適応型空間分割による並列レイトレーシング法

吉谷 崇史　　山崎 勝弘
立命館大学理工学部情報学科

1　はじめに

レイトレーシング法では、視線と物体との交差判定に最も時間を要する。空間を小さな空間に分割し、その空間内の物体のみについて交差判定を行うことで、時間を短縮することができる。本研究では分割された各空間をトーラス接続されたマルチトランスピュータ T805(以下 TP)64 台に割り当て、高速化を図る [1]。

2　適応型空間分割

ある空間に物体を配置し、その空間をボクセルと呼ばれる空間に分割する。その各ボクセルには属する物体のみが登録される。次にレイトレーシング計算を行う。空間分割では、レイがボクセルに入ると、そのボクセルに登録された物体に対してのみ交差判定を行う。このアルゴリズムをマルチプロセッサに適用し並列処理を行う。それぞれのボクセルを各プロセッサに割り当て、プロセッサ間で光線情報 (パケット) をやり取りすることで画像を生成する。図 1 に示すように 64 個の空間に分割し、それぞれにボクセル番号を割り当てる。

各プロセッサは、メインタスクと通信タスクからなり、さらに通信タスクには各ポートからの入出力スレッドが 10 個存在する。メインタスクではレイトレーシングの計算を行い、通信タスクでは送られたパケットが自分の割り当てであればメインタスクへ、そうでなければ該当するプロセッサへ送る。

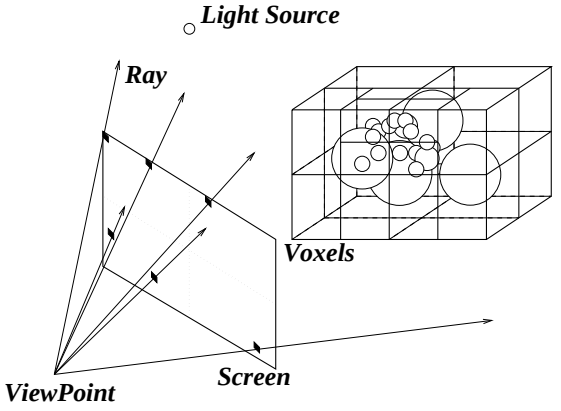


図 1: 空間分割型レイトレーシング法

Parallel Ray Tracing using Adaptive Spatial Subdivision
Takashi Yoshitani and Katsuhiro Yamazaki
Department of Computer Science, Ritsumeikan University.

3　物体データからのボクセル決定

適応型空間分割では、ボクセルを決定するとき物体の配置された分布を知る必要がある。全物体データより物体の存在する最大、最小の座標値を得る。その値の内側にできる空間を $16 \times 16 \times 16$ のサブボクセルに分割し、各物体がどのサブボクセルに存在するかを調べる。各サブボクセルに登録された物体数により、その時点で最も物体数の多いボクセルを二分割することで 64 個のボクセルを決定する (図 2)。

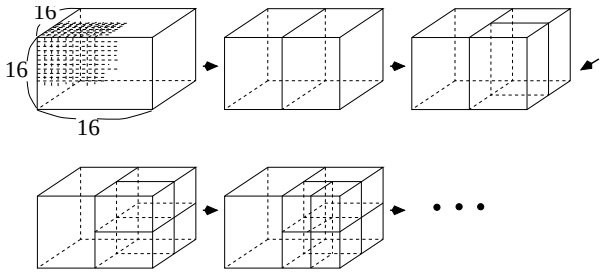
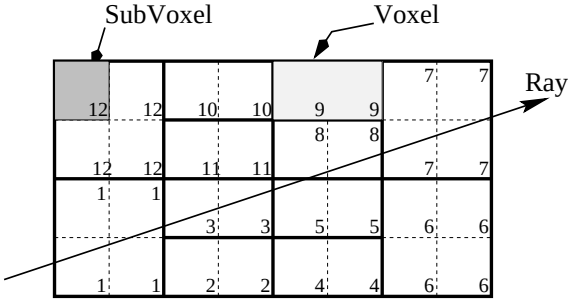


図 2: ボクセルの決定

4　3DDDA による光線移動

DDA(Digital Differential Analyzer) とは、CRT のディスプレイの解像度による線分断裂を防ぐための、線分発生アルゴリズムである。図 3 は 2DDDA を表し、3DDDA は z 軸方向に拡張したものである。空間を $16 \times 16 \times 16$ の同じ大きさのサブボクセルに分割する。サブボクセルには、含まれるボクセル番号が与えられる。そこで 3DDDA を適用し、ボクセル番号を調べることで、レイの進入する次のボクセルを決定する。



