5U-07

トランスピュータによるラジオシティ法の並列化

上嶋 明　　山崎 勝弘　　渡部 透　　得丸 英勝
立命館大学理工学部

1　はじめに

画像生成の手法として光の相互反射を扱えるラジオシティ法が注目されているが，フォームファクタを求めるために非常に大きな計算量が必要である．本稿では，トランスピュータ (T805 25MHz, 以下 TP)64 台をトーラス状に接続したシステム上で，ラジオシティ法による画像生成を並列に実行して高速化する方法とその効果，及び動的負荷分散法について述べる．

2　ラジオシティ法

ラジオシティ法では光の相互反射を取り扱えるため，現実感の高い画像を生成できる．計算手順は，まず物体の表面を構成するポリゴンを細かく区切り，計算単位であるパッチに分割する．次に，光のエネルギーが平衡状態にあるとしたとき，各パッチごとに光の入射と反射に注目し，全パッチについてラジオシティ (光の放射エネルギー) の連立方程式を立て，それを解くことによって，各パッチのラジオシティを求める．最後に，そのラジオシティから輝度を求めて表示する．なお，効率よくラジオシティを求める方法として光の放射に注目した漸進法があり，本研究でもこの方法を用いる．また，ラジオシティ法に必要なフォームファクタを求める方法としては，ヘミキューブ法を用いる．

3　ラジオシティ法の並列化

ラジオシティ法ではフォームファクタの計算時間が全計算時間の大部分を占めるので，高速化するためにはフォームファクタの計算を並列化する必要がある．本研究では，ヘミキューブの 5 面のメッシュを各 TP に等分に分割して配置しておき，ポリゴンの描画の際に，各 TP に自分の担当する部分についての描画処理を行わせる．

各 TP が描画を終えた後，全対全通信を行うことで全 TP がヘミキューブの完全な描画結果を得る．この際，受信，受信したデータの処理，及び送信をマルチスレッドによりオーバーラップして処理することで，通信によるオーバーヘッドを減少させている．

さらに，パッチのデータを各 TP に分散して持たせる．漸進法による計算の際には，まず各 TP 内で最大のラジオシティを持つパッチを決定し，次に，このデータを 1 箇所に回収して全パッチの中で最大のラジオシティを持つパッチを決定する．そして，このデータを全 TP に送信して，各 TP は自分の保持するパッチへの放射を行う．この方法の利点は，1 台ではメモリ不足で処理できないような複雑な画像に対しても，TP の台数を増やすことにより処理が可能となることである．

4　実験と考察

ラジオシティ法による画像生成をトーラス接続の 16, 32, 64 台の TP 上で実行し，1 台の場合の実行時間と比較した．生成する画像としては，表 1 に示すような，計算量の異なる 3 通りの画像を用いた．なお，全ての画像でヘミキューブの分割数を 128 とした．結果を図 1 に示す．

このように，TP16 台で約 8 倍，32 台で約 12 倍，64 台で約 15 倍の速度向上が得られた．本手法では，ヘミキューブ面を各 TP に分散させておき，各 TP は自

表 1　画像の内容

画像	ポリゴン数	パッチ数
1	16	384
2	96	606
3	190	841

Parallel Processing Using Transputers for the Radiosity Method
Akira Uejima, Katsuhiro Yamazaki, Tohru Watanabe, and Hidekatsu Tokumaru
Faculty of Science and Engineering, Ritsumeikan University

