

心筋線維走向モデリングのためのスケッチインタフェース

1. 背景

致死性不整脈による突然死は、現在も日本人の死因の中で大きな割合を占めているが、その発生メカニズムはまだ完全には解明されていない。これに対する取り組みとして、心臓の電気生理現象をスーパーコンピュータ上でシミュレートするという研究が盛んに行われている。この分野において現在大きな問題となっているのが、仮想的な心臓モデルをいかに手早く作成するかということである。特に心臓の筋線維走向の設定は、MRI 等による計測が非常に難しいために、手動でのモデリングに頼らざるを得ない状況となっている。しかし、3次元的な線維走向モデルを効率的にデザインするためのインタフェースがこれまで存在しなかったため、この分野の研究者たちは心筋線維モデル作成のために非常に煩雑な作業を強いられてきた。

2. 目的

スケッチインタフェースにより直感的かつ効率的に3次元的な心筋線維走向をモデリングできるシステムを提案する。また、その可視化手法として3次元的に中身の詰まったテクスチャを心臓モデルに貼りこむ技術を開発する。

3. 開発の内容

システムの概要図を図1に示す。

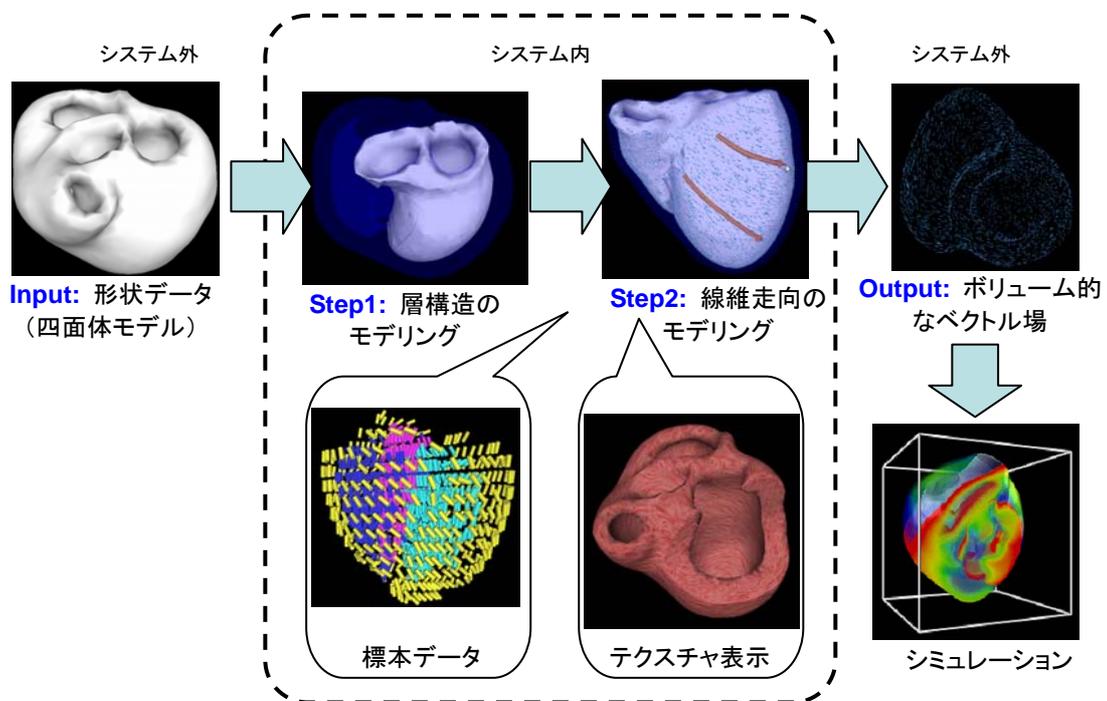


図1: システム概要図

本システムは入力として心臓の形状モデルを受け取り、出力としてシミュレーションで使われるボリューメ的なベクトル場を返す。モデリングは「層構造のモデリング」と「線維走向のモデリング」の2段階に分けられており、ユーザはまず「層エディタ」を用いて心臓モデル内に心筋の層構造を定義する。ユーザはある位置における心筋層の深さを表す入力点を多数配置していくことでモデリングを行う(図2)。システムはそれらの入力点をもとに心臓内全体で心筋層の深さの場を計算し、その深さ場の等値面を抽出することで心筋の層構造を定義する(図3)。

