

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 1 日現在

機関番号：17104

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22510177

研究課題名（和文）単一カメラとステレオカメラを両用する交差点の歩行者安全支援システムの開発

研究課題名（英文）A Hybrid Camera Technique for a Pedestrian Safety Support System at a Traffic Junction

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：40363395

研究成果の概要（和文）： 交差点付近における交通事故の多くは、認知の不足や脇見運転等が原因となっている。一般道路や高速道路における車載カメラ映像から歩行者等の移動物体を検出する様々な手法が提案されている。本研究は、右左折を含む交差点において、車両が停止、または徐行運転する場合の単一及びステレオのカメラ映像を両用し、移動物体（歩行者、車等）の検出と追跡、歩行者一人ひとりの分割及び歩行者の動作を認識する方法を提案することにより、運転支援システムの開発を行う。本報告では、実際の右左折を含む交差点環境で撮影された映像を用いて提案手法の有効性を検証し、移動物体の検出結果、各歩行者の分割結果、動作認識結果及び各評価について述べる。

研究成果の概要（英文）： There are many traffic accidents occurred at an intersection, and there are mainly caused by a driver's oversight of pedestrians and cars. To prevent pedestrians from traffic accidents, most of the proposed systems detect pedestrians from a car video taken under general urban street or highway environment. This research proposes a hybrid technique employing switching images between single and stereo camera according to the vehicle situation such as whether or not the vehicle is driving or stopping. The technique detects moving objects such as pedestrians and cars at an intersection when the ego car turns right or left, and gives a warning to a driver by analyzing the detected pedestrian's behavior. The performance of the proposed technique was examined employing various vehicular video images. In this report, moving objects detection, pedestrian's segmentation, pedestrian's behavior recognition and finally the evaluation of each technique are described.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	2,100,000	630,000	2,730,000
2011年度	600,000	180,000	780,000
2012年度	700,000	210,000	910,000
年度	0	0	0
年度	0	0	0
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：社会・安全システム科学・社会システム工学・安全システム

キーワード：安全システム，安全支援システム，交通事故，高度道路交通システム（ITS）

1. 研究開始当初の背景

自動車の安全走行のための技術開発が近年加速的に活発化している。特に、安全支援運転システムとして前方車両の検出による

追突防止システム，走行車線の検出による車線維持システム，ドライバの顔に注目する居眠り監視システム等が開発され，実用化に至っている。一方，交通事故の内訳を見ると，

歩行者の死亡率は車両運転（乗車）中の死亡率の4.4倍である。従って、歩行者の交通事故を未然に防ぐために、ミリ波レーダや赤外線センサー等を導入し、歩行者を検出して危険を予知するシステムの開発が盛んに行われている。さらに、交通事故は市街地と非市街地ともに交差点付近において特に多い。従って交通事故低減対策の中では交差点における事故が最も重要な課題といえる。しかしながら、これまでの国内外の車載ビジョン研究は、高速道路や一般道路走行時を対象とするもので、交差点付近の複雑な状況を対象とした車載ビジョン研究はまだ行われていない。これらのことを踏まえ、本研究は交差点に着目し、交差点付近の車載映像から歩行者を検出し、その挙動を解析して危険度を判定する実時間システムの開発を行う。

2. 研究の目的

交通事故を未然に防ぐために、車載カメラから得られる前方映像から歩行者や車を自動検出し危険を予知する、車載ビジョンの研究開発が盛んである。従来の研究は、高速道路における前方車両や車線検出、一般道路における車両・歩行者検出が一般的であるが、交通事故は交差点付近において特に多く、直進・右左折の車に加えて、横断歩道を渡る歩行者・自転車など危険因子が多様である。しかし、交差点付近の複雑な状況を対象とした車載ビジョン研究はまだ行われていない。本研究は交差点に着目し、交差点付近の車載映像から歩行者を検出し、その挙動を解析して危険度を判定する実時間システムの開発を目的とする。本研究の成果が運転支援システムとして実用化すれば、歩行者の事故を大幅に低減できるものと期待される。

3. 研究の方法

本研究では、単一カメラ映像から背景推定により歩行者群を抽出し、ステレオカメラ映像（距離情報）を用いて歩行者群を各個人に分割し、個人ごとに動作認識を行いその危険度を判定するという手法を開発する。本法は、単一カメラによる方法とステレオカメラによる方法を両用する手法である。

