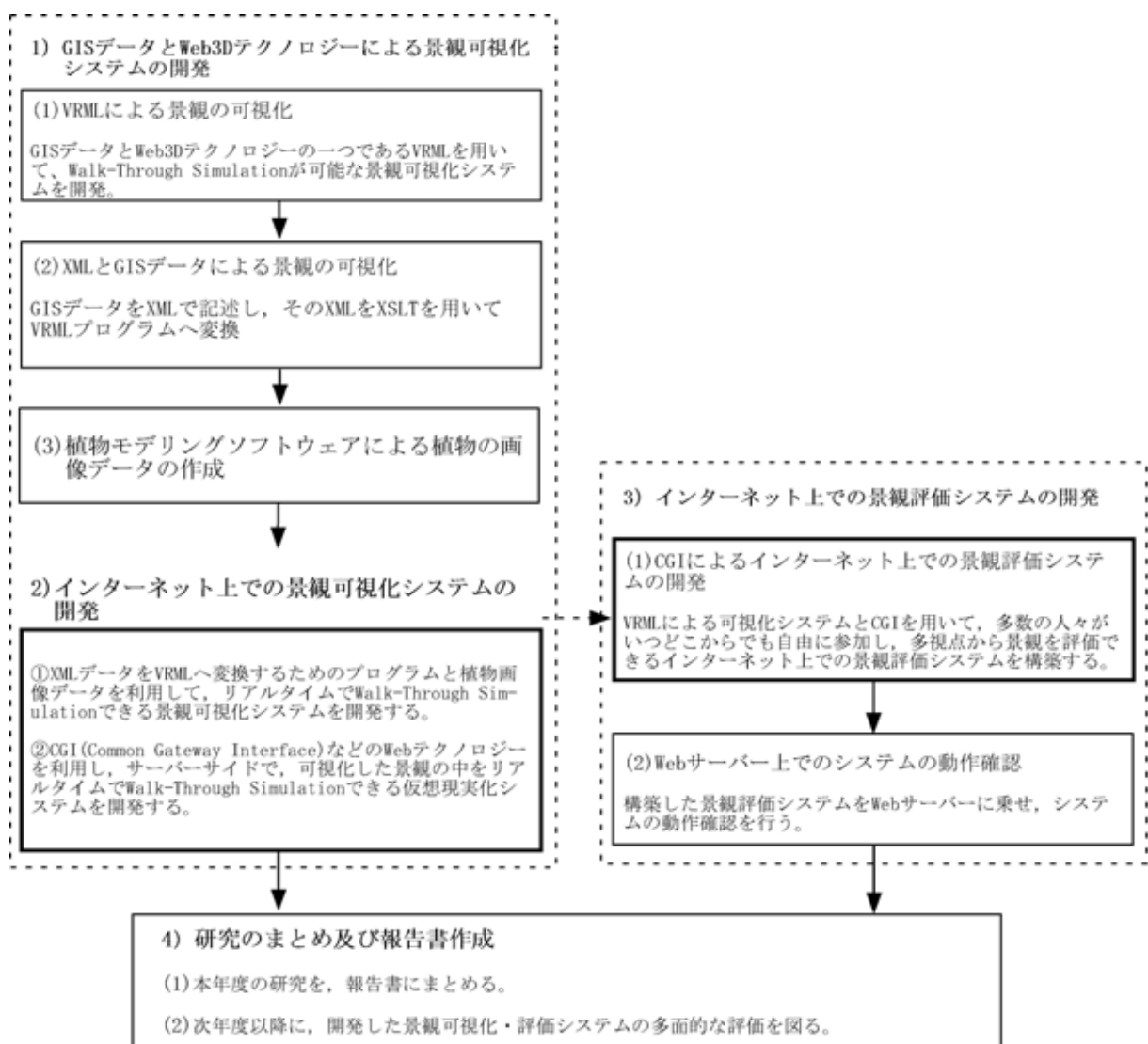


図1 研究のフロー

4. GISデータと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による景観の可視化

実際の景観の設計を行う場合、図2のように、対象地域のGISなどの情報を元に、多視点から見た画像作成を行い、設計の妥当性を検討し、修正を加えて行くフィードバックプロセスが求められる。VRMLの場合は、一度プログラムを作成してしまえば、視点の移動は容易であり、設計した景観中をWalk Through Simulationすることも可能である。このような機能は、従来は非常に高価な仮想現実システムでなければ実現が難しかった。

最近のソフトウェアでは、VRML形式でデータを作成できるものもある。しかし、造園分野に適したシステムでは、例えば樹木調査結果や樹木データベースから景観を作成する機能や、植物の成長とともに樹木の表現を変えてゆく機能などが必要であるが、市販のシステムではそのような機能を満たすものはない。そこで、本研究では造園分野での景観可視化に適したVRMLプログラムを自動作成する変換プログラムを含む景観可視化手法を開発した。

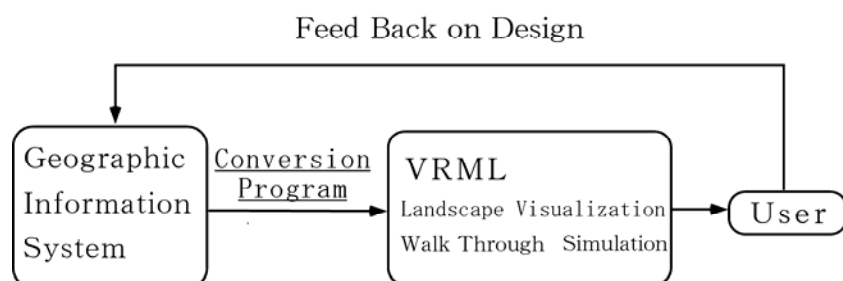


図2 VRMLによる景観可視化と検討プロセス

4.2 VRMLについて

VRMLは、インターネット上で三次元情報を可視化するための言語であり、その名前の由来のとおり、仮想現実システムを作成するための言語である。VRMLの規格は、1994年にVRML1.0が策定され、その後より動的でインタラクティブなプログラミングが可能なVRML2.0が1996年に策定されている。VRML2.0では、ノード(node)と言うVRMLで使用される命令を使って、三次元空間内で、何かを行った際の反応や物体の動きを記述できる。また、地形の表現が、簡単に記述できるようになっており、本研究では、VRML2.0(以下VRML)を用いた。

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、三次元画像をリアルタイムで見ることができる。三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Cosmo Player(Silicon Graphics社)とCortona(ParallelGraphics社)、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。

4.3 VRML による景観可視化手法

4.3.1 VRML による景観可視化プロセス

VRML による景観可視化プロセスは、図 3 に示すように、対象地域の環境情報より地形及び植物データの作成，データ変換プログラムによる VRML 形式への変換，リアルタイムでの景観の画像作成などのプロセスから構成される。

