

I-004

## FAST オペレータを用いた顔の3次元位置推定

## 3D Position Estimation of a Human Face Using the FAST Operator

酒井 人史\*

Hitoshi SAKAI

広瀬 真一\*

Shinichi HIROSE

松田 一朗\*

Ichiro MATSUDA

伊東 晋\*

Susumu ITOH

## 1. はじめに

本稿では、単眼カメラで撮影された映像から顔の3次元位置および姿勢を推定する手法について述べる。本手法は、視点の位置に対する画像を提示するインタラクティブなアプリケーションを想定しているため、高速な特徴検出器として知られる FAST オペレータ [1][2] と時系列フィルタの1種であるパーティクルフィルタ [3][4] を組み合わせ、安定かつリアルタイムでの処理を実現している点が特徴である。

## 2. FAST オペレータ

FAST (Features from Accelerated Segment Test) は、Rosten らによって提案された高速なコーナー検出オペレータである [1][2]。このオペレータは、図1に示すように半径3の円周上に配置された16画素それぞれについて中心画素の輝度値との差分を求め、その値が閾値以上となる画素を“brighter”，閾値以下の画素を“darker”，それ以外を“similar”と判別する。その結果，“brighter”または“darker”が $n$ 個以上連続するとき、中心の画素を特徴点として抽出する。この際、閾値による判断を行う画素の順序を工夫することにより、特徴点以外の画素を早い段階で候補から外すことが可能となる。本手法では，“brighter”の連続数 $n$ が9~15の範囲であり、かつその切れ目(図1において“C”型の環が開いている部分)の方向が右または左の場合を特徴点の条件とする。これにより、右向きのコーナーと左向きのコーナーを異なる特徴点として扱うことが可能となる。

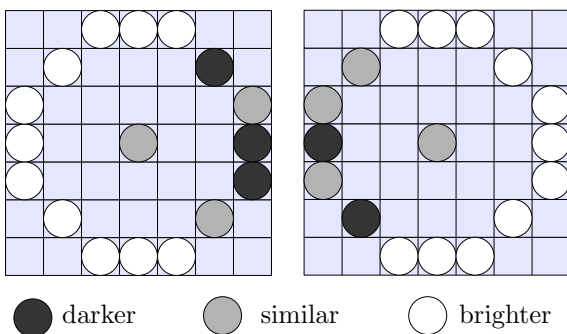


図1 FAST オペレータ

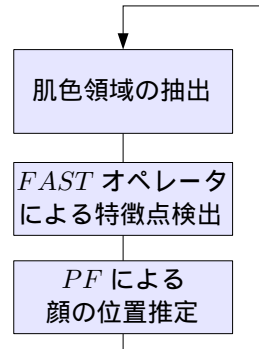
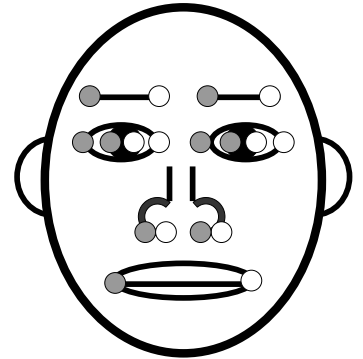


図2 全体の流れ



○ 左向きの特徴  
● 右向きの特徴

図3 平面顔モデル

## 3. 顔の3次元位置推定の手順

本手法では、パーティクルフィルタを用いて顔の3次元モデルを画像に投影し、特徴点との対応関係に基づいて投影されたモデルの確からしさを評価する。処理の流れを図2に示す。

## 3.1 顔の3次元モデル

顔を平面と仮定し、図3のように、眉毛、目尻、瞳、鼻孔、口元の18箇所に左右方向の特徴点を配置したモデルを考える。さらに、モデルのパラメータを上述した18個の特徴点の中心座標と速度成分(各3自由度)および平面の角度に対応した四元数からなる10変数で表し、これを10次元の状態空間上のパーティクル(仮説)として扱う。

## 3.2 モデルの姿勢の評価

まず、カメラ画像からHSV色空間を用いて肌色領域を抽出する。この肌色領域に含まれる画素に限定してFASTオペレータを適用し、右および左方向の特徴点を個別に抽出する。さらに、各特徴点の位置をガウス関数に基づいて膨張させることによって、左右方向の特徴点に対する尤度Mapを作成する。次に、モデル上の特徴点の位置を各パーティクルの状態変数に従って画面上に投影し、投影点上の尤度Mapの値を左右個別に加算した値に基づいて、そのパーティクルに対応付けられたモデルの確からしさ(尤度)を評価する。最終的にこの尤度を重みとした全パーティクル(本稿では1500個)の加重平均を推定結果として出力し、モデルの状態を更新後、

