

安全・安心な社会のための犯罪・テロ対策技術等を
実用化するプログラム
事後評価
「人物映像解析による犯罪捜査支援システム」

責任機関名：大阪大学

研究代表者名：八木 康史

実施期間：平成 22 年度～平成 24 年度

目次

I. プロジェクトの概要

1. プロジェクトの背景と目的、必要性	1
2. 研究の全体像	2
3. ミッションステートメント	2
4. 研究計画	2
5. 実施体制	7
6. 諮問委員会の委員構成及び開催状況	8

II. 経費

1. 所要経費	11
2. 使用区分	12

III. 実施結果・成果の概要

1. 目標達成度	13
2. プロジェクト全体としての成果	13
(1) 全体成果	13
(2) 研究項目毎の成果	15
(3) 研究成果の発表状況	26
3. 研究計画・実施体制	28
(1) 研究計画の妥当性	28
(2) 実施体制の妥当性	29
4. 事業化に向けた取組の継続性・発展性	29
(1) 実証期間終了後の事業化に向けた取組	29
(2) 社会・経済・科学技術的波及効果	30

IV. 自己評価

1. 目標達成度	30
2. プロジェクト全体としての成果	30
3. 研究計画・実施体制	30
4. 事業化に向けた取組の継続性・発展性	30

I. プロジェクトの概要

- プログラム名:安全・安心な社会のための犯罪・テロ対策技術等を実用化するプログラム
- プロジェクト名:人物映像解析による犯罪捜査支援システム
- テーマ:8-(1)
- 責任機関名:大阪大学
- 研究代表者名(役職):八木 康史(大阪大学 産業科学研究所 所長・教授)
- 実施期間:3年間(技術開発期間:平成 22~23 年度、実証期間:平成 24 年度)
- 実施経費: 113.8 百万円(間接経費、環境改善費込み)

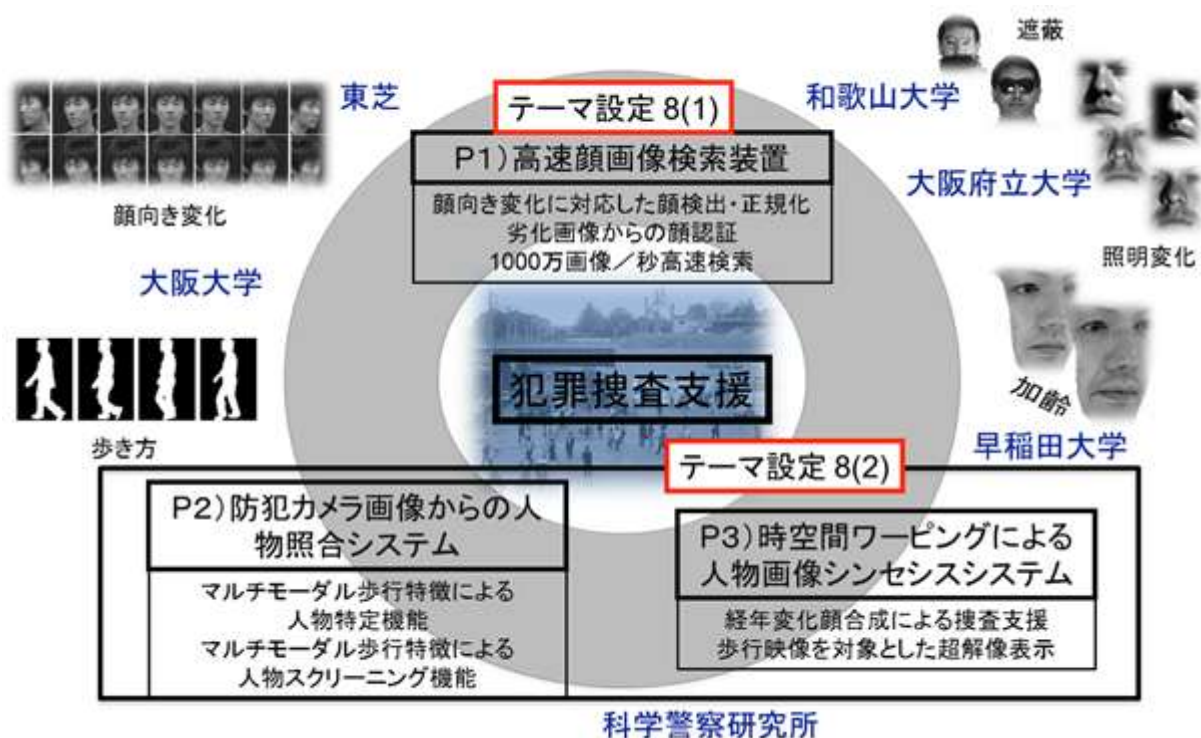
1. プロジェクトの背景と目的、必要性

犯罪やテロの捜査において個人特定を行う際、人物の顔は大きな手掛かりであり、捜査機関には多数の人物の顔写真を収録したデータベースも存在する。本プロジェクトでは、そのような捜査における様々な場面に対応した、顔検索による捜査支援システムの実現を目指す。

実際の捜査においては、撮影された顔写真には様々なタイプの「劣化」が起こるため、劣化に対する頑健さが必要である。また、多数の人物がデータベースに登録されているため、検索の速度も重要である。そのため、本プロジェクトでは、「劣化を伴う 1 枚の人物画像を検索キーとし、データベース内の同一人物の顔画像を高速検索」する高速顔画像検索装置を研究開発する。

高速顔画像検索装置は、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専用 PC である。仕様は、顔正面に対して左右 $\pm 90^\circ$ 上下 $\pm 45^\circ$ に対応し、多様な撮影環境下での 25×25 画素以上の人物を含む顔画像に対して、上位 10 位に正解が含まれる精度 98%で、1000 万枚/秒以上の画像照合を目指す。技術開発要素として、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/秒高速検索の 3主要要素の研究開発を行う。

2. 研究の全体像



3. ミッションステートメント

【技術開発期間終了時】

- 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 $\pm 90^\circ$ 、上下 $\pm 45^\circ$ 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 \times 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 (10位正検索率) 98%
- 高速顔画像検索: 目標速度 1000万画像/秒

【実証期間終了時】

- 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

4. 研究計画

本プロジェクトの目的は、「ある人物の劣化を伴う1枚の画像をキーとして、データベース内の同一人物の顔画像を検索する高速顔画像検索装置を開発する」ことである。高速顔画像検索装置は、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(クエリ)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専用PCで、以下の特性を有する。

- 1枚のクエリに対し1秒間に1000万枚以上の画像との照合を行う。
- カラーおよびモノクロの画像の検索が行える。

- ・ クエリは、顔正面に対して左右±90°、上下±45°の頂角を持つ楕円錐に含まれる方向から、両目と顎を含む顔領域が25×25画素以上の大きさに撮影された画像である。
- ・ 装置内に蓄積する画像は、同一人物に関して複数枚の正面画像が存在するとは限らない。
- ・ 「彫の深い外国人」の見誤りの第一原因となる照明条件の変化、ピンボケ、ブレなどの信号劣化、および、髭やしわなどの容貌の変化が起きた顔画像に対しても、安定した検索能力を有する。

上記システムを開発するために、以下のP1-1、P1-2、P1-3の技術を実現する。なお、大阪大学は、これらの技術開発を統括し、本プロジェクト全体が円滑に進行させる役割を担う。

P1-1) 顔向き変化に対応した顔検出・正規化【東芝】

顔検出、特徴点検出、正規化の3つの要素技術を開発する。顔検出は、「撮影条件が一定でない監視カメラ画像から高速かつ高精度に顔を検出する技術を研究開発する」ことを目標とする。具体的には、検出可能な顔の撮影方向を、左右±90°、上下±45°の頂角を持つ楕円錐に含まれる方向とする。また、検出の目標精度は、従来型の検出手法を用いた正面向きの顔検出器と比較して、同等の精度を保ちつつ上記範囲内の様々な向きの顔を検出することを目標とする。特徴点検出は、検出した顔画像から顔特徴点を高精度に検出する技術である。全特徴点の平均検出位置誤差を両目間隔の5%以内とすることを目的とする。正規化は、顔特徴点を用いて顔位置および顔向きの位置合わせを精度よく行う技術で、適切な顔向きの画像に変換する。

P1-2) 劣化画像からの顔認証【和歌山大学】

現時点で実現できている陰影変化、画素の欠落や顔の隠蔽に対する頑健な検索技術を、解像度低下やピンボケ、ブレについてもより精度が向上するように拡張する。これにより、評価用データベースに対しての10位正検索率を90%以上にする。

1枚の陰影の変化を受けた画像に対して、その影響を除去するためにはSelf Quotient Image (SQI)が用いられるが、これに含まれるノイズ成分(Hallow Effect)を除去する。これにより、評価用データベースに対しての10位正検索率を95%以上にする。

任意の劣化に対する探索精度を向上させるために、検索の際に使用する特徴を学習により求める。これにより、評価用データベースに対しての10位正検索率を98%以上にする。

P1-3) 1000万画像/秒高速検索【大阪府立大学】

P1-1、P1-2で開発予定の顔検出・正規化の技術、ならびに劣化画像からの認証技術を通して得られる特徴量を用い1000万画像から1秒以内の検索技術を構築する。このとき、高速検索を適用した場合の正検索率を、速度を度外視して得られる正検索率の98%以上とする。

1000万画像のデータベースに対して、100ms以内で検索する技術にもチャレンジする。精度目標は同様である。

P1-4) 成果統合と実証実験【東芝、大阪府立大学、および和歌山大学】

P1-1、P1-2、およびP1-3の研究開発成果を統合し、高速顔検索ソフトウェアを試作する。当該ソフトウェアの試作では、東芝を中心に策定したAPI(Application Programming Interface)などの仕様に沿って、

