

超並列ビジュアライゼーションマシンの検討

中嶋 正之*1 大野 義夫*2 西田 是友*3 近藤 邦雄*4 西原 清一*5

*1東京工業大学工学部 *2慶応大学工学部 *3福山大学工学部
*4埼玉大学工学部 *5筑波大学電子・情報系

現在、超並列コンピュータに関する研究が極めて活発になってきており、そのハードウェアおよびソフトウェアに関する検討が多くなされている。特に日本においては通産省の特別プロジェクトとしてのリアルワールドコンピューティング計画および文部省の科学研究費の重点領域研究における「超並列原理に基づく情報処理体系」に多くの研究者が参加し、活発に議論がなされている。そこで筆者らは、この文部省のプロジェクトの一貫として、並列コンピュータを利用した可視化の技法、すなわちビジュアライゼーションマシンの検討を開始している。本報告は、その第1報である。

The Designing of Visualization Machine using Massive Parallel Computer

Masayuki Nakajima*1, Yoshio Oono*2, Tomoyuki Nishita*3,
Kunio Kondo*4 and Seiichi Nishihara*5

*1Tokyo Institute of Technology *2Keio University
*3Fukuyama University *4Saitama University
*5Tukuba University

In these days, the ability of Massive Parallel Computer is rapidly improved, so there are many studies on Massive Parallel Computer concerning the hardware, software and the applications. In Japan, there are two big projects which are Real-World Computing supported by MITI and Massive Parallel Computing supported by Ministry of Education. We are joining in the latter project and studying the visualization machine using the computer. This is the first report of visualization machine we are considering.

1 はじめに

現在、日本及びアメリカにおいて超並列コンピュータ（CPUの数が1万程度）が大きな話題となっている。アメリカに於いては超並列コンピュータが利用され始められ、また日本においても通産省が1992年からスタートしたポスト第5世代コンピュータのナショナルプロジェクト「リアルワールドコンピューティング」において超並列コンピュータが検討されている。また文部省においても科学研究費の重点領域研究における「超並列原理に基づく情報処理体系」が1992年4月より3年計画で開始されており、今年で満2年が経過し、3年目に入っている。ここでは全国の主要な大学の多くの研究者が参加し、超並列コンピュータのプロジェクトを推進している。

本報告では、このプロジェクト研究の一貫として、超並列コンピュータによるビジュアルイゼーションマシーンへの応用について検討しているグループの経過について報告する。また本グループの主題であるビジュアルイゼーションについても簡単に紹介する。

2 文部省科研費プロジェクト

田中英彦東大教授を中心とする文部省科学研究費重点領域「超並列原理に基づく情報処理基本体系」が発足して2年が経過し、平成6年3月には、第4回シンポジウムを開催し、各研究班の動向について紹介した[1]。本研究は、A班からD班までの4つのグループに分かれて以下の様な検討を行っている。

（A班）超並列処理モデルに関する研究

A班では、超並列コンピュータを用いた各種の応用に関する検討を行っている。例えば、FEM解法、超並列協調処理、2分木グラフの並列処理、過渡現象解析等である。

（B班）超並列記述系・処理系に関する研究

B班では、超並列言語に関する検討を行っており、新しく超並列C言語NCXの設計を行っている。そして、AP1000上でNCXのコンパイラを実現し、インターフェース、言語仕様の設計を行っている。

（C班）超並列システム用OSの研究

C班では、超並列オペレーティングシステムCOSの検討を行っている。COSプロトタイプ的设计、OSサーバー、COS超並列言語インターフェース等の設計を行っている。

（D班）超並列ハードウェアの研究

D班では、実際に多数のマイクロプロセッサを実装したコンピュータJUMP-1を作成し、その構成、制御方式、I/O構成等の検討を行っている。

3 超並列ビジュアルイゼーションの検討

A班では、超並列コンピュータの各種の応用の検討を行っている。その中で中嶋は超並列コンピュータの可視化への応用についての検討を行っており、平成5年度は、中嶋グループを構成し調査研究を行った。これは、多くの超並列コンピュータの応用の中でも最も超並列処理が有効な分野であるCG（可視化、ビジュアルイゼーション、仮想現実感等）への応用については余り調査、検討、対策がなされていないのが現状であり、その必要性が情報処理学会のグラフィックスとCAD研究会の主要メンバーの間で議論され、中嶋（東工大）が中心となり文部省のプロジェクトの一貫として、平成5年度より2年間の予定で調査研究を開始した次第である。尚、本グループではほぼ毎月1回の会合を開催し検討を行った。

