



Title	Face recognition by using hybrid-holistic methods for outdoor surveillance systems
Author(s)	Sadi, Vural
Citation	大阪大学, 2011, 博士論文
Version Type	VoR
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/2120">https://hdl.handle.net/11094/2120</a>
rights	
Note	

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏名	SADI VURAL
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第24617号
学位授与年月日	平成23年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 基礎工学研究科システム創成専攻
学位論文名	Face recognition by using hybrid-holistic methods for outdoor surveillance systems (ハイブリッドホリスティック方法を利用した室外監視システム向けの顔認識)
論文審査委員	(主査) 教授 新井 健生 (副査) 教授 佐藤 宏介 教授 石黒 浩 准教授 岩井 儀雄

### 論文内容の要旨

This thesis introduces a real time many-to-many face recognition approach, which is targeted for recognizing/identifying human faces in unconstraint environments. Initially, a brief review of multi-view face detection and eye detection method is presented. In particular, a new filter set of haar-like filters is presented for face detection and six segment filters are presented for eye detection. Following this, an illumination technique is introduced to minimize the illumination effects on a face surface. In addition to these, we introduce a novel face extraction and classification methodology for face recognition in uncontrolled environments. The detected faces in a given image are then processed by the proposed face extraction module and the resulting features are compared with a precompiled face database. If a match is found, system gives an alarm. In an image, more than one face at a time is detected in a crowded environment. All the detected faces are matched with the face database. Database includes one record per person and each record occupies 10KB space. Illumination normalization technique uses Gaussian decomposition. We propose a six-vector set which we call it as "Ayofa-filter". This is used as a preprocessing step for the face recognition in our work. Ayofa-filter is a new approach that consists of Gabor decomposition and albedo estimation on face normal where the direction of the light source is unknown. This approach effectively finds illumination directions and recovers the illumination. The approach computes unknown albedo directions by using spatial frequency components on salient regions of a face. It requires only one single image taken under any arbitrary illumination condition where we do not know the light source direction, strength, or the number of light sources. Ayofa-filter takes the nose tip as a reference point before the normalization of the light. Face recognition is another item we propose in this thesis. After face is located in an image, we refine to find eye

locations, nose tip location, and mouth corners. After that, face is cut, geometrically normalized and then processed by the illumination normalization proposed in chapter 3. The face features are extracted and compared with the face database to confirm if the person has a record. The process that starts from the feature extraction is the part of the face recognition. To perform face recognition, we developed a hybrid face feature extraction methodology, which uses spatial face filter (SFF) for extracting invariant face features to obtain high accuracy. Spatial face filters are implemented by spatial gaussian bessel mixtures (SGBM). SGBM is the combination of gabor filters and bessel function. We combined the gabor filters and bessel function to generate more complicated filters. We extracted the face features by SGBM and analyzed them by using hierarchical nonlinear PCA (H-NPCA). H-NPCA removes the image noise by approximating the missing data. This method analyzes the face features and each feature set is independently computed by H-NPCA.

We tested the overall approach by using still images and video data by using major face recognition databases. The images from these databases are carefully selected so that the testing images represent the outdoor illumination conditions. The efficiency of the methods proposed here was tested by standard face recognition algorithms, namely principal component analysis (PCA), linear discriminant analysis (LDA), Gabor wavelets and active appearance model (AAM) methods across the multiple face databases. The evaluation results show that our novel method significantly improves the recognition ratio with these recognition methods.

Finally, an automatic face recognition system which consists of detection, recognition and enrollment modules has been developed. The system can effectively detect faces from IP camera video streams, recognize them and retrieve corresponding person information from the application database if a match is found.

### 論文審査の結果の要旨

屋外の自然環境下で人の顔を精度よく認識することを目的に、ハイブリッドホリスティック手法を用いた屋外監視システム用顔認識に関する研究がまとめられている。本論文で提案する顔認識では、メガピクセルネットワークIPカメラを使うことにより、屋外を歩行する人物をリアルタイムで高速に認識することを目標としている。カメラより入力される映像から人物の顔のみを抽出する顔検知モジュール、抽出された顔情報から目の位置を特定する目検知モジュール、光の影響を最大限に抑止する光量調整モジュール、顔全体の特徴を抽出する顔特徴抽出モジュールから構成されている。

顔検知では新たに作成した顔特有の18種類のhaar-likeフィルタと、この18種類のフィルタを回転して得られる112種類のフィルタを新たに提案し、顔検知を精度よく高速に行えることが示されている。目の検知を行うための6分割フィルタ(SSR)も新たに提案されている。SSRフィルタは矩形形状で、分割領域における平均濃度の明暗関係に基づき矩形中心が眉間候補となりうるかを決定する巧妙な手法であり、目の中心位置検出を精度良く高速に行えることが示された。さらに、目の位置座標と顔全体座標を利用して顔部分の抽出を行い、顔に当たる光量の平均化処理を実施している。光量を平均化する際、適応ヒストグラムフィッティング(AHF)とガボールウェブレットによる光反射方向検知方法が新たに提案された。顔を $3 \times 3$ の部分領域に分けて抽出し、それぞれの領域の光量はAHFで処理し、さらにガボールウェブレットとAyofa-filterを適用して光の方向が抽出される。

顔の特徴を抽出する方法として、新たに空間ガウシアンベッセル混合技術(SGBM)が提案されている。ガウシアンとベッセル関数の複合で構成される新らなフィルタは、人間の視覚野をモデル化して設計したものである。SGBMを適用することにより安定した顔特徴が得られている。ただし、得られた特徴は多次元でありこれを直接適用して顔認識を行うことは困難であるため、階層的非線形主成分分析(H-NPCA)を利用して次元削減が行われている。H-NPCAは高次元空間のデータを非線形変換することで、PCAより効率的にデータの次元数を削減することが可能となっている。全ての処理はハードウェア上で並列処理を行い、高速に処理する工夫がなされている。

顔認識データベースの利用と、屋外に設置されたIPカメラから収集したデータを利用して実証実験を行い、代表的な従来手法と比較して本提案手法がより高速高精度な顔認識が可能なことを検証している。

以上のとおり、屋外環境でのロバストで高性能な顔認識の要素技術とシステム化の研究を行い、コンピュータビジョンとシステム科学に関する学術的知見と有用性を明らかにしており、博士(工学)

の学位論文として極めて価値の高いものと認める。