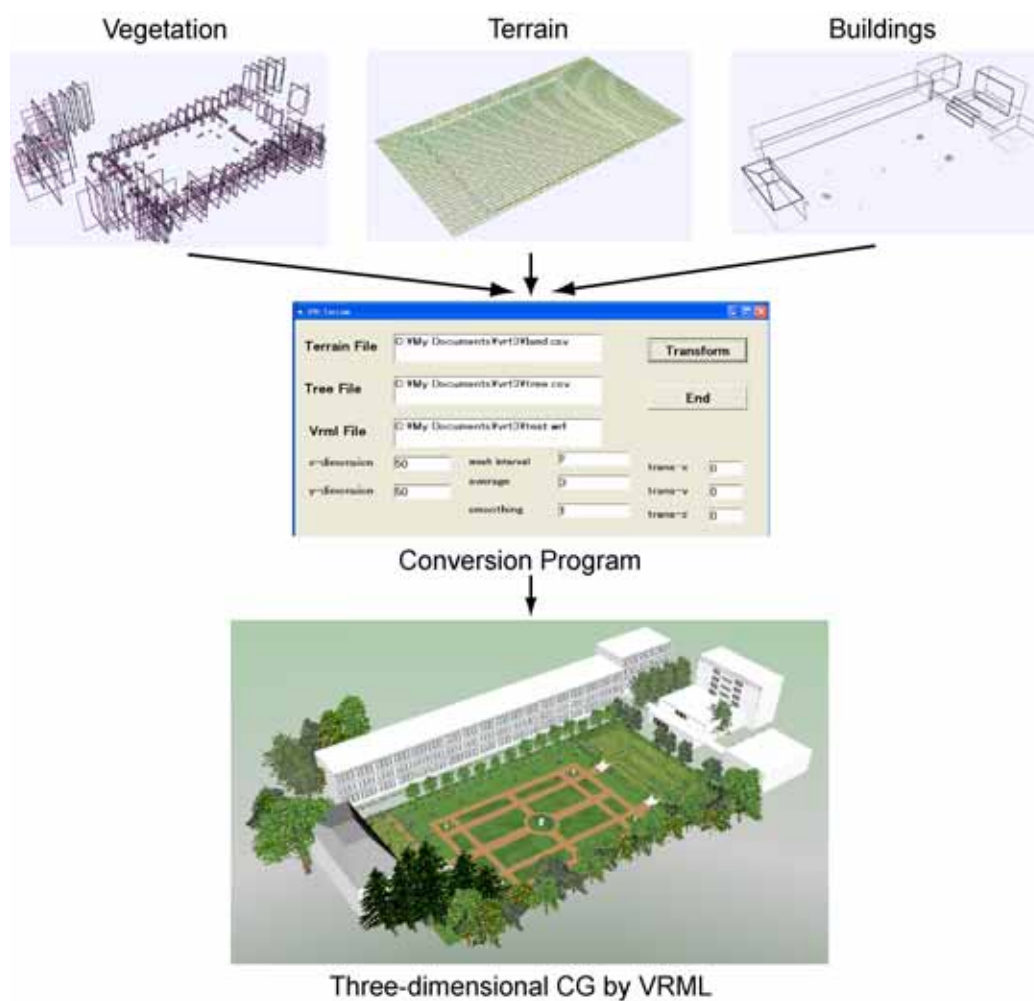


図 3 VRML による景観可視化プロセス

4.3.2 地形のモデリング

VRML2.0 では、一定間隔の格子の上に、その地点の標高データがあれば ElevationGrid というノードにより、地形を簡単に作成することができる。

標高データが、一定間隔で存在しない場合には、それらのデータから補間により、新たに格子上でデータを作成できるようにした。本研究では、ElevationGrid にテクスチャを貼り付け、地形として用いた。

4.3.3 植物のモデリング

精巧な樹木の CG モデルでは、枝や葉のすべてをポリゴンで記述されていたが、このようなモデルでは、非常にリアリティの高いモデルが使用できる反面、画像を作成するための計算に大量の時間が必要であるためリアルタイムでの画像作成は難しい。VRML で、快適なスピードで Walk Through Simulation のできる仮想現実感システムの構築のためには、あまり多くのポリゴンを使用することはできず、データ量を減らしリアルタイムで描画できるシステムを作成する必要がある。

本研究では、平面に樹木のテクスチャを張り付けることにより、複雑な樹木を少ないポリゴン数で表現する手法をとった。最も単純な手法として、図 4 のように、平面 2 枚を直交させ、そこに、透過 GIF 形式のテクスチャを貼り付けて、植物を三次元的に表現した。貼りつけるテクスチャとしては、必要とされる樹木の画像品質に応じて、写真、図鑑、CG などさまざまなものが考えられるが、本研究では、植物の成長モデルを含む高性能の景観設計システムである AMAP により作成した CG の画像を使用した。また植物の成長に応じた景観シミュレーションを行うため、AMAP を用いてさまざまな植物の各成長段階での二次元画像データを作成した。AMAP とその利用については、4.8 で詳しく述べる。

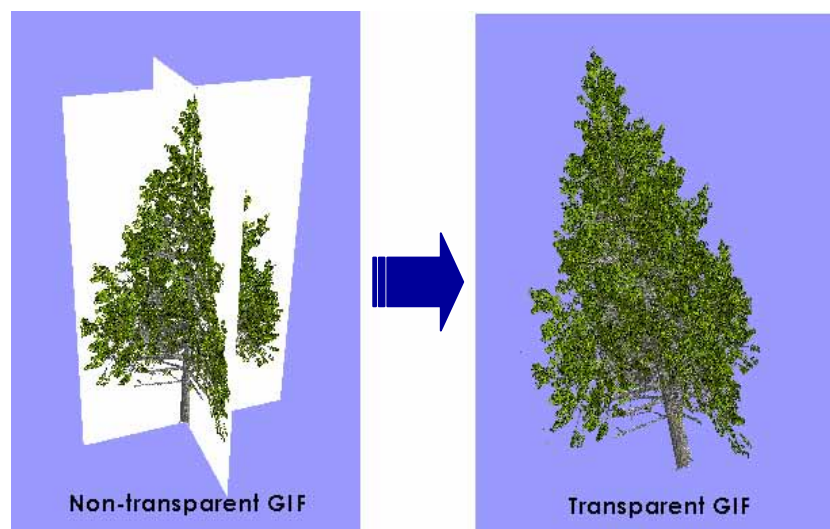


図 4 透過 GIF による植物の三次元可視化の例

4.3.4 建築物のモデリング

建物に関しては、CAD ソフトウェアで作成した建物データを、VRML 形式に変換すれば非常に複雑な形状の建物の表現も可能であり、建物のデザインを重視する場合この手法がよい。また、ポリゴン数を少なくして、複雑な建物を表現するには、樹木同様単純な図形にテクスチャを貼るのも手法の一つである。

本研究では、建物は重視せずポリゴン数をできるだけ減らすため、VRML の幾何ノードを用いて作成した建物形状に、植物のモデリング同様、建物のテクスチャを貼り付けて表現した。

4.3.5 VRML 形式への変換プログラム作成

本研究では、図 5 のように、Excel (Microsoft 社) で入力した地形と植物の調査データから、VRML プログラムを自動作成する変換プログラムを開発した。変換プログラムの作成には、Visual Basic6.0(Microsoft 社)を用いた。

この変換プログラムでは、各植物の平面位置に対応した地形の標高値を求めて植物を地形に配置する機能を備えるようにした。また、メッシュの数とスムージングの対象となるメッシュの数をパラメータとし、利用するメッシュユニットの大きさや数を調節し、自由に地形の可視化精度を変換できるようにした。これによって、VRML プログラムのデータ量を減らすこともできる。

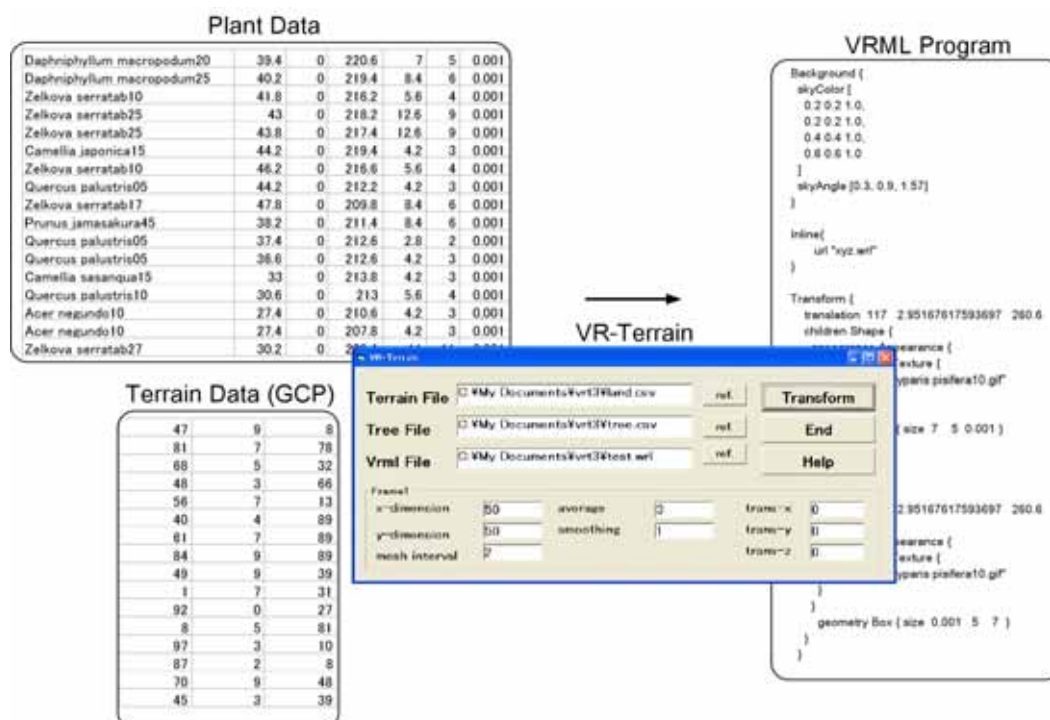


図 5 VRML 形式への変換プログラム

4.4 XML と GIS データによる景観の可視化

3次元CGの発展に伴い、景観計画・景観アセスメントの際、さまざまな景観可視化・予測システムが、専門家や非専門家たちの意思決定や代替案の検討に重要な技術として利用されつつある。しかし現在利用されている景観可視化・予測システムは、それぞれ独自のデータ形式を持っているため、いったん作成されたデータから情報を取り出すことは困難であり、システム間においてのデータの相互利用および再利用が容易ではないのが現状である。したがって、景観可視化・予測システムの間で整備されたデータの相互利用を容易にするための景観情報の共通化、汎用化が求められている。

