

高速指先トラッキングによる三次元入力 / 操作システム

3D Input/Operation System based on High Speed Finger Tracking

松谷 淳史 新倉 雄大 廣部 祐樹 渡辺 義浩 小室 孝 石川 正俊 *

Summary. 本研究では、携帯機器での使用を想定した指先による三次元入力 / 操作システムを実装した。単眼のカメラを用いて指先の三次元位置を認識しシステムへの入力とすることで、カーソルの移動や三次元空間への線の描画、キーの選択といった操作に対応付けている。

提案手法では、利用開始時において使用者ごとの指先画像をテンプレートとして登録することで個人差を吸収し、高速カメラを用いたトラッキングによって誤認識を防ぐことで指先の位置を高精度に認識している。これにより、携帯機器のように手元で操作する装置において、指先の細かい動きを検出できる。また、使用者の正しい利用を促すため、適切なテンプレート登録を誘導する画面と操作空間を意識させる警告画面をデザインした。

1 はじめに

近年、三次元ディスプレイやヘッドマウントディスプレイといった出力機器の充実や三次元グラフィックス技術の発達により、人間に提示できる立体感の質が向上している。それに伴い、使用者が三次元空間において何らかのタスクを行うというシステムの需要が見込まれ、三次元空間における位置、姿勢といった情報を入力できるようなユーザーインターフェースが求められている。

ここで、携帯機器のように手元で操作を行う装置では、人体の細かい動きと機器の操作を対応させることになり、手や指先といった人体部位の位置を高精度に認識する手法が必要になると考えられる。この要求を満たすために様々な手法による入力システムが開発されているが、多くは特定の使用環境、または外部機器を要求しており、何らかの身体動作を直接の入力とするようなシステムが達成できた場合、ユーザビリティの向上につながる。

そこで我々は、単眼の高速カメラにより指先をトラッキングすることで指先位置を推定する手法を提案する。使用者ごとの指先画像をテンプレートとして登録し個人差を吸収するとともに、通常のフレームレートより速いカメラを用いて安定したトラッキングを可能とすることで、より高い精度でトラッキング部位の位置が認識できる。

そしてこの提案手法を、携帯機器を想定した機器への三次元での入力、操作ができるシステムに実装した。

2 三次元入力 / 操作システム

本システムでは、カメラにより認識した指先の三次元位置をシステムへの入力として、カーソルの移動やキーを選択する動作といった機器の操作へ対応付けている。

また、アプリケーション例の一つとして、3D Painterがある。Draw モードでは三次元空間内において指の軌跡に対応した線を直接、描画できる。View モードでは、指の上下左右の移動により空間の視点を回転できる。

本システム使用時の外観を図1に示す。



図 1. 本システムの外観

本システムは 4.2 インチ USB 接続サブモニタ (Century 社製 LCD-4300U) の下部に焦点距離 1.9mm の広角レンズを取り付けた小型の IEEE1394 カメラ (Point Grey Research 社製 Firefly MV) を設置し、赤外線 LED4 個、赤外線フィルタ、PC (Intel Core2 Quad Q9650) で構成される。

Copyright is held by the author(s).

* Atsushi Matsutani, Takehiro Niikura, Yuki Hirobe, Yoshihiro Watanabe, Takashi Komuro and Masatoshi Ishikawa, 東京大学大学院 情報理工学系研究科

カメラの取得画像サイズは752 × 180pixels, 取得レートは145fpsであり, 一般的なカメラの取得レートより速いものになっている。

3 テンプレートマッチングによるトラッキング

携帯機器のように小型ディスプレイの手前で三次元入力を行う場合, 指先位置の高精度な認識が必要となるが, 精度の低下を招く一般的な問題が二つある。

一つめの問題は, 指先には大きさ, 形状などに各使用者の個人差が存在することである。そこで提案手法では, 利用開始時において使用者自身の指先画像をテンプレートとして登録し, 指先に関する個人差を吸収した上で, より精密なマッチングを行っている。また, 指先画像の大きさの相対的な変化を奥行き方向の位置に対応させている。

