

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 28 年 6 月 2 日現在

機関番号：13901

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2015

課題番号：25730110

研究課題名(和文)実世界センシングにより得られる環境依存情報を活用した環境適応型画像認識

研究課題名(英文)Environment adaptive image recognition using environment specific information by real world sensing

研究代表者

出口 大輔 (Deguchi, Daisuke)

名古屋大学・情報連携統括本部・准教授

研究者番号：20437081

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究課題の目的は、実世界をセンシングすることによって環境特有の情報を特定し、得られた環境依存情報を利用して環境適応型の物体検出・認識を行う技術の実現である。本研究課題ではこの環境適応型の画像認識技術を、(1) 実世界センシングにより得られる情報から環境依存情報を抽出する仕組み、(2) 環境に応じて物体検出器・認識器を自動的に再構築する仕組み、の2つの枠組みで捉え、これらを解決する要素技術の開発を行った。具体的には、GPS情報を活用した撮影場所適応型画像認識、雨天時の傘差し歩行者検出のためのParts Selective DPM、環境特有の誤検出低減を実現する誤検出マイニングの技術を実現した。

研究成果の概要(英文)：The aim of this research is to develop environment adaptive image recognition and object detection methods by finding environment specific information obtained from real world sensing. This research considered this task as the combination of two sub-tasks: (i) identification of environment specific information from real world sensing, and (ii) adaptation / reconstruction of object detection and recognition system according to an environment. To solve these tasks, we developed methods of location adaptive image recognition using GPS information, Parts Selective DPM for detecting pedestrians possessing umbrella, false positive mining for eliminating environment specific false positives.

研究分野：知覚情報処理・ロボティクス

キーワード：画像認識 環境適応 車載カメラ映像処理

## 1. 研究開始当初の背景

近年、カメラ等で撮影した画像中から物体(人の顔や歩行者など)を検出・認識する技術に対する需要が高まっている。例えば、デジタルカメラの顔検出機能や交通事故防止を目的とした自動車の歩行者検出機能など、さまざまな所でこのような物体検出・認識の技術が利用されるようになってきている。これらの物体検出・認識の技術は、Viola らによる高速な顔検出技術やDalal らによる高精度な歩行者検出技術に代表されるように、機械学習に基づく手法である。ここ数年は、深層学習に基づく高精度な手法へと発展し、現在も活発の研究が進められている。しかしながら、これらの機械学習に基づく技術は、事前に集めた大量の学習データを用いて物体検出器を構築し、その検出器を用いて人の顔や歩行者の検出を行うものである。そのため、学習に用いたデータと照明条件やカメラの撮影角度が異なる場合は検出性能が大きく低下するという問題がある。

一方、オンライン学習を利用することにより、物体検出器の性能を適応的に変化させる枠組みも提案されている。しかしながら、正しく教師ラベルを与えることができない場合は性能が大きく低下するという問題や、環境特有の情報を適切に捉えることが難しいといった問題が存在する。

そのため、環境に応じて適応的に性能の改善が可能な画像認識技術が求められている。そこで本研究課題では、我々人間が外界から得られる情報を基に環境特有の情報を特定して自身の物体認識機能を高度化している点に着目し、このような画像認識技術の実現を目指した。

## 2. 研究の目的

本研究課題では、実世界をセンシングすることによって環境特有の情報を特定し、得られた環境依存情報を活用することで環境適応型の物体検出・認識技術を実現することを目的とした。これは、画像を撮影する場所や天候といった環境依存情報を活用することにより、その環境に応じて認識性能を最大化する環境適応型画像認識技術を実現することを意味する。本研究課題では、安全運転支援等での需要が高い車載カメラを用いた道路環境認識を対象とし、多様に変化する道路環境を適切に捉えることのできる環境適応型の物体検出・認識の手法を開発した。