東芝、大阪府立大学、および和歌山大学がそれぞれソフトウェアライブラリを作成し、東芝が統合する。試作した顔検索ソフトを用いた実証実験では、大規模な画像データベースに対する顔検索において、10位正検索率が98%以上になることを確認する。

○平成 22 年度の計画

P1-1)顔向き変化に対応した顔検出・正規化

以下の三項目について実施する。

- ・ディスクサーバーを購入し、顔向きの変化を含む顔画像データを収集、正解教示を行って顔画像データセットを構築
- ・学習用計算サーバーを購入し、マルチクラスの顔検出により顔検出角度範囲を拡大した手法の機能試作
- ・開発実験用 PC を購入し、公開データセット(HOIP)による顔検出性能の評価

P1-2)劣化画像からの顔認証

ボケ、ブレ、解像度低下など、画像撮影時に生じ得る劣化を表現する画像の直交展開の基底を求めるための学習を大量の画像から行う。このために、複数の CPU を搭載した並列劣化パターン解析・検索性計算機を購入し、アルバイトを雇用して劣化の影響を受けにくい尺度の開発と、そのプログラム開発、実験を行う。

P1-3) 1000 万画像/秒高速検索

1万画像のデータベースに対して、入力された顔画像を1秒以下で照合する技術を開発する。前期の目標は、1万画像のデータベースを構築することである。具体的には、用いるデータ1画像に対して、顔画像用の特徴抽出を適用し、ベクトルデータに変換する。次に、ベクトルデータに対して、索引付けを施し、ハッシュ表にデータを格納する。

後期の目標は、構築したデータベースを用いて、認識実験を行い、性能を評価することである。1万画像の段階で問題点を洗い出すとともに、次年度に100倍にするための課題を明確にする。

また、上記の技術開発と同時に、高速検索手法の理論的基盤作りにも着手する。

○平成 23 年度の計画

P1-1)顔向き変化に対応した顔検出・正規化

前年度に開発したマルチクラス顔検出を高精度化する。必要に応じて、学習画像の取得と正解教示を行い、学習サンプルを追加する。また、顔画像の正規化のため、顔向きの変化に対応した顔特徴点検出手法、および三次元正規化を横顔にも対応させる。

P1-2)劣化画像からの顔認証

平成 23 年度は、1)劣化に対して頑健な尺度の計算法の拡張と高速化、2)低解像度画像に対する概略検索の高速化について取り組む。また、照明変化に対して頑健な特徴量についても、様々な手法を比較し、有効な手法の絞り込みとパラメータ設定の検討を行う。

P1-3) 1000 万画像／秒高速検索

データベースのサイズを 100 倍の 100 万画像として、同様の目標を達成する。

平成 23 年度前期の目標の一つは、データベースの規模の拡大である。データベースの大きさが増えるほどにはメモリ量は増えない(データベース 100 倍、メモリ 3 倍)ので、メモリ効率を重視したデータベース作成が必須となる。具体的には各種の量子化手法を試すとともに、「的」の増やし方に工夫が必要であると考えている。メモリの制限が厳しい場合には、精度が思うように上がらない可能性がある。その場合には、INRIA の手法でも採用されていた検証処理を導入する。

同年度前期のもう一つの目標は、他の参画機関が開発した新しい特徴量や照合方式を、高速画像検索に導入することである。これにより、検索精度の向上が見込まれる。

同年度後期の目標は、拡大したデータベース、新しい特徴抽出や照合方式を用いて、大規模な実験を行い、方式改良のための手がかりを得、改良を進めることである。

また、この年度は理論的基盤作りの中心的な年度と捉えて、初版を完成させる。

○平成 24 年度の計画

P1-1) 顔向き変化に対応した顔検出・正規化

前年度までの研究開発成果の評価実験の他、顔検出・顔向き正規化の高速化、および要素技術を統合した捜査支援システムを試作する。また、評価実験用映像の取得を行う。

P1-2) 劣化画像からの顔認証

前年度までの研究開発成果の評価実験の他、実計測画像における劣化に対応できるよう、提案手法の高精度化を実施する。また、これらの成果のライブラリソフトウェア化を実施する。

P1-3) 1000 万画像／秒高速検索

前年度までの研究開発成果の評価実験、画像データベースの拡充、およびライブラリソフトウェア化を実施する。

P1-4) 成果統合と実証実験

平成 22 年度、および平成 23 年度における各担当機関の成果を踏まえ、以下 4 項目を実施する。

- ・研究開発成果統合のための API 等の仕様策定
- ・策定した仕様に基づいたライブラリソフトウェアの作成
- ・上記ライブラリソフトを用いた統合高速顔検出ソフトウェアの試作
- ・試作した統合顔検出ソフトウェアの正検出性能に関する実証実験の実施

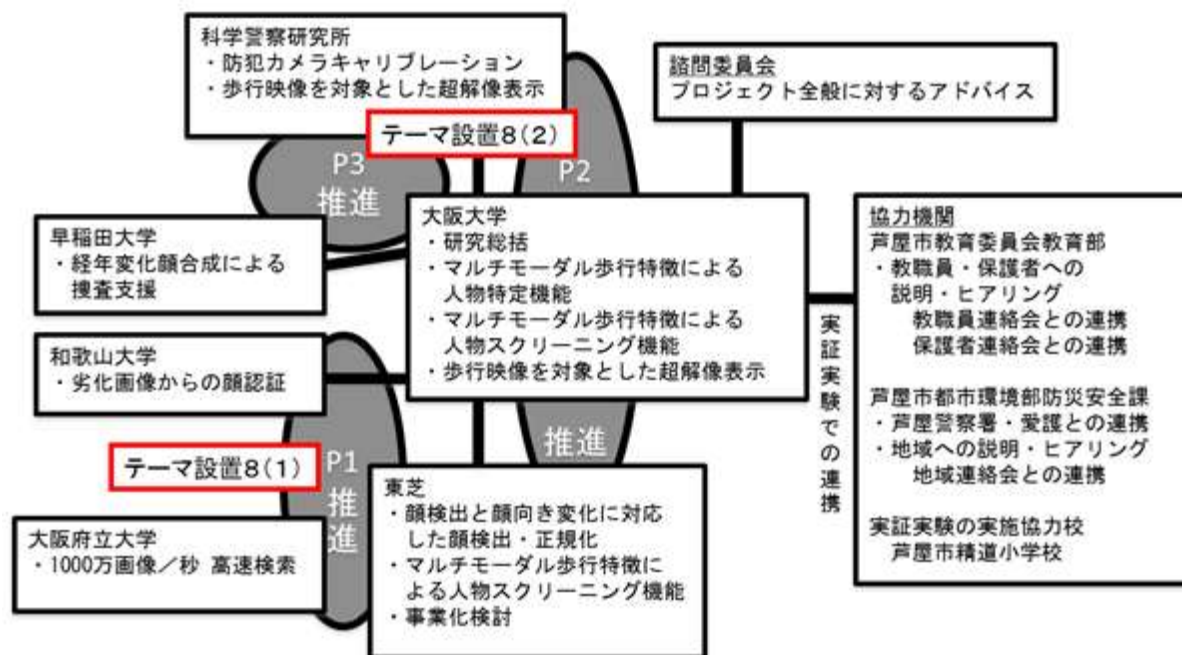
上記 4 項目において、ライブラリソフトの仕様策定、および統合高速顔検出ソフトウェアの試作は、東芝が主導する。ライブラリソフトウェアの作成は、各研究実施機関が実施する。実証実験で用いる大規模 DB 画像は、大阪府立大学が提供し、実証用の実計測画像は東芝が提供する。実証実験は和歌山大学が実施する。

研究計画表

研究項目	1年度目	2年度目	3年度目
P1-1)顔検出と顔向き変化に対応した顔検出・正規化	<p>顔検出範囲拡大</p> <p>データセット構築</p>	<p>高精度化</p> <p>顔特徴点検出の顔向き拡大</p> <p>三次元正規化 横向き対応</p>	<p>性能評価・高速化</p>
P1-2)劣化画像からの顔認証	<p>様々な劣化への対応</p> <p>個人認証実験 評価・改良</p>	<p>照明変動に不変な特徴量の検討</p> <p>個人認証実験 評価・改良</p>	<p>学習に基づく高精度化 基底画像の学習と変換</p> <p>個人認証実験 評価・改良</p>
P1-3) 1000万画像/秒 高速検索	<p>画像 DB 作成 (1万規模)</p> <p>認識実験と 評価・改良</p> <p>理論的基盤の構築</p>	<p>画像 DB 拡充 (100万規模)</p> <p>改良特徴量の反映</p> <p>認識実験と評価・改良</p> <p>理論的基盤の構築</p>	<p>画像 DB の拡充 (1000万規模の達成)</p> <p>改良特徴量の反映</p> <p>認識実験と 評価・改良</p> <p>理論的基盤の完成</p>
P1-4) 成果統合と実証実験			<p>成果統合とシステム設計・ 試作、および実証実験</p>

5. 実施体制

< 研究実施体制図 >



< 実施体制一覧 >

研究項目	担当機関等	研究担当者
プロジェクト統括	大阪大学 産業科学研究所	◎八木 康史(教授) 榎原 靖(助教)
P1-1)顔検出と顔向き変化に対応した顔検出・正規化	(株)東芝 研究開発センター	岡田 隆三(主任研究員) 小坂谷 達夫(研究主務) 渡辺 友樹(研究主事) 湯浅 真由美(主任研究員)
P1-2)劣化画像からの顔認証	和歌山大学 システム工学部	和田 俊和(教授) 呉 海元(教授) 陳 謙(准教授) 坂本 竜基(講師) 大池 洋史(特任助教)
P1-3) 1000 万画像/秒高速検索	大阪府立大学大学院工学研究科	黄瀬 浩一(教授) 岩村 雅一(准教授) 内海 ゆづ子(助教)