メンバーとしては、おもに情報処理学会のグラフィックスとCAD研究会のキーメンバー（中嶋

東工大、西原筑波大学、大野慶応大学、西原福山大学、近藤埼玉大学の大学院や学部の学生が検討に参加)が中心となっている。

以下これらの本年度の活動の概要について示す。

3.1 本班会議の主旨

本班会議の主な調査研究における作業内容は以下の通りである。

(1) 超並列CGアルゴリズムの検討

本グループの主要課題は超並列コンピュータを利用した実際的なCGアルゴリズムの検討である。

主な事項としては、超並列に最も適するレイトレーシングの並列処理技法その他レディオシティ法の並列処理等の検討を行っている。

(2) 理想的な超並列ビジュアル化マシンの設計

本班会議の主要目的は超並列ビジュアライゼーションマシンの構想を練ることである。これは文部省の科研費重点領域の「超並列原理に基づく情報処理基本体系」[1]において他の検討班により作成された各種のデータの可視化のための共通のツールを提供することが目的である。さらに汎用かつ理想的なCGビジュアル化マシンのシステム設計を行いたいと考えている。

(3) 超並列CGに関する日本及び世界における関連文献の整理

現在、日本および世界中で提案されている超並列CGシステム、アルゴリズム等に関する文献の調査を行い、そのカテゴリー分類を行い、情報を広く提供する。

(4) 超並列CGシステムの効果的な応用の検討

最終的には本システムの実際の応用について検討する予定である。現在その実時間による画像生成能力を利用したVRやゲーム等のシステムを考えている。

3.2 班会議の開催報告

以下に簡単に本年度の活動の状況について紹介する。

● 第1回班会議 平成5年6月3日、CGアート協会

1. 超並列CGシステムの検討の主旨、目的の検討。

本作業班の年間計画の検討

2. 超並列CGマシンの設計の検討

汎用入力方式、可視化の方法等

3. 超並列CGシステムの高速度化の効果の比較のための標準立体の検討

● 第2回班会議 平成5年7月8日、NICOGRAPH会議室

1. 慶応大学からのCGシステムの高速度化方式の整理の報告

レイトレーシングに関して、ピクセル並列、ボクセル並列、物体化並列方式、およびそれらの組合せ方式について紹介し、各方式の長所や短所について検討

2. 超並列CGの文献整理の方法、キーワード表の検討

付録に紹介する文献整理のための表を作成した。

● 第3回班会議 平成5年9月22日、工学院共同ゼミ室

1. 超並列コンピュータの勉強会

本重点研究の昨年度の報告書を中心に検討Dマシンの利用が本年度は出来ないで超並列化の検討の方法として以下の様に行うことにした。

・第1ステップとしてはAP1000を実際に使用して、AP1000のアーキテクチャに基づいた並列CGアルゴリズムを検討し、報告する。

・第2ステップとしては、AP1000にこだわらずCGレンダリングマシンとして最適なアーキテクチャをリコメンドしたい。

2. 広島大における並列計算の事例（西田）

過去に行ったスキャンライン法に並列計算を行った事例について紹介がありその検討を行った。

3. CGレンダリングマシンへの標準入力方式の検討。

入力方式として国際標準のPHIGSを利用する可能性について検討。問題点として、メタボールをカバーしていないことが指摘された。

- 第4回班会議 平成5年10月30, 31日
筑波大学第4回は、筑波大学において泊まり込みでPHIGSの勉強会を開催した。

1. PHIGSの勉強会

PHIGSの作成時に日本からの委員として活動した服部幸英氏（元日本鋼管）からPHIGSおよびPHIGS+の報告があり、その後超並列CGマシンにおける汎用入力方式としての可能性について検討した。その結論としては以下の理由により、最適と判断した。

a. 文部省のプロジェクトとすると、商用方式（レンダーマン、GL、AUTOCAD、ドーレ、フープス等）は好

ましくない。

b. PHIGSは拡張可能であり、今後、メタボール、ポリウムデータも定義できる可能性あり。

c. CADの分野においてもSTEPはPHIGSに準拠しており今後長く利用される可能性もあり。

d. PHIGS+のファンクションが多数あるが、レイトレ等に必要とされるファンクションは多くない。

e. PEXがXウィンドウ上で普及されつつある。

2. 慶応大学におけるレイトレーシングの並列化に関する検討の報告

3. 埼玉大学における検討

各種のレンダリングにおける並列化の可能性

Zバッファ法、テクスチャマッピング、クリッピング等

各種画像処理（画像合成、アロファブレンディング、2次元処理）への適用について。

- 第5回班会議 平成5年12月20日、日経新聞11階会議室
今回は各大学における実際の超並列アルゴリズムの検討報告を中心に行った。

1. 東工大における並列レイトレーシング法の検討の報告

富士通AP1000を利用してレイトレーシングの並列処理の検討を行っている。現在はセルの数がまだ少ないないので、現実には最も単純なピクセル並列がベストであるという結論について議論した。この点は今後シミュレーションを続ける予定であり、利用可能なCPU数に最適なアルゴリズムの検討を、平成6年度も続行することにした。

2. 埼玉大学におけるラディオシティ法の高速化の方法の報告
並列化は F_{ij} を求めるのと連立方程式を求める際の 2 つの場合についての検討の報告.
3. 本年度の活動の終了と今後の予定について検討.

