

環境適応型で実用的な人物照合システム

実施予定期間：平成 22 年度～平成 26 年度

研究代表者：芳 世紅（オムロンソーシアルソリューションズ株式会社ソリューション事業本部開発センタコア技術開発部・技術専門職）

I. 概要

さまざまな環境で撮影された人物の画像や映像をキーとして、顔画像データベースや複数の監視カメラから自動的に生成され常に更新される人物画像データベースを高速に検索する人物画像検索システムを構築する。蓄積画像と検索キー画像との撮影環境変動を吸収するために、映像を利用した照明の変動、顔向きの変動、解像度の違いに適応する前処理と顔・人体照合におけるこれらの変動及び年齢、人種に適応する処理を導入する。これにより、肉眼でも顔の判別が難しい暗い画像や画質の悪い監視カメラの画像でも処理できるシステムを構築する。人物画像に対しては同時に 100 人程度の人物が写っていても人体検出、トラッキングができる技術を開発する。

1. 目標

本提案は課題(8-(1))に対応する顔画像検索システムと課題(8-(2))に対応する人物画像検索システムの双方に対する提案である。

さまざまな環境で撮影された顔を含む人物画像（静止画像）や映像（数秒程度の連続画像）を検索キーとして、1) 既存の顔画像データベースを高速に検索する顔画像検索システム、および 2) 監視カメラ等で撮影された人物（顔と人体）映像から正規化した人物画像を生成して通行者データベースに蓄積し、このデータベースを高速に検索する人物画像検索システムを研究開発する。両システムの外部仕様をそれぞれのシステム特有の部分と共通の部分に分けて記述する。

a. 顔画像検索システム

- (1) 装置の機能：さまざまな環境で撮影された画像や映像を検索キーとして既存の顔画像データベースから類似した顔画像を高速に検索する。
- (2) 装置の性能：検索キーとなる画像に含まれる顔領域の変動に対し
 - ・ 照明：肉眼でも判別が難しい平均輝度 15 程度の暗い顔領域まで
 - ・ 顔向き：正面から左右 60 度まで、上下 30 度まで
 - ・ 解像度：顔領域のサイズは 35×35 ピクセル以上（画質の悪い監視カメラでも対応可能）
 - ・ 個人属性：経年変化や人種の違いに対応する。
- (3) 使用形態：検索キーとなる画像や映像をネットワークに接続したポータブル端末、またはスタンドアロン端末に入力することで画像データベースを検索する。検索結果には優先順位を付けて必要に応じて一定人数までを提示する。
- (4) テーマ設定との整合性：事件現場などで撮影した画像を検索キーとして、その場で被疑者データベースなどが検索できる装置である。

b. 人物画像検索システム

- (1) 装置の機能：複数の監視カメラ等の映像から人物領域を抽出して自動的に通行者データベースに蓄積し、画像または映像をキーとして類似した人物画像を高速に検索する。観測対象者は一般人であるので、プライ

バシの問題が生じること、データベースが膨大になることを考慮し、一定時間のみデータを蓄積し次々とデータベースを更新する形態で通行者データベースを構築する。

- (2) 装置の性能：検索キーとなる画像に含まれる人物領域の変動に対し
 - ・ 照明：肉眼でも判別が難しい平均輝度 15 程度の暗い領域まで
 - ・ 人物の向き：左右はあらゆる向き、上下は 45 度まで
 - ・ 解像度：人物領域のサイズは 24×58 ピクセルからに対応する。

カメラ内での同一人物の追跡は、複雑な背景のもとで画面内に 100 人程度の人物が存在する混雑状況でも可能である。また、隣接したカメラ間で人物属性（顔属性と人体属性）を利用した経路抽出処理を実現する。

