

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 21 日現在

機関番号：34315

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2015

課題番号：25730078

研究課題名(和文)点群を基にしたメッシュフリー解析技術と融合可視化技術の統合に関する研究

研究課題名(英文) Integrated 3D fused visualization for mesh-free simulation based on point cloud data

研究代表者

長谷川 恭子 (Hasegawa, Kyoko)

立命館大学・情報理工学部・助教

研究者番号：00388109

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：メッシュフリー解析解と曲面モデルの同時可視化の実現のために、本研究では点群を用いた技術を開発した。本研究で用いる可視化手法は、ソートの必要がなくかつ点群を混ぜ合わせるだけで容易に融合可視化が可能な技術である。この技術を用いることによって、数億点を超えるような大量の粒子においても高速に可視化が可能であることが分かった。さらに、同技術で融合可視化結果を可視化するために、曲面上においてもボリュームレンダリングと同様な非一様な不透明度分布を実現し、ボリュームレンダリング、サーフェスレンダリングと合わせて、全て伝達関数で制御可能な可視化手法を確立した。

研究成果の概要(英文)：The purpose of our study is to develop 3D fused visualization for mesh-free simulation. Our visualization method was proposed as a transparent-rendering method that does not require sorting. By using this method, large-scale data (the order of 100M points) realizes interactive visualization. Moreover, we execute the surface rendering with the non-uniform opacity using the color and opacity maps same as volume rendering by using our visualization method. Furthermore, we show the 3D fused image, such as slice-slice, volume-slice.

研究分野：情報学

キーワード：高性能計算 可視化

### 1. 研究開始当初の背景

点群データを基にして分布関数を作成するという研究は、CG 分野においては関数から定義される曲面を使ったモデル生成手法として開発されており、また、数値解析分野においては点群の接続情報を利用せず分布関数を用いて解析を行うメッシュフリー法による解析技として術発されている。申請者らは上記 2 手法の親和性から、曲面モデルを基にしたメッシュフリー法による応力解析手法の開発・改良を行ってきた。可視化に関する研究としては、解析結果と曲面モデルを同時に可視化するために、それぞれの技術を用いて作成された分布関数を格子状に定義された各点で計算し、その計算結果を並べて作成される正規格子ボリュームデータへ出力した後に可視化を行ってきた。しかし、この可視化結果では、シミュレーション結果を可視化するためにデータを一部削除することで実現しているため、そのデータの情報を一部失ってしまう。

ボリュームデータの可視化技術としては近年、点群可視化技術の 1 つとして粒子ベースレンダリングが開発された。同手法は点群を不透明な発光粒子とみなし、点群(粒子群)を画像平面へ投影し、投影画像を平均することでボリュームデータの透視可視化が実現できる。この手法は点群のソート処理が不要でありながら従来のボリュームデータ可視化手法であるレイキャスティング法と同等な可視化が実現でき、さらには粒子群を混ぜ合わせるだけで、ボリュームデータだけではなく、ボリュームと曲面の同時かつ透視可視化を容易に実現できる。粒子ベースレンダリングは内部構造の立体的な可視化が特徴であり、この技術を複雑な形状の物体に対して構造解析を行った結果と解析の対象となる物体の同時可視化技術に適用していくことを目指す。

### 2. 研究の目的

複雑な形状の物体に対して構造解析を行うために、CG 分野と数値解析分野の 2 分野における点群を基にした技術(CG 分野では点群からの曲面モデル生成技術、数値解析分野では点群同士の接続情報を必要としないメッシュフリー解析技術)を融合した技術を開発してきた。本研究では、この技術を改良し、解析対象となる曲面モデルとメッシュフリー解析結果を同時にかつ透視可視化する技術を開発し、さらに、形状が大きく変形するような構造解析技術およびその可視化技術への発展を目指す。これにより、細部の情報が失われては困るような重要文化財などを細部の情報をもったままで解析することができ、その保護に役立つことができると考える。

