

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 5 月 24 日現在

機関番号：34315

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2010～2012

課題番号：22300065

研究課題名（和文） 監視カメラ映像を警察捜査と裁判証拠に活かす画像処理の研究

研究課題名（英文） Research of image processing which apply the surveillance camera image in police criminal investigation and trial proof effectively

研究代表者

山内 寛紀（YAMAUCHI HIRONORI）

立命館大学・理工学部・教授

研究者番号：10288623

研究成果の概要（和文）：

2つの成果を挙げた。第一は、防犯カメラ映像を改善する技術である。高解像化技術、動画超解像技術、鮮明化技術、ノイズ除去技術を進展させた。第二は、異同識別のための画像解析技術である。身長計測技術、劣化ナンバープレートの数字推定技術、人物検出技術、人物の年齢と性別の推定技術を開発した。これらにより、防犯カメラ映像を、警察捜査により一層活かせるようになった。

研究成果の概要（英文）：

We got two advancements in the field of image processing captured by the surveillance camera. The first is some image enhancement technologies. These consist of high-resolution technologies, high-contrast technologies, and noise reduction technologies. The second is novel image analysis technologies. These include a precise measurement technology of human height, a number estimation technology from degraded images of vehicle license plates, and a gender/age estimation technology of human. By these results, we can now apply the surveillance camera image in police criminal investigation and trial proof effectively.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	3,700,000	1,110,000	4,810,000
2011年度	3,800,000	1,140,000	4,940,000
2012年度	3,800,000	1,140,000	4,940,000
総計	11,300,000	3,390,000	14,690,000

研究分野：情報学

科研費の分科・細目：情報学・知覚情報処理・知能ロボティクス

キーワード：画像鑑定・防犯カメラ・画像鮮明化・劣化数字認識・移動体検出・動画超解像

1. 研究開始当初の背景

安全・安心社会を実現する上で、犯罪抑止は重要なテーマの一つであり、その具体的方策として防犯カメラの普及が促進されている。しかしながら、現在配備されている防犯カメラは、犯罪抑止に十分活かされているとは言いがたい。その最大の理由が、犯罪者を特

定するに必要な映像品質が確保できていないことにある。長時間録画を重視する過度の映像圧縮、カメラ性能を越える劣悪光環境、解像度上不適切なカメラ配置、人物の動きに伴う映像劣化等に起因する。

一方、裁判員裁判制度の導入と、人権保護を重視する社会動向から、犯罪捜査においても、また裁判においても、客観的物理証拠を

重視する傾向が年々高まっている。確固たる物的証拠がなければ逮捕も起訴できない時代になってきている。このため、殺人・強盗・強姦と言った凶悪犯罪の検挙率は低下の一方であり、安心・安全社会実現を脅かしている。

このギャップを埋めるための、革新的な画像処理技術が望まれている。犯行現場の防犯カメラ映像をより良く生かし、犯罪を立証する客観証拠を作成するための一段階上の画像処理技術である。

2. 研究の目的

種々の要因で劣化している防犯カメラ映像から、容疑者特定に役立つ客観情報を引き出す技術を開発することを目的とする。技術は2つからなる。第一は、カメラ映像を改善する技術。第二は、改善したカメラ映像から特徴を引き出して異同識別する解析技術である。

3. 研究の方法

2方面から研究を行った。第一は、防犯カメラ映像の改善である。まず、実際の防犯カメラ映像を収集し、異同識別を行う上で問題となる画像の劣化を分類し、それぞれの劣化に対応する技術開発を行った。詳細は次章で述べる。

第二は、異同識別のための画像解析技術の開発であり、鑑定依頼のあった防犯カメラ映像を参考に、類似した映像を撮影し、個々の問題に解決する技術開発を行って検証した。この詳細も次章で述べる。

4. 研究成果

4.1 画像改善技術

防犯カメラ映像は、種々の要因に依り劣化している。いずれの防犯カメラ画像鑑定においても、最初に、この劣化をこれを改善することから始まる。劣化の主要要因を分類するとは以下ようになる。

- フィールドスキャンに基づく劣化
- ガウス性ノイズに基づく劣化
- 量子化ノイズに基づく劣化
- ブレとボヤケに基づく劣化
- レンズ歪に基づく劣化
- 解像度不足に基づく劣化
- コントラスト不足に基づく劣化

