

静脈像にもとづくタッチインタフェースのための基礎的検討

○星 貴之 (名古屋工業大学)

Basic Study on Touch Interface Based on Vein Image

○Takayuki Hoshi (Nagoya Institute of Technology)

A touch interface based on images of veins running under skin is proposed. The images are obtained with an infrared illumination and an image sensor. The vein images have information about the internal deformation of the skin tissue. The information is used to estimate not only normal force but also tangential and rotational forces. That gives users additional input manners such as non-sliding and turning gestures. This paper reports results of preliminary experiments and discussions.

Keywords: Touch interface, Finger, Infrared, Vein image.

1. はじめに

近年、タッチディスプレイを搭載した携帯機器が広く普及し、これに伴ってタッチインタフェースへの関心が高まりを見せている。現在市販されているデバイスは、表面に加えられた法線力のみを計測する。そのため、例えば画面中のカーソルを移動させるためにはデバイス上で指を移動させる必要がある。タッチインタフェースに接線力を計測する機能が追加されれば、指を移動させずにカーソルを操作するなど、入力操作のバリエーションを増やすことができる。

接触面において接線力を計測する方法は、大きく二つのタイプに分類される。触られる側のデバイスを高機能化するタイプと、触る側の指から情報を読み取るタイプである。前者の例としてはゲルフォース [1] が挙げられる。弾性体内のマーカ一群の変位分布から表面に加えられた力ベクトル分布を計測する。後者には指紋の変形 [2] や、爪の色変化 [3]、爪のひずみ [4] などにもとづくものがある。このタイプは現在のところ、様々な原理の提案がなされている段階である。

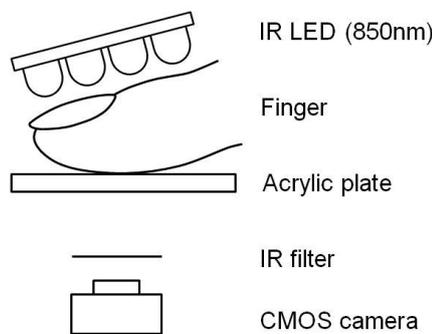
本研究では後者のタイプに属する新しい方式として、静脈像にもとづく方法を提案する。これは皮膚の内部変形を観察するために静脈像を利用する研究 [5] をタッチインタフェースに応用したものである。近赤外光を用いて皮膚内部を走行する静脈パターンを撮像し、その移動・変形にもとづいて皮膚表面に加えられた法線力、接線力、回転力を推定する。

近赤外光を用いた指の静脈撮像の技術は、すでに静脈認証として一般に普及している。しかし静脈認証においては通常、指を検出面に触れさせないか、軽く接触した状態で撮像が行われる。そのため、筆者が調査した限りでは、指を検出面に押し付けた場合に関する詳細な報告は存在しない。そこで本研究では、まず接触時の静脈像の挙動を明らかにする。

本稿では、最初に静脈撮像の原理について説明し、試作デバイスを紹介する。次に静脈像の挙動を調べた実験について報告する。本手法の特長について述べ、最後にまとめる。



(a) Photo.



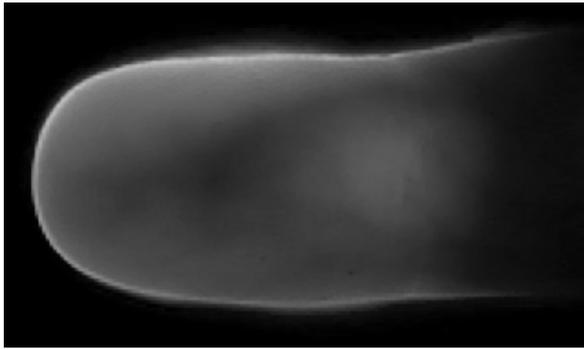
(b) Illustration.

Figure 1. Experimental setup.

