

令和元年6月17日現在

機関番号：17104

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K01554

研究課題名(和文) マイビジョンによる歩行支援システム 高齢者の自発的歩行改善に向けて

研究課題名(英文) A system for supporting walk employing MY VISION - Towards voluntary improvement of walk of an elderly 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) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、人(高齢者)に装着したカメラ(自己視点カメラ)から得られる前方周囲環境の映像を解析するマイビジョン・システムにより、カメラ装着者の歩行動作・姿勢を定量的に評価するウェアラブルな歩行支援システムの開発を目的とする。連続する2画像に対してエピポーラ幾何を用いてカメラの回転行列を求め、これをX、Y、Zの各軸回りの回転成分に分解し、2画像間の相対的な角度変化量を求める。この変化量をカメラ装着者の姿勢変化と見なし、変化量の蓄積により、カメラ装着者の歩行姿勢の推定および解析を行う。実環境下で行われた3種類の歩行動作にマイビジョン・システムを適用し、提案法の有効性を示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、利用者(高齢者)のマイビジョン(自己視点映像)の解析から得られる歩行情報により、利用者自身の歩行形態を理解し、その姿勢・バランス等の改善を促すというアイデアに学術的な特色・独創点がある。また、マイビジョンを用いた新しいウェアラブルなコンピュータビジョンシステムの提案を通して、自分自身の歩行動作・姿勢を定量的に測定し評価するという技術に学術的意義がある。利用者の歩行動作の改善を通して、利用者の健康維持・管理を図ることも可能である。

研究成果の概要(英文)：This project focuses on a system for supporting walk of a person (or an elderly person) by a new wearable vision system called MY VISION System which employs an ego-camera mounted on the chest of a person and analyzes his/her frontal images obtained from the camera. In the proposed system, MY VISION System is used to analyze walk motion of a person. By Epipolar geometry, the proposed technique recovers a 3-D camera rotation matrix using two successive images taken by the ego-camera. The rotation matrix is then decomposed into rotational components around the X, Y, and Z axes, from which relative angular changes between the images are obtained with the three axes. This change is considered to be the change of walk posture of the ego-camera wearer. We then estimate and analyze walk posture of the person by adding the amount of angular change in the time elapse. The proposed system was applied to three kinds of walk patterns in a real environment and satisfactory results were obtained.

研究分野：画像計測・解析

キーワード：歩行支援 歩行改善 高齢者支援 マイビジョン

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

高齢化は世界的規模で進行し、特に日本では超高齢化が急速に進行している。具体的には、加齢や生活習慣による身体機能の低下、また健康障害や運動障害に伴う要介護・要支援者の数が、他の先進諸国と比して急速に増加する傾向にある。厚生労働省の調査では、高齢者に介護が必要となった要因として「脳血管疾患(17.2%)」「高齢による衰弱(13.9%)」「骨折・転倒(12.2%)」「関節疾患(11%)」が挙げられている。また、高齢者の意識調査によれば、高齢者が日常生活で不安を感じる状況として、「健康・病気：58.9%」、「寝たきり・身体が不自由になる状態：42.6%」が高い割合で挙げられている。このような高齢化社会の様々な障害や不安を除くには、加齢とともにできる限り健康を維持する工夫・方法の開発が必要である。このために科学技術分野も貢献しなければならない。

2. 研究の目的

本研究は人の歩行動作に着目する。歳を重ねても正しい(バランスのとれた)歩行動作が維持できれば、それが長期的健康の維持にもつながると考えられる。

歩行動作を計測するにはモーションキャプチャシステムが一般に用いられる。しかしこの方法は高価な上、特殊なマーカと専用の場所・複数のカメラの設置とカメラ校正等の専門知識が必要で、利用者が日常的なセルフチェックのために使える器具ではない。さらにこの手法は専用場所内の数メートルの歩行動作を計測するもので、利用者が実際に歩いている実歩行環境に基づく計測ではない。歩行動作を日常的に維持・改善するには、実歩行環境における歩行動作の解析が必要である。しかし、実環境における歩行動作の解析を行う器具や研究は国内外ともない。