- (3) 使用形態：撮影された画像や映像を検索キーとして、ネットワークに接続されたポータブル端末、またはスタンドアロン端末で通行者データベースを高速に検索する。多数の監視カメラ等からのデータをまとめて蓄積する必要があるため、データベース装置はサーバ型を想定し地区ごとのデータセンターに設置されている形態を想定する。また、別の使用形態として、特定人物のリストを作成し、これらの人物を自動的に監視し続けて、発見した場合はアラームを発生したり、メールで連絡したりする形態も実現する。
- (4) テーマ設定との整合性：事件発生時の被疑者の形跡検索や特定の被疑者の継続的検索ができる装置である。

c. 両システムの共通部分

- (1) 検索速度：検索に必要な特徴量の算出をリアルタイムで行う。顔画像検索システムでは、データベース側があまり更新されないことを前提に予め特徴量のインデックスを作成しておくことで検索の高速化を図る。人物画像検索システムではデータが頻繁に更新されるので、データベースに含まれる画像数を制限することで高速化する。共に 1000 万画像/秒を目標とする（ただし、インデックスの作成時間は含まない）。
- (2) 大きさ、重量等：データセンター側はサーバ型の計算機を中心としたシステム構成を基本とする。ネットワーク接続するポータブル端末は PDA 程度の大きさ、重量、スタンドアロン端末はノート型 PC 程度の大きさ、重量を想定する。
- (3) 認識結果に対して、ネットワーク上でのアラームの発生場所、時刻等の情報を総合的に分析し、誤報を最小限に抑えるデータフィルタリング機能を用意する。広範囲長期間観測可能な場合は特定人物の居場所の推定を行うことも可能である。
- (4) 通行者データベースに対してはプライバシー保護の観点から画像データを暗号化した上で蓄積・検索する手法を実現する。

2. 技術的内容

a. 技術的内容

研究代表機関オムロンでは、長年にわたり、顔認識技術の実用化に向けて多くの研究開発を行い、すでに世界トップレベルの顔検出・認識技術を保有し、商品化している。その特徴は、顔検出の精度、顔向き推定の精度、顔特徴点の検出精度および顔照合の精度が高いこと、処理がロバ

トで高速なこと、低解像度画像にも対応できること、年齢推定、人種推定ができることなどである。しかしながら、安心・安全社会を実現するための犯罪防止に有効に活用できる技術にするためには、まだ解決しなければならない課題が多い。今回の提案は、研究代表機関のもつ技術を核にして、最新の研究成果を持っている大学と共同して実用的なシステム開発を行うものである。

本提案の重要な技術的ポイントは環境適応技術である。ここでいう環境適応とは、照明の変化、顔向きの変化、解像度の変化の外部環境への適応、および認識対象としての個人属性（年齢、人種）への適応を意味する。処理対象画像がさまざまな状況で撮影されていることを考えると、外部環境への適応を検索画像やデータベースに蓄積する画像の生成処理、および画像照合処理の双方で行うことが重要である。このことを考慮して、本提案では、次に述べる技術的特徴をもったシステムの基本的な部分を技術開発期間中に開発して実用的なプロトタイプシステムを構築する。以下に各項目の概要を述べ、詳細は対応する個所に記述する。

- (1) 前処理による外部環境への適応：顔検出や人体検出の前処理として、映像や静止画像を処理することで照明変動や顔向きの変化、低解像度画像への外部環境への適応能力をもたせる。
- (2) 環境に適応した顔照合：顔検出・照合において、外部環境および年齢や人種の違いなどの個人属性に対応できるように多様なデータを大量に集めて学習することにより統計的に最適な特徴量を導出し利用する。
- (3) 混雑環境での人体検出と人体照合：混雑環境で隠蔽が頻繁に起こる人体に対して、人体パーツ（胴体、腕、足）からさまざまな部分情報を抽出し、統合することにより人体検出・照合をロバストに行う。
- (4) 曖昧な対応を許容する経路抽出：視野に重ならないカメラ間での人物追跡を行うために、カメラ間での曖昧な対応付けを許して経路情報を抽出する。
- (5) 時空間制約を利用したフォールスアラームへの対処：パターン認識においては誤りを避けることができないという立場からフォールスアラームに対して時空間制約を積極的に活用したデータマイニング処理を行い、アラームの信頼度を推定する。広範囲長期間観測可能な場合は特定人物の居場所の推定を行う。
- (6) プライバシー保護処理：データベースを中心とするシステム全体にプライバシー保護の観点から蓄積されている画像および特徴量の暗号化処理を導入する。
- (7) ユーザインターフェース：使いやすいシステムを構築するために、ユーザインターフェースの設計を重視する。

