

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 28 年 6 月 7 日現在

機関番号：17104

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25350477

研究課題名(和文) 視覚障害者への自己仮想視点付与技術の開発

研究課題名(英文) Development of a Self-virtual Eye Imparting Technique to a Visually Impaired Person

研究代表者

タン ジュークイ (Tan, JooKooi)

九州工業大学・大学院工学研究院・准教授

研究者番号：40363395

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：人は五感の中で視覚を最も多く利用し、多様な情報を獲得している。一方視覚障害者は、健常者のように目を介して情報を得ることはなく、活動が大きく制限される。本研究は、様々な歩行環境において、視覚障害者が静止または歩行する場合の自己仮想視点映像を用いて、移動及び静止物体、また特定移動物体の検出・追跡及び認識を行う方法、及びこれらの結果を歩行環境の情報として視覚障害者に提供する技術の開発を行う。

本報告では、提案法を概説し、様々な天候・時間帯における実歩行環境映像を用いた実験結果に基づいて、提案法の有効性を示す。

研究成果の概要(英文)：People use visual sensation most among the five senses and acquire a wide variety of visual information from it. On the other hand, unlike ordinary people, visually impaired people cannot obtain information through eyesight and consequently their activity is greatly limited. In this study, employing self-virtual view of a visually impaired person in various walking environments, we propose a method of detecting, recognizing and tracking static, moving and specific moving objects in the view. Also we propose a method of providing the visually impaired person with the obtained results as the information on his/her walking environment.

In this project report, the proposed method is summarized, and their effectiveness is shown by the experiments employing the videos taken in real walking environments under various weather conditions and different time periods.

研究分野：画像計測・解析

キーワード：自己装着カメラ 自己視点 マイビジョン 特有情報 安全情報 環境・空間動態解析

## 1. 研究開始当初の背景

安全・安心を与える社会基盤の構築は、一般人の社会生活に多大の恩恵をもたらしてきた。その一方、視覚障害者の生活は一般人のように恩恵を受けていない。厚生労働省障害者白書における実態調査では、約 32 万人の視覚障害者の日常生活の中で、90%以上の活動が介助を必要とする。また、その介助者はほとんどが配偶者である。視覚障害者の生活を支援するために、盲導犬の養成と提供、公共の場所での点字や点字ブロックによる表記や安全杖の給付・貸与等実用的な補助器具が提供されている。しかし、視覚障害者には、「人の混雑や車に危険を感じる」、「人為的に設置した障害物に戸惑う」、「方角が分からなくなる」等、介助者なしでは外出困難という問題がある。

一方、視覚障害者が慣れた場所に外出する時は、白い安全杖や情報源である音等を手掛かりにして目的地に辿りつくのが現状である。しかし安全杖は、それが届く範囲の路面情報しか提供しない。また雨の日には、広告音や携帯の着信音、車のクラクション音等に雨音が重なって音の情報が得難くなり、視覚障害者は歩き辛くなる。以上のような場合、案内したり、安全に誘導してくれる「人」や「支援機器」等の存在は極めて重要である。

## 2. 研究の目的

視覚障害者を支援するために、文章やホームページの朗読機、複数速度付読み上げソフトウェア、3次元点字絵柄印刷機等が製品化されている。カメラ映像を電気刺激に変換し、額に装着された触覚ディスプレイを介して映像の輪郭を伝達する機器や、点字対応 PDA と GPS 測位情報を組み合わせて、視覚障害者が現在地や目的地へのルートを確認できる日韓共同開発のナビゲーション機器、また、RFID リーダーで商品バーコードを認識し、その商品を音声で知らせる、カリフォルニア大学の視覚障害者用買い物システム等も開発が進んでいる。しかし、これらの機器・システムも視覚障害者にとってはまだ不十分である。

本研究では、視覚障害者が装着するカメラの映像（自己仮想視点映像）から、障害物の候補となる周囲の移動物体や静止物体、また信号・標識等の移動に有用な情報源を検出し、それらの認識と状況を解析し、得られた情報を音声に変換して視覚障害者に伝達する技術を開発する。この技術により、本来見えない周囲環境の情報をカメラとコンピュータ（ウェアラブル・コンピュータビジョン・システム）を介して獲得することにより、視覚障害者は、より安全かつ幅広い活動を行うことが可能となる。本技術の開発によって、心身両面のバリアフリーという視覚障害者の切実な要求の解決に貢献でき、視覚障害者の自立性・生活の質（QOL）の格段の向上に資することができる。

