

## 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 3月 31日現在

機関番号：32689

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22500167

研究課題名（和文） 動画処理を用いる動的挙動解析と3次元構造復元の研究

研究課題名（英文） Study of Analyzing Dynamical Behaviors and 3D Reconstruction from Video Sequences

研究代表者

大谷 淳（OHYA JUN）

早稲田大学・理工学術院・教授

研究者番号：90329152

研究成果の概要（和文）：

動画処理に関する様々な課題のうち、(1) 人物全身像の姿勢推定、(2) 人物の追跡・行動認識、(3) 移動カメラの位置姿勢推定と3次元復元、(4) 樹木の挙動の解析、に焦点を絞って検討を行った。(1) では、顔、手、指の姿勢を検出し、大画面ディスプレイとのインタフェースに利用する方式を検討し、有効性を示した。(2) では、テンソル解析を用いる方法による人物の追跡と動作認識、ベイジアンネットワークを用いる店舗内の顧客の購買行動認識、Condensation アルゴリズムを用いる顔と手振りを統合的に用いる手話認識、を検討し、有効性を示した。(3) では、移動カメラ画像から動物体を抽出し、3次元復元を行う手法を検討し、有効性を示した。(4) では、背景に葉が多数存在する状況で、パーティクルフィルターにより葉を追跡する方法を検討し、有効な結果を得た。

研究成果の概要（英文）：

Among many research topics related to video sequence analysis, this research focuses on the following topics: (1) Human posture estimation, (2) Tracking and recognizing humans, (3) Pose estimation of a moving camera and 3D reconstruction, and (4) Analysis of botanical trees' behaviors. In (1), we study a method that utilizes results of detecting the user's postures of the face, hand and fingers for human interface between a large screen, showing effectiveness of the proposed method. In (2), we explore human tracking and action recognition by a tensor analysis based method, recognition of customers' behaviors in shops by a Bayesian Network based method, and Condensation algorithm based recognition of sign languages' vocabularies that use facial expressions and hand gestures. In (3), we research how to detect moving objects from dynamic video sequences and to reconstruct 3D structure of the detected objects, showing the validity of the proposed method. In (4), we study how to track a leaf in front of other leaves using a Particle filter, showing promising results.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,200,000円	360,000円	1,560,000円
2011年度	1,100,000円	330,000円	1,430,000円
2012年度	1,000,000円	300,000円	1,300,000円
年度			
年度			
総計	3,300,000円	990,000円	4,290,000円

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・知能情報処理・知能ロボティクス

キーワード：コンピュータビジョン、動画処理

## 1. 研究開始当初の背景

近年、動画画像を計算機により自動的に処理し、動物体（人物を含む）の挙動を解析する技術や、撮像されたシーンや物体の3次元構造を復元する技術の重要性が、仮想コミュニケーション環境、セキュリティ、映画やテレビ番組の制作、各種作業の自動化、ロボット、ヒューマンインタフェースなど種々の応用分野において高まっている。このような動画処理の具体的な検討課題については様々なものが考えられる。そこで、本研究では以下に述べる4つの検討課題に焦点を絞って研究を行う。即ち、(1)人物全身像の姿勢推定、(2)人物の追跡・行動認識、(3)移動カメラの位置姿勢推定と3次元復元、(4)樹木の挙動の解析、のそれぞれの方法の確立を目指す。以下に、(1)から(4)それぞれの課題について、研究開始当初の背景を述べる。

### (1) 人物全身像の姿勢推定

人物の姿勢を決定する特徴的な点（頭頂点、手先、足先等）の時々刻々の位置を求められれば、仮想コミュニケーション環境に配置されたアバター（avatar: 人物モデル）を用いて人物の動きを再現できる。人物の姿勢を計測・推定する方式としては、接触型と非接触型がある。接触型の代表的なものがモーションキャプチャであり、センサーを人物の全身に装着し計測を行う。高速に計測が行えるものの、センサーの装着は著しく応用を制限する。非接触型は人物とは離れた場所に固定したカメラにより人物を撮像し、画像処理により姿勢を推定する方式である。P-Finderシステムは推定可能な姿勢に制限が強く、実時間性にも課題を残していた。研究代表者らはP-Finderの問題点を解決するために、人物シルエット像の輪郭をLt-s曲線解析と名づけた方法により解析し、推定可能な姿勢の種類を増やしたものの、人体パーツのシルエットが重なって観測される場合に課題を残していた。そこで、研究代表者らは人体パーツ毎に異なる色彩で着色された衣服を人物に装着させ、色彩情報処理により前述のような人体パーツが重なった場合にも対処する方法を提案した。しかし、時系列情報を利用していなかったため、人体パーツの重なりによる安定な対処に課題

