

ラジオシティ法における相互反射光の並列処理*

5H-2

国谷 孝, 佐藤 尚, 近藤邦雄, 島田静雄†

埼玉大学工学部情報システム工学科‡

1 はじめに

コンピュータ・グラフィックスの分野で応用されているラジオシティ法は、直接光だけでなく他の物体からの相互反射作用を考慮して、より現実感の高い画像を生成する手法である。そのためこの手法による画像は、室内の照明シミュレーションなどの分野で応用されている。

しかし、この手法は多大な計算時間を必要としている。リアルタイムでの画像生成が必要とされている現在、この計算時間の大きさがさまざまな分野での実用化に対して難点となっている。

したがってラジオシティ法の計算を高速に行なう技術が開発されてきた。その中でも並列処理による高速化が並列コンピュータの開発とともに注目され、さまざまな並列処理の技法が研究開発されている。

本研究では、従来より確立されているラジオシティ法の計算の漸進法を応用し、独立性のない相互反射光の計算を並列に処理する手法を提案する。

2 ラジオシティ法

ラジオシティ法による画像生成は一般に以下の手順で構成される。

- 3次元データの作成。ポリゴンデータで定義された物体(理想的な拡散反射面)を、適当な大きさの面素(patch)に分割する。
- 光のエネルギーが平衡状態に達していると仮定すると、光の入射、反射に関して以下の式が成立する。

$$B_i = E_i + \sigma_i \sum_{j=1}^N B_j F_{ji} \frac{A_j}{A_i} \quad (1)$$

B_i : パッチ*i*の単位面積当たりのラジオシティ
(単位: ワット/ m^2)

E_i : パッチ*i*の単位面積当たりの自発光エネルギー
(単位: ワット/ m^2)

σ_i : パッチ*i*の反射率, F_{ji} : フォームファクタ

A_i : パッチ*i*の面積, A_j : パッチ*j*の面積

N : パッチの総数

- N 次の方程式である(1)式を解いてすべてのパッチのラジオシティを算出した後、隠面処理とラジオシティに基づいた輝度計算を実行することにより、相互反射を考慮した画像を得ることができる。

3 漸進法

(1)式の方程式を解く際に、数学的に解を求めるガウスザイデル法では、全ての F_{ij} を計算しなくては解が求まらない。これは計算時間の問題の他に、メモリを多量に必要とするという欠点がある。実際には全てのパッチによる相互反射の影響を求めなくても、エネルギーの高いパッチを複数個計算するだけでも、かなりの視覚効果が得られる。

そこで、各パッチの光の放射に着目し、他のパッチへの光の放射を繰り返すことによって、全パッチのラジオシティエネルギーの平衡状態に近付けていき、解を求める方法が漸進法である。

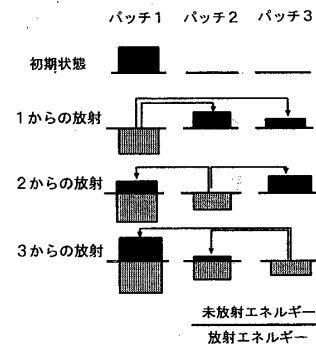


図1: 漸進法におけるエネルギーの受渡し

4 並列計算機

本研究で使用した並列計算機は、富士通の並列コンピュータ AP1000である。AP1000は、ホストと64個のセル(PE)から構成されている。ホストとセル間は、ブロードキャスト結合で結ばれ、セル間はそれぞれトラス結合で結ばれ、効率的にデータの転送ができるようになっている。

5 並列化のアルゴリズム

漸進法を基にした、並列アルゴリズムを提案する。各パッチに関する放射エネルギー、未放射エネルギーのデータについては、ホスト部分で全て管理する。各セル(PE)はあらかじめ、パッチの座標についてのデータのみを持つ。また、未放射エネルギーの大きさのみに着目するため、前節にも述べたように光源からの直接光と相互反射光の区別は行なわない。

- ホストにおいて未放射エネルギーが高いパッチを、セルの個数だけ選び出す。
- エネルギーの高いパッチから順にセルを割り当て、パッチの番号とそのパッチの未放射エネルギーの大きさを送信する。

*Parallel Processing of Reflex Action in Radiosity Calculation

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

‡ICS SAITAMA University

3. 各セルでは独立して、フォームファクタを求め、与えられた番号のパッチから他のパッチへの放射エネルギーを計算する。
4. ホストは各セルからの放射エネルギーを回収し、各パッチの放射エネルギーを合計する。
5. (1)から(4)を収束するまで繰り返す。同期は全てのセルが計算を終了するまで待つという形で、(3)と(4)の間でとる。