P1-4) 成果統合と実証実験	(株)東芝 研究開発センター 和歌山大学 システム工学部 大阪府立大学大学院工学研究科	岡田 隆三(主任研究員) 小坂谷 達夫(研究主務) 湯浅 真由美(主任研究員) 和田 俊和(教授) 呉 海元(教授) 陳 謙(准教授) 坂本 竜基(講師) 大池 洋史(特任助教) 黄瀬 浩一(教授) 岩村 雅一(准教授) 内海 ゆづ子(助教)
-----------------	---	---

◎ 研究代表者

6. 諮問委員会の委員構成及び開催状況

< 諮問委員会委員 >

内閣府政策統括官(科学技術政策・イノベーション担当)付参事官補佐

警察庁刑事局組織犯罪対策部国際捜査管理官付課長補佐

警察庁刑事局組織犯罪対策部国際捜査管理官付係長

警察庁刑事局組織犯罪対策部国際捜査管理官付係長

公安調査庁調査第二部第一課課長補佐

公安調査庁調査第二部上席調査官

奈良先端科学技術大学院大学教授 横矢直和

東京大学教授 池内克史

芦屋市教育委員会学校教育部部长 丹下秀夫

芦屋市都市環境部防災安全課課長 大上 勉

< オブザーバ >

内閣官房副長官補(安全保障・危機管理担当)付主査

諮問委員会等の開催実績及び議題

(a) 諮問委員会

第一回(平成22年7月12日)

議題:「人物映像解析による犯罪捜査支援システム」に関する概要説明と意見交換

1. 挨拶と自己紹介
2. 安全・安心プログラムについて
3. プロジェクトの全体説明
4. 全体討論・意見交換
5. 阪大の見学

第二回(平成23年2月28日)

議題:「人物映像解析による犯罪捜査支援システム」に関する概要説明と意見交換

1. プロジェクトの全体説明

2. テーマ1について研究進捗報告と全体討論および意見交換
3. テーマ2について研究進捗報告と全体討論および意見交換
4. その他

第三回(平成23年9月2日)

議題:「人物映像解析による犯罪捜査支援システム」に関する概要説明と意見交換

1. プロジェクト進捗報告
2. 再審査について

第四回(平成24年3月5日)

議題:「人物映像解析による犯罪捜査支援システム」に関する概要説明と意見交換

1. 第一回諮問委員会議事録の承認
2. プロジェクト進捗報告

第五回(平成24年9月25日)

議題:「人物映像解析による犯罪捜査支援システム」に関する概要説明と意見交換

1. テーマ1のプロジェクト進捗報告
2. テーマ2のプロジェクト進捗報告

第六回(平成25年3月28日)

議題:「人物映像解析による犯罪捜査支援システム」に関する概要説明と意見交換

1. 概要説明
2. テーマ1 報告
3. テーマ2 報告
4. その他

(b) 全体会議

第一回(平成22年7月12日)

第二回(平成22年10月7日)

第三回(平成22年10月29日)

第四回(平成22年12月13日)

第五回(平成23年2月28日)

第六回(平成23年4月20日)

第七回(平成23年7月4日)

第八回(平成23年9月2日)

第九回(平成23年12月17日)

第十回(平成24年3月5日)

第十一回(平成24年7月2日)

第十二回(平成24年9月25日)

第十三回(平成24年12月28日)

第十四回(平成25年3月28日)

(c) テーマ8(1)会議

第一回(平成22年9月1日)

第二回(平成22年9月4日)

第三回(平成22年10月29日)

第四回(平成23年1月25日)

第五回(平成23年5月25日)

第六回(平成23年8月4日)

第七回(平成23年11月4日)

第八回(平成24年1月23日)

第九回(平成24年5月30日)

第十回(平成24年8月2日)

第十一回(平成24年12月19日)

第十二回(平成25年2月8日)

第十三回(平成25年3月21日)

II. 経費

1. 所要経費

(間接経費、環境改善費を含む)

(単位:百万円)

研究項目	担当機関等	研究担当者	所要経費			
			H22年度	H23年度	H24年度	合計
プロジェクト統括	大阪大学 産業科学研究所	◎八木 康史(教授) 榎原 靖(助教)	0.5	0.5	0.5	1.5
P1-1)顔検出と顔向き変化に対応した顔検出・正規化	(株)東芝 研究開発センター	岡田 隆三(主任研究員) 小坂谷 達夫(研究主務) 渡辺 友樹(研究主事) 湯浅 真由美(主任研究員)	20.4	16.9	6.0	43.2
P1-2)劣化画像からの顔認証	和歌山大学 システム工学部	和田 俊和(教授) 呉 海元(教授) 陳 謙(准教授) 坂本 竜基(講師) 大池 洋史(特任助教)	12.6	8.3	4.3	25.2
P1-3) 1000 万画像/秒高速検索	大阪府立大学大学院工学研究科	黄瀬 浩一(教授) 岩村 雅一(准教授) 内海 ゆづ子(助教)	12.5	10.3	5.6	28.4

P1-4) 成果統合 と実証実験	(株)東芝 研究 開発センター 和歌山大学 シ ステム工学部 大阪府立大学 大学院工学研 究科	岡田 隆三(主任研究員) 小坂谷 達夫(研究主務) 湯浅 真由美(主任研究員) 和田 俊和(教授) 呉 海元(教授) 陳 謙(准教授) 坂本 竜基(講師) 大池 洋史(特任助教) 黄瀬 浩一(教授) 岩村 雅一(准教授) 内海 ゆづ子(助教)			15.5	15.5
所要経費 (合計)			46.0	36.0	31.9	113.8

2. 使用区分

(単位:百万円)

	プロジェク ト統括	P1-1)	P1-2)	P1-3)	P1-4)	計
1. 委託費及び補助 金	1.5	42.0	25.2	27.6	14.2	110.5
設備備品費	0	9.4	5.5	14.7	2.8	32.4
人件費	0	14.1	7.5	3.2	5.1	29.9
消耗品費	0	3.2	1.2	2.6	1.2	8.2
その他	1.5	8.8	4.8	2.5	3.1	20.7
(直接経費計)	(1.5)	(35.5)	(19.0)	(23.0)	(12.2)	(91.2)
間接経費及び環 境改善費	0	6.5	6.2	4.6	2.0	19.3
合計	1.5	42.0	25.2	27.6	14.2	110.5
2. 自主経費	0	1.2	0	0.8	1.3	3.3
総計	1.5	43.2	25.2	28.4	15.5	113.8
3. 補助対象外経費	0	0.2	0	0	0	0.2

【装置名:購入期日、購入金額、購入した備品で実施した研究項目】(H22~H24)

①サーバー装置:2010年11月,6百万円,P1-1

III. 実施結果・成果の概要

1. 目標達成度

【技術開発期間終了時】

東芝は左右±90°、上下±45°の上下横向き顔領域の自動検出と、それを回転させて正面向き画像を生成する処理を100ms以内に完了することを目標にしていた。処理時間は87msであり、上記目標を達成した。横向きを含む顔の検出精度はテストセットに対して94.3%、テスト用顔画像の10位正検索率は正規化によって98%となった。

大阪府立大学は、300万枚の顔画像データベースを構築し、目標であった100万枚を上回るデータベース構築を達成した。また、100万顔画像データベースに対して概略検索実験を行い、ランキングトップ100位までに正解が含まれる確率(100位正検索率)は99.2%で検索時間49.1msを達成した。

和歌山大学では、この概略検索結果を絞り込み、処理時間20.45msでランキングトップ10位までに正解が含まれる確率(10位正検索率)を99.2%とした。

これらを合算すると、トータルの10位正検索率は $99.2\% \times 99.2\% = 98.4\%$ 、トータルの処理時間は69.5msとなり、100万枚のデータベースに対して、ミッションステートメントの1秒以内10位正検索率98%とする目標が達成できることを示した。

また、和歌山大学では低解像度画像に対しては、画像の拡大を行わず、25×25画素の画像に対してそのまま概略探索と詳細探索を並列化する研究を行い、1000万枚から上位10位までの詳細探索を行うのに、合計804msを要することを示し、この方式でも1000万枚/秒の高速探索が実現できることを示した。

【実証期間終了時】

東芝は実証実験システムのために、画像をドラッグ&ドロップすると、検出・正規化後、表示するGUIシステムを開発した。検出されたのが正面か非正面かによりDBを切り替える機能を持つ。また、必要に応じて特徴点を手動で修正した上での検索実行、GUIから画像を追加登録できる機能を持つ。

大阪府立大学では、技術開発期間終了までに作成したデータベースを拡張し、1000万顔画像データベースを作成した。この1000万顔画像データベースに対してランキングトップ1000位の概略検索で、処理時間185msで正検索率98.5%の検索を達成した。

和歌山大学ではパラメータチューニングを行い、204.5msで平均99.5%の正検索率で1000枚の候補から10位までの絞り込みを行えるようにし、トータルでの処理時間389.5ms、1000万枚顔画像を対象とした10位正検索率98%が達成できた。

3つの技術開発担当機関が開発したライブラリソフトを用いて、プロトタイプ版の統合顔検索ソフトウェアを開発した。これを用いて、100万枚DB使用時の顔検索性能評価試験を実施したところ、10位正検索率は98.6%となった。外国人の顔画像をクエリとして与えた場合も同様であることを確認した。

2. プロジェクト全体としての成果

(1) 全体成果

(a) 技術開発期間

ミッションステートメント達成に向けて、本プロジェクトでは、大阪大学が技術開発全体を統括し、技術開発担当機関である東芝、大阪府立大学、和歌山大学それぞれの担当を以下のように取り決めた(図-1)。

東芝では、監視カメラ等の画像から人物の顔領域を切り出し、3次元的な顔向きを正規化を行う。この正規化された画像をクエリとして、画像の検索を行うが、この画像のサイズが局所特徴量の抽出ができる程度に大きい場合は、大阪府立大学のシステムで、データベースに含まれる1000万画像の中から千数百～数百程度の正解候補に絞り込む「概略検索」を行う。この候補に対して劣化を考慮した「詳細検索」を和歌山大学のシステムで行い、類似性の高い上位10位の検索結果を出力する。検索キー画像が25×25画素程度の低解像度画像で局所特徴量の抽出が行えない場合は、和歌山大学が構築する画素単位の比較計算に基づく高速な概略検索システムで候補を絞り、さらに前述の詳細検索を行う。以下では、各担当の具体的な成果について述べる。



