

室内ウォークスルーシステムにおける
可視性判定とその応用

3U-3

首藤和彦 村田伸一 松山憲治

沖電気工業株式会社 関西総合研究所

1 はじめに

仮想空間を構築し、その中で仮想環境の対話的な操作を実時間で行ない、またそのリアリティを向上させるシステムの開発、研究を進めている。本稿では、実時間の室内ウォークスルーに有効なセル、メッシュ分割に基づく可視性判定処理方法を説明した後、可視性処理の応用としてラジオシティ法的高速化手法や他の応用例を述べる。

2 室内ウォークスルーの可視性判定処理

2.1 空間のセル分割と可視性処理

室内ウォークスルーにおけるレンダリング加速技術が文献 [1] で提案されているが、その概要は次のようである。

境界が大部分壁のような不透明な面と一致するようにモデルをセルと呼ばれる長方形の小領域に分割し、境界の透明な部分（ポータル）を同定する。図1の左図は、ある建物の平面図であり、太い線は壁を表す。A～Jがセルに相当し、細い実線がポータルである。

次に、各セルについて、そのセルから見える可能性のあるセルすべてを求める（セル対セル可視性判定）。あるセルから他のセルが見えるかどうかは、一方のセル内から他方のセル内へ壁にぶつからない直線（sightline と呼ぶ）が引けるかどうかで判定する。結果は各セルごとに、スタブ・ツリーと呼ばれるツリー構造を持ったデータとして保存する。図1の左図では、セルIからの可視判定を行なっている。セルIからセルB、E、C、H内への点線がsightlineである。図1の右図がセルIに関するスタブ・ツリーである。各ノードはセルIから可視とされたセルであり、各エッジはsightlineが通過するポータルである。

インタラクティブなウォーク・スルーのフェイズでは、各フレームにおいて、観察者のいるセルが同定され、そのセルのスタブ・ツリーを得る。そのスタブ・ツリーの

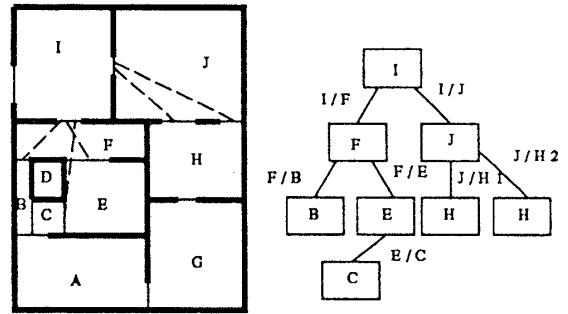


図1: 空間のセル分割とスタブ・ツリー

ルートから再帰的に図2の処理を行なって観察者から見えるセル（可視セル）を同定し、スタブ・ツリーのセル集合をより分ける（観察者対セル可視性判定）。この可視セルの集合のセル情報を描画処理に渡して、隠面消去とレンダリングを行なう。

観察者対可視セル判定 (C, R, V)

// C: セル, R: 可視領域, V: 可視セルの集合

$V := V \cup C$

for セル C の各ポータル P について

if ポータル P は可視領域 R にある then

$C' :=$ ポータル P の次のセル

セル C' の可視領域 R' を求める

観察者対可視セル判定 (C', R', V)

図2: 観察者対セル可視性判定

2.2 メッシュ分割

上述の方法ではセル単位で可視性処理をするため、あるセルが観察者から可視とされた場合、そのセル内のオブジェクト全体を描画対象とする。このため、一つのセルが大きく、多くのオブジェクトが存在している場合、レンダリングの負荷が大きくなる。我々のシステムでは可視性判定をより精密にするために以下の処理を行なっている。

各セルをさらにメッシュに分割し、各メッシュごとにオブジェクトを管理する。描画の際には各可視セルの可

視領域から可視メッシュを計算し、そのメッシュに登録されているオブジェクトを描画処理部分に渡している。

図3は観察者がセルIにいる時の可視メッシュの計算の様子である。二本の矢印が視野の広がりを見せていて、塗りつぶされている領域が各可視セルの可視領域であり、斜線領域が可視メッシュである。