## 3. 研究の方法

本研究は、視覚障害者が歩行中に装着する（自己装着）単一カメラの映像から、周囲環境にある障害物等（移動物体と静止物体）を検出し、それらの認識と状況等の解析を行う方法を開発する。さらに、歩行という移動手段の他に、遠隔地へ移動するには低コストで利便性の高い公共交通機関があるが、これらの公共交通機関を見つける必要があるため視覚障害者には使い難い。そこで、公共交通機関の中でも身体的負担の少ないバスやタクシーという特定移動物体を、自己装着カメラの映像から自動検出する手法の開発を行う。

## (a)静止物体の検出・認識法

歩行環境には様々な静止物体（有用な物体、障害となる物体等）が共存しているが、視覚障害者が外出する場合、これらの物体を検出する必要がある。本研究で開発する手法は、(a1)横断歩道を渡る場合の歩行者横断用信号機と信号機の色及び歩行者用標識、および (a2)歩行中に路上に存在する障害物、即ち駐輪する自転車や車両、ポール等の静止物体を検出・認識の対象とする。

(a1)では、得られた映像に HSV 表色系への変換を施し、色特徴のみを用いて歩行者横断用信号機及び信号の色と標識の候補領域を絞り込み、得られた候補領域から勾配方向の分割法を改良した HOG 特徴量を算出し、識別器に与える。本研究では検出対象物体が複数存在するため、識別には Randomized Trees 識別器を用いる。2つの特徴量（色の特徴量と勾配方向の分割法を改良した形状特徴量）の関係を利用した Randomized Trees 識別器を構築する。

(a2)では、Harris コーナ検出器を用いて画像上の特徴点を検出し、L-K 追跡器により連続 2 画像間で特徴点の対応付けを行い、エビポーラ幾何を用いてカメラの運動パラメータを求め特徴点の 3次元情報を取得する。静止障害物を検出するには道路平面から突出した特徴点を抽出する必要がある。そのため Graph Based Image Segmentation を用いて道路の領域分割により道路平面らしい領域（道路候補領域）の推定を行い、道路候補領域内に存在する特徴点の 3次元座標より平面方程式を導出する。さらに平面方程式と各特徴点との距離を求め、閾値処理及び MeanShift により静止障害物上の特徴点抽出とクラスタリングを行い、静止障害物の領域を特定する。

## (b)移動物体の検出・認識法

視覚障害者が歩道を歩くとき衝突の危険性が最も高い物体は移動物体（周囲の歩行者）である。そのため周囲歩行者の検

出・認識だけでなく、周囲歩行者が向かってくる方向などの歩行者に特有の情報の取得も必要である。さらに、行動の予測し難い小さな子供の検出も重要である。

本研究では、歩行者の検出には HOG 特徴量および RealAdaBoost 識別器を用いる。また、歩行者の特有情報を獲得するために、フレーム間のユークリッド距離及び歩行者の H (色相)・S (彩度) の色情報からなる、計 3 つの条件に基づく同一人物の判定を行う。人数検出においては、現フレームと  $N_1$  枚分の前フレームの検出人数の平均を算出し、歩行者の人数として検出する。さらに、検出ウィンドウ数および現フレームと  $N_2$  枚分の前フレームで検出された同一人物のウィンドウの中心座標に着目し、動きベクトルの平均方向を算出し、歩行者の方向として検出する。本研究における歩行者の方向とは、視覚障害者の視点から見る周囲歩行者の 45 度ごとの計 8 方向である。また、凸型 HOG 特徴量を用いて頭部の位置検出により歩行者の身長を推定し、その身長から大人、子供の判定を行う。

#### (c) 特定移動物体の検出・認識法

日常生活の中で、目的地への移動のために最もよく利用されるのは公共交通機関である。公共交通機関の中ではバスやタクシーが広く流通している。本研究では、特定移動物体の検出・認識として (c1) バスと (c2) タクシーを対象とする。