この内、～ は、従来より、継続して研究を行ってきている。本研究においても、この研究資産を活かして改良を加えた。以下、概要を簡単に述べる。

4.1.1 ～ の劣化の改善

フィールドスキャンに基づく劣化は、データ圧縮に起因するライン落ちやフィールド落ちによる劣化と、奇フィールドと偶フィールドの時間差に基づくライン間ズレに起因する劣化であり、移動体の場合に顕著に現れる。これらに対して、ライン毎に微調整できるインタラクティブツールにより、劣化の少ないフレーム構成ができています。

ガウス性ノイズに基づく劣化は、暗闇での高感度撮影で顕著となる。ノイズ除去時に高域信号を出来るだけ失わないようにすることが重要であり、Bilateral フィルタにて画像分離を行い、高域画像にアンシャープマスク処理を行って、低域画像と再合成する手法で対応できることを確認した。

量子化ノイズに基づく劣化は、JPEG 圧縮に起因するものであり、ブロックノイズとモスキートノイズからなる。何れも、画像のテクスチャに依存するので、その特徴を数量化し、分離強度パラメータとして変分処理を行うことで高域成分を吐き出す手法にて、ノイズを低減させている。ただし、一定の高域信号喪失を避けることができないので、アンシャープマスク技術と組み合わせることで、実用性を高めた。

ブレとボヤケに基づく劣化の中で、それぞれ単独の劣化は、逆フィルタのパラメータをインタラクティブに最適化していくことで実用レベルにある。問題は、ブレとボヤケの複合劣化の場合である。特にノイズ除去に伴う人工的なボヤケが入った場合には、不満足な状況である。これまで、Bilateral TotalVariation フィルタ手法と、カルマンフィルや手法を種々改善してきているが、実用的には不十分である。更なる研究を要する。

レンズ歪に基づく劣化の中で、歪の主要成分は歪曲収差である。この収差は、カメラ画像の正確な計測を行う場合に問題となる。現在、歪曲収差を3次関数で表現して、画面全体での歪を最小化する手法により改善できている。またこの手法を、警察より依頼された防犯カメラ映像での異同識別に適用して問題ないことを確認している。

4.1.2 解像度不足に基づく劣化

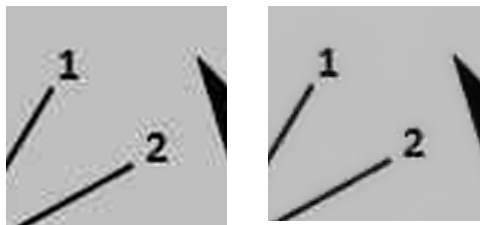
撮影物体が小さすぎて、物体を識別できない問題である。この解決には、SINC 関数で補間して拡大する Lanczos フィルタによる画像拡大が、現在、最も優れているとされている。しかしながらこの手法は、高域成分の生成を行っていないので、理想 Lowpass フィルタ処理を行った拡大画像となる。すなわち、ボヤけた画像になり、解析を行うには品質上不十分な場合がある。

この課題に対して、2つの技術開発を行っ

た。第一は、Lanczos 拡大と同様に、画像 1 枚だけを使って行う高解像化技術での改良。第二は、複数枚の画像を使った動画超解像技術である。以下詳細に述べる。

(1) 開発した高解像化技術 (学会発表)

画像分離を行い、高域のテクスチャ成分と低域の骨格成分に分離し、テクスチャ成分と骨格成分をそれぞれ独立に拡大する。このとき、テクスチャ成分の拡大においては、量子化ノイズ成分と信号成分の特徴に着目して、量子化ノイズ成分の低減を行う。また、高域信号成分は形状の境界になっていることに着目し、拡大に伴う位置移動のみを行うようにする。このとき、モルホロジー技術を用いる。これにより、形状の境界のボヤケを低減した拡大が可能となる。処理結果例を下図に示す。Lanczos 拡大と比較して、量子化ノイズ低減と形状境界の鮮明さを同時に実現した。



(A) Lanczos 拡大 (B) 開発手法での拡大

(2) 開発した動画超解像技術

画像 A と画像 B との差 (形状と位置) をサブピクセル単位で検出し、その差の合わせ込みを行って足し合わせることで、信号成分を鮮明にしていく手法である。本研究では、SIFT (Scale-invariant feature transform) 特徴量を用いた特徴画素間対応を行うことと、アフィン変換自由度での最小二乗法による画像間対応付け (レジストレーション) を行う手法を提案し、実験にて効果的であることを確認した。