本條・林(2004)は、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XMLを提案した。XMLは、データや文書を記述するための言語であり、柔軟な記述形式の構成を持ち、そ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。景観分野においても、景観可視化システム間での共通語として使用できると考えられる。しかし、XMLを景観可視化に用いた研究例は、単純な地形を除いてほとんどない。そこで本研究では、景観情報をXMLで記述し、地形、植物からなる景観可視化画像の作成を行い、XMLによる景観情報の記述とそのデータをもとに景観可視化が可能であることを示した。次に、XMLを景観可視化に用いる場合の課題として、GISデータの利用の可能性について述べた。

GIS分野では、地理情報標準への移行が進んでおり、その記述法としてXMLが利用されている。しかし、GISデータから直接景観可視化を行うためには、さまざまなGIS毎に、目的とする可視化ソフトウェアに応じたフォーマットへの変換スクリプトを記述する必要がある。また、変換スクリプトの文法もGISにより異なる。このような手間を省くために、XMLによりGISデータを共通化する意義は大きい。

そこで、本研究では、千葉大学園芸学部内にあるフランス式庭園を対象に、まず、GISソフトを用いて3次元景観データを作成しXMLへ変換した。次に、作成したXMLを用いて景観可視化を行った。XMLによる景観情報の可視化には、VRMLを用いた。

4.5 XML および XSLT について

XMLは、電子的な文書管理を目的としたSGML(Standard Generalized Markup Language)のサブセットとして、W3C(World Wide Web Consortium)によって開発が進められ、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。XMLでは、タグや属性(タグとタグに囲まれた部分につける付加的な情報)を使用してデータを区別するので、データ構造変化に対しては新たに追加された項目を扱うプログラムのみを修正することで柔軟に対応が可能である。このような利点から、データベースの情報交換やインターネット上での電子商取引のための言語として利用されつつある。

XMLで記述されたデータは、そのスタイルを設定してくれるXSL(Extensible Style-sheet Language)によって画面に表示される。また、XMLデータは、XSLの関連言語であるXSLTを用いる

ことで、様々な形式で表示させることができる。XSLT では、XML データ中のタグを指定し、表示方法を記述することで、XML データから必要なデータのみを表示させることが可能である。そのため、XML で記述された景観可視化データは XSLT を介して VRML のプログラム、またその他のソフトウェアへの変換が容易にできる。

4.6 XML による階層的な景観構造の記述

景観には、さまざまな情報が含まれている。本研究ではまずどのように景観情報が構成されているかを検討し、図 6 に示すような構成要素により、景観の構造を階層的に表現した。このような階層的な構造は、XML での記述に適している。

図 6 では、景観を、一般情報、地形、植物、建物、その他のオブジェクトに分けている。まず、一般情報には、景観の種類、所在地、植生調査内容、景観評価内容など、景観の一般的な情報が記録される。ここに記録されたデータは、景観の検索や分類などに利用できる。

地形は、国土地理院が提供する数値地図データ (DTM) のメッシュ情報、コントロールポイントの座標、地表面情報などから構成される。将来的には、地理情報システム (GIS) で整備された地理・地形データを景観可視化に応用できるような構造に整備する必要がある。

植物は、樹種、植栽年月、樹高、樹幹幅、座標、樹木の特徴、樹木の状態などのデータから構成される。このデータは、街路樹景観・公園景観・庭園景観などの樹木管理用のデータとしても活用できる。森林景観の場合には、毎木調査データの代わりに、林分の情報を記録したデータを要素に含める必要がある。

建物は、建物の種類、住所、CAD データの有無、建設年月、形状・構造データ、位置データなどにより構成される。その他のオブジェクトには、人、車、などのデータから構成される。

図 6 は、景観を可視化するために必要な一通りの要素を網羅していると考えられる。図 6 に含まれていない要素については、今後、より一般的な景観情報をデータベースで標準化することを考え、どのような要素を含めるべきかを検討する必要がある。

図 6 に示した景観構造図の一部 (地形のコントロールポイント座標と植物の樹種、樹高、樹幹幅、座標など) を図 7 のような XML 文書にして、以下の景観作成に用いた。

景観情報を記述した XML 文書は、図 7 に示すように、XML のバージョン情報や、XSL との関連付けが書かれている XML 宣言と、景観情報が階層的に記述されている XML データからなる。

本研究では、図 7 に示すように、XML データの最上位に景観タグを記述し、その中に、地形タグ、植物タグを作成した。記述する情報の種類は、地形に関しては、コントロールポイントのデータ、植物に関しては、植物名・樹齢・植栽する座標・樹高・樹幹幅のデータとした。

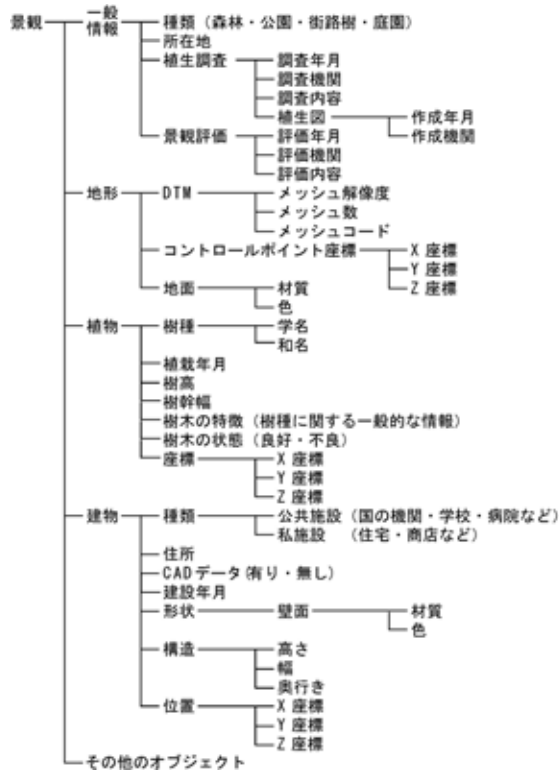


図 6 景観情報の構造図の例

```

<?xml version="1.0"?>
<?xml:stylesheet type="text/xsl" href="VRML.xsl"?>

<景観>
  <視点>
    <視点位置>
      <X座標>100</X座標>
      <Y座標>20</Y座標>
      <Z座標>100</Z座標>
    </視点位置>
    <視野角度>
      <視野角度>45</視野角度>
    </視野角度>
  </視点>

  <地形>
    <X座標>20</X座標>
    <Y座標>25</Y座標>
    <Z座標>115</Z座標>
  </地形>

  <植物>
    <樹種>コリノキ</樹種>
    <樹高>30</樹高>
    <樹幹幅>8</樹幹幅>
    <X座標>4</X座標>
    <Y座標>5</Y座標>
    <Z座標>8</Z座標>
  </植物>

  <建物>
    <種類>四階建てビル</種類>
    <高さ>20</高さ>
    <幅>50</幅>
    <奥行>50</奥行>
    <X座標>10</X座標>
    <Y座標>5</Y座標>
    <Z座標>20</Z座標>
  </建物>
</景観>

```

図 7 XML による景観情報の記述例

4.7 XML による景観可視化手法

XML による景観可視化プロセスの概要を、図 8 に示す。可視化プロセスでは、景観を可視化するために必要なすべての景観データを XML 形式で記述し、そのデータを XSLT で VRML のプログラム、または、その他のソフトウェアへ変換する。

