

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 1 日現在

機関番号：13901

研究種目：基盤研究(A)（一般）

研究期間：2012～2016

課題番号：24240028

研究課題名（和文）能動型前処理と環境適応型学習を用いた「超低品質画像」の認識

研究課題名（英文）Recognition of very low quality images using active preprocessing and environment adaptive learning

研究代表者

村瀬 洋（Murase, Hiroshi）

名古屋大学・情報科学研究科・教授

研究者番号：90362293

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 35,100,000円

研究成果の概要（和文）：車載カメラ画像や監視カメラ画像などの多様な変動をもつ環境の中で撮影された品質の低い画像を認識する手法を開発した。具体的には、認識に重要な領域を選択的に絞り込む前処理法や低品質な画像を高品質化する超解像などの前処理法、多様な環境での認識精度を向上するために学習サンプルをオンラインで自動的に収集し学習する環境適応型の認識手法、認識結果をユーザーに適切にフィードバックするのに必要となる人間の視認性を画像処理により推定する手法などを開発し、実験により有効性を示した。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this research is to develop an accurate recognition algorithm for low quality images such as image sequences from in-vehicle cameras or surveillance cameras. We proposed several new algorithms including pre-processing methods such as super-resolution or region selective feature extraction, and location adaptive recognition methods using on-line learning. We also proposed a visibility estimation method for appropriate feedback of recognition results. Experimental results on real-world data demonstrated the superiority of the proposed methods in terms of recognition rate.

研究分野：総合領域

キーワード：パタン認識 画像処理 監視カメラ 車載カメラ

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

1. 研究開始当初の背景

情報化社会の高度化により、車に装着されたカメラ、町中に設置されたカメラ、カメラ付き携帯電話など多数の視覚センサが散在している。今、それらの視覚データを用いて安心・安全・快適な社会を実現する視覚サーベイランス技術が望まれている。例えば、車載カメラで周囲の交通状況を認識し危険を回避するための高度運転支援を行う、広域な領域の雑踏中から特定の人物を探し出す技術などへの期待は大きい。しかし、移動する車載カメラから撮影された画像や、実環境の広角カメラで遠方の物体を撮影した画像は十分な解像度が得られない、視点位置の移動や照明変化により見かけ画像が大きく変化するなどの理由で、画像が低品質になることが多い。更に、夜間の赤外線カメラ画像などでは更に画像が低品質となる。従来の画像認識では、比較的品質の保証された対象に対して研究され、「超低品質画像」の問題を体系的に取り扱われてこなかった。

我々は、長年画像認識の研究に携わり、その一例として交通標識や交通信号の認識、周囲環境の認識などの研究を行ってきた。また、複数の視点により物体を認識する際に、視点をどのように配置したら良いかについての研究も行ってきた。

しかしながら、画像が非常に低品質になった場合、従来の技術を個別に適用するだけでは不十分であり、未だに十分な認識精度は得られていない。そこで、個々の技術を引き続きレベルアップすると同時に、それらの手法を体系的かつ統合的に開発する必要がある。

本研究の成果は、今後ますます重要性が増す多様な変動を含む環境での、自動車での運転支援や、環境サーベイランスのための核技術となるものである。

2. 研究の目的

車載カメラ画像、監視カメラ画像などから得られる超低品質な画像を認識し、認識結果をユーザーに適切に情報提示する手法の実現を目指す。本研究の目的は、人間が見ても認識できないような超低品質画像を機械が

精度よく認識するための基礎研究を体系的に行うことにある。

3. 研究の方法

「超低品質画像の認識」を3つの観点から研究する。(1)対象知識と時空間の複合的な情報を利用して画像の品質を向上させる「能動型前処理」に関する研究、(2)周囲環境に適応した学習サンプルを自動収集し低品質画像を学習する「環境適応型学習」に関する研究、(3)低品質画像中の物体の認識のしやすさを人間と機械で対比しながら推定し、推定値に応じて認識結果を人間に提示するための「視認性推定」に関する研究、の3つである。