図-1 各組織の役割分担

(b) 実証期間

実証期間では、統合顔検索ソフトウェア(以下、顔検索ソフトと呼称)のプロトタイプを用いた顔検索性能の評価試験を実施した。この顔検索ソフトは、本プロジェクト採択時の「多くの機関で開発を分担することから、システム機能・性能の統合性について留意しながら開発を進めることを期待する。」というコメントを反映し、ユーザーインターフェースを持つソフトウェアとして開発された。ソフトウェア開発では、東芝を中心に策定したAPIなどの仕様に沿って、東芝、大阪府立大学、および和歌山大学がそれぞれソフトウェアライブラリを作成し、東芝がそれらを統合することで実現した。

評価試験は、和歌山大学において、当該顔検索ソフトを用いて、入力顔画像(クエリ)に対する正検索率を評価した。ここで、正検索率とは、あるクエリに対して、大阪府立大学の概略検索アルゴリズム(検索結果画像を1000枚まで絞り込むアルゴリズム)、および和歌山大学の詳細検索アルゴリズム(検索結果画像を100枚まで絞り込むアルゴリズム)によってDBから選択された顔画像のトップ10枚に、クエリと同一人物が含まれている割合である。DBの画像数が100万枚の場合における、異なる10名を屋内外で撮影した映像から生成したクエリ278枚の10位正検索率は、照明正規化を行うことで98.6%となった。以上の評価試験では、図-2に示す通り、顔の一部に隠れがある検索困難なサンプルでも検索に成功した。

その他、当該顔検索ソフトによる外国人の個人識別可否も確認した。クエリとなる外国人顔画像は、上述の100万件DBに含まれているものとは別画角・別カメラで撮影された同一人物画像である。以上の条件でも、同一人物が正しく検索できた。

顔に「隠れ」がない入力画像例



顔の一部に「隠れ」がある入力画像例



図-2 クエリ生成時の入力画像例

(2) 研究項目毎の成果

P1-1:顔検出と顔向き変化に対応した顔検出・正規化(東芝)

・概要

顔検出・正規化手法は、画像中から顔がどこにどのくらいの大きさで存在するかを見つける顔検出、見つかった顔から目じり、口端、鼻孔といった特徴点を検出する特徴点検出、顔特徴点の情報を使って顔画像を特定の顔向きにそろえた正規化画像を作成する正規化の3つの処理からなる。

検出処理については学習データから自動的に有効な特徴を抽出する統計的な手法、正規化は3次元顔モデルを用いて特定の顔向き画像を生成する手法を用いる。統計的な手法を用いるため、学習データの収集、整備を行う。同時に最終評価のデータ収集も行う。

・目標に対する成果

東芝が達成すべき技術開発期間終了時の目標は、

- 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 $\pm 90^\circ$ 、上下 $\pm 45^\circ$ の顔向きに対して、100ms/画像

であり、実証期間終了時には、

- 要素技術を統合した高速顔画像検索システム

である。それぞれの項目につき、以下の成果を達成した。

1. 目標速度左右±90°、上下±45°の顔向きに対して、100ms/画像

a) 学習・評価用データの整備

本プロジェクトが対象とする幅広い顔向きを扱うため、まず学習や評価のためのデータベースを整備した。学習や開発用には様々な公開データベースなどから49,082枚(正面27,260枚、斜め14,853枚、横顔6,969枚)を集め、全ての画像に対して顔の位置や14点の特徴点の座標を人間が正解として与えた。また、ミッションステートメントの達成度合いを評価するためのデータとして、HOIPデータベースを用いることとし、左右90度(5度刻み)、上下45度(15度刻み)の計84,000枚について特徴点教示を行った。さらに学習用データを拡充させるため43,875枚の画像に特徴点を教示した。また、最終システム評価用のため、日本科学未来館でのアウトリーチ活動(2011年8月27日～31日の5日間)で上三分身と全身の正面、右斜側面、右側画像について計13,023枚を撮影した(図-3)。



図-3 日本科学未来館でのアウトリーチ活動で撮影した画像の例

b) 顔向き変化に対応した顔検出・正規化手法の実現

顔向き変化に対応した顔検出・正規化手法については、顔検出や顔特徴点検出手法は学習データから自動的に検出に有効な特徴を抽出する統計的アプローチを実現した。提案手法により、顔向きのみならず、多様な変動や劣化を、学習データを追加することで包括的に扱うことができ、効果的である。

左右±90度、上下±45度の範囲に接する楕円内の角度への対応については、横顔の学習データの拡充により、テストセットにおいて平均顔検出率94.3%、顔特徴点検出誤差は人手入力+誤差5%以内を達成した。顔向きの正規化処理については3次元顔モデルを用いて複数の顔向き画像を生成する手法を開発し、テストセットの10位正検索率98%を達成した。

処理速度100ms/画像への対応については、マルチスレッド化や実装方法の最適化により、87ms/画像(Intel Q6850@3.00GHz)を達成した。

2. 要素技術を統合した高速顔画像検索システム

画像をドラッグ&ドロップすると、検出・正規化後、表示するGUIを有するシステムを開発し、実証実験・デモシステムとして大阪大学に設置した。検出されたのが正面か非正面かによりDBを切り替える機能を持つ(図-4)。また、諮問委員会、科警研等の現場利用の意見を取り入れて、必要に応じて特徴点を手動

で修正した上での検索実行、その場で画像を追加登録できるオンラインでの追加登録機能等を備えた。



図-4 実証システム GUI



図-5 撮影した防犯カメラ画像と登録用画像例

また、実証実験のための防犯カメラからの画像収集も行った。ロケーションとして店舗、地下駐車場、路上(日中、夜)の4か所で10名(登録用画像6パターンも撮影)分を歩行パターンとしてカメラ見る、見ない、マスク、マスク+帽子またはフードの4通りで撮影した(図-5)。

P1-2:劣化画像からの顔認証(和歌山大学)

・概要

和歌山大学では、劣化画像をクエリとする顔画像検索の精度向上のために、画像間の相違性尺度と、その尺度のための画像間正規化について研究を行った。これは、顔画像の検索の際に、クエリとして与える画像に含まれる、ブレやぼけ、隠ぺい、照明条件の変化などの影響により、データベース中の顔画像との照合精度が低下するという問題を緩和するために必要な研究である。

具体的には、図-6 に示すように劣化画像をキーとして与え、劣化の起きていない画像を検索する問題に取り組んでいるが、これをさらにすすめて、実際に起こりうる画像の陰影の変化、スケールの変化、低照

度画像などに対する検索性能を高める研究を行った。

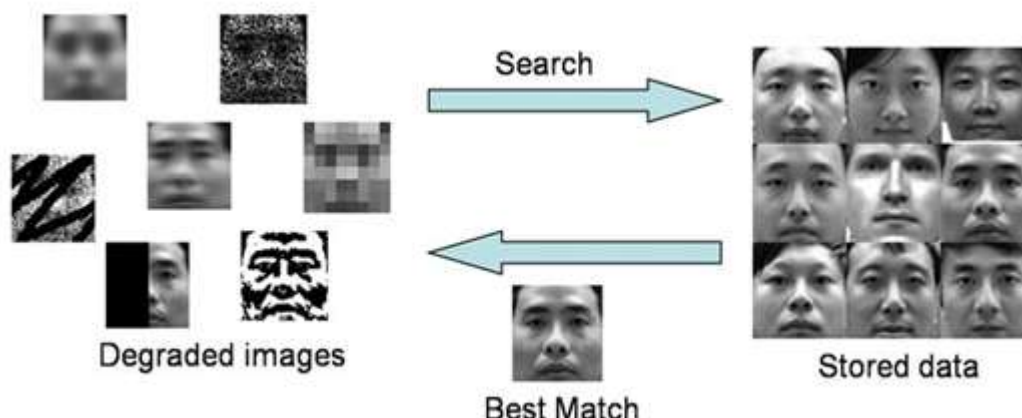


図-6 劣化画像をキーとした顔画像検索

・目標に対する成果

図-7に示すのは、AR face database(132枚)を用いて、様々な劣化を加えた画像をクエリとして与えて、正解の画像が検索できる割合を調べた例である。この実験は、概略検索で枚数が少なくなってからの詳細検索を想定しているため、小規模なデータベースでも問題は無いと考える。左の画像は低解像度画像であり、さらに、遮蔽と偏った照明が与えられている。右は低照度の被写体をフラッシュなしで撮影する際に発生するノイズと、低解像度化が加わった際の正検索率である。いずれも、98.5%以上の性能を達成し、平均 99.2%の検索性能が得られている。これと、大阪府立大学の概略検索の 100 位正検索率 99.2%を掛け合わせると、98.4%となり、目標性能の 98%をクリアできることが分かる。