を残していた。また、任意の衣服にも対応可能な手法の実現が望まれる。

### (2) 人物の追跡・行動認識

公共の空間や建設現場における安全監視や店舗における市場調査などへの応用を考えると、不特定多数の人物の追跡や、各個人の行動を認識する方法が重要である。また、健常者と聴覚障害者とのコミュニケーション支援や、人間とロボットのヒューマンインタフェース実現のためには、手話などの身体動作が有効と考えられ、その認識法が重要である。人物の追跡については従来から多数の研究が行われており、群衆の追跡を目指す例も見られるものの、広い空間を複数台のカメラの視野がカバーしきれず、いずれのカメラからも見えない死角の範囲が存在する状況で、複数の人物が一台のカメラの視野から死角に一旦入り再び別のカメラの視野に入るような移動をする場合の、有効な追跡法は見られなかった。

動画画像からの人物の行動認識については、隠れマルコフモデルを用いる方法等があるが、不特定多数人物の行動認識には課題を残していた。そこで、研究代表者らは、人物の **motion signature**（動きの個性）を用いる方法を提案したが、認識対象の行動は限定的であり、物体と人間との相互作用（手に物を持つ、等）は扱えなかった。

手話の認識については、人物にセンサーを装着する方法が多く見られる。また、実際の手話では、手振りだけではなく、顔の表情や動きも組み合わせられるものの、このような手話を扱える手法はほとんど見られなかった。

### (3) 移動カメラの位置姿勢推定と3次元復元

映画やテレビ番組の制作のためには、素材となるビデオ映像を撮像し、CG（コンピュータグラフィックス）モデルを違和感の無いように、前述の実写動画画像に重畳する機会が多い。このためにはCGモデルと実写動画画像の正確な重畳が必要であり、カメラの位置・姿勢の正確な推定が要求される。現状ではこの重畳は手作業によることが多いが、動画画像の全フレームについて行う必

要があり作業量が膨大であった。複合現実感の問題ととらえ、自動的に画像処理により重畳する方法が提案されているが、重畳精度に課題を残している。また、素材動画像獲得は撮影者がカメラを手にもって自由に動かせることが望まれ、特異値分解を用いてカメラの動き推定と3次元構造復元を併せて行う方法等が開発されたものの、やはり処理結果の精度に改良の余地が大きかった。

#### (4) 樹木の挙動の解析

実空間中の樹木の挙動（例えば、風により枝葉が揺れる）を仮想コミュニケーション環境中の樹木の3次元モデルで再現するためには、画像処理により樹木の挙動を解析する必要がある。このような技術の関連研究としては、英国バース(Bath)大学のMSER（最安定領域）による追跡法が最も関連しているものの、樹木全体が葉で覆われている必要がある等の制限があり、葉や枝を個別に追跡する研究は見当たらない。

## 2. 研究の目的

課題(1)～(4)ごとに目的を述べる。

### (1) 人物全身像の姿勢推定

研究開始当初の本課題の背景は前述の通りであったが、ほぼその直後にマイクロソフト社からKinectセンサーが発売され、人物全身像の姿勢推定法の技術状況が大きく変わった。KinectセンサーはRGB画像に加えて距離画像も実時間で可能であり、同センサーで撮像する人物全身像のスティックモデルを高速に出力可能である。このような状況を鑑みると、色分け衣服を利用する方式の検討は見直さざるを得ないと判断した。

そこで、人物像の姿勢推定と関連が高いプロジェクトとして、人物の上半身と顔を利用するヒューマンインタフェース方式の実現を目指すことにする。即ち、デジタルサイネージのように、大画面のディスプレイを用いるシステムでは、キーボードのようなヒューマンインタフェースを利用することが困難である。そこで、手や指、顔の向きを利用するヒューマンインタフェースの確立を目指す。