本研究の応用には、車載カメラから撮影した周囲環境の認識、監視カメラやデジカメラなどで撮影した人物やQRコードなどのシンボルの認識などがある。

4. 研究成果

低品質画像の認識を目的に、能動型前処理と、環境適応型学習を導入した手法を提案し、成果を出してきた。その応用を分類すると、車載カメラ映像の認識、監視カメラ画像の認識、視認性の推定となる。以下に、代表的な研究成果を応用別に3つに分類して紹介する。

(1) 車載カメラ画像の認識

低解像度 Lidar のための歩行者認識

近年、車載用の Lidar（レーザーレーダ）が大衆車に装備されることがあるが、これらの低価格の Lidar は走査線数が数本（3～6本）程度であり、検出データを2次元パターンとしてみたときには、そのデータは非常に低解像度であることが多い。低解像度の Lidar データを用いて歩行者の検出を行うことができれば、より高度な安全支援が安価で実現できる。本研究では、低解像の問題に対して、複数フレームの情報を組み合わせることで実質的に解像度を向上させる工夫と、フレーム間での動き情報を利用した特徴抽出を行うという工夫により、歩行者の認識精度を向上させることが可能となった。実データを用いた実

験により本手法の有効性を確認した。

Tracklet を用いた自転車位置推定

高度運転支援において、自動車を走行軌跡レベルでナビゲーションするためには、自転車位置を高精度に推定する技術が必要となる。本研究は、事前に蓄積された画像地図データと、車載カメラで撮影した情報とを照合することにより自転車位置を高精度に推定する技術に関するものである。特に、車載カメラ画像から抽出した局所特徴を用いて、画像地図との照合により自転車位置を推定する際に、局所特徴のスケール情報を活用し照合における誤対応を低減させると同時に、走行時での局所特徴の時系列的な追跡結果を活用することにより、高精度に自転車位置を推定することが可能となった。実環境中での車載カメラ画像を用いた評価実験により、高精度に自転車位置推定が可能となることを確認した。

背景差分を用いた一般障害物検出

近年、機械学習をもちいて歩行者や車両などの物標を検出する手法が提案されてきているが、これらの手法では、道路上に落ちている材木や段ボールや、急に飛び出してきた猫などの、一般障害物を検出することは困難である。それに対して、本研究では過去の画像を履歴情報として蓄積しておき、それとの差分を計算することにより一般障害物を検出する手法を提案した。ただし、同じ道であっても走行軌跡は毎回異なるうえに、天候なども異なる。そこで、詳細な位置合わせと、照明の変化にロバストな差分手法を導入した新しい手法を提案した。これにより、事前に学習していないような一般障害物の検出が可能となった。本手法の考え方は、車載カメラでの道路上の障害物検出以外にも、列車に搭載したカメラを用いて、列車前方の線路上に存在する障害物を検出する手法にも適用することが可能である。列車を用いた実験も行い、その有効性を示した。

環境適応型学習を用いた歩行者検出

機械学習を用いた歩行者検出では、学習サンプルが非常に重要になる。その際に、姿勢、服装、照明などが変化した状況で撮影された

歩行者画像であるポジティブ学習サンプルも重要であるが、誤検出を抑制するためには背景画像であるネガティブ学習サンプルも重要である。背景画像の性質は、市街地、農村地など場所によって大きく変化する。そこで、場所に依存したネガティブ学習サンプルを収集して、場所ごとに異なる歩行者検出器を構築する環境適応型歩行者検出手法を提案した。自動車の場所はGPSなどを利用して大体の場所がわかればよい。実データを用いた実験により、環境適応型の歩行者検出器を用いることにより認識精度が向上することを確認した。

(2) 監視カメラ画像の認識および前処理

赤外線画像からの属性認識

一般の可視光カメラではなく赤外線サーモグラフィカメラを用いれば、暗闇でも安定して人物などの赤外線画像を撮影することができる。この赤外線画像から人物の属性認識をする手法を提案した。例えば、監視カメラなどを探索する際に手掛かりになるような、マスクを着用している、眼鏡をかけている、リュックを背負っているなどの属性を赤外線画像から認識する手法を提案した。また、赤外線画像から可視光画像を推定する手法も提案した。これにより赤外線を用いた監視カメラ画像から特定の人物を探索することが容易になる。実データを用いた実験により有効性を確認した。