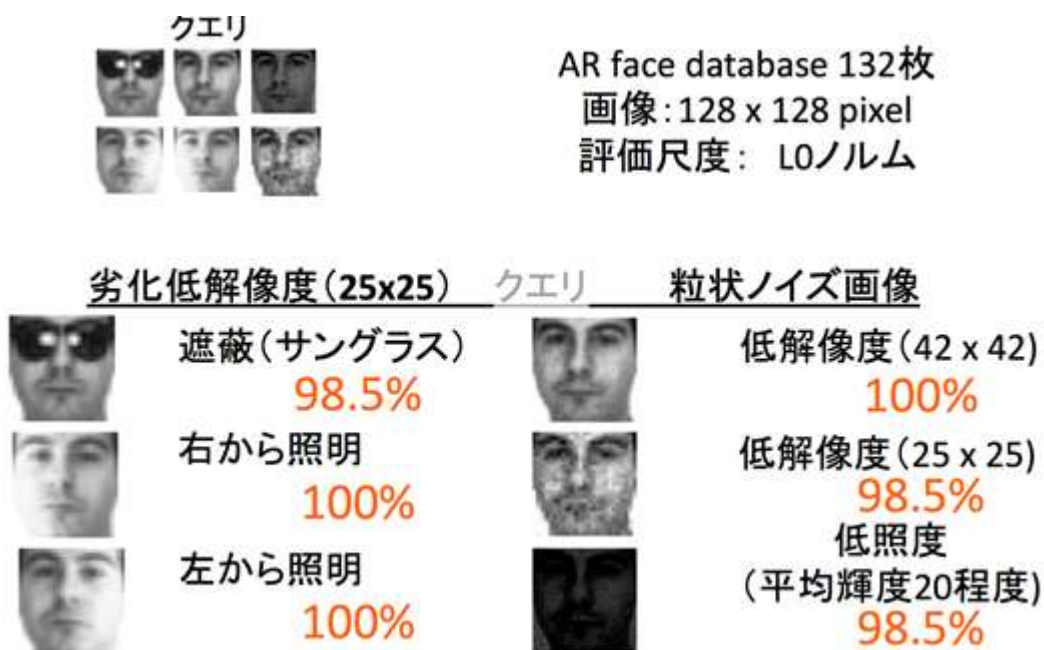


図-7 複合的な劣化に対する検索性能

また、犯罪捜査時に特に問題となる低照度画像に関して、どの程度の照度まで対応可能であるかを調べる実験を行った。図-8 にその結果を示す。この画像は、単に低照度になっているだけではなく、粒状ノイズも加わっている。

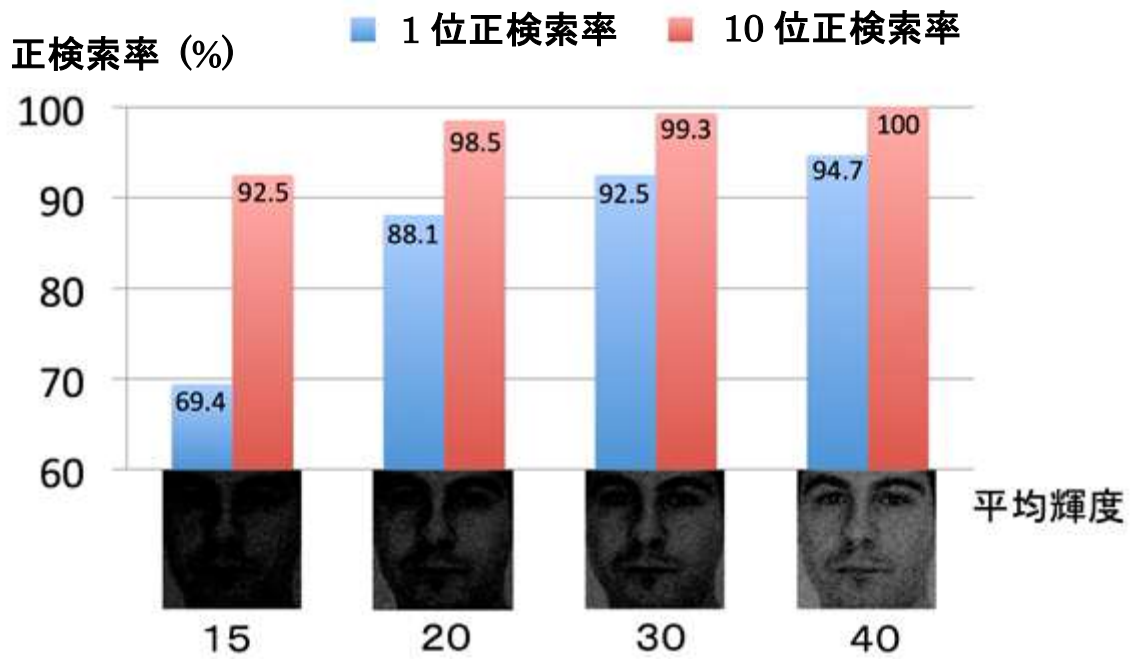


図-8 低照度画像に対する検索性能

この図から、平均輝度 20 程度の画像であれば、全体の正答率は 98% 以上になると判断できる。

さらに、照明正規化とノイズ除去を図-9 のように行くと、図-10 のように大幅に正検索率が向上することを確認した。

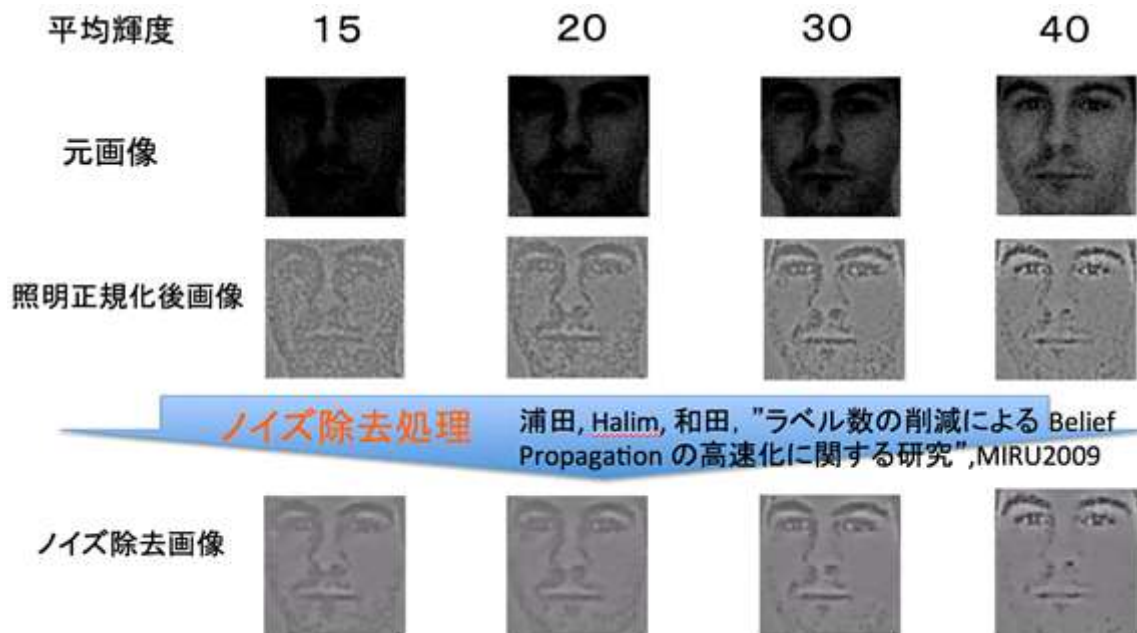


図-9 低照度画像に対する照明正規化と、ノイズ除去

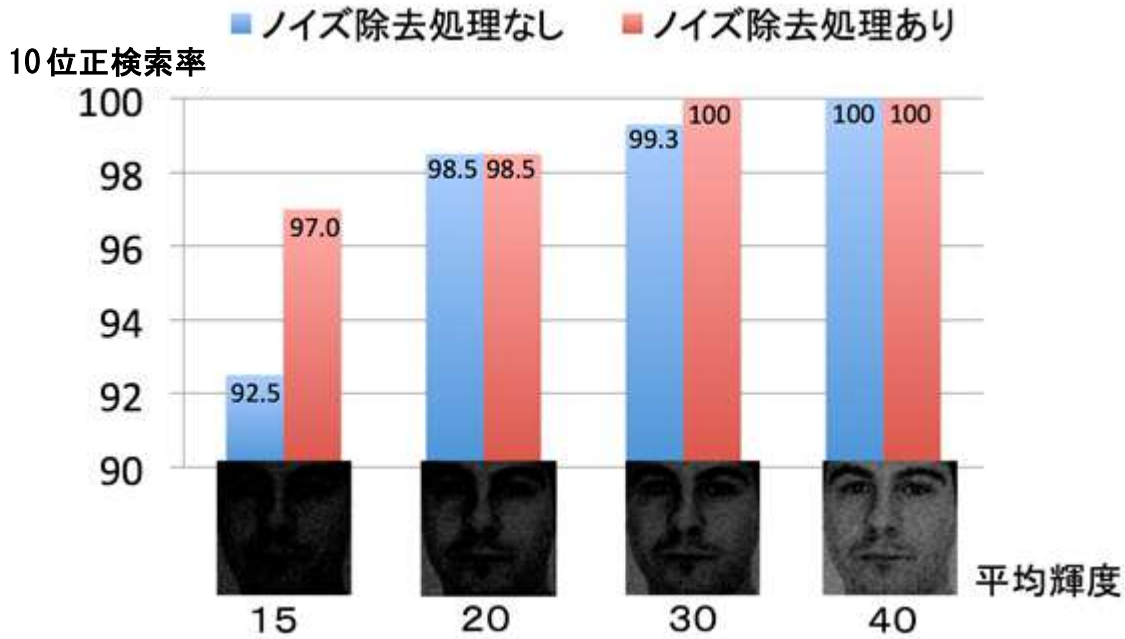


図-10 照明正規化と、ノイズ除去による正検索率の変化

これらの結果から、照明正規化や、ノイズ除去を組み合わせることで、検索性能が大幅に改善できることが分かる。

尚、132 枚の画像との照合計算時間は、27ms であった。この計算時間は比較対象画像枚数に対して、線形に変化するので、概略検索で 100 枚に絞り込まれた場合であれば 20.45ms、1000 枚であれば 204.5ms で処理が確実に終了する。この結果と次項の大阪府立大学の概略検索時間を考慮すると、全ての検索処理が 1 秒以内で終了することが分かる。

