

人物映像解析による犯罪捜査支援システム

実施予定期間：平成 22 年度～平成 26 年度
研究代表者：八木 康史（大阪大学・産業科学研究所・
第 1 研究部門(情報・量子科学系) 教授)

I. 概要

本研究では、犯罪捜査における様々な場面に対応した人物映像解析による捜査支援システムの実現を目指す。具体的には、テーマ設定 8 (1), (2) 両方の課題を含む、以下のシステム実現を目指す。

- P1) 高速顔画像検索装置
- P2) 防犯カメラ画像からの人物照合システム
- P3) 時空間ワーピングによる人物画像シンセシスシステム

上記で実現される技術は、顔検索、人物スクリーニング、捜査支援、鑑定など幅広い利用が見込める。

1. 目標

本研究では、犯罪捜査における様々な場面に対応した人物映像解析による捜査支援システムの実現を目指す。具体的には、テーマ設定 8 (1), (2) 両方の課題を含む、以下のシステム実現を目指す。

テーマ設定 8 (1) の装置・P1) 高速顔画像検索装置

人物顔画像を入力し、大量の顔画像データベースから、入力した画像に最も類似した画像上位 10 枚 (可変) を検

索するソフトウェアを搭載した高速顔画像検索装置を構築する。装置の使用目的は、1 秒間に 1000 万枚以上の顔画像データベース中から、検索対象の 1 枚の顔画像に似た順序で 10 枚程度 (変更可能) の顔画像を探し出すことである。

装置実現のために、顔向き変化に対応した顔検出・正規化、劣化画像からの顔認証、1000 万画像/秒高速検索に関する技術開発を行う。

テーマ設定 8 (2) の装置・P2) 防犯カメラ画像からの人物照合システム

防犯カメラから得られる人物画像と登録人物画像との照合を行い、照合結果の上位 10 候補を照合度の順に確率表示する機能とユーザが指示した人物のカメラ間の渡りも含む行動経路を表示する機能とを専用 PC 上で実現することを目標とする。個人識別特徴としては、顔や体型 (身長、頭身比等) といったスケールの異なる静的特徴に、歩き方 (以後、歩容) 独特の動き特徴を加えたマルチモーダル歩行特徴が必要不可欠である。そこで、専用 PC を含む人物照合システムでは、マルチモーダル歩行特徴による人物特定機能と人物スクリーニング機能を実現する。

テーマ設定 8 (2) の装置・P3) 時空間ワーピングによる人物画像シンセシスシステム

異なる時刻、年月に撮影された画像からモデルに基づき時空を超えた画像を生み出すことで、捜査に有効な情報を視覚的に提供する専用 PC システムを構築する。

2. 技術的内容

研究実施に当り、期間内での実現性に合わせ、現有技術をほぼ活用することで実現できるレベル(A)、技術開発期間内に現有技術を発展させる開発レベル(B)、さらにニーズに対応し挑戦していくチャレンジレベル(C)の3段階での目標設定を行う。

