

特定オブジェクトの自動検出追跡の研究プロジェクト

プロジェクト代表者：理工学部・教授 山内 寛紀

共同研究者：泉 知論、福水 洋平

【研究計画の概要】

本プロジェクトは、歴史都市防災研究所が対象とする6テーマの中の、④文化遺産における人災・獣害研究部会に属する。また、以下の3個のサブプロジェクトからなる。

(1)不審人物検出サブプロジェクト

防犯カメラのインテリジェント化の研究を進め、防犯カメラ映像から人物を高精度に検出する技術を確認し、警備員の常駐に替わる可能性があることを示してきた。然しながら、2つの課題が残されている。第一は、検出人物すべてを通報するのでは、発報数が多すぎて監視員の負担が重いことである。このため、検出人物の行動を解析して、不審と思える動作を検出したときにのみ発報する一段階上のインテリジェンスの獲得を目指して研究する。第二は、広域監視能力を向上させ、監視カメラ数を減らして、より経済性の高いシステムとすることである。このためには、動画超解像による画像の高解像化が必須であり、この実現を目指す。

(2)リアルタイム人物検出の高度化サブプロジェクト

これまで再構成可能ハードウェアを用いたシステム化、および画像処理の高速化の研究を進めてきた。人物検出は、比較的計算負荷が高い処理であり、監視カメラなどで用いられる組み込みプロセスでは、リアルタイムで処理を行うことは難しい。より高度な検出・高精度な検出を求めれば、さらに算負荷が増大する。そこで、人物検出アルゴリズムの一部をハードウェアに実装し、計算の高速化をはかる。そのため、まず、既存の人物検出アルゴリズムの計算負荷解析を行い、負荷が高く、共通性の高い部分を抽出する。そして、ソフトウェア・ハードウェア連携のシステムアーキテクチャを設計し、ハードウェア部分の設計を進める。

(3)3Dカメラ間人物追跡サブプロジェクト

広域監視では、同一人物が複数個のカメラ間を移動して行く。このため、人物をカメラ間で追跡する技術が重要である。しかしながら、カメラが異なると、同一人物であっても撮影されるカメラ角度が異なるため異なった画像となり認識が困難であった。この問題を解決するため

第一に、カメラAで撮影された動画像から3次元の顔モデルを自動生成し、そのモデルをカメラ間で共有する技術を研究する。第二に、3次元モデルを、新たにカメラBに現れた人物の画像にスーパーインポーズして異同識別する技術を研究する。

【研究成果】

I. 研究成果の概要

以下の 2 つの研究を進めた。

(1) 人物行動解析の研究 上記サブプロジェクト(1)および(3)に関連。

寺社仏閣に特化した異常行動の検出に焦点を当て、2 つの手法を提案した。第 1 は、時間・空間軸それぞれに対し、スケールの異なるフィルタを適用する特徴点検出法である。この提案により、特徴量の時空間のスケール変動に対して頑強になった。第 2 は、人間の行動を行動素に分解し、その順序を用いた行動分類法である。これより人物毎の行動素の順序の入れ替わりの問題を解決した。寺社での 6 行動分類の実験を行い、分類率 60.2%を得た。この値は、従来に比較して約 10%の性能向上である。

(2) 人物検出モジュール実装法の研究 上記サブプロジェクト(2)に関連。

人物検出においては、写っている人物の大きさや向きに対する頑強性が重要である。様々な手法が提案されているが、その中で、SIFT(Scale Invariant Feature Transform)アルゴリズムが、スケールや回転に強いことから良く利用されている。しかしながら、このアルゴリズムを防犯カメラに搭載するには、FPGA(Field Programmable Gate Array)を用いて LSI に実装しなければならない。ここでは、特に、小型・低消費電力な組込みシステムとして実現するためのハードウェア化を検討した。ImpulseC 言語を用いて設計し、現在検証中である。

II. 研究成果の詳細

(1) 人物行動解析の研究

この研究は、過去 4 年間の人物検出の研究の発展形である。人物検出の研究は、住友電気工業との共同研究で推進し、誤検出と未検出のいずれにおいても世界最高レベルであることを実証し、住友電気工業から「スマートチェイサー名」で商品化されている。この次の段階として、検出した人物を動画レベルで追跡し、「不審な行動」を判定してときに発報する「知的防犯カメラ」の開発を目指して研究を行っている。

研究は、2 名の博士課程後期課程院生を指導して行った。1 名は博士課程後期課程 3 年生であり、本研究成果を博士論文の一部として博士論文をまとめ、本年 3 月に学取得見込みである。もう 1 名は、博士課程 1 年生であり、次年度以降も研究を継続する予定である。

