

リアルな皮膚表現のための血管モデルの生成に関する研究

弘中悠介[†]赤木康宏[†]北嶋克寛[†]東京農工大学[†]

1. はじめに

リアルなバーチャルヒューマン(VH)は映画およびゲーム業界などから高いニーズがある。このような背景から VH 作成における CG 技術は非常に発達し、現実に近い外見を表現する手法が数多く提案されている。特に人間の皮膚質感表現は、ここ数年で飛躍的に向上している。しかし、それらの皮膚表現はテクスチャマッピングやパンプマッピングなど用いて CG 作成者が多大な手間と時間をかけて作成したものであり、変更が容易ではないという問題がある。

本研究では、この問題を解決するために人間の皮膚の外観を決定する要素の1つである血管をモデル化し、それに則したリアルな皮膚の表現手法を提案する。

2. 血管モデル

2.1 モデリング対象

血液が全身へ流れる経路である体循環の静脈は浅静脈と深静脈に分かれており、そのうち浅静脈は皮下、すなわち皮膚と筋膜との間を走っている。この静脈を皮下静脈といい、視覚的に確認できる血管はこの静脈である。本研究では、特に皮下静脈の影響が大きい前腕部分の血管モデルの生成を目的とする。前腕の主要な皮下静脈には次のようなものがあり、モデル化の対象とする。

- (1) 橈側皮静脈
- (2) 尺側皮静脈
- (3) 肘正中皮静脈
- (4) 尺側正中皮静脈
- (5) 橈側正中皮静脈
- (6) 前腕正中皮静脈

2.2 特徴点

血管は静脈の経路をいくつかの領域に区切り、円柱で繋ぐことによって近似的に表現する。

血管のモデル化において、どの静脈がどのような経路で通っているのか、どこで分岐が行われているかは、外観的にも重要な要素である。

そこで、ネッター医学図譜筋骨格系 I のイラストレーションを参照し[3]、皮下静脈の経路(分岐形状)を決定する上で、最低限必要である場所に特徴点を配置した(図 1)。初期状態の特徴点は皮膚モデルの頂点に配置されることになるが、皮膚モデルは円筒状のため、特徴点同士をそのまま繋ぐと、血管が皮膚を突き抜けた表現になってしまう。そこで、特徴点同士の間に中点を自動生成し、それを皮膚モデルの頂点に移動させる事で問題を解消する(図 2)。中点の個数は特徴点間の距離に応じて変化させる。

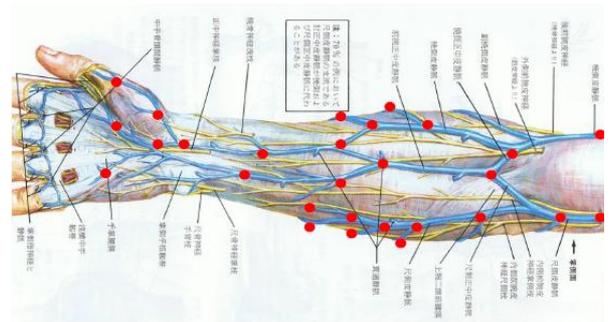


図1 血管経路の特徴点

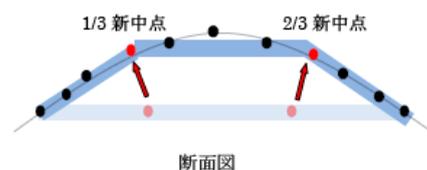


図2 特徴点の補間

2.3 スプライン曲線による補間

2.2 節で述べた方法により特徴点同士を直線で繋いだけでは直線的な血管となる。そこで、血管らしいなめらかな曲線を表現するためにスプライン曲線による補間を行う。スプライン曲線とは、各々の座標がパラメータの陽関数形式として表現された曲線である。本研究では、制御点とノットベクトルによって定義された曲線である B スプライン曲線を用いる。特徴点とその補間で得た中点を制御点として与え、B スプライン曲線を描く。B スプライン曲線により生成された曲線上に、新たな特徴点を等間隔で生成する。