具体的には、環境適応型の画像認識技術を、①実世界センシングにより得られる情報から環境依存情報を抽出する仕組み、②環境に応じて物体検出器・認識器を自動的に再構築する仕組み、の2つの枠組みで捉え、これら

を解決する要素技術の開発を行った。

①については、さまざまな環境(天候、季節、撮影場所)で撮影したカメラ映像を用い、環境を特徴付ける環境特有の情報と、環境共通の情報を整理する。ここで得た知見を基に、実世界をセンシングして得られる情報から環境を特徴付ける情報を環境依存情報として抽出する仕組みの実現を目指した。

②については、抽出した環境依存情報を基に物体検出・認識を行なう検出器・認識器を自動的に再構築する技術の開発を目的とした。

## 3. 研究の方法

本研究課題では、①実世界センシングにより得られる情報から環境依存情報を抽出する仕組み、②環境に応じて物体検出器・認識器を自動的に再構築する仕組み、の2つを実現する技術開発を行った。

本研究課題では車載カメラ映像からの道路環境認識が対象であることから、道路環境認識に大きく影響を与える環境変化として、(1)撮影場所(市街地、郊外、他)、(2)天候や季節、の2つを環境変化の要因とした。これら(1)と(2)の環境変化は、それぞれ独立して発生するものである。そこで、これらを順に解決することで一度に扱う環境変化を単純化し、問題の早期解決を目指した。具体的には、以下の2つについて研究を行った。

### (a) 環境依存情報を活用した環境適応型の物体検出・認識技術

環境依存情報の第1段階として、GPSにより得られる位置情報を環境依存情報として利用する手法を実現する。しかしながら、GPSにより得られる位置情報のみでは、同じような見えを持つ環境であったとしても異なる環境として推定されてしまい、すべての位置で検出器を構築することが必要となる。そこで、車載カメラ映像から得られる画像特徴を用いることで、同じような見えを持つ環境を統合する技術を開発する。そして、第2段階として、天候等による画像の見えの変化に対応する技術の開発を行う。ここで開発した技術は、多様な撮影場所および見えを含む車載カメラ映像データベースを用いて評価を行う。そのために、車載カメラおよびGPSを搭載した車でさまざまな道路を走行することにより、市街地や郊外といった、多様な見えの変化を含む映像を網羅的に収集し、データベースの構築も行って評価を行う。

### (b) 物体検出器・認識器の動的な更新技術

半教師付き学習手法、オンライン学習手法を組み合わせることにより、環境適応型の物体検出・認識技術の性能を逐次的に改善する

技術を実現する。そして、車載カメラ映像を用いた道路環境認識に特化した学習と認識の仕組みを開発する。

#### 4. 研究成果

##### (a) 環境依存情報を活用した環境適応型の物体検出・認識技術

本研究課題では、物体検出・認識に影響を与える要因として、(1)検出・認識を行う場所の違い、(2)天候変化、(3)検出器・認識器が苦手とする見えの存在、の3つを環境依存情報として扱った。

(1)の検出・認識を行う場所の違いを捉える技術として、画像とGPSから得られる撮影位置情報を組み合わせて用いることにより、撮影場所による画像の見えの違いに対処可能な技術を開発した。ここで、遠くはなれた場所で撮影された画像であっても画像中の見えは非常に類似している場合が存在する。そこで、GPSから得られる位置情報と画像の見えを用いたクラスタリングにより、複数の位置を同じ環境としてグルーピングする技術を実現した。これにより、検出性能を高く保ったまま構築すべき検出器の数を減らすことに成功した。また、GPSのみでは位置情報を精度良く得られない都市部に対応するため、画像情報のみから車の位置を高精度に推定する技術を開発した。これらの成果は国際会議で発表するとともに、論文誌にも投稿して採録された。