そこで本研究は、利用者の身体前面に装着したカメラから得られる映像（自己視点映像：マイビジョンと呼ぶ）に着目し、実環境歩行時のマイビジョンを用いて利用者の歩行動作の特徴（癖・傾向等）を解析する、ウェアラブルな歩行動作解析システムの開発を目的とする。解析結果を利用者にフィードバックして、その歩行動作・姿勢の改善を促すのが目標である。

3. 研究の方法

マイビジョンは利用者の前方の映像を与えるが、歩行によって映像に揺れが生じる。その揺れの解析によって歩行状態を理解するというのが、本研究のアイデアである。

利用者（高齢者等）のマイビジョンから、一定フレーム間隔で連続する2画像を選び、その2画像に対して、高速かつ回転・照明変化に頑健な特徴点抽出法である AKAZE (Accelerated KAZE) を用いて特徴点の抽出と対応付けを行う。次に、対応付けされた特徴点を用いて5点アルゴリズムで基本行列を推定し、2画像が与える情景の3次元復元を行い、2画像間における装着カメラの回転と並進情報を求める。なお、RANSAC(Random Sample Consensus) と5点アルゴリズムを組み合わせるにより、基本行列の推定精度の向上を図る。

得られたカメラの回転行列を X, Y, Z 軸回りの回転成分に分解し、2画像間の各軸回りの相対的角度変化量を求める。この変化量をカメラ装着者の姿勢変化と見なし、変化量の蓄積により、カメラ装着者の歩行姿勢を求める。

最後に、一連の歩行から得られる各軸回りの回転角度を用いて、歩行動作の指標となる歩行率の計算を行う。ただし、歩行率とは単位時間当たりの歩数である。本研究では主にカメラの Y 軸回りおよび Z 軸回りの回転姿勢を用いて、以下の手続きで歩行率を求める。即ち、一連の歩行動作から得られる Y 軸および Z 軸回りの姿勢推定結果に対して線形トレンド除去処理を行い、その後ハミング窓関数を掛けて高速フーリエ変換を行い、振幅スペクトルを計算する。振幅スペクトルが最大の周波数を求め、姿勢変化の1周期当たりに歩数が2歩存在すると仮定して、歩行率とピーク周波数の間の関係式から歩行率を得る。

4. 研究成果

人に装着したカメラ装置（小型カメラと9軸センサ）を図1に示す。図1(a)は提案法による歩行者の歩行姿勢推定の精度を測るため、9軸センサの回転姿勢値を真値として利用する場合の9軸センサ付き小型カメラ装置であり、図1(b)は提案するウェアラブルカメラ歩行姿勢推定装置である。検証実験では、図1(a)の装置を用いて屋内外の実歩行環境下で、(i)通常歩行(10映像；合計4417フレーム)、(ii)右足を引きずる歩行(5映像；合計2943フレーム)、(iii)右肩が下がった状態の歩行(5映像；合計2536フレーム)の計3種類の歩行動作について前方環境映像を取得し、前述の手法を適用して測定精度の評価を行う。本研究で用いる画像サイズは640×480画素、フレームレートは30fpsである。歩行者が屋内環境下で通常歩行を行う場合の実験映像の一部を図2に示す。また屋内環境下の右足を引き摺る歩行の一部、および右肩が下がった状態の歩行の一部をそれぞれ図3、図4に示す。

また、歩行者が屋外環境下で通常歩行、右足を引き摺る歩行、および右肩が下がった状態の歩行を行う場合の映像の一部をそれぞれ図5～図7に示す。なお、各図の紺色矢印は時間の経過を示す。

自己装着カメラ：マイビジョン



図1. 実験装置：(a) 自己装着カメラと9軸センサ付実験装置, (b) ウェアラブル歩行姿勢推定装置

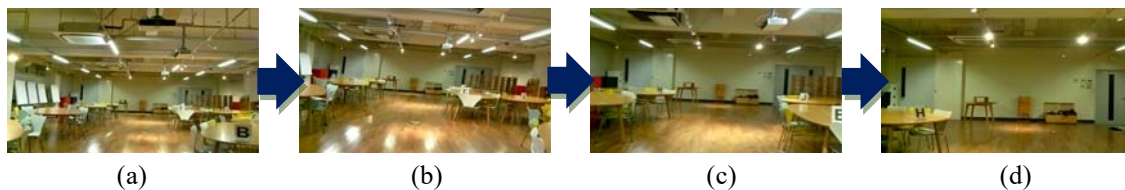


図2. 歩行者が屋内で通常歩行を行う場合の実験映像の一部：(a) frame 0, (b) frame 150, (c) frame 300, (d) frame 350