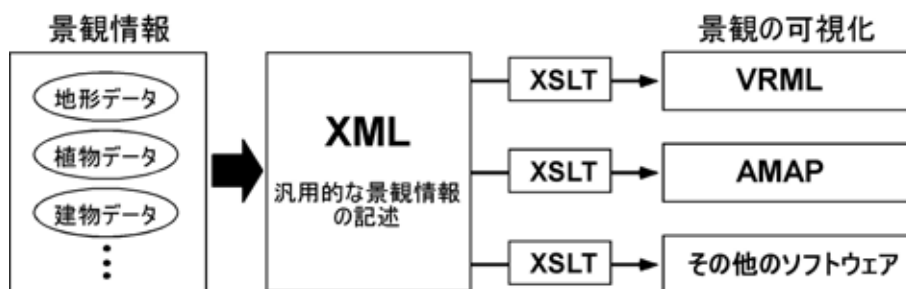


図 8 XML を用いた景観可視化プロセスの概要

4.7.1 GISデータのXMLへの変換

地形、植物、建物等の3次元景観データの位置・属性データを、まず、図9(a)のように、GISソフトであるTNTmips（オープンGIS社）を用いて入力し作成した。次に、図9(b)のGISデータを図9(d)のXMLへ変換するため、図9(c)のようなXMLエディターをVisual Basic6.0(Microsoft社)で自作し、使用した。その際、GISデータをCSV形式にエクスポートして使用した。

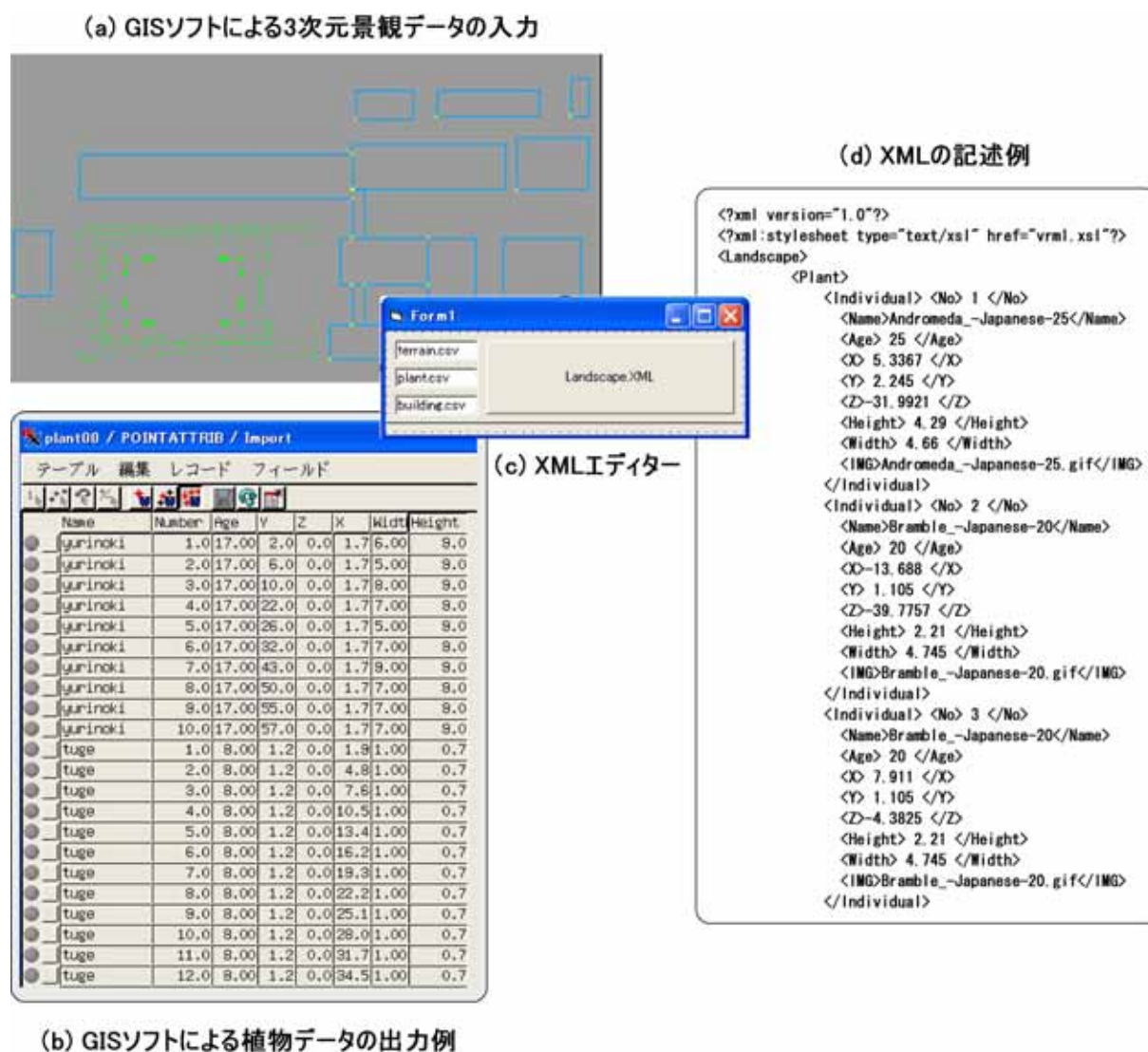


図9 GISデータのXMLデータへ変換

4.7.2 XML を VRML へ変換

XML で記述した景観情報は、図 8 で示したように、XSLT を利用して VRML のプログラムへ変換することができる。そこで、本研究では、CGI と Javascript を用いて Web 上で XML を VRML プログラムへ変換するシステムを開発した。その概要を、図 10 に示す。なお、XML で記述した景観情報を VRML へ変換できる Web ページを、図 11 に示す。

ユーザーは、図 11 の Web ページにアクセスし、まず XML ファイル (landscape.xml) をサーバーへ転送する。転送された XML ファイルは、CGI によりサーバーに書き込まれる。次に、ユーザーは、ブラウザ上で VRML 用の XSLT を選択する。そうすると Javascript によって、ユーザー側のブラウザ上に、VRML プログラムが自動的に書き出される。ユーザーは、書き出されたプログラムをコピーしテキストエディターを用いて保存するだけで VRML プログラムを容易に作成することができる。

XML を可視化用のプログラムに変換することは、スタンドアロン上でも可能であるが、ここで示したシステムを用いると、サーバー側にさまざまな形式の xsl を用意することで、XML で記述したデータを、ユーザーは Web 上で簡単にいろんな形式に変換させることができる。

図 11 の Web ページでは、VRML の XSLT (vrm1.xsl) 以外に、AMAP の XSLT (amap.xsl)、表形式にデータを表示するための XSLT (listtable.xsl) を用意している。

図 11 の Web ページを用いて VRML プログラムを作成した時に用いたファイルの記述例を、図 12、図 13、図 14 に示す。図 12 は XML ファイル (landscape.xml) の例である。図 13 は VRML 用の XSLT の記述例である。図 14 はユーザーのブラウザ上に書き出された VRML プログラムの記述例である。

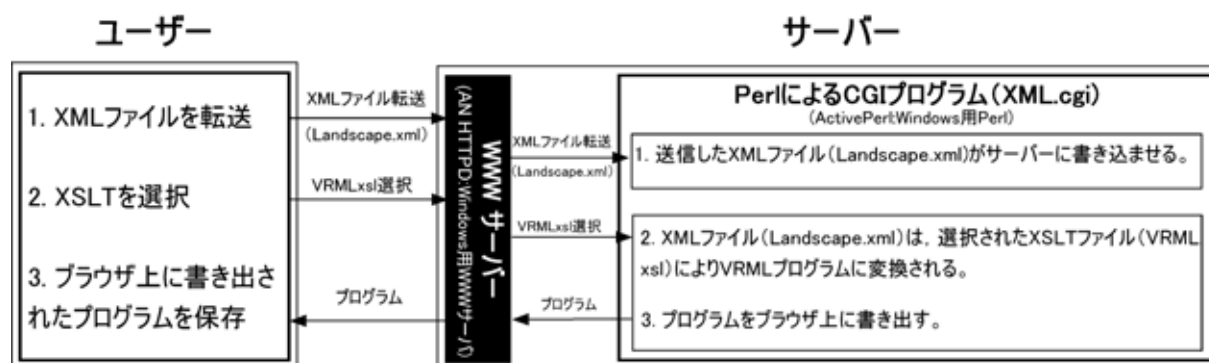


図 10 XML を VRML へ変換するプロセスの概要

XMLを用いた景観可視化

〈景観可視化する手順〉

1. XMLファイル(landscape.xml)をサーバへ転送する。
2. XSLTを選択する。
3. ブラウザの画面に書かれる景観可視化プログラムをコピーする。
4. テキストエディターを利用して3.でコピーした内容を貼り付ける。(テキストエディター:ワードパッド、メモ帳など)。
5. amap.xmlを選んだら、ファイル名を"amap.sce"にする。
6. vrm.xmlを選んだら、ファイル名を"vrm.wrl"にする。

1.XMLファイルをサーバへ転送

*XMLファイルを選択してください。→[クリック](#)

XMLファイルを選択する

参照...