超解像を用いた監視カメラからの顔画像認識（低解像度 QR 認識を含む）

防犯カメラや監視カメラで撮影される画像は低品質であることが多い。これらの画像から、そのまま顔認識をすることは一般に困難である。そこで、超解像を用いて防犯カメラ画像を高品質化する手法を提案した。ここでは複数フレーム超解像の枠組みを利用した。従来の枠組みではフレーム間で単純に平行移動したような対象を想定している。しかし、防犯カメラなどでは、記憶容量を節約するためにフレームレートは低く、フレーム毎で顔の表情が異なる、顔向きが異なるなどの変化が発生することが多く、単純なサブピクセルでの位置合わせではうまくいかない。そ

ここで、フレーム毎に非剛体変形を繰り返しながら、フレーム間の情報を統合する手法を提案した。実データを用いた実験により、この前処理を行うことにより顔の認識精度が向上することを確認した。

一方で同様の考え方は QR コードなどの認識にも適用できる。QR コードは小面積に印刷するだけでさまざまな媒体に情報を付加することができ、製造、物流、販売などのシステムで利用されているが、QR コードを撮影して認識するためには、撮影画像にある程度の解像度が必要となる。しかし、遠くから撮影した場合には、撮影画像が低解像度となり、認識が困難になる。そこで、本研究では複数フレーム超解像を利用して低解像度 QR コードを高解像度化する手法を提案した。特に、超解像において点拡がり関数は重要であるため、コードの制約を利用して点拡がり関数の推定を行う手法を導入した。実験の結果、従来手法では認識が困難であった低解像度の QR コードに対しても高い認識率が得られた。

(3) 視認性の推定

視覚特性を利用した視認性推定

近年、様々な運転支援システムが自動車に搭載されるようになってきているが、過度の情報提供はドライバーの注意散漫の原因となる。そこで本研究では、歩行者は標識などの対象の視認性に依りてドライバーへ情報を選択的に提供する手法を目指している。これまで我々が検討してきた、背景との明るさ、色、複雑さのコントラストに基づく画像特徴、および、道路標識自体の明るさ、色に基づく画像特徴などに加えて、今回新しく、人間の視覚特性を積極的に導入した。具体的には、視覚における、中心視と周辺視の特性の違いや、明るい場所からトンネルの中などの暗い場所に急に入ったときに発生する暗順応特性などを導入した。これにより多様な環境での視認性の推定が可能となった。評価実験の結果、提案手法により高精度な視認性推定ができることを確認した。

雨天時の視認性の推定

雨天時の自動車の運転では、フロントガラ

ス上の雨滴により前方の視認性は低下することがわかっている。前方のパターンに雨滴による高周波ノイズが重畳されることによる影響などが考えられる。これらをモデル化することにより、雨天時の雨滴による視認性の低下が推定できるようになる。これが推定できることにより、より人間小野視認にとって適切なオートワイパーを実現することが可能となる。評価実験により、雨天時の視認性を精度よく推定することを確認した。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

(雑誌論文) (計16件)

1. Brahmastro Kresnaraman, Yasutomo Kawanishi, Daisuke Deguchi, Tomokazu Takahashi, Yoshito Mekada, Ichiro Ide, Hiroshi Murase, "Human Wearable Attribute Recognition Using Probability-Map-Based Decomposition of Thermal Infrared Images," IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences, E100-A, No.3, pp.854-864, 2017/03/01 (査読有) DOI: 10.1587/transfun.E100.A.854

2. David Robert Wong, Daisuke Deguchi, Ichiro Ide, Hiroshi Murase, "Single Camera Vehicle Localization Using Feature Scale Tracklets," IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences, E100-A, No.2, pp.702-713, 2017/02/01 (査読有) DOI: 10.1587/transfun.E100.A.702

3. 鈴木 悠暉, 出口 大輔, 川西 康友, 井手 一郎, 村瀬 洋, "誤検出マイニングに基づくシーン適応型歩行者検出," 精密工学会誌, 82(12), pp.1085-1091, 2016/12/05 (査読有) DOI: 10.2493/jjspe.82.1085

4. Esmaeil Pourjam, Daisuke Deguchi, Ichiro Ide, Hiroshi Murase, "Using Super-Pixels and Human Probability Map for Automatic Human Subject Segmentation," IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences, E99-A, No.5, pp.943-953, 2016/05/01 (査読有) DOI: 10.1587/transfun.E99.A.943