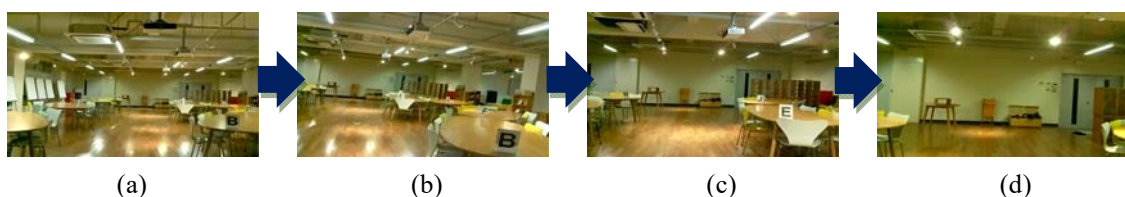


図3. 歩行者が屋内で右足を引き摺る歩行を行う場合の実験映像の一部：(a) frame 0, (b) frame 150, (c) frame 300, (d) frame 450



図4. 歩行者が屋内で右肩が下がった状態の歩行を行う場合の実験映像の一部：(a) frame 0, (b) frame 150, (c) frame 300, (d) frame 350



図5. 歩行者が屋外で通常歩行を行う場合の実験映像の一部：(a) frame 0, (b) frame 150, (c) frame 300, (d) frame 350



図6. 歩行者が屋外で右足を引き摺る歩行を行う場合の実験映像の一部：(a) frame 0, (b) frame 150, (c) frame 300, (d) frame 450



図7. 歩行者が屋外で右肩が下がった状態の歩行を行う場合の実験映像の一部：(a) frame 0, (b) frame 150, (c) frame 300, (d) frame 447

3節で述べた手法を用いて、9軸センサから出力される回転角を真値とし、各実験映像に対して3フレーム間隔で歩行者の姿勢推定を行った。図8～図13に各歩行姿勢の推定結果を示す。