"landscape.xml"を選択してください。

送信する
リセット

2.XSLTの選択

*XSLTを選択してください。 vrm.xml

3.プログラムをコピー・貼り付け・保存

*ブラウザの画面に書かれた景観可視化プログラムをコピーする。
 *テキストエディターを利用してファイルを保存してください。
 *amap.xmlは"amap.sce"と、vrm.xmlは"vrm.wrl"と保存する。

```
#VRML V2.0 utf8

Viewpoint [
position 4.4593 3.4137 25.2171
orientation -1 -0.5 -1 0
fieldOfView 0.25
]

Background [
skyColor [
0.5 0.8 1
]
]
skyAngle [0.3, 0.9, 1.57]
groundColor [
```

図 11 XML を VRML へ変換するための Web ページの例

4.8 植物モデリングソフトウェアによる植物の画像データの作成

4.8.1 AMAP について

AMAP は、フランスにある CIRAD(Centre de Cooperation Internationale en Recherche Agronomique pour le Developpement 農業開発研究国際協力センター)モデル化研究室の De Reffye ら(1988)の植物モデリング研究から発展したシステムであり、植物の三次元形状・成長モデルをリアルにモデリングすることができる高性能の景観設計システムである。

AMAP は、従来のフラクタルや L-system などの理論を用いた植物モデリング手法と異なって、モデル化する植物の詳細にわたる膨大な測定データを基礎にしている。植物の種類、成長の段階、乱数のシードのパラメータを入力するだけで、植物の三次元形状モデルを簡単に作成することができる。また、同じ種類で、同じ成長段階の植物であっても、乱数のシードを入れ替え、異なる形状を持つ植物の CG を作成することが可能である。図に AMAP で作成した植物の 3 次元 CG 画像の例を示す。

現在、景観設計に利用できる植物の数は、小さな草花から、大きな樹木まで約 360 種あり、その中で、日本の植物に対応できる植物の数は、約 50 種類ある。

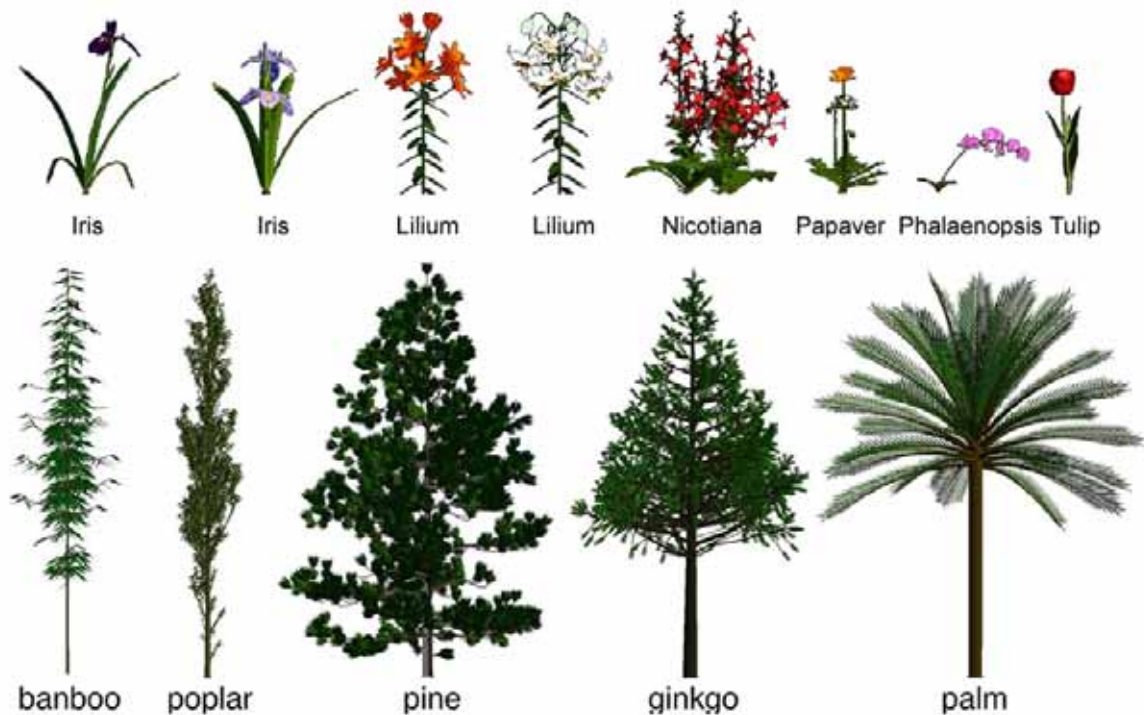


図 15 AMAP で作成した植物の CG 画像例

4.8.2 AMAP による植物画像データベースの作成

さまざまな植物の各成長段階での画像データを写真として記録するのは非常に労力がかかるため、成長をシミュレートできる植物モデリングシステムである AMAP により植物の 3 次元形状を作成し、その 2 次元 CG 画像をデータベースするのが容易な手法であると考えられる。

本研究では、AMAP を用いて草本、低木、高木についてそれぞれの 2 次元植物画像データベースを図のように作成した。また、これらについて高木は 5 から 10 年間隔で、低木は 3 年間隔で各成長段階での 2 次元植物画像データベースを作成し、画像データを整備した。AMAP では、前節で説明したように、各植物の四季の変化をシミュレートできるが、今回は、各植物の夏のデータベースを作成した。今後、各植物の春、秋、冬のデータベースを作成・整備することにより季節変化による景観予測シミュレーションにも応用できると考えられる。なお、AMAP 以外の植物モデリングシステム、例えば X-flug のようなシステムを用いてさまざまな植物の画像データベースを準備することで、より多様な景観シミュレーションができると考えられる。

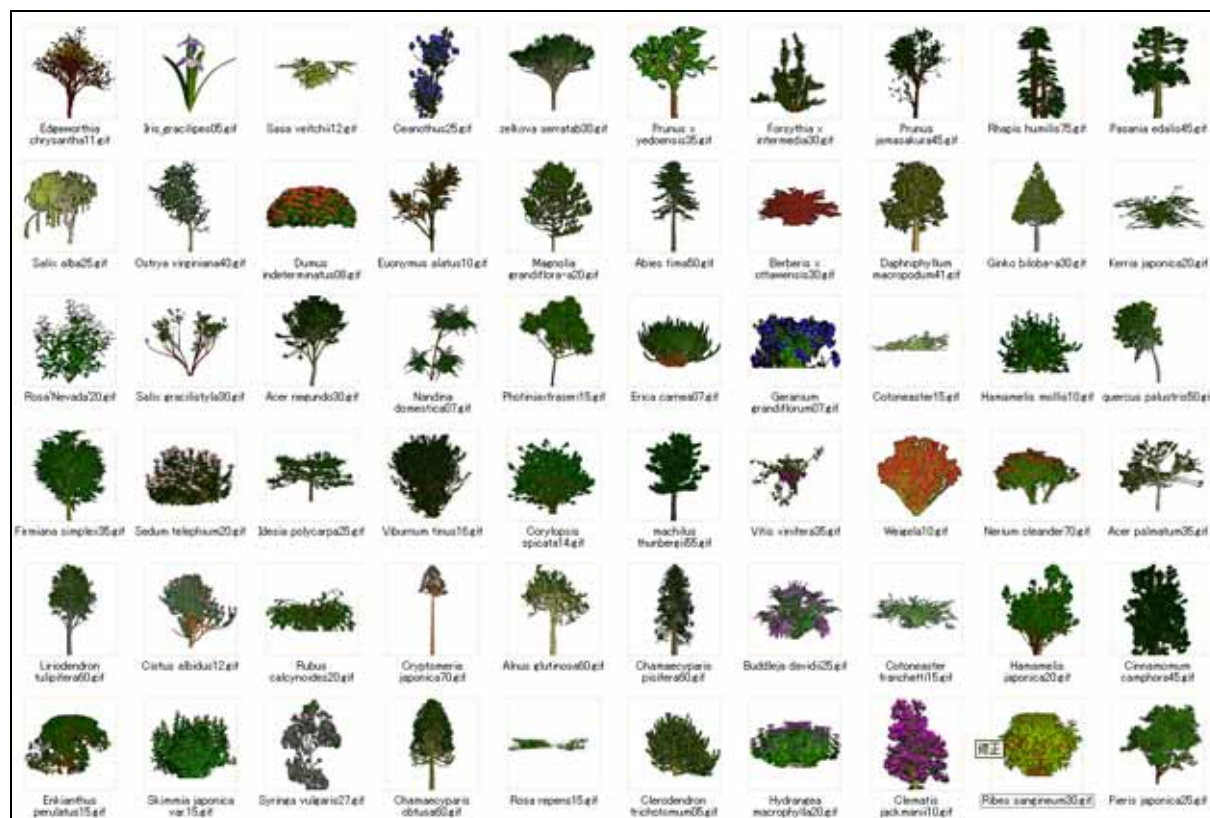


図 16 植物の 2 次元画像データベースの例

5. インターネット上での景観可視化システムの開発

5.1 CGI によるインターネット上での景観可視化

本研究では、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、サーバーサイド、すなわち 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。

