

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 8 日現在

機関番号：82110

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2014

課題番号：24700110

研究課題名(和文) ポイントベース統合モデリング・レンダリング

研究課題名(英文) Integrated point based modeling and rendering

研究代表者

宮村 浩子 (Miyamura, Hiroko)

独立行政法人日本原子力研究開発機構・システム計算科学センター・研究副主幹

研究者番号：20376859

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：マルチスケール・マルチフィジックスシミュレーション結果に万能に対応できるポイントベースのモデリング・レンダリング機能を搭載したポイントベースの可視化システムを構築した。数値シミュレーションの分野では、大規模データ解析が主流となっている。このようなデータを可視化するには、すべてのデータを扱うことはほぼ不可能となる。そこで、四面体や六面体のようなモデルの構成要素を破棄し、節点情報だけを用いた可視化を実施した。さらに階層型データ構造を生成して、大局的な概要可視化から局所的な詳細可視化までをシームレスに行なえる可視化システムを構築した。

研究成果の概要(英文)：We propose a point base visualization system equipped with point base modeling and rendering function that can correspond to a multi-scale and -physics simulation result. Large-scale data analysis is the primary focus of numerical simulations. However, when large-scale data are visualized, it is nearly impossible for all data to be used as analytical objects. Therefore, a visualization technique that uses only point information without three-dimensional model component information, such as tetrahedral and hexahedral connections, has been developed. In addition, a hierarchical data structure that achieves seamless global and local feature visualization has been generated.

研究分野：コンピュータグラフィックス

キーワード：科学可視化 情報可視化 階層型 数値シミュレーション 構造解析 CG ポイントグラフィックス

1. 研究開始当初の背景

次世代スーパーコンピュータ「京」に代表される、大型計算機の性能向上により、より精細なシミュレーションを目指して、現実に近いモデルを生成しシミュレートする試みがなされている。その一環で、マクロからミクロまでの状態を連携しながらシミュレーション計算する研究や、固体・流体・気体の物体の状態を連動しながらシミュレーション計算する試みがなされている。

例えば原子力の分野では、原子力施設の劣化のメカニズム解明するために、図1に示すように量子力学に基づく第一原理計算等によって原子・電子レベルでの劣化メカニズムを解明し(ミクロ)、分子動力学法等によって原子集団の挙動から劣化メカニズムを解明し(メゾ)、さらに有限要素法等によって材料に生じる亀裂等の現象のメカニズムを解明する(マクロ)。これらを連携させて材料劣化のメカニズムの解明に取り組むことで、今まで解明できなかった高度な材料劣化のメカニズムの解明が期待でき、原子力施設の劣化予測をより精密にできる。また、原子力施設はすべてが金属のような固体から構成されているのではなく、冷却機の中には冷却水(流体)があり、熱による水蒸気(気体)が存在する。例えば大規模地震が発生した場合、原子力施設は地震動から直接的に受ける影響だけでなく、中に存在する流体が動くことで受ける力や気体から受ける圧力も考慮しなければならない。つまり、固体・液体・気体のシミュレーションを連携することで高精細な予測が可能となる。

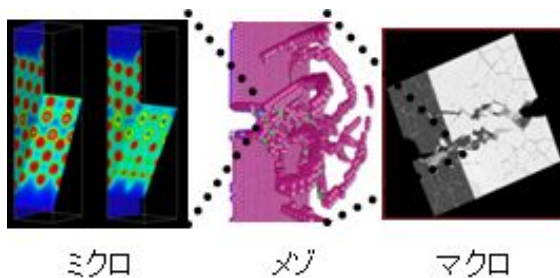


図1 マルチスケール解析

このようなマルチスケール・マルチフィジックスシミュレーションは計算機の高性能化によって現実的なものとなった新しい技術である。この技術の開発は、同時に、得られたシミュレーション結果の解析・可視化手法の確立という新たな問題を浮上させ、解析・可視化に関しても、マルチスケール・マルチフィジックスな見せ方・評価の仕方が必要不可欠になった。

従来の可視化技術では、構造に対してはソリッドモデルと呼ばれる構造体をモデル化し、物理量を色で表現していた。流体に関してはベクトルデータを基に流れを流線等で表示し、気体についてはボリュームレンダリングと呼ばれる手法で、半透明に表示してい

る。つまり、マルチフィジックスに対しては各々に対する可視化手法が研究開発されており、それらを用いて別々に可視化結果を作成し、提示するしかなかった。さらにマルチスケールに関しては、マクロからミクロまでの状態を統一的に見せる方法は皆無であり、ユーザが見たいスケールに応じた可視化結果を段階的に示す他に方法は無い。このような状況の中で、本研究テーマは、今までにないマルチスケール・マルチフィジックスなシミュレーション結果を統一的に提示する画期的な提案である。