### 3. 研究の方法

メッシュフリー解析解と曲面モデルの同

時可視化の実現のために、本研究では点群を用いた技術を用いる。本研究課題では実現の為に以下を行う。

(1) シミュレーション結果と曲面モデルの融合可視化の実現

高速な可視化の実現をめざす。特に数億点を超えるような大量の粒子においても高速な可視化が可能か検証する。

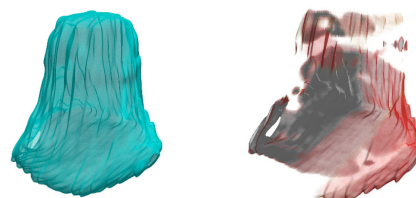
粒子の生成方法を改良した高精細な同時かつ透視可視化を実現する。

(2) メッシュフリー法を用いた複雑形状の 3 次元数値解析手法の応用

既存研究を基にして形状が大きく変形するような構造解析の問題を修正 RPIM を用いて解けるように改良を行う。その後、解析結果と形状との同時可視化を行う。

### 4. 研究成果

(1) 粒子ベースレンダリングのための粒子生成方法の開発を行った。粒子ベースレンダリングで粒子は確率的に一樣に独立して生成する必要がある。シミュレーション結果を可視化するためには、ボリュームレンダリングを用いた全体的な可視化や等値面による可視化だけではなく、任意断面上の結果を可視化する必要がある。任意断面を描画する場合に、ボリュームレンダリングと同様の不透明度マップを用いて色だけではなく不透明度も適用したサーフェスの描画を実現した。ボリュームレンダリングの場合には、各ボクセル内の粒子密度を不透明度に従って変更することで、不透明度マップに従った可視化を実現していた。また、等値面を可視化する場合には、不透明度に従った密度値でサーフェス上に粒子を生成することで、一樣な不透明度をもつサーフェスを可視化してきた。そこで、任意断面上に三角パッチを定義し、各パッチで定義される不透明度に従って粒子密度を決定し、その粒子密度によって不透明度の調整を行った。これにより切り出した任意断面においてその不透明度に応じて粒子生成間隔を調整することで、非一樣な不透明度をもつサーフェスの可視化が可能になった(図 1)。これにより、従来のポリゴン可視化で可能であった可視化方法を粒子ベースレンダリングを用いても実現可能にし、さらに、粒子ベースレンダリングの特徴であるボリューム・サーフェスの融合可視化の有効性を示すことが出来た。



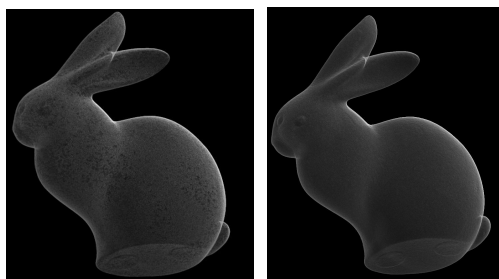
(a) 適用前

(b) 適用後

図 1 等値面に費一樣な不透明度を適用

(2) 子ベースレンダリングによる可視化の

高品質化を行った。粒子ベースレンダリングを用いて大規模ポリゴンデータや大規模ボリュームデータを可視化する場合に、意図しないレンダリング結果（アーチファクト）が出現し、精細な描画ができなくなる（図2(a)に見えるまだらな模様がアーチファクトである）。本可視化手法では、半透明な曲面の描画のために、粒子密度を決定する。そのためアーチファクトが発生する原因として考えられることは、粒子断面積がポリゴンやボクセルなどの描画単位が粒子より大きくなり、適切な粒子密度の計算が出来なくなっているためである。粒子断面積は1ピクセルに対応しているため、この問題を解決するために、図2(b)に示すように粒子断面積を小さく即ち出力画像の解像度を高くすることで解決を図った。これにより、粒子断面積がポリゴンやボクセルの面積より10倍程度以上大きい場合には、レンダリング結果ではアーチファクトが出現しないことが確認できた。



(a)アーチファクト (b)高解像度画像  
図2 解像度の向上による画質の向上

(3) シミュレーション結果の高速な可視化  
本研究では粒子ベースレンダリングを用いて解析結果を可視化する。メッシュフリー法によって作成された分布関数を直接用いて粒子を生成し、高精細な同時かつ透視可視化の実現のために、まず、粒子流体シミュレーションを用いて解析されたシミュレーション結果、すなわち、シミュレーションに用いた粒子をそのまま用いて可視化を行う実験を行った。図3の粒子流体シミュレーションの結果として得られる粒子をそのまま用いて可視化した結果を示す。同図はシミュレーションに用いた約1億点の粒子を減らすことなく描画することができ、描画速度は1秒程度である。また、粒子ベースレンダリングでは、多様なデータを混ぜ合わせるだけで可視化することができるため、図3に示すように、流速（連ボーカラー）と渦度（白色）を同時に可視化することが可能であり、シミュレーション結果の解析を支援できることが分かった。

