

VR技術を用いた都市評価システムにおける対話性の実現

4AD-9

東 仁志* 松宮雅俊** 小堀研一* 西川禎一*

*大阪工業大学 **奈良先端科学技術大学院大学

1. はじめに

都市は年々高密度になりつつあり、急増する都市人口を収容するため建物は大型化することが考えられる。建物の景観への影響は大きくなり、都市計画の重要性も増す。都市計画においては仮想の三次元空間における景観シミュレーションが有効である。

本発表では、大規模都市空間のウォークスルーシステムの対話性に重要な影響を与える都市データの表示の高速化、及び仮想空間内の物体の干渉判定法について考察し、その有効性を示す。

2. 表示の高速化

一般に、表示の高速化のために視野によるクリッピングとLOD(Level Of Detail)が用いられている^{[1][2]}。本研究でもウォークスルーの対話性の実現のため、これらの手法について検討を行った。

人間は周囲の空間のうち視野に入る領域のみを見ることができる。よって仮想都市の全領域について描画を行う必要はなく、視野の領域内の建物のみを描画する。すべての建物について視野に関する内外判定を行うと、その判定の回数が膨大となりCPU負荷が増加する。そこで仮想都市を小領域に分割し、この小領域を用いて視野のクリッピングを行う。都市は道路で区切られるため、容易に格子状の小領域に分割することが可能である。図1に示すように、視野に一部でも含まれる格子は視野の内側とする。さらに抽出された格子内の建物一棟一棟について視野の内外判定を行う。

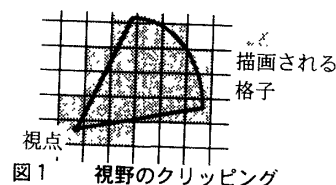


図1 視野のクリッピング

LODにおいて、本研究では3段階のレベルを用い、近くの領域から順にレベル1, 2, 3と称する。仮想都市は5キロメートル四方とする。筆者らはHMDを用いた主観評価による予備実験を行った。視点から250mまでの領域をレベル1, 500mまでをレベル2, 1800mまでをレベル3とし、1800m以上離れた領域は描画しない。また仮想のユーザの視野角はHMDの利用を前提として40度とした。

3. 衝突判定

ウォークスルーにおいては、衝突判定は静的オブジェクトと動的オブジェクトとの判定と、動的オブジェクト同士の判定に大別される。前者は仮想のユーザと建物との判定に、後者は仮想のユーザと自動車や建物の扉など動いているオブジェクト同士の判定に相当する。

・静的オブジェクトと動的オブジェクトとの判定

建物は座標軸に水平、垂直な面が多いことを利用して高速に判定を行う。仮想のユーザを1個の球に置き換えることによって面との交差を高速に行う。たとえば仮想の地面(x-z平面)に垂直な面の場合、x-z平面では1本の線分と1個の円との2次元の判定となり高速な処理が可能となる。

・動的オブジェクト同士の判定

一般に動的オブジェクトは回転移動が行われるため、前述のような座標軸に平行な面を利用した高速化は不可能となる。そこで筆者らは木構造の球を判定に用いる新しい手法を導入した。球を衝突判定に

Realization of interactivity in virtual city
Hitoshi Azuma*, Masatoshi Matsumiya**, Ken-ichi Kobori*, Yoshikazu Nishikawa*
*Osaka Institute of Technology
**Nara Institute of Science and Technology

用いる場合、2点間の距離の比較のみで判定が可能であるため回転の影響を受けない^[1]。球の生成においては、以下に述べる建物の内側を球で充填する方法を用いる。

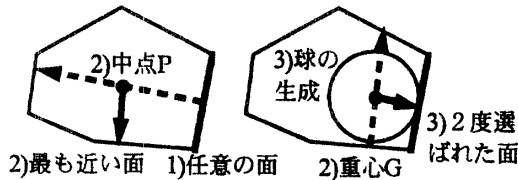


図2 球の生成法(2次元)

1) 図2に示すようにまず任意の面を選び、その面Fの重心Gを求める。面の法線ベクトルをVとする。2) Gから形状の内側に向かってVと平行な直線を引く。この直線が最初に交差する面を求める。最初に交差した点とGとの中点Pを求める。中点Pから最も近い面を求めFとする。Fの重心をカレント点Gとし、法線ベクトルをカレントベクトルVとする。Fが2度目に交差したものは3)へ進む。そうでなければ2)に戻る。3) 中心をP、半径をFとPとの距離とする球を生成する。木構造とするためこの球を親とする14個の子nodeの球を生成する。親の球の中心から、座標軸に沿った6方向と、座標軸と45度をなす8方向の計14方向に球を生成する。以上の処理を再帰的に行う。さらに衝突判定の高速化のため、兄弟のnode同士で兄弟の球すべてを含む大きさの球で包むマージ処理を行い、マージされた球同士の衝突判定の処理を行う。もし交差があればマージされた球に含まれる14個の子nodeとの判定に進む。子nodeについても親nodeと同様に球同士の判定を繰り返す。

4. 実験

以上の各手法の有用性を評価するため、処理時間を測定した。LODと視野のクリッピングの効果を確認するため、4つの状態を比較した。このときの結果を表1に示す。また、建物一棟一棟について視野との内外判定を行う場合についても実験を行った。なお予備実験を行い、格子は90×90とした。実行時間を表2に示す。なお実験に使用した計算機はSGI社のPowerOnyx Reality Engine2である。

表1 高速化技法を用いた場合の実行時間
(総ポリゴン数: 約63万)

条件	実行時間(フレーム/秒)
1) すべて詳細に描画	0.26
2) LODのみ	1.90
3) 視野のクリッピングのみ	1.92
4) 2)と3)を併用	13.5

表2 建物の内外判定を正確に行った場合の実行時間

条件	実行時間(フレーム/秒)
1) ブロック単位で行う	13.5
2) レベル1のみ	16.2
3) 1と2	16.9
4) 1と2と3	17.8

実験結果から、視野のクリッピングを行った後レベル1から3までの建物すべてに対して視野の内外判定を行った方が処理は高速となった。レベル1の建物の正確な内外判定は詳細な描画の建物の減少に寄与できるので効果が大きい。レベル1から3のポリゴン数は平均して、順に2244, 1295, 5036である。次に、衝突判定処理の実行時間を測定した。576ポリゴンの円錐台形状を木構造の球で近似したものの同士の判定が0.176msec、多面体同士で判定した場合は3450msecであり、提案手法による明らかな効果が認められた。

5. おわりに

筆者らは、表示の高速化技法と木構造の球による衝突判定の検証を行い、その効果について確認した。なお、本研究の一部は科学技術庁ソフト系科学技術総合研究のための振興調整費の補助を受けて実施されたものである。

6. 参考文献

- [1] 玉田隆史, 中村泰明: “多次元データ構造に基づく3次元仮想都市空間の管理と高速描画”, 信学論Vol.J78-D-II pp.1205-1213, (1995)
- [2] 加藤伸子, 岡崎彰夫: “形状簡略化に基づく3次元オブジェクト空間の最適高速表示”, 信学論Vol.J76-D-II pp.1712-1721, (1993)
- [3] Philip M. Hubbard: "Approximating Polyhedra with Spheres for Time-Critical Collision Detection", ACM Transaction on Graphics, Vol.15, NO.3, pp.179-210, (1996)