

フォトリアリスティックなテクスチャを有したボリュームデータの作成、および表現法に関する研究

森田 正彦 †

A New Method of Modeling and Rendering for X-ray CT with Photorealistic Textures

Masahiko Morita †,

† 慶應義塾大学大学院 政策・メディア研究科, 神奈川県
Graduate School of Media and Governance, Keio Univ., 5322
Endoh, Fujisawa-shi, Kanagawa, 252-8520 Japan

あらまし X線CTは、対象物の内部構造を含む3次元の形状計測を非破壊に行うことが可能である。そのため、医療においては患部の発見に、製造業においては不良品の発見等へと応用されている。X線CTによって測定されたボリュームデータは、臓器と血管の色分けや部品毎の色分けといった色情報を扱うことは可能である。しかしながら、他の3次元画像計測装置によって取得された高解像度のテクスチャを利用することは困難であった。そこで高解像度のテクスチャを有したサーフェイスとボリュームデータによるハイブリッドデータ形式の作成法、およびレンダリング法について提案する。

キーワード X線CT, 3次元形状計測, ボリュームデータ, サーフェイスデータ

1. まえがき

X線CT (Computed Tomography) は実物体の内部構造を含む形状計測が可能であるため、医療においては患部の発見に、製造業においては欠陥品の発見、実物体からのCAD図面生成等に活用されている。X線CTは照射したX線の吸収量を輝度値としたボリュームデータを取得する。X線CTを3次元形状計測として捉えると、鉛のような物質を含んだ被写体を除けば死角無く形状計測を行え、かつ内部構造までも取得可能な優れた装置であるといえる。しかしながら、色情報を取得することは一切不可能であり、また一般の3次元画像計測装置によって取得されるデータに比べて空間分解能が極端に低いといった問題もある。

近年、3次元形状計測およびIBMR (Image-based modeling and rendering) 技術の進歩により、実画像から高精度の形状計測と高精細なテクスチャ生成が可能となってきた [1]~[6]。そこで本研究では、他の3次元画像計測装置によって取得された高精細なテクスチャをX線CTによって取得されたボリュームデータに適用するための実験を行った。

2. ハイブリッドデータ形式の生成のための実験

X線CTによって取得されたボリュームデータの空間分解能は、一般の3次元画像計測装置に比べ極端に低いが、ボリュームデータを構成するボクセルが透過度で設定されているため、ボリュームレンダリングにおいては十分な解像度を有している。しかしながら、ボリュームデータには色情報が存在しなかったために、ボリュームレンダリングには高解像度のテクスチャを高精細に表現するための手法が欠落している。そこで本研究ではボリュームデータから外壁のみのサーフェイスデータを抽出し、3次元画像計測によって取得されたテクスチャを適用することで、X線CTで測定されたデータに色を適用するための実験を行った。

具体的には、テクスチャを適用するための外壁のみのサーフェイスデータをボリュームデータから抽出するための手法、外壁のみのサーフェイスデータに複数枚のテクスチャを適用するための手法、サーフェイスとボリュームデータによるハイブリッドデータ形式のためのレンダリング手法、およびツール開発である。

なお、実験では3次元画像計測装置に本研究プロジェクトが開発した複合照明型3次元計測装置 [6]を、X線CT装置には島津マイクロフォーカスX線CTシステム SMX-225CT を利用した。

2.1 ボリュームデータの内部塗りつぶし

テクスチャを適用するための外壁のみのサーフェイスデータをボリュームデータから抽出する。

図1に示すように空間にはボリュームデータ、および複数の視点があるとする (図中では視点方向を矢印で示す)。視点は正投影法に従うものとし、ある視点からボリュームデータに対してレイトレーシングの要領でボクセルの透過度を加算していき、ある閾値を超えたところで以降のボクセルを透過度の最大値で埋め尽くすものとする。すべての視点方向から検索を行い、検索処理後のボリュームデータの総和から (視点数 × 透過度の最大値) を満足するボクセルを取り出すことで内部を塗りつぶしたボリュームデータを取得する。

実際に昆虫のボリュームデータに対してX軸、Y軸、Z軸の各±方向からレイトレーシング法による抽出を行った結果を図2に、このときの抽出過程を図3に示す。図中の白線は各段階において抽出された外壁である。