(c1) バスの検出において、本研究は、Harris コーナ検出器を用いた特徴点検出、L-K 追跡器による 2 画像間における特徴点の対応付けと追跡を行い、移動ベクトルを算出する。求めた移動ベクトル量により移動物体候補領域の検出を行い、共起特徴に基づく HOG 特徴量を用いて移動物体候補領域の特徴量を算出し、Randomized trees を用いてバスの検出を行う。

(c2) タクシーの検出では、Harris コーナ検出器により特徴点を検出し、得られた特徴点から L-K 追跡器により移動ベクトルを求める。RANSAC を用いて移動ベクトルのアウトライアを除去し、これらの特徴点を用いてカメラの運動補償を行う。これにより、微小運動が生じても安定な背景モデルの抽出ができる。

次に、逐次背景推定法を用いて背景を推定し、前景物体 (移動物体) の抽出を行う。得られた前景物体から物体の縦横エッジ比および色の輝度比を算出し、特定移動物体 (タクシー) の検出を行う。

## 4. 研究成果

自己装着カメラを用いて (a) 静止物体 (歩行者横断用信号機と信号の色、標識、路上の障

害物)、(b) 移動物体 (周囲歩行者とその特有情報)、(c) 特定移動物体 (バス、タクシー) の検出を行い、開発手法の有効性を検証する。図 1 に示すようにユーザは小型カメラを耳付近または頭部に装着し、自己装着カメラとして歩行環境の実映像を収集する。



図 1. 撮影環境：(a) 実験の様子、(b) 自己装着カメラの拡大図。

#### (a) 静止物体の検出・認識実験

様々な実環境 (場所)、異なる天候 (晴天、雨天、曇り、晴天時々曇り)、異なる時間帯で、(a1) 「歩行者横断用信号機と信号の色、及び標識の検出実験」では、7 種類の映像、計 2130 フレーム、(a2) 「障害物 (自転車・駐車車両) の検出実験」では 4 種類の映像、計 615 フレームを、自己装着カメラを用いて取得した。

(a1) の実験に関して、図 2～図 3 に歩行者横断用信号機の検出と信号の色の認識結果の一部を示す。図 3 は信号機が傾いた画像、即ち自己装着カメラが傾いている場合または頭が動く場合の映像である。検出結果は、赤色の枠が赤信号、緑色の枠が青信号を示す。また歩行者用標識の検出結果の一部を図 4 に示す。標識の検出結果は青色の枠で示されている。なお、図の橙色矢印は時間の経過を示す。検証実験では、歩行者横断用信号機と歩道標識の検出・認識精度は、それぞれ平均認識率 84.2%、98.4% という結果が得られた。

(a2) の実験について、結果の一部を図 5 に示す。原画像を同図 (a)、障害物の検出領域 (ピンク領域) を (b)、検出された障害物 (緑領域) を (c) に示す。図の橙色矢印は時間の経過を示す。検証実験では、障害物の再現率と適合率はそれぞれ平均 81.5%、75.1% という結果が得られた。

#### (b) 移動物体とその特有情報の検出・認識実験

異なる天候 (晴天、曇り)、異なる時間帯及び様々な実環境下 (オクルージョンが生じない場合、オクルージョンが生じる場合と歩行者の数が増減する場合) で撮影された 11 種類の映像のうち、身長の

異なる歩行者及び子供を含む計 1688 フレームの映像を用いて手法の検証を行う。歩行者の人数が減少後増加しオクルージョンも生じる場合の実験映像の一部を **図 6 (a)** に示す。歩行者の検出結果及び各歩行者の特有情報の認識結果を同図 **(b)** に示す。図中の色枠が歩行者の検出結果、同色で枠内左上に表示される ID は同一人物の追跡・判定結果である。さらに、画像右上の数字は人数、枠と同色の矢印は方向、枠上部に赤字で表示された数字は歩行者の身長、さらに枠内中央右の黄字「A」または緑字「C」は大人・子供の判定結果を示す。これらが獲得された周囲歩行者の特有情報である。