2. 研究の目的

多様化するシミュレーション結果に万能に対応できるポイントベースのモデリング・レンダリング機能を搭載した可視化システムを構築する。近年、数値シミュレーションの分野では、より高精細なシミュレーションを目指して、マルチスケール・マルチフィジックスをキーワードにした研究が取り組まれている。これは、マクロからミクロまでモデルを連携してシミュレーション計算したり、固体・流体・気体と異なるタイプが混在するモデルを連携してシミュレーション計算したりする。本研究では、以下の2項目を開発することで、異なるスケール・タイプが混在するモデルをまとめてモデリング・レンダリングし、ポイントベースでデータを統一的に扱うシステムを構築する。

1: ポイントベースモデリング

マクロからミクロまで統一的なポイント形式でのデータ格納形式を確立する。これを実現するためには、データを階層的に保持する必要がある。つまり、マクロな情報である上位階層から、ミクロな情報である下位階層までの階層データを作成してモデルを格納する。図2にイメージ図を示す。

2: ポイントベースレンダリング

マクロからミクロまで観察者に応じたデータ提示手法を確立する。観察者の視点が高い時やグローバルな情報を観察したいときは、上位階層のデータを参照して提示し、観察者がミクロな詳細情報を得たい場合には下位階層のデータを参照し、詳細情報を提示する。また双方を同時に観察する必要がある場合には、マクロな情報の中にミクロな情報が見えるような、ポイントを描画する際に用いる円盤であるサーフェルのサイズを適応的に変化させるレンダリングも開発する。また、マルチフィジックスデータに対しては、構造体に多く用いられるスカラ場、流体に多く用いられるベクトル場、テンソル場を同様のポイントベースで提示する手法を開発する。

3. 研究の方法

本研究は、大きく分けてポイントベースモデリング、ポイントベースレンダリングを開発することにある。それぞれの項目について

の研究計画・方法は以下の通りである。

- 1) ポイントベースモデリング
 - 1-1) マクロからミクロまでをポイント形式で階層型に格納する手法の確立
 - 1-2) 階層を参照することによる、マルチスケールデータの格納・取得手法の確立
- 2) ポイントベースレンダリング
 - 2-1) 作成したデータ構造から観察者の視点に合わせたマルチスケール情報の提示手法の確立
 - 2-2) ポイントベースのスカラ場、ベクトル場、テンソル場の可視化手法の確立

4. 研究成果

本研究では、大規模データをポイントベースでモデリングし、レンダリングするシステムを開発する。

1) ポイントベースモデリング

ポイントベースモデリングでは、大規模データをポイント形式で階層型に格納し、階層を参照することでマクロからミクロまでのデータを統一的に扱う技術を開発した。本開発には8分木構造を使用した。8分木は、図2に示すようにモデル全体を囲む矩形領域を作成し、各軸で等分しながら細分化する。この時、一つの矩形領域が8つに分割されることからすべてのノードが8つの子ノードをもつ木構造で表現できる。この構造で階層型データ格納を実施する。

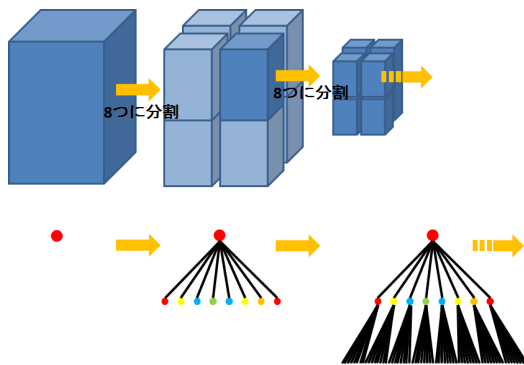


図2 階層型データ格納

それぞれの矩形領域内にはデータが存在し、すべてを描画体操とすれば最も詳細なデータを得ることができる。逆に、8分木を上位階層まで利用し、矩形領域をまとめて一つのデータとみなすことで簡素化したデータを得ることができる。つまり、最下層まで扱えばミクロなデータを扱うことができ、上位階層を扱えばマクロなデータとなる。

図3は、特徴の大きな領域ほど詳細に、特徴の小さい領域ほど簡素化したデータ構造を作成した例である。

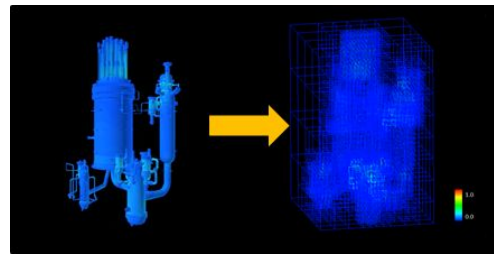


図3 階層型データ表現(原子力施設)

2) ポイントベースレンダリング

ポイントベースレンダリングでは、マクロからミクロまで観察者に応じたデータ提示手法を確立する。観察者の視点が高い時やグローバルな情報を観察したいときは、上位階層のデータを参照して提示し、観察者がミクロな詳細情報を得たい場合には下位階層のデータを参照し、詳細情報を提示する。また双方を同時に観察する必要がある場合には、階層構造を枝切によって詳細に扱う部分と大局的に扱う部分が混在するようなデータを作成する。