### (2) 人物の追跡・行動認識

複数台のカメラ間の死角が存在する場合でも不特定多数人物を追跡する方法、不特

定多数人物による物体との相互作用がある場合の行動認識法、および手振りと顔の表情・動きを組み合わせた手話の認識法を明らかにする。

### (3) 移動カメラの位置姿勢推定と3次元復元

移動するカメラにより獲得される動画像を解析し、撮像対象シーン中の動物体を抽出するとともに、その動物体の3次元構造を復元する方法を明らかにする。ここで、移動するカメラの動きも併せて推定する方法を明らかにする。

### (4) 樹木の挙動の解析

樹木を撮像した動画像の各フレームにおいて、各枝や葉の位置と姿勢をそれぞれ推定する方法を明らかにする。

## 3. 研究の方法

課題(1)～(4)ごとに方法を述べる。

### (1) 人物全身像の姿勢推定

2. で述べたヒューマンインタフェース方式において、大画面ディスプレイの前で腕を伸ばし続けた状態で操作指示を与えるのは、ユーザの疲労を招き、好ましいインタフェースとは言えない。そこで、顔の向きで大画面のいずれの局所領域が操作対象なのかを指定し、指の姿勢および手の短距離の移動等を利用して詳細な指示を入力することにする。提案方式は3つのモジュールから構成される。即ち、顔の向きの推定、指の姿勢(曲げ)の推定、および手の追跡である。

人物を撮像するカメラにより獲得される動画像において、CAM-Shift等を用いて顔を追跡する。次に、連続するフレームで唇の位置を検出し、その移動方向と距離に基づき顔の向きを推定する。一方、顔の検出時に得られる皮膚の色彩情報およびパーティクルフィルターを用いて、手(拳の重心)の追跡を行う。さらに、追跡された手の情報に基づき、人差し指の先端の位置を検出し、拳の重心からの距離に基づき、指を曲げているか否か等を判断する。

### (2) 人物の追跡・行動認識

テンソル分解を用いて人物の行動を動画像から認識する方法における視点変動に対する頑健性を増強するため、4次元のテンソル(行動、人物、時系列データ、視点)を用いることにする。まず、未知

人物のmotion signatureを求め、これを利用して、視野が重ならない複数台のカメラに撮像された人物を同定し、一旦いずれのカメラの視野からも外れた人物の追跡を可能とする方法を提案する。さらに、未知人物の撮像された行動を、前述のテンソルの各次元について展開し、特異値分解を用いて得られるコアテンソルに基づく類似度を用いて認識する方法を提案する。

一方、店舗内の顧客の購買行動は定型的な動作パターンが実質存在しないと言ってよい。店舗のビジネスにとって重要な情報である、顧客が迷ったか否か、買ったか否かの組み合わせの合計4種類の行動を、ベイジアンネットワークを用いて認識する方法を提案する。

手振りと表情の組み合わせを語彙とする手話動作の認識法を検討する。表情についてはAAM(動的外見モデル)を用いて表情特徴量を求め、手振りについては手の軌跡から特徴量を求める。これら2種類の特徴量の組み合わせ方も含め、検討する。

#### (3) 移動カメラの位置姿勢推定と3次元復元

研究代表者らの従来の修正RANSAC法を拡張し、任意フレーム数へ適用可能にするとともに、物体の停止や運動開始、物体の分裂が起こっても対応可能な時系列修正RANSAC法(TMR法)を提案する。さらに、移動するカメラとしてKinectセンサーを利用し、RGB動画像と距離動画像を獲得し、撮像されたシーン中の複数の移動物体を追跡・抽出するとともに、それらの構造の3次元復元を行う方法を検討する。TMR法により抽出した移動物体の特徴点の分類結果を用いた領域分割処理に、FeatureCut等を組み合わせることにより、領域分割精度の向上を実現する方法を検討する。

#### (4) 樹木の挙動の解析

風等により揺れる樹木の枝葉を、Kinectセンサーにより得られるRGBと距離動画像からパーティクルフィルターを利用して追跡する方法を提案し、検討を行う。追跡対象の葉の色と3次元情報に基づくテンプレートマッチングを尤度計算に用いる手法の有効性を検討する