P1) 高速顔画像検索装置作成のための技術開発レベル

| | P1-1) 顔検出・正規化 | P1-2) 劣化画像からの顔認証 | P1-3) 1000 万画像/秒高速検索 |
|-------|---|--|------------------------------------|
| レベル A | 対象画像：上下、左右 $\pm 30^\circ$ の頂角を持つ楕円錐に含まれる方向からの顔画像 正規化：14 顔特徴点を検出し正面向きに正規化 (全特徴点の平均誤差を両目間隔の 5%以内) 処理時間：顔検出と正規化で 1 画像あたり 100ms 以下 | CASPEAL 顔画像データベース 1000 枚を対象とし、顔面積の半分以上の画素を欠落させた場合でも第 1 位が 100%正解になるように画像を検索することができる。 Extended Yale Face DatabaseB の陰影が強い subset4 の顔画像を 1 位 90%の精度で検索可能。 | 1 万枚の顔画像データベースに対して、1 秒以内に検索する技術 |
| レベル B | 対象画像：左右 $\pm 90^\circ$ 、上下 $\pm 30^\circ$ の頂角を持つ楕円錐に含まれる方向からの顔画像 検出精度：Haar-like 特徴を用いた従来型の検出手法と同等の精度を保ちつつ、上記範囲内のさまざまな向きの顔を検出 正規化：14 顔特徴点のうち見えているもののみを検出し、顔向きに応じて正面向きもしくは横向きの顔画像に変換 特徴点検出の平均誤差の目標を両目間隔の 5%以内 処理時間：顔検出において 1 画像あたり 500ms 以下 | FRGC データベースに対して上位 10 位に 90%以上の正解が含まれるようにする。これは 1) 対応可能な劣化の種類を増やす、2) SQI 画像のノイズ成分である Hallow Effect を除去する、という 2 つの技術課題を解決することにより達成可能である。 | 1000 万枚の顔画像データベースに対して、1 秒以内に検索する技術 |

| | | | |
|-------|--|--|-------------------------------------|
| レベル C | 高速な顔検出・正規化は実用上重要なため、(B)の処理時間を削減し、(A)と同等の1画像あたり100ms以下 | FRGC データベースに対して上位10位に98%以上の正解が含まれるようにする。これは、検索キー特徴を学習によって求めることにより、実現可能であると考え | 1000万枚の顔画像データベースに対して、100ms以内に検索する技術 |
| 実証期間 | <ul style="list-style-type: none"> ・性能評価：①HOIPなど様々な向きの顔画像を含む標準データセット、②技術開発期間に作成した独自のデータセット、③顔認証や顔検索の精度とともに総合的な評価 ・成果統合とシステムを用いた大規模実証実験 | | |

P2) マルチモーダル歩行特徴による人物特定機能

P2-1) マルチモーダル歩行特徴による人物特定機能

| | | | | |
|-------|---|-----------------------|------------------------------|------------------------------|
| | P2-1-1) 低フレームレート歩容画像の時間超解像 | P2-1-2) 方向変化に対応した歩容認証 | P2-1-3) 顔・歩容・幾何特徴の融合による個人認証 | P2-1-4) 防犯カメラキャリブレーション |
| レベル A | 標準フレームレートの参照映像に基づく時間超解像 | 任意視点間における変換モデルの構築 | 撮影条件による顔・歩容・幾何特徴の認証性能のモデル化 | 防犯カメラキャリブレーション装置の新規開発 |
| レベル B | 低フレームレート歩容映像の自己時間超解像 | | 撮影条件に基づく顔・歩容・幾何特徴に対する適応的重み制御 | 歩行軌跡・平面制約と方向識別器を用いたカメラ位置姿勢推定 |
| レベル C | 標準モデルに基づく時間超解像 | 識別性能最大化に基づく方向変換モデルの構築 | | |
| 実証期間 | <ul style="list-style-type: none"> ・時間超解像、方向変換モデルについて、大阪大学の1000名のデータを用い、各要素の基本有用性を確認し、時間超解像と方向変換モデルとを合わせた歩容認証精度に関する評価を行う。さらに、顔、歩容、幾何特徴を合わせた個人認証精度を評価する。 ・大阪大学産業科学研究所と精道小学校設置の防犯カメラを用い、各々30名の被験者を登録人物として、認証精度の評価を行い、その有効性の確認を行う。本評価は、日照条件も考慮し、日時、季節を変えて実施する(3月毎に計4回)。 ・防犯カメラキャリブレーション装置については、現場での操作性が重要な要素となることから、ユーザーインターフェースの改良など、操作性を中心とした改良を行う。 | | | |

