

7X-02

繊維階層の微細構造をもつ糸を用いた織物の生成

都甲 裕太郎 池田 泰成 藤代 一成
慶應義塾大学

1 序論

コンピュータの処理速度が向上したことにより、コンピュータグラフィックスにおいて物体をより正確に表現することが可能となった。従来、布は平面的にメッシュを配置したシートとしてモデリングされ、レンダリングやアニメーションが行われることが多かったが、2008年には糸の1本1本の挙動に注目したシミュレーションも盛んに行われるようになった。さらには繊維レベルでのモデリング手法 [1] も Zhao らによって提案された。

Zhao のモデリングでは、CT スキャナで測定されたデータをもとに、ユーザが設定した値にしたがって糸が手続的に生成される。糸は階層的に構成されており、糸、繊維束、繊維に分類することができる。生成される糸は繊維のねじれだけでなく、毛羽も再現されており、微細な構造まで追求している。しかし、この糸を用い生成した織物では、毛羽によって生じる隙間の表現ができていない。毛羽まで再現したのにもかかわらず、糸を組んで織物にする時点では毛羽の衝突を考慮していないため、毛羽によって生じる隙間が表現できていないのである。

そこで本研究では、このような毛羽による隙間をもつ織物の生成を目的にする。具体的には、まず前述の研究で生成された繊維にもう1段階細かな毛羽を追加し、より詳細に表現された糸を生成した。さらにこの糸を用いて、入力した端布の2頂点から微細構造まで表現された矩形の端布を生成した。なお、本稿においては、糸どうしの間隔は、ユーザによる調整に依存するレベルにとどまっている。

2 手法の概要

本手法の概略を図1に示す。この手法は主に4つの処理に分割できる。サブシステム α は、Zhao らの手法 [1] を改良したもので、細かな毛羽を追加した繊維 [2] の頂点情報を出力する。サブシステム β は、ユーザが入力した2頂点から糸の通過する点とそれを繋ぐ辺の情報を出力する。サブシステム γ は、繊維の頂点情報を、点と辺の情報をもとに配置し、端布のデータを作成する。そして最後にこのデータを使用してレンダリングを行い、画像が出力される。

以下では、各サブシステムを詳細に説明する。

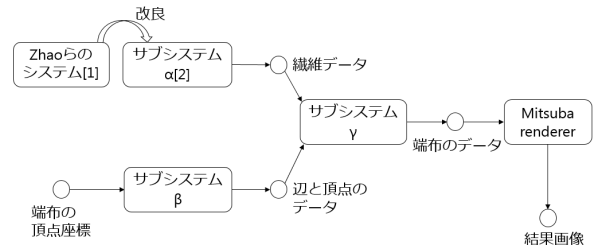
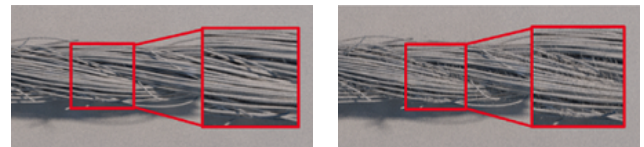


図1: 手法の概略。各サブシステムで繊維データ、辺と頂点のデータ、端布のデータを作成。



(a) Zhao らによる手法。 (b) サブシステム α の手法。細かな毛羽の追加で新たな質感を表現。

図2: 生成した糸の比較。

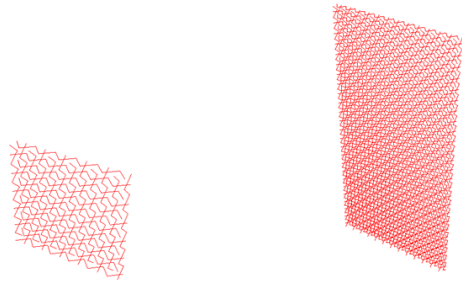
2.1 サブシステム α –繊維の生成–

本手法によって生成された糸と Zhao らの手法によって生成された糸の比較を図2に示す。

Zhao らの手法で生成した糸はCT スキャンのデータ [1] をもとにしている。繊維の断面のデータを取得し、ねじれ、各繊維と糸の中心距離、緩んだ糸の分布、合計の繊維数などの統計情報が保存されている。しかしこの手法では、CT スキャナの分解能に限界があり、ある程度の太さをもつ繊維までしか認識できない。そこでさらに細かな繊維を再現するため、糸の構造を次のような仮説をたてた。現実の糸は再帰的に構造の特徴を継承し、さらに細かな繊維もそれより太い繊維と同様に分布する。つまり、糸-繊維束-繊維の階層構造が存在するが、繊維束から飛び出している繊維の分布と同様に、観測可能な繊維から飛び出しているより細かな繊維も同様に分布していると仮定した。この仮説 [2] にもとづき、毛羽の分布情報を参照し、各繊維に対してさらに細かい毛羽を追加した。

2.2 サブシステム β –頂点と辺の出力–

ユーザが任意の2頂点を入力することによって、矩形の端布の大きさを決定する。それにあわせて縦糸と横糸が交差する点を配置し、また点と点を繋いで糸が通過する辺をつくる。点と辺は端布を構成する糸の中心部が通る位置を表している。それを描画した様子を図3に示す。図3(a)



(a) 糸を疎に配置する例. (b) 糸を密に配置する例.

