

HMDを用いた3次元都市空間モデリングシステム

The 3D Modeling System for Urban Space Planning Utilizing a Head Mount Display

蒔苗 耕司 一ノ坪 平
Koji Makanae Taira Ichinotsubo

宮城大学事業構想学部デザイン情報学科
School of Project Design, Miyagi University

ABSTRACT

Putting the virtual reality technology to practical use, the 3D modeling system for urban space planning (VR-CAD) is developed. Applying a Head Mount Display (HMD), it reproduced a configuration based on digital configuration information so that imaginary space might be represented. Using the 3D measurement system, it enabled the modeling and the arrangement of a road, a building and a tree. The 3D design that does not depend on the 2D/3D conversion ability of a designer can be achieved by this system.

Keywords: バーチャルリアリティ, HMD, 都市空間, CAD

1. はじめに

都市空間を構成する土木構造物や建築物は本来、3次元形状を有する構造物であるが、それらの設計には図面をベースとした2次元設計手法が適用されている。また道路や橋梁等の大規模な構造物の設計には、それらの基盤となる地形の3次元形状の把握も不可欠であり、設計者には2次元の地形情報を自らの頭の中に3次元展開する能力も求められる。しかしながら、2次元/3次元変換能力は設計者の経験や能力に大きく依存しており、複雑な形状の構造物の設計あるいは複雑な地形上での設計の品質及び効率に影響を及ぼす。

このような問題に対し、本研究ではバーチャル

リアリティ技術を適用し、ヘッドマウントディスプレイ(HMD)を用いて、3次元デジタル地形モデル(DTM)を3次元的に復元し、その地形モデル上の都市空間の中で施設設計を実現するシステム(VR-CAD)の構築を行う。

2. VR-CAD の概念

これまでの都市空間の設計は、図面をベースに行われており、設計者自らが図面を描きながら、その3次元形状を自らの頭の中に想像するという過程を経ている。しかしVR技術を適用すれば、コンピュータ上に任意の仮想空間を3次元的に定義することができる。本研究で目的とする都市空間モデリングシステム(VR-CAD)はコンピュータ上に構築された仮想空間の中に設計者自身が入り込み、その中で設計者が自由に動き回りながら、あるいは巨人として上空から俯瞰しながら設計を実現しようとするものであり、その概念イメージはFig.1の通りである。

蒔苗耕司

koji@makalab.org

宮城大学事業構想学部デザイン情報学科

〒981-3298 宮城県黒川郡大和町学苑1

Phone 022-377-8368 Fax 022-377-8368

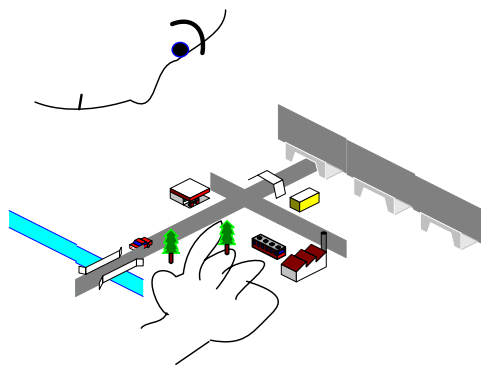


Fig.1 The concept of the VR-CAD

著者らは既に航空写真の立体視環境下での道路設計システムの開発を行なっている¹⁾²⁾。これは2枚の航空写真により得られる立体視環境の下で、パラメトリック曲線を用いて3次元的に路線検討を行うシステムであり、VR-CADのひとつの形態である。しかし、航空写真の適用においては、設計者の視点位置が上空の写真撮影地点に制約されるという問題、また設計構造物と地形との直接的な演算処理が難しいという問題がある。このような問題に対し、本研究ではデジタル地形情報を基に、地形を3次元モデルとして構築し、その中で道路及びその他施設の設計を実現するシステムの構築を考える。

関連する3次元モデリングシステムに関する研究としては、例えば田中³⁾による切断作業のシミュレーションシステムがあるが、これは立体視装置とカフィードバック付きのポインティングシステム(PHANToM)を用いて、3次元ポリゴンモデルの切断作業を実現している。また吉川ら⁴⁾は組み立て作業のシミュレーションシステム、橋本ら⁵⁾は没入型ディスプレイであるCAVE内でのモデリングシステムの構築を行っている。MIT都市計画学部では、伸縮性のある粘土と3次元コンピュータ画像との合成によるモデリングシステム(Illuminating Clay)の構築を進めている⁶⁾。

