

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 6月 5日現在

機関番号：13901

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2010 ～ 2012

課題番号：22700173

研究課題名（和文） 過去と現在の対比による環境適応型画像認識に関する研究

研究課題名（英文） A research on an environment adaptive image recognition based on comparison of past and present information

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

研究成果の概要（和文）：本研究課題の目的は、環境に応じて認識性能を変化することのできる環境適応型の画像認識技術の実現である。本研究課題ではこの環境適応型の画像認識技術を、(i)カメラ映像から動的に学習サンプルを収集する仕組み、(ii)物体検出器・認識器を適応的に更新する仕組み、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、遡及型追跡によるポジティブサンプルの自動収集、および誤検出特性を利用したネガティブサンプルの自動収集の技術を開発し、半教師付き学習およびオンライン学習の枠組みを利用して検出器を更新する技術を実現した。

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 that can optimize their performance in individual environment. This research considered this task as the combination of two sub-tasks: (i) automatic gathering of training samples from videos, and (ii) adaptation of object detection and recognition system according to an environment. To obtain training samples automatically, retrospective tracking method was developed for gathering positive samples, and characteristics of mis-detections were used for gathering negative samples. These methods were combined with semi-supervised learning and online learning frameworks to adapt the detector for individual environment.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2011年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2012年度	700,000	210,000	910,000
総計	2,900,000	870,000	3,770,000

研究分野：知覚情報処理・ロボティクス

科研費の分科・細目：情報学，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人の顔や歩行者を検出・認識する技術は、我々の身近なところで広く利用されるようになって

ている。特に、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は、デジタルカメラの顔検出や車載カメラを用いた歩行者検出で広く利用されている。

しかしながら、これらは事前に物体検出器を大量の学習データを用いて構築し、構築した検出器を用いて人の顔や歩行者を検出する技術である。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、オンライン学習では学習サンプルの教師ラベルを動的に与える必要があるため、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が存在する。

そこで本研究課題では、人間が自身の持つ知識と現在の環境から得られる情報を対比させながら自身の物体認識機能を高度化している点に着目し、過去と現在の対比により適応的に物体検出・認識の性能を改善する技術の実現を目指す。

2. 研究の目的

本研究課題では、時々刻々と変化する実環境に対し、環境に応じて性能を最大化するように物体検出器・認識器を変化させる技術の確立を目的とする。これまでに広く研究されている統計的学習に基づく画像認識においては、検出もしくは認識する対象の学習サンプルを事前に収集する必要がある。さまざまな環境下で高い性能を得るためには、さまざまな変動（照明変化など）を含む学習サンプルを網羅的に収集することが不可欠である。しかしながら、実際にそのようなサンプルを事前にすべて集めることは不可能である。

そこで本研究課題では、過去に獲得した知識と現在の状況を照らし合わせることにより、(1) 新しく獲得すべき知識（学習サンプル）を動的に収集する技術、(2) 収集した学習サンプルを用いて各環境で最適な検出器・認識器を自動的に再構築する技術、の2つの要素技術を解決する。これにより、事前に獲得した知識を環境に合わせて適応的に変化させる画像認識技術の実現を目指す。

3. 研究の方法

本研究課題では、環境適応型の画像認識技術を、(1)カメラ映像から動的に学習サンプルを収集する仕組み、(2)物体検出器・認識器を適応的に更新する仕組み、の2つの要素技術に分割し、これらを解決する要素技術の開発を行う。また、これらの技術の実現および評価に不可欠な(3)大規模な車載カメラ映像データベースの構築、を行う。

(1)のカメラ映像から動的に学習サンプルを収集する仕組みにおいては、過去に獲得した知識と現在の環境で撮影したカメラ映像を用い、照明条件や撮影条件の違いから新しく獲得すべき認識対象の知識を収集する技術を開発する。特に、カメラ映像中の物体の見えは連続的に変化するという点に着目し、現在から過去に遡りながら物体の見えに関する知識を自動獲得する仕組みを実現する。

(2)の物体検出器／認識器を適応的に更新する仕組みにおいては、抽出した認識対象領域を基に、これまでに学習した認識器を適応的に更新する技術の開発を行う。特に、認識器の動的な更新に適した特徴量と環境の変化に頑健な特徴量を開発する。

(3)の大規模な車載カメラ映像データベースの構築においては、剛体物体である標識、および非剛体物体である歩行者、の2つを対象としたデータベースを構築する。データ収集においては、時刻および天候といった条件の異なる多様なデータを収集し、データベースに追加する。そして、収集したデータに標識および歩行者の位置を示す矩形を手作業で入力し、本研究課題において不可欠である評価データとして利用する。