(1) 移動単一カメラ映像からの背景推定と前景（歩行者や車両等）の検出法について

(a-1) Harris 検出器を用いて画像から特徴点の抽出を行い、LK 法 (Lucas-Kanade 法) を用いたフレーム間の特徴点追跡によって移動ベクトルの算出を行い、この移動ベクトルに含まれるアウトライアを RANSAC で除去する。

(a-2) 本研究ではカメラ運動モデルを射影変換モデルとして、カメラ運動の推定を行う。このカメラ運動を利用して背

景推定を行う。背景の推定により、背景でない部分が前景（歩行者・車等）として検出される。

(a-3) 開発した①正規分布法、②可変混合ガウス分布法を用いて背景の推定を行う。カメラの状態（自車両の運転状態）により、手法①と手法②の切り替えを行う手法を用いる。

(2) 移動単一カメラ映像からの移動物体の判別について

(b) 背景推定(a-2) (a-3) により抽出される移動物体（歩行者、車等）領域を用いて、物体領域の面積・縦横比・エッジ強度を算出し、歩行者と車の判別を行う。

(3) 移動単一カメラ映像から歩行者の追跡と推定について

交差点右折時において映像上で対向車と歩行者が重なった場合や歩行者が対向車に完全に隠れる場合は物体の検出が不可能となる。本研究は(a-1)のLK法を用いて物体の動きベクトルを算出し追跡処理を行う。また、物体の推定法では、追跡処理により求まる過去数フレームの動きベクトルを用いて現在の物体の位置の推定を行う。

(4) ステレオカメラ映像からの歩行者の形状抽出と分離について

ステレオカメラの右側カメラ映像（単一カメラ映像）上の物体を検出し、前景である歩行者の形状を抽出する。ここで、路面方程式を算出し、物体を検出する。また、正規化相互相関法を用いて、右映像を基準映像とし左映像の特徴点を探索し、距離計測を行う。距離ヒストグラムを作成し、物体領域の分割を行い、一人ひとりの歩行者の形状を抽出する。自車両の運転状態（走行、徐行または停止）に応じて、歩行者を一人ひとり分割する。ここで、自車が走行中の場合は、ステレオカメラより得られる距離情報を用いる。一方、徐行・停止の場合は単一カメラによる背景推定情報という手法の切り替えを行う手法を用いる。

(5) 歩行者の動作認識について

単一カメラによる方法とステレオカメラによる方法を両用し、歩行者の動作認識を行う。ほとんどの歩行者は車の走行にとって危険性はなく、ごく一部の歩行者が、ドライバが注意する必要がある対象となると考えられる。そのような歩行者（等）を検出するためである。本研究では、路上に転倒した歩行者を危険対象としている。(1)~(4)で述べた手法より得られる歩行者の形状を用いて、動作の認識を行う。マルチクラス識別器である

Random Forest 法を用いて、歩行者の動作認識を行う。

4. 研究成果

車載カメラ映像を用いて①単一カメラによる手法の検証を行う。図1に示すように車のフロント部にカメラを設置し、車載カメラとして実験映像を収集する。



図1 映像収集環境（車載カメラ）

車載カメラを用いて直進・右折・左折の様々な交通状況下による映像11種類を取得した。

図2に実車載環境の映像及び実験結果の一部を示す。この映像は、車が直進し交差点で右折時に徐行しながら停止し、対向車と歩行者が通過後に再び自車が移動する状況の映像である。車載カメラから得られた映像の一部を図(a)、背景推定手法の切り替えを行い、背景を抽出した結果を(b)、自車両の運転状況（赤字：移動・青字：停止）を検出すると同時に歩行者（赤領域）と対向車（青領域）を検出しそれらを判別した結果を(c)に示す。なお、図の黄矢印は時間の経過を示す。

本研究における手法の検出精度、処理時間の検証を行った。移動物体である車と歩行者の検出率はそれぞれ80.9%, 76.6%を得た。画像入力から移動物体の検出と追跡までの平均処理時間は約114ms/frameであった。