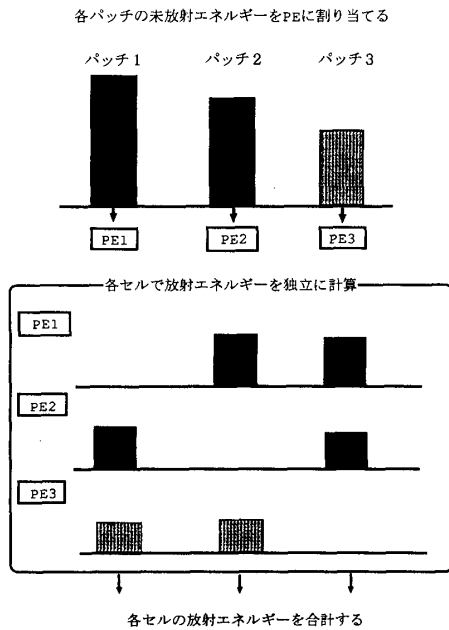


図 2: 並列アルゴリズムによるエネルギーの受渡し

6 並列処理による結果と処理時間の評価

本章では、以下の例の画像を生成するのに要した時間を計測して評価を行なった。画像のパッチ数、単一プロセッサ (SPARC station20) で処理した場合の計算時間を以下の表に示す。

表 1: 本実験の計算データ

	data1	data2
N_p	973	1608
$T_s(sec)$	249	824

N_p : パッチ数

T_s : 単一プロセッサでの計算時間

またセルの個数と計算時間の関係を図4に示す。パッチ数の多いモデルの方が、並列化による速度向上の効率がよいことがわかる。これはパッチ数の多いモデルの方が、より速度向上の効率がよく表れる手法であるといえる。またセルの数が32個以降、効率が落ちている。この原因としては、まず未放射エネルギーが収束するためには、少ないパッチ数のモデルであっても、ループを数回繰り返さなければならないことが挙げられる。

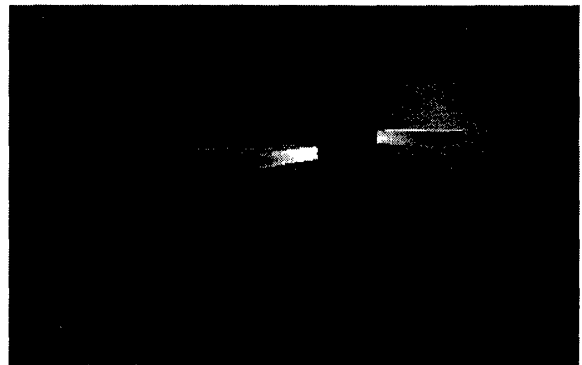


図 3: 生成画像例 (data1)

もう一つの原因としては、各セルへの負荷分散が不均一であることが挙げられる。未放射エネルギーを伝えるべきパッチの数に比例して、そのセルでの負荷が大きくなり計算時間が増えている。よって同期待ちのセルがかなり目だっているのが現状である。これは計算時間のモデルへの依存性という形で今後の課題となっている。

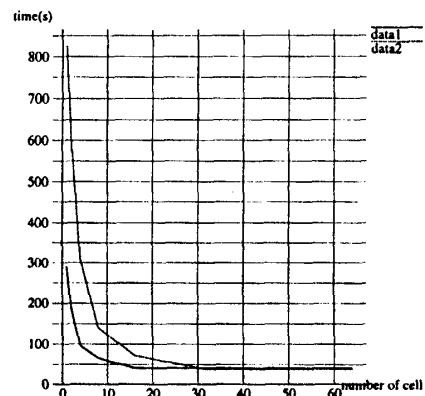


図 4: セルの個数と計算時間の関係

7 むすび

本研究では、漸進法における反射光の並列化の一手法を提案し、実装を行い速度向上の確認をした。しかし各プロセッサでの処理時間に大きな差があるために、並列化の効果が思うように発揮できていない。このプロセッサ毎の処理時間の差を、どのように減らすかが今後の課題として挙げられる。また、より効果的なセルの割り当て方法や動的負荷分散を考えて手法を改善していきたい。

最後に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に御礼申し上げます。

参考文献

- [1] 西田 友是、中前 平八郎、“影および拡散照度を考慮した三次元物体の陰影表示”, グラフィックと CAD 14-2, pp.1-8 (1984)
- [2] Wim Lamotte, Frank Von Reeth, Luc Vandeurzen, Eddy Flerackers, Parallel Processing in Radiosity Calculations, Proc. of CGI '93, pp.485-496 (1993)