これらのデータの描画は、ポイントサーフェルと呼ばれる円盤で表現し、サーフェルに色を割り当てて描画する。なお、単色ではなくテクスチャを割り当てることも可能である。サーフェルの向きは、視線方向であったり、データ分布の勾配方向であったりデータに応じて選択できるようにする。

具体的な処理を、図4を用いて説明する。まずモデルはポイントベースモデリングで作成した階層型で格納されている。このデータに対して、領域ごとの詳細度を枝切によって調整する。そして、各領域の重心に代表点を作成する。この点がポイントベースレンダリングのサーフェルを生成するポイントとなる。このサーフェルに対してベクトルを作成する。図4では法線方向にベクトルを設定することとする。また、サーフェルのサイズは矩形領域のサイズとする。これによって、階層データからポイントベースレンダリングを実施できる。図5にシステム上での設定手順を示す。

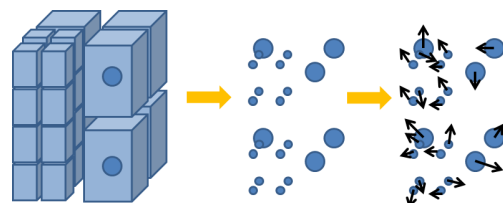


図4 ポイントベースレンダリング手順

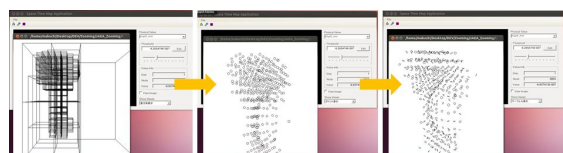


図5 ポイントベースレンダリング操作画面

実際の可視化結果を図 6 に示す．特徴の大きな領域ほど階層が深くなり，その結果，細かい点で表現される．一方特徴が小さい領域は点の間隔が広く配置されている．また，建物の間の大気の流れを可視化した結果を図 7 に示す．

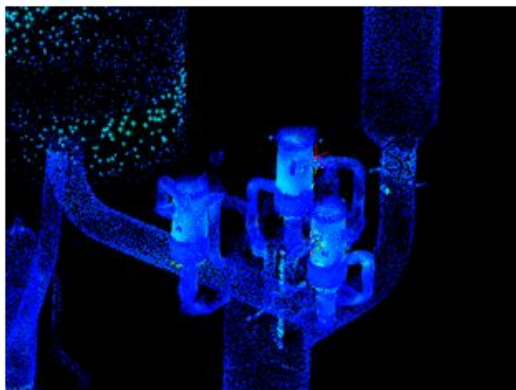


図 6 原子力施設一部拡大図

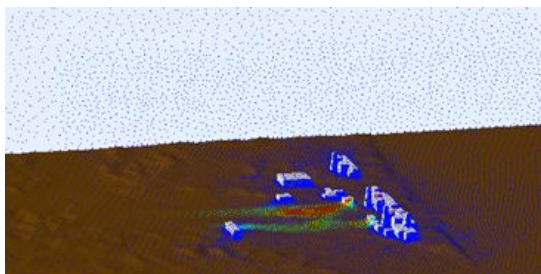


図 7 建物と大気分布

このように，大規模科学技術データをポイントベースでモデリングし，格納し，ポイントベースでレンダリングするシステムを構築した．

今後は，スケール幅の大きなデータへの適用を検討していく．

5．主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 1 件)

- [1] 宮村(中村)浩子，河村拓馬，鈴木喜雄，井戸村泰宏，武宮博，4次元データ解析のための二次元投影可視化，査読有，情報処理学会論文誌，Vol. 55, pp.2216-2224, 2014 年

[学会発表](計 5 件)

- [1] 宮村(中村)浩子，河村拓馬，鈴木喜雄，井戸村泰宏，武宮博，大規模科学的データ解析のための情報可視化，機械学会第 27 回計算力学講演会，2014 年 11 月 22-24 日，岩手県盛岡市
- [2] 宮村(中村)浩子，櫻井大督，Hsiang-Yun Wu，高橋成雄，井戸村泰宏，武宮博，環境放射線データの適応的可視化アプローチ，日本原子力学会 2014 年秋の大会，2014 年 9 月 8 日，京都府京

都市

- [3] 宮村(中村)浩子，河村拓馬，鈴木喜雄，井戸村泰宏，武宮博，4次元数値シミュレーションデータ探索のための対話的情報可視化，情報処理学会第 154 回グラフィクスと CAD 研究発表会 2014 年 2 月 20 日，埼玉県和光市
- [4] 宮村(中村)浩子，大規模科学技術データ解析のための情報可視化技術，第二回情報可視化セミナー 2013 年 9 月 17 日，東京都八王子
- [5] 宮村(中村)浩子，河村拓馬，鈴木喜雄，武宮博，時空間特徴解析に基づく部分モデル選択抽出アプローチ，日本原子力学会 2012 年秋の大会，2012 年 9 月 20 日，広島県広島市

6．研究組織

(1)研究代表者

宮村 浩子 (MIYAMURA HIROKO)

独立行政法人日本原子力研究開発機構・システム計算科学センター・研究副主幹

研究者番号：20376859