二つめの問題は, 位置検出の際に対象部位を誤認識し, 別の候補を解としてしまうことである。これに対し提案手法では, 前フレームでの認識結果を利用して指先部位のトラッキングを行うことで, 正確な位置合わせを行っている。

ここで, 本システムのようにカメラとトラッキング部位の距離が近い場合, 通常のカメラではフレーム間におけるトラッキング部位の移動量は大きいものになり, トラッキングが外れやすくなる。そこで, 本システムでは高速カメラを使用し, 指先の動きに対して十分なフレームレートで画像を取得することにより安定したトラッキングを可能にしている。

さらに, トラッキングが外れないように, 使用者に正しい利用を促すための誘導を行っている。以下に誘導を行うための画面デザインを示す。

3.1 指先シルエットの提示

安定したトラッキングを行うためには, 輪郭が枠内に全て収まるような大きさ, 姿勢の指画像をテン

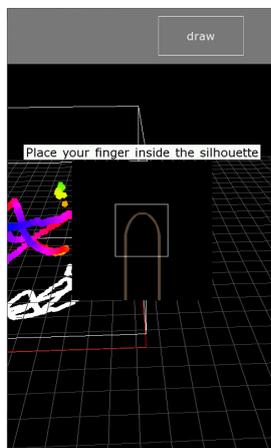


図 2. テンプレート登録時の画面

プレートとすることが望ましい。そこでテンプレート登録において, 図 2 のように指先のシルエットに指先画像を合わせる指示を出すことで, 使用者が適切なテンプレート画像を自然に登録できるよう誘導している。

3.2 操作空間の提示

指先が取得画像内に映っている範囲では, カメラの高速性と前フレームでの認識結果の利用によって安定したトラッキングが可能である。

しかし使用者にはカメラの画角が把握できず, 取得画像に映らない位置に指先を動かしてしまう場合も想定できる。また, 指先がカメラに近すぎる場合, テンプレートとした指の領域のうち取得画像に映らない部分が生じる。これらの場合にはトラッキングが解除されるので, 機器に対して上下左右と奥行き方向に, 指先を動かせる操作空間を設けている。

そして使用者が操作空間を意識できるよう, カーソルが操作空間外に近づいたとき, 図 3 のようにカーソルを黄色に点灯させ警告している。

4 まとめ

本稿では, 指先の三次元位置を入力としたシステムを構成し, 携帯機器での使用を想定した三次元入力/操作システムを実装した。

高精度な指先位置の認識のために, 使用者ごとの指先画像をテンプレートとして登録し, 高速カメラによるトラッキングを用いた。さらに, トラッキングが解除されないように, 使用者に正しい利用を促す, 自然な誘導画面を提示した。

参考文献

- [1] Takehiro Niikura et al. In-air Typing Interface for Mobile Devices with Vibration Feedback. In *Proceedings of ACM SIGGRAPH 2010 Emerging Technologies*, 2010.

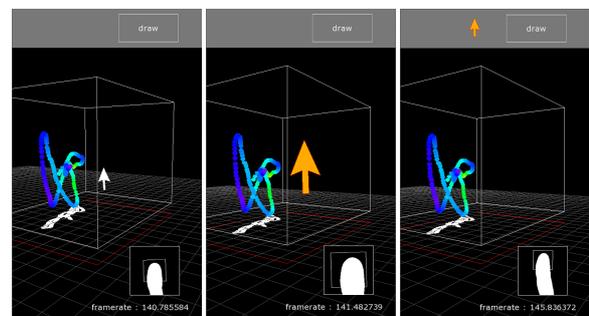


図 3. 操作時のカーソル:(左) 通常時 (中) 指先がカメラに近い時の警告 (右) 指先が操作空間外に近い時の警告