P2-2) マルチモーダル歩行特徴による人物スクリーニング機能

| | | | |
|-------|---|---------------------------------|---------------------------------|
| | P2-2-1) 人物の検出・追跡と人物セグメンテーション | P2-2-2) カメラ渡りを含む人物行動追跡 | P2-2-3) 防犯カメラ画像からの人物画像データベース化 |
| レベル A | 時空間特徴による人物検出・追跡 | CoHOG、STHOG 特徴量を用いたカメラ渡り間での人物同定 | |
| レベル B | 標準歩容モデルによる人物領域セグメンテーション | | 複数の画像から個人同定に有効な特徴量の選択や抽出可能な手法開発 |
| レベル C | | 歩容の周期的特徴をもとにした人物同定 | |
| 実証期間 | <ul style="list-style-type: none"> ・精道小学校の登校時間と下校時間で、様々な行動を観察する(P2-2-1を主対象) ・大阪大学産業科学研究所では、指示人物によるカメラ渡り評価(P2-2-2を主対象) ・スクリーニング全体システムは、1ヶ月間のフィールドテストによる評価を行い、改善点も含め実用化のための検討 ・監視カメラからの画像をオンラインで処理して人物の識別を行う場合、合理的なコストでの運用を可能とするため、比較的小規模な処理系で顔と人物の検出を実行 ・Atom程度の組み込み向けプロセッサを搭載した小型PCで、秒間数枚程度である監視カメラのフレームレートを考慮して、秒間5フレーム以上の処理速度を目指す。 | | |

P3) 時空間ワーピングによる人物画像シンセシスシステム

| | | |
|-------|----------------------|-------------------------------------|
| | P3-1) 経年変化顔合成による捜査支援 | P3-2) 歩行映像を対象とした超解像表示 |
| レベル A | 経年変化顔シミュレーション | |
| レベル B | | |
| レベル C | 経年変化自動認証へのチャレンジ | 比較的コントラストが高い特徴を対象とした超解像を可能にするシステム構築 |

| | |
|------|--|
| 実証期間 | <ul style="list-style-type: none"> ・経年変化顔合成については、合成した顔写真の有効性を目視で確認・評価する。自動認証は作成した顔画像を用いて高速顔検索システム上で評価する。 ・歩行映像を対象とした超解像表示は、100 セットのサンプルデータについて評価実験を実施し、PSNR による解像度向上を評価する。更に、実用性に関するアンケート調査により完成度を高める。 |
|------|--|