。

## 4. 研究成果

課題(1)～(4)ごとに成果を述べる。

### (1) 人物全身像の姿勢推定

図1に顔の向き、手、指の検出結果を用いて、大画面スクリーンに情報を入力している状況の例を示す。顔の向き推定のために唇を連続するフレームで検出した結果が図1の緑と白の円形である。その結果推定された顔の向きに応じて、ディスプレイの右列中段のウィンドウが指定されていることがわかる。また、拳の重心と指先が検出され、指を伸ばしていることが推定されるので、それに対応するコマンドがウィンドウ内で実行される。指定すべきウィンドウを変化させる等、様々な条件を設定して実験を行った結果、本手法の有効性の見通しを得た。

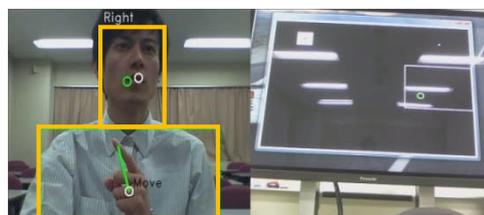


図1 顔の向き、拳、指の検出によるディスプレイの操作の実験例(左:人物を撮像した画像、右:操作対象のディスプレイ画面)

### (2) 人物の追跡・行動認識

互いの視野が重ならない範囲がある2台のカメラを設置し、人物がまず1台のカメラの視野内を歩行し、一旦いずれのカメラの視野からも外れた範囲を歩いた後に、もう1台のカメラの視野に入って歩く状況を対象に実験的な実験を行い、motion signatureを2台のカメラそれぞれで計算し、その類似性を評価すれば、前述のような追跡が可能である見通しを得た。

未知人物の行動認識に関しては、5つの方向から人物の6種類の歩行パターンを撮像することによりテンソルを構築した。合成画像を対象にした実験により良好な認識率を達成し、有効性の見通しを得た。

店舗内の顧客の購買時の迷いの有無および購入したか否かの組み合わせの合計4種類の行動の認識に関しては、ベイジアンネットワークの構成法をまず検討した。次に、人物の行動に関する画像から

得られる特徴を手動で計測し、ベイジアンネットワークを用いることにより、前述の4種類の行動を高い精度で認識できる見通しを得た。

手話の認識に関しては、Condensation アルゴリズムを用いて、表情と手振りの双方を組み合わせる手話の語彙を認識対象として認識実験を行った。表情と手振りの特徴レベルで統合する場合と、個別に認識して統合する場合の双方を検討した結果、後者の方が高い認識率(92.6%)を与えることがわかった。

#### (3) 移動カメラの位置姿勢推定と3次元復元

図2のように、移動する Kinect センサーにより、異なる動きをする2個の物体が存在するシーンを撮像した。その結果、移動物体ごとに追跡が可能であり、距離画像データを利用することにより密な3次元復元結果が得られた。カメラの位置も推定可能である見通しが得られた。



図2 移動カメラ画像からの移動物体の検出と3次元復元結果の例(左:RGB 動画の1つのフレーム、中と右:動画中の2つの移動物体の検出と3次元復元結果)

#### (4) 樹木の挙動の解析

図3に示すように、追跡対象の葉の背景に類似した色の葉が多数存在するシーンを Kinect で撮像した。追跡対象の葉に外接矩形枠を設定し、葉の姿勢を記述するパラメータを推定対象とするパーティクルフィルターにより追跡実験を行った。その結果、風で葉が揺れている状況でも、正確に追跡が行える見通しが得られた。図3以外のシーンについても有効性を示す結果が得られた。



図3 葉の追跡結果例(2つのフレーム。赤い線で囲んだ葉が追跡対象。白い枠が外接矩形枠)

#### 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7件)

① Naotomo Tatematsu and Jun Ohya, "Study of temporal modified-RANSAC based method for the extraction and 3D shape reconstruction of moving objects from dynamic stereo images and for estimating the camera pose", Proc. of SPIE-IS&T Electronic Imaging, SPIE Vol.7878, 78780E, pp.78780E-1 – 78780E-13, (Jan. 2011)

② Takayuki Hori, Jun Ohya and Jun Kurumisawa, "Study of recognizing human motion observed from an arbitrary viewpoint based on decomposition of a tensor containing multiple view motions", Proc. of SPIE-IS&T Electronic Imaging, SPIE Vol. 7873, 787310, pp.787310-1 – 787310-10, (Jan. 2011)

③ Dan Luo, Hua Gao, Hazim Kemal Ekenel and Jun Ohya, "Appearance-based human gesture recognition using multimodal features for human computer interaction", Proc. of SPIE-IS&T Electronic Imaging, SPIE Vol. 7865, 786509, pp.786509-1 – 786509-6, (Jan. 2011).