\*東京理科大学 理工学部 電気電子情報工学科

次フレームの処理に移行する。

#### 4. 実験結果及び考察

本手法をC言語を用いてソフトウェア実装し、実画像系列に対して適用した結果について報告する。実験環境は以下の通りである。

- ・ PC (Pentium4 2.8 GHz, mem: 1.5GB, WindowsXP)
- ・ Logicool Qcam Pro for Notebooks (320 × 240 画素)

##### 4.1 処理時間

上記の環境で本手法の処理時間を計測した結果、1フレーム当たり約 16 [ms] であった。これは一般的なカメラのフレームレートである 30 [fps] に対して、アプリケーションの動作時間を含めて十分リアルタイム性を確保できる水準であるといえる。

##### 4.2 推定結果

推定結果を図4に示す。図中の白枠は推定されたモデルの特徴点、赤、青、緑の各線分は、モデルのローカル座標軸 ( $x, y, z$ ) を画面上に投影した結果を示している。また、図5は推定されたモデルの中心座標軸 ( $T_x, T_y, T_z$ ) を、磁気式位置センサにより同時計測した値と比較した結果である。これらより、突発的な動き、素早い動きに追従してほぼ正しい推定結果が得られている様子を確認できる。また、図4右下の例のように、一時的な遮蔽に対してもある程度安定した追跡が行えている。しかし、顔の向きが正面からずれた状況では大きな誤差を生じる場合があった。これは、顔モデルを平面として扱っているために、顔の角度によっては特徴点の正しい位置や隠蔽による消滅を表現できないためであると考えられる。

#### 5. 謝辞

本研究を行うにあたり、貴重なご意見を頂いた服部憲和氏、桑田純哉氏、青木知春氏、木村雄介氏に感謝します。

##### 【参考文献】

- [1] E. Rosten, T. Drummond: "Machine learning for high-speed corner detection", Proc. of BMVC '06, vol.1, pp. 430-443, 2006
- [2] E. Rosten, T. Drummond: "Fusing points and lines for high performance tracking", Proc. of 10th ICCV, Vol.2, pp.1508-1515, 2005
- [3] 加藤丈和: "パーティクルフィルタとその実装法", 情報処理学会研究報告, CVM-157, pp.161-168, 2007
- [4] 樋口知之: "粒子フィルタ", 電子情報通信学会誌, vol.88, No.12, 2005



図4 推定結果

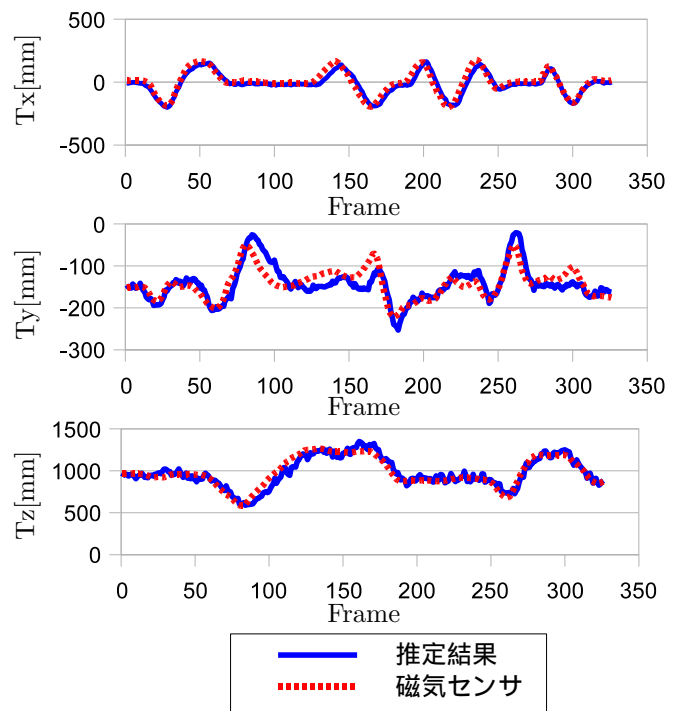


図5 磁気式位置センサによる計測結果との比較