図 3: サブシステム β によって出力された糸の配置.

は点と辺を疎に配置した様子を, 図 3(b) は密に配置した様子を表している. 端布の大きさを決めた後に, 糸を配置する間隔の縦横幅と上下幅を変更することで, 単位面積あたりの糸の本数を調整することができる. 現状, 糸は直線で折れ線近似している.

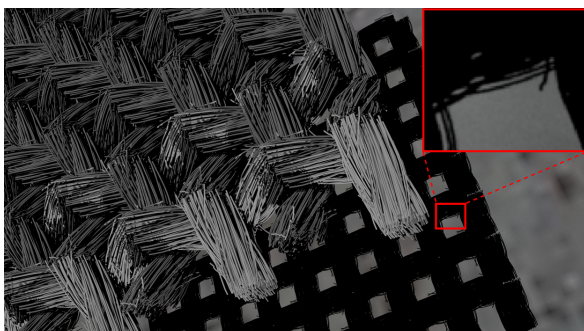
2.3 サブシステム γ – 繊維の配置 –

サブシステム γ は, 端布のデータを作成する. サブシステム α で生成した繊維データは, 繊維の本数, 繊維を構成する点の個数, 繊維が通る点の座標で構成されている. これをサブシステム β によって出力された点と辺の情報をもとに必要な本数だけ複製し, 回転, 移動させる. この操作を繰り返し, 端布の形になるよう繊維が配置される.

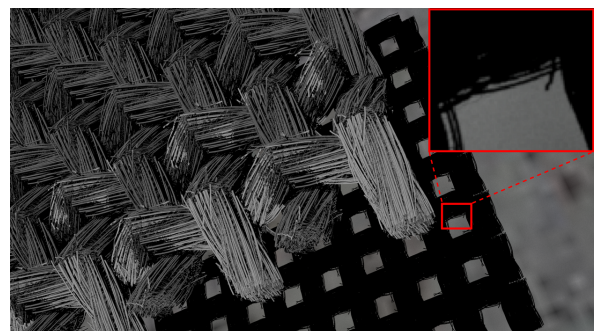
3 結果

実装に, デスクトップ PC(OS: Windows10 64bit, CPU: Intel Core i7-4770 3.40GHz, メモリ: 8GB, GPU: GeForce GTX 750 Ti) を使用した. レンダリングには Mitsuba renderer[3] を使用した. 使用言語は C++ である.

サブシステム γ によって出力された端布のレンダリング結果を図 4 に示す. それぞれは Zhao らの手法で生成した糸モデルを使用したものと, 本手法で生成した糸モデルを使用したものである. 比較すると, 後者の画像では影が広がっていることが確認できる. これは繊維を追加したことによる空隙率低下の表れである.



(a) 毛羽を追加しない例.



(b) 細かな毛羽を追加した例. 影の面積が増大.

図 4: 端布をレンダリングした結果の比較.

4 結論と今後の展望

本研究では, 細かな毛羽まで考慮した織物の生成手法を提案した. 今後の展望として, 次のような 2 点が挙げられる.

1 つは, 糸の配置方法の改良である. 現状, 糸は直線的に扱っているため, 角張って見える. これを改善するために自由曲線の導入が必要である. また, 織物に使われている糸は複数の短い糸によって構成されているために, 接続部が連続的ではない. 長い糸を生成した後に, それを曲げる必要がある.

もう 1 つは糸の色や繊維同士の衝突の考慮である. 色や物理的要素は現実の物体を再現するにあたり重要な要素となる. 細かな繊維による透明感の表現や, 糸が曲げられたことによる収縮についても考慮する必要がある. 特に細かな繊維同士の衝突回避に関しては, 糸モデル周辺の空隙率をもとにして反発係数を与えることによって, パラメタ化できると期待できる.

以上を改善することによって, より現実に近い織物が生成できると考えられる.

謝辞

本研究のサブシステム α で参考としたソースコードと CT スキャンデータを公開している Shuang Zhao, Fujun Luan と Kavita Bala に感謝いたします. また, 本研究の一部は, 平成 28 年度科研費基盤研究 (C)15K00761 の支援により実施された.

参考文献

- [1] Shuang Zhao, Fujun Luan, and Kavita Bala: "Fitting Procedural Yarn Models for Realistic Cloth Rendering," *ACM Transactions on Graphics*, Vol. 35, No. 4, Article 51 (2016).
- [2] Yasunari Ikeda and Issei Fujishiro: "A Recursive Procedural Model for Improving Appearance of Clothes with Fiber-Level Details," *Proceeding of IIEEJ International Workshop on Image Electronics and Visual Computing*, No. 55 (2017).
- [3] Winzel Jacob, Mitsuba renderer. <http://www.mitsuba-renderer.org> (2010).