

論文内容の要旨

博士論文題目 Automated Deformable Model Generation for
Direct Patient-Specific Surgical Simulation
(患者固有の手術シミュレーションのための変形モデルの自動生成)

氏 名 Kei Wai Cecilia Hung

(論文内容の要旨)

患者固有の手術シミュレーションの実用化には多くの技術的課題がある。特にシミュレーションの実施にはデータの前処理に膨大な時間が必要である。本論文では、患者固有の手術シミュレーションにおいて、直感的なボリューム変形操作を可能とする変形モデルの自動生成の枠組みを提案する。

直感的なボリューム変形の実現するために、提案する枠組みは、Volume Proxy Mesh (VPM) と呼ぶ新しいボリュームメッシュ構造を基盤にして、1) 初期頂点の配置、2) メッシュの質の改善、3) 変形モデルのパラメータ設定、の三つの段階から構成される。まず、VPM の頂点が特徴量に基づく頂点配置法にしたがって初期位置に配置される。次に、Particle Swarm Optimization (PSO) によってメッシュの質が改善される。最後に、CT 値を弾性値に変換する伝達関数を用いて適切な弾性パラメータが割り当てられ、変形モデルが構築される。

提案手法の有効性を幾つかのデータ（テストデータ、パブリックドメインデータ、医用 CT 画像データ）を用いて検証した。構築した VPM はボリュームデータに含まれた特徴を反映し、変形対象の臓器と周辺組織を含む多彩な変形を可能とするものであった。また、PSO がメッシュの質の改善に寄与することも確認した。CT 値に基づいた弾性パラメータの設定を通して、得られた変形モデルは不均質な弾性分布を反映した変形が可能であった。提案した変形モデル自動生成の枠組みは、臨床における患者固有の手術シミュレーションに非常に効果的で、実用的であることを示した。

(論文審査結果の要旨)

平成22年12月20日に開催した公聴会の結果を参考に、平成23年2月18日に本博士論文の審査を実施した。

以下に述べる通り、本博士論文は、本学位申請者がコンピュータグラフィックスと情報工学の医療応用の分野で研究開発活動が続けていくために必要十分な素養を備えていることを示すものである。

Kei Wai Cecilia Hung は、本博士論文において、患者固有の手術シミュレーションのための変形モデル自動生成を対象とした新しい手法を提案した。この手法に基づいて開発したシステムは、Volume Proxy Mesh (VPM) と呼ばれるボリュームメッシュ構造基盤の上に、1) 初期頂点の配置、2) メッシュの質の改善、3) 変形モデルのパラメータ設定、の三つの段階から構成される。得られた変形モデルは不均質な弾性分布を反映したインタラクティブな変形が可能である

Kei Wai Cecilia Hung が新しく開発したこの手法では、まず、空間CT値変化の曲率に対応した密度で初期頂点を配置し、次に、四面体 Proxy Mesh の形ができるだけ正則的となるように頂点を再配置する。再配置の方法には、あたらしく Particle Swarm Optimization を開発し適用している。その上で、個々の Proxy Mesh に CT 値から推定した局所の弾性率を付すことによって、臨床的に違和感のない変形を実現した。この手法を用いれば、従来のように、個々の患者の原CT画像からあらかじめ臓器の輪郭をして、変形のための Proxy Mesh をいちいち作成する必要が無く、患者のCT画像から直ちに三次元ビューワに表示してインタラクティブに変形操作をすることが可能で、外科手術の術前計画支援システムとして非常に有用である。

本論文で提案された、患者固有手術シミュレーションのための変形モデルの自動生成の枠組みは、情報科学と臨床医学の境界領域における医療情報学の発展に大きく貢献するものである。よって、本論文は、博士(工学)の学位論文として十分な価値があるものと認める。

氏 名	Kei Wai Cecilia Hung
-----	----------------------

(最終試験結果の要旨)

平成23年2月18日、審査委員4名により、本学位申請者に対して論文内容および関連事項についての試問を行い、十分な学力と専門知識を有し、自立して研究ができる卓越した能力があると認められたので、合格と判定した。