Study on generating a Blood Vessel Model for Realistic Expression of Skin

[†] Yusuke HIRONAKA, Yasuhiro AKAGI and Katsuhiro KITAJIMA

Tokyo university of agriculture and technology

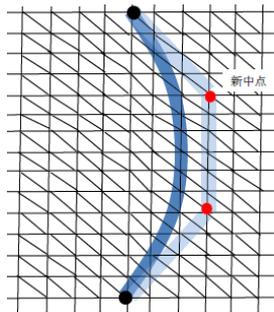


図3 スプライン曲線による特徴点の再構築

3. 皮膚表現手法

3.1 皮膚モデルの2層構造による血管描画

本研究では、皮膚モデルとしてあらかじめ用意した前腕形状モデルを用いる。

血管が通っているのは皮膚表面（表皮）の下に位置する真皮や脂肪層であり、真皮には細い血管が、脂肪層には太い血管がそれぞれ通っている。視覚的に血管が見えるのは、表皮を光が透過して真皮や脂肪層に達し反射するからである。本研究ではその表皮の透過の様子を、大小2つの皮膚モデルを重ねることで表現する。その方法は、半透明の皮膚モデル内側に不透明な皮膚モデルを描いた後、両モデルの隙間に不透明な血管モデルを配置するものである。

3.2 血管モデルに沿った局所的な細分割

次に、血管による皮膚の隆起を皮膚モデルのポリゴン変形により表現する手法について述べる。このときに用いる皮膚モデルには、血管の凹凸を十分に表現できる精度が要求されるが、形状全体を詳細に表現したモデルでは、探索コストが大きくなるうえに、凹凸表現に必要なのない部分も多いので効率的ではない。そこで、血管に沿った部分のポリゴンのみを細分割することにより問題を解決する。まず、スプライン曲線により再構築した各新特徴点と距離が一番近い皮膚ポリゴンの頂点を探索する。発見された頂点により構成される三角形のポリゴンの中に、中点を結んだ新たな三角形ポリゴンを作ることにより細分割を行う(図4)。細分割後に、再度特徴点が一番近い皮膚ポリゴンの頂点を探索し、それを皮膚表面の法線ベクトルの方向に動かす事で皮膚の隆起を表現する。

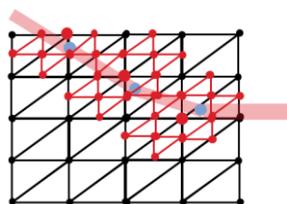


図4 皮膚ポリゴンの局所的な細分割

4. 実験結果

本研究で提案した一連の手法に基づき、血管モデルの生成、皮膚表現を行った。血管による皮膚の隆起量および血管の太さをパラメータ化して、変更可能にした。リアルに血管が見えるパラメータの一例として図5に前腕モデルの掌側面を示す。本手法の適用前と比べ、主要な皮下静脈が前腕の皮膚表面上に生成された。

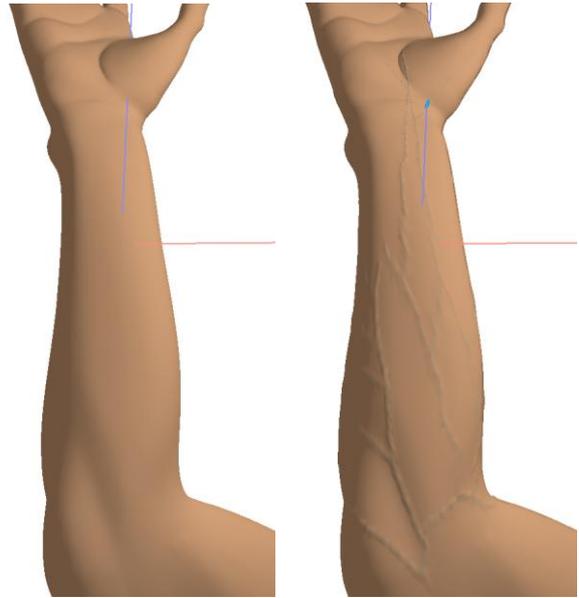


図5 本手法適用前と適用後

5. おわりに

血管のモデル化とそれに則したリアルな皮膚の表現方法を提案した。提案手法では、特徴点を皮膚モデルの頂点に配置することにより、血管経路のアウトラインを決定した。そして、その特徴点をスプライン曲線によりなめらかに補間することで、自然に近い血管経路を生成した。さらに、半透明の皮膚モデルと不透明な皮膚モデルを2層に重ねることで皮膚が透過し、血管が見える様子を再現できた。

さらなるリアルな皮膚の外観を得るには、体毛、腱、しわといった新たな要因についても再現する必要がある。

参考文献

- [1] Shinjiro. Sueda, Andrew. Kaufman, Dinesh K. Pai: Musculotendon Simulation for Hand Animation, 2008
- [2] 野口康一: 筋肉モデルを用いたリアルな皮膚形状生成に関する研究, 東京農工大学大学院情報コミュニケーション工学専攻修士論文(2006)
- [3] Frank H. Netter, M. D. : ネットー医学図譜 筋骨格系 I 学生版