図 17 に、CGI によるインターネット上での景観可視化システムの概要を示す。開発したシステムを用いて、インターネット上で簡単に景観を可視化できる VR-Terrain と簡単な森林景観を作成できる Forest-Maker を開発した。

システムの開発には、図 17 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。

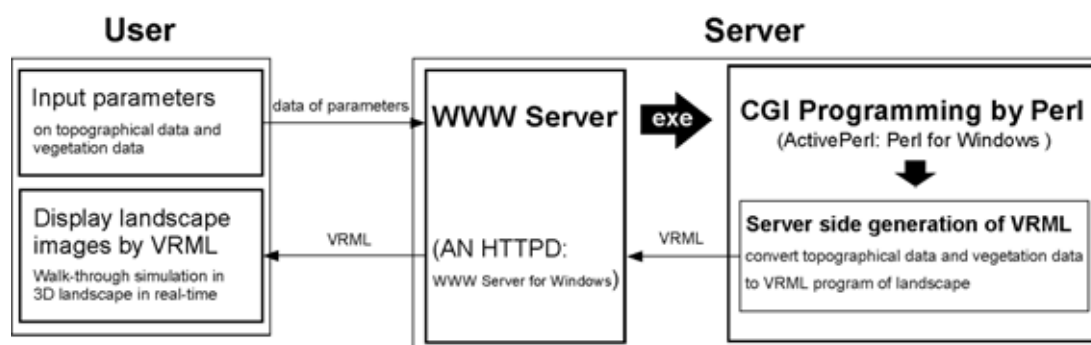


図 17 CGI によるインターネット上での景観可視化システムの概要

5.2 VR-Terrain

図 18 に、VR-Terrain のメニューと VR-Terrain で作成した景観シミュレーションの例を示す。VR-Terrain のメニューは、図 18 のように、X と Y デイメンションの数、メッシュの間隔、平滑化するメッシュの数など、地形のパラメータを入力する部分と地形データ、植物データを入力する部分に分かれる。地形データは、x, y, z の値をカンマ区切り、例えば (1, 2, 3) のように記入すればよい。植物データのは、植物名, x 座標, y 座標, z 座標, 幅, 樹高の順に記入する、例えば, (Abies_fima20, 1, 0, 2, 7, 10) のように入力する。

データの入力が終わったら転送ボタンを押す。そうすると、データがサーバー側に渡され VRML プログラムがサーバーサイドに出来上がる。出来上がった VRML プログラムは、瞬く間にユーザー側のブラウザに表示される。

以上のように、VR-Terrain は地形と植物からなる景観を以上の手順で簡単にインターネット上でシミュレーションすることができる。また、その景観の中を自由に歩き回ることや、どの視点からでも景観を眺めることができる。そのため、植栽の配置を考慮する際や簡単な公園などのデザインに使用できると考えられる。

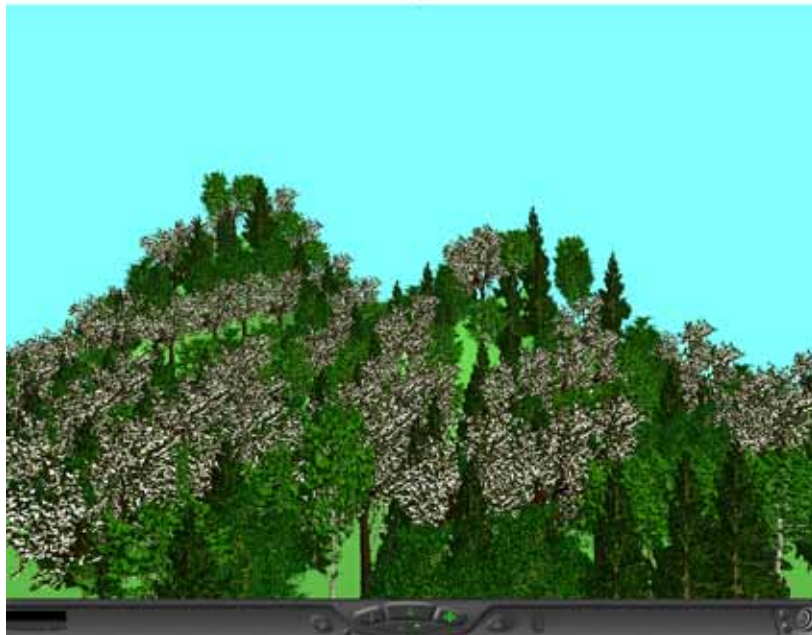
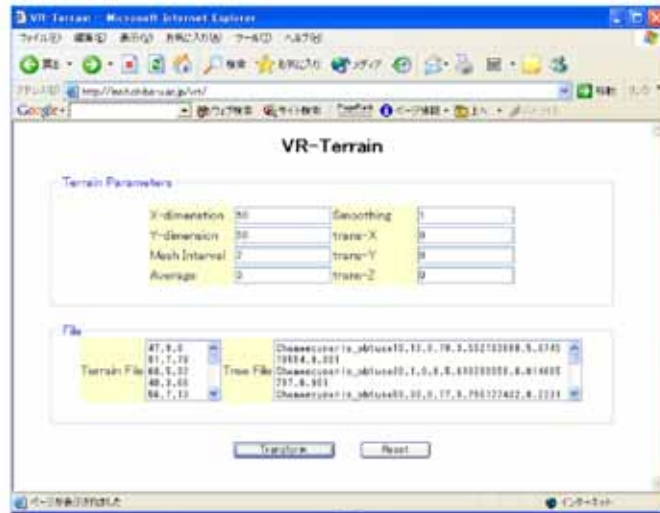


図 18 VR-Terrain のメニューと景観シミュレーションの例

5.3 Forest-Maker

図 19 に、Forest-Maker のメニューと Forest-Maker で作成した森林景観シミュレーションの例を示す。Forest-Maker のメニューは、図 19 のように、地形のパラメータと植物のパラメータを選択するようになっており、非常にシンプルである。地形のパラメータには、規模、丘の数、地面のテクスチャなどが、植物のパラメータには、用いる植物の種類と数を選択するようになっている。

Forest-Maker は、VR-Terrain 同様データの入力後、転送ボタンを押すと、データがサーバー側に渡され VRML プログラムがサーバーサイドに出来上がり、順次にユーザー側のブラウザに森林景観が表示される。ユーザーは出来上がった森林景観の中を自由に歩き回ることができる。

このシステムを利用すると、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可視化し、その景観の中を自由に Walk-Through Simulation することができる。今後システムの改良により、例えば、入力できるパラメータの数を増やすことで、インターネット上でもっと複雑な景観のシミュレーションができるようになると公園デザインや環境教育などで使えるようになると思われる。