②単一カメラとステレオカメラ両用による手法の検証を行う。図3に車載映像の一部を示す。

本映像は、車が交差点前で徐行直進しながら停止する状況である。図(a)車載映像、(b)検出された歩行者、(c)検出された歩行者の分割を行い、色によるラベル付けを行った結果である。図中の黄矢印は時間の経過を示す。

自車両の運転状態に応じて、単一カメラによる背景推定に基づく前景抽出と、ステレオカメラより得られる距離情報を用いて歩行者一人ひとりを抽出分割する。歩行者の抽出形状の正確性（再現率）は平均78.7%, また歩行者の分離評価においては73.9%という結果を得た。画像入力から歩行者一人ひとりを

分割するまでの平均処理時間は268ms/frameであった。

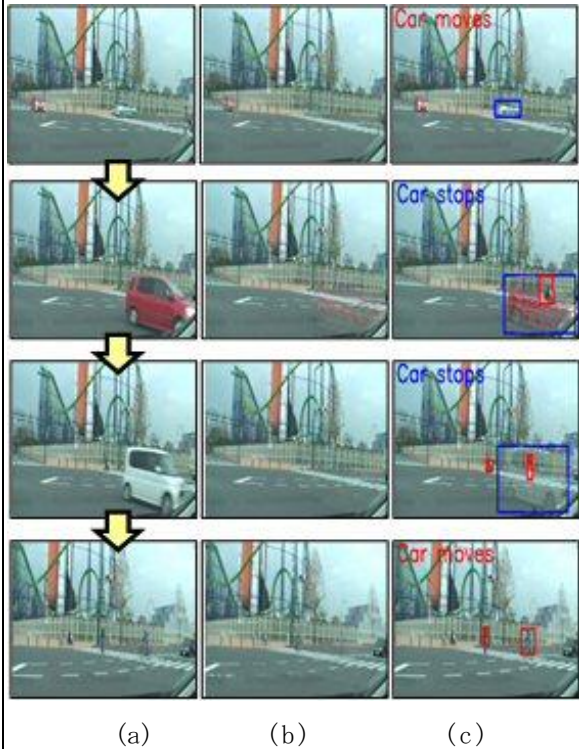


図2 実験映像の一部(a)入力画像, (b)推定された背景映像, (c)出力画像（赤領域：抽出された歩行者, 青領域：抽出された車, 自車両の状態判別：Car Moves(赤字), Car Stops(青字)。

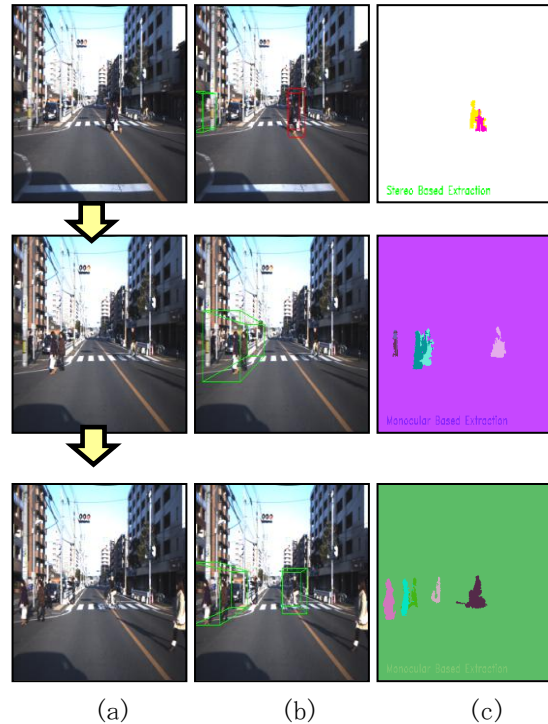


図3 実験映像の一部(a)入力画像, (b)歩行

者検出結果, (c)歩行者の分離結果 (右上図
緑字: Stereo Based Extraction (ステ
レオカメラによる歩行者検出と分離),
右中図, 右下図ピンク字: Monocular Based
Extraction (単一カメラによる歩行者
検出と分離))

③動作認識による手法の検証

歩行者が歩行, 走行, 転倒のどれであるか
を認識し, 危険レベル1~3を定義する. 車
載映像の模擬映像として屋外環境映像 (直
進・左折) を用いて動作認識の実験を行った.
図4に認識結果を示す. 同図で(a1)は直進し
ている原映像の一部, (a2)は認識結果である.
また (b1)は左折している原映像の一部, (b2)
は認識結果である. 本手法を用いる歩行者の
挙動認識実験では, 歩行, 走行および転倒の
認識率はそれぞれ 68.8%, 89.1%, 80.2%とな
り, 平均処理時間は 40.7ms/frame を得た.

