

5 U-8

## ラジオシティ法のための高速並列演算手法\*

国谷 孝, 近藤邦雄, 佐藤 尚, 島田静雄†

埼玉大学‡

## 1 はじめに

CGの分野において Global illumination や Photo-realistic image が着目されている。これは室内の照明シミュレーションや VR(Virtual Reality) などの、より現実感の高い画像を必要とする分野が増加したことによる。このための画像の生成方法としてラジオシティ法が考案された。しかし光の散乱や相互反射まで計算するこのアルゴリズムは多大な計算量を必要とし、計算時間がかかる。そこでラジオシティ計算を並列に処理する手法が研究開発されている。しかし従来の並列化手法では、フォームファクタの計算部分の並列化や直接光の独立性に着目した並列処理が中心である。またこれらの計算における計算式の法則性に着目した専用プロセッサも開発されている。本研究では物体データの表面のみに着目し、パッチのもつラジオシティエネルギーの受け渡しを並列処理するアルゴリズムを提案し、富士通(株)の高並列計算機 AP1000 を用いてその効果を調べた。

## 2 ラジオシティ法の並列化の要素

ハードウェアや専用プロセッサによる並列化を除けば、以下の2つに分けられる。

## 1. フォームファクタの計算

各パッチどうしのラジオシティエネルギーの到達する割合を示すフォームファクタは、パッチごとに独立に計算することができる。一つのパッチに対して他のすべてのパッチとのフォームファクタを一回ずつヘミキューブ法を用いて計算する。ただし多量のメモリを必要とするため、次に述べる連立方程式の解法の途中で必要になった時点でその都度計算する方法がとられていることが多い。

2. 連立方程式の解法ラジオシティエネルギーの安定状態を求めるため、 $n$ 個のパッチを持つモデルの場合、 $n$ 次の連立方程式を解かなくてはならない。このためにガウスザイデル法やヤコビ法、

斬進法を使うことになる。そこでこれらの解法の計算の特徴を生かして並列的に処理する方法が考案されている。

## 3 斬進法の並列化アルゴリズム

2節で述べた2つの並列化の要素を取り入れたアルゴリズムを提案する。通常の斬進法では未放射エネルギーの高い順にパッチをソーティングしなくてはならないが、本提案では、ある閾値を越えているパッチに関しては同時にエネルギーの放出を行なう。そのためソーティングの時間を省くことができるという特徴を持つ。また通常ラジオシティ法で扱うモデルはポリゴン分割されたものが多い。しかしこの手法では、予め物体表面のデータを与えてやり、それをパッチに分割することより計算を開始させる。このため面の表の方向も認識するので、表示する際のZバッファの計算も少なく済むという利点がある。アルゴリズムにはホストからのデータの転送と回収、各セルでの並列計算部分が反映しており次のようになる。

1. ホストでパッチの分割を行ない、各セルは面データ(面の座標、反射係数)を受けとる。
2. 各セルで並列にフォームファクタを計算する。
3. 未放射エネルギーを設定する。
4. 以下の処理を各セル毎並列に収束するまで処理する。
  - (a) 持っている未放射エネルギーを放射エネルギーに加える。
  - (b) 未放射エネルギーが閾値を超えていれば他の全セルに、セル間のメッセージ伝達という形でエネルギーを放出する。
  - (c) 他のセルからのエネルギー受けとり待ち。
  - (d) 受けとったすべてのエネルギーを未放射エネルギーに加える。
5. 収束(安定)した時点での各セルのエネルギーをホストに送る。