この一方で、低解像度画像に対しては、画像の拡大を行わず、図-11、および図-12 に示すように、25 × 25 画素の画像に対してそのまま概略探索と詳細探索を並列化する研究を行った。これは低解像度画像の局所特徴量が十分検出ができない場合に対応するための予防的な措置である。

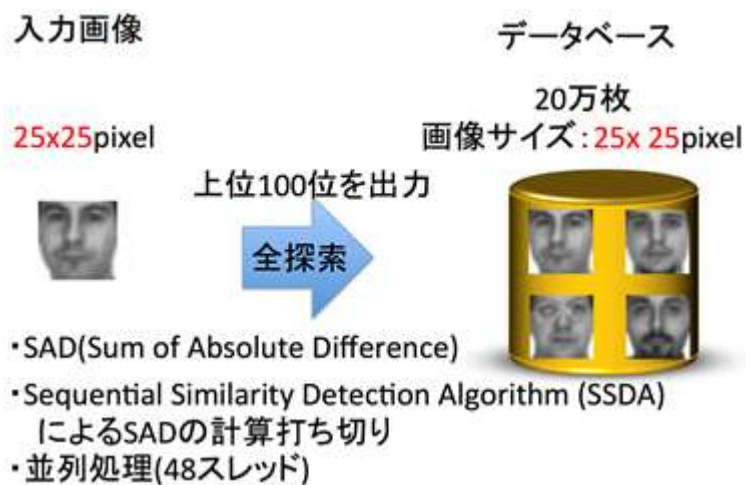


図-11 低解像度画像に対する並列検索



図-12 並列検索の工夫点

この実験では、20万枚を対象として、100件までの概略検索を行う時間を計測した。この時間は16msであった。この処理はデータ量に対して計算時間は線形に増加するので、データ量が50倍である1000万枚を対象とした場合、約800msがかかる。そして、100位から上位10位までの詳細検索を行うのに、4ms(画像が小さいため高速である)合計804msを要することが分かった。これによって、この方式でも1000万枚/秒の高速探索が実現できることを示した。

P1-3: 1000万画像/秒高速検索

・概要

大阪府立大学では大規模データベースを構築し、高速顔画像検索の検索速度、正検索率を評価した。まず、公開顔画像データベースとWebから収集した顔画像を合わせて、1000万枚の顔画像データベースを構築した。これに続いて、構築したデータベースを用いて、高速顔画像認識手法の検索速度、正検索率を評価した。実験の結果、1000万枚の顔画像を1000枚に絞り込む概略検索を正検索率98.5%、検索速度185msでできることを確認した。さらに、Dense samplingによる特徴抽出や照明正規化によって、低解像度画像や照明変動に対する正検索率を向上させることができた。

・目標に対する成果

a) 大規模データベースの構築

本研究の評価に必要な1000万枚の顔画像データベースを構築した。データベースは、公開されている顔画像データベースと、Webから収集した顔画像データベースから成る。Webからの収集にはFlickrなどの画像共有Webサイトを使用し、既にダウンロードしたものと重複がないかを確認した後、東芝で開発された手法を用いて顔向き正規化と切り出しを行った。

b) 高速顔画像認識の検索速度、正検索率の評価

a)で作成した 1000 万枚の顔画像データベース(DB)に対して局所特徴量と近似最近傍探索に基づく顔画像検索を行い、正検索率と検索時間を評価した。詳細検索を行う和歌山大学との協議の結果、大阪府立大学では、1000 万枚の顔画像から 1000 枚に絞り込む概略検索を行うこととした。正検索率の目標は、以下の2つである。

- (1) 最終目標に関する条件:大阪府立大学の概略検索と和歌山大学の詳細検索を組み合わせるときに 10 位正検索率 98%を達成すること。
- (2) 近似最近傍探索に関する条件:以下の[a]と[b]を比較し、[a]の 98%以上を[b]が達成すること。

[a] 速度を度外視して得られる正検索率

[b] 近似を導入して高速化した上で得られる正検索率

この条件は、近似の導入による正検索率の低下を低く抑えるためのものである。「速度を度外視して得られる正検索率」を実現する方法には様々なものが考えられるが、ここでは、全探索により得られる正検索率とする。検索速度の目標は「1000 万枚/秒」であり、和歌山大学の詳細検索で 1000 枚の顔画像の処理に 0.2 秒必要であることから、大阪府立大学では処理に 0.8 秒使えることになる。

b-ア) 全探索による検索実験

高速化手法を適用しない場合の正検索率を検証した。クエリとして AR Face Database の笑顔の正面顔 132 枚(set 2)を与え、a)で構築した DB から全探索で検索する実験を行った。特徴量に PCA-SIFT を用いたところ、画像 1 枚当たり平均 180 個の特徴量が抽出された。クエリから抽出された特徴量と、DB 中の各画像(参照画像)から抽出された特徴量の組み合わせのうち、ユークリッド距離が短いものを選び、その参照画像に投票した結果から、最も多くの票を集めた画像を出力する。1万枚、10 万枚、20 万枚、50 万枚、70 万枚、100 万枚のデータベースに対して全探索を行った際の 100 位正検索率を図-13 に示す。

図-13 から、データベースの画像数が増えるにつれて、正検索率が下がることがわかる。この理由は正解画像よりもクエリに類似した画像が登録されるためと考えられる。また、1000 万枚のデータベースに対しては 1000 位正検索率が 99.2%であった。

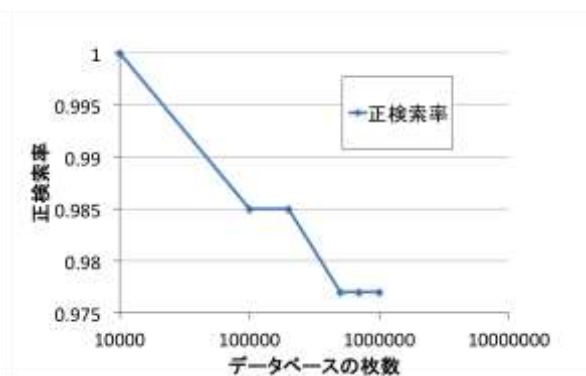


図-13 全探索の 100 位正検索率

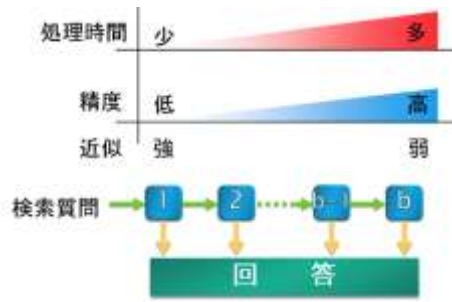


図-14 手法Aの概要

クエリの入力後、能力の異なる複数の識別器(図中の数字が書いてある矩形)で検索を行い、十分な証拠が集まった時点で回答を出力する。

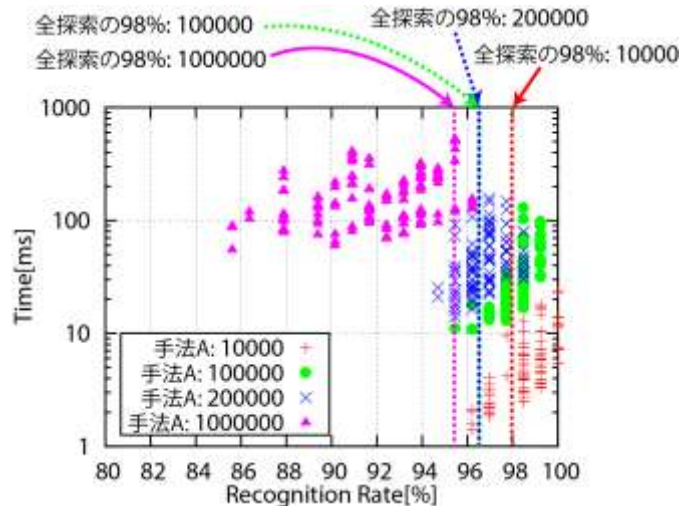


図-15 手法Aのデータベースにおける100位正検索率と計算時間の関係

b-イ) 既存手法の適用

近似最近傍探索の導入によってb-ア)の結果の高速化を試みた。近似最近傍探索とは、距離計算に近似を導入することによって、クエリの最近傍のベクトルが得られない可能性が生じる代わりに大幅に計算時間を削減できる方法である。ここでは近似最近傍探索として、我々が過去に開発した手法を用いた。以下、これを「手法 A」と呼ぶ。b-ア)で述べた投票によって回答を出力する処理を行う装置を識別器と呼ぶが、手法 A では図-14 に示すように識別器を直列にカスケード接続し、簡単に検索できる画像については早めに回答を出力し、検索が難しい画像に対してはより多くの時間を費やして回答を出力する手法である。1 万枚、10 万枚、20 万枚、100 万枚データベースに対して手法 A を用いて検索を行った結果を図-15 に示す。図中の破線はそれぞれ1 万枚、10 万枚、20 万枚、100 万枚データベースに対する達成目標(全探索を行って得られた100位正検索率の98%)を示し、プロットされた点はそれぞれ近似最近傍探索のパラメータを変化させたときの正検索率と検索時間を示す。その結果、100 万画像データベースに対して100位正検索率が全探索の98%の際に、照合に124msの時間がかかった。1 万、10 万、20 万、50 万、70 万、100 万画像データベースを用いて正検索率が全探索の98%の場合に探索にかかった時間を計測した結果をもとに1000 万顔画像データベースに対して照合にかかる時間を推定したところ、1140msとなり、概略検索に許容される検索時間である0.8秒の達成が困難と予測された。そのため、別の手法を開発することとした。

b-ウ) 新規開発手法の適用

速度目標の達成のため、前述の手法 A の性能改善を目的として今回新たに手法を開発した。これを「手法 B」と呼ぶ(図-16)。これは与えられたクエリの特徴量に対して距離計算対象とする DB 中の特徴量



