

災害時の情報収集のための単眼カメラを用いた入力システムの検討

三浦 衛† 本間 尚文† 畑 雅之‡ 片桐 寛‡ 青木 孝文†
 † 東北大学 大学院情報科学研究科 ‡ トライポッドワークス株式会社

1 はじめに

災害時には、通信ケーブルの断線や通信設備の電源喪失によりネットワークが孤立することで、災害直後の重要な情報が喪失することが危惧される。このとき、通信の中継点となるネットワークノードが局所的に情報を収集・整理することができれば、接続が回復した際に重要な情報を迅速に伝達することが可能である。筆者らの研究グループでは、このような災害時における情報の集積を行うネットワークノードを開発している[1]。ノードが収集する情報は、人物の安否、要救護者に関する情報、食料や医薬品の備蓄、被害状況など、多岐にわたる。このような情報をノードに入力する際には、耐故障性とコストの観点から、単一の装置を用いてより多くの種類の情報を入力できることが求められる。

このような要求に対して、本稿では、単眼カメラと透明なパネルを組み合わせた入力システムを提案する。マイクやキーボード、タッチパネルのような既存の入力装置に比べ、提案する入力システムでは、カメラを用いた画像の取得によって、顔写真の撮影や文書の読み取りなど、さまざまな種類の情報を入力することが可能である。加えて、パネルを指でなぞることでタッチパネルのようなポインティングデバイスとしても機能する。本稿では、同機能の実現に向けて、パネル越しに人物の手を撮影した画像から指先の領域を検出するアルゴリズム、および指先とパネルとの接触を判定するアルゴリズムについて検討する。

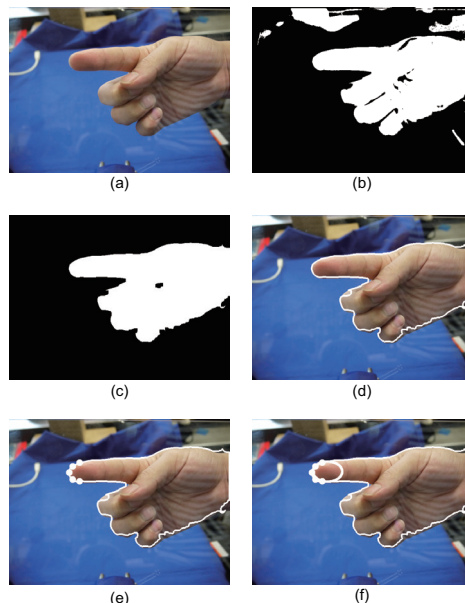


図 1: 指先領域の検出処理: (a) 入力画像, (b) 肌色検出, (c) 手領域の検出, (d) 輪郭追跡, (e) 指先領域の点の判別, (f) 楕円フィッティング

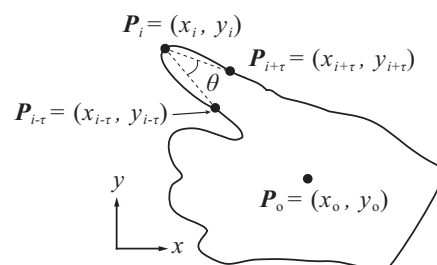


図 2: 指先領域に属する点の判定

2 ポインティングデバイス機能の実装

2.1 指先領域の検出アルゴリズム

図 1 に人物の手を撮影した画像から指先領域を検出するアルゴリズム [2] の一連の処理を示す。以下に処理の詳細を述べる。

Step 1: HSV 色空間におけるしきい値処理によって、入力画像 (図 1 (a)) から肌色領域を検出する。検出結果をもとに、肌色領域を白、それ以外の領域を黒とした

2 値画像を生成する (図 1 (b))。2 値画像に対してクロージング処理を行い、最も大きい領域を手領域とする (図 1 (c))。

Step 2: Step 1 で得た手領域に対して輪郭追跡を行い、輪郭点を得る (図 1 (d))。輪郭点のそれぞれについて、指先領域に属する点であるかどうかを判別する (図 1 (e))。図 1 (e) では、指先領域に属する点を太い点で示している。いま、図 2 に示すように、輪郭点のうちで i 番目の点を $P_i = (x_i, y_i)$ とする。次の条件をすべて満たすとき、この点を指先領域に属する点とする。

$$\frac{\ell_{i(i+\tau)}^2 + \ell_{i(i-\tau)}^2 - \ell_{(i-\tau)(i+\tau)}^2}{2\ell_{i(i+\tau)}\ell_{i(i-\tau)}} > \cos \theta_{th} \quad (1)$$

$$\ell_{io} > \ell_{(i-\tau)o} \quad (2)$$

A Study on Input System Using Monocular Camera for Data Gathering under Disaster Situations

