

## 2. 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

長谷川恭子 / 田中

覚 立命館大学情報理工学部メディア情報学科

### 概要

3次元ボリュームデータの可視化手法としてはポリゴンレンダリングによる高速かつ高精細な可視化が一般的であるが、半透明描画をするためには視線に沿って大量のポリゴンやサンプル点群をソートする必要がある。そのため、本グループは描画時にソート処理を必要としない手法として発光粒子モデルに基づいた「確率的ポイントレンダリング」を開発した。本稿では、同手法について述べ、さらに臓器の表面と内部のようなサーフェスデータとボリュームデータの融合画像の生成手法について述べる。

### 人体内部の可視化

CTやMRIなどの普及により、人体内部の3次元ボリュームデータを容易に取得できるようになり、それらのデータの手術シミュレーションへの利用がさまざまに試みられている。一般に、3次元ボリュームデータを可視化する手法としては、皮膚のような人体表面や骨・血管などの表面を可視化する「サーフェスレンダリング」や人体内部を全体的に直接可視化する「ボリュームレンダリング」、人体を輪切りにした断面図を可視化する「スライス」などがある。物体内部を表現するためには、これらの可視化手法では半透明な可視化が必要となる。可視化手法としては、ボリュームレンダリングで

はレイキャスティング法が一般的に用いられ、サーフェスレンダリングでは近年、高速なレンダリング手法の開発が進められており、デプスピーリング法<sup>1), 2)</sup>は代表的な手法の1つである。一般に半透明可視化は、視線に沿って大量のポリゴンやサンプル点群を並べ替えるソート処理が必要であり、このソートが正しく実現できなければ正しい半透明効果を得ることができない。さらに、このソートの計算コストは高精細な可視化であるほど急激に高くなる傾向にある。

本グループは、ソートをせずに半透明可視化が可能な手法として確率的ポイントレンダリング<sup>3), 4)</sup>を開発した。同手法では、物体内部の半透明な可視化は、不透明な発光粒子群の画像平面への投影と投影画像の平均で実現される。そのためソート処理が不要でありながら、従来の標準的なボリュームグラフィックス法であるレイキャスティング法と同等な半透明画像を生成できる。また同手法は、ボリュームレンダリングだけでなくサーフェスレンダリングにも適用可能である。

本稿では、確率的ポイントレンダリングを用いた高精細な半透明可視化に加え、3次元的な融合可視化手法について述べる。融合可視化としては、1つのボリュームデータを用いたボリューム、サーフェス、スライス、等高線の融合および複数のボリュームデータを用いた融合画像を紹介する。

### 不透明発光粒子モデルに基づく半透明可視化手法

確率的ポイントレンダリングは、不透明な発光粒子群の画像平面への投影と投影画像の平均によって半透明画像を生成する手法である。本手法では、従来の半透明可視化において必須である描画プリミティブ（サーフェスレンダリングではポリゴン、ボリュームレンダリングではサンプル点群など）のソート処理を確率的な期待値計算に置き換えることでソート処理を不要にする。確率的ポイントレンダリングを用いた半透明可視化の手順は以下の通りである。

- ステップ1（粒子生成）：可視化対象となるデータに基づいて粒子を生成する。ここで生成される粒子は次の4つの属性を持つ小さな不透明発光粒子である。①中心の位置座標、②色、③画像平面上での投影画像が1ピクセルと重なるような大きさの断面積、④法線ベクトル。
- ステップ2（粒子群分割）：ステップ1で生成した粒子群を複数の部分粒子群にランダム分割する。各部分粒子群に含まれる粒子数は同一とし、統計的に互いに独立かつ同一な粒子密度を持つ。この部分粒子群の数をリピートレベル（以下、 $L_R$ ）と呼ぶ。
- ステップ3（粒子投影）：ステップ2で生成した各部分粒子群に対してそれぞれ、粒子の隠点消去処理を行い画