5. Brahmastro Kresnaraman, Daisuke Deguchi, Tomokazu Takahashi, Yoshito Mekada, Ichiro Ide, Hiroshi Murase, "Reconstructing Face Image from the Thermal Infrared Spectrum to the Visible Spetrum," Sensors, special issue on

"Infrared and THz Sensing and Imaging", 16(4), pp.1-16, 2016/04/21 (査読有) DOI: 10.3390/s16040568

6. 久徳 遙矢, 出口 大輔, 高橋 友和, 目加田 慶人, 井手 一郎, 村瀬 洋, "拡張 Census Transform を用いた道路面の経時差分による車載カメラ映像からの不特定障害物検出," 電気学会論文誌 C, 136(4), pp.588-589, 2016/04/01 (査読有) DOI: 10.1541/ieejciss.136.588

7. 谷繁 龍之介, 道満 恵介, 出口 大輔, 目加田 慶人, 井手 一郎, 村瀬 洋, "運転時の人間の視野特性を考慮した歩行者の見落としやすさ推定手法," 電子情報通信学会論文誌, J99-D, No.1, pp.56-66, 2016/01/01 (査読有) DOI: 10.14923/transinfj.2015HAP0015

8. Esmaeil Pourjam, Daisuke Deguchi, Ichiro Ide, Hiroshi Murase, "Statistical Shape Feedback for Human Subject Segmentation," 電気学会論文誌 C, 135-C, No.8, pp.1000-1008, 2015/08/03 (査読有) DOI: 10.1541/ieejciss.135.1000

9. 久徳 遙矢, 出口 大輔, 高橋 友和, 目加田 慶人, 井手 一郎, 村瀬 洋, "カメラ間の位置関係に基づく画像間距離系列を用いた車載カメラ映像データベース検索による自車位置推定," 電気学会論文誌 C, 134(5), pp.702-710, 2014/05/01 (査読有) DOI: 10.1541/ieejciss.134.702

10. Xi Li, Tomokazu Takahashi, Daisuke Deguchi, Ichiro Ide, Hiroshi Murase, "Cross-pose face recognition -A virtual view generation approach using clustering based LVTM-," IEICE Transaction on Information and Systems, Special Section on Face Perception and Recognition, E96-D, No.3, pp.531-537, 2013/03/01 (査読有) DOI: 10.1587/transinf.E96.D.531

11. 加藤 祐二, 高橋 友和, 出口 大輔, 井手 一郎, 村瀬 洋, "低解像度 QR コード認識のための 2 値グリッド拘束付き 2 段階超解像," 電子情報通信学会論文誌, J96-D, No.2, pp.328-337, 2013/02/01 (査読有)

12. 久徳 遙矢, 出口 大輔, 高橋 友和, 目加田 慶人, 井手 一郎, 村瀬 洋, "自車位置推定のための車載カメラ映像と市街地映像データベースの位置ずれや遮蔽に頑健なフレーム対応付け," 電子情報通信学会論文誌, J95-D, No.11, pp.1973-1982, 2012/11/01 (査読有)
他

{学会発表} (計 162 件)

1. Yoshiki Tatebe, Daisuke Deguchi, Yasutomo

Kawanishi, Ichiro Ide, Hiroshi Murase, Utsushi Sakai, "Can We Detect Pedestrians using Low-resolution LIDAR? -Integration of Multi-frame Point-clouds-," Proceedings of the International Conference on Computer Vision Theory and Applications (VISAPP) 2017, Vol.5, pp.157-164, 2017/02/28, Porto (査読有)

2. Hiroki Mukoujima, Daisuke Deguchi, Yasutomo Kawanishi, Ichiro Ide, Hiroshi Murase, Masato Ukai, Nozomi Nagamine, Ryuta Nakasone, "Moving camera background-subtraction for obstacle detection on railway tracks," Proceedings of 2016 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP2016), pp.3967-3971, 2016/09/25, Phoenix (査読有)

3. Yuto Shimbo, Yasutomo Kawanishi, Daisuke Deguchi, Ichiro Ide, Hiroshi Murase, "Parts Selective DPM for detection of pedestrians possessing an umbrella," Proceedings of 2016 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV2016), pp.1053-1058, 2016/06/19, Gothenburg (査読有)