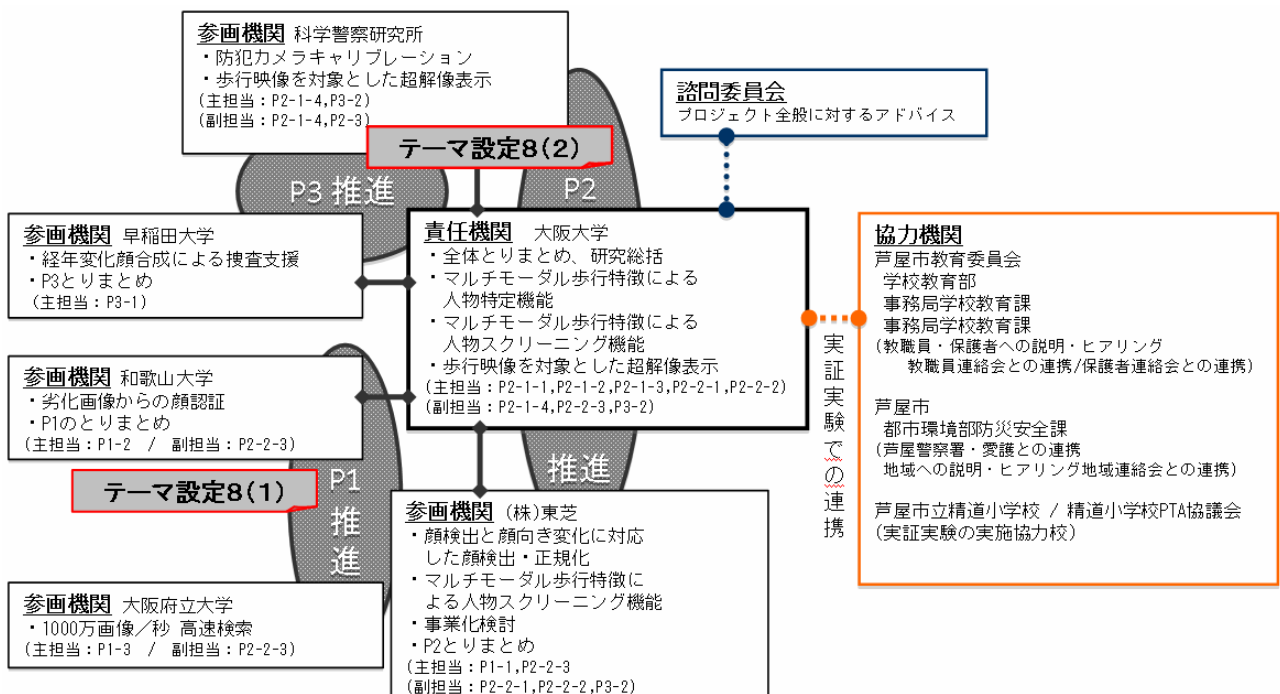
3. 技術開発期間終了時の目標

- a. テーマ設定 8 (1)
 - ・顔向き変化に対応した顔検出・正規化手法の実現
目標速度左右±90°、上下±45°の顔向きに対して、100ms/画像
 - ・劣化画像からの顔認証
目標精度 25×25 画素の顔画像に対して、上位 10 位に正解が含まれる精度 98%
 - ・高速顔画像検索
目標速度：1000 万画像/秒
- b. テーマ設定 8 (2)
 - ・マルチモーダル歩行特徴による個人認証技術
目標精度 30×30 画素の人物画像に対して、上位 10 位に正解が含まれる精度 90%
 - ・カメラ渡りを含む人物行動追跡技術
目標精度 3 秒以内のカメラ間の渡りに対して、対応誤り率 1%
 - ・防犯カメラキャリブレーション装置
目標精度 カメラ 1 台あたり 5 分程度の作業でキャリブレーション可能
 - ・経年変化顔合成技術の実現

4. 実証期間終了時の目標

- a. テーマ設定 8 (1)
 - ・要素技術を統合した高速顔画像検索装置
目標 1000 万枚/秒以上の高速検索、劣化画像、顔向き変化に対応
- b. テーマ設定 8 (2)
 - ・防犯カメラキャリブレーション装置
目標 重量 5 kg の可搬型、カメラ 1 台あたり 5 分程度の作業でキャリブレーション可能
 - ・人物特定システム
目標 顔・歩容・幾何特徴の融合による個人認証により鑑定利用可能
 - ・要素技術を統合した人物スクリーニングシステム
目標 仕様 VGA@5Fp 以上での人物発見・追跡
組み込み向け CPU(ATOM 相当)を用いた PC で動作可能
 - ・捜査支援システム
目標 経年変化顔合成 PC で動作可能
歩行映像を対象とした超解像表示 目標精度 4 倍

5. 実施体制



6. 各年度の計画と実績

a. テーマ設定 8 (1)

(1) 平成 22 年度 (技術開発期間 1 年目)

・計画

P1) 高速顔画像検索装置

- ・顔画像データセットの構築、顔検出角度範囲を拡大した手法の試作、HOIP による顔検出性能評価
- ・ボケ、ブレ、解像度低下という劣化の影響を受けにくい尺度開発、そのプログラミング開発・実験
- ・1 万画像のデータベースに対し、入力顔画像を 1 秒以下で照合可能な技術開発
高速検索手法の理論的基盤づくりに着手