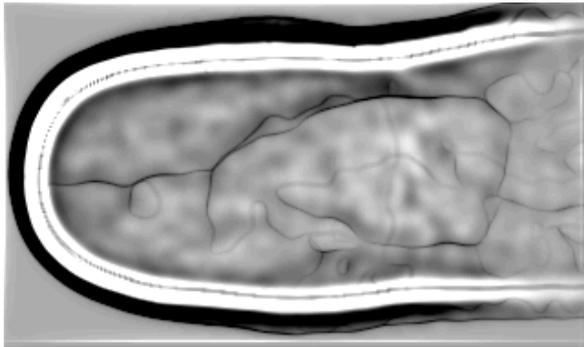
2. 静脈撮像

2.1 原理

静脈像は以下のように撮影される。波長 700~1200 nm 程度の近赤外光は生体組織に吸収されにくい [6]。それを指先に照射すると、内部に透過し、強く散乱される。またこの帯域では血液中のヘモグロビン (とメラニン) による吸収が支配的である。結果として皮膚表面近くを走行している静脈が散乱光の影として観察される。



(a) Original image.



(b) Processed image.

Figure 2. Examples of finger image.

2.2 撮像装置

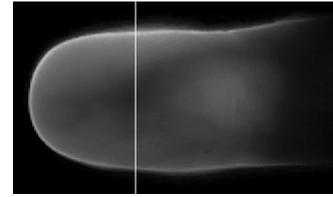
静脈認証の分野では透過型・反射型の二つの方式が存在する [7]. 光強度を上げて高コントラストにできる透過型, 機器をコンパクトにできる反射型, という特長があり, 目的によって使い分けられている. 携帯機器に搭載する場合には, 指にデバイスを装着する必要のない反射型が適している. 本稿では簡単のため, 指の爪側から照明し腹側で撮影する透過型の構成を採用する (Fig.1).

照明には中心波長 850 nm の赤外線 LED を用いる. LED を指の爪側に装着し, 腹側を軽くアクリル板に押し当てる. 板の反対側から CMOS イメージセンサで撮影して画像を PC に取り込む. 筆者の右手示指の画像を Fig.2(a) に示す.

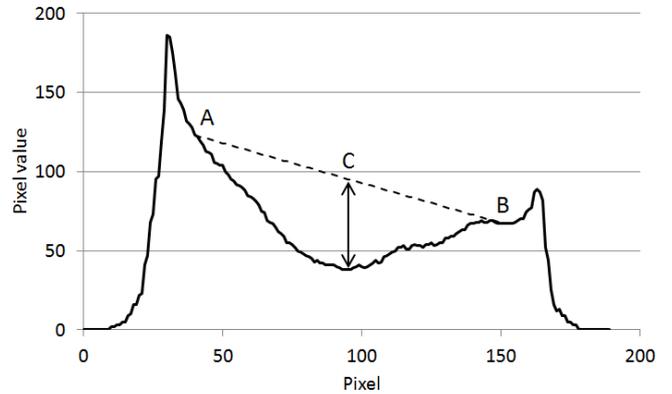
2.3 画像処理

得られた画像は生体組織による散乱の影響を受けてぼやけている. そこで鮮明な静脈像を得るための画像処理が必要となる. 本稿では Dilation 演算により静脈を細線化し, 輝度値の上下を適当な閾値で打ち切り, 正規化して出力することとした. 画像処理は OpenCV を用いて実装した. Fig.2(a) を処理した結果を Fig.2(b) に示す.

上述の処理は簡易的なものである. 静脈の中心線が正しく抽出される保証はなく, また静脈以外の要素も強調されるため注意が必要である. 静脈の抽出法については静脈認証や眼底検査の分野で研究が行われている [8][9]. 信頼性の高い静脈像を得るため, 将来的にそれらを応用することも考えられる.



(a) Location (12 mm from tip).



(b) Example (no load).

Figure 3. Cross-section of finger image.

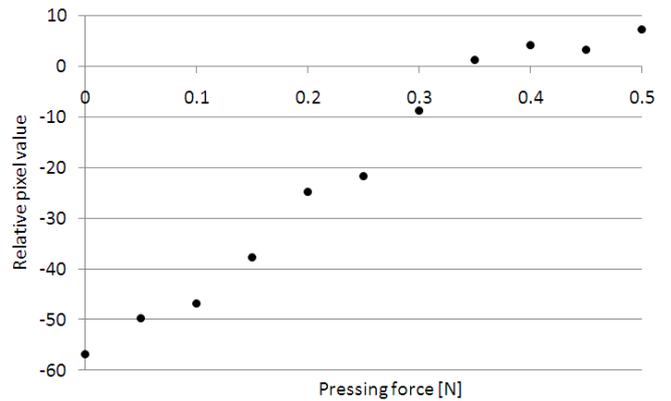


Figure 4. Experimental results on effect of pressing force.