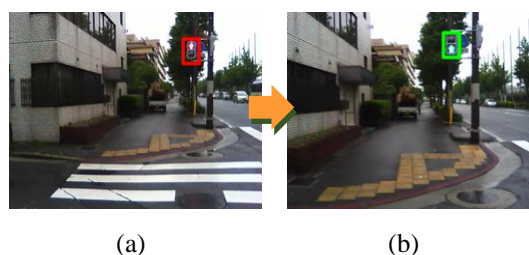
評価における歩行者検出率の算出では、各フレームで歩行者候補の再現率 (recall) および適合率 (precision) が共に 0.5 を超える場合に歩行者が検出されたとする。映像上の歩行者総数 (延べ 3247 名) に対し、「歩行者数の検出率」、「同一歩行者の追跡率」、「歩行者の進行方向の検出率」、「歩行者の身長の検出誤差」、「大人・子供の判定率」はそれぞれ平均 60.5%、88.9%、64.0%、15.5cm、89.0% となった。

### (c) 特定移動物体の検出・認識実験

**(c1)** バスを特定移動物体とする場合では、異なる実環境、時間帯及び天候により 10 種類の映像 (オクルージョンが生じない場合、電柱や他車両によるオクルージョンが生じる場合、バス以外の車両のみ存在する場合) 計 1762 フレームを用いて手法の検証を行った。特定移動物体の検出映像の一部を **図 7** に示す。同図 **(a)** は他車両によるオクルージョンが生じる場合の検出結果、また **(b)** は街路樹・電柱によるオクルージョンが生じる場合の検出結果を示す。図中緑矢印は検出された移動ベクトルであり、水色の枠は検出された特定移動物体 (バス) である。検証により、移動物体候補 (移動車両) およびそれらの候補からのバスの平均検出率はそれぞれ 94.5% 及び 80% であった。

**(c2)** タクシーを特定移動物体とする場合では、異なる実環境、天候及び時間帯 (昼間・夜間) に、計 6 種類の映像 (昼間 311 フレーム、夜間 177 フレーム、タクシーのみが存在する場合、タクシーと一般車両が存在する場合、タクシー・一般車両および歩行者が存在する場合) を用いてタクシーの検出を行う。検出結果の映像の一部を **図 8** に示す。**(a)** は昼間、**(b)** は夜間の映像であり、各 (\*1) は移動物体の検出結果で緑色の枠で表示している。また各 (\*2) はタクシーの検出結果であり、赤色の枠および枠の左上部に赤字「TAXI」と表示している。移動物体候補の検出率とタクシーの検出率は、それぞ

れ平均 90.5%、84.8% という結果が得られた。



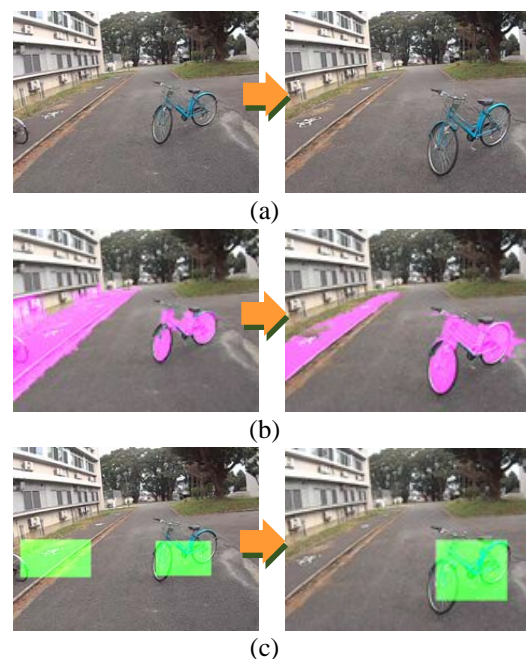
**図 2** 歩行者横断用信号機検出と信号の色の認識結果の一部 (雨天): (a) 赤信号 (赤色の枠), (b) 青信号 (緑色の枠)。