4. 研究成果

(1) 車載カメラ映像からの学習サンプルの自動収集

物体検出器を構築するためには、検出対象であるポジティブサンプル、検出対象でない（背景）ネガティブサンプル、それぞれを大量に収集し、それらを用いて検出器を学習する必要がある。本研究課題では、これらの学

習サンプルを半自動で収集する手法を実現した。具体的には、(A) 遡及型追跡に基づくポジティブサンプルの自動収集、(B) 誤検出特性を利用したネガティブサンプルの自動収集、(C) (A) と (B) の同時実行によるポジティブ・ネガティブサンプルの自動収集、をそれぞれ実現した。

(A) のポジティブサンプルの自動収集においては、車の進行に伴って車載カメラ映像中の物体の見えが連続的に変化するという性質に着目し、大きな標識を起点として過去に遡って追跡を行う遡及型追跡によってポジティブサンプルの自動収集を実現した。

(B) のネガティブサンプルの自動収集においては、検出器の出力における誤検出の時間的・空間的な出現の傾向を分析し、その性質を誤検出特性として利用することでネガティブサンプルの自動収集を実現した。

(C) においては、(A) および (B) で実現した技術を同時実行する枠組みを開発し、わずかな手作業のみで高精度な物体検出器を構築可能な手法を実現した。

これらの手法は本研究課題で構築した車載カメラ映像データベースを用いて評価し、その有効性を確認した。本研究課題で実現した技術による検出器の性能変化の一例を図 1 に示し、構築した検出器による検出結果の一例を図 2 に示す。

(2) 物体検出器／認識器を適応的に更新する仕組み

本研究課題では、(1) で示した学習サンプルの自動収集の枠組みと半教師付き学習およびオンライン学習の枠組みを組み合わせることで、逐次的かつ適応的に性能改善が可能な手法を実現した。具体的には、物体検出器の学習と(1) で示した学習サンプルの自動収集を交互に実行する枠組みにより、検出器の適応的な更新を実現した。そして、ここで実現した枠組みに協調学習のアイデアを取り込むことにより、(1) で示した学習サンプルの自動収集における誤りを適切に除外しながら検出器を更新する枠組みを実現した。

また、照明変化に頑健な色テクスチャ特徴量の開発、および物体検出器での利用を考慮した特徴量の配置方法に関する技術開発を行った。

また、学習サンプルを人工的に生成することで学習の効率化を図る生成型学習の枠組みに本研究課題の知見を応用し、環境に応じて生成型学習のパラメータを変化させる手法を実現した。これにより、従来の生成型学習で最も困難な課題の一つであった生成パラメータの自動決定に関する問題の一つの解を示した。

(3) 大規模な車載カメラ映像データベースの構築

市街地、住宅地、郊外、といった場所の変化に加え、天候変化を含む多様な環境変化を含む車載カメラ映像を収集した。収集した車載カメラ映像は約 400,000 フレームである。また、これらの映像中から評価に使用する区間を選定し、その区間内の映像に対して手作業で標識および歩行者の位置を示す矩形を設定し、上記の(1)および(2)の評価に使用した。

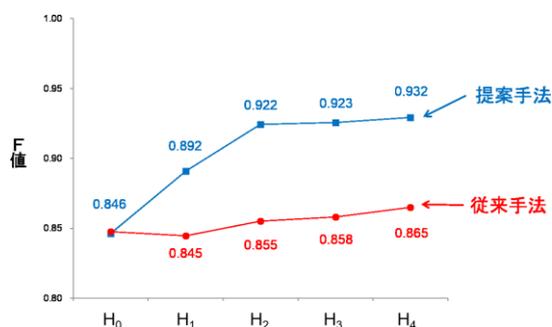


図 1 検出器の反復構築による性能変化



図 2 標識検出結果の一例

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3件)

- ① 道満 恵介, 出口 大輔, 高橋 友和, 目加田 慶人, 井手 一郎, 村瀬 洋, 色変動を考慮した生成型学習法による道路標識検出器の構築, 電子情報通信学会論文誌, 査読有, J93-D(8), 2010, pp.1375-1385
- ② 出口大輔, 道満恵介, 井手一郎, 村瀬洋, 遡及型追跡に基づく標識画像の自動収集を用いた標識検出器の高精度化, 電子情報通信学会論文誌, 査読有, J95-D(1), 2012 pp.76-84
- 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, 自転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, 査読有, J95-D(11), 2012, pp.1973-1982

[学会発表] (計14件)