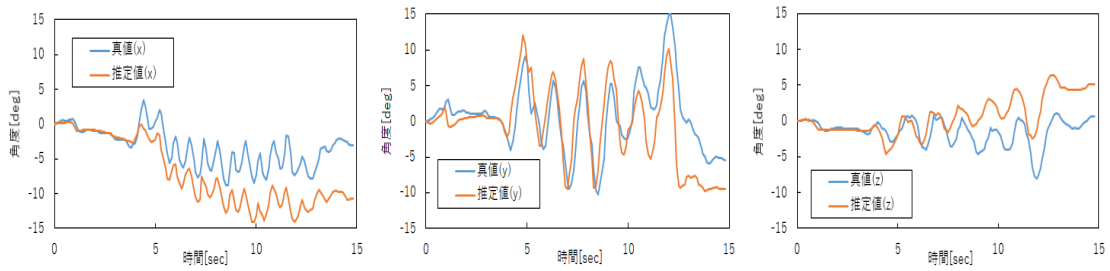


図8. 歩行姿勢の推定結果（屋内通常歩行）（左：X，中：Y，右：Z）

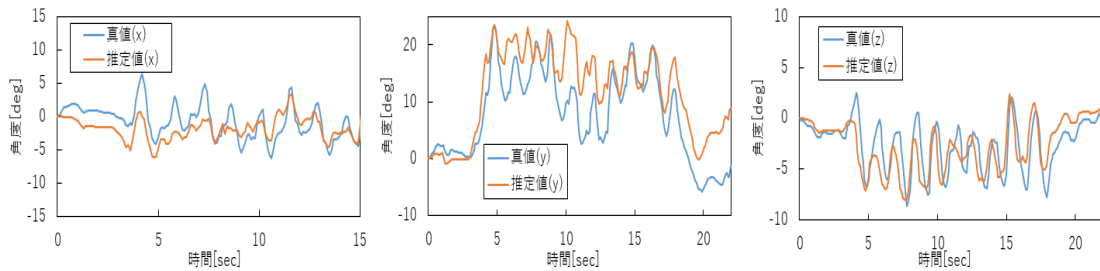


図9. 歩行姿勢の推定結果（屋内：右足を引き摺る歩行）（左：X，中：Y，右：Z）

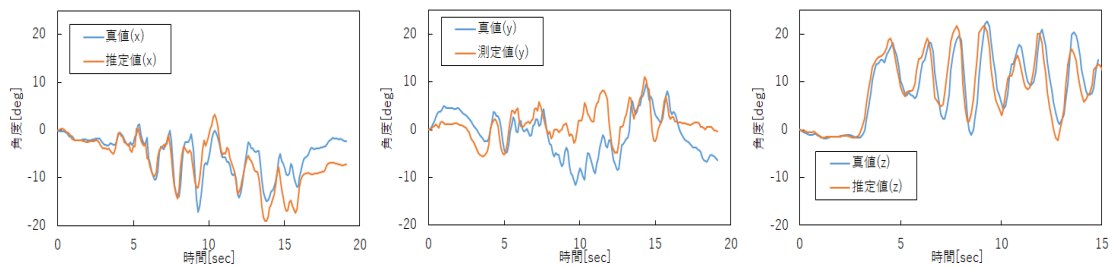


図10. 歩行姿勢の推定結果（屋内：右肩が下がった状態の歩行）（左：X，中：Y，右：Z）

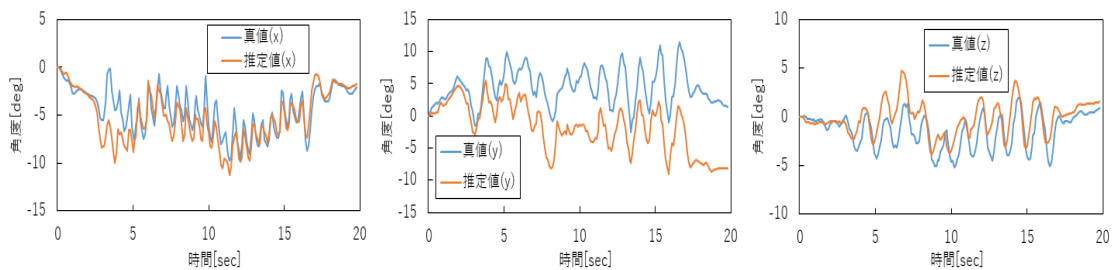


図11. 歩行姿勢の推定結果（屋外：通常歩行）（左：X，中：Y，右：Z）

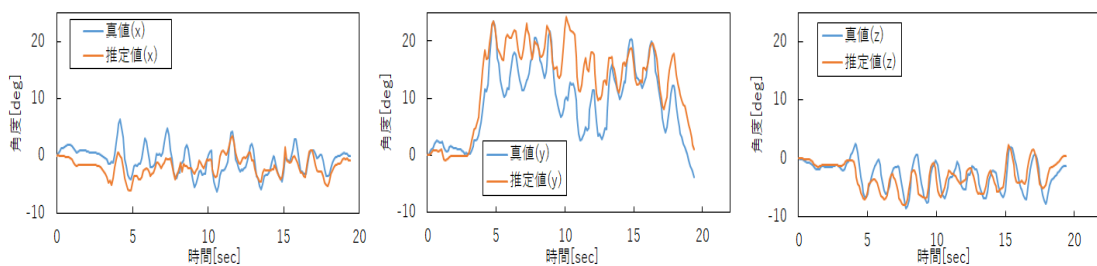


図12. 歩行姿勢の推定結果（屋外：右足を引き摺る歩行）（左：X，中：Y，右：Z）

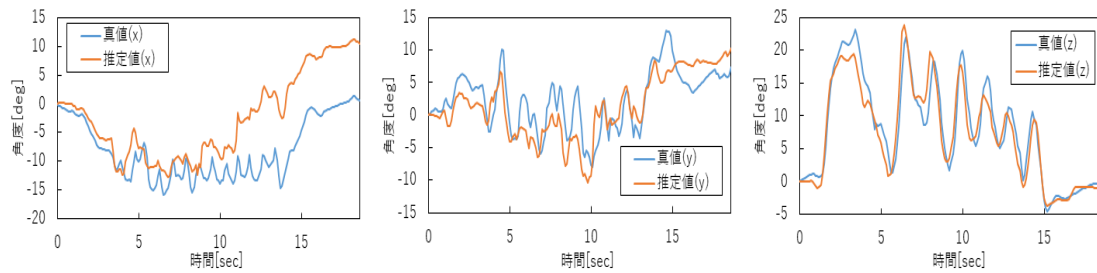


図 13. 歩行姿勢の推定結果（屋外：右肩が下がった状態の歩行）（左：X，中：Y，右：Z）

推定された歩行姿勢の精度を測るため、平均 2 乗誤差（RMSE：Root Mean Squared Error）を用いて、真値に対する各歩行動作から得られた X, Y, Z の 3 軸回りの角度の誤差を評価した。その結果、各軸とも 6 度未満の誤差であった。

また、各歩行動作における Y 軸回り（体幹の前後の揺れ）と Z 軸回り（体幹の左右の揺れ）の角度変化に対し高速フーリエ変換を行って振幅スペクトルを求め、振幅が最大となる周波数を用いて歩数と歩行率を求めた。その結果、歩数は 10% 未満、歩行率は 10% 程度の誤差が含まれた。

本研究は、マイビジョンを用いて、利用者（高齢者等）の体幹姿勢（前後と左右の揺れの程度）の推定法、また歩行指標である歩数と歩行率の取得法を開発した。今後の展望は、バンドル調整を用いた 3 次元復元精度の向上を通して回転行列の精度向上を図ること、また、より多くの効果的な歩行指標を考案すること等が挙げられる。

本ウェアラブル歩行姿勢解析装置が、高齢者やリハビリ訓練者等の歩行姿勢の改善に利用され、ひいてはそれが利用者の健康回復・維持につながることを期待される。

5. 主な発表論文等

【雑誌論文】（計 7 件）

- [1] **Tan, J.K.**, Okae, S., Yamashita, Y., Ono, Y.: “A method of describing a self-occlusive motion – A reverse motion history image”, International Journal of Biomedical Soft Computing and Human Sciences, Vol.24, No.1, pp.1-7, 2019. (査読有)
- [2] **Tan, J.K.**, Ishimine, T. Arimasu, S.: “Walk environment analysis using MY VISION: Toward a navigation system providing visual assistance”, International Journal of Innovative Computing, Information and Control, Vol.15, No.3, 11 Pages, 2019. (査読有)