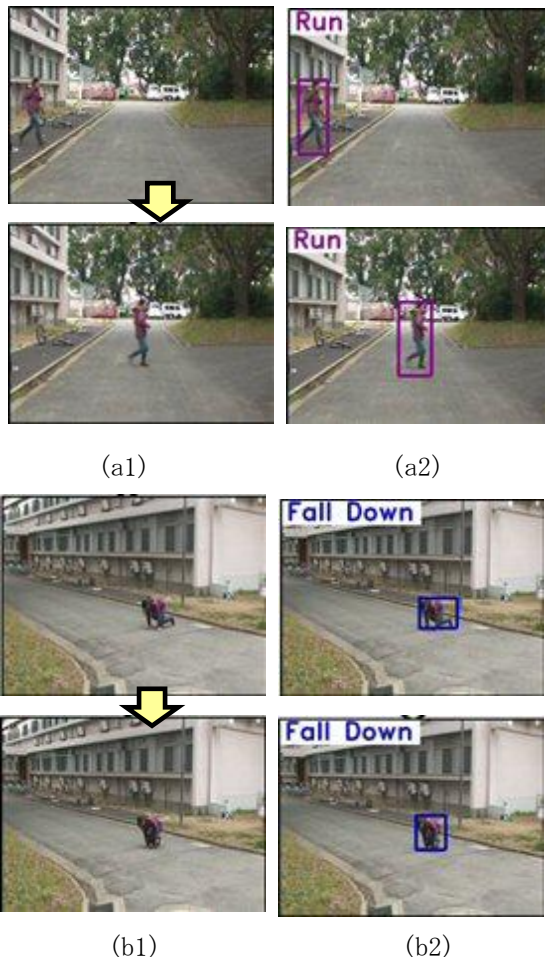


図4 実験映像の一部: (a1)入力画像(直進),
(a2)歩行者挙動検出結果; (b1)入力画像(左
折), (b2)歩行者挙動検出結果.

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 10 件)

[1] Qian, S., Tan, J. K., Kim, H., Ishikawa, S.
Morie, T.: “Road Region Estimation and
Obstacles Extraction Using a Monocular
Camera”, *International Journal of Innovative
Computing, Information and Control*, 12 ページ
(査読有, 掲載決定)

[2] Eftakhar, S.M.A., Tan, J. K., Kim, H., Is
hikawa, S.: “An effective directional motion
database organization for human motion reco
gnition”, *International Journal of Innovative
Computing, Information and Control*, Vol.8, N
o.2, 1359-1370 (査読有, 2012).

[3] Ahad, M.A.R., Tan, J.K., Kim, H., Ishikawa
S.: “Motion history image: Its variants and
applications”, *Machine Vision and Applications*,
SpringerLink, DOI: 10.1007/s00138-010-0298-4,
23, 255-281 (査読有, 2012).

[4] Tan, J. K., Ishikawa, S., Sonoda, S., Mori
e, T.: “Moving objects segmentation at a tra
ffic junction from vehicular vision”, *ECTI Tr
ansactions on Computer and Information Tech
nology*, Vol.5, No.2, 63-78 (査読有, 2011).

[5] Eftakhar, S.M.A., Tan, J.K., Kim, H.,
Ishikawa, S.: “Improvement of a structured
motion database for high accuracy human motion
recognition”, *International Journal of
Biomedical Soft Computing and Human Sciences*,
17, 1, 19-28 (査読有, 2011).

[6] 中島祐樹, タンジュークイ, 石川聖二,
森江隆: “HOG特徴量と人マスクを用いた人
物及び身体方向の検出”, 画像電子学会誌 3
9巻6号, 1104-1111 (査読有, 2010).