・実績

P1) 高速顔画像検索装置

- ・HOIP データセットを用いて、複数の顔向きに対するマルチクラス検出器を学習した。また、左右方向±90 度、上下方向±45 度の顔画像に対する検出性能評価を行い、横方向に対しては従来の 1.7%から 87.7%に大幅に性能が改善した。
- ・隠蔽などの劣化の影響を受けにくい尺度として、差ベクトルの 0 要素多さに着目した距離尺度を開発した。また、CAS-PEAL Face Database の画像に人工的な劣化(75%の画素の欠損・ノイズ等)を加えた画像に対して、目標精度である 10 位以内の正解率 98%を達成した。
- ・既存と新規を合わせて目標の 1 万画像の顔画像データベースを構築した。投票方式の認識手法と近似最近傍探索を組み合わせることで、目標の 1 万画像/秒の検索速度を達成した(実際には 1.1 万枚のデータベースに対して、25 ms)。また、高速検索手法の理論的基盤として、従来の Locality Sensitive Hashing に対してデータベースの拡張に基づく低計算コスト・省メモリな検索手法を開発した。

(2) 平成 23 年度 (技術開発期間 2 年目)

・計画

P1) 高速顔画像検索装置

- ・前年度開発した顔検出の高精度化、および横顔標準 3D モデルを作成
- ・SQI の計算アルゴリズムの開発と実装。前年度開発した相違性尺度との比較実験の実施
- ・100 万画像のデータベースに対し、入力顔画像を 1 秒以下で照合可能な技術開発および初版の実装

(3) 平成 24 年度 (実証期間)

・計画

P1) 高速顔画像検索装置

- ・構築したデータセットの性能評価、処理速度 100ms/画像の達成
- ・検索キーと検索結果の組み合わせに対して評価値が与えられる GUI の構築
- ・1000 万画像のデータベースに対し、入力顔画像を 1 秒以下で照合可能な技術開発
- ・成果統合とシステム設計・試作、および実証実験

b. テーマ設定 8 (2)

(1) 平成 22 年度 (技術開発期間 1 年目)

・計画

P2) 防犯カメラ画像からの人物照合システム

- ・低フレームレートの入力画像の各位相推定手法とそれに基づく時間超解像処理手法の構築

- ・カメラキャリブレーションの試作装置の設計開発
- ・人物動画の代表的シーンの抽出と開発用データセットの構築、歩行者検出に特化した手法の開発

CoHOG 特徴量を用いた人物検出の性能向上をはかる。

P3) 時空間ワーピングによる人物画像シンセシスシステム

- ・様々な年齢の特徴を含む同一人物の顔データベースの構築

・実績

P2) 防犯カメラ画像からの人物照合システム

- ・低フレームレート入力歩容映像と標準フレームレート参照歩容映像の位相同期に基づく照合手法を開発し、OU ISIR-Gait Database 100 人に対する性能評価を行った。
- ・LED 光源を用いたキャリブレーションターゲットの試作を行った。

- ・公開データベース PETS2009 に対して、時空間特徴 STHOG による歩行者検出の性能評価を行った。また、CoHOG 特徴による人物検出において、適応的なエッジ強度閾値設定とマルチクラス識別を導入することで、誤検出を半減させた。

P3) 時空間ワーピングによる人物画像シンセシスシステム

- ・FG-NET Aging Database 等の既存の経年変化画像を収集すると共に、年齢幅 0.4 歳から 55 歳の計 28 名の経年変化画像データベースを新規に構築した。

(2) 平成 23 年度 (技術開発期間 2 年目)

・計画

P2) 防犯カメラ画像からの人物照合システム

- ・同一人物の標準フレームレート参照映像を必要としない時間超解像手法を実現
- ・任意視点間における変換モデルによる歩容認証手法を構築
- ・空間解像度 (撮影距離)、時間解像度、観測方向の性能変化をモデル化する手法の構築
- ・簡易キャリブレーション装置を試作、性能評価および改良
- ・歩容データより正確な追跡・セグメンテーション結果を取得
- ・CoHOG、STHOG 両方の特徴量に基づいた追跡結果間の照合手法を構築

P3) 時空間ワーピングによる人物画像シンセシスシステム

- ・顔データベースの構築および捜査システムの設計・検討
- ・画像間のサブピクセルレベルでの位置合わせを行う手法の実装および精度評価

(3) 平成 24 年度 (技術開発期間 3 年目)