- [3] Ildrissi, A., **Tan, J.K.**: “A deep unified framework for suspicious action recognition”, Artificial Life and Robotics (Springer), 6 Pages, 2018. (査読有)
- [4] Lu, H., Kondo, M., Li, Y., **Tan, J.K.**, Kim, H., Murakami, S., Aoki, T., Kido, S.: “Extraction of GGO candidate regions on thoracic CT images using superVoxel-based graph cuts for healthcare systems”, Mobile Networks and Applications, Vol.23, No.2, pp1669-1679, 2018. (査読有)
- [5] 中島 祐樹, **タン ジュークイ**: “物体識別における特徴量変換構造の最適化”, バイオメディカル・ファジィ・システム学会誌, 第 20 巻, 第 1 号, pp.1-13, 2018. (査読有)
- [6] Ahad, M.A.R., **Tan, J.K.**, Kim, H., Ishikawa S.: “Activity representation by SURF-based templates”, Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering: Imaging&Visualization, Taylor&Francis, pp.1-11, 2017. (査読有)
- [7] Setyawan, F. X. A., **Tan, J.K.**, Kim, H., Ishikawa S.: “Moving objects detection employing iterative update of the background”, Artificial Life and Robotics, (Springer), Vol.22, No. 2, pp.168-174, 2017. (査読有)

【学会発表】（計 15 件）

- [1] Sato, A., **Tan, J.K.**, Ono, Y.: “Development of a human-robot cooperative system based on visually information”, Proceedings of SPIE The IEEE International Workshop on Advanced Image Technology, Vol.11049, 1104940, 6 Pages, 2019. (<https://doi.org/10.1117/12.2522001>) (1 月 8 日, シンガポール, 2019). (査読有)
- [2] Ono, Y., **Tan, J.K.**, Sato, A.: “Finding a rush-out human employing a human body direction detector”, Proceedings of SPIE The IEEE International Workshop on Advanced Image Technology, Vol.11049, 110491C, 6 Pages, 2019. (<https://doi.org/10.1117/12.2521597>) (1 月 8 日, シンガポール,