†Mamoru MIURA †Naofumi HOMMA ‡Masayuki HATA

‡Hiroshi KATAGIRI †Takafumi AOKI

†Graduate School of Information Sciences, Tohoku University

‡TripodWorks CO., LTD

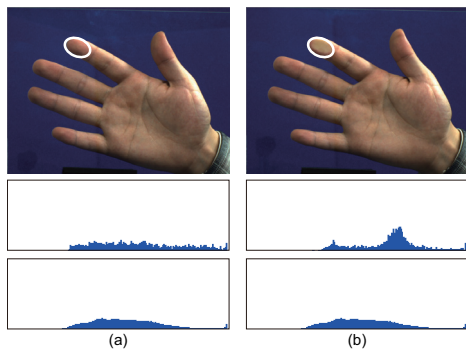


図 3: 指先領域の接触判定 (上段: 入力画像, 中段: 指先領域における明度のヒストグラム, 下段: 手領域における明度のヒストグラム): (a) 非接触時, (b) 接触時

$$l_{io} > l_{(i+\tau)o} \quad (3)$$

ただし, θ_{th} および τ は定数である. ここで, $P_o = (x_o, y_o)$ は手領域の重心とし, l_{ij} を P_i と P_j との距離とすると, 式 (1) は, 余弦定理から導出されたものであり, $P_{i-\tau}$, P_i , $P_{i+\tau}$ がなす角 θ が θ_{th} よりも小さいことを示している. 式 (2) および式 (3) は, P_i が, $P_{i-\tau}$ および $P_{i+\tau}$ よりも手領域の重心から離れていることを示している. **Step 3:** Step 2 で得た点群に対して, 楕円フィッティングを行う. 得られた楕円を指先領域とする (図 1 (f)).

2.2 指先領域の接触判定アルゴリズム

指先領域は, 手領域の一部であるため, 手領域に似た色を持つ. しかしながら, 指先がパネルに接触すると, 圧力が加わることで指先領域は白く変化する. 図 3 に非接触時と接触時の指先領域の HSV 色空間における明度 (Value) のヒストグラムを示す. 2.1 節で得られた指先領域と手領域のそれぞれに対して, 明度のヒストグラムを計算し, それらの相関を求めることで, 指先とパネルとの接触を判定する. いま, 指先領域および手領域における明度の頻度をそれぞれ $F_f(v)$, $F_h(v)$ とする. ただし, 明度は 256 段階に量子化されており, $v = 0, \dots, 255$ である. このとき, これらのヒストグラムの相関係数 ρ を次式で定義する.

$$\rho = \frac{\sum_{v=0}^{255} (F_f(v) - \overline{F}_v)(F_h(v) - \overline{F}_h)}{\sqrt{\sum_{v=0}^{255} (F_f(v) - \overline{F}_v)^2} \sqrt{\sum_{v=0}^{255} (F_h(v) - \overline{F}_h)^2}} \quad (4)$$

ここで, \overline{F}_v , \overline{F}_h はそれぞれ $F_f(v)$, $F_h(v)$ の相加平均である. 相関係数 ρ がしきい値 ρ_{th} よりも低いとき, 指先領域がパネルに接触していると判定する.

3 実験

図 4 に示す実験環境において人物の手を撮影し, 指先領域の検出, および指先とパネルとの接触判定を行



図 4: 実験環境

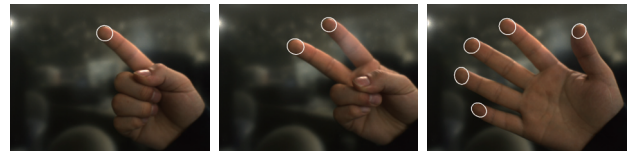


図 5: 指先領域の検出結果

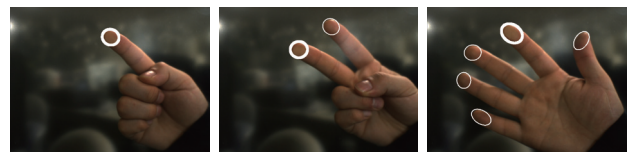


図 6: 指先領域の接触判定結果 (パネルと接触していると判定された領域を太い線で示す)

う. 指先領域の検出結果を図 5 に示す. 指を 1 本だけ立てた場合だけでなく, 複数の指を立てた場合においても, すべての指先領域が検出できていることがわかる. 次に, 指先領域の接触判定結果を図 6 に示す. 指先領域が 1 つだけ検出された場合だけでなく, 複数の領域が検出された場合でも, それぞれについて接触判定が可能である. また, 複数の指先がパネルと接触した場合についても, 同様に接触判定が成功していることを確認している.

4 まとめ

本稿では, パネル越しに人物の手を撮影した画像から指先の領域を検出するアルゴリズム, および指先とパネルとの接触を判定するアルゴリズムを検討した.

謝辞

本論文は, 総務省の「情報通信ネットワークの耐災害性強化のための研究開発」(平成 23 年度一般会計補正予算 (第 3 号)) による委託を受けて実施した研究開発の成果である.

参考文献

- [1] N. Homma and T. Aoki. Effective data processing and protection techniques for community network nodes. *Proc. Int'l Symp. Wireless Personal Multimedia Communications*, pp. 571–572, 2012.
- [2] T. Fujiwara and Y. Iwatani. Interactions with a line-follower: an interactive tabletop system with a markerless gesture interface for robot control. *Proc. Int'l Conf. Robotics and Biomimetics*, pp. 2037–2042, 2011.