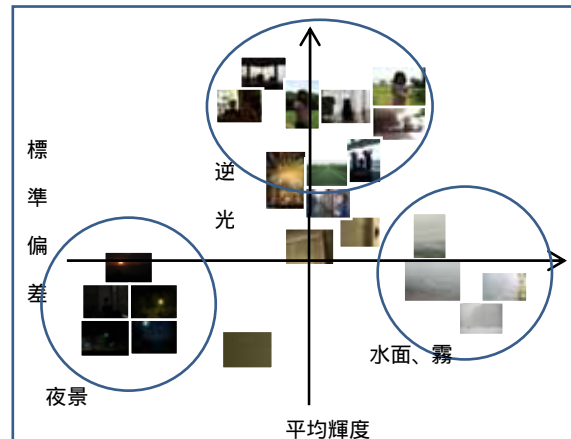
実験では、元映像を 1/4 に縮尺し、その縮尺映像を動画超解像で 4 倍拡大して元映像との平均二乗誤差 (MSE) にて評価した。風景、建物、文書の 3 種類の映像で、Lanczos 拡大と比較した結果、MSE を平均 1/3 に低減し、所望の結果を得た。

4.1.3 コントラストに基づく劣化 (学会発表)

濃度変化の不足に基づく不鮮明画像の改善には、適切なコントラスト強調が重要である。この解決に向けて、従来より行われてきた研究の整理を行った。

多様な劣化を解析した結果、コントラスト

に基づく劣化を、(平均輝度) - (標準偏差) 平面でマッピングして分類することを提案した。このマッピング例を下図に示す。



これにより、コントラストに基づく劣化は、以下の 3 種類に分類できる。

夜景画像 (暗闇での画像)

逆光画像

水面・霧画像

夜景画像は全体に暗く、局所的な発光源がある画像。逆光画像は、明るい領域と暗い領域が混在している画像。水面・霧画像は、全体にコントラストが小さい画像である。このすべての劣化に対して、以下 2 つの手法が有望である。第一は、局所輝度最適化と言われるもので、着目画素と近傍画素との輝度差が大きくなる様に着目画素の値を補正する手法である。我々は、この手法で特に、近傍画素の最大値と最小値を求めてその間で極限までスケールリングする手法を提案し、効果的な鮮明手法であることを示してきた。そして今回、輝度差が大きい境界で生じる「疑似輪郭」を消去することを実現した。また、実際の犯罪現場の防犯カメラ映像に適当し、極めて効果的であることを実証した。

第二は、Retinex 理論に基づく手法である。この手法は、夜景と逆光には効果的であるが、水面・霧の画像には効果が小さかった。今回、Retinex の後処理に Tone 最適化工程を加えることで、水面・霧の画像にも適用できるように改良した。また、逆光処理での鮮明さも大幅に改善した。この処理例を下図に示す。



(A) 逆光画像

(B) 鮮明化画像

4.2 異同識別のための画像解析技術

鮮明化処理後異同識別を行う。2つの防犯カメラ画像間の場合と、防犯カメラ画像と容疑者画像の場合とがある。いずれの場合も、以下の4つの技術が必要である。

4.2.1 身長計測法の確立

画像から実身長を正確に求める手法を提案した。また、多くの防犯カメラ映像を用いて実験し、その測定精度解析を行った。その結果、実用に十分耐えうるものであることを実証した。具体的には以下の手続きで行う。

！スケールの印字されたパネルを、犯行現場に垂直に立てて撮影し、求める人物が撮影されている画像にスーパーインポーズする。パネルの数は人物の周囲3箇所である。

この3個のパネルによるスケールを参照して、人物の頭頂から地面に下ろした垂線の長さを求める。

パネルの数を増やすことで、3パネルの組合せによる複数個の測定結果を得るので、このデータから誤差解析を行う。

この手法を、実際の鑑定依頼を受けた5例の画像について検証し、実用可能であることを確認した。さらなる課題は、人物の多様な姿勢（歩行、背筋、頭の角度）に対して多くの実験を重ね、実用面での精度向上を図ることである。

4.2.2 劣化ナンバープレート数字の認識（学会発表）

人間では読み取れない極小のナンバープレート数字を読み取る手法を開発した。ナンバープレートの数字4文字（0~9 と・の11種類）を読み取る技術である。具体的には以下のプロセスで行う。