2019). (査読有)

[3] Islam, A., Ahsan, Sk.Md. M., **Tan, J.K.**: “Saliency detection using boundary aware regional contrast based seam-map”, Proceedings of IEEE International Conference on Innovation in Engineering and Technology, 5 Pages, 2018. (12月1日, バングラデシュ, 2018). (査読有)

[4] **Tan, J.K.**, Okae, S., Yamashita, Y., Ono, Y.: “Describing a self-occlusive motion by a reverse descriptive motion history image, pp.25-26,2018 (11月3日, 金沢, 2018). (査読有)

[5] Nakashima, Y., **Tan, J.K.**: “Feature transform optimization for pedestrian classification”, Proceedings of The Annual Conference of SICE2018, pp.804-809, 2018. (9月13日, 奈良, 2018) . (査読有)

[6] Ildrissi, A., **Tan, J.K.**, Kim H., Ishikawa, S.: “A unified action recognition framework”, Proceedings of The 23rd International Symposium on Artificial Life and Robotics, pp.57-62, 2018.(1月19日, 大分, 2018) . (査読有)

[7] Ishitobi, K., **Tan, J.K.**, Kim, H., Ishikawa, S.: “Detection of a specific moving object from head-mounted camera images”, Proceedings of IEEE/SICE International Symposium on System Integration, pp.1-6, 2017. (12月13日, 台湾, 2017) . (査読有)

[8] Takaki, S., **Tan, J.K.**, Ishikawa, S.: “A human care system by a mobile robot employing cooperative objects recognition”, Proceedings of IEEE Region Ten Conference, pp.1148-1152, 2017. (11月7日, マレーシア, 2017) . (査読有)

[9] 佐藤 哲聡, **タン ジュークイ**, 石川 聖二: “認識支援型人・ロボット協調システムの開発”, 電気情報関係学会九州連合大会, 2017. (9月27日, 沖縄, 2017)

[10] 伊志嶺 朝輝, 熊野 貴大, 有益 尚平, **タン ジュークイ**, 石川 聖二: “ウェアラブルカメラを用いた視覚障害者のための歩行環境解析法”, 電気情報関係学会九州連合大会, 2017. (9月27日, 沖縄, 2017).

[11] Yamashita, Y., **Tan, J.K.**, Ishikawa, S.: “Human motion description and recognition under arbitrary motion direction”, Proceedings of SICE Annual Conference 2017, pp.110-115, 2017. (9月20日, 金沢, 2017). (査読有)

[12] Ono, Y., **Tan, J.K.**, Kim, H., Ishikawa, S.: “On detecting sudden rush-out pedestrians”, Proceedings of The Twenty-Second International Symposium on Artificial Life and Robotics, pp.446-449, 2017. (1月20日, 大分, 2017). (査読有)

[13] **Tan, J.K.**, Hamada, S, Hirakawa, M., Kim, H., Ishikawa, S.: “An Ego-camera based finger-spelling recognition system”, Proceedings of IEEE Region Ten Conference, pp.359-364, 2016. (11月23日, シンガポール, 2016) . (査読有)

[14] Ahsan, Sk. Md. 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 2016, pp.258-262, 2016. (1月20日, 大分, 2016). (査読有)

[15] Arinto, FX. S., **Tan, J.K.**, Kim, H., Ishikawa, S.: “Moving objects detection from dynamic backgrounds”, Proceedings of The Twenty-First International Symposium on Artificial Life and Robotics 2016, pp.254-257, 2016. (1月20日, 大分, 2016). (査読有)

【その他】

【基調講演】 (計 3 件)

[1] **Tan, J.K.**: MY VISION: A support system providing visual assistance, International Conference on Machine Intelligence (ICMI2019)

[2] **Tan, J.K.**: MY VISION system-based recognition of ambient environmental objects and its application, 2nd EAI International Conference on Robotics Sensor Networks 2018.

[3] **Tan, J.K.**: Support system for impaired people based on MY VISION, International Conference on Technology and Social Science 2018.

ホームページ : <http://lab.cntl.kyutech.ac.jp/~etheltan/>