図-16 手法 B の概要

与えられたクエリの特徴量に対して距離計算対象とするデータベース中の特徴量を球状に限定することによって高速化を実現する。

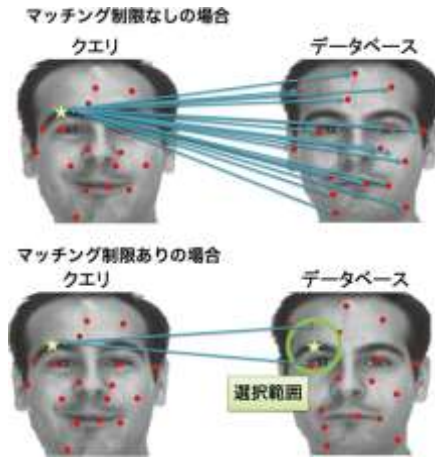


図-17 特徴量マッチング手法の概要

制約がない場合はすべての特徴点が検索対象となる。制約のある場合は、画像上でクエリの特徴点に近いものだけが検索対象となる。

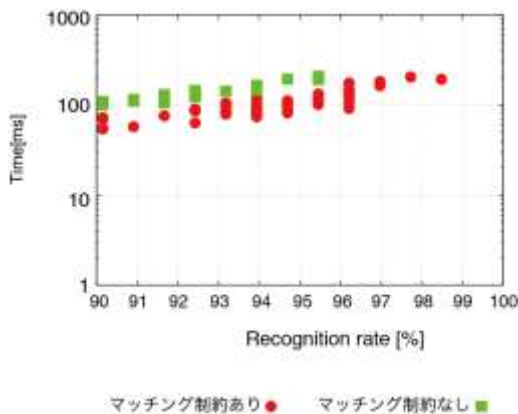


図-18 1000 万顔画像データベースに対する正検索率

を、クエリを中心とした超球内部に限定することによって高速化を実現する手法である。これに加えて、手法 A の特長であった識別器のカスケード接続を導入し、更なる高速化を実現した。さらに、図-17 に示すように、従来手法(マッチング制限なしの場合)のようにクエリ特徴量のマッチング対象を抽出されたすべての特徴量にするのではなく、クエリの特徴量と近い位置から抽出された特徴量のみを用いて認識を行った(マッチング制限ありの場合)。この手法を 1000 万枚のデータベースに対して適用した場合の 1000 位正検索率と計算時間の関係を図-18 に示す。1000 位正検索率が 98.5%のとき、手法 B が照合に必要な時間はマッチング制限ありの場合で 185ms となり、1000 位正検索率と検索速度の目標を達成することができた。また、この正検索率は b-ア) で行った 1000 万枚の顔画像データベースに対する全探索の 1000 位正検索率の 98%以上であり、全探索に基づいた正検索率の目標も達成することができた。

c) 低解像度画像への対応

本プロジェクトで想定される検索対象の顔画像は、低解像度で表情、照明など変動があるものが考えられる。そこで、b)でクエリとして評価に用いた AR Face Database の笑顔の画像と、それ以外の画像(怒り顔、叫び顔、右側または左側から照明が当たった顔、左右両方から照明が当たった顔)を低解像度化して認識実験を行った。実験では a) で作成したものから 10 万枚顔画像 DB を構築した。また、特徴抽出手法として、検出器で自動的に特徴点を決定するのではなく、格子状に特徴点を密にサンプリングする手法(Dense Sampling)を用いて評価を行った。手法 B を用いて認識を行ったときの 1000 位正検索率を表-1に示す。表-1の結果から、Dense sampling を用いて特徴抽出することで、クエリとデータベースの照明条件が異なった場合や、表情が異なった場合に正検索率を向上させることができることが明らかになった。

表-1 従来の方法と Dense sampling を用いた場合の各クエリでの 1000 位正検索率

	笑顔	怒り	叫び	左から照明	右から照明	左右から照明
従来手法	97.0	98.5	41.0	84.1	68.9	25.8
Dense sampling	97.0	97.7	26.5	98.5	97.0	77.2

d) 照明変化への対応

顔画像に対して照明正規化を行い正検索率の向上を図った。画像に Difference of Gaussian フィルタを施すことで照明の影響を取り除き、得られた画像から PCA-SIFT 特徴量を抽出して全探索による検索を行った。AR Face Database を用いて評価を行った結果、笑顔の正面顔 132 枚(set 2)において、照明正規化を行わなかった場合と照明正規化を行った場合との正検索率がそれぞれ 97.7%と 100%となり正検索率が向上した。

P1-4: 成果統合と実証実験(東芝、和歌山大学、大阪府立大学)

・概要

P1-1, P1-2, および P1-3 の成果を基に、東芝が作成した捜査支援システムの顔検索機能プロトタイプ版である統合高速顔検索ソフトウェア(以下、顔検索ソフトと呼称)を用いた実証実験を和歌山大学で実施した。実証実験では、大阪府立大学が用意した 100 万枚顔画像データベース(DB)に対して、P1-1 で取得した実証実験用の防犯カメラから取得した顔画像を入力(以下、クエリと呼称)として、検索結果ランキング上位 10 画像にクエリと同一人物が含まれている割合(10 位正検索率)を評価した。評価結果より、クエリに対して照明正規化を行うことで、10 位正検索率は 98.6%となった。

・目標に対する成果

顔検索ソフトは、実装開始前に API 等の仕様を決定しているため、担当機関ごとのライブラリバージョンアップなど、ソフトウェアリリース後の改良・保守が容易な設計となっている。顔検索ソフトには、概略・詳細

検索を行うことによる顔照合機能の他、Difference of Gaussian (DoG)を用いた照明正規化機能の他、手動による顔位置、および顔パーツ(たとえば、目、鼻、および口など)の位置ずれを補正する機能が実装されている。また、顔検索では、候補となるDB顔画像を概略検索で上位1000枚まで絞り込んだのち、詳細検索で100枚まで絞りこみ、ランキング上位10枚を検索結果として出力する。

評価実験では、まず、大阪府立大学が作成した100万枚顔画像DBに、正面、左45度、および左90度方向を向いた、2種類の顔サイズを持つ10名分の顔画像(計60枚)を加えた(DB画像登録例は、図-4右側の6枚の人物画像参照)。次に、DB登録画像以外の計測画像(入力画像)278枚を用意し、照明正規化の有無における、10位正検索率を評価した。このとき、全クエリは、顔パーツの位置ずれを手動で補正したものを使用した。

上述の評価実験より、10位正検索率は98.6%となった。照明正規化を行わない場合に正検索率が低い値となったのは、詳細検索では画素ごとの類似性を基準としているので、照明変化に起因するDB-クエリ間での対応画素値の評価誤差が累積したためであると考えられる。この事は、開発した顔検索ソフトの実運用時に、照明正規化によって、対応画素間での画素値の評価誤差を減少させれば、正検索率が向上するだけでなく、ランキング上位に正しい検索画像が表れる頻度が上昇することを示唆する。これらの結果から、照明条件の変化に起因した劣化画像に対する顔検索でも、照明正規化を行うことで、ミッションステートメントをクリアできることを示せた。

(3) 研究成果の発表状況

	特許出願	原著論文発表 (査読付)	左記以外の 誌面発表	口頭発表	受賞等	合計
国内	2件(0件)	1件	2件	13件	0件	18件
国外	1件(0件)	0件	0件	0件	0件	1件
合計	3件(0件)	1件	2件	13件	0件	19件

特許出願:特許出願件数(うち登録件数)

(i) 特許出願

- ①特願 2011-119128、近似最近傍探索に係るデータベースの登録方法および登録装置、2011年5月27日、公立大学法人 大阪府立大学、岩村雅一・黄瀬浩一
- ②特願 2012-042172、近似最近傍探索装置、近似最近傍探索方法およびそのプログラム、2012年2月28日、公立大学法人 大阪府立大学、岩村雅一・佐藤智一・黄瀬浩一
- ③PCT/JP2012/062406、近似最近傍探索に係るデータベースの登録方法および登録装置、2012年5月15日、公立大学法人 大阪府立大学、岩村雅一・黄瀬浩一

(ii) 原著論文(査読付き)

- ①岡 藍子, 和田俊和:「欠損による劣化に対して頑健な画像間相違度に関する研究」, 電子情報通信学会論文誌D, Vol.J94-D, No.8, pp.1269-1278, (2011) 【国内誌】

(iii) 上記論文以外による発表

国内誌(国内英文誌を含む)

国外誌

なし

書籍出版

①大池 洋史, 岡 藍子, 和田 俊和:「劣化に対して頑健な画像間相違度」, 画像ラボ Vol.23, No.7, pp.29-36, 2012 年

②八木康史:「進化する防犯カメラ映像解析技術最前線!」, 医師協 TIMES, 大阪医師共同組合, 2013 年

(iv) 口頭発表

招待講演

なし

主催講演

なし

応募講演

審査のある講演会

なし

審査のない講演会

①岡藍子, 和田俊和:「劣化の影響を受けにくい画像間相違度に関する研究」, 画像の認識・理解シンポジウム (MIRU2010), (2010)

②岩村雅一, 武藤 大志, 黄瀬 浩一:「近似最近傍探索におけるデータの重複登録」, パターン認識・メディア理解研究会 (PRMU), (2011)

③向井祐一郎, 大池洋史, 和田俊和:「ビジョンアルゴリズムとノルムの選定に関する一考察」, パターン認識・メディア理解研究会 (PRMU), (2011)

④岩村雅一, 武藤 大志, 黄瀬 浩一:「データの重複登録に基づく高速・省メモリな近似最近傍探索」, 画像の認識・理解シンポジウム (MIRU2011), (2011)

⑤佐藤智一, 岩村雅一, 黄瀬 浩一:「概算距離の精度向上による近似最近傍探索の高速化」, パターン認識・メディア理解研究会 (PRMU), (2011)

⑥前川敬介, 内海ゆづ子, 岩村雅一, 黄瀬浩一:「100 万顔画像データベースに対する 34ms での照合の実現 ~ 近似最近傍探索を用いた大規模高速顔画像検索 ~」, パターン認識・メディア理解研究会 (PRMU), (2011)