(2)の天候変化に関して、雨天時の歩行者の多くは傘を差しているという知見に基づき、傘の存在を認識することによって歩行者の検出性能を改善する技術を実現した。具体的には、傘の有無と歩行者の姿勢変化の組み合わせの多様性に対応するため、傘差し歩行者を複数のパーツに分割し、適切なパーツを選択しながら検出を行う Parts Selective DPM を開発した。この技術により、傘差し歩行者と通常の歩行者をどちらも精度良く検出可能であることを確認した(図1)。本成果は、自動車の知能化に関する国際会議 IV2016 に採択されており、近日中に発表を行う予定である。

(3)の検出器・認識器が苦手とする見えの存在に関して、誤検出傾向に基づく検出器の適応的な組み合わせ方法を開発した。一般に都市部と郊外で画像全体の見えは異なるものの、類似した誤検出が発生することが多く見られる。このような誤検出に対応するためには、上記(1)の場所による環境適応のみでは対応できない可能性がある。そこで、画像中に発生する誤検出の傾向を分析し、どのような誤検出が発生しやすいかを環境毎に推定することで誤検出を低減する技術を実現

した。具体的には、基本となるベースライン検出器を構築し、このベースライン検出器を用いて学習データから誤検出を収集する。そして、特徴量クラスタリングに基づいて誤検出傾向を抽出する。この傾向を環境を特徴づける情報と考え、検出を行う際はベースライン検出器によって得られる候補ごとの誤検出傾向に近いかを判断し、誤検出傾向毎に構築した識別器で高精度に判別を行う。この技術を最先端の歩行者検出器と組み合わせて評価した結果、性能改善が得られることを確認した(図2)。本成果は国際会議で発表を行うとともに、論文誌への投稿を行っている。

##### (b) 物体検出器・認識器の動的な更新技術

本研究課題では、(1)および(2)の環境依存情報と組み合わせて検出器・認識器を更新する技術を開発した。(1)については、GPS情報に基づいて撮影された画像を事前に構築した環境情報に追加する枠組みを実現した。そして、逐次的に増加する学習サンプルを用いて検出器・認識器の更新を可能とした。

(2)の誤検出傾向に基づく検出器・認識器の動的な更新については、ベースライン検出器から得られる候補領域と誤検出傾向を関連付け、半教師付き学習の枠組みによって検出器・認識器の更新を可能とした。

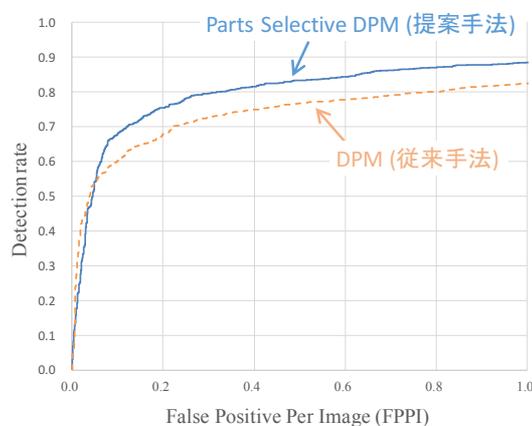
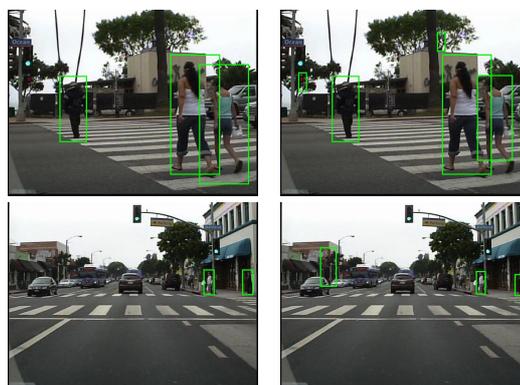


図1 Parts Selective DPM の検出性能



提案手法

ベースライン手法

図2 誤検出傾向の利用効果

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計3件)