3. ハードウェア構成

本研究で開発したVR-CADシステムのハードウ

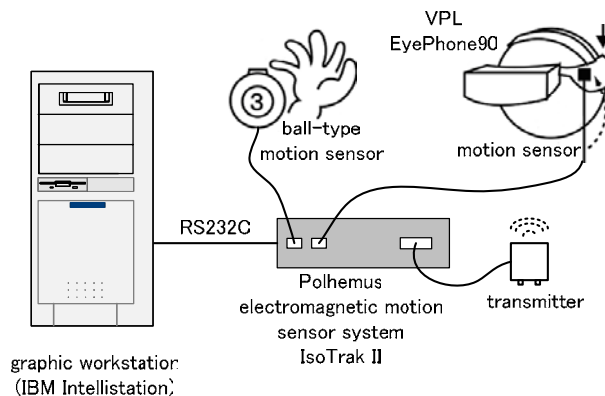


Fig.2 Hardware components of the VR-CAD

エア構成を Fig.2 に示す。

3.1 画像処理装置

画像処理装置は、グラフィックワークステーション(IBM Intellistation ZPro(CPU:インテル社 Pentium III Xeon550MHz, 主記憶容量256MB, ディスク容量9GB)に、デュアルモニタ対応グラフィックスボード(Millennium G400)を用い、HMDの2画面同時出力への対応を図っている。

3.2 3次元位置測定装置

VR入力機器としては、ユーザーの動作を計測する磁気式3次元位置測定装置(Polhemus社, 3SPACE ISOTRAK)を使用する。

a)ヘッドトラッキング用磁気センサ

磁気センサをHMDに貼付けることにより、HMDと連動して使用者の頭部の位置と向きを検出し、位置(X,Y,Z)、オイラー角(Pitch, Yaw, Roll)を出力する。仮想空間内での視点を制御するため標準センサを頭部に装着した。

b)3次元マウス用磁気センサ(ボール型)

本システムでは、ボール型磁気センサを3次元マウスとして使用した。また、センサに設けられたスイッチのオン・オフ情報の入手が可能となっている。

3.3 HMD (VPL Research社 EyePhone90)

左眼用と右眼用の2つのLCD(解像度640×480)が視野を覆うよう目の前に取り付けられたもので

あり，左右のそれぞれの眼に異なる画像を与えることが可能である．両眼視差を考慮して視点の異なる画像をそれぞれの LCD に与えることにより，画像が立体的に見える仕組みとなっている．

さらに HMD を磁気センサと組み合わせることにより，頭の位置や向いている方向を計測し，それに応じた画像を表示することで，上下左右 360 度の視野を自由に見渡すことができるシステムとなる．

4．VR-CAD システムの開発

4.1 システムの基本フロー

本システムは，Microsoft Visual C++ 6.0 及びグラフィックスライブラリ OpenGL を用いて開発した．VR-CAD システムの基本フローチャートを Fig.3 に示す．

HMD に 3 次元位置測定装置のセンサ部を取り付け，頭部の動きに合わせて頭部の位置データを検出する．この位置データをコンピュータで解析し，その視点及び視線の向きに応じた適切な両眼画像を作成し，0.15 秒ごとに再描画を行う．画像は HMD に出力され，両眼視差に基づき，立体視ができるようになっている．

4.2 3次元地形モデルの表現

本システムでは，システム起動の際に国土交通省国土地理院より発行されている 50 m メッシュの標高データを読み込み，それを基に 3 次元地形モデルを構成した．ユーザーはこの 3 次元地形をベースとしてモデリング作業を行う．