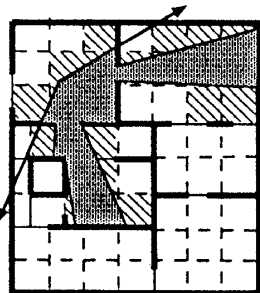


図 3: 観察者対可視メッシュ判定

3 可視性判定の応用

上述の可視性判定法を以下の項目に応用した。

3.1 ラジオシティ法の高速度化への応用

ラジオシティ・レンダリングに要する時間の大部分はフォームファクタと呼ばれるものの計算に費やされるが、これはバッチに半立方体 (hemi cube) を置き、これにシーン全体を隠面消去を行なって投影することに帰着される [2]。そこで、シーンを hemi cube の各面に描画する際、前述の可視性判定を行なうことにより、描画の際の処理量が軽減され、計算が高速度化される。但しこの場合、視線方向が水平方向だけではないので、水平方向の視野角はもとの視野角とは一般には異なる。我々のシステムでは可視性処理を水平方向でのみ行なっているため、以下の処理を行なって視野角を計算している。

view volume の水平面への投影を考え、その頂点 (視点を水平面へ投影した点) での角の広がり を計算する。その広がりが 180 度以内のものはその角を水平方向の視野角とし、それ以外の場合は水平方向の視野角を 360 度として水平方向の可視性判定を行なう。

図4はその様子を表しており、頂点から出ている4本のベクトルが view volume の水平面への投影を表している。4本のベクトルの角の広がり θ と 180 度との大小によって水平方向の視野 (斜線部分) を決定している。

3.2 ドアの開閉及び壁との衝突チェック

インタラクティブなドアの開閉に応じた可視領域の抽出は、図2において、ポータルが可視領域内にあるかどうかを判定する時に、ドアに相当するポータルの開閉情

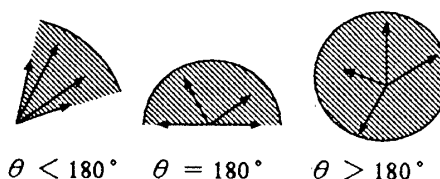


図 4: 水平方向の視野の決定

報を付加することで処理される。すなわち、ポータルが閉まっている時にはそのポータルは不可視とし、開いている時は同一の処理を行なうことで解決できる。

壁との衝突は、観察者のいるセルが変化した時に、一步前の位置と現在の位置を結ぶ線が、一步前のセルのポータルを通過しているかどうかを調べることで検出できる。このため、観察者の位置が変化するたびに多数の壁との衝突をチェックするのに比べて負荷が少ない。

4 適用例

上記適用例中ラジオシティ法の高速度化手法を適用した結果が表1である。ワークステーションとして Silicon Graphics 社の Indigo² Extreme を用いた。ラジオシティ法として hemi cube による shooting 法を用いた。入力データとしては、あるビルのおフィスをモデリングしたものをを用いた。セル数は 66、ポリゴン数 16,719 である。ポリゴンを分割して生成されるバッチとエレメントの数はそれぞれ 19,153、76,612 である。エレメント (またはバッチ) の adaptive refinement は行なっていない。平均描画エレメント数とは、一回の shooting の際に描画するエレメントの数の平均を意味する。表からわかる通り、本手法によりトータルでおよそ 2.2 倍のスピードアップが達成されている。

表 1: ラジオシティ計算計測結果

	従来手法	本手法
平均描画エレメント数	76,612	23,695
全 CPU 時間	7,332 秒	3,332 秒
描画処理時間 (%)	6,862 秒(93%)	2,840 秒(85%)
可視性処理時間 (%)	—	19 秒(0.5%)

参考文献

- [1] Seth J.Teller, Carlo H.Séquin, "Visibility Preprocessing For Interactive Walkthroughs," *Computer Graphics*, 25(4), 61-69.
- [2] Michael F. Cohen, Donald P. Greenberg, "A Radiosity Solution for Complex Environments," *Computer Graphics*, 19(3), 31-40.