- [1] 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, 査読有, 136(4), 2016, pp.588-589, DOI:10.1541/ieejieiss.136.588
- [2] Esmail Pourjam, Daisuke Deguchi, Ichiro Ide, Hiroshi Murase, Statistical Shape Feedback for Human Subject Segmentation, 電気学会論文誌 C, 査読有, 135(8), 2015, pp.1000-1008, DOI:10.1541/ieejieiss.135.1000
- [3] 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転車位置推定, 電気学会論文誌 C, 134(5), 査読有, 2014, pp.702-710, DOI:10.1541/ieejieiss.134.702

[学会発表] (計21件)

- [1] Yuto Shimbo, Yasutomo Kawanishi, Daisuke Deguchi, Ichiro Ide, Hiroshi Murase, Parts Selective DPM for Detection of Pedestrians Possessing an Umbrella, 2016 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV2016), 査読有, 2016/6/21 (Gothenburg, Sweden)
- [2] 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の検討, 動的画像処理実用化ワークショップ(DIA2016), 査読無, 2016/03/07 (岩手大学上田キャンパス)
- [3] 新保 祐人, 川西 康友, 出口 大輔, 井手 一郎, 村瀬 洋, パーツ選択型 DPM を用いた傘差し歩行者検出手法の検討, 電子情報通信学会技術研究報告(PRMU), 査読無, 115(414), 2016/01/22, pp.163-168 (大阪大学)
- [4] David Robert Wong, Daisuke Deguchi, Ichiro Ide, Hiroshi Murase, Position Interpolation using Feature Point Scale for Decimeter Visual Localization, Computer Vision for Road Scene Understanding and Autonomous Driving (CVRSUAD), 査読有, 2015/12/12, pp.1-8 (Santiago, Chile)
- [5] Yuki Suzuki, Daisuke Deguchi, Yasutomo Kawanishi, Ichiro Ide, Hiroshi Murase, Detector Ensemble based on False Positive Mining for Pedestrian Detection, 3rd IAPR Asian Conference on Pattern Recognition (ACPR2015), 査読有, 2015/11/06,

PS3-32 (Kuala Lumpur, Malaysia)

- [6] Yasutomo Kawanishi, Daisuke Deguchi, Ichiro Ide, Hiroshi Murase, Hironobu Fujiyoshi, Distant Pedestrian Re-Detection from an in-Vehicle Camera based on Detections by Other Vehicles, 2015 IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC2015), 査読有, 2015/09/16, pp.1215-1220 (Las Palmas de Gran Canaria, Spain)
- [7] 出口 大輔, 車載カメラを用いた環境理解 ~自転車位置推定と地図構築~, 東海支部若手セミナー「分散メディアのための情報通信と信号処理」, 招待講演, 2015/09/03 (名古屋工業大学)
- [8] 鈴木 悠暉, 出口 大輔, 川西 康友, 井手 一郎, 村瀬 洋, 誤検出傾向に基づく複数検出器の構築による様々な環境における歩行者検出, 第18回画像の認識・理解シンポジウム(MIRU2015), 査読無, 2015/07/30, SS4-33 (ホテル阪急エキスポパーク)
- [9] Toru Kotsuka, Daisuke Deguchi, Ichiro Ide, Hiroshi Murase, Adaptive Reference Image Selection for Temporal Object Removal from Frontal In-vehicle Camera Image Sequences, International Conference on Computer Vision Theory and Applications (VISAPP) 2015, 査読有, 2015/03/14, pp.233-239 (Berlin, Germany)
- [10] 鈴木 悠暉, 出口 大輔, 井手 一郎, 村瀬 洋, 誤検出傾向に着目した走行環境適応型歩行者検出器の構築に関する検討, 電子情報通信学会技術研究報告(PRMU), 査読無, 114(521), 2015/03/20, pp.171-176 (慶応大学矢上キャンパス)
- [11] 鈴木 悠暉, 出口 大輔, 井手 一郎, 村瀬 洋, 誤検出傾向に着目した歩行者検出器の構築に関する予備的検討, 2015年電子情報通信学会総合大会, 査読無, 2015/03/12, p.67 (立命館大学びわこ・くさつキャンパス)
- [12] David Robert Wong, Daisuke Deguchi, Ichiro Ide, Hiroshi Murase, Vision-based Vehicle Localization using a Visual Street Map with Embedded SURF Scale, Computer Vision in Vehicle Technology with Special Session on Micro Aerial Vehicles (CVVT2014), 査読有, 2014/09/06 (Zurich, Switzerland)
- [13] David Robert Wong, Daisuke Deguchi, Ichiro Ide, Hiroshi Murase, Single Camera Vehicle Localization Using SURF Scale and Dynamic Time Warping, 2014 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV2014), 査読有, 2014/06/10, pp.674-680 (Dearborn,