4 ビジュアライゼーションについて

ここで、簡単にビジュアライゼーションについて紹介しておく。CGの主な目的は、コンピュータによる各種のデータの可視化、即ちビジュアライゼーションであり、以下に示す様な各種のビジュアライゼーションがある。

4.1 サイエンスビジュアライゼーション [7]

科学の分野（気象、流体動特性、等）に於ける大規模なデータをスーパーコンピュータによりシミュレーション解析した結果を、分かりやすくグラフィックス表示することを、サイエンティフィックビジュアライゼーションという。

そもそもサイエンスビジュアライゼーションとは米国においてNASAを中心に1980年代の後半に積極的に開発が進められた技術で、スーパーコンピュータを利用して計算した各種の科学的なデータや結果を可視化する技法として着目された。特に1987年、NSF(National Science Foundation)からの委託によりテキサス大学のマコーミック教授らによりなされた報告書'Visualization in Science Computing'の提言に基づいたサイエンスビジュアライゼーションのプロジェクトの推進が契機となっている。この報告書ではコンピュータビジュアライゼーションの背景を以下の様に述べている [8][9]。

『スーパーコンピュータ等の発達により大量のデータが高速で処理される様になり、人間がこのようなデータを的確に理解するのが困難になってきている。このようなコンピュータのパワーと人間の認知・洞察能力のアンバランスが明かとなり、コンピュータを単なる計算だけではなく、計算結果の分かりやすいプレゼンテーションや対象とする物理現象のシミュレーションに利用することが有効であると考えられる。さらに科学等の分野に於てコンピュータを表示ツールとして利用することで本来は見えないものを可視化でき、問題解決のあらたな手がかりとなる。同時に人間とコンピュータのインターフェースを実現することになる。これは科学生産性、科学解明に大きな影響を与え、科学技術を推進する原動力となりうる。』

この様な米国における動きに喚起され日本においてもビジュアライゼーション技法が重要な技術として認知され、現在では多くの応用例が報告されている [7]。

4.2 各種のビジュアライゼーション

その他各種の分野においてビジュアライゼーションが活用されている。工学・産業・工業の分野においても各種の現象の可視化の手法は重要であり、それをエンジニアリングビジュアライゼーションという。エンジニアリングビジュアライゼーションでは主に測定や実験データの可視化が目的となり、それらをよりの確かかつ忠実に表示することに主眼が置かれる。また時間的な制約な少なく実験を繰り返し再現し様々な角度から検討することがなされる。

例えば自動車製造においては車体のデザインから試作車体の数値シミュレーションそして製造工程の検討に至るまで活用されている。

その他、芸術、医用、ビジネス、教育等の各種の分野においてビジュアライゼーションは活用されている。

4.3 ビジュアライゼーションとは

以上各種のビジュアライゼーション例について示したが、CGとビジュアライゼーションの相違は、ビジュアライゼーションでは前処理としてコンピュータによる数値解析、画像解析を行っていることであり、

ビジュアライゼーション

=前処理(数値解析, 画像解析) + CG
といえる。即ち、CGは対象物体のコンピュータ内に入力されたモデリングデータの可視化の作業に対してビジュアライゼーションは各種のコンピュータ解析を含む可視化の統合技術であるとも言える。

4.4 ビジュアル化プロセス

ビジュアライゼーションの代表的なプロセスを図1に示す。ここでは対象現象のモデル化、コンピュータ解析した後にその結果の効果的な表現のためにビジュアル化を行う。具体的には、2次元のグラフ表示や、3次元の立体表示さらに動的な現象に対してはアニメーション表示が利用される。3次元立体表示においては、数値データからの幾何学的な立体データそしてレンダリング処理が必要とされる。

このプロセスで特に重要なことは、フィードバックループであり、ビジュアル化された結果を観察することにより現象の的確な把握が行えその視覚による観察に基づき必要に応じて各段階における修正がなされ、そのループを繰り返し修正を施すことにより、より効果的なシミュレーション結果が得られ、そのプレゼンテーションが行われることになる。