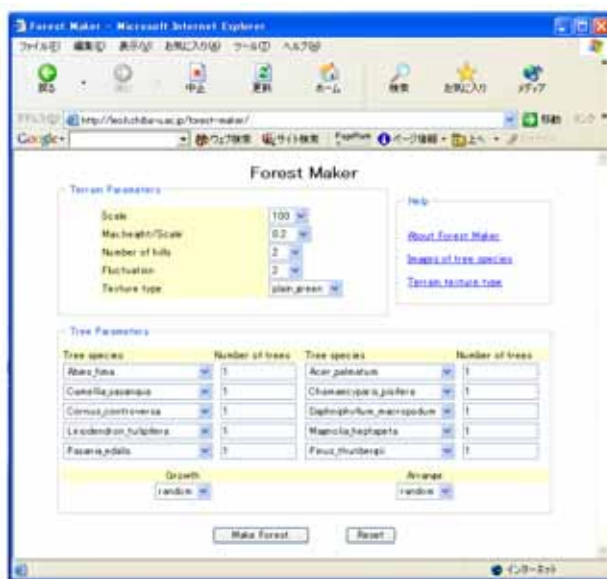


図 19 Forest-Maker のメニューと景観シミュレーションの例

6. インターネット上での景観評価システムの開発

6.1 インターネット上での景観評価システム

インターネットサービスの一つである WWW は、情報を伝達・収集するためのメディアとして極めて重要な位置を占めており、景観評価を含め様々な分野で応用されている。

景観評価にインターネットを利用する利点としては、まず情報アクセスの利便性がある。景観情報をホームページ(以下、HP)に公開すると世界中から 24 時間アクセスすることが可能であり、景観情報に興味のある人々はどこからでも公開された情報にアクセスし、電子メールや掲示板を利用して自由に意見交換を行うことができる。インターネット上の景観評価では、被験者を選択・限定できない欠点はあるが、低コストで内容の濃いアンケートを行うことができ、景観に対する一般の人々の理解と興味を深めることや、景観問題への住民参加を促すことができると考えられる。このような利点から、今後、景観評価へのインターネットの利用は、ますます期待される。しかしながら、インターネット上で景観評価を実際に行い、その実用性を確かめた研究事例は少ない。そこで、本研究では、CGI を用いてインターネット上で SD 法による景観評価を行うことのできる景観評価システムを開発した。また、景観評価用のアンケートページをユーザーが自由に作成できるシステムを開発した。

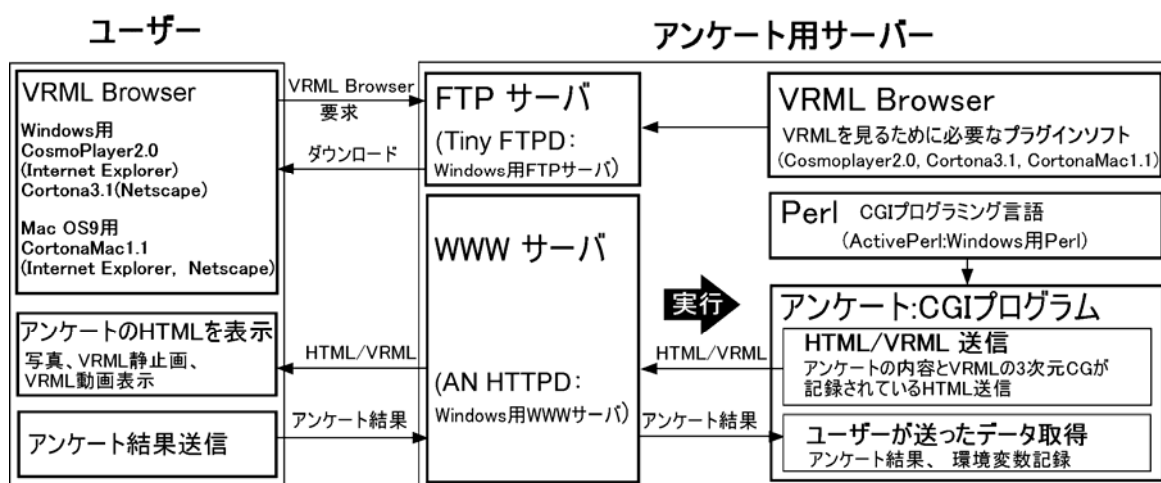


図 20 インターネット上での景観評価システムの概要

6.2 CGI による景観評価システム

図 20 に、インターネット上で SD 法による景観評価を行うことのできる景観評価システムの概要を示す。システムの開発には、図 20 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 , FTP サーバーである TinyFTPD , Windows 用 Perl である ActivePerl(ActiveState 社)を用いた。AN HTTPD , TinyFTPD , ActivePerl は、Windows 上で使用できるフリーソフトである。これらはインストールが容易であり、サーバーの数を短期的に増やしたい場合にも、既存の Windows マシン上に、一時的にサーバーを簡単に構築できる。

アンケートは、WWW サーバーと CGI スクリプトにより図 20 のような流れで行うことができる。CGI スクリプトは、さまざまな言語で作成可能であるが、今回は、学習しやすく使いやすいなどの利点から Perl を用いた。

本システムでは、まず、同じ人が何度もアンケートに回答するようなことを避けるため、被験者が WWW サーバーにアクセスすると、被験者のコンピュータに記録されている環境変数を読み取り、記録するようにした。

環境変数の情報が記録されると、図 22 のように、写真と VRML の 3 次元 CG が取り込まれた HTML ファイルが被験者のブラウザに表示される。被験者は、図 21 のように、表示されたアンケートの指示に従って、写真、VRML 静止画、VRML 動画に対する印象と被験者のメールアドレス、性別、パソコン使用環境などをチェックし、送信ボタンを押すだけでよい。送信されたアンケート結果は、自動的にサーバー側のテキストファイルに記録される。同時に複数の人がアンケート結果を送信した場合、同時に同じファイルへの書き込みが行われ、ファイルが壊れたり正しい値が取れなかったりすることを避ける必要がある。そこで、アンケート結果が送信され、サーバー上でファイルに書き込みが行われる際、ファイルがロックされ、「現在、他の人が使用中」などのメッセージを表示し他の人のアクセスを拒否できるようにした。ファイルへの書き込みが終了するとロックは解除され、他の人が結果を送信することが可能になる。

本研究では、図 23 では、被験者による回答結果をメールで送信されるようになっている。



図 21 被験者の写真

写真による景観評価
写真の画像を記入してください。



	非常に	かなり	やや	どちらでもない	やや	かなり	非常に
景観の上	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
緑の豊かさ	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
建築	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
自然性	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
乗り手のある	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
緑の質	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
立体的な	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
景観の配置が	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
面白いから	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

VIML静止画による景観評価
VIML静止画の画像を記入してください。



	非常に	かなり	やや	どちらでもない	やや	かなり	非常に
景観の上	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
緑の豊かさ	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
建築	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
自然性	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
乗り手のある	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
緑の質	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
立体的な	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
景観の配置が	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
面白いから	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

VIML動画による景観評価
動画の中を歩き回って、VIML動画の画像を記入してください。



	非常に	かなり	やや	どちらでもない	やや	かなり	非常に
景観の上	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
緑の豊かさ	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
建築	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
自然性	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
乗り手のある	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
緑の質	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
立体的な	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
景観の配置が	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
面白いから	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

◆写真、VIML静止画、VIML動画が現地までの程度再現していると感じますか？

写真	VIML静止画	VIML動画
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

全ての項目に記入しているからご確認の上、ボタンを押してください。

Evaluation of VRML image by Internet

This survey is to evaluate VRML (Virtual Reality Modeling Language) image as a substitute for actual landscapes on the Internet. Please write your impression after experiencing walk-through by VRML.

Map



Viewpoint 1 Viewpoint 2



Viewpoint 3 Viewpoint 4



VRML image

Pressing and dragging the left mouse button on the VRML image, you can walk through in the garden



When a VRML image does not appear in the frame.

- Click the button below to install VRML Browser.
- Follow the installation instructions.
- Installation is completed. Click [here](#).

Click walk and plan button. Move the mouse forward, backward, left, or right while pressing and dragging the left mouse button.

Click fly and pan button. Move the mouse up or down while pressing and dragging the left mouse button.

[Install VRML Browser](#)

Please answer the questions below.

- Your Full Name
- Gender Male Female
- Age
- Have you ever used VRML? Yes, I have No, I haven't
- Profession (in detail) (For example: graduate student of design school)
- Please write your impression on how you can use VRML on landscape design. Please also see following papers ([Paper1](#), [Paper2](#), [Paper3](#).)

When you have completed filling out the above form, please click on the Submit button below.