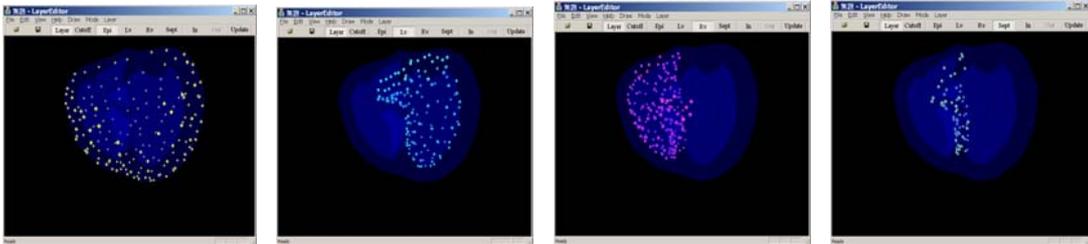


図2: 層エディタの入力点

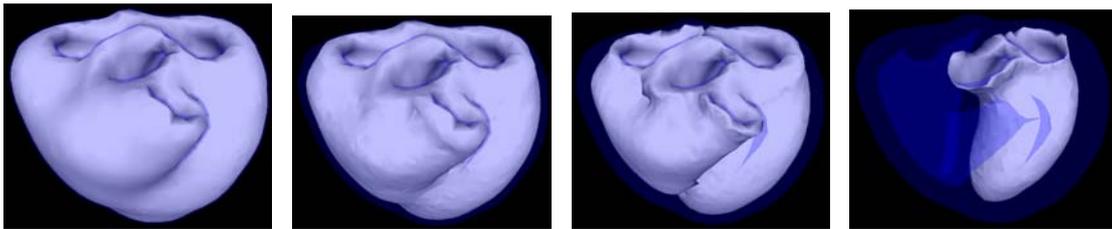


図3: 生成された層形状

次にユーザは「線維走向エディタ」によって先ほど層構造が定義された心臓の上に線維走向を設定する。ユーザは各心筋層の上にストロークを描くことで線維走向を設定することができ、システムはそれらの入力を元に心臓全体で滑らかに変化する線維走向のベクトル場を計算する(図4)。