3. 実験

3.1 法線力(押下力)

指先を検出面に押し付けると血流が阻害され, 静脈像が不鮮明になる. そのため, 静脈認証においては指を検出面に触れさせないか, 軽く接触した状態で認証が行われる. 一方, 本研究では指先を押し付けることを前提としている. そこで押下力が静脈像に与える影響を調べる.

実験は次のように行った. 撮像装置の下に配置した電子秤によって押下力を計測した. 0.00 N から 0.50 N まで 0.05 N おきに押下力を増加させ, それぞれの押下力において静脈像を記録した.

接触位置 (指先から 12 mm の位置) を横切る直線 (Fig.3(a)) に沿った各画素の輝度値を Fig.3(b) に示す (押下力 0.00 N の

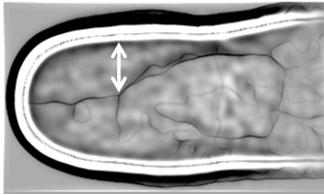


Figure 5. Lateral distance between finger outline and vein.

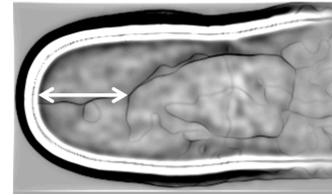


Figure 7. Distal distance between finger outline and vein.

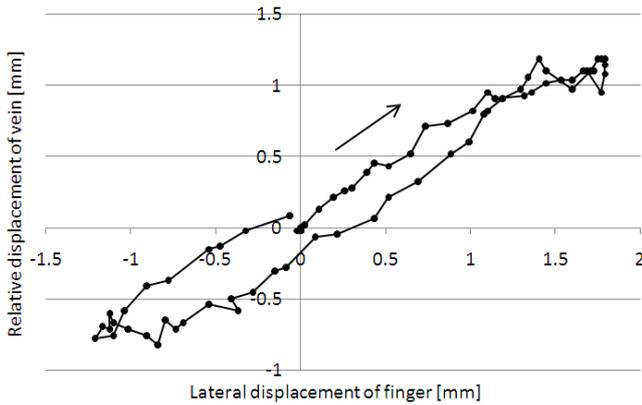


Figure 6. Experimental results on lateral movement.

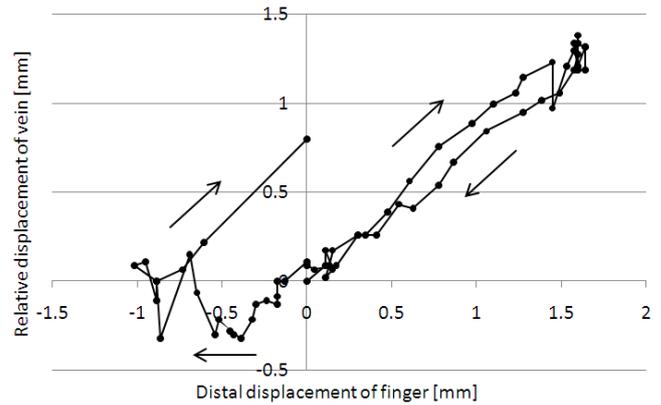


Figure 8. Experimental results on distal movement.

場合). ふたつある輝度値の山が指の輪郭, 中央の谷が静脈である. 点 A, B の外側では, 押下力によらず輝度値がほぼ一定であった. これら二点を結ぶ線分を考え, 静脈位置における線分上の点 C の輝度値と実際の輝度値の差 (図中の矢印を参照) をとり, 静脈像の鮮明さを表す指標として用いる. 指標が負の値のとき, 周囲より暗い部分, すなわち静脈像が見えている.

