

仮想3次元世界の構築と実時間ウォークスルー

5W-2

玉田 隆史

中村 泰明

三菱電機株式会社 中央研究所

1 はじめに

仮想世界の中で、人間が自由に行動でき、仮想世界との対話的な操作が実時間で行なえるような環境の研究を進めている。一般に、仮想世界が広域となった場合にはその構築は容易でなく、また、対話性を保証するのが困難である。そこで本稿では、地図・設備情報等の既存の2次元地図情報から仮想世界を半自動的に構築する仮想3次元世界の作成方法と、2次元MD木[1]を用いた仮想世界管理方式による実時間ウォークスルーの実現方式について述べる。

2 仮想3次元世界の構築

仮想世界が都市空間や設備施設のような広域な場合には、仮想世界内に存在するオブジェクト作成(形状の定義)コストは多大なものとなる。近年、広域に及ぶ地図・設備情報をコンピュータで管理するコンピュータマッピングシステムが実用化されており、建物の位置や輪郭図形データといったような2次元地図情報は既に計算機に管理されていることが多い。そこで、これら2次元地図情報に、高さや形状といった3次元属性情報を与えることにより仮想3次元世界を構築する。

2.1 オブジェクトのデータ構造

仮想3次元世界に存在する建物や設備といったオブジェクトは、その内部データとして、オブジェクト名、形状クラス名、高さ情報、2次元地図情報(位置、輪郭図形データ)、描画・管理用データを保持する。オブジェクト名は、そのオブジェクトの識別子であり、形状クラス名は、家、ビル、道路というように、そのオブジェクトの形状を特徴づけるカテゴリ名である。描画・管理用データは、Bounding box、多面体、オブジェクトの総ポリゴン数、各ポリゴンの法線ベクトルを保持しており、オブジェクトの管理・描画の際に使用するデータで、システム側で自動的に生成する(図1)。

2.2 3次元形状の定義

オブジェクトの形状は形状クラスにより定まる基本形状と各オブジェクトごとに設定される形状属性値により決定される。基本形状は直方体、円筒などのプリミ

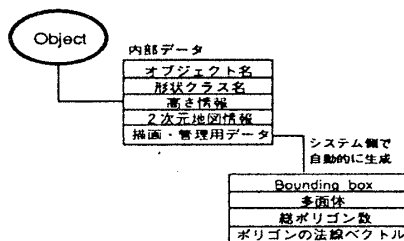


図1 オブジェクトのデータ構造

ティブ形状を組合せて形状を表現したものであり、各種設備、家、ビルといった主要なオブジェクトは標準部品としてその基本形状が提供されている。また、標準部品以外の基本形状が未定義であるオブジェクトを使用する場合には、基本形状定義ファイルに形状記述言語を用いて新たな基本形状を定義することができる。

標準部品においては、形状属性値を設定することにより、その形状をカスタマイズすることができる。設定は形状属性ファイルによりおこない、オブジェクト名とその形状属性値を対応付けて記述する。

例えば、家オブジェクトの場合には、階数、外観といった形状属性値があり、これらの属性値に基づき各種形をした家オブジェクトを作成することができる。

2.3 オブジェクトの半自動生成と配置

オブジェクトは、内部データと、形状定義ファイル、形状属性ファイルに基づき作成される。しかし、広域な仮想世界を構築する際には、大量のオブジェクトを作成しなければならず、その全てのオブジェクトの形状属性値を設定するには多大なコストを要する。そこで、形状属性値が与えられていないオブジェクトに対しては形状属性決定関数が、自動的に形状属性値を設定するようにした。表1に家オブジェクトの場合の形状属性決定関数の例を示す。

表1 形状属性決定関数の例

形状属性	値域	決定関数
階数(s)	{1, 2, 3}	prob(i) = 1/3 (i = 1, 2, 3)
外観(v)	{type1, type2 ..., type_n}	v = def_v() def_v: ユーザ 定義関数

Construction of 3D Objects from 2D Map and Interactive Walkthrough

Takashi Tamada, Yasuaki Nakamura

Central Research Laboratory, Mitsubishi Electric Corp.