本年度の成果は、寺社での 6 行動分類の実験にて分類率 60.2%を得たことである。従来に比較して約 10%の性能向上であるが、実用できるレベルではない。その理由は、6 行動が、(賽銭箱を覗く、カメラで撮影する、拝む)等という、寺社特有の特異行動が含まれていて、見分けにくいいためである。この手法を通常アルゴリズム評価用の行動分類(歩く、立ち止まる、しゃがむ等)に適用すると 85%以上の性能である。

(2) 人物検出モジュール実装法の研究

この研究は、研究室で進めている組込みシステム向けの画像処理・検出・認識システムの構成法・実装法・設計に関する研究開発を、防犯分野に応用するものであり、博士課程前期課程院生2名、学部生2名を指導して進めた。

SIFT アルゴリズムには詳細のパラメタや計算式に設定・変更の余地があり、防犯システム全体のバランスをとって調整・最適化しなければならない。SIFT アルゴリズムを実時間処理するための高性能ハードウェアアクセラレータの設計はいくつか報告されているが、これらの設計はそれぞれアルゴリズム詳細やまた動作するデバイスが異なり、高度にチューンされている反面、可搬性、拡張・柔軟性、運用性に欠ける。

そこで、それらの詳細を柔軟に変更可能な動作記述言語 Impulse C と高位合成技術を活用した設計を進めた。本年度の主な成果は、基本となる部分の高位合成向け構成法を提案したことである。具体的には以下である。

- ・SIFT アルゴリズムのソフトウェア／ハードウェア分割
- ・キーポイント検出部の高位合成向けハードウェア構成
- ・ガウス画像生成モジュールの時分割共有
- ・ガウスフィルタ畳込の繰り返し演算化

本稿で設計した回路では、ガウス窓のサイズなどのパラメタを十分に大きくとったままで、素直な設計に対して約 1/66 程度のハードウェア量となる。防犯カメラに利用可能な中程度の性能の FPGA でも 100MHz 程度の動作を見込んでおり、対象画像サイズを監視カメラなどで一般的な VGA (640×480) サイズ、ガウシアン窓サイズを 31×31 画素とすると、10fps 程度の監視カメラには十分な処理能力となる。

Ⅲ. 今後の研究計画・展開

(1) 人物行動解析の研究

今年度の成果を受けて、実用に耐え得るシステムに向けて展開する。具体的には下記3点の課題を解決する。

①劣化画像の修復の研究

実際の防犯カメラ映像は、光量不足、ボヤケとブレ、量子化ノイズが重畳された劣化画像である。この画像改善技術の研究を進める。このテーマは、次年度博士課程2年生と修士課程2年生の学生を指導して行う。

②人物歩容分類での実用化

人物行動解析の研究で得た成果を、人物歩容分類(歩き方による人物異同識別)の研究に絞って実用化を目指す。とくに、歩行人物の方向に対する頑強性が課題である。これは、警察大学校警察情報通信研究センターと共同研究で進める。

③防犯カメラの人物異同識別の研究

人物の身長、体格、着衣、顔、歩容による異同識別を、より高精度化する。特に、3次元人物モ

デルとの自動合わせ込み技術を開発し、高精度化を図る。この研究は、次年度社会人ドクターとして博士課程後期課程に入学する院生と博士課程前期課程 2 年生の院生 2 名を指導して行う。

(2) 人物検出モジュール実装法の研究

本年度は、ハードウェア構成法の基礎検討を行った。我々の構成法は高位合成のストリームによる実装を想定しており、パイプライン化は容易で、性能と回路規模の両立は可能と見込んでいる。今後、実際の防犯システムへの適用を進めていく。主な課題は次の通り。

- ・ハードウェア部の実際の設計
- ・ソフトウェア／ハードウェアの連携
- ・動作記述のライブラリ化／テンプレート化
- ・防犯画像によるシステム全体の調整と最適化、妥当性、有効性の検証

IV. その他特記事項

以下発表を行った。

(1) Norifumi Murata, Yohei Fukumizu, Tomonori Izumi, Hironori Yamauchi, "Human detection using histograms of oriented gradients' with background subtraction based on mixture-of-Gaussians for human behavior recognition", 2014 RISP International Workshop on Nonlinear Circuits, Communications and Signal Processing, Honolulu, Hawaii, USA, February 28 - March 3 (発表予定)

(2) 荒川尚久、孟林、泉知論、"高位合成によるFPGA実装向けSIFTアルゴリズムの構成法の基礎検討"、電子情報通信学会 技術研究報告 RECONF2013-59, 2014 年 1 月 27 日.

(3) 河合遼、城圭太、泉知論、白木善史、鎌本優、"高速カメラによる広帯域光無線通信のための光源追跡ハードウェアの検討"、情報処理学会 第 76 回全国大会 1A-6, 2014 年 3 月 15 日(発表予定)