画像劣化をできるだけ除去する。各種ノイズとブレの除去、鮮明化、拡大である。ナンバープレートを切り出す。このとき、射影変換自由度でのホモグラフィ変換を行い、規格化した長方形形状とする。ナンバープレートから数字を切り出す。ナンバープレート上の数字の理想的な位置は決まっているので、この情報に基づいて機械的に切り出す。

切出した数字を「認識機」にかけ、11種類の数字の確率を求める。この認識機が研究の主要部である。

認識機作成は、学習データ作成と、学習アルゴリズム開発からなる。学習データは、縮小、ボヤケ、ガウス性ノイズ等の劣化を人工

的に付与して作成した。

アルゴリズムは、「サポートベクタマシン (SVM)」、「プロビット回帰分析」、「ロジスティック回帰分析」、「ガボール特徴量の主成分分析によるモーメント分析」の4手法を開発した。数字サイズが、5×10画素の場合の正答率の比較結果を下表に示す。

	SVM	プロビット	ロジスティック	モーメント
正答率	97.8%	96.3%	84.7%	72.0%

サポートベクタマシンと、プロビット回帰分析による手法が優れている。また、この2つの手法は、人間が目読不能な、2.5×5画素サイズの文字に対しても、75%以上の精度で読み取り可能である。

4.2.3 人物検出（雑誌論文、学会発表）

防犯カメラ映像から特定のシーンを自動検出することで、鑑定の迅速化を図る研究である。特に、照明変動と背景変動に対してロバスト性の高い手法を開発した。これは、着目画素8方向に伸ばした線上で、混合ガウス分布を行う手法であり、MRPF (Multi Radial Proportion Filter) と名付けた。

本手法による人物検出例を下図に示す。通常の屋内シーンに加えて、光源点滅と、木の葉の揺れの場合を示している。このいずれの場合においても、本手法は、理想的な抽出に近い結果を得ており、安定的に人物を抽出できていることがわかる。



現在、このアルゴリズムを核に用いて、防犯カメラ映像の中から人物が映っているシーンを自動的に抽出ツールの開発を行っている。

この技術は、鑑定に限らず、人物を検出したときや不審者を検出したときに、警備員に通報するインテリジェンと防犯カメラの高信頼化に応用することができる。

4.2.4 人物分類(雑誌論文, 学会発表)

鑑定においては、人物の異同識別は重要である。特に顔の異同識別では、2つの方法を用いている。第一は、眉毛、目、耳、唇の形状や、皺や黒子などの特長を抽出して分類する方法。第二は、顔全体を適切な特徴空間へ直行変換して、その空間にて距離計算する方法である。

ここでは、適切な特徴空間へ直行変換して距離計算する第二の方法を用いて、男女識別と年齢推定を高精度に行う手法を開発した。この成果は、防犯カメラの映像から、適切な条件に合った人物のシーンを自動抽出できるツール開発へ繋げることができる。

従来この分野では、LBP (Local Binary Pattern) を用いて特徴量を抽出し、適切な学習データを用いて分類する(例えば SVM) 等の有力な手法が提案されているが、防犯カメラで用いる上では問題がある。それは、照明変化やノイズへの耐性が低いことである。この点を改良するため、LGDPHS (Local Gabor Directional Pattern Histogram Sequence) という手法を提案した。

この手法の特長は、大局的な特徴量と局所の特徴量の両方を融合して用いることである。大局的特徴量としては、AAM (Active Appearance Model) によるテクスチャパラメータを用いて顔の全体的構造特長を抽出した。また、局所の特徴量としては、LGDP により、皺や肌の質感、顔機関等の特徴情報を抽出した。

光環境が多様な学習データを集めて実験した性別推定の結果を下表に示す。本研究にて得た成果を提案手法として示している。これ以外の4手法は、研究過程で得た比較手法である。3歳から70歳までの広範囲な年齢層に対して、ほぼ90%の精度で推定できるので、実用的に使えるレベルである。

手法	平均分類率
提案手法	89.4%
LBP+AAM	85.9%
LGDP	88.9%
LGBP	84.6%
LBP	84.1%

4.3 まとめ

画像改善技術と、異同識別のための画像解析技術の両方において、一定の成果を得た。防犯カメラの映像から、捜査および裁判で役立つ客観的な資料作成において、一段階レベルを向上させることができた。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計4件)

Yohei Fukumizu, Shinya Miyamori, Kazunori Saito, Hironori Yamauchi, "Background Subtraction Method Based on Adaptive BP-RRC Mixture Model for Real-time Object Segmentation", 映像情報メディア学会誌, 査読有 Vol.66, No.11, pp.1-6. (2012.11)