各押下力について指標をプロットしたものを Fig.4 に示す. 静脈像は押下力が増えるにつれて不鮮明になっていき, 0.30 N と 0.35 N の間で消失することが読み取れる. また指標が負の領域において単調増加であることから, 輝度値にもとづいた押下力の推定も可能である.

これ以降の実験は, 静脈が見える範囲内 (0.30 N 以下) の押下力で実施した.

3.2 接線力(中心軸に垂直)

静脈は接触面近くにあり, また指の輪郭は柔軟な皮膚組織を介して静脈より上方に位置する. よって接触面をずらさずに指を接触面に平行に移動すると, 静脈と輪郭の相対距離が変化する. これを確認する実験を行った. 撮像装置の検出面に指を載せ, 指の中心軸と垂直な方向に, 接触面が動かないように往復させながら画像を取得した.

静脈像と輪郭の相対変位 (Fig.5 の矢印が表す距離の, 初期状態からの変化量) を, 指の変位に対してプロットしたグラフを Fig.6 に示す (1 往復分). 画面上方向の変位を正としている. 矢印は時間経過の方向を表す. グラフから, 指を上に変位させると静脈像と輪郭が離れ, 下に変位させると近づくことがわかる. 直線で近似すると, 比例係数は 0.68 である.

3.3 接線力(中心軸に平行)

指は円筒形であるため, 異方性を持つ. そこで前節と同様の実験を, 指の中心軸と平行な方向についても行った.

静脈像と輪郭の相対変位 (Fig.7 の矢印が表す距離の, 初期状態からの変化量) を, 指の変位に対してプロットしたグラフを Fig.8 に示す (1 往復分). 画面左方向の変位を正としている. 図から, 指を左に変位させると静脈像と輪郭が離れ, 右に変位させると近づくことがわかる. 試行終了時に相対変位が 0 mm から大きく離れている (0.8 mm) のは, 指を手前に引いたとき接触面がずれたことが原因と考えられる. 輪郭の変位ではなく, 力センサで計測した接線力を横軸にとればこの誤差は現れない. 接触面がずれる前までのデータを直線で近似すると, 比例係数は 0.79 である.

3.4 回転力

前述のとおり静脈と輪郭は異なる高さにあるため, 指表面に回転力を加えると両者の間にねじれが生じる. これを確認する実験を行った. 接触点を中心として指を回転させながら画像を取得した.

静脈と指の輪郭の相対角度変化 (Fig.9 の矩形領域と輪郭の相対角度の, 初期状態からの変化量) を, 指の角度変化に対してプロットしたグラフを Fig.10 に示す (1 往復分, 角度分解能 1 deg). 時計回り方向の角度変化を正としている. グラフから, 指を時計回りに回すと静脈と輪郭が離れ, 反時計回りに変位させると近づくことがわかる. 相対角度変化は指の角度変化が小さいうちは比例するが, 8 deg に達すると飽和し, ヒステリシスを示す.

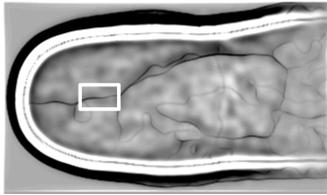


Figure 9. Subarea to calculate rotation of vein.

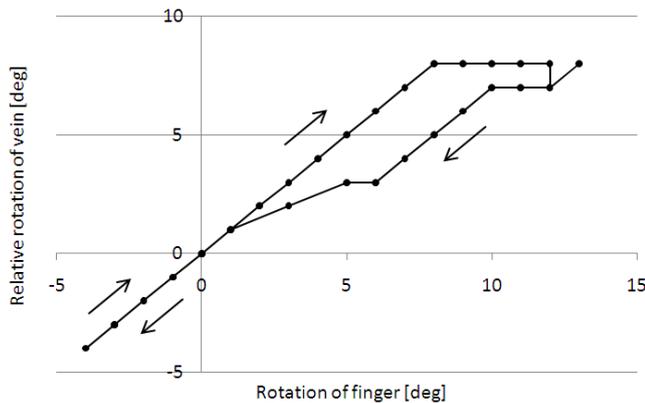


Figure 10. Experimental results on rotational movement.

