

布の顕微鏡写真からの糸の3次元配置の再構成

6G-3

任 哲弘[†] 品川 嘉久[†]

東京大学[†]

1 序論

布は縦糸と横糸によって構成されている構造体なので、連続体を仮定したモデルによる変形のシミュレーションを行なうと現実と合わない事がある [1, 2]。連続体によるモデル以外にも格子状のモデルやパーティクルシステムによるモデル等、離散的なモデルも存在するが、布の構造的特徴をうまく捉える事ができなかった [3, 4]。布の構造的特徴を反映させるには、布が変形する際、縦糸と横糸がどのような位置関係に変化するかを調べ、それをモデルに反映させなければいけない。その為には布を変形させ、その顕微鏡写真から布の3次元構造を復元し、布の各部分での縦糸横糸の交差角の変化や交差点のずれ等を調べなければならない。これにより得られたデータを元に布の変形モデルを構築する事になる。

2 布を構成する糸の成す交差点の検出

織物の布の場合、最も単純な織り方による物は図1の顕微鏡写真の様な構造をしている。布はこのような規則

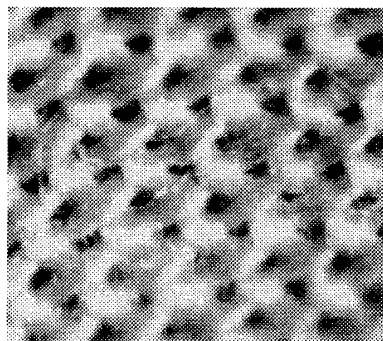


図 1: 布の顕微鏡写真

的なパターンを成している為、基本的な要素を検出する作用子を繰り返し適用する事により布の構造全体を検出する事ができる。布のパターンを成す基本的な要素として縦糸と横糸がなす交差点を使う事ができる (図2)。交差点を検出する直観的な方法として画像上である大きさの窓を設けその窓の中心から窓を一周するように窓の枠

A Reconstruction of Three-Dimensional Arrangement of Threads from Microscopic Photographs

Cholhong Im[†], Yoshihisa Shinagawa[†]

The University of Tokyo[†]



図 2: 縦糸と横糸との交差点

に向かって線を引き、線上の画素の輝度値を足し合わせたを縦軸、枠上の点を横軸とするヒストグラムをとる (図3)。得られたヒストグラムが四つの極大点を持つ場合

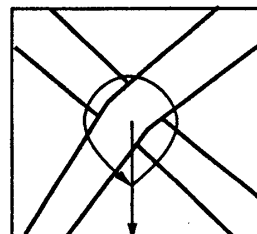


図 3: ヒストグラムのとり方

その窓の内部は交差点を示していると言える。実際にはたとえ交差点でも無数の小さな極大点が存在するので、ヒストグラムを滑らかにした後、極大点の数を数えなければならない。ところが十分に滑らかにすると図4の様な場合でも極大点の数が4になる場合があり、また交差点の場合でも一本の糸を二本の別別の交差する糸と認識してしまう場合がある。このような物を避ける為に以下



図 4: 交差点以外のパターン

の様な条件を加えて検索する

- 交差角の制限。縦糸と横糸がほぼ平行に重なってしまうような交差角にならないようにする。
- 横糸の末端と縦糸の末端の間の窓の枠の部分の輝度値は糸の中心 (交差点) の輝度値より低い輝度値を持つ。
- 窓内の輝度値の平均値より中心の輝度値が高い。

これに加え中心からヒストグラムの極大値の方向に引かれる線(糸の中心線)に対し垂直方向に線を引き、その線上の輝度値を各々ヒストグラムにして、各々のヒストグラムの最大値に相当する横軸の座標(ヒストグラムの左端を横軸の0点とする)の相対的位置の平均値がほぼ横軸の中心になるような条件を与える(図5)。また極



図5: 交差点に適用した場合

大値の方向が必ずしも糸の中心線を通るとは限らないので、垂直方向のヒストグラムに基づき方向を補正する。また垂直方向のヒストグラムからは画像のコントラストの値と合わせて、糸の惚け具合や糸の太さなどを割出す事が出来る。