図 22 インターネット上での景観評価のためのページ例

6.3 CGIによる景観評価アンケートのページ作成

本研究では、CGIを用いて景観評価アンケートのページを自由に作成できるプログラムを開発した。景観評価アンケートのページ作成プログラムの概要を、図23に示す。図24に、アンケートページ作成用のWebページと作成された景観評価用アンケートページの例を示す。

開発したシステムで、ユーザーは、まず図24(a)のようなページにアクセスし、ID、E-mail、景観評価に用いるための画像数を選択する。このページで入力したIDによりサーバー側にユーザーごとのディレクトリが作成される。このディレクトリには、後ほど作成するアンケートページの内容や評価に用いる画像ファイル、アンケートの結果を記録するファイルが書き込まれる。次に、図24(a)で送信ボタンを押すと、IDが重複されていない場合、図24(b)のページがユーザーのモニタ上に書き出される。このページでユーザーは、アンケートの説明入力、評価用画像選択、評価段階の選択、評価尺度の選択及び編集を行うことができる。

評価用画像は、まず解像度と画像フォーマットを揃えておく必要がある。評価段階は、5、7、9段階のいずれかを選択できる。評価尺度は、使用したい形容詞対のチェックボックスにチェックを入れることによりアクティブになる。ページにない他の形容詞対を使いたい場合は、いずれかの形容詞対のチェックボックスにチェックを入れ、入力されている形容詞を修正すればよい。

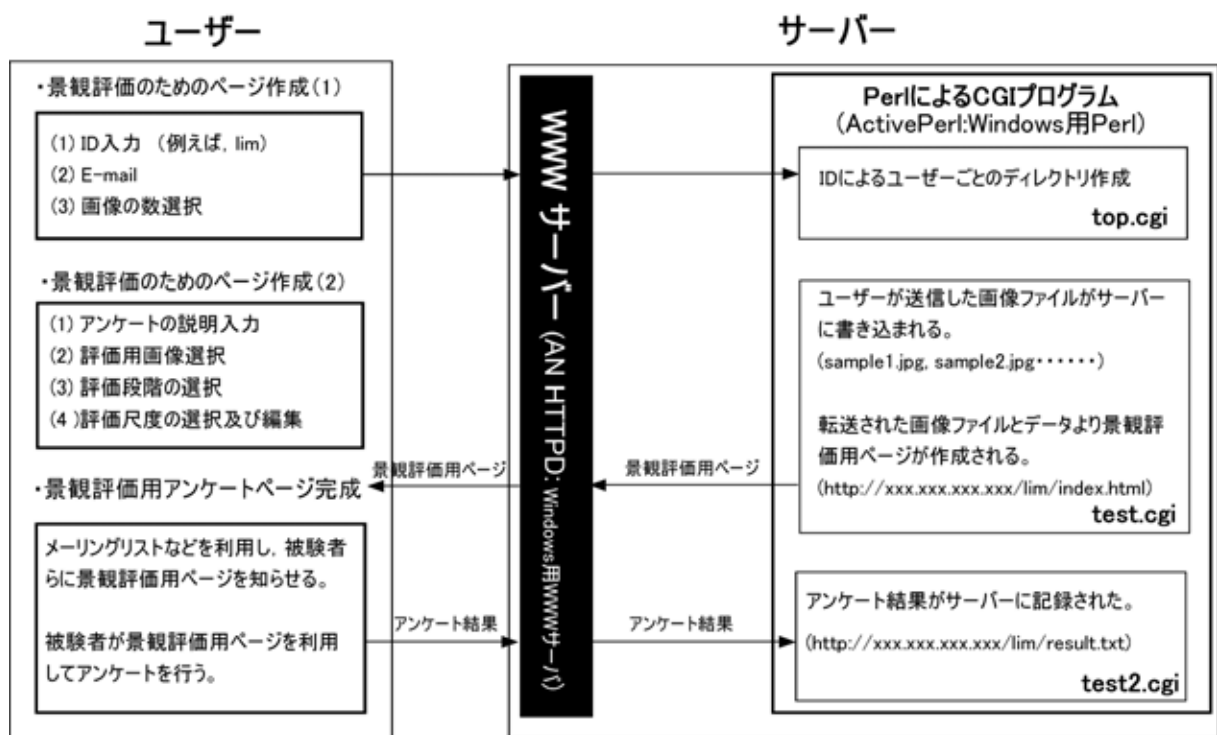


図 23 景観評価アンケートのページ作成プログラムの概要

景観評価のためのアンケートページ作成(1)

1. ID(ニックネーム) (※英数字と半角記号のみ)

2. E-mail

3. 画像の数 (※画像の枚数に一致する画像を選択してください。)

* 送信ボタンを押す前に、評価に使用する画像ファイルを用意してください。
(Image Size: W 500 * H 375 Image Format: *.jpg, *.gif, *.png)

(a) 景観評価のためのページ作成 (1)

景観評価のためのアンケートページ作成(2)

<景観評価アンケートの説明>

(例) 本アンケートは、写真による景観の印象をおたずねするものです。景観イメージに対する印象を記入してください。

* アンケートに対する説明を入れてください。

<画像を選択する>

1. (参照)

2. (参照)

Image Size = W 500 * H 375 (約 30KB) Image Format : *.jpg, *.gif, *.png

<形容詞対を選択・変更する>

1. 評価段階を選択・変更してください。

5段階評価: 非常にいや-どちらでもない-やや-非常に

7段階評価: 非常にかなり-やや-どちらでもない-やや-かなり-非常に

9段階評価: 非常にかなり-まあまあ-やや-どちらでもない-やや-まあまあ-かなり-非常に

2. 形容詞対を選択・変更してください。

<input checked="" type="checkbox"/> 心地よい	-----	<input type="checkbox"/> 心地悪い
<input checked="" type="checkbox"/> 親しみやすい	-----	<input type="checkbox"/> よそよそしい
<input checked="" type="checkbox"/> 開放的な	-----	<input type="checkbox"/> 閉圧された
<input type="checkbox"/> 生活された	-----	<input type="checkbox"/> 寂れた
<input checked="" type="checkbox"/> 文化に富んだ	-----	<input type="checkbox"/> 単調な
<input checked="" type="checkbox"/> 調和のとれた	-----	<input type="checkbox"/> ちぐはぐな
<input type="checkbox"/> 緑が豊かな	-----	<input type="checkbox"/> 緑が乏しい
<input type="checkbox"/> Lushな	-----	<input type="checkbox"/> 乾涸った
<input type="checkbox"/> さわやかな	-----	<input type="checkbox"/> かたくな
<input checked="" type="checkbox"/> 落ち着きのある	-----	<input type="checkbox"/> 落ち着きのない


* チェック (●)・(○) を入れると評価段階や形容詞対を選択・変更することができます。

(b) 景観評価のためのページ作成 (2)


景観評価アンケート

このアンケートは、写真による景観の印象をおたずねするものです。景観イメージに対する印象を記入してください。

景観評価イメージは例



	非常に	かなり	やや	どちらでもない	やや	かなり	非常に	
心地よい	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	心地悪い
親しみやすい	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	よそよそしい
開放的な	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	閉圧された
文化に富んだ	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	単調な
調和のとれた	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	ちぐはぐな
落ち着きのある	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	落ち着きのない



	非常に	かなり	やや	どちらでもない	やや	かなり	非常に	
心地よい	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	心地悪い
親しみやすい	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	よそよそしい
開放的な	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	閉圧された
文化に富んだ	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	単調な
調和のとれた	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	ちぐはぐな
落ち着きのある	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	落ち着きのない

性別 男 女

年齢

職業(職種)

ご意見

100文字以内で、「送信」ボタンを押してください。おかげさまでございました。

(c) 作成されたアンケートページの例

図 24 景観評価のアンケートページ作成用の Web ページと作成されたアンケートページの例

以上のような操作により、図 24(c)のような景観評価用アンケートページが作成され、サーバー側のユーザーごとのディレクトリに保存される。ユーザーは、メーリングリストなどを利用し、被験者らに作成した景観評価のための Web ページのアドレスを知らせることで、景観評価をインターネット上で簡単に実施することができる。アンケートは、6.2 同様な手続きで行われる。

7. おわりに

本研究では、第一に、GIS データと Web3D テクノロジーの一つである VRML と Perl で書かれた CGI スクリプトを用いて、インターネット上で景観を 3 次元的に可視化できる景観可視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。なお、その景観の中を自由に Walk-Through Simulation することができた。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サーバーサイド上で可視化できるシステムの開発が必要である。

第二に、開発したインターネット上で景観可視化システムとスクリプト言語で書かれた CGI 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た。また、インターネット上で景観評価アンケート用のページを自由に作成できるシステムを開発した。これらのシステムにより、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。今後、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の開発が必要である。

第三に、GIS データから直接景観可視化を行うため、地理情報記述の標準として利用されている XML で景観情報を記述し、地形、植物からなる景観可視化画像の作成を行い、XML による景観情報の記述とそのデータをもとに景観可視化が可能であることを示した。しかし、今回の可視化画像作成の作業では、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、ファイルの読み書きができないなどの XSLT の機能的な制限により、完全には自動的に行えなかった。XML から変換された 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。今後、この課程を完全な自動化する必要がある。

以上のような結果を踏まえ、これまで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し、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研究をこれから行って行きたい。

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
- 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
- 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/>>