**図 3** 歩行者横断用信号機検出と信号認識結果の一部 (晴天, カメラが傾いた場合). 青信号を緑色の枠で表示。



**図 4** 歩行者用標識検出結果の一部 (曇り雨). 標識を青色の枠で表示。



**図 5** 静止障害物体検出結果の一部 (曇り晴): (a) 原画像, (b) 障害物領域の検出 (ピンク領域), (c) 障害物検出結果 (緑領域)。

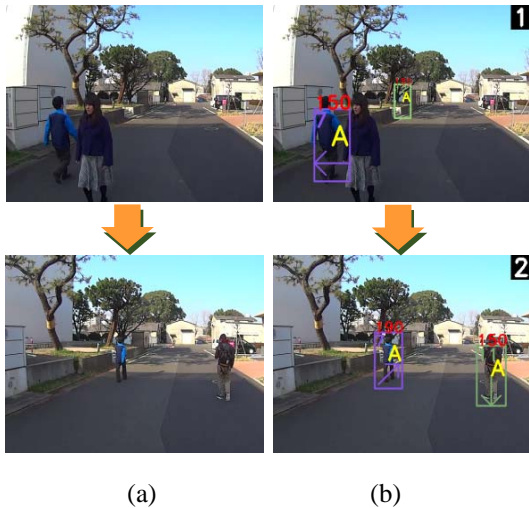


図 6 歩行者の人数が減少後増加し、オクルージョンが生じる場合の結果の一部（晴天）：(a)原画像，(b)人検出結果と特有情報の獲得結果（同一人物の判定と追跡→人数検出→方向認識→身長検出→大人・子供の判定）。

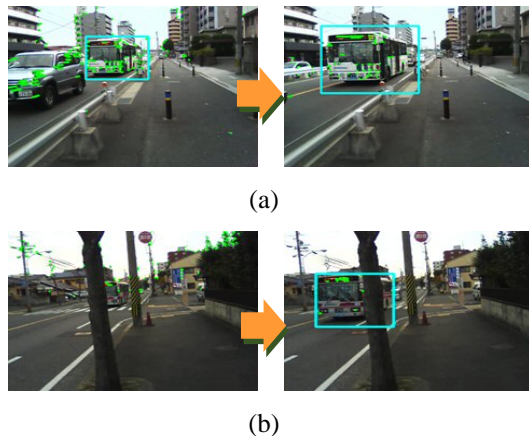


図 7 特定移動物体（バス）の検出結果の一部：(a)晴天，他車両によるオクルージョンが生じる場合の検出結果（水色の枠），(b)曇り，街路樹と電柱によるオクルージョンが生じる場合の検出結果（水色の枠）。

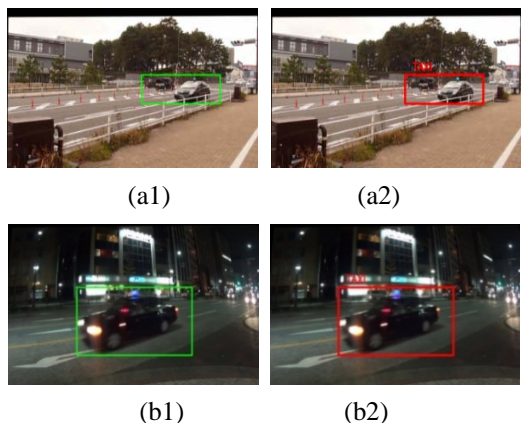


図 8 特定移動物体（タクシー）の検出結果の一部：(a)昼間，(b)夜間。（\*1）移動物体候補（緑色の枠）の検出結果，（\*2）タクシーの検出結果（赤色の枠と同枠の左上部に TAXI と表示）。

本研究は、自己装着カメラを視覚障害者の自己仮想視点として歩行環境を認識し、その情報をユーザ（視覚障害者）に提供する技術の開発である。同様の研究は国内外のコンピュータビジョン分野でまだ行われていない。また国際会議では、発表会場において質問者が多く、本研究への高い関心が窺える。今後の展望は、得られた認識結果を音声情報として視覚障害者に提供することにより、視覚障害者の活動範囲が一層広がり、また安全性も増し、生活の質(QOL)が格段に向上することが期待できる。

## 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 14 件）

[1] Sakai, R., Tan, J. K., Kim, H., Ishikawa, S. : “Detecting pedestrian and extracting their attributes from self-mounted camera views”, International Journal of Research and Surveys, ICIC Express Letters PartB: Application, Vol.7, No.2, 279-286, 2016 (査読有).