3. 技術開発期間終了時の目標

a. テーマ 8-(1)

さまざまな環境で撮影された人物の静止画像や映像（数秒程度）を検索キーとして、(1)既存の顔画像データベースを高速に検索する顔画像検索システムを構築する。犯罪捜査のためのシステムとしては、外部環境（照明の変動、顔／人体向きの変動、解像度の違い）にロバストな性能が求められている。技術開発のポイントは検索システムに蓄積されている画像と検索キーとして与えられる画像の外部環境の変動を吸収することである。このために、映像を利用した外部環境に適応する前処理を導入する。これらの処理により、外部環境変動に対しては、照明は肉眼でも顔の判別が難しい平均輝度 15 程度の暗い画像、顔向きは捜査に必要な正面から左右 60 度、上下 30 度までの広い範囲、顔領域のサイズは画質

の悪い監視カメラでも対応可能な 35×35 ピクセル程度の解像度までに適応する。

b. テーマ 8-(2)

さまざまな環境で撮影された人物の静止画像や映像（数秒程度）を検索キーとして、複数の監視カメラなどから自動的に生成され常に更新されている通行者データベースを高速に検索する人物画像検索システムのプロトタイプを構築する。犯罪捜査のためのシステムとしては個人属性（年齢、人種）にロバストな性能が求められている。技術開発のポイントは検索システムに蓄積されている画像と検索キーとして与えられる画像の環境変動を吸収することである。このために、映像を利用した個人属性に適応する処理を導入する。個人属性としては経年変化や外国人の顔にも対応する。人物画像に対しては同時に 100 人程度の人物が写っていてもリアルタイムに人体検出、トラッキングができ、検索できるシステムを開発する。

4. 実証期間終了時の目標

a. テーマ 8-(1)

本研究終了時、顔照合による特定人物の検索の人物照合システムの開発を完了し、フィールドテストが終了し、性能評価ができています。

b. テーマ 8-(2)