- ① 出口 大輔, 映像認識と視線検出に着目した安全技術, 運転行動の大規模計測と理解に関する国際シンポジウム - ググる時代の安全技術 -, 招待講演, 2010 (愛知県名古屋市)
- ② 出口 大輔, 道満 恵介, 井手 一郎, 村瀬 洋, 多数の色特徴を組み合わせた環境適応型標識検出器の構築に関する検討, 第13回画像の認識・理解シンポジウム (MIRU2010), 査読無, 2010, pp.1999-2006 (北海道釧路市)
- ③ D. Deguchi, K. Doman, I. Ide, H. Murase, Improvement of a traffic sign detector by retrospective gathering of training samples from in-vehicle camera image sequences, Computer Vision in Vehicle Technology: From Earth to Mars (CVVT2010), 査読有, 2010 (Queenstown, New Zealand)
- ④ 白砂 光教, 出口 大輔, 井手 一郎, 村瀬 洋, 誤検出特性を利用した非標識画像の自動収集による標識検出器の構築, 2011年電子情報通信学会総合大会, 査読無, 2011 (震災のため予稿集のみ)
- ⑤ 吉田 英史, 出口 大輔, 井手 一郎, 村瀬 洋, 後藤 邦博, 木村 好克, 内藤 貴志, 生成型学習法を用いた姿勢変化に頑健な歩行者検出の検討, 電子情報通信学会 PRMU 研究会, 査読無, 111(47), 2011, pp.127-132 (愛知県名古屋市)
- ⑥ D. Deguchi, M. Shirasuna, K. Doman, I. Ide, H. Murase, Intelligent Traffic

Sign Detector: Adaptive Learning Based on Online Gathering of Training Samples, IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV2011), 査読有, 2011, pp.72-77 (Baden-Baden, Germany)

- ⑦ H. Yoshida, D. Deguchi, I. Ide, H. Murase, K. Goto, Y. Kimura, T. Naito, Integration of generative learning and multiple pose classifiers for pedestrian detection, International Conference on Computer Vision Theory and Applications (VISAPP) 2012, 査読有, 2012, pp.567-572 (Rome, Italy)
- ⑧ 児島 勇司, 出口 大輔, 井手 一郎, 村瀬 洋, 多数決型 co-training による道路標識検出器の構築に関する検討, 第15回画像の認識・理解シンポジウム (MIRU2012) 論文集, 査読無, 2012, IS3-77 (福岡県福岡市)
- ⑨ 吉田 英史, 出口 大輔, 井手 一郎, 村瀬 洋, 町田 貴史, 小島 祥子, 生成型学習法を用いた傘をさした歩行者の高精度な検出に関する検討, 電子情報通信学会技術研究報告 (PRMU), 査読無, 112(197), 2012, pp.191-196 (東京都府中市)
- ⑩ 鈴木 大地, 吉田 英史, 出口 大輔, 井手 一郎, 村瀬 洋, 町田 貴史, 小島 祥子, 車載カメラを用いた走行環境適応型歩行者検出器に関する予備的検討, 電子情報通信学会技術研究報告 (PRMU), 査読無, 112(197), 2012, pp.99-104 (東京都府中市)
- ⑪ H. Kyutoku, D. Deguchi, T. Takahashi, Y. Mekada, I. Ide, H. Murase, Subtraction-Based Forward Obstacle Detection Using Illumination Insensitive Feature for Driving-Support, Proceedings of Computer Vision in Vehicle Technology: From Earth to Mars (CVVT2012), 査読有, Part II, LNCS 7584, 2012, 2012, pp.515-525 (Firenze, Italy)
- ⑫ D. Deguchi, H. Murase, Automatic Construction of Traffic Sign Detector Based on Simultaneous Gathering of Training Samples, Proceedings of International Workshop on Advanced Image Technology (IWAIT) 2013, 招待講演, 2013, pp.11-16 (Nagoya Japan)
- ⑬ 吉田 英史, 出口 大輔, 井手 一郎, 村瀬 洋, 町田 貴史, 小島 祥子, 反復式生成型学習法を用いた歩行者検出, 動的画像処理実用化ワークショップ (DIA2013) 講演論文集, 査読無, 2013, 02-1 (静岡県浜松市)

- ⑭ 鈴尾 大地, 吉田 英史, 出口 大輔, 井手 一郎, 村瀬 洋, 町田 貴史, 小島 祥子, 車載カメラとGPSを組み合わせた走行環境適応型歩行者検出器に関する検討, 電子情報通信学会技術研究報告 (PRMU), 査読無, 112(495), 2013, pp. 61-66 (東京都調布市)

[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・准教授
研究者番号: 20437081

(2) 研究分担者なし

(3) 連携研究者なし