

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 11 日現在

機関番号：33908

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2011～2014

課題番号：23300076

研究課題名(和文) コンテキスト推定に基づく医用画像からの臓器・病変検出

研究課題名(英文) Development of the methods for detecting organ and lesion from medical image using image context

研究代表者

目加田 慶人 (Mekada, Yoshito)

中京大学・工学部・教授

研究者番号：00282377

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 11,800,000円

研究成果の概要(和文)：本申請課題では、画像から稀な現象を検出するための「画像からのコンテキスト抽出とそれを利用した画像認識」という枠組みを検討した。医用画像からのがん病変の検出や手術中の映像からの出血やカメラ操作の検出など、稀な現象を対象とするためには頑健な画像処理手法が望まれる。そこで、過去の事例をコンテキストとして利用する方法を開発した。

具体的には、個人差の大きい肝臓領域の抽出、長時間の手術映像から稀に起きる出来事と高い頻度で起きることの同時検出によるシーン分類、罹患率が低い病気を機械学習により検出するために病変を含む画像を自動生成する手法の開発に適用した。

研究成果の概要(英文)：In this research project, we developed some methods to extract context of the medical data and image recognition methods using such context. The robust methods to find some events that happen rarely, such as cancerous region in the medical image and bleeding while surgical operation, are much desired. We utilized the past events (lesion, image sequence of medical treatment) as the context to find particular medical events. Concretely, proposed scheme is applied to extract liver region, simultaneous extraction of rare event and frequently-occurred event from long-sustained laparoscope surgical operation, and generating rare-occurred disease image for machine learning.

研究分野：画像パターン認識

キーワード：医用画像 パターン認識 映像分類

1. 研究開始当初の背景

一般物体認識の分野などを中心に、画像が撮影された文脈「コンテキスト」を認識に利用する試みが積極的に行われ、一部では十分な成果を上げている。これらは、「シーンコンテキスト」と呼ばれ、認識対象が存在しうる確率を機械学習等により求め、それと対象自体の特徴を学習した認識器とを用いることで、コンテキストを利用しない場合に比べて認識精度を上げる試みである。単純な例として、車に取り付けたカメラで撮影された画像から人を検出することを考える。カメラの高さやカメラの向き、道路面が水平である仮定、人の平均的な大きさといった前提条件を考慮すると、人として検出されうる領域の画像内の見かけの大きさと位置には関連がある。その結果、平均的な身長の人がある画像中央付近にいた場合の見かけの大きさが決められたり、画像上部に小さな領域として検出された場合には誤検出といったことが分かる。

2009 年度開始した科研費新学術領域では、大量の医用画像の数理統計的な解析により、人体の解剖学的な構造をコンピュータにより解析する計算解剖学の創成を目指している。代表者と研究分担者もこの領域研究に加わり、治療と診断に有効な情報を医師が利用しやすくするための可視化手法やインタフェースに関する研究開発を行っているが、画像の領域分割結果に影響をあたえる個々の被験者の固有の状態「コンテキスト」を利用するような試みは当該新学術領域には含まれていなかった。一般に、X 線 CT 画像などを対象とした医用画像の研究では、一画像が 200MB 程度とデータ量が大きいことや、がん自体が比較的稀な現象であることによるデータ数の少なさから、機械学習可能な環境ではなかったが、前述の新学術領域の中での医用画像データの整備により 100 例程度のデータを研究に利用可能となり、従来から整備してきたデータと合わせると 300 例程度の画像を扱う環境が整ってきた。さらに、我々のグループが 2009 年度終了の科研費にて少数のデータから対象の見え方のパリエーションを考慮した事例利用の認識手法を利用して、医用画像の認識能力が向上することを示してきた。

2. 研究の目的

本申請課題では、画像から稀な現象を検出するための【画像からのコンテキスト抽出とそれを利用した画像認識】という枠組みを検討することであった。医用画像からのがん病変の検出など、稀な現象を対象とするためには頑健な画像処理手法が望まれる。しかしながら画像処理には誤りがつきものでもある。そこで、過去の事例を事前分布とし、年齢や性別などの画像外の情報も利用して医用画像から対象画像を認識するのに利用可能なコンテキストを求め、それを領域(病変や臓器)を検出するために最大限に利用する認識

手法の開発を目指した。基礎的なパターン認識技術の開発とともに、具体的な対象としては、X 線 CT 画像をはじめとする医用画像とし、これらの診断支援、治療支援のための基礎技術の開発を目指した。

3. 研究の方法

方法は、過去の事例からのコンテキスト推定、および、その事例との照合による医用画像・映像の認識理解を大きな流れとした。事例間の空間的または時間的な変動を吸収するための手法を開発し、適用した。また、開発した結果を人が利用するという前提のもと、人の認知特性を考慮した画像特徴の解析も進めた。