・計画

P2) 防犯カメラ画像からの人物照合システム

- ・開発した時間超解像度と方向転換モデルの基本有用性の確認ならびに歩容認証精度の評価
- ・撮影条件に基づく適応性制御手法の検討および有効性の確認
- ・試作装置の統合システムへの組み込み
- ・直線歩行の仮定、足下点の平面制約、歩容特徴ベースの方向識別器によるカメラの位置姿勢推定
- ・見えが変化する場合におけるカメラ渡りの人物同定ができる手法を開発
- ・マルチモーダル歩行特徴を自動抽出する顔追跡技術、

同一人物のクラスタリング技術を開発
 P3) 時空間ワーピングによる人物画像シンセシスシステム
 テム
 ・ 捜査システムの設計および実装
 ・ 歩行用 SRmodeling 手法の設計と実装

- (4) 平成 25 年度（実証期間 1 年目）
- ・ 計画
 - P2) 防犯カメラ画像からの人物照合システム
 - ・ 歩容映像列から作成した標準モデルを変形により少ない周期の入力映像に対し時間超解像を実施
 - ・ 顔・歩容・幾何特徴の融合による個人認証について 1000 名のデータを用い、基本有用性を確認
 - ・ 実証実験に基づく改良型装置の試作・評価
 - ・ カメラの位置姿勢推定手法を現場を想定した実証実験場所にて精度評価を実施
 - ・ 人物検出・追跡精度、セグメンテーション精度の評価とスクリーニング評価実験を実施
 - ・ 組み込み向け CPU を用いた PC 上で顔検出および人物検出の実時間処理を実現
 - ・ 監視カメラの映像よりマルチモーダル歩行特徴を抽出し、データを構造化し、データベースを作成
 - P3) 時空間ワーピングによる人物画像シンセシスシステム

テム
 ・ 経年変化顔合成システムの総合評価と経年変化自動認識のシステム評価
 P4) 成果統合と実証実験

- (5) 平成 26 年度（実証期間 2 年目）
- ・ 計画
 - P2) 防犯カメラ画像からの人物照合システム
 - ・ 方向変換モデルを定式化に拡張する手法の構築と認証性能の比較評価を実施（チャレンジ課題）
 - ・ 2 箇所にて各 30 名の被験者に模擬実験を 3 ヶ月毎に計 4 回実施し、認証精度と有効性を確認
 - ・ 実証実験に基づく改良型装置の評価ならびに最終調整の実施
 - ・ 50 名のカメラ渡り評価を実施。
 - ・ スクリーニングシステム全体システムのフィールドテストと実用化に向けた検討を実施
 - P3) 時空間ワーピングによる人物画像シンセシスシステム
 - ・ フィールドテストにより経年変化顔合成システムおよび経年変化自動認識システムの評価を行う。
 - ・ フィールドテストによりシステムの完成度を高める。
 - P4) 成果統合と実証実験

7. 年次計画

a. テーマ設定 8（1）

| 取組内容 | 1 年度目 | 2 年度目 | 3 年度目 | 4 年度目 | 5 年度目 |
|-----------------------------|---|---|--|-------|-------|
| P1) 高速顔画像検索装置 | | | | | |
| P1-1) 顔検出と顔向き変化に対応した顔検出・正規化 | マルチクラス顔検出による検出範囲の拡大 データセット構築 | 高精度化 顔特徴点検出の顔向拡大 三次元正規化横向き対応 | 顔追跡と性能評価・高速化 | | |
| P1-2) 劣化画像からの顔認証 | 様々な劣化への対応 入力からの劣化基底の推定 個人認証実験 評価・改良 | SQI のノイズ除去 離散最適化による SQI のノイズ除去 個人認証実験 評価・改良 | 学習に基づく高精度化 基底画像の学習と変換 個人認証実験 評価・改良 | | |
| P1-3) 1000 万画像/秒高速検索 | 画像 DB の作成 (1 万規模の達成) 認識実験と評価・改良 理論的基盤の構築 | 画像 DB の拡充 (100 万規模の達成) 改良特徴量の反映 認識実験と評価・改良 理論的基盤の構築 | 画像 DB の拡充 (1000 万規模の達成) 改良特徴量の反映 認識実験と評価・改良 理論的基盤の完成 | | |
| P1-4) 成果統合と実証試験 | | | 成果統合とシステム設計・試作、および実証実験 | | |