X軸、Y軸、Z軸の各±方向による計6回の検索によってほぼ外壁が抽出されているが、図中の白丸に

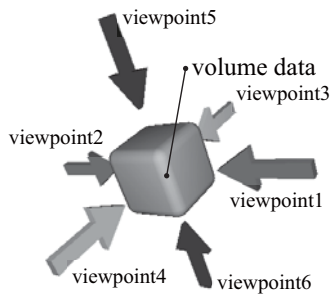


図 1 レイトレーシング法による検索
Fig. 1 voxel scanning method
by using ray tracing

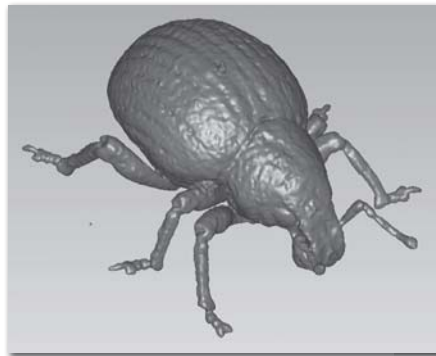


図 2 抽出の結果
Fig. 2 result of volume data scanning

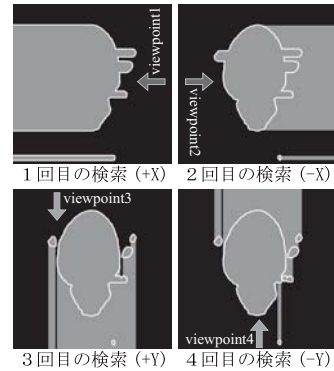


図 3 抽出の過程
Fig. 3 phases of volume data scanning

示すように抽出が不十分な箇所が存在する。

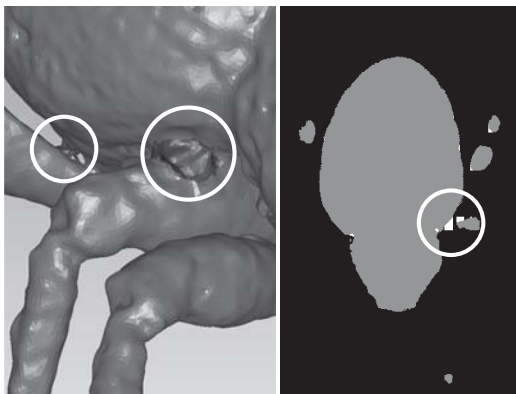


図 4 未検索領域
Fig. 4 non-scanning areas

すべての方向から検索を行うことで死角を除いた完全な抽出を全自動に行うことが可能であるが、処理に時間がかかり過ぎるといった問題がある。実際には目視によって不十分な抽出箇所を確認し、再度その角度からの検索を行っていくことを数回繰り返すだけで十分な抽出が可能である。

実験ではボリュウムデータの内部構造を塗りつぶした後、Volume Graphics 社の VGStudio MAX 1.2 を用いてサーフェイスを生成した。

2.2 テクスチャの適用

抽出れた外壁のサーフェイスデータにテクスチャを適用する。なお、複数方向からの側面サーフェイスデータとそれに対応したテクスチャは既に他の 3 次元画像計測装置によって測定済みであるとし、外壁のサーフェイスデータに対して位置合わせまで完了してい

るとする。位置合わせには Geomagic 社の Geomagic Studio version 6.3 を利用している。

外壁のサーフェイスデータに複数のテクスチャを適用する場合、図 5 に示すように適用箇所が重なった領域が必ず存在する。一般に、3 次元画像計測装置に

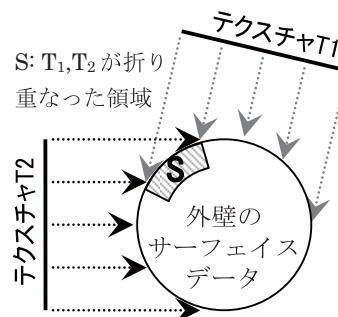


図 5 テクスチャの選択問題
Fig. 5 texture selection problem

よって取得されたデータは法線方向が垂直であるほどにテクスチャの質が高いといった性質がある。そこで、複数のテクスチャが重なった領域では外壁のサーフェイスデータ上の法線と位置合わせによって求めたテクスチャ貼り付け方向の成す角がより鋭角であるものを優先させることとする。実際に適用した結果を図 6 に示す。なお図中の左側の画像は、ポリゴンに選択されているテクスチャを色事にグループ分けしたものである。

