

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 6 月 8 日現在

機関番号：12601

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2010～2011

課題番号：22700091

研究課題名（和文） 4次元CTスキャンを用いた計測ベースモデリング

研究課題名（英文） Scan-based modeling using 4D CT scanners

研究代表者 道川 隆士 (MICHIKAWA TAKASHI)

東京大学・先端科学技術研究センター・助教

研究者番号：60435683

研究成果の概要（和文）：

本研究では、4次元CTスキャナで計測されたCT画像を用いたモデリング手法について研究開発を行った。本研究で得られた主な成果は、(1)前後のボリュームデータから補間画像を計算するアルゴリズムの開発、(2)ノイズに鈍感なボクセルモデルの位相を分類する手法の開発、(3)大規模データ操作の為に効率的な視点決定法の開発、である。

研究成果の概要（英文）：

In this research, we studied modeling methods for CT images scanned by 4D CT scanners. Our main achievements in this research include : (1) an interpolation methods of two sequences of CT images, (2) noise-robust method for classification of voxel models and (3) an efficient viewpoint selection method for large data manipulation.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,400,000	420,000	1,820,000
2011年度	1,500,000	450,000	1,950,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,900,000	870,000	3,770,000

1. 研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・メディア情報学・データベース

キーワード：4次元CT, ボリュームデータ, 形状モデリング

1. 研究開始当初の背景

CTスキャナは、物体にX線を照射することで物体の断面を非破壊で計測する装置である。計測した画像(CT画像)の各ピクセル(点)には、材質に対応した数値(CT値)が格納されており、物体内部の材質を含めて計測できる。また、Z方向に断面画像を重ねる事で、物体を3次元画像としても取得できる。このことから、CTスキャナは、医療、産業を始めとして、様々な分野で活発に利用されている。

CTスキャナは、基本的に静的な物体しか計測できなかったが、X線の減衰を面で計測出来る検出器の登場により、CT画像を連続的に計測できるCTスキャナが近年開発された(図1)。このスキャナは、1秒間に2、3フレームのCT画像を計測できる。これは、心臓の動きを三次元的に計測できる程度の解像度である。これにより、物体の形だけではなく、物体の動きを含めた画像の観察が計測できるようになった。

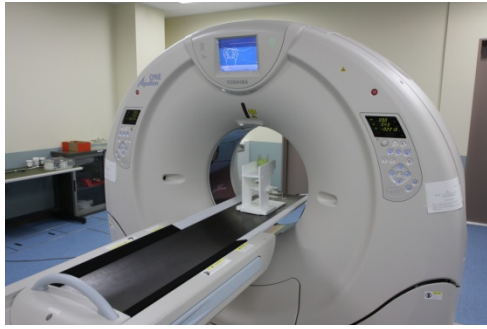


図1：4DCT スキャナ

2. 研究の目的

4次元 CT スキャナは、心臓の挙動の観察等主に医療目的で利用する事を想定している。本研究では、CT 画像を観察だけではなく、操作できるような手法の開発を目的とする。最終的には、医療以外の新しい利用法を模索する事を目指す。

3. 研究の方法

本研究は、CT データの取得と、アルゴリズムの開発に分けられる。

データの取得では、企業の協力のもと、4次元 CT スキャン例題の計測を行った。計測では、スライムと呼ばれる粘性のある物体をペットボトルを加工して作った容器に格納して、落下する様子を計測した(図2)。このとき、スライムの挙動を観察するために、中に金属製のビーズを混入させた。金属は密度が高く、CT 画像の中では輝度値が高く検出される。それにより、簡単な画像処理によって分離させることが可能である。



図2：計測した物体 (スライム)

アルゴリズムの開発では、アルゴリズムを設計し、計算機上のプログラムとして実装し、作成し、計測で得られた CT データを適用した。

4. 研究成果

本研究による成果をまとめると、以下の通りである。

(1) 時系列 CT データの補間手法の開発

計測データは、時間方向に対して、1秒間に2フレーム程度の解像度しか無い。そのため、速度の早い流体を計測する事は技術的に不可能で、計測可能な速度の流体であっても、フレーム間の CT 画像の対応関係を構築することが困難であった。そこで、フレーム間の中間形状を補間によって計算する手法を開発した。

手法は、大きく分けて3つのステップからなる。始めに、各フレームの境界を抽出し、前後のフレームの境界ボクセルを比較することで移動ボクセルを見つける。次に、相関関数を用いて、考えられる対応関係を全て見つける。次に、得られた対応関係から、最適な組み合わせを、誤差関数を最小化することによって計算する。誤差関数は、対応するボクセルの類似性によって定義されるコストと、変化前後の移動方向によって定義されるコストを考慮して計算する。以上の手法を適用することで、フレーム間の形状を計算できるようになった(図3)。

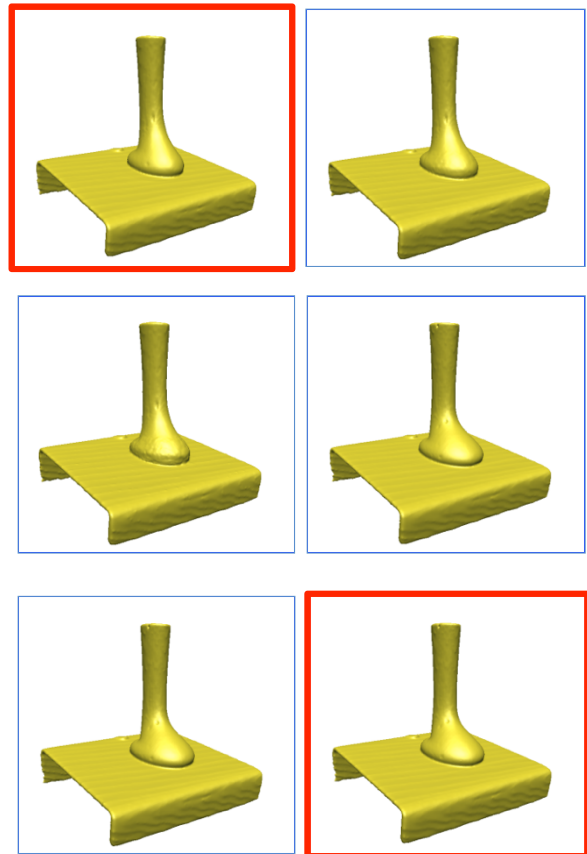


図3：補間形状計算結果。赤で囲まれたデータは CT によって計測した画像である。中間の青で囲まれたデータが提案手法によって計算したデータである。

現時点では、1秒間に2個の CT データしか計測できないため、計測できる流体運動に限

界があった。今後の展望としては、時間方向に対する解像度の向上によって得られることを見越した、CT 画像を用いたより複雑な流体形状の解析が考えられる。

(2) ノイズに鈍感なボリュームデータの位相分類法の開発

ボリュームデータは、暗黙的に位相構造を持っている一方で、ポリゴンデータのように境界表現を持っていない。位相構造を持たせることが出来れば、効率的なデータ処理が実現する。このため、隣接ボクセルを調べることによってボリュームデータの位相を推定する手法が提案されている。しかし位相要素の推定に、 $3 \times 3 \times 3$ で定義される、ごく局所的な隣接関係しか見ていないため、CT スキャン時に発生するボリュームデータのノイズを拾ってしまう。その結果、本来想定していないような見積もり結果を計算する事がある。そこで、ノイズに鈍感な位相分類手法を開発した。

提案手法は、 $3 \times 3 \times 3$ よりも 1 周り大きい $5 \times 5 \times 5$ の領域におけるボリュームの前景／背景コンポーネント数を数える事で分類する。例えば（前景，背景）=（1，2）の場合は、曲面と判定する。この時、大きめの領域をとる事で、境界部等過剰に分類される箇所が出てくる。そこで、ボリュームデータ上でモルフォロジー処理を適用することで過剰に検出された分類を補正する。また、ジャンクション部と境界の接点等特徴的な位相を検出することで、より高度な位相認識を行った。これにより、ボリュームデータに対して、ポリゴンやパラメトリック曲面で定義されるような境界表現を与えられるようになった（図 4）。

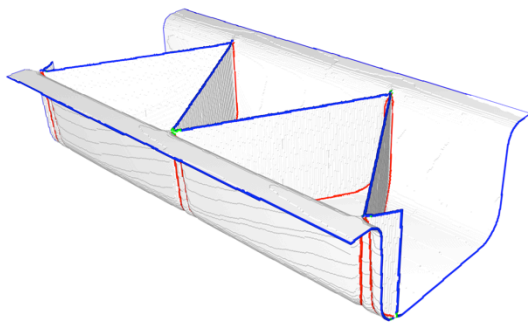


図 4：位相分類結果。赤：ジャンクション，白：表面，青：境界，緑：ジャンクション接点をそれぞれ表す。

提案手法は、位相関係を見積もるボクセル領域によって結果が異なるため、ユーザによる入力が必要である。今後の展望としては、場所によって適応的にボクセル領域のサイズを決定することによって、自動的に位相を見

積もることできるよう拡張することが考えられる。

(3) 構造解析手法を用いた CT 画像の領域分け手法の開発

また、構造解析技術を用いて輝度値の変化が少ないようなボリュームデータの領域分け手法を開発した。特に、これまで手動で与えていた拘束条件と荷重条件を、ユーザ指定の関心領域 (ROI) を大まかに与えることによって、半自動的に計算できる手法を開発した。拘束条件は、すべてのケースについて計算しひずみの分布を評価することで計算する。このとき、形状を大まかにクラスタリングすることで、総当たりの回数を大幅に減らした。荷重条件は、ROI 内におけるひずみの総和を最大化させることで計算した。以上により、少ない入力で領域分けができるようになった（図 5）。

今後の展望としては、ユーザが指定する ROI を自動的に設定できるよう拡張することが考えられる。

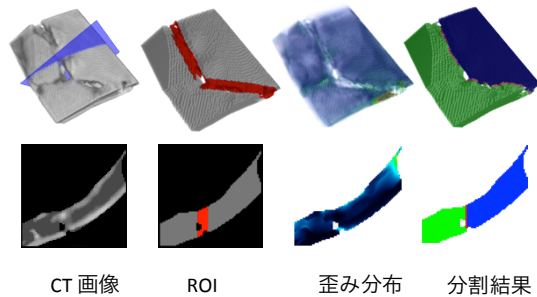


図 5：構造解析手法を用いた領域分け

(4) 大規模データの効率的操作の為の視点決定手法の開発

3 次元形状を任意の視点から観察する事は、3 次元形状を扱う分野において基本的な問題であり、バーチャルトラックボールを始めとした、対話的に決定する手法が数多く提案されている。一方、CT 画像や、そこから作成したポリゴンデータは、一般的にサイズが大きいため、表示に膨大なコスト（時間）がかかる。これは、対話的なアプリケーションにおいては、ユーザの意図とのギャップを発生させる原因となり、ユーザに大きな負担を強いる。そこで、ユーザに負担を軽減するような、大規模データの効率的な操作のための視点決定手法の開発を行った。

提案手法は、大規模データを画面に表示させる時に用いる深度（視点からの距離）バッファを用いてカメラ情報を決定する。ユーザは、表示されているデータの見たい部分 (Region of interest : ROI) をペイント操作により指

定する。次に、ペイントされた領域の深度情報を取得する。この時、投影情報やカメラ情報を用いると、各深度の三次元情報を計算できる。ここで得られた三次元情報をもとに、ペイントされた領域が正面にとらえ、かつ全体が画面に収まるようにカメラ情報を設定する。この操作は、深度バッファさえ計算できれば、点群、ボリューム、ポリゴン等データの種類の問わない。また、データのサイズにも全く影響を受けないことから、大規模データの視点の決定に非常に有効である（図6）。

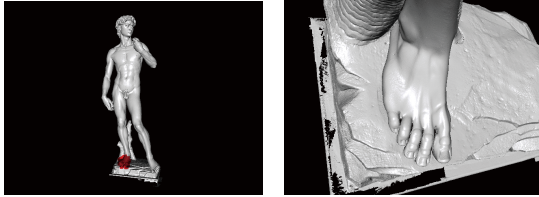


図6：ペイント（赤）による視点決定結果。

ただし、現在の手法では、ROIをペイントによって与えているため、手間が若干かかる。今後の展望としては、より少ない入力力でシームレスな手法へ拡張する必要がある。

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5件）

1. Hiroyuki Hishida, Hiromasa Suzuki, Takashi Michikawa, Yutaka Ohtake and Satoshi Oota, CT image segmentation using FEM with optimized boundary condition, PLoS ONE, Vol. 7, No. 2, e31116, 2012
2. Takashi Michikawa and Hiromasa Suzuki, Polygonizing Volumetric Skeleton with Junctions, Computer-Aided Design, in press, doi:10.1016/j.cad.2011.06.003
3. Takashi Michikawa, Hiromasa Suzuki and Ken-ichi Anjyo, Viewpoint selection by painting, in Proceeding of Computer Graphics Theory and Applications (GRAPP2011), pp.463-469, 2011
4. Takashi Michikawa and Hiromasa Suzuki, Non-Manifold Medial Surface Reconstruction from Volumetric Data, Advances in Geometric Modeling and Processing, Lecture Notes in Computer Science, Castro Urdiales, Spain, No. 6130, pp.124-136, 2010
5. Takashi Michikawa and Hiromasa Suzuki, Sparse Grid Distance Transforms, Graphical Models, Vol. 72, Issue 4, pp.35-45, 2010,

〔学会発表〕（計4件）

1. 菱田寛之, 道川隆士, 大竹豊, 鈴木宏正, 太田聡史, 横田秀夫, 構造解析を用いた骨格CT画像領域分割のための拘束条件自動設定, 精密工学会春季大会学術講演会, 首都大学東京, 2012年3月15日
2. 菱田寛之, 道川隆士, 大竹豊, 鈴木宏正, 太田聡史, 構造解析を用いた骨格CT画像領域分割, ViEWビジョン技術の実利用ワークショップ, パシフィコ横浜, 2011年12月9日
3. 道川隆士, 鈴木宏正, ボクセルモデルの位相分類とポリゴン化への応用, 第21回日本機械学会設計工学・システム部門講演会, 山形大学工学部, 2011年10月22日
4. Shammaa M. Haitham, Takashi Michikawa, Yutaka Ohtake, Hiromasa Suzuki, Generating surfacemesh of tempo-spatial CT volumetric images, 精密工学会春季大会学術講演会, 東洋大学, 2011年3月15日

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.den.rcast.u-tokyo.ac.jp/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

道川 隆士 (MICHIKAWA TAKASHI)

東京大学・先端科学技術研究センター・助教

研究者番号：60435683