4. 研究成果

研究成果は主に以下の 3 項目に分けられる。
(a) 医用画像解析のための特徴量開発と個人対応のための処理
(b) 人の認知特性をコンテキストとして利用するための画像解析手法の開発
(c) その他の基礎技術開発
これ以降では、それぞれについて概略をまとめる。

項目(a)に関する成果

・個人差に適応した肝臓領域検出のための CT 値分布解析

腹部で最も大きな臓器である肝臓を診断する場合には、血管に造影剤を注入して CT 画像を撮影する、造影 CT 画像が用いられる。この画像は、個人毎の肝臓形状の変動、自動で決まる撮影時間の変動による濃度値分布の個人差など、得られる画像の変動が大きい。そのため、安定して肝臓領域を抽出することが難しい。この問題に対応するために、確率アトラスと呼ばれる、濃度分布や形状の統計的な特徴を利用する方法や、非剛体位置合わせと濃度分布推定を利用する方法などがある。こ

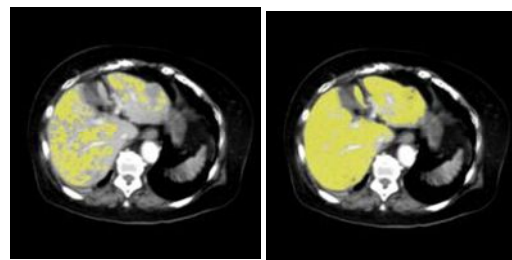


図 1 位置と濃度分布をコンテキストに利用した領域分割の例

左：従来法、右：濃度分布の確率的な推定結果をコンテキストとして利用した時の結果

の研究では、EM アルゴリズムの収束安定性に基づく投票処理により、体型の異なりや肝臓領域の形状の変動による影響を軽減し、肝臓領域の初期形状を抽出する方法を開発した。ここで得られた濃度分布をコンテキストとして利用することで、肝臓領域の抽出精度が向上することを示した。

・事例を事前情報として用いた腹腔鏡手術映像の解析

腹腔鏡下手術は、患者への負担が少なく社会復帰が早いことから広く行われている。腹腔鏡下手術は、腹部に小さな穴を数カ所開け、そこから体内へカメラと鉗子を挿入し施術する術式である。執刀医は、補助者が操作するカメラ映像の限られた視野範囲を見ながら鉗子などを動かすため、高度な技術と慣れが要求される。手術中のカメラ映像を記録することは、情報公開や手術の事後評価、若手医師への教育といった観点から有用である。例えば術後評価を例に挙げると、胃などの処置対象臓器から脂肪を剥離するのに要した時間、突発的な出血の有無、重要な血管をクリップ止めする場面などが評価すべき項目と考えられる。しかしながら、腹腔鏡下手術は数時間に及ぶため、手術評価のための映像処理をすべて人手で行うのは現実的ではない。そのため、手術映像に対して、評価項目に対応する映像区間へのタグ付けの自動化が望まれている。この研究では、手術映像のシーン構造解析のために、検索対象として短い継続時間の映像である事例をコンテキストとして利用し、手術映像と直接的に映像照合することによる手術映像への自動タグ付けをおこなった。

5~6時間になる手術映像の中で、レンズの汚れを洗浄するためにカメラを体外に引き出すことが稀におこなわれる。この作業は、実際の手術作業とは独立で突発的な映像変化になる。一方で臓器に付着した脂肪を剥離し、対象臓器に対する処置をおこなう作業は、継続的におこなわれることが多い。これらを同時に処理し、検出するための枠組みを構築した。実験結果の一部を図2に示す。また、

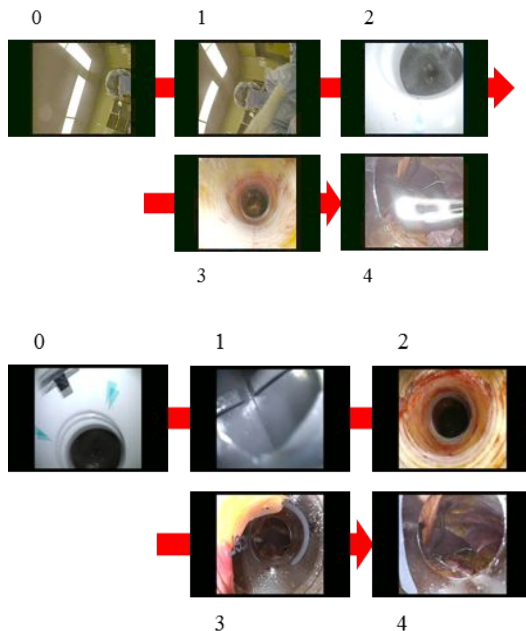


図2 事例利用の特定映像シーン検出
(上)クエリ, (下)検索結果

表1 全症例の実験結果(カメラ挿入)

