

多指の爪色画像計測による指先押下及び押下方向の検出

学籍番号:09C09703 佐藤研究室 小川修平

1. 研究背景

人間は、拇指・示指・中指・薬指・小指の五本の指を巧みに使用し外界への働きかけを行っている。そこで、本研究では、片手五本の指それぞれの指先に加えた力とその方向を利用した新たな入力インタフェースを提案する。本手法では、カメラを用いて押下時の指先画像の色模様変化を検出し、指先の押下判定を行う。カメラを用いることで、指先の接触判定面をパネル上に限定する必要がなくなる。これにより、机上や壁面など日常空間のあらゆる面を介してディスプレイに表示された物体とインタラクションを行うことができる。さらに、入力を指先との接触面に限らず、接触した際に指先に加えられた力及びその方向を利用することにより入力自由度の高い操作が可能となる。

2. システム概要

本システムは、カメラ画角内に存在する手指の画像から片手5本指の指先領域を抽出することで、指先押下推定及び押下方向推定を行う。システム構成図を図1に示す。

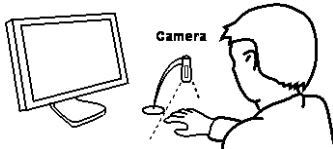


図1. システム構成

2-1. 指先押下推定手法

人間の爪領域の色模様は、指先を硬物体に押し付けた場合、爪領域が赤みを帯びた肌色を呈する領域と、白濁色を呈する領域に分割される。従って、押下時の指先領域は非肌色の輝度値の分散が増加すると予想される。そこで、非肌色の指標として、経験的に他の表色系と比較して比較的大きな分散変化が得られたYIQ表色系におけるQ値の分散 $\text{var}(t)$ を計測することで、押下の推定を行う。分散変化は押下時の鉛直下方向の力 F_z の変化に対し、遅延して生じることから、 F_z を次式で推定する。

$$F_z(t) = k \left(c_1 \frac{d \text{var}(t)}{dt} + \frac{\text{var}(t)}{c_2} \right)$$

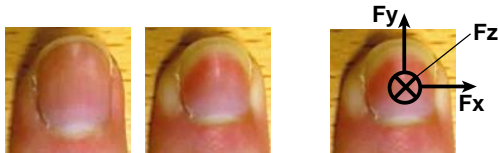


図2. 押下時の爪色変化と押下方向定義

2-2. 指先押下方向推定手法

指先を硬物体に対して押し付けた状態で水平方向に力を加えると、当該方向に指先がずれる。前後方向の指先ずれを Δy 、左右方向の指先ずれを Δx とし、水平方向に加えた力と指先ずれを次式で対応させ、指先押下方向 θ を推定する。

$$\begin{bmatrix} F_x \\ F_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\tau_x \log \left(1 - \frac{\Delta x}{k_x} \right) \\ -\tau_y \log \left(1 - \frac{\Delta y}{k_y} \right) \end{bmatrix}, \quad \theta = \tan^{-1} \left(\frac{F_y}{F_x} \right)$$

3. 押下推定精度検証

拇指から小指までの各指先の押下推定精度検証を行うた

めの実験を行った。

実験方法

被験者5名に対し、3軸力覚センサ上に置いた拇指から小指までの各指先で3回押下動作を繰り返してもらった。

実験結果と考察

図3に実験結果を示す。拇指から小指までの全ての指で押下時のQ値分散増加が見られた。また、提案手法により、分散変化の遅延を補正することに成功した。

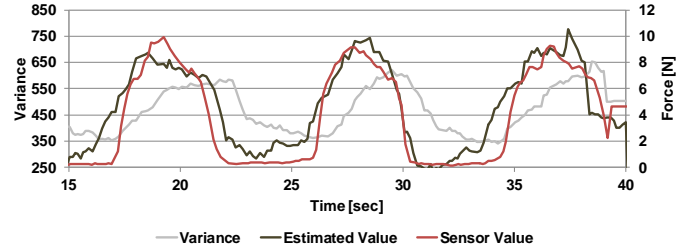


図3. 指先押下推定

4. 押下方向推定精度検証

拇指から小指までの各指先の押下方向推定精度検証を行うための実験を行った。

実験方法

被験者5名に対し、前後左右の各方向に指先の力を加えた状態で静止してもらい、その時の押下方向推定値とセンサから得られた値の誤差を計測する。

実験結果と考察

表1に全被験者の各方向平均誤差と標準偏差を示す。示指、中指、薬指の3本の指は誤差が10[deg]程度である。対して、拇指と小指の誤差は20から30[deg]と他の3本の指と比べて大きくなっていることが分かる。このことから、本システムにより、押下方向を利用する場合は主に示指、中指、薬指の方向を用いるのが妥当であるといえる。また、その時10[deg]程度の押下方向のぶれは無視してよいと考えられる。

表1. 押下方向推定精度

	拇指	示指	中指	薬指	小指
誤差[deg]	23.4	8.7	9.9	13.4	29.8
標準偏差[deg]	3.5	1.7	2.4	2.1	8.4

5. アプリケーション

5本指それぞれの指先に加えた力を利用するアプリケーションの1つとして、アバターハンドを作成した。各指先に加えた力をアバターハンドの指関節の曲げ角度に対応させることで、物体の把持動作を可能にした(図4)。



図4. アバターハンドの操作

6. まとめ

本稿では、片手5本指の物体に対して加えられた力とその方向を推定し、インタフェースの入力として利用する手法について述べた。