本研究終了時、以下の 3 種類の人物照合システムの開発を完了し、フィールドテストが終了し、性能評価ができています。

- (1) 顔照合による特定人物の検索
- (2) 複数カメラの映像による人の形跡の推定
- (3) 長時間観測による特定人物の所在場所の推定

5. 実施体制

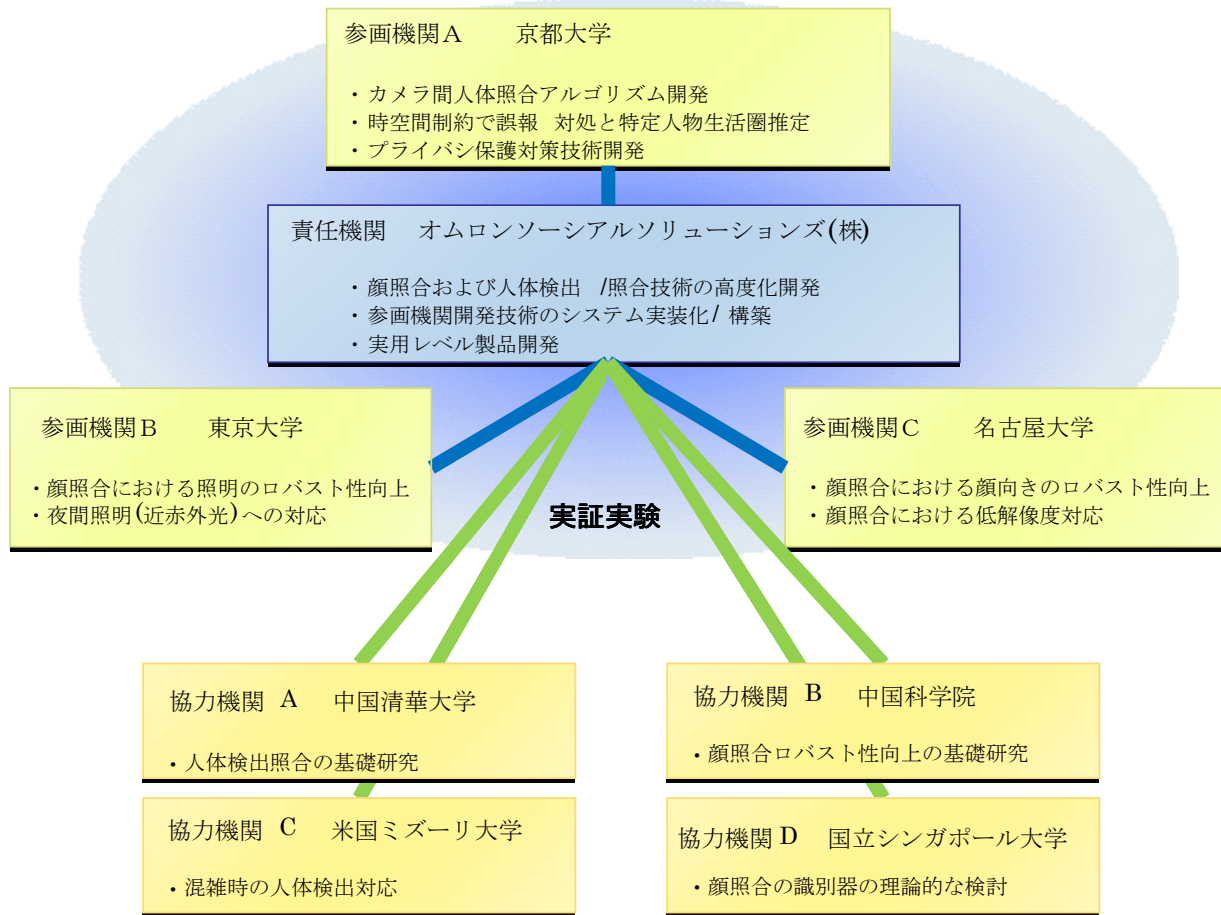


図1：研究実施体制図

6. 各年度の計画と実績

a. テーマ 8-(1)

(1) 平成 22 年度（技術開発期間 1 年目）

・計画

可視光画像における照明変動対応、顔向き変化への適応処理、低解像度画像への適応処理、特徴量・識別器、プライバシー保護アルゴリズム構築

・実績

可視光画像における照明変動対応においては、前処理アルゴリズムを開発し、有効性を確認した。また、顔向き変化の適応においては、対応範囲を左右 60 度上下 30 度に拡大した。低解像度対応においては、アルゴリズムを開発し、有効性を確認した。プライバシー保護については、アルゴリズムを構築した。

(2) 平成 23 年度（技術開発期間 2 年目）

・計画

夜間赤外線画像への対応、顔向き変化への適応処理、低解像度画像への適応処理、特徴量・識別器の最適化、学習に用いるデータの収集、学習、プライバシー保護アルゴリズム構築

・実績

近赤外線画像と可視光画像の正規化手法を実装完了した。また、顔向き変化への対応アルゴリズムを完成した。特徴量や識別器の最適化及び学習によって左右 60 度の顔向き変化に対す

るロバスト性を向上した。低解像度画像への適応手法によって 16×16 ピクセルの顔画像の認識性能を向上させた。また、動画の学習データを追加収集した。プライバシー保護アルゴリズムの開発においては、評価データの拡充によって暗号化の強度と検索性能の関係を調査し、性能向上の方向性を明らかにした。