おおむね良好な結果が得られているが、法線による自動選択アルゴリズムは単純に角度差の比較でテクスチャの優先順位を決定しているため、境界付近においては適用範囲が細かく分断されるなどといった現象

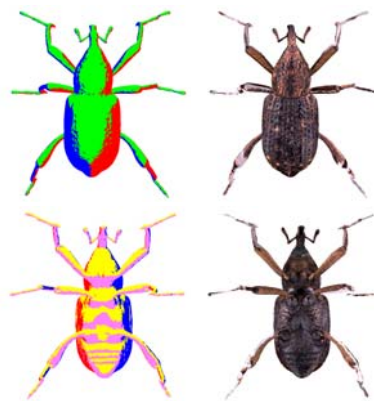


図 6 自動テクスチャ選択の結果
Fig. 6 result of auto-select algorithm

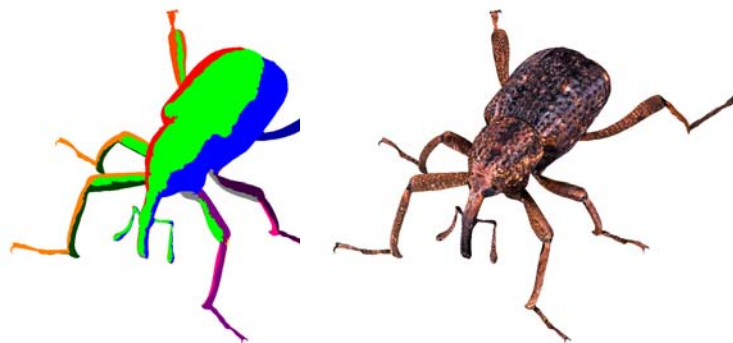


図 7 テクスチャ調整後の結果
Fig. 7 edit result by manual operation

が起こる。そこで、本研究ではポリゴンごとにテクスチャを再度選択可能としたツールを開発した。合計 18 枚のテクスチャを適用し、開発したツールを用いてテクスチャの選択調整を行った結果を図 7 に示す。

2.3 ハイブリッドデータの作成法, レンダリング法

外壁にテクスチャ付サーフェスデータ, 内部構造にボリュームデータを利用したハイブリッドのデータを作成する。

まず図 8 に示すようにテクスチャ調整後の外壁サーフェスデータと内部構造にボリュームデータの位置合わせを行う。位置合わせは目視にて確認しながら手



図 8 ボリュームデータの位置合わせ
Fig. 8 translation and rotation of volume data

入力にて調整を行った。

任意の切断箇所を想定し、図 9 に示すように外壁, 内壁, 切断面をそれぞれレンダリングし, 1 枚の画像に合成する。ただし, 内壁の画像はある閾値でボリュームを 2 値化処理して生成したサーフェスデータをレンダリングしたものである。また, 切断面を生成するために利用したボリュームデータは, 内壁のサーフェスデータを作成する際に利用した閾値を上回るボックスのみを 0? 1 の範囲で正規化したものである。

