

ラディオシティ法のための高速並列演算法*

1R-10

国谷 孝, 佐藤 尚, 近藤邦雄, 島田静雄†

埼玉大学‡

1 はじめに

CGの分野で多用されているラディオシティ法は、光の相互反射の計算により現実感の高い画像を生成することができる。しかしその反面、このアルゴリズムは莫大な計算量を必要とするため、多大な計算時間を必要とする。リアルタイムでの画像生成が必要とされている現在、この計算時間がさまざまな分野での実用化に対してネックとなっている。近年、これに対してラディオシティ法の計算を高速に行なう技術が開発されている。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。具体的な並列手法としては、フォームファクタの計算部分の並列化や、ラディオシティエネルギーの放出、直接光の独立性に着目したものなどがある。またこれらの並列手法を取り入れた専用プロセッサも開発されている。本研究では漸進法というラディオシティ方程式の解法を、並列に処理する手法、アルゴリズムについて提案する。なお本研究では富士通（株）の並列計算機AP1000を用いてその効果を調べた。

2 ラディオシティ法の並列化の要素

ここで取り上げた手法は、漸進法というラディオシティ方程式の解法である。ハードウェア上での工夫などを除けば、並列化の手法は主に以下の2つに分けられる。

1. フォームファクタの計算

各パッチでのラディオシティエネルギーの届く割合を示す値である、このフォームファクタはパッチ毎に独立に計算できる。よってその独立性を利用して並列に処理することができる。またこのフォームファクタの計算中に用いるイマジナリヘミキューブという仮想立方体の計算も、独立に処理することが可能なために並列に処理することができる。

2. ラディオシティエネルギーの放出に着目

ラディオシティエネルギーの受渡しの計算中では、一つのパッチに対して他の全てのパッチからのエネルギーの収集を考える。しかし逆に一つの

パッチからのエネルギーの放出として考えれば、他の全てのパッチとのエネルギーの受渡しが独立に計算できることになる。またフォームファクタの計算もその都度行なえばよいので、メモリの節約にも役立つ。

3 並列漸進法のアルゴリズム

通常の漸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。そこで、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、並列漸進法を提案した。並列コンピュータAP1000の特性や、ホスト=セル（PE）間のネットワーク特性を考慮したアルゴリズムは以下の通りである。

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取り待ち。（同期）
 - (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。

4 アルゴリズムの改良

前節で述べた手法では、各セルで同期をとってエネルギーのやりとりを並列に行なっていく。しかしこのままでは実用化に対していくつかの問題が起こってくる。それは各セルが計算結果、すなわち他のセルに伝えるべき未放射エネルギーの情報を持っているために、セル間の通信量が非常に莫大な量になるからである。実際のAP1000によるテストでも、セル間のネッ

*Fast Parallel Processing in Radiosity Calculation

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

‡SAITAMA University

トワークの性能がセルの計算速度についていかず、十分な並列化による効果は得られなかった。

そこで通信量を減らす工夫とともに、以下のような改善点をあげてアルゴリズムの改良を施した。

1. 各セルでの計算の独立性

できるだけ各セル間でのデータの受渡しを減らす。すなわち各セルが受け持つタスクに独立性を持たせるようにする。また実際に送るデータの通信回数、量についても、できるだけ少なくなるように工夫をする。

2. 未放射エネルギーを多く持っているパッチのみに着目

改良前のアルゴリズムでは、ごくわずかししか未放射エネルギーを持たないパッチまでもが計算の対象になっていたため、通信データの量が増えてしまっていた。この計算方法は、漸進法の考え方に対して反しているものになってしまう。よって未放射エネルギーを多く持っているパッチのみに着目し、少ないものについてはとりあえず置いておくというような手段をとる。

5 改良後のアルゴリズム

前節で挙げた改良点を考慮し、以下のアルゴリズムを提案する。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。

1. (ホストで) 未放射エネルギーについてソーティングを行なう。
2. エネルギーの高いパッチから順にセル (PE) を割り当てる。
3. 各セルでは独立して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。

6 まとめ

本提案では、未放射エネルギーの独立性に着目した並列化の手法を構築した。今後このアルゴリズムの効果について、他の並列化手法と比較して調べていく予定である。またフォームファクタの計算の並列化などを、同時に取り入れる可能性についても調査していく予定である。

7 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

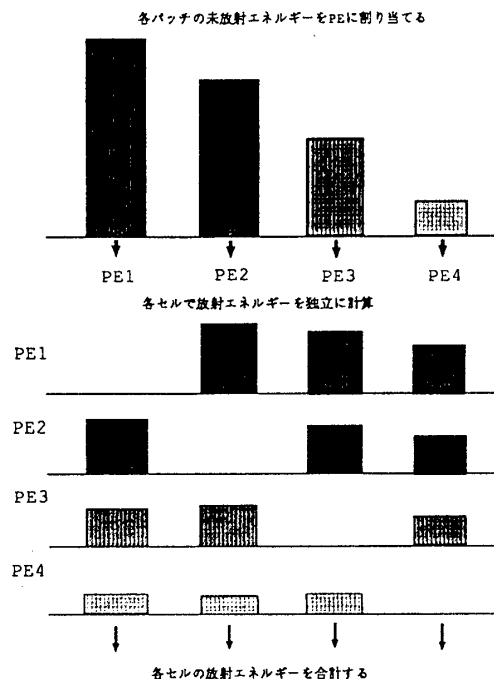


図 .1: アルゴリズム

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)