⑦福井崇之, 和田俊和, 大池洋史, 坂田 惇:「人物顔画像の階層的クラスタリングと共通局所

- 特徴量抽出の同時実行による顔モデル生成」, パターン認識・メディア理解研究会 (PRMU), (2013)
- ⑧湯浅圭太, 和田俊和, 大池洋史, 坂田 惇:「Diverse Density に基づく画像データ検索用キーポイント抽出法について」, パターン認識・メディア理解研究会 (PRMU), (2013)
- ⑨森 敦, 和田俊和, 大池洋史, 「画素識別と回帰計算に基づく近赤外線顔画像のカラー化手法」, パターン認識・メディア理解研究会 (PRMU), (2013)
- ⑩佐藤 智一, 岩村 雅一, 黄瀬 浩一:「空間インデクシングに基づく距離推定を用いた高速かつ省メモリな近似最近傍探索」, パターン認識・メディア理解研究会 (PRMU), (2013)
- ⑪大池洋史, 岸 和芳, 和田俊和:「HDD を用いた省メモリ K-means クラスタリング」, パターン認識・メディア理解研究会 (PRMU), (2013)
- ⑫大谷洋平, 大池洋史, 和田俊和:「距離計算を行わない近似最近傍探索アルゴリズム: Grafting Trees」, パターン認識・メディア理解研究会 (PRMU), (2013)
- ⑬内海ゆづ子, 坂野悠司, 前川敬介, 岩村雅一, 黄瀬浩一:「局所特徴量と近似最近傍探索を用いた大規模データベースに対する高速顔認識」, 情報処理学会 コンピュータビジョンとイメージメディア 3 月研究会 (CVIM), (2013)

(v) 受賞等

なし

(vi) その他の主な情報発信 (一般公開のセミナー、展示会、著書、Web等)

- ①テロ対策特殊装備展 (SEECAT) '12 併催イベント 安全・安心な社会のための犯罪・テロ対策技術等を実用化するプログラム:「人物映像解析による犯罪捜査支援システム」, 東京ビックサイト, 2012 年 10 月 18 日

3. 研究計画・実施体制

(1) 研究計画の妥当性

本テーマの研究は、大別して、東芝が顔向きの正規化と GUI の作成、大阪府立大学が高速な概略検索とデータの収集、和歌山大学が耐劣化詳細検索と評価を担当し、時期毎の目標を設定して、成果物を作成し、全体の統合と収集・作成したデータを用いて評価を行うというものであった。全体を振り返り、各組織が計画通り、得意とするジャンルの研究を行い、予定通りに成果を出すことが出来ており、当初設定した研究計画は妥当であると判断できる。

(i) 当初計画の見直し・変更の有無と経緯・理由

なし

(ii) 再審査コメントへの対応

【再審査コメント】

随時、ユーザーのニーズを聞きながら、速度の面のみならず検出精度も向上する努力を行うとともに、外国人や経年変化した顔画像についても実証試験で力を注ぐことを期待する。

【対応】

- ・ ユーザーのニーズについては、警察からの意見を諮問委員会で何度も伺いながら研究を進めた。特に、どのような画像をクエリとして与えて正解にたどり着けば良いのかについては、警察庁の協力を得てテストデータを撮影して頂き、それをクエリとして与えて正解が得られるか否かの評価も行ってきた。
- ・ 外国人の顔画像に対する検索精度の評価については、プロトタイプシステムを用いて、陰影のついた監視カメラ映像をクエリとして与えて、100 万枚の顔画像から正しく検索が行えることを確認した。
- ・ 経年変化については、当初の研究計画通り、テーマ2の研究の中で継続的に検討を行っている。
- ・ 精度向上については、検出、検索ともに、上記報告内容に示す通り、段階的に向上させてきた。

(iii) 外的要因の変化(制度の変更、市場の変化、競合者との関係の変化等)の有無とその変化に対する対応

この間、様々な事件・事故の捜査過程で「監視カメラ」が用いられるケースが増えており、監視カメラ映像に対する期待が増してきた。このような変化を受け、東芝をはじめとして各機関で監視カメラ映像を取得し、これを用いた精度評価実験を行うなどの努力を行ってきた。

(2) 実施体制の妥当性

本プロジェクトでは、東芝が顔検出と正規化、そして GUI の作成、大阪府立大学が概略検索、和歌山大学が耐劣化詳細画像検索を担当した。特に、大阪府立大学と和歌山大学では、使用している特徴量が異なるため、概略検索と詳細検索の相性がどうなるかと思われたが、高速化と高精度化がうまく達成できた。むしろ、このようなヘテロな構成のソフトウェアであるからこそ、捜査現場の要請に応えることもできると考えられる。これは、固定的な検索だけでは無く、例えば照明正規化を切り替える事や、概略検索で絞り込む数を変化させる事で、検索結果が変化することが、新たな可能性の発見につながりうるからである。プロジェクトの運営上、最も苦労した点は、ソフトウェアを構築するための分業体制をととのえることであった。Web を利用して、ライブラリファイルを受け渡すことはもとより、実務担当者の会議を頻繁に持つことで、この問題をクリアした。

4. 事業化に向けた取組の継続性・発展性

(1) 実証期間終了後の事業化に向けた取組

本プロジェクトの技術成果により、左右 90 度、上下 45 度までの顔の検出・正規化技術と、毎秒 1000 万件の高速検索のための基本技術の開発を達成した。東芝では顔認識技術を応用したソフトウェア・デベロップメント・キット(SDK)の製品化をしており、官公庁への導入実績がある。この SDK と本成果をマージすることで、機能の拡張が見込まれる。プロジェクトの参加メンバーである東芝研究開発センターがまず技術を受け取り、SDK 開発部門である社会インフラシステム社および電力・社会システム技術開発センターと連携して製品化適用を検討する。現在、顔検出および顔特徴点検出などの一部技術については SDK への実装を着手済みであり、SDK バージョンアップの機会にあわせて早期に本プロジェクト成果を適用できるように準備を進めている。

本プロジェクト成果物であるシステムは、タワー型のワークステーション1台で動作可能であり設置性に

優れ、特別なサーバー室や空調設備が不要で運用コストを抑えることができる。1000 万件のデータを処理するために必要なメモリサイズは約 200GB であり、256GB のメモリを搭載のワークステーションの価格は約 250 万円である¹。また、東芝からソフトウェアを製品化する場合はカスタマイズやテストを含む開発費用が別途必要となるが、これは販売に見込まれる規模などに依存して大きく変わる。そのため、実案件となった際に詳細な見積もりが必要である。

(2) 社会・経済・科学技術的波及効果

重大事件に対して監視カメラが果たす役割は年々大きくなり、ボストンマラソンでの爆破テロや目黒夫婦殺傷事件のように、監視カメラ映像が犯罪捜査に対して決定的な手掛かりとなる事例が増えてきている。一方で、膨大な監視カメラ映像から特定の人物を探す作業は人手で行われるため非常に高コストであり、監視カメラ映像を利用した犯罪捜査は比較的十分な人的リソースを持つ警視庁など一部の地域かつ極めて重大な事件のみに限定されていた。

本プロジェクトの技術成果は、1000 万枚もの膨大な顔画像を 1 秒で照合する機能を実現しており、監視カメラ映像を利用した犯罪捜査の手間を大幅に削減することが可能である。このシステムが普及すれば、犯罪捜査支援として効率化をもたらすだけでなく、手間やコストの問題から監視カメラ映像を利用することが難しい事件に対しても適用範囲を広げることができ、社会の安全・安心への貢献が期待される。また、本プロジェクトで開発した異なる特徴量をベースとしたヘテロジニアスなアルゴリズム構成は興味深く、さらなる学術的な考察や、検索の高速性が要求される他の画像認識分野への波及が期待できる。

IV. 自己評価

1. 目標達成度

極めて良好。

理由：プロトタイプとして作成した統合システムの動作は安定しており、ミッションステートメントで設定した目標、25×25 画素の低解像度画像を対象とした 10 位正検索率 98% を達成し、1000 万枚の画像から 1 秒以内に探索を終える、という条件をクリアしている。

2. プロジェクト全体としての成果

極めて良好。

理由：撮影角度や陰影の異なる外国人顔画像の検索も全く問題なく行えている。特に、自動ではうまく検索が行えない画像に対しても GUI を使って、人手で特徴点の入れ直しをすることで、正しい結果が上位に入り得るといった特性は、是が非でも犯人を見つけたい場合に人間の力も利用しながら検索が行えるため、実際の操作の場面で活用でき、非常に効果的である。

このようなシステムを作ったことが対外的に周知された結果、一部県警や報道機関から顔画像を用いた人物鑑定の問い合わせが来た。

3. 研究計画・実施体制

極めて良好。

¹ DELL 社製 PowerEdgeT420 の Web 経由での見積もりによる。2013 年 8 月調べ。

理由：ミッションステートメントでは、チャレンジングな目標を立てたが、これが各機関にとって刺激となり、結果的にスムーズに目標達成が行えた。また、各研究機関の独自性を尊重しつつ全体のコーディネートを図った結果、多様性を包含する統合システムがうまく構築できた。

4. 事業化に向けた取組の継続性・発展性

前述したように東芝は顔認識 SDK の製品を持っており、この SDK に対して本プロジェクトの技術成果である左右 90 度、上下 45 度に対応した顔特徴点検出技術などは一部実装を既に着手している。今後、顔認識 SDK のバージョンアップの際に本プロジェクトの技術がスムーズに導入できるように導入技術の評価を継続的に進める。東芝は、警察の犯罪捜査支援のような官公庁向け事業だけでなく、スマートコミュニティ事業等への取り組みにも注力しており、本プロジェクトの技術成果を人々の生活に対して直接役に立つアプリケーションにも適用可能な発展性を有している。