この方法により画像上の交差点を検出して行く訳だが、窓の大きさを固定したのではうまく行かないので、窓の大きさを徐々に変えながら上の過程を画像の左上から右下に順次行なう。また常に4つの極大方向の線上の輝度の合計を求めその周辺の窓の中で最も輝度値の高い物を選択する(図6)。次に検出された隣合う交差点同士を

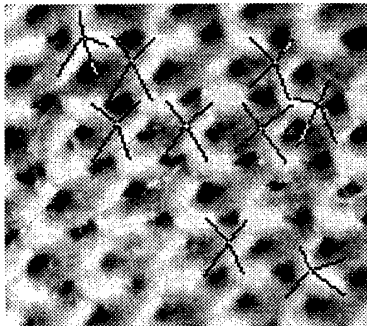


図6: 画像全体に適用した例

結びつける訳だが、これは交差点の中心から一定距離以内の交差点を検索し、糸の中心線の末端の距離が近く、中心線の傾きの差が最少の中心線同士を結びつける事にする。

3 3次元構造の復元

布を顕微鏡の焦点を少しずつずらしながら撮影し、撮影した高度を元に3次元構造を復元する。撮影した各々の画像は前の節で説明した方法でその交差点を検出する。前後する画像においては交差点の位置のずれはあまり大きくなるので、画像間の交差点の対応付けは上の画像の交差点の位置から最も近く、距離が適当な閾値を越えない物を選択する事により行なえる。各交差点と

その高度の対応付けは画像の高度を元に求められる。各画像において焦点のあっている部分はコントラストの値と糸の太さに基づいて求められる。各画像で焦点のあっていない部分は糸の惚け具合から求める。上の画像で惚けていながら、下の画像で焦点が合っている場合その画像の高度に書き変える。この時書き変えた値と、惚け具合から求めた値を照らし合わせ他の交差点の高度の値を補正する。また上の画像で高度が確定した交差点が下の画像で惚けて現れるがこれからも他の交差点の高度の補正值を導く。実際には幾つかの相異なる補正值が各々の交差点に対して現れる事になるが、補正值としてはこの平均値をとる事にする。

4 計算結果の解析

上の計算結果によって得られたデータから曲率と交差点の関係、曲率と交差点のずれとの関係等を求める。交差点のずれは変形する前の平坦な状態の布に幾つかの印をつけ写真を撮っておき、交差点の位置を検出した物と変形して得られたデータの差から求める事が出来る。

5 まとめ

閾値等により条件を厳しく取ればより正確に交差点を取る事が出来るが、その分検出出来る交差点の数が減ってしまう。検出できない交差点の数が少なく、交差点が二つ以上続けて検出出来ない様な場合がない時は交差点の位置を周辺の交差点とその部分の画像の解析から推定できるが、誤差がどれ程になるかが不明瞭になる。また焦点が合っている部分をどれだけ正確に求められるかにより交差点の高度の正確さが決まるが、現在の方法では誤差がどのくらいになるのかはつきりしない。今後は検出出来なかった交差点を手動で入力する方法の採用や、焦点の合っている位置の計算の改善等により誤差がより正確に予測出来る方法を研究する。

参考文献

- [1] D. Terzopoulos, K. Fleisher, "Deformable Models", *The Visual Computer*, vol 4, pp306-331, 1988
- [2] M. Aono, "A Wrinkle Propagation Model for Cloth", *CG International '90, Springer-Verlag*, pp95-115, 1991
- [3] T. L. Kunii, and H. Gotoda, "Singularity Theoretical Modelling and Animation of Garment Wrinkle Formation Process", *The Visual Computer*, vol 6, pp326-336, 1990
- [4] D. E. Breen, D. H. House, M. J. Wozny, "Predicting the Drape of Woven Cloth Using Interacting Particles", *Siggraph Computer Graphics Proceedings*, pp365-372, July, 1994