④ Naotomo Tatematsu and Jun Ohya, "Accurate dense 3D reconstruction of moving and still objects from dynamic stereo sequences based on temporal modified-RANSAC and feature-cut", SPIE-IS&T, Electronic Imaging 2012, Vol. 8301, pp. 830105-830115 (2012)

⑤ Dan Luo, Hua Gao, Hazim Kemal Ekenel, Jun Ohya, "Facial Analysis Aided Human Gesture Recognition for Human Computer Interaction", Proceedings of MVA2011 (IAPR Conference on Machine Vision Applications), pp.446-449. (2011.6).

⑥ Luo Dan, Hazim Kemal Ekenel, and Ohya Jun, "Human Gesture Analysis Using Multimodal Features", The 2nd International Workshop on Interactive Ambient Intelligence Multimedia Environments in conjunction with 2012 IEEE International Conference on Multimedia and Expo Workshops (ICMEW2012), pp.471-476, (July 2012).

⑦ Naotomo Tatematsu, Jun Ohya and Larry Davis, "Detection and Segmentation of Moving Objects from Dynamic RGB and Depth Images", 3D Camera Workshop in conjunction with International Conference on Virtual Reality and Visualization, 8 pages, (Sep. 2012).

〔学会発表〕(計 23 件)

- [1] 立松 直倫, 謝 英弟, 大谷 淳, “移動物体を含む環境における移動ステレオカメラの姿勢推定と空間の3次元復元の検討”, FIT2010(第9回情報科学技術フォーラム), 第3分冊, pp.177-178, (2010.9).
- [2] 堀 隆之, 大谷 淳, 糊沢 順, “テンソル分解に基づく多視点映像を用いた人物の動作認識の一検討 FIT2010(第9回情報科学技術フォーラム)”, 第3分冊, pp.197-198, (2010.9).
- [3] Luo Dan, Hazim Kemal Ekenel, Jun Ohya, “Study of Human Gesture Recognition by Integrating Face and Hand Motion Features”, FIT2010(第9回情報科学技術フォーラム), 第3分冊, pp.505-506, (2010.9).
- [4] 立松直倫, 大谷 淳, “移動ステレオカメラ画像中からの移動物体の抽出と三次元形状復元およびカメラの姿勢推定を行う Temporal Modified-RANSACに基づく手法の検討”, 電子情報通信学会技術報告, vol. 110, no. 324, IE2010-99, pp. 79-84, 2010年12月
- [5] 堀 隆之, 大谷 淳, 糊沢 順, “テンソル分解に基づく多視点映像を用いた人物の動作認識手法の検討”, 電子情報通信学会技術報告, vol. 110, no. 414, PRMU2010-230, pp. 141-146, 2011年2月
- [6] 立松 直倫, 大谷 淳, “Temporal Modified-RANSAC とグラフカットを用いた移動ステレオカメラ画像中からの移動物体抽出と三次元データのセグメンテーションの検討”, 2011年 電子情報通信学会総合大会, 情報・システム講演論文集2, p. 197, (2011.3).
- [7] 呉 明翰, 大谷淳, “Study of Estimating Face Direction and Forefinger Motion for Manipulating a Virtual Object in a Large Screen - Combining Detection of Face Direction and Particle Filter Based Hand and Finger Tracking -”, 2011年 電子情報通信学会総合大会, 情報・システム講演論文集2, p. 145, (2011.3).
- [8] 堀 隆之, 大谷 淳, 糊沢 順, “テンソル分解に基づく任意の視点からの人物の動作認識手法の検討”, 2011年 電子情報通信学会総合大会, 情報・システム講演論文集2, p. 186, (2011.3).
- [9] 立松直倫, 大谷 淳, “移動ステレオカメラ画像中からの移動物体抽出と三次元データのセグメンテーションの検討 ～ Temporal Modified-RANSAC と色・構造・事前確率を用いたグラフカットを組み合わせた手法の提案 ～”, 電子情報通信学会技術報告, vol. 110, no. 467, PRMU2010-280, pp. 253-258, 2011年3月
- [10] Ming-Han Wu, Jun Ohya, “Study on

Manipulating a Virtual Object in a Large Screen Close to the User by Visual Analysis of Small-Scale Movements of Forefinger, Hand and Face”, 電子情報通信学会技術報告, vol. 110, no. 467, PRMU2010-264, pp. 151-156, 2011年3月.

