画面分割による
レイトレーシング法の並列化

Parallelization of Ray Tracing Using Screen Subdivision

立命館大学理工学部　吉谷崇史，原田博之，山崎勝弘

Takashi Yoshitani, Hiroyuki Harada and Katsuhiro Yamazaki
Department of Computer Science, Ritsumeikan University

Abstract This paper describes a parallelization method of ray tracing using screen and space subdivision on a ring connected 64 transputers. Experimental results using screen subdivision based on load balancing algorithm and interleaved partitioning, as well as space subdivision are shown.

1 はじめに

レイトレーシング法では，すべての物体との交差判定を行うため, 膨大な計算時間を必要とする. 本研究では，トランスピュータ(T805 25MHz, 以下TP)64台をリング接続したマルチプロセッサシステム上で，画面分割と空間分割による並列化について述べる.

2 画面分割

各ピクセルを独立に計算できるため, 画面を分割し, それぞれの計算を各TPに振り分ける. しかし, 各ピクセルは計算時間がまちまちなため, 等分割では負荷に偏りが生じる. これを避けるため, 負荷均衡分割アルゴリズム(Load Balancing Algorithm, 以下LBA)を考えた. あらかじめ記述データより物体の画面上でのおよその位置を決定する. 通常物体では交点計算による全物体数と, 光源との間に物体があるかを調べる全物体数/2を加えて負荷の値とする. 鏡面では, さらに反射の回数を考慮し, 全物体数×3.5+全物体数/2を負荷とする. 透過物体では反射, 透過ともに考慮し, 全物体数×(5+1.5)+全物体数/2を負荷とする. 画面全体の負荷を求めて, それを分割数で割り, その平均に近くなるように画面を分割する. 図1に等分割および負荷均衡分割により分割された様子を示す.

次に, 別の方法としてインターリーブ分割(Interleaved Partitioning)が挙げられる. 図2のように, TP64台のとき8×8のピクセル毎にTPを割り当てる. あるピクセルの周りの負荷はほぼ等しいため, 各TPの負荷の差も小さくなる.

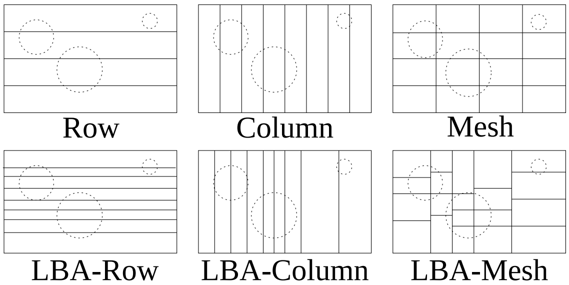
Row　Column　Mesh
LBA-Row　LBA-Column　LBA-Mesh

図1: 画面分割

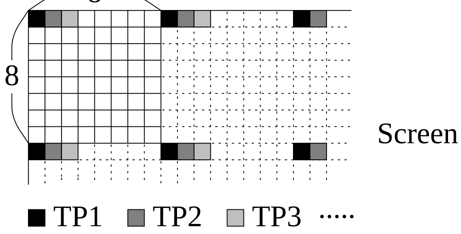

図2: インターリーブ分割

3 空間分割

交差判定の回数を減らすため, 空間をボクセルという小さな空間に分割する. 各ボクセルにはそこに存在する物体の記述データのみ登録し, 交差判定の際, その物体のみと計算を行なう. 実際には, 各TPに各ボクセルを割り当て, 物体のデータを持たせる. 図3に示すように, 各TPにボクセル番号が割り当てられ, レイパケットのやり取りが行なわれる. 計算結果は, リターンパケットとして, それを発したTPに戻される.

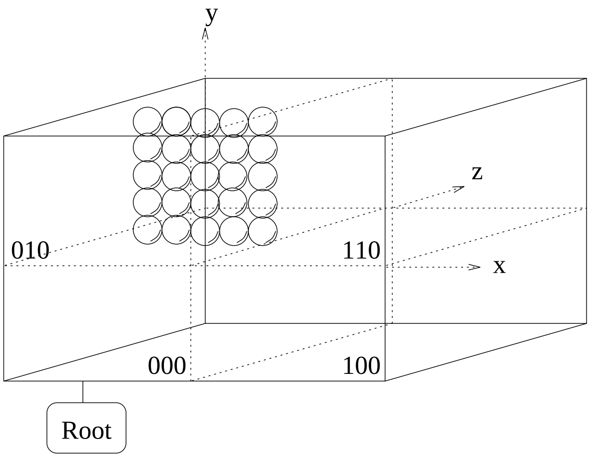

図 3: 空間分割 (2×2×1)

4 実験と考察

鏡面床の上に鏡面球3個, 透過球1個, 通常球2個を不規則に配置したデータの結果を図4に示す. これは, リング接続による結果である. 良い結果の順にInterleaved, LBA-Row, Rowとなった. インターリーブ分割では, 実行時間がほぼリニアとなり, 64台で60.7倍の速度向上が得られた. 図4で, LBAの中でもLBA-Rowが良い結果となっているのは, Column方向の偏りが大きいためである. 同様に画像7通りでテストした結果, LBAでは球が規則的に配置された画像において, 速度向上がほぼリニアであるが, 偏って配置された画像では, 全体的に速度向上が悪い. これは, 鏡面や屈折では, 負荷の重みが決めにくく, うまく負荷分散が行なわれていないからである.

次に, 空間分割による実験結果を表1に示す. これは, 1プロセッサ上による結果である. 物体数25のとき, 図3のように010のみに登録し, 50個の時は010と110に各25個ずつ登録する. 75個の時は010, 000, 110に登録し, 100個の時は全ボクセルに登録した. その結果, 4分割で2.1から2.8倍の速度向上が得られた. マルチプロセッサ上で行なう際, 通信におけるオーバーヘッドが考えられるので検討する必要がある.

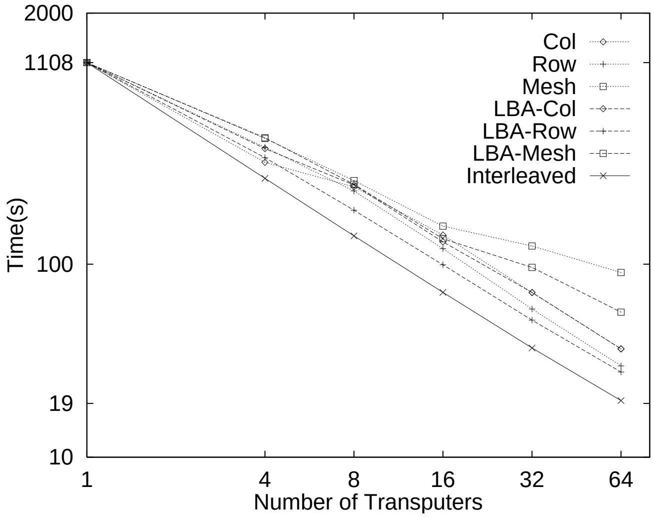

図 4: 画面分割による実験結果

表 1: 空間分割による実験結果

(単位 秒)

物体数	通常	空間分割	速度向上比
25	111	53	2.1
50	248	106	2.3
75	409	163	2.5
100	601	218	2.8

5 おわりに

画面分割では, インターリーブ分割が最も良いことが分かった. LBAでは, 負荷予測の精度を上げる必要がある. 現在, 空間分割による性能評価を進めている.

参考文献

1) 原田博之 他 ,” 画面分割と空間分割によるレイトレーシング法の高速化” , 情処学50回全大 , 1C-6 , 1995.