作成されたオブジェクト群は、その2次元地図情報に基づき適切な場所に配置される。その時、2次元輪郭図形が与えられているオブジェクトに対しては、図2のように Bounding box の平面図が輪郭図形の外接長方形と一致するようにモデリング変換を行なう。上記手法により、高さ情報を与えるだけでオブジェクトは半自動的に生成され、適切な大きさに仮想世界内に配置される。

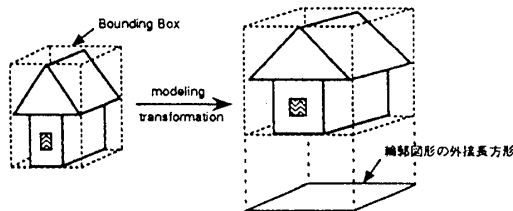


図2 オブジェクトのモデリング変換

### 3 実時間ウォークスルーの実現方式

#### 3.1 MD木による仮想世界管理

3次元仮想世界の管理は、仮想世界内に存在するオブジェクトの2次元平面図形(XY平面に射影した図形)をオブジェクトの高さに応じて2次元MD木のレイヤ構造により管理することによりおこなう。レイヤ構造は各層がある高さ以下のオブジェクトを上位のレイヤ程高層なオブジェクトを管理するような階層構造となっている。MD木は多次元データの効率的な管理・検索が可能なデータ構造であり、データ数の増加にともなう検索コストの増加は $O(\log N)$ である。

仮想世界の描画の際には図3に示すように、視野領域(view volume)の2次元平面図形内に存在するオブジェクトを、近景については最下層のレイヤから、遠景については上位のレイヤから検索し、遠景は高層なオブジェクトのみを描画対象とすることにより描画の高速化を図る。

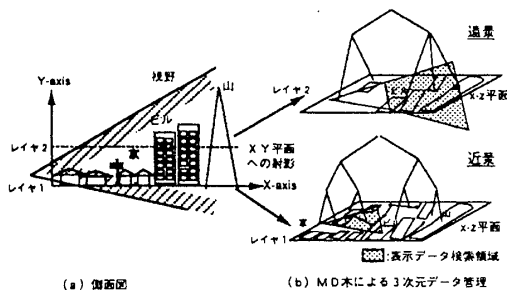


図3 オブジェクトの検索例

#### 3.2 描画精度の調節

”リアルさ”を表すリアリティ係数(rp)を設定し、rpの値に応じて、オブジェクトの描画精度を調節できるようにした。rpは $[0, 1]$ 内の値をとり、rpの値が大きくなるほど精密な描画を行なう[2]。

### 4 適用例

2次元地図データを用いて、上記手法によりビル、家屋、電柱、電線、背景などを含む3次元仮想世界を構築し、その中で自由にウォークスルーできるシステムを作成した。図4にその画面例を示す。

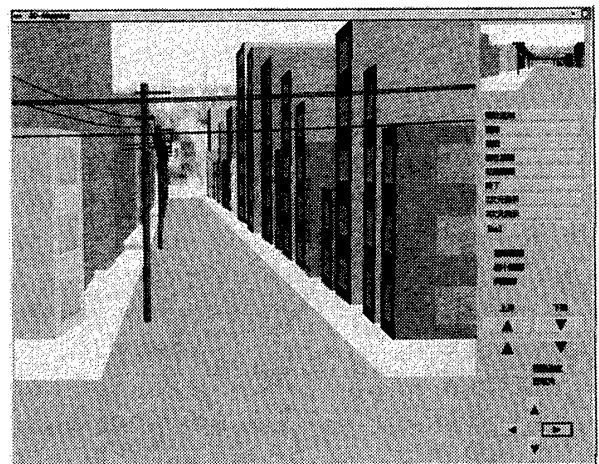


図4 画面例

仮想世界は数km四方の領域に対応しておりオブジェクト数は約100,000個存在する。本仮想世界内でウォークスルーシミュレーションを行なったところ、8-10updates/secondの描画速度となり、ほぼリアルタイムな描画が可能となった。なお、本システムはシリコングラフィックス社のReality Engine上で実装した。

### 5 おわりに

本稿では、2次元地図情報をベースとした仮想3次元世界の構築法、及び2次元MD木のレイヤ構造による空間管理を中心とした広域な空間の実時間ウォークスルーを実現する手法について述べた。

#### 参考文献

- [1] 中村、阿部、坂内、大沢：多次元データの平衡木による管理-MD木の提案-、信学論、J71-D、9、1988
- [2] 玉田、中村：広域3次元オブジェクト管理システム-ウォークスルーのための高速検索と描画-、信学技報 HC93-11、1993