[7] タンジュークイ, 三好誠, 石川聖二, 森
江隆: “車載カメラ映像からの横断歩道上の
歩行者の検出法”, バイオメディカル・ファ
ジィ・システム学会誌, 12巻, 99-103 (査読有
, 2010).

[8] Tan, J. K., Inumaru, K., Ishikawa, S. Morie,
T.: “Automatic detection of pedestrians from
stereo camera images”, *Journal of Artificial Life
and Robotics*, Vol.15, No.4, 459-463 (査読有,
2010).

[9] タンジュークイ, 曾根俊昌, 石川聖二,
金亨燮, 四宮孝史: “仮想透視カメラ群によ
る物体の全周囲復元法と人動作の立体モデ
ル化への応”, バイオメディカル・ファジ
ィ・システム学会誌, 12巻, 1号, 71-77 (査
読有, 2010).

[10] Nishina, Y., Ahad, M.A.R., Tan, J.K., Kim,
H., Ishikawa S.: “A robust face tracking method

employing color-based particle filter”, *International Journal of Biomedical Soft Computing and Human Sciences*, 16, 1, 127-134 (査読有, 2010).

〔学会発表〕 (計 3 1 件)

- [1] Ahmed, B., **Tan, J. K.**, Kim, H., Ishikawa, S.: “A global-local approach to saliency”, *The 15th International Conference on Computer Analysis of Images and Patterns (CAIP2013)* (掲載決定, 8 月, イギリス 2013).
- [2] Ahmed, B., **Tan, J. K.**, Kim, H., Ishikawa, S.: “A novel saliency using combined spatial redundancy and local appearance”, *Proceedings of the IAPR International Conference on Machine Vision Applications*, 395-398 (5 月 20 日, 京都, 2013).
- [3] Ahmed, B., **Tan, J. K.**, Kim, H., Ishikawa, S., T. Shinomiya: “A novel saliency measure using combined spatial redundancy and local appearance”, 情報処理学会技術研究会報告, 2013-CVIM-186, 18, 6 pages, (3 月 15 日, 大阪, 2013)
- [4] Qian, S., **Tan, J. K.**, Kim, H., Ishikawa, S., Morie, T.: “Obstacles extraction from a video taken by a moving camera”, *Proceedings of International Conference on Connected Vehicles (ICCVE2012)*, CD-ROM 6 pages, (12 月 14 日, 中国, 2012).
- [5] Ehara, Y., **Tan, J. K.**, Kim, H., Ishikawa, S.: “Human detection from an image employing reduced number of weak-classifiers”, *Proceedings of the IIEEJ Image Electronics and Visual Computing Workshop 2012*, USBM_5 pages, (11 月 22 日, マレーシア, 2012).
- [6] Ohyama, Y., **Tan, J. K.**, Kim, H., Ishikawa, S.: “Three-dimensional recovery of buildings environment under Manhattan-world constraint”, *Proceedings of the IIEEJ Image Electronics and Visual Computing Workshop 2012*, USBM_4 pages, (11 月 22 日, マレーシア, 2012)
- [7] Ishikawa, S., **Tan, J. K.**, Kim, H., Ishikawa, S.: “3-D recovery of a non-rigid object from a single camera view by piecewise recovery and synthesis”, *Proceedings of the 21st Int. Conference on Pattern Recognition (ICPR2012)*, 1443-1446, (11 月 13 日, 東京, 2012).
- [8] Qian, S., **Tan, J. K.**, Kim, H., Ishikawa, S., Morie, T.: “Obstacles extraction using a moving camera”, *Proceedings of Asian Conference on Computer Vision (ACCV2012)*, USBM_12 pages, (11 月 6 日, 韓国, 2012).
- [9] Jung, H., **Tan, J. K.**, Kim, H., Ishikawa, S.: “Applying MSC-HOG feature to the detection of a human on a bicycle”, *Proceedings of*

International Conference on Control, Automation and Systems (ICCAS2012), 514-517, (10 月 17 日, 韓国, 2012).

