

静脈像を利用した皮膚変形推定

○ 岩本 貴之 (東京大学)

篠田 裕之 (東京大学)

Estimation of the Deformation of the Skin Using Finger Vein Image

Takayuki Iwamoto (The University of Tokyo)

Hiroyuki Shinoda (The University of Tokyo)

We propose a new technique to observe the internal deformation of a fingerpad using the finger vein image. As a preliminary experiment, we observed finger vein images when simple deformations were applied to a finger pad. An acrylic plate was placed on the surface of a fingerpad and moved so that the plate caused horizontal displacement at the contact point. The displacement vector fields of the finger vein image were calculated.

1. はじめに

現在までに、指先皮膚の変形と触知覚に関する研究が数多くなされている[1][2]。しかしながら、従来行われてきたのは、シミュレーションや皮膚表面部分の変形の観察であり、皮膚内部の変位分布を直接的に観測することは行っていない。皮膚表面の変位分布からだけでは、内部におけるせん断歪を、皮膚の弾性や構造に関する仮定なしで直接的に求めることは不可能である。

我々は、指先皮膚内部の変形を観察する手法として、近赤外光による静脈像[3]の利用を提案する。皮膚内部の変位を観察する方法としては、OCTも考えられる。OCTによる観察は分解能の高さが利点であるが、一方で、精密な光学系が必要とされる。また、皮膚表面から3mm程の比較的浅部の観察には適しているが、逆に、深層の観察は難しい。近赤外線による静脈像は、OCTに比して鮮明ではないものの、必要なデバイスは赤外線LED、光学フィルタ、CCDカメラのみであり、特殊な光学系は必要ない。その簡便性は、特に入力装置としての応用に適している。近年では、iPhone、Microsoft Surfaceなどのマルチタッチインターフェイスが一般に手に入るようになってきたが、これらのインターフェイスが取得しているような、指先の接触位置の情報に加え、指先変形の計測によって得られる操作者の指先応力分布の情報も加えることができれば、インターフェイスとしての可能性はより広がると考えられる。

本稿においては、この静脈撮像による皮膚変形観察の可能性を、予備的な実験結果を踏まえて検証する。本稿の構成を以下に記す。第2章において、実験装置の概要とその撮像結果を示す。第3章において、得られた静脈画像の解析について論じ、その結果を示す。

2. 実験

2.1. 皮膚変形計測方法

前節で述べたように、本研究では静脈画像を利用して

指先皮膚変形の計測を行うことを目標としている。皮膚のせん断変形を取得するためには、深さの異なる2層に関しての変位分布が必要である。そのような変位分布を指先画像から得る際の特徴的なパターンとして、我々は静脈像と指紋パターンとに着目した。指紋パターンの変位分布により皮膚表面の変位分布を取得し、静脈像により深層の変位分布を取得することで、皮膚内部のせん断変形を取得することが可能と考えられる。

今回の実験においては、予備的な実験として、静脈像の撮像と、その指先の変形にともなう変位分布の推定のみを行い、指紋画像の解析は行っていない。以下の実験においては、物体と指先皮膚表面との接触部位においては滑りが起こらないことを仮定している。

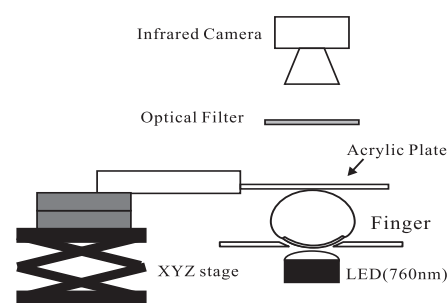


Fig. 1. A schematic drawing of the experimental setup

2.2. 実験装置

Fig. 1に実際に用いた実験装置を示す。撮像系は、赤外線高出力イルミネータ(波長760nm, epitex製)、光学バンドパスフィルタ(中心波長760nm, 半値幅12nm, 朝日分光製)、赤外線CCDカメラ(SONY製, XC-EI50)、マクロレンズ(エドモンドオプティクス製)よりなる。カメラからの映像はNTSC信号で出力され、画像キャプチャボード(Interface製, PCI-5531)で30HzのフレームレートでPCに取り込まれた。画像の解像度は640×480pixelであった。

撮像対象となる指は、爪側を下にして台上に固定し、爪側

から赤外線を照射した。腹側には透明アクリル板（厚さ 3mm）を指紋中心付近に、接触面が長径 8mm ほどの楕円状になるように押し当てた。アクリル板は XYZ ステージによって、0.01mm の精度で移動させることが可能であった。

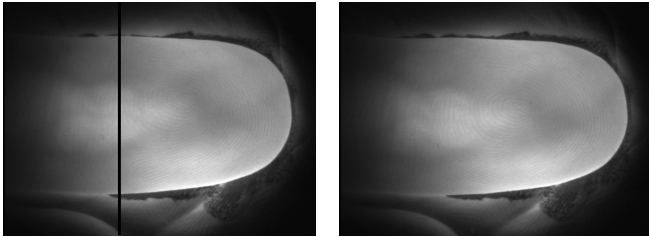


Fig. 2 Captured images of the subject's right index finger before and after deformation. Left: Before deformation. The white line represents a cross section line referred in Fig. 9. Right: 1 mm displacement toward the thumb was applied on the center of the fingerpad.