(3) 平成 24 年度（実証期間）

・計画

環境適応処理の性能向上・高速化、顔照合の性能向上・高速化、実証実験、UI 設計・実装、システム構築

・実績

各研究機関で性能・速度向上したモジュールを統合し、実証実験システムを構築した。顔照合の実証実験を計画通り実施した。実環境の商業施設新風館において、店舗に設置された監視カメラを使って 1500 人回の照合実験を行い、顔向き変化、照明変化及び低解像度の場合の有効性を実証した。

b. テーマ 8-(2)

(1) 平成 22 年度（技術開発期間 1 年目）

・計画

人体検出・トラッキング、カメラ間人体の属性による人同定、経路抽出アルゴリズム

- ・実績
 - 人体検出・トラッキングのアルゴリズムを改良し、性能を向上した。カメラ間の人体属性による個人同定、経路抽出のアルゴリズム開発においては、向き変化にロバストな特徴量を検討した。RankBoost を用いた学習アルゴリズムによって個人同定の精度向上を実現した。
- (2) 平成 23 年度（技術開発期間 2 年目）
 - ・計画
 - 人体検出・トラッキング、カメラ間人体の属性による人同定、経路抽出アルゴリズム、フォールスアラームの時空間分析法
 - ・実績
 - 人体検出・トラッキング技術のカメラ撮影角度対応を実施した。候補リストの順位を最適化する Ranking アルゴリズムを用いた新しい人体照合技術を開発し、人体照合の公開データベース VIPeR で世界トップレベルの認識性能を実現した。また、人体の照合によって経路抽出が可能となった。誤認識の削減に繋がる時空間分析法のシミュレーション技術を開発した。
- (3) 平成 24 年度（技術開発期間 3 年目）
 - ・計画
 - 経年変化対応、特徴量・識別器の最適化、学習に用いるデータの収集・学習、人体検出・トラッキング、カメラ間人体の属性による人同定、
 - ・実績
 - フォールスアラームの時空間分析法
- (4) 平成 25 年度（実証期間 1 年目）
 - ・計画
 - 経年変化対応、特徴量・識別器の最適化、学習に用いるデータの収集・学習、人体検出・照合の性能向上・高速化、特定人物生活圈分析法、プライバシー保護システム構築、実証実験用システム設計・実装、UI 設計・実装、フィールドテスト、評価実験
 - ・実績
 - 人物画像検索システムに必要な技術開発を計画通り完了した。人体検出の高速化を行い、目標を超える 150 人同時検出・トラッキングを実現した。人物画像検索システムのプロトタイプを構築した。人物の同定に使う人体属性として身長推定を追加し、人物同定の高度化を実現した。時空間分析によるフォールスアラームの削減効果をシミュレーションで確認した。
- (5) 平成 26 年度（実証期間 2 年目）
 - ・計画
 - 顔照合の性能向上・高速化、人体検出・照合の性能向上・高速化、カメラ間経路抽出の性能向上・高速化、時空間制約でフォールスアラーム対処の性能向上・高速化、フィールドテスト・評価実験、システム全体の性能向上・高速化

7. 年次計画

表 1 : テーマ 8-(1)年次計画表

取組内容	1 年度目	2 年度目	3 年度目	4 年度目	5 年度目
A. 映像を利用した環境適応処理	←→	←→			
	←→	←→			
	←→	←→			
			←→		
B. 顔照合の性能向上	←→	←→			
	←→	←→			
			←→		
F. プライバシ保護	←→	←→			
G. UI、実証実験			←→		

表 2 : テーマ 8-(2)年次計画表

取組内容	1 年度目	2 年度目	3 年度目	4 年度目	5 年度目
B. 顔照合の性能向上			←→	←→	
			←→	←→	←→
			←→	←→	
C. 人体検出・照合	←→			←→	←→
D. カメラ間経路抽出	←→		←→		
	←→	←→			←→
E. 時空間制約でフォールスアラーム対処		←→	←→	←→	←→
F. プライバシ保護				←→	
G. UI、実証実験				←→	
				←→	←→
					←→