- [10] Boudissa, A., **Tan, J. K.**, Kim, H., Ishikawa, S.: “A simple pedestrian detection using LBP-based patterns of oriented edges”, *Proceedings of International Conference on Image Processing (ICIP2012)*, 469-472, (10 月 1 日, アメリカ, 2012).
- [11] Ahmed, B., **Tan, J. K.**, Kim, H., Ishikawa, S.: “Fast Pedestrian detection using LBP-based patterns of oriented edges”, *Proceedings of Pattern Recognition and media Understanding, PRMU2011-240 -PRMU2011-281*, 41-46, (3 月 29 日, 神戸, 2012).
- [12] Ehara, Y., **Tan, J. K.**, Ishikawa, S., Morie, T.: “Human detection employing the HOG feature based on multiple scale cells”, *Proceedings of the 17th Int. Symposium on Artificial Life and Robotics (AROB1012)*, 1047-1050, (1 月 19 日, 別府, 2012)
- [13] 川部満久, **タン ジュークイ**, 金 亨燮, 石川聖二, 森江 隆: “車載ステレオカメラ映像を用いた歩行者群の個別化”, 計測自動制御学会九州支部学術講演会予稿集, 227-228, (12 月 3 日, 大分, 2011).
- [14] 松田竜一, **タン ジュークイ**, 金 亨燮, 石川聖二, 森江 隆: “拡張焦点を用いた広角カメラからの歩行者の検出”, 計測自動制御学会九州支部学術講演会予稿集, 229-230, (12 月 3 日, 大分, 2011).
- [15] Eftakhar, S. M. A., **Tan, J. K.**, Kim, H., Ishikawa, S.: “Direction-oriented human motion recognition with prior estimation of directions”, *Proceedings of the IEEE International Conference of Industrial Electronics Society (IECON)*, 4081-4086, (11 月 9 日, オーストラリア, 2011).
- [16] Sonoda, S., **Tan, J. K.**, Kim, H., Ishikawa, S., Morie, T.: “Moving objects detection at an intersection by sequential background extraction”, *Proceedings of 2011 11th International Conference on Control, Automation and Systems (ICCAS2011)*, 1752-1755, (10 月 28 日, 韓国, 2011).
- [17] Kawabe, M., **Tan, J. K.**, Kim, H., Ishikawa, S., Morie, T.: “Extraction of individual pedestrians employing stereo camera images”, *Proceedings of 2011 11th International Conference on Control, Automation and Systems (ICCAS2011)*, 1744-1747, (10 月 28 日, 韓国, 2011)
- [18] Matsuda, R., **Tan, J. K.**, Kim, H., Ishikawa, S.: “Detection of pedestrians employing a

wide-angle camera”, *Proceedings of 2011 11th International Conference on Control, Automation and Systems (ICCAS2011)*, 1748-1751, (10月28日, 韓国, 2011).

[19] Jung, H., Tan, J. K., Ishikawa, S., Morie, T.: “Applying HOG feature to the detection and tracking of a human on a bicycle”, *Proceedings of 2011 11th Int. Conf. on Control, Automation and Systems (ICCAS2011)*, 1740-1743, (10月28日, 韓国, 2011).

[20] Eftakhar, S. M. A., Tan, J. K., Kim, H., Ishikawa, S.: “Multiple persons' action recognition by fast human detection”, *Proceedings of SICE Annual Conference 2011*, 1639-1644, (9月16日, 東京, 2011)

[21] Nakashima, Y., Tan, J. K., Ishikawa, S., Morie, T.: “Detecting a human body direction using multiple-HOG”, *Proceedings First International Symposium on Future Active Safety Technology toward Zero-traffic-accident*, CD-ROM:6 pages, (9月9日, 東京, 2011)

[22] Jung, Heewook, Tan, J.K., Hyoungseop Kim, Ishikawa, S. “Detection of bicycle and bicycle's driving direction using HOG features”, *Proceedings of the 16th International Symposium on Artificial Life and Robotics*, 781-784, (1月27日, 別府, 2011).

[23] Tan, J. K., Makoto, M., Ishikawa, S., Morie, T.: “Separating Pedestrian at a traffic junction from the background detected from a car video”, *Proceedings of the International Workshop on Advanced Image Technology*, CD-R-5Pages(1月7日, インドネシア, 2011)

[24] Eftakhar, S.M.A., Tan, J.K., Hyoungseop Kim, Ishikawa, S.: “Solving boundary problem of the motion database for improved human motion recognition”, *Proceedings of the 6th International Conference on Electrical and Computer Engineering (ICECE)*, 698-701, (12月18日, バングラデシュ, 2010).