b. テーマ設定 8 (2)

| 取組内容 | 1 年度目 | 2 年度目 | 3 年度目 | 4 年度目 | 5 年度目 |
|---------------------------------|--|--|---|--|------------------------------|
| P2) 防犯カメラ画像からの人物照合システム | | | | | |
| P2) マルチモーダル歩行特徴による人物特定機能 | | | | | |
| P2-1-1) 低フレームレート歩容画像の時間超解像 | 標準フレームレートの参照画像に基づく時間超解像 ↔ | 低フレームレート歩容画像の自己時間超解像 ↔ | 基本有用性の評価 ↔ | 標準モデルに基づく時間超解像 ↔ | |
| P2-1-2) 方向変化に対応した歩容認証 | | 任意視点間における変換モデルの構築 ↔ | 基本有用性の評価 ↔ | | 識別性能最大化に基づく方向変換モデル構築 ↔ |
| P2-1-3) 顔・歩容・幾何特徴の融合による個人認証 | | 撮影条件による顔・歩容・幾何特徴の認証性能のモデル化 ↔ | 撮影条件に基づく顔・歩容・幾何特徴に対する適応的重み制御 ↔ | 1000人データによる基本有用性評価 ↔ | 実証実験による評価 ↔ |
| P2-1-4) 防犯カメラキャリブレーション | 防犯カメラキャリブレーション装置ハードウェア/ソフトウェア部の設計開発 ↔ | 試作装置の性能評価及び改良 ↔ | 試作装置の統合システムへの組み込み ↔ 歩行軌跡・平面制約と方向識別器を用いたカメラ位置姿勢推定 ↔ | 改良型装置の試作・評価 ↔ 現場での性能評価/改良 ↔ | 改良型装置の評価・最終調整 ↔ |
| P2-2) マルチモーダル歩行特徴による人物スクリーニング機能 | | | | | |
| P2-2-1) 人物の検出・追跡と人物セグメンテーション | 時空間特徴による歩行者検出 ↔ | 標準歩容モデルによる人物領域の追跡とセグメンテーション ↔ | | 追跡・セグメンテーション結果評価・改良 ↔ 人物検出実時間処理 ↔ | |
| P2-2-2) カメラ渡りを含む人物行動追跡 | | CoHOG、SYHOG 特徴量を用いたカメラ渡り間での人物同定 ↔ | 歩容の周期的特徴に着目した人物同定 ↔ | | 実証実験による評価・改良 総合システムへの実装 ↔ |
| P2-2-3) 防犯カメラ画像からの人物画像データベース化 | | | 顔追跡 ↔ クラスタリング ↔ | マルチモーダル歩行特徴によるデータベース作成 ↔ | |
| P3) 時空間ワーピングによる人物画像シンセシスシステム | | | | | |
| P3-1-1) 経年変化顔シミュレーション | 経年変化顔画像データ ↔ | ベースの構築 ↔ 経年変化アルゴリズム検討 ↔ 捜査支援システムの設計開発 ↔ | 捜査支援システムへの実装 ↔ | システムの改良、性能評価 ↔ | |
| P3-1-2) 経年変化自動認証へのチャレンジ | | | | 経年変化自動認証システムの実装 ↔ | システム評価 ↔ |
| P3-2) 歩行映像を対象とした超解像表示 | | 位置合わせ手法の設計・実装と基本性能評価 ↔ | SRmodelingの設計と実装 ↔ | システムの性能評価と改良 ↔ | 現場利用によるアンケート調査 ↔ |
| P4) 成果統合と実証実験 | | | | 成果統合と実証実験 ↔ | |