[11] 立松 直倫, 大谷 淳, “移動ステレオカメラ画像中からの移動物体抽出と三次元データのセグメンテーションの検討 — SIFT 特徴点を元にした前景・背景のエネルギー関数を組み込んだ手法の提案 —”, FIT 2011 (第10回情報科学技術フォーラム), H-014, 第3分冊, pp.133-134, (2011.9.7).

[12] Khanh N. Do and Jun Ohya. “Studies of the Kalman filter and Particle filter Method for Tracking the Moving Botanical Tree Leaves in Video Sequence.” FIT 2011 (第10回情報科学技術フォーラム), H-064, 第3分冊, pp. 247-248, (2011.9.8).

[13] Khanh N. Do, Jun Ohya. “Study of the Particle Filter Based Method for Tracking the Dynamical Behaviors of Botanical Tree Leaves in Video Sequence” 2012年 電子情報通信学会総合大会, 情報・システム講演論文集 2, p. 142, (2012.3.20)

[14] Khanh N. Do, Jun Ohya. “Object Tracking Using Kinect and its Application in Tracking Dynamical Behaviors of Botanical Tree Leaves”, 電子情報通信学会技術報告, vol. 111, no. 500, PRMU2011-265, HIP2011-93, pp. 159-164, 2012年3月30日.

[15] Mengyao Duan, Yingdi Xie and Jun Ohya, “Real Length Measurement by Kinect”, 2012年 電子情報通信学会総合大会, 情報・システム講演論文集 2, p. 107, (2012.3.20)

[16] Luo Dan, Gao Hua, Hazim Kemal Ekenel, Ohya Jun. “Human gesture recognition using multimodal features” 2012年 電子情報通信学会総合大会, 情報・システム講演論文集 2, p. 109, (2012.3.20).

[17] Khanh N. Do and Jun Ohya, “Fundamental Study of Reconstructing Botanical Tree's 3D Models from Kinect's Images and Dynamical Behaviors of Non-leafy Trees”, FIT2012 (第11回情報科学技術フォーラム), 第3分冊, pp.225-226, (2012.9).

[18] 鄭 曜, 大谷 淳, “ベイジアンネットワークを用いた店舗内における消費者の行動認識に関する研究”, FIT2012 (第11回情報科学技術フォーラム), 第3分冊, pp.221-222, (2012.9).

[19] Luo Dan and Jun Ohya, “Study of Extracting Multi-modal features for Recognizing Sign Language Vocabularies that Combine Facial Expressions and Hand Gestures”, FIT2012 (第11回情報科学技術フォーラム), 第3分冊、

pp.219-220, (2012. 9).

[20] 立松直倫, 大谷淳, Larry Davis, “移動 Kinect 画像中からの移動物体の抽出と三次元形状のセグメンテーションに関する検討”, FIT2012 (第11回情報科学技術フォーラム), 第3分冊, pp.161-162, (2012. 9).

[21] 鄭 曜, 大谷 淳, “ベイジアンネットワークを用いた店舗内における消費者の行動認識に関する研究”, 電子情報通信学会技術報告, Vol. 112, No. 473, IE2012-147, pp. 51-56, (2013年3月).

[22] 鄭 曜, 大谷 淳, “店舗内における消費者の行動認識のためのベイジアンネットワークモデル構築に関する研究”, 2013年電子情報通信学会総合大会, 情報・システム講演論文集 2, D-12-12, p.105, (2013. 3).

[23] 立松直倫, 大谷 淳, Larry S. Davis, “Temporal Modified-RANSAC と Supervoxel ベースのグラフカットを用いた移動 RGBD カメラからの移動物体領域のセグメンテーションの検討”, 2013年電子情報通信学会総合大会, 情報・システム講演論文集 2, D-12-80, p.173, (2013. 3).

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

大谷 淳 (JUN OHYA)

早稲田大学・大学院国際情報通信研究科・教授

研究者番号 : 90329152

### (2) 研究分担者

無し

### (3) 連携研究者

無し