\*Fast Parallel Processing in Radiosity Calculation

†Takashi KUNITANI, Kunio KONDO, Hisashi Sato, Shizuo SHIMADA

‡SAITAMA University

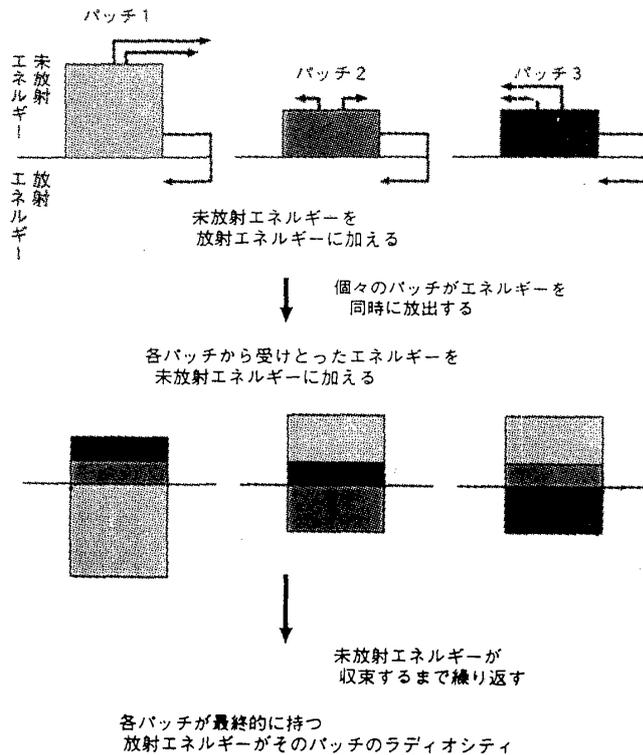


図1 並列漸進法のアルゴリズム

4 実験結果と考察

本実験ではセルが256(=16\*16)台の構成のAP1000を使用した。並列で処理する場合としない場合の結果を表1に示す。

処理方法	処理時間
単一プロセッサ (sparc station2)	3 秒
並列処理 (AP 1000)	1 秒

表1 計算結果

ここで用いた形状は、簡単な計算として3つの壁面をそれぞれ4分割して12枚のバッチ、空間に浮かんだ立方体を同様の分割で24枚、そして光源に1枚のバッチ、合計37枚バッチで構成されている。1台のセルの動きを簡単にするため一つのセルに一個ずつバッチを割り当てた。

モデルの形状の特徴の影響もあり、エネルギーが収束するのにかかる時間は少なかった。またバッチ数が少ないため、プロセッサ間での通信回数が少なかったのことも影響していると思われる。この手法を用いて複雑な画像を作成しようとする時に、この通信回数を如何に減らすかがが問題である。

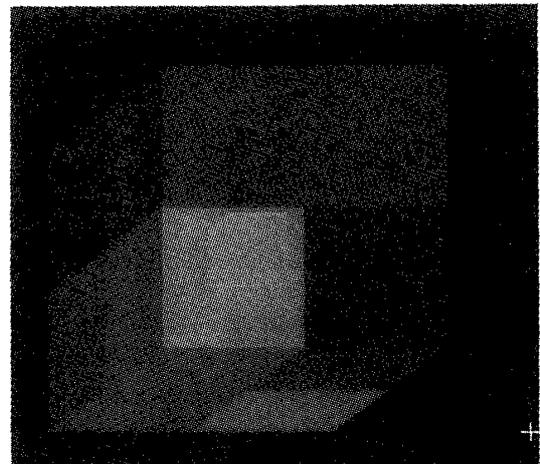


図2 出力図例

5 まとめ

本実験では一つのプロセッサに一つのセルを割り当てたが、バッチ数が増加するとセル間の通信回数が非常に多くなる可能性がある。そこで一つのプロセッサに同一平面上の複数のセルを割り当てる方法を採用し検討する予定である。

6 謝辞

本研究は文部省科学研究重点領域「超並列」の一環として行なわれているものである。本研究を行なうに当たってAP1000を使用させて頂いた富士通研究所石井所長、早稲田大学村岡洋一教授、および超並列会議で御意見を頂戴した東京工業大学中嶋正之教授、福山大学西田友是教授、慶応大学大野義夫教授に御礼申し上げます。

参考文献

[1] Hiroaki Kobayashi, Tadano Nakamura, A Massively Parallel Processing Approach to Fast Photo-Realistic Image Synthesis, Proc. of CGI '93, pp.497-507 (1993)

[2] Wim Lamotte, Frank Von Reeth, Luc Vandeurzen, Eddy Flerackers, Parallel Processing in Radiosity Calculations, Proc. of CGI '93, pp.485-496 (1993)

[3] 鷲島 敬之、西澤 禎次、浅原 重夫 共著、“並列図形処理”、コロナ社、pp.112-119 (1991)