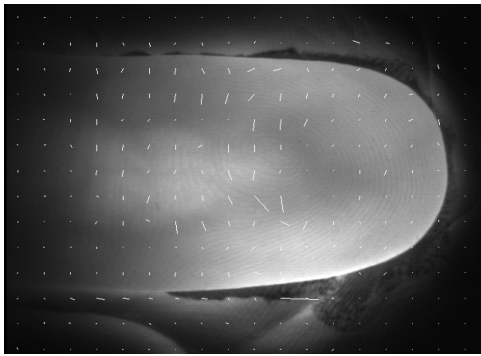


Fig. 3 Calculated displacement vector fields using two images in Fig. 2.

3. 結果

3.1. 解析方法

静脈画像を用いて、指先内部の皮膚の変位の推定を行った。変位を加える前と加えた後の画像の各点の対応を Lucas-Kanade アルゴリズムを用いて推定した。実装には OpenCV を用いた。前処理として、バンドパスフィルタにより、照明の不均一性に起因する低周波成分と指紋を除去し、その後 2 画像の対応点の移動量の推定値を計算した。

静脈は指の内部で 3 次元的な構造を持っているため、変位も奥行き方向も含めて 3 次元で求めることが望ましいが、本実験においてはカメラ 1 台のみで得られる水平方向の 2 次元の変位のみを求めた。

3.2. 空間強度分布

Fig. 2 は、指の軸に対して垂直に親指側の方向（画像では下方向）に 1 mm 変位を加えた際の画像（Fig. 2 右）と加える前の画像（Fig. 2 左）である。これら 2 枚の画像を元に対応点の移動量を推定し、変位を加える前の元画像に重ねて表示したのが Fig. 3 である。移動量推定の際の窓の大きさは 35×35 pixel とした。

皮膚表面に加えた変位方向と、計算された移動量ベクトル

場の大まかな方向は一致している。Fig. 2 に示す黒線上における各点で推定された変位をプロットしたものが、Fig. 4 である。横軸が画面上端からの距離[mm]、縦軸が各位置での変位[mm]を表している。変位は親指側へ向う方向（画像の上端から下端に向かう方向）を正の方向とした。

Fig. 4 のグラフには以下のような特徴がある。まず、全体に変位方向が正であり、皮膚表面に加えた変位の方向と一致する。また、アクリル板と接触をしている直下に比べて、その周辺の方が変位が大きいことが読み取れる。変位量に関して見ると、計算された変位は最大で 0.5 mm ほどであり、皮膚表面に加えた変位 1mm と比べて小さい。これは、静脈が皮膚内部にあるため、表面に加えられた変位よりも静脈付近での変位が小さくなることと合致する。

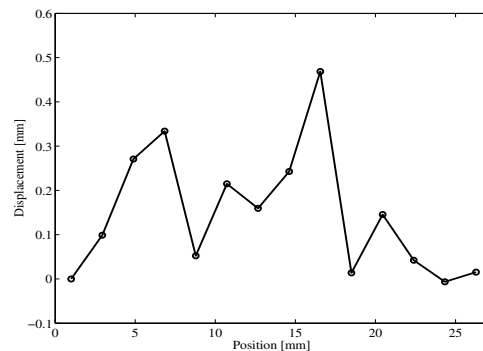


Fig. 4 Displacement in the y direction shown in Fig. 3. The calculated displacements at points on the cross section line (shown in Fig. 2 left) was plotted. The horizontal axis represents the distance from the upper bound of the picture. The vertical axis represents the calculated displacements.

4. まとめと今後の課題

本稿では、静脈画像を利用する皮膚変形観察の手法を提案し、その予備的な実験結果を示した。今後はより精密な実験を行うと共に、実際のインターフェイス応用へと向けた研究を行う。

参考文献

- 1) K. Dandekar, B. Raju, and M. Srinivasan, "3-D Finite-Element Models of Human and Monkey Fingertips to Investigate the Mechanics of Tactile Sense," *Journal of Biomechanical Engineering*, vol. 125, pp. 682-691..
- 2) V. Levesque, and V. Hayward, "Experimental Evidence of Lateral Skin Strain During Tactile Exploration," *Proc. Eurohaptics 2003*, 2003..
- 3) S. Im, H. Park, Y. Kim, S. Han, S. Kim, C. Kang, and C. Chung, "A Biometric Identification System by Extracting Hand Vein Patterns," *J Korean Phys Soc*, vol. 28, No. 3, pp. 268-272, 2001.