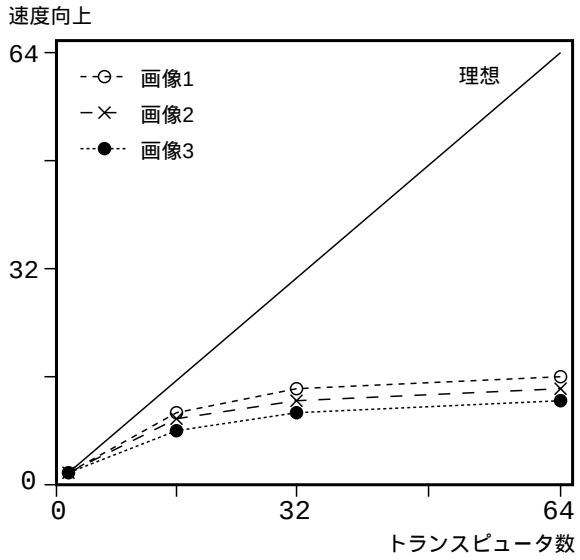

図 1　トランスピュータ 1 台との比較

分の担当する部分について，ポリゴンの描画処理を行う．この際，ヘミキューブ面の場所によって投影されるポリゴン数に大きな偏りがあるため，各 TP ごとの処理時間が不均衡になる．ここで，フォームファクタの計算時間は最も描画処理時間の大きい TP によって決定されるので，理想値よりも効率が悪くなったと考えられる．また画像が複雑になるほど相対速度が低くなるのは，複雑な画像ほど各 TP の処理時間の差が大きくなることが主な原因と考えられる．

5　動的負荷分散の実現

ヘミュキューブへの描画の際に生じる TP 間の処理時間の差を小さくするために，描画処理の動的負荷分散を現在検討している．これは，各 TP は自分の担当する部分の処理が早く終了した場合，他の TP の担当するべき部分の処理も行う方法である．ただし，各 TP が持つローカルメモリの容量の制限で，処理を行える部分は以下のように予め決めておくものとする．

図 2 のような，分割数 4 のヘミキューブの 5 面 (T, S0, S1, S2, S3) を考える．従来の方法 (静的負荷分散) では TP1 は P1 の網掛部分のみを固定的に計算することになる．動的負荷分散法では，分担の程度によりレベルをつける．レベル 0 では，自分の担当部分が P1 の 1 箇所のみに固定され，自分の処理が先に終了しても他の処理を行えない状態となる．レベル 1 では，

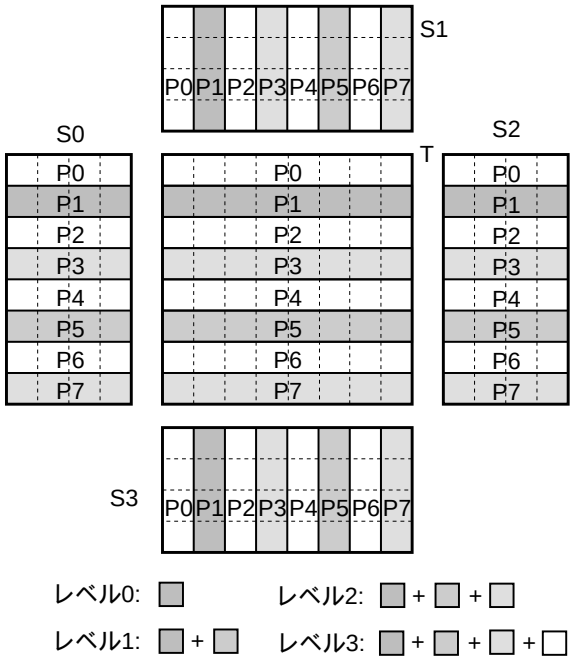

図 2　ヘミュキューブの割り当て方法

P1 に加えて P5 の部分のヘミキューブのデータも予め保持しておき，P1 の処理が早く終了した場合には P5 の処理も行えるようにする．逆に，TP5 は P5 に加えて P1 の部分の処理も行えることになる．以降，レベルが上がるにしたがって担当できる部分を 1, 2, 4, 8 箇所というように増加させる．そしてレベル 3 では全部分の処理を行えるようにする．

6　おわりに

ラジオシティ法による画像生成を 64 台の TP で実行した結果，静的負荷分散法では 32 台程度で速度向上が飽和した．現在，動的負荷分散法による実験を進めている．

参考文献

[1] M.F.Cohen, 他: “A Progressive Refinement Approach to Fast Radiosity Image Generation”, *Computer Graphics*, Vol.22, No.4, pp.75–84(1988).

[2] M.F.Cohen, 他: “The Hemi-cube: A Radiosity Solution for Complex Environments”, *Computer Graphics*, Vol.19, No.3, pp.31–40(1985).