[25] Eftakhar, S.M.A., Tan, J.K., Hyoungseop Kim, Ishikawa, S.: “Recognition human motions from surrounding viewpoints employing hierarchical eigenspaces”, *Proceedings of the 11th International Conference on Control, Automation, Robotics and Vision*, 2179-2184, (12月5日, シンガポール, 2010).

[26] 園田信一郎, タン ジュークイ, 金亨燮, 石川聖: “交差点右折時における移動物体の検出”, 第29回計測自動制御学会九州支部学術講演会, 201-204(12月4日, 宮崎, 2010)

[27] 川部満久, タン ジュークイ, 金亨燮, 石川聖: “ステレオカメラ映像を用いた歩行者群の分離”, 第29回計測自動制御学会九州支部学術講演会, 213-216 (12月4日, 宮

崎, 2010)

[28] 中島祐樹, タン ジュークイ, 石川聖二, 森江隆: “車載カメラ映像を用いた人対車両環境認識”, 第29回計測自動制御学会九州支部学術講演会, 253-256 (12月4日, 宮崎, 2010)

[29] Murakami, M., Tan, J.K., Hyoungseop Kim, Ishikawa, S.: “Human motion recognition using directional motion history images”, *Proceedings of International Conference on Control, Automation and Systems 2010*, 1445-1449, (10月27日, 韓国, 2010)

[30] Qian, S., Tan, J.K., Kim, H., Ishikawa, S., Morie, T.: “Extracting obstacles from a video taken by a moving camera”, *Proceedings of the 23th Annual Conference of Biomedical Fuzzy Association*, (10月9日, 福岡, 2010)

[31] Eftakhar, S.M.A., Tan, J.K., Hyoungseop Kim, Ishikawa, S.: “Viewpoint-oriented human activity recognition in a cluttered outdoor environment”, *Proceedings of SICE Annual Conference 2010*, 1506-1511 (8月18日, 台湾, 2010).

[産業財産権]

○出願状況 (計4件)

名称: 物体の検出方法及びその方法を用いた物体の検出装置

発明者: タン ジュークイ, 石川聖二, 江原悠介, 森江隆

権利者: 九州工業大学

種類: 特願

番号: 特願 2011-265081

出願年月日: 平成23年12月2日

国内外の別: 国内

名称: 物体の検出方法及びその方法を用いた物体の検出装置

発明者: 石川聖二, タン ジュークイ, 中島祐樹, 森江隆

権利者: 九州工業大学

種類: 特願

番号: 特願 KKD18236 10063PCT

出願年月日: 平成23年11月29日

国内外の別: 外国

名称: 物物体の検出方法及びその方法を用いた物体の検出装置

発明者: 石川聖二, タン ジュークイ, 中島祐樹, 森江隆

権利者: 九州工業大学

種類: 特願

番号: 特願 2010-265402

出願年月日: 平成22年11月29日

国内外の別: 国内

名称：物体の検出装置及びその検出方法
発明者：石川聖二，タン ジュークイ，中島
祐樹，森江隆
権利者：九州工業大学
種類：特願
番号：特願 2010-119587
取得年月日：平成22年5月25日
国内外の別：国内

○取得状況（計3件）

名称：モーションキャプチャ方法
発明者：石川聖二，タン ジュークイ
権利者：九州工業大学
種類：特許
番号：特許第 4934810 号
取得年月日：平成 24 年 3 月 2 日
国内外の別：国内

名称：動体の動作認識方法
発明者：石川聖二，タン ジュークイ
権利者：九州工業大学
種類：特許
番号：特許第 4929460 号
取得年月日：平成 24 年 2 月 24 日
国内外の別：国内

名称：動体の動作判別方法
発明者：石川聖二，タン ジュークイ
権利者：九州工業大学
種類：特許
番号：特許第 4802330 号
取得年月日：平成 23 年 8 月 19 日
国内外の別：国内

〔その他〕

ホームページ等

[http://www.tobata.kyutech.ac.jp/professor/joo_ko
oi_tan](http://www.tobata.kyutech.ac.jp/professor/joo_ko
oi_tan)

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：40363395