4.3 モデリング機能

本システムではキーボード及び 3 次元マウスによって地形上に簡易的なビル・樹木・道路（高架道路）等の 3 次元モデルを作成・配置することを可能とした．

a)建物

建物は直方体及び円柱の簡易なものとした．直方体の建物の場合には与えられた 2 点を対角線と

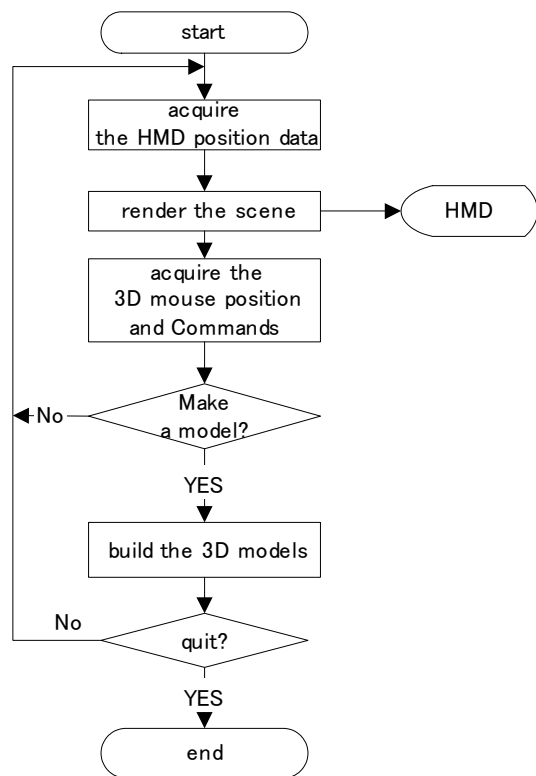


Fig.3 A flowchart of the modeling system

するもの，また円柱の建物の場合には，与えられた 2 点を基に中心点，半径，高さを算出し，円柱を作成する．

b)樹木

樹木の作成にあたっては，本システムでは樹木の構造を定義することにより，簡易な 3 次元の樹木モデルが構築できる関節モデルを適用した．

c)道路

3 次元空間内での道路モデルの作成について，蒔苗⁷⁾はスプライン曲線，ベジェ曲線，B-スプライン曲線についてその適用の可能性について論じているが，本研究ではそれらのうち，適用の可能性が高いと判断された B-スプライン曲線を適用する．道路構造物のモデリングにおいては，あらかじめ道路幅員を設定しておき，空間内で定義された B-スプライン曲線に基づき 3 次元道路構造モデルが自動生成される(Fig.4, Fig.5)．

5．VR-CAD の有効性

VR-CAD は，コンピュータ上に定義された仮想空間内での 3 次元設計を実現するシステムである



Fig.4 A scene of modeling

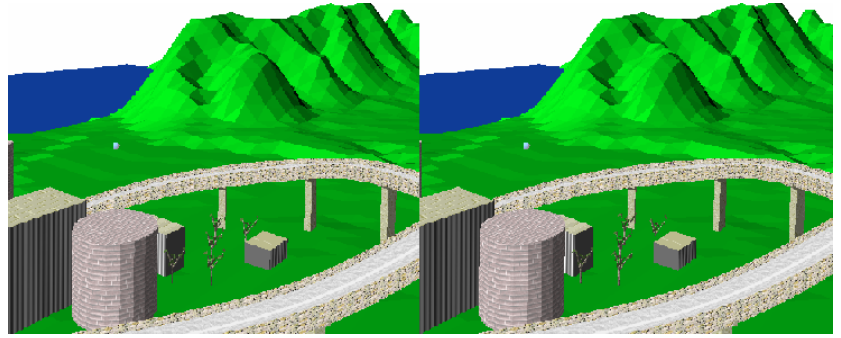


Fig.5 Stereoscopic images by the VR-CAD

が、このシステムの実現により、以下の効用が期待できる。

- 設計者の 2D/3D 変換能力に依存しない設計が可能となる。これにより、地形や設計物の 3 次元形状の把握及び形状入力が容易になる等の利点があり、設計の効率化に寄与する。
- 設計物の形状データは直接、3 次元データとして構築できることから、そのデータ応用が容易になる。例えば、構造や景観等の評価を形状設計と同時に行うことが可能となり、設計の高品質化を実現する。

6. おわりに

本研究では、HMD を適用し、コンピュータ上に定義した仮想空間内で、道路等の土木構造物や建築物を配置できる都市空間モデリングシステム (VR-CAD) の構築を行なうとともに、その有効性について述べた。今回、開発したシステムでは、その機能が地形表現、簡易な建物、樹木、道路のモデリング及び配置に限定されており、今後、実用化に向けて、地形との演算機能を実現する等、ソフトウェア自体の高機能化を図る必要がある。

また、VR-CAD システムの適用は、設計者の 2D/3D 変換能力に依存しない 3 次元設計を可能と

する利点があるが、その実用化を図るためには 3 次元設計手法の確立が不可欠である。

参考文献

- 1) 蒔苗耕司・福田正：航空写真とCGを用いた3次元路線計画システム，土木学会論文集，No.590/IV-39, pp.23-30, 1998.
- 2) Stereoscopic Systems for 3-D Highway Route Planning on Aerial Photo-graphs, International Journal of Design Sciences & Technology, Vol.9-1, pp.15-22. Europia Productions, 2002.
- 3) 田中厚子・広田光一・金子豊久：仮想空間における切断作業，日本バーチャルリアリティ学会論文誌，Vol.3, No2, 47-54, 1998.
- 4) 吉川恒夫・吉本剛生：組立作業のハプティックバーチャルリアリティシミュレーション，日本バーチャルリアリティ学会論文誌，Vol.4, No.1, 313-320, 1999.
- 5) 橋本直己・中嶋正之：CAVEにおける直感的操作方法と動的自由度制御を用いた3次元形状モデラ，日本バーチャルリアリティ学会論文誌，Vol.4, No.3, 487-494, 1999.
- 6) Piper, B., Ratti, C. and Ishii, H.: Illuminating Clay: A 3-D Tangible Interface for Landscape Analysis, Proceedings of Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '02), (Minneapolis, April), ACM Press, 2002.
- 7) パラメトリック曲線の道路線形への適用，土木学会土木情報システム論文集，Vol.8, pp.231-238, 1999.