4. Ryunosuke Tanishige, Daisuke Deguchi, Keisuke Doman, Yoshito Mekada, Ichiro Ide, Hiroshi Murase, "Prediction of Driver's Pedestrian Detectability by Image Processing Adaptive to Visual Fields of View," Proceedings of 2014 IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC2014), pp.1388-1393, 2014/10/10, Qingdao (査読有)

5. Yoshimune Tabuchi, Tomokazu Takahashi, Daisuke Deguchi, Ichiro Ide, Hiroshi Murase, Takayuki Kurozumi, Kunio Kashino, "Spatial People Density Estimation from Multiple Viewpoints by Memory Based Regression," Proceedings of the 22nd IAPR International Conference on Pattern Recognition (ICPR2014), pp.2209-2214, 2014/08/27, Stockholm (査読有)

6. David Robert Wong, Daisuke Deguchi, Ichiro Ide, Hiroshi Murase, "Single Camera Vehicle Localization Using SURF Scale and Dynamic Time Warping," Proceedings of 2014 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV2014), pp.674-680, 2014/06/10, Ypsilanti (査読有)

7. Hidefumi Yoshida, Daichi Suzuo, Daisuke Deguchi, Ichiro Ide, Hiroshi Murase, Takashi Machida, Yoshiko Kojima, "Pedestrian Detection by Scene Dependent Classifiers with Generative Learning," Proceedings of 2013 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV2013), pp.654-659, 2013/06/25, Gold Coast City (査読有)

8. Masashi Wakayama, Daisuke Deguchi, Keisuke Doman, Ichiro Ide, Hiroshi Murase, Yukimasa Tamatsu, "Estimation of the human performance for pedestrian detectability based on visual search and motion features," Proceedings of the 21st IAPR International Conference on Pattern Recognition (ICPR2012), pp.1940-1943, 2012/11/14, Tsukuba (査読有)

9. Ryuhei Sato, Keisuke Doman, Daisuke Deguchi, Yoshito Mekada, Ichiro Ide, Hiroshi Murase, Yukimasa Tamatsu, "Visibility Estimation of Traffic Signals under Rainy Weather Conditions for Smart Driving Support," Proceedings of 2012 IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC2012), pp.1321-1326, 2012/09/19, Anchorage (査読有)

10. Tomonari Yoshida, Tomokazu Takahashi, Daisuke Deguchi, Ichiro Ide, Hiroshi Murase, "Robust Face Super-Resolution Using Free-Form Deformations For Low-Quality Surveillance Video," Proceedings of 2012 IEEE International Conference on Multimedia and Expo (ICME2012), pp.368-373, 2012/07/10, Melbourne (査読有)
他

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計2件)

名称：物体識別方法、および物体識別装置

発明者：酒井映，村瀬洋，出口大輔，市川善規

権利者：デンソー

種類：特許

番号：特願 2014 - 23632

出願年月日：2014/2/10

国内外の別：国内

他

取得状況(計0件)

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.murase.m.is.nagoya-u.ac.jp/~murase/index.html>

6. 研究組織

(1)研究代表者

村瀬 洋 (MURASE Hiroshi)

名古屋大学・大学院情報科学研究科・教授

研究者番号：90362293

(2)研究分担者

井手 一郎 (IDE Ichiro)

名古屋大学・大学院情報科学研究科・准教授

研究者番号：10332157

出口 大輔 (DEGUCHI Daisuke)

名古屋大学・大学院情報科学研究科・准教授

研究者番号：20437081

平山 高嗣 (HIRAYAMA Takatsugu)

名古屋大学・大学院情報科学研究科・特任准教授

研究者番号：10423021

川西 康友 (KAWANISHI Yasutomo)

名古屋大学・大学院情報科学研究科・助教

研究者番号：50755147

目加田 慶人 (MEKADA Yoshito)

中京大学・情報理工学部・教授

研究者番号：00282377

高橋 友和 (TAKAHASHI Tomokazu)

岐阜聖徳学園大学・経済情報学部・准教授

研究者番号：90397448

(3)連携研究者

無し