[2] Kumano, T., Tan, J. K., Kim, H., Ishikawa, S. : “Traffic signs and signals detection employing the MY VISION system for a visually impaired person”, International Journal of Research and Surveys, ICIC Express Letters PartB: Application, Vol.7, No.2, 385-399, 2016 (査読有).

[3] Kuwata, I., Tan, J. K., Kim, H., Ishikawa, S. : “A method of detecting salient regions employing global and local saliency”, International Journal of Research and Surveys, ICIC Express Letters PartB: Application, Vol.7, No.3, 555-561, 2016 (査読有).

[4] Ahsan, M., Tan, J. K., Kim, H., Ishikawa, S. : “Spatio temporal LBP and shape feature for human activity representation and recognition”, International Journal of Innovative Computing, Information and Control, Vol. 12, No.1, 1-13, 2016 (査読有).

[5] Ahsan, M., Tan, J. K., Kim, H., Ishikawa, S. : “Human action representation and recognition: An approach to histogram of spatiotemporal templates”, International Journal of Innovative Computing, Information and Control, Vol.11, No.6, 1855-1867, 2016 (査読有).

[6] Panca, M., Tan, J. K., Kim, H., Ishikawa, S. : “Temporal analysis for fast motion detection in crowd”, Journal of Artificial Life Robotics (Springer), Vol.20, No.1, 56-61, 2015 (査読有). DOI: 10.1007/s10015-014-0195-4.

[7] Qian, S., Tan, J. K., Kim, H., Ishikawa, S. : “Comparing effectiveness of feature detectors in obstacles detection from video”, Journal of Robotics, Networking and Artificial Life, Vol.1, No.3, 184-188, 2014 (査読有). DOI: 10.2991/jrnal.2014.1.3.3

[8] Kuroiwa, M., Tan, J. K., Kim, H., Ishikawa, S. : “A visualization system of scalar stroke motion”,

Journal of Biomedical Soft Computing and Human Sciences, Vol.19, No.2, 19-26. 2014 (査読有).

[9]Morita, S., **Tan, J. K.**, Kim, H., Ishikawa, S. : “Multiple-window bag of features for road environment recognition”, Journal of Artificial Life Robotics, Vol.1, No.2, 160-163, 2014 (査読有). DOI:10.2991/jrnal.2014.1.2.13.

[10]Boudissa, A., **Tan, J. K.**, Kim, H., Shinomiya T., Ishikawa, S. : “A saliency detection technique considering self- and mutual-information”, International Journal of Biomedical Soft Computing and Human Sciences, Vol.19, No.1, 65-73, 2014 (査読有).

[11]中島 佑樹, タン ジュークイ, 金 亨燮, 森江 隆, 石川 聖二 : “M-HOG特徴量と色相の共起情報を用いた人検出法”, バイオメディカル・ファジィ・システム学会誌, 16巻, 1号, 67-74, 2014(査読有).

[12]Jung, H., Ehara, Y., **Tan, J. K.**, Kim, H., Ishikawa, S. : “Detection of a bicycle in video images using MSC-HOG feature”, International Journal of Innovative Computing, Information and Control, 10-2, 521-533, 2014 (査読有).

[13]Boudissa, A., **Tan, J. K.**, Kim, H., Shinomiya T., Ishikawa, S. : “A novel pedestrian detector on low-resolution images: Gradient LBP using patterns of oriented edges”, IEICE Transactions on Information and Systems, Vol.E96, D-12, 2882-2887, 2013 (査読有). DOI: 10.1587/transinf.E96.D.2882.

[14]Qian, S., **Tan, J. K.**, Kim, H., Ishikawa, S., Mori, T., Shinomiya T. : “Road region estimation and obstacles extraction using a monocular camera”, International Journal of Innovative Computing, Information and Control, Vol.9, No.9, 3561-3572, 2013 (査読有).