4. 提案手法の特長

本手法は法線力、接線力、回転力が推定可能であることに加えて、以下の特長を持つ。

4.1 静脈認証の併用

本研究では静脈を皮膚内部に埋め込まれたマーカーとして利用している。一方で、静脈はバイオメトリクス [7] の側面も持つ。文献 [10] では同じくバイオメトリクスである指紋を用いた「各指に仮想的にコマンドを割り当てる」「他人では実行できない」などの機能を提案している。静脈を用いる本研究においても、これらの機能を実現できる可能性がある。

4.2 近赤外光の性質

日常生活の中で使用されるタッチインタフェースにおいて対策が必要な課題のひとつとして指紋汚れが挙げられる。本手法で用いる近赤外光は皮脂を透過するため、可視光を用いる場合と比較して指紋汚れの影響を受けにくいという利点がある。また近赤外光のみを透過して可視光を遮断するフィルタを用いて、撮像装置をユーザから隠すこともできる。

5. おわりに

本稿では静脈像にもとづいたタッチインタフェースを提案した。接触面における法線力、接線力、回転力を推定することができる。近赤外光を用いた静脈撮像について説明した。また皮膚表面に力が加えられたときの静脈像の挙動を調べる

実験について報告した。押下力が 0.30 N 以下のとき静脈像が観察できることがわかった。接触面をずらさず指を移動させたときの、輪郭の変位・角度と静脈輪郭間の相対変位・相対角度変化を観察したところ、両者が高い相関を示すことが確かめられた。提案手法には静脈認証を併用することによる機能充実の可能性や、近赤外光の性質にもとづく利点があることを述べた。

今後は繰り返し精度の検証、撮影条件と画像処理の最適化、変位推定に有効な特徴量の検討、変位推定の自動化、などを行う予定である。

謝辞

本研究は日本学術振興会・学術研究助成基金助成金・若手研究 (B) (研究課題番号: 23700213) の助成を受けたものである。

参考文献

- [1] 神山和人, 梶本裕之, 稲見昌彦, 川上直樹, 舘暉: 触覚カメラ — 弾性を持った光学式3次元触覚センサの作成 —, 電気学会論文誌 E, vol. 123, no. 1, pp. 16-22, 2008.
- [2] 池田篤俊, 栗田雄一, 上田淳, 小笠原司: 初期滑り時の指紋変形を利用した小型ポインティングデバイスの開発, 情報処理学会論文誌, vol. 45, no. 7, pp. 1769-1778, 2004.
- [3] S.A. Mascaro and H.H. Asada: Measurement of finger posture and three-axis fingertip touch force using fingernail sensors, IEEE Transactions on Robotics and Automation, vol. 20, no. 1, pp. 26-35, 2004.
- [4] 前野隆司, 佐藤武彦: 爪のひずみを利用した触覚センサ, ROBOMEC2000 講演論文集, 1A1-69-097(1-2), 2000.
- [5] 岩本貴之, 篠田裕之: 静脈像を利用した皮膚変形推定, SICE SI 2007 講演論文集, pp. 503-504, 2007.
- [6] B.L. Horecker: The absorption spectra of hemoglobin and its derivatives in the visible and near infra-red regions, Journal of Biological Chemistry, vol. 148, pp. 173-183, 1943.
- [7] 清水孝一: バイオメトリクス — 生体特徴計測による個人認証 —, 生体医工学, vol. 44, no. 1, pp. 3-14, 2006.
- [8] 三浦直人, 長坂晃朗, 宮武孝文: 線追跡の反復試行に基づく指静脈パターンの抽出と個人認証への応用, 電子情報通信学会論文誌, vol. J86-D-2, no. 5, pp. 678-687, 2008.
- [9] 岩瀬達彦, 村松千左子, 畑中裕司, 周向榮, 原武史, 藤田広志: 眼底画像における細動脈狭窄評価のための主幹動脈の自動検出および分類法, 電子情報通信学会技術報告, vol. 109, no. 407, pp. 189-193, 2010.
- [10] 内田薫: 指紋照合技術とそのヒューマンインタフェースへの応用, 日本機械学会 情報・知能・精密機器部門講演会講演論文集, pp. 9-13, 2000.