

研究種目：基盤研究（A）
研究期間：2006～2009
課題番号：18200008
研究課題名（和文） 医用画像と医療知識に基づいて自動生成された患者モデルを用いた手術訓練システム
研究課題名（英文） Medical training system using patient model automatically generated by medical images and medical knowledge
研究代表者
安部 憲広（ABE NORIHIRO）
九州工業大学・大学院情報工学研究院・教授
研究者番号：00029571

研究分野：人工現実感システム

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：CT 画像 手術支援③可視化 力覚フィードバック 形状の変形

1. 研究計画の概要

(1) 従来。手作りで人体モデルを作成していた手術訓練システムでは患者に即した臓器のモデル化ができなかったため、患者に対応した手術計画立案や手術の模擬も含めた種々の訓練ができなかった。CT, MRI, MRA 等の医用画像計測装置と計算機技術の進展により、患者の医用画像から人体モデルを復元し、患者の状態に応じた手術訓練が可能となると考えられる。

(2) 人体モデルは柔軟であるため、剛体モデルの様な立方体に基づくモデルではなく、テトラモデルを要するが、描画の負荷は非常に高い。

(3) 変形に伴う力覚計算も剛体とは全く異なり、かなりの計算時間を有するため、実時間で手術訓練を行うのは非常に困難である。

(4) 上記の問題を解決するために、変形、描画の効率的な計算方法を提案し、問題解決を目指す。

2. 研究の進捗状況

患者の臓器モデルを医用画像から復元することはできるが、内臓などの臓器は自律的な消化活動や呼吸によって変動するため、臓器の変形計算が容易でないことから、自律的に変動しない臓器として脳を手術訓練対象として決定し、具体的な手術訓練の対象として脳動脈流の破裂防止手術である動脈瘤クリッピングと動脈瘤塞栓術を選び、以下の研究を行った。

(1) 脳動脈は MRA で検出でき、そこから動脈瘤を推定することは可能である。塞栓術では脳動脈にカテーテルを通して動脈瘤の入り口からスプリングを注入して塞栓するた

めに、動脈瘤までの経路を確保する経路発見プログラムを作成した。

(2) これに対してクリッピングでは、頭蓋骨を開き、脳動脈瘤の根元にクリップを送り込む必要がある。脳表面から動脈瘤までの間には、脳、動脈、静脈、神経が存在するため、これらの障害物を変形させてクリップを送り込む空間を確保しなければならない。すなわち、上記の各組織の復元モデル化が必要となるが、静脈は時間差 CT を撮ることで検出可能となる。脳本体は頭蓋骨内部の特定 CT 値により検出でき、神経を除き患者の頭蓋骨内部の復元が可能となった。

(3) クリップを挿入する空間確保には、動脈瘤を含む円筒領域内 (ROI) の組織のみを変形の対象と見なし、この内部に含まれる組織をテトラ構造化し、それ以外の部分はサーフェイスグラフィック化することで処理の高速化を図った。

(4) 動脈瘤への障害物を鉗子で変形させる操作を力覚装置 PHANTOM で模擬することで必要な経路と空間の確保を実現した。

(5) クリッピング操作を実現するため、PHANTOM の先端にピッキングを実現するアダプター付加装置を購入したが、付属の open haptics tool が未完成でピッキングが行えない状態である。

3. 現在までの達成度

②おおむね順調に進展している。

(理由)

ターゲットである動脈瘤へのクリッピングを行うためのアクセス路を確保するために障害となる組織を変形させて経路を確保することが可能となったことが挙げられる。勿

論、手術の成否を左右する神経の検出や血管が固定されている位置検出が可能か否かという問題は残るが、最悪の場合手作業でそれらの情報を入力してシステムの有効性を調査しなければならない。

4. 今後の研究の推進方策

(1) 動脈瘤の近辺が石灰化している場合は動脈瘤のクリッピングができないため、瘤の前後の血流を遮断してバイパスを作成する必要がある。組織の石灰化は石灰のCT値を調べることで可能と考えている。バイパス形成には血管をくり抜き新たな血管を縫合しなければならない。そのためには、現在未着手の切開と縫合の実現が不可欠であるが、本研究ではとりあえず切開を実現する。また、血流の確保確認は実際にはドプラー血流計で行うため仮想ドプラー計は作成しない。

(2) システム自体の高速化を行うために、GPU(Graphic Processing Unit)を有効利用する必要がある。Open GL のレンダリングに頼らずに、シェーダーをGPUで並列処理を行うことで高速化する。しかし、変形計算は計算結果を繰り返し行うためにCPUで行う必要があるため、マルチコアの有効利用を図らねばならない。

(3) 仮想手術訓練時に操作者に付与する力覚値は適当な値に設定しているが、実際にどのような値を与えるのが現実的であるかの判断は熟練医師の判断を仰ぐ必要がある。更に、熟練医師の手技を訓練者に教示する必要があるため、医師の操作するメスにかかる力とトルクの計測とメスの位置と姿勢情報を獲得する必要がある。そこで、本研究で購入したオプトラックとフォーストルクセンサーを用いた計測システムを作成する。

5. 代表的な研究成果

〔雑誌論文〕(計3件)

- ① Shunji Uchino, Norihiro Abe, Yoshihiro Tabuchi, Hirokazu Taki, Shoujie He: "VR Interactive Dialog System with Verbal and Nonverbal Communication", International Journal on Artificial Life and Robotics, vol. 13, No. 2, PP. 512-516, 2009 (査読あり)
- ② Ryutaro Mizokami, Yoshihiro Tabuchi, Norihiro Abe, Hirokazu Taki, Shoujie He: "Prowl of Autonomous Mobile Robot with Network Camera", International Journal on Artificial Life and Ro-

botics, vol. 13, No. 2, PP. 447-450, 2009 (査読あり)

- ③ Takeshi Shiohuku, Yoshihiro Tabuchi, Norihiro Abe, Hirokazu Taki, Shoujie He: "The real-time measurement of pointing by using DSP", International Journal Artificial Life and Robotics, vol. 13, No. 1, PP. 290-293, 2009 (査読あり)

〔学会発表〕(計20件)

- ① Toshihide Miyagi, Norihiro Abe, Yoshimasa Kinoshita, Shoujie He, Hirokazu Taki: "Detection of Blood Vessels and Brain Aneurysm Referring to Medical Images of Head", 5th INTUITION, 2008年10月7日, Turin, Italy,
- ② Hiroshi Takada, Norihiro Abe, Yoshimasa Kinoshita, Hirokazu Taki, Shoujie He: "Deforming Virtual Dense Elastic Object with Force Feedback Device PHANTOM", 5th INTUITION, 2008年10月8日, Turin, Italy
- ③ 高田, 安部, 田中, 木下, 瀧, "力覚フィードバック装置を用いた仮想稠密弾性体の変形" 日本バーチャルリアリティ学会第13回大会論文, 2008年9月18日, 奈良先端科学技術大学院大学