[学会発表] (計 13 件)

[1]Ahsan, M., **Tan, J. K.**, Kim, H., Ishikawa, S. : “Boundary aware regional contrast based visual saliency detection”, Proceedings of The Twenty-First International Symposium on Artificial Life and Robotics, 258-262 (1月20日, B-Con Plaza, 大分, 2016).

[2]Sakai, R., **Tan, J. K.**, Kim, H., Ishikawa, S. : “Pedestrians detection and extracting their attributes by a Self-wearable camera”, Proceedings of The Tenth International Conference on Innovative Computing, Information and Control, 4 Pages (8月22日, Dalian, 中国, 2015).

[3]Kumano, T., **Tan, J. K.**, Kim, H., Ishikawa, S. : “A method of traffic sign detection from ego camera images”, Proceedings of The Tenth International Conference on Innovative Computing, Information and Control, 4 Pages (8月22日, Dalian, 中国, 2015).

[4]Nishimura, A., **Tan, J. K.**, Kim, H., Ishikawa, S. : “Detecting a taxi from a video for visually handicapped people”, Proceedings of SICE Annual Conference 2015, 89-92 (7月28日, Hangzhou, 中国, 2015).

[5]Gu, T., **Tan, J. K.**, Kim, H., Ishikawa, S. : “Human detection based on salient region”, Proceedings of 2015 Joint Conference of IWAIT and IFMIA, 4Pages, CD-R (1月11日, 台北, 台湾, 2015).

[6]Nakashima, Y., **Tan, J. K.**, Kim, H., Ishikawa, S. : “A pedestrian detection method using the extension of the HOG feature”, Proceedings of the Joint 6th International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems and 15th International Symposium on Advanced Intelligent Systems, 1198-1202 (12月5日, 国際会議場, 北九州, 2014).

[7]酒井 隆一, タン ジュークイ, 金 亨燮, 石川 聖二 “自己視点映像による歩行者検出とそれに基づく特有情報の抽出”, 第27回バイオメディカル・ファジィ・システム学会年次, 15-16 (11月15日, 昭和大学, 東京, 2014).

[8]熊野 貴大, タン ジュークイ, 金 亨燮, 石川 聖二 “自己装着カメラ映像からの信号標識の検出”, 第27回バイオメディカル・ファジィ・システム学会年次, 13-14 (11月15日, 昭和大学, 東京, 2014).

[9]Ahsan, M., **Tan, J. K.**, Kim, H., Ishikawa, S. : “Histogram of DMHI and LBP images to represent human actions”, Proceedings of the IEEE International conference on Images Processing, 1440-1444 (10月28日, パリ, フランス, 2014).

[10]Ahsan, M., **Tan, J. K.**, Kim, H., Ishikawa, S. : “Recognizing human actions using histogram of local binary patterns”, Proceedings of the 2013 IEEE/SICE Int. Sympo. on System Integration, 54-59 (12月15日, 国際会議場, 神戸, 2013).

[11]Ishikawa, Sh., **Tan, J. K.**, Kim, H., Ishikawa, S. : “3-D recovery of a non-rigid object from a single camera view employing multiple coordinates representation”, Proceedings of 2013 2nd IAPR Asian Conf. on Pattern Recognition: Recent Advances in Computer Vision and Pattern Recognition, 946-950 (11月5日, ロワジュールホテル タワー那覇, 沖縄, 2013).

[12]Qian, S., **Tan, J. K.**, Kim, H., Ishikawa, S., Mori, T., Shinomiya, T. : “Classifying 2D and 3D objects on a road employing the road plane”, Proceedings of SICE Annual Conference 2013, 1689-1692 (9月16日, 名古屋大学, 名古屋, 2013).

[13]Boudissa, A., **Tan, J. K.**, Kim, H., Shinomiya T., Ishikawa, S. : “A novel saliency measure using combined spatial redundancy and local appearance”, Proceedings of IAPR Int. Conf. on Machine Vision Applications, 2882-2887 (5月23日, 立命館大学, 京都, 2013).

[その他]

ホームページ等

<http://lab.cntl.kyutech.ac.jp/~etheltan/>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

タン ジュークイ ( TAN, Joo Kooi )

九州工業大学・大学院工学研究院・准教授

研究者番号 : 4 0 3 6 3 3 9 5