4.5 システム環境構成

図1のプロセスにおけるフィードバックループを効果的に実行するためにはこのシステムのシステム環境が整備されていなければならない。要点としては次のことが挙げられる。

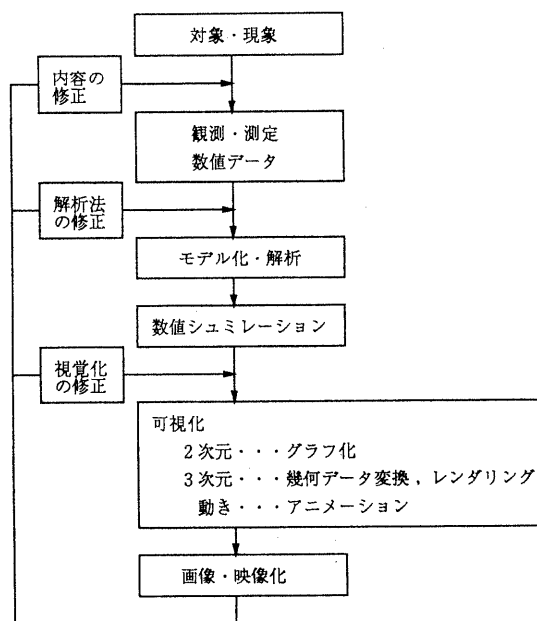


図1 ビジュアライゼーションプロセス

1. より高速な計算処理能力
2. より快適なユーザインターフェース
3. より充実したソフト環境
4. より美しい描画能力

(1) 計算機能力

複雑な現象を解析する場合は、高速な計算能力が要求され、そこで超並列コンピュータが効果的となる。またシミュレーションの過程では、より快適な環境を得るには、実時間で処理が行われるのが理想である。そのためにも超並列コンピュータの使用が望ましい。

(2) ユーザーインターフェースの向上

また可視化の過程ではGWS(グラフィックスワークステーション)が利用される。GWSとは専用の3次元レンダリングハードウェアを備

えたWSで、通常1670万色のカラーディスプレイ、画像入力装置、デジタルイザ、マウス、さらに各種の3次元入力装置等のデータ入力装置、プリンタやビデオ録画等の画像・映像出力装置が備えられているシステムが提供されている。

(3) ソフトウェア環境

GWSには各種のビジュアル化用のソフトウェアが用意されている。とくにビジュアライゼーション用の専用グラフィックスライブラリが提供されている。

なおソフト環境としては、ユーザーに負担をかけないより標準的なものが要求されており、現在、PHIGS (PEX)、IGES等がCAD (データ入用) やグラフィックス (レンダリング) 用に利用されている。

(4) 美しいCG表現

モデリング結果の可視化には、各種のレンダリングソフトが利用される。

5 平成6年度の予定

超並列CGコンピュータの検討は本年度から開始されたばかりであり、平成6年度においても文部省科研費の重点領域の活動の一環として精力的に活動を行う予定である。なおこの活動は公開であり、参加を希望する人はぜひ連絡して欲しい。

またCGの並列アルゴリズムや超並列ビジュアライゼーションマシンに関連する情報をお持ちの方はぜひ教えていただきたい。

参考文献

- [1] 「超並列原理に基づく情報処理基本体系」第4回シンポジウム予稿集、平成6年3月
- [2] 村岡：新しい発想の並列プログラミング、日経サイエンス1993年8月号

- [3] 川合：人に優しい超並列コンピュータ、日経サイエンス1993年8月号
- [4] 鈴木：超並列コンピュータとその応用、日経サイエンス1993年8月号
- [5] 中嶋、西田、大野、西原、近藤：超並列ビジュアライゼーションマシンの検討、画像電子学会主催ビジュアルコンピューティング'93(1993)
- [6] 水谷、中嶋：超並列ビジュアライゼーションに関する研究、電子情報通信学会1994年春季大会
- [7] 中嶋：CGビジュアライゼーション入門1、システム情報制御学会、Vol.38, No.4, pp.226-233 (1994)
- [8] McCormick.B, Defanti.T, Brown.M: Visualization in Science Computing, Computer Graphics, Vol.21, 1987
- [9] 大村、中嶋他：コンピュータ・ビジュアライゼーション技術の発展を図るための基盤整備に係わる調査研究報告書、ニコグラフ、平成2年5月

付録

[超並列CGのための分類キーワード表]... 整理番号

- [A] CG並列アルゴリズム
- a. レイトレーシング (コヒレンス性利用せず)
 - b. レイトレーシング (コヒレンス性を利用)
 - c. テクスチャマッピング
 - d. レディオシティ法
 - e. アンチエイリアジング

f. その他

[B] 汎用並列アルゴリズム

- a. 数値計算（連立方程式解法等）
- b. 組合せ
- c. その他

[C] 並列システムハードウェア

- a. 超並列アーキテクチャ
- b. パイプライン方式
- c. その他

[D] 超並列CGの応用

- a. VR, ゲーム, 娯楽への利用
- b. サイエンスビジュアライゼーション
- c. 医学応用
- d. その他

[E] その他

- a. 解説, 記事
- b. 標準化関連
- c. その他