Michigan, USA)

- [14] 鈴尾 大地, 出口 大輔, 井手 一郎, 村瀬 洋, 石田 皓之, 小島 祥子, 位置情報を用いた走行環境適応による車載カメラ画像からの歩行者検出の高精度化, 電子情報通信学会技術研究報告 (PRMU), 査読無, 113(493), 2014/03/13, pp. 115-120 (早稲田大学)
- [15] 児島 勇司, 出口 大輔, 井手 一郎, 村瀬 洋, 高精度な道路標識検出器構築のための重み付き投票型 Co-training 手法の提案, 電子情報通信学会技術研究報告 (PRMU), 査読無, 113(493), 2014/03/13, pp. 109-114 (早稲田大学)
- [16] Daichi Suzuo, Daisuke Deguchi, Ichiro Ide, Hiroshi Murase, Hiroyuki Ishida, Yoshiko Kojima, Environment adaptive pedestrian detection using in-vehicle camera and GPS, International Conference on Computer Vision Theory and Applications (VISAPP) 2014, 査読有, 2014/01/07, pp. 354-361 (Lisbon, Portugal)
- [17] Hidefumi Yoshida, Daichi Suzuo, Daisuke Deguchi, Ichiro Ide, Hiroshi Murase, Scene dependent classifiers for pedestrian detection -generative learning approach-, International Joint Workshop on Advanced Sensing / Visual Attention and Interaction (ASVAI2013), 査読無, 2013/11/05 (LOISIR HOTEL NAHA, Okinawa, Japan)
- [18] Yuji Kojima, Daisuke Deguchi, Ichiro Ide, Hiroshi Murase, Construction of a traffic sign detector based on voting type co-training, 2013 IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC2013), 査読有, 2013/10/08, pp. 1137-1142 (Hague, Netherlands)
- [19] 鈴尾 大地, 出口 大輔, 井手 一郎, 村瀬 洋, 石田 皓之, 小島 祥子, 位置情報を活用した走行環境適応型歩行者検出に関する検討, 平成 25 年度電気関係学会東海支部連合大会, 査読無, 2013/09/25, J3-5 (静岡大学)
- [20] Hidefumi Yoshida, Daichi Suzuo, Daisuke Deguchi, Ichiro Ide, Hiroshi Murase, Takashi Machida, Yoshiko Kojima, Pedestrian Detection by Scene Dependent Classifiers with Generative Learning, 2013 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV2013), 査読有, 2013/06/25, pp. 654-659 (Gold Coast, Australia)
- [21] 出口 大輔, 道満 恵介, 井手 一郎, 村瀬 洋, 車載カメラを用いた周囲環境認識, 2013 年度自動車技術会中部支部研究発表会, 招待講演, 2013/06/10, pp. 73-77 (名古屋国際会議場)

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

[その他]

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

出口 大輔 (DEGUCHI DAISUKE)

名古屋大学・情報連携統括本部・准教

研究者番号: 20437081

### (2) 研究分担者なし

### (3) 連携研究者なし