特徴量	正解 検出率	誤検出率
appearance	0.79	2.34
histogram(4)	0.71	5.79
histogram(8)	0.69	4.05

表2 全症例の実験結果(カメラ抜去)

特徴量	正解 検出率	誤検出率
appearance	0.74	0.61
histogram(4)	0.73	3.52
histogram(8)	0.72	1.11

表3 全症例の実験結果(脂肪剥離)

特徴量	正解 検出率	誤検出率
appearance	0.37	0.98
histogram(4)	0.52	0.76
histogram(8)	0.52	0.76

結果の集計を表1から3に示す。この結果より、映像を直接利用して、シーン分類することが可能であることを示し、その精度は対象毎に異なる特徴量を利用する必要があることを示した。

・機械学習のために正常事例と病変事例からの新たな事例を生成

X線CT画像から画像処理による肝臓がん検出器の作成が求められている。そのために、位置や大きさが様々に異なる学習画像を用意することが望まれる。しかしながら、早期の段階で撮影される画像を十分に集めることは困難である。そこで、本研究では生成型学習の枠組みを利用することを検討する。

具体的には、主に大腸と直腸から肝臓に転移した転移性肝臓がんのCT画像を人工的に生成する。そのために、別の転移性肝臓がんの症例から抜き出した病変の部分画像の大きさを変更し、ノイズを付加して、正常な肝臓部分に埋め込む方法を開発した。

提案手法は次のように構成される。なお、対象画像は肝実質の造影効果が最も高くなる造影CT画像(門脈相)である。

(1) 転移性肝臓がん症例画像からの病変領域抽出

グラフカットを利用して対話的に抽出した病変領域を、さらに手作業で修正する。

(2) 埋め込むサイズに合わせた画像変形

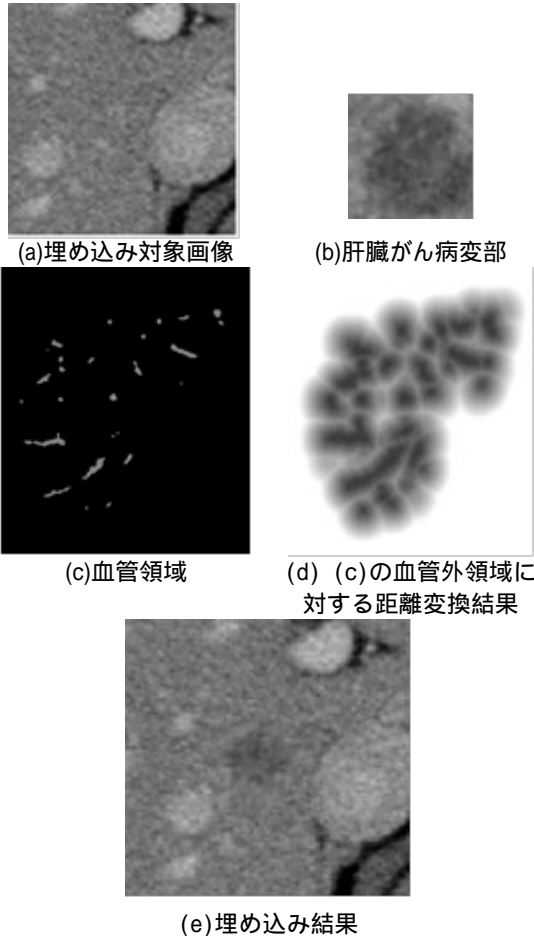


図3 埋め込み結果の一例

様々な画像を生成するために、上で抽出された病変領域を、指定のサイズになるように拡大または縮小する。

(3)埋め込み対象の画像解析

成平らの方法で抽出した肝臓領域(2)内に対して、マルチスケール線強調フィルタに基づき血管領域を抽出する。

(4)埋め込み位置の決定

病変を埋め込むことで血管が分断しないように、(3)で抽出した血管領域に対して、ユークリッド距離変換をおこない、肝臓内の各画素と血管との最小距離を得る。実際に病変を埋め込む位置は、血管からの距離が埋め込む病変の半径より大きくかつ、病変の周囲の画素値と埋め込む位置での画素値の差が小さい場所とする。