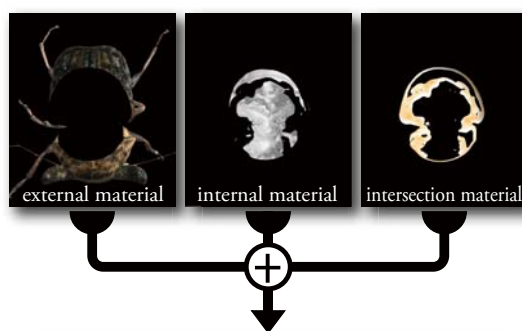


図 9 ハイブリッドデータ形式のレンダリング
Fig. 9 rendering method for surface data with volume data

3. おわりに

X線CTによって測定されたボリュームデータと,

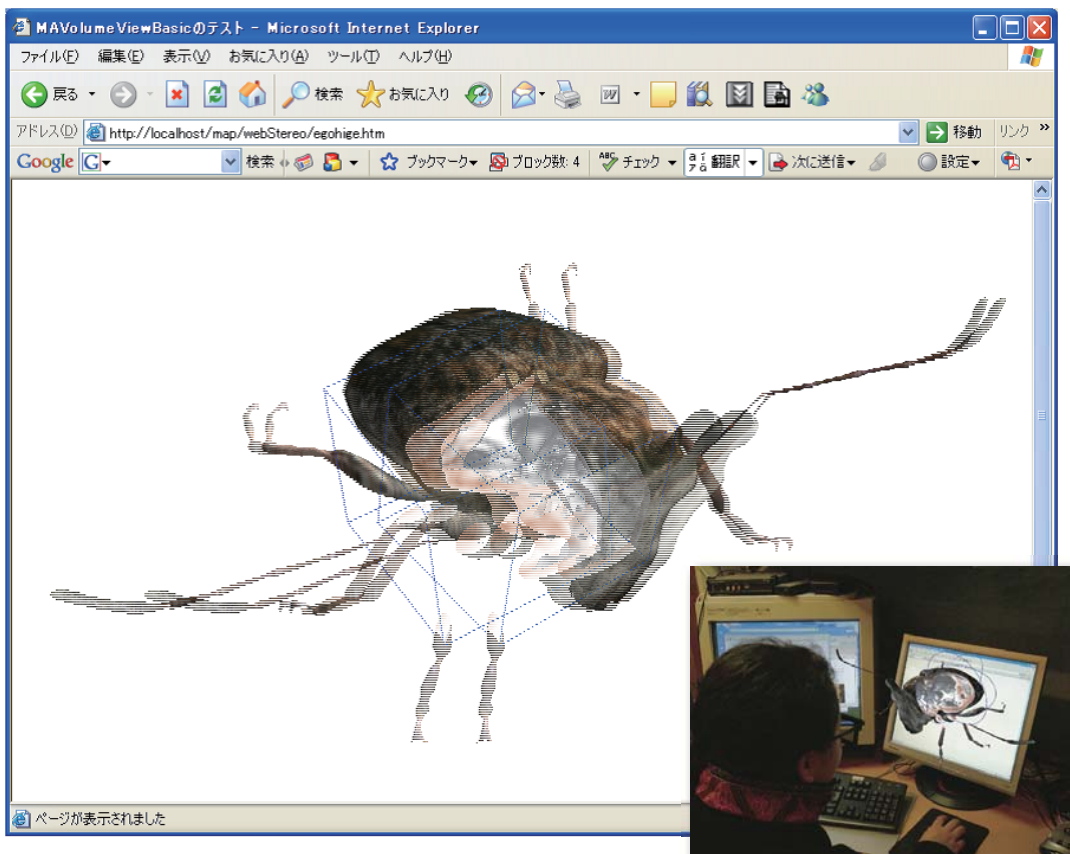


図 10 ハイブリッドデータに対応した web stereo plugin
Fig. 10 web stereo plug-in for hybrid data

3次元画像計測装置によって測定されたサーフェイスデータの合成によるハイブリッドのデータ作成方法、およびレンダリング手法を提案した。また本研究では提案するハイブリッドデータに対応した web Stereo pluginの開発も行った。開発した web Stereo pluginは、Microsoft Internet Explorer上で動作し、インターレース方式の立体出力デバイスに対応している(非立体視での閲覧も可能)。

文 献

- [1] 井口征士, 佐藤宏介, 三次元画像計測, 昭晃堂, 1990.
- [2] 徐剛, 辻三郎, 3次元ビジョン, 共立出版, 1998.
- [3] 佐藤淳, コンピュータビジョン—視覚の幾何学—, コロナ社, 1999.
- [4] T. Saito, S. Kurihara, S. S. Fisher, K. Kohiyama, "Micro Archiving," ACM SIGGRAPH Sketches and Applications, 2001.
- [5] D. Huber, M. Keller & D. Robert, "3D light scanning macrography," The Royal Microscopical Society,

Vol. 203, Pt 2, pp.208-213, August 2001.

- [6] 森田正彦, 齋藤達也, 栗原聡, 小檜山賢二, "スリット光を用いた3次元モデル撮影システムの設計と実装," ビジュアルコンピューティング特集号, vol. 33, No. 4-B, 画電学会誌, 2004.