Voxel:1→3→5→8→7

図 3: 2DDDA によるレイの移動

5　パケットによる計算結果の回収

レイパケットとは光線に関するデータで、ボクセル内で移動し計算される。またリターンパケットとは、計算された結果データを含んだパケットである。

ここで、鏡面物体 2 つ (A,B) と通常物体 (C) にレイパケットが交差する場合について示す (図 4)。まず、重み 1 を持ったレイが A と交差すると光源に向かってレイを飛ばす。そのレイは影計算をし、計算結果 D1、ピクセル座標 Lay1、及び重み 1/2 をリターンパケットとして Root に返す。次に、A により反射したレイが B と交差すると同様に影計算をし、D2、Lay1、重み 1/4 の値を Root に返す。最後に C と交差すると、D3、Lay1、重み 1/4 の値を Root に返す。

重みの合計が 1 となることで、求めるピクセルのすべてのデータが返ってきたことを確認する [2]。

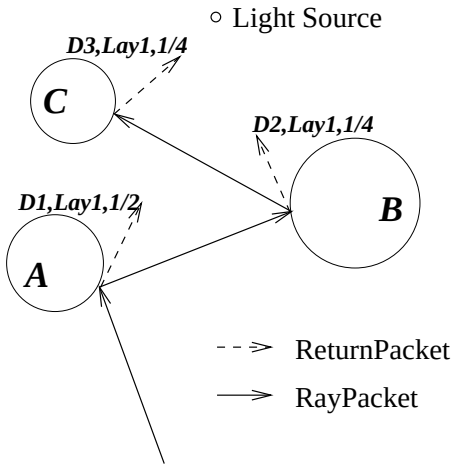


図 4: パケットの移動

6　実験と考察

実験では、SPD(Standard Procedural Databases) から、Tetra データ (3 角形、4096 個)、Teapot データ (3 角形、2256 個)、Jack データ (3 角形、313 個) を用いて計算を行った。反射を繰り返す鏡面物体は用いていない。Tetra データは同じ大きさの 3 角形がテトラポットの形に配置された画像である。3 章で示した方法により Tetra データを分割したボクセルの配置を図 5 に示す。図 5 の各ボクセルの物体数と、$4 \times 4 \times 4$ の等分割の時のものを図 6 に示す。適応型分割では全体的に均一化されていることが分かる。等分割では最大で物体数 268 であるのに対して、適応型空間分割では最大でも 160 になっている。同様に、Teapot については 303 から 129 へ、jack のときで 55 から 30 と約半分の物体数となった。適応型空間分割により実行した計算時間は Tetra 838 秒、Teapot 623 秒、jack 250 秒である。交差判定の数から考慮すると、等分割での計算時間は、適応型分割の計算時間の 1.5 ~ 2.1 倍と推測できる。

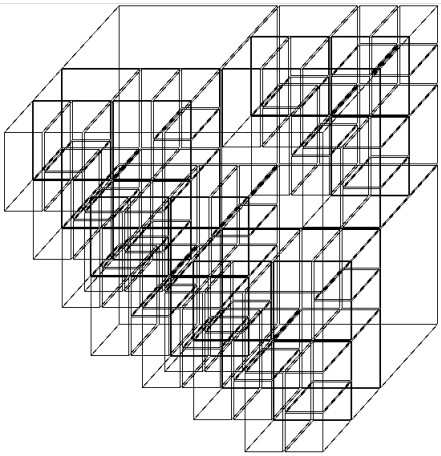


図 5: Tetra データのボクセル配置

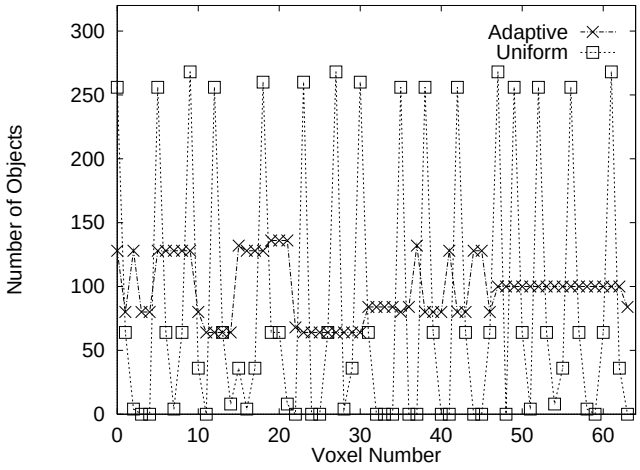


図 6: Tetra データの各ボクセルの物体数

7　おわりに

適応型空間分割により、物体数の異なる 3 つのデータについて実験を行った。等分割と比べ、最大物体数を約半分にすることができた。現在、等分割による計算時間を測定中である。より複雑な画像による実験、TP 台数を変化させた場合の評価などが、今後の課題である。

参考文献

[1] 吉谷 他 ," 画面分割によるレイトレーシング法の並列化", システム制御情報学会，3004，1995.

[2] 吉谷 他 ," 空間分割型並列レイトレーシング法の実現と評価"，情処学 52 回全大，4L-6，1996.