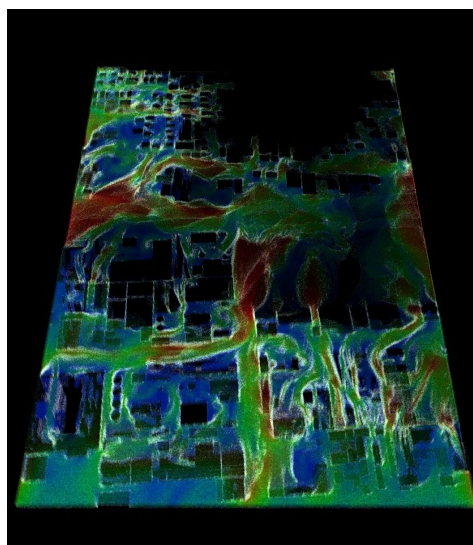


図3 粒子流体シミュレーションの可視化

(4) 複雑形状を対象としたメッシュフリー解析手法では、解析対象形状を陰関数曲面として定義し、解析対象領域の内外判定を容易にして解析を実現し、大変形を伴う場合における数値モデルの実装を行った。

#### 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 8 件)

長谷川恭子, 田中覚, 発光粒子モデルに基づく医用画像の高精細な3次元融合可視化, 月刊インナービジョン 2016年7月号 (Vol.31, No.7), 2016, 印刷中, 査読なし.

田中覚, 長谷川恭子, 徐睿, 岡本篤志, 確率的レンダリングに基づく大規模ポイントクラウドの高精細半透明可視化, 日本シミュレーション学会誌, Vol.34, No.2, pp.130-135, June, 2015, 査読あり.

K. Hasegawa, S. Ojima, Y. Shimokubo, S. Nakata, K. Hachimura, S. Tanaka, Particle-Based Transparent Fused Visualization Applied to Medical Volume Data, International Journal of Modeling, Simulation, and Scientific Computing, Vol.4, 1341003[11 pages], August, 2013, 査読あり.

DOI: 10.1142/S1793962313410031

〔学会発表〕(計 39 件)

S. Kawata, Y. Uenoyama, K. Hasegawa, R. Xu, S. Tanaka, T. Yabuuchi, K. Tanaka, Visualizing Overlapping Regions of Multiple Time-series Image Data Acquired by Scientific Experiments: Application to Experiments of Plasma-plume Collisions, Asia Simulation Conference 2015, 2015年11

月 5 日, Jeju (Korea) .  
K. Hasegawa, Introduction to KVS, a Simple and Effective Visualization Toolkit, SIGGRAPH Asia 2015 Visualization in High Performance Computing, 2015 年 11 月 4 日, 神戸国際会議場 (兵庫県・神戸市)  
Ryota Aoki, Kyoko Hasegawa, Rui Xu, Hideo Miyachi, Kayoko Katsuyama, Satoshi Tanaka, Particle-based rendering for large-scale polygon meshes, The 34th Annual Conference: International Conference on Simulation Technology(JSST2015), 2015 年 10 月 14 日, 富山国際会議場 (富山県・富山市)  
長谷川恭子, 野村俊文, 坂野雄一, 安藤広志, Roberto LOPEZ-GULLIVER, 田中覚, 半透明融合可視化による立体視での奥行き知覚効果の検証, 可視化情報全国講演会 (京都 2015), 2015 年 10 月 11 日, 京都工芸繊維大学 (京都府・京都市)  
長谷川恭子, 田中覚, 八村広三郎, ポリュームテクスチャを用いた粒子ベースサーフェスレンダリングに基づく 3 次元融合可視化, 可視化情報学会 第 41 回 可視化情報シンポジウム, 2013 年 7 月 17 日, 工学院大学 (東京都・新宿区),

〔図書〕(計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

長谷川 恭子 (HASEGAWA KYOKO)  
立命館大学・情報理工学部・助教  
研究者番号: 00388109