(5)病変の埋め込み

各スライス画像において、病変領域をマスクとした Poisson Blending 法による画像合成をおこなった。(2)での画像変形と Poisson Blending による埋め込みの影響で、肝臓がん領域の部分のみが平滑化されている状態となり、局所的なノイズの性質の異なりにより、埋め込み結果が不自然になる。そこで、病変領域内だけにノイズを付加することでより自然な埋め込み画像になるように調整する。

上記の方法で生成した人工肝臓がん病変画像の一部を図3に示す。それぞれのCT装置の撮影パラメータやキャリブレーション

状況によって変わる雑音特性の再現については、再検討の余地があるが、良好な結果と言える。

項目(b)に関する成果

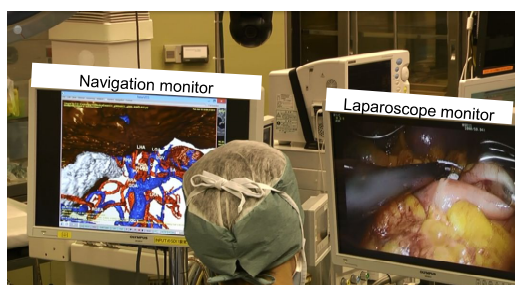
診断、治療行為が医師によりおこなわれるため、その安心や安全と担保するためには、人の知覚特性を知る必要がある。この項目では、その基礎的な検討として、映像から対象を検出するというタスクにおいて、どんな画像特徴が人の知覚特性と対応関係にあるのかを探る、基礎研究として実施した。

画面全体に水滴のようなものが付着した状態や、複数の対象が同時に存在したときのそれらの相互影響、中心視野と周辺視野において人の知覚特性に影響を与える画像特徴の解析などをおこなった。これらの結果は、腹腔鏡手術映像における、治療支援のための手術ナビゲーションシステムを効果的に利用するための基礎的な資料として有用と考える。

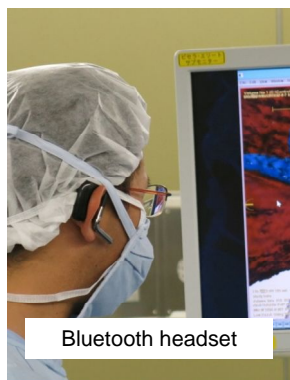
項目(c)に関する成果

項目(a)と(b)に関連して、手術ナビゲーションシステムを効率よく操作するための補助システムを検討した。内視鏡手術のように狭い術野での手術をおこなう場合、手前にある臓器などで見えない部位の血管走行状況を確認することが重要である。それを支援する技術として、医療用ナビゲーションシステムが重要視されている。外科手術ナビゲーションシステムを使う事で、患者の臓器形状や血管の走行位置などの情報、事前にセグメンテーションした情報をボリュームレンダリング等で可視化し、執刀医が術中にそれを参照できる。内視鏡手術の場合、カメラの位置や向きを位置センサにより取得し、自動的にナビゲーションシステムの表示をそのカメラ位置と向きに同期させることがおこなわれている。しかしながら、執刀医は様々な視点位置から関心領域を観察する必要があるため、ナビゲーションシステムを手動で操作することになる。ナビゲーションシステムの操作は、一般的にはマウスやキーボードを利用する。執刀医が直接的にナビゲーションシステムを操作するためには、それらデバイスの滅菌処理や手術器具を一旦手放すということが必要となるため、現実的にはナビゲーションシステムの操作を他者に委託することとなる。これに対して我々は、執刀医が直接的にナビゲーションシステムを操作する手段として、音声認識とジェスチャ認識を利用した方法を開発した。

提案した音声操作システムでは、音声命令による基本的な視点操作や事前に登録した血管名ラベルへの視点操作を実現した。またジェスチャによる操作システムでは、手指による視点の回転や移動を実現した。音声認識に基づく操作システムは、実際の手術現場で試用し評価した。手術現場では様々な機械音や、手術術野を妨げないように利用したヘッドセットの音質などが理由で、音声の認識率



(a)



(b)

図4 音声操作ナビゲーションシステム実験の様子

(a)ナビゲーション画面と腹腔鏡映像,(b)ヘッドセットを装着している様子

は約85%であったが、認識された結果や、認識された音声に基づいてどのような処理をおこなったかを執刀医が目視できる様にしたことで、ナビゲーションシステムの利便性が上げられるとの評価を得た。実際の利用時の様子を図4に示す。

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 4件)

Akihiro Ito, Yuichi Ito, Shigeru Matsushima, Daisuke Tsuchida, Mai Ogasawara, Junichi Hasegawa, Kazunari Misawa, Eisaku Kondo, Norio Kaneda, Hayao Nakanishi: "New whole-body multimodality imaging of gastