

断層画像群から生成したボクセルに基づく手術シミュレータ

黒木 悠矢[†] 円藤 祐太郎[‡] 小枝 正直[‡] 大西 克彦^{*} 登尾 啓史^{*}[†] 岡山県立大学大学院 情報系工学研究科 [‡] 岡山県立大学 情報工学部 ^{*} 大阪電気通信大学 総合情報学部

1 はじめに

内視鏡外科手術はロボティクス技術を応用した daVinci(Intuitive Surgical, Inc.) や Zeus(Computer Motion, Inc.) を用いて、低侵襲で正確な操作による内視鏡手術が行なわれるようになっている [1]. 一方、術者は狭い腹腔内での精緻な操作が必要なため、トレーニング用の手術シミュレータが販売・開発されている [2-4]. しかしこれらのシミュレータは既定の人体 3 次元モデルでのみ動作し、実際の患者のモデルでのトレーニングはできない. また、ポリゴン表現のモデルのため内部が存在せず、切開時の処理に難がある.

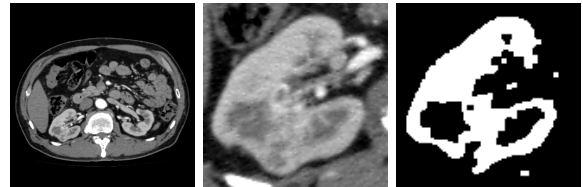
そこで本研究では、患者の断層画像群 (DICOM) からボクセル表現の人体 3D モデルを生成する手術シミュレータを提案する.

2 DICOM から腎領域の抽出とボクセル変換

本研究では、腎手術に注目したシミュレータ構築を試みる. まず、ある患者の腹部 DICOM 246 枚 (解像度 512 × 512 [px]) から左腎部分のみが写っている 96 枚を用い、左腎領域を目視によりトリミング (縦: 285~392[px], 横: 102~209[px]) した. トリミングした画像から腎部分を抽出するため、Gaussian Blur によるぼかし処理、2 値化処理、オープニング・クロージング処理、ラベリング処理を行った. 2 値化処理では 145 から 205 までの輝

表1: 開発用 PC の構成

OS	Windows10 Education 64[bit]
CPU	Intel Corei5-12600 3.3[GHz]
RAM	DDR4-3200 16[GB]
GPU	NVIDIA GeForce GTX1650
力覚提示装置	Sensable Technologies Phantom Omni



(a) トリミング前 (b) トリミング後 (c) 画像処理後

図1: 腎臓モデル作成に使用した断層画像の例

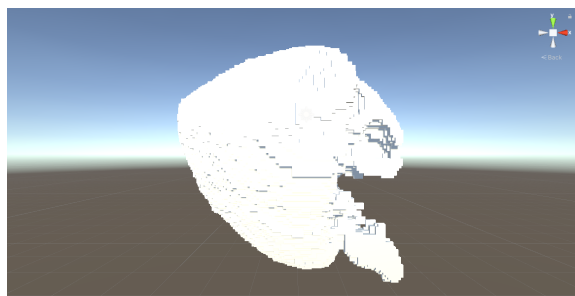
度値を持つ画素を抽出した. また、オープニング・クロージング処理はそれぞれ 1 回ずつ行なった. 次に、ノイズ除去のため、1 枚目の断層画像における腎部プロブの重心を求め、2 枚目以降の断層画像では、1 つ前の腎部プロブ重心に最も近い重心を持つプロブを腎部とした. さらに腎周辺の血管等を抽出するために、全ての断層画像において、腎部のプロブの外接矩形を求め、その座標内に重心を持つプロブも抽出した (図1). 最後に、すべての処理後画像に対して、1[px] を 50[mm], スライス間を 50[mm] と換算してボクセルを生成した. これは

以上の処理により生成されたボクセルモデルを図2に示す. 開発用 PC の構成を表 1 に示す. 開発プラットフォームには Unity を使用し、画像処理のために、OpenCV-forUnity(version2.4.8) の Unity Asset を用いた. また、Phantom Omni の制御のために、Haptics Direct for Unity V1 の Unity Asset を使用した. この DICOM で生成されたボクセル数は 196,822 個で、処理時間は約 6.52 秒であった.

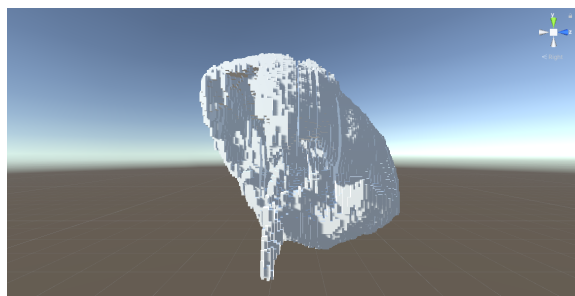
Voxel-based surgery simulator generated from tomographic images

Yuya KUROGI[†], Yutaro ENDO[‡], Masanao KOEDA[‡], Katsuhiko ONISHI^{*}, and Hiroshi NOBORIO^{*}

[†]Graduate School of Computer Science and Systems Engineering, Okayama Prefectural University, Okayama, Japan. [‡]Faculty of Computer Science and Systems Engineering, Okayama Prefectural University, Okayama, JAPAN. ^{*} Faculty of Information Science and Arts, Osaka Electro-Communication University, Osaka, JAPAN.



(a) 正面

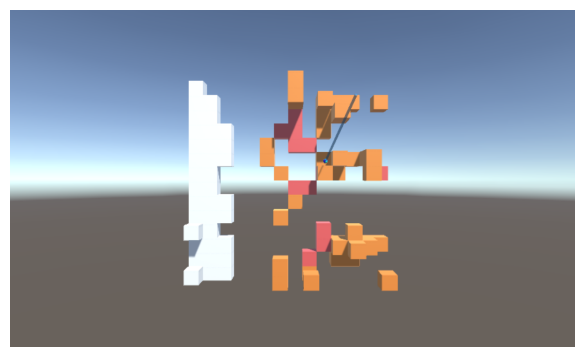


(b) 側面

図2: 断層画像群から作成した腎臓モデル



(a) 指定部位の抽出



(b) 切断の様子

図3: 断層画像群から生成したボクセルに基づく手術シミュレータ

3 ボクセルに基づく手術シミュレータ

本実験では、処理の軽量化のため、読み込む DICOM 画像数を 3 枚 (ボクセル数 162), トリミング範囲を縦 14px, 横 14px に狭めて実行した. 図3に示す赤, 橙, 白のボクセルは, 断層画像データの 90~120, 121~140, 250~255 の輝度を持つピクセルから生成したものであり, それぞれ腎実質, 脂肪, 骨を模擬している. また, それぞれのボクセルの粘性パラメータを 0.78, 0.85, 0 とすることで感触に変化を与え, 赤, 橙のボクセルには柔軟性を表現した. Phantom Omni のスタイラスの Button1 を押した状態で Phantom Omni のスタイラスの動作と同期して動くオブジェクト (Grabber) が 3D モデルに接触した場合, 接触したボクセルのみを消去することで切除のシミュレーションを実現した.

4 まとめ

断層画像データからボクセル表現の 3D モデルを生成する手術シミュレータを提案, 構築した. ボクセル表現の 3D モデルの作成においては, 腎部の特定は手作業であるものの, 断層画像データからリアルなボクセル表現の 3D モデルを作成することができた. また, 簡易的なシミュレータの作成においては, Phantom Omni を用

いることで断層画像から作成したモデルの一部に触れる・削るといった感覚を感じることができた.

今後は腎部の自動抽出やリアルな触感の提示, オクトツリー表現を用いた表示 Cube 数の削減による高速化を目指す.

謝辞

本研究は MEXT 科研費 21K03967 の助成を受けたものである.

参考文献

- [1] 服部ら, “ナビゲーション機能を備えたロボット手術システム (da Vinci) の開発”, 医学のあゆみ, 271 巻, 2 号, pp.205-209, 2019.
- [2] MedicalEXPO BY VIRTULEXPO GROUP, “ロボット手術用シミュレーター dV-Trainer®”, <https://www.medicalexpo.com/ja/prod/mimic-technologies/product-112216-739694.html>
- [3] VRtraining LAP VR <https://www.vrtraining.jp/products/interventional-simulator/lapvr/>
- [4] Smbionix LAP Mentor <https://smbionix.com/simulators/lap-mentor/>
- [5] 長尾ら, “内視鏡手術シミュレータ”, 日本コンピュータ外科学会誌, 3 巻, 4 号 pp.281-287, 2002