Atsushi Higashi, Yohei Fukumizu, Tomonori Izumi, Hironori Yamauchi, "Expression Recognition Using LGDPHS Based Facial Key Parts", 画像電子学会誌, 査読有, Vol.41, No.5, pp.496-505 (2012.09)

Shinya Miyamori, Kazunori Saito, Yohei Fukumizu, Hironori Yamauchi, "Background Subtraction Using Multiradial Proportion Filter", 査読有, Journal of Signal Processing, Vol.16, No.4, pp.339-342. (2012.07)

Atsushi Higashi, Yohei Fukumizu, Tomonori Izumi, Hironori Yamauchi, "Age and Gender Estimation Using Global and Local Features with AAM and LGDPHS", 画像電子学会誌, 査読有, Vol.41, No.3, pp.262-269. (2012.05)

[学会発表](計10件)

福谷祐貴, 青木健太郎, 福水洋平, 山内寛紀, "機会学習による劣化ナンバープレート数字認識の方法と性能比較", 電子情報通信学会技術報告, 福岡工業大学(福岡県)(2013年3月11日)

藤岡篤, 福谷祐貴, 福水洋平, 山内寛紀 "局所情報量に基づくヒストグラム強調手法", 2012 電子情報通信学会総合大会, 岡山大学(岡山県), (2012年3月20日)

Atsushi Fujioka, Yohei Fukumizu, Hironori Yamauchi, "Recognition of Vehicle License Plate from Degraded Image via MA Model Identification and Stochastic Model", in Proc. of 2012 International Workshop on Nonlinear Circuits and Signal Processing, ホノルル(USA) (2012年3月6日)

Shinya Miyamori, Kazunori Saito, Yohei Fukumizu, Hironori Yamauchi, "Background Subtraction Using Multiradial Proportion Filter", in Proc. of 2012 International Workshop on Nonlinear Circuits and Signal Processing, ホノルル(USA) (2012年3月6日)

月4日) Atsushi Higashi, Yohei Fukumizu, Hironori Yamauchi, “ Expression Recognition using Local Gabor Directional Pattern Histogram Sequence (LGDPHS) ”, in Proc. of 2012 International Workshop on Nonlinear Circuits and Signal Processing, ホノルル(USA) (2012年3月6日)

Atsushi Fujioka, Yohei Fukumizu, Hironori Yamauchi, “ Recognition of Vehicle License Plate from Degraded Image via MA Model Identification and Stochastic Model ”, in Proc. of 2011 International Workshop on Smart Info-Media Systems in Asia, 長崎ブリックホール(長崎県)(2011年11月1日) Shinya Miyamori, Kazunori Saito, Yohei Fukumizu, Hironori Yamauchi, “ Adaptive BP-RRC Mixture Model For Background Subtraction ”, in Proc. of 2011 4th International Congress on Image and Signal Processing, 上海(中国) (2011年10月18日)

Sho Okumura, Naoya Maeda, Kiyoshi Nakata, Kazunori Saito, Yohei Fukumizu, Hironori Yamauchi, “ Visual Categorization Method with a Bag of PCA Packed Keypoints ”, in Proc. of 2011 4th International Congress on Image and Signal Processing, 上海(中国) (2011年10月17日)

Atsushi Higashi, Toshiyuki Yasui, Yohei Fukumizu, Hironori Yamauchi, “ Local Gabor Directional Pattern Histogram Sequence (LGDPHS) for Age and Gender Classification ”, in Proc. of 2011 IEEE Workshop on Statistical Signal Processing, Nice(France)(2011年6月29日)

Yohei Akamatsu, Yuuki Hiramatsu, Suhail Hamdan, Yohei Fukumizu, Hironori Yamauchi, “ An Image up-conversion algorithm based on the Total Variation method and morphological emphasizing ”, in Proc. of 2011 International Workshop on Nonlinear Circuits and Signal Processing, Tianjin (China)(2011年3月3日)

福水 洋平 (FUKUMIZU YOHEI)
立命館大学・理工学部・助教
研究者番号：60467008

泉 知論 (IZUMI TOMONORI)
立命館大学・理工学部・准教授
研究者番号：30303887

6. 研究組織

(1) 研究代表者

山内 寛紀 (YAMAUCHI HIRONORI)
立命館大学・理工学部・教授
研究者番号：10288623

(3) 連携研究者