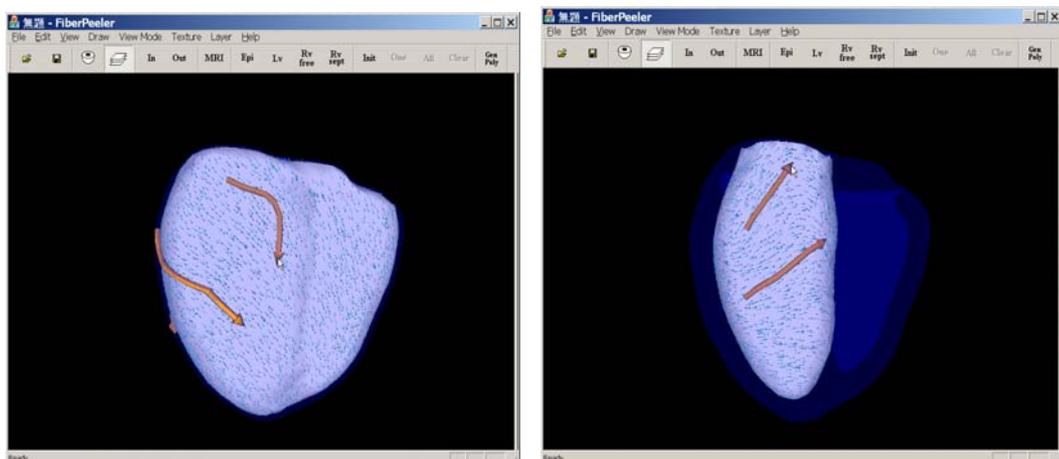


図4: ストロークによる線維走向の指定

またモデリングの補助として、特別に作られた標本データを隣に並列表示する機能を備えている(図5)。

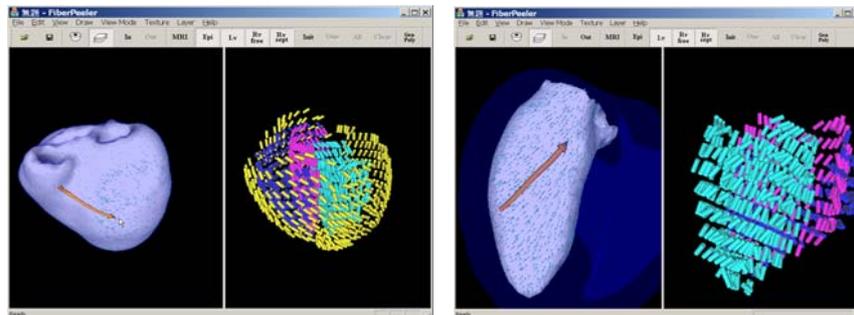


図5: 標本データの並列表示

最後にモデリング結果の可視化機能として、3次的に中身の詰まったテクスチャを心臓モデル内に貼りこむことができる(図6)。

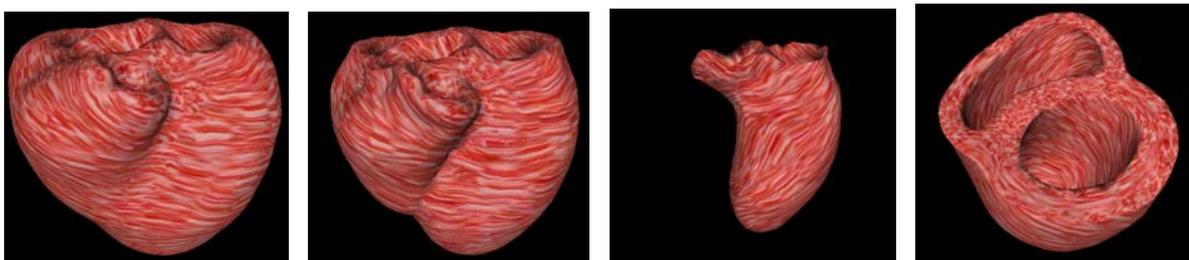


図6: 心臓モデルに3次元テクスチャを貼った様子

4. 従来の技術との相違

2次元的なベクトル場をモデリングするインターフェースは画像合成の分野で提案されてきたが、心筋線維走向のような3次元ボリューム的なベクトル場のためのインターフェースはこれまで存在しなかった。

また3次元モデルにテクスチャを貼るための既存技術は、すべてモデルの表面のみを対象としておりその中身までは扱えなかったが、本手法では中身の詰まった3次元テクスチャを四面体モデルに貼り込んでいるので、内部にもテクスチャの貼られた3次元モデルを作ることができる。

5. 期待される効果

本システムにより心臓電気生理シミュレーションのための心臓モデルをより短時間で作成できるようになり、シミュレーション全体のサイクルを短縮化することができる。また、筋線維走向の条件を様々に変えてのシミュレーションというこれまで難しかった実験を行うことが容易になり、新しい医学的知見が得られることが期待される。

また本プロジェクトで開発した3次元テクスチャを貼りこむ技術は、心臓以外にも果物や樹木など中身の詰まった様々な3次元物体を表現することができ、ゲームや映画など他の分野において応用される可能性が十分あるものと考えられる。

6. 普及の見通し

心臓電気生理シミュレーションを行っている医学分野の共同研究者に本システムを実際に使ってもらい、その内容を論文にまとめ医学系の学会に発表することで知名度を高めたいと考えている。また、3次元テクスチャの技術についても別個の論文としてまとめ、CG系の学会で発表し知名度を高めたいと考えている。

7. 開発者名

高山 健志(東京大学大学院情報理工学系研究科コンピュータ科学専攻修士1年)

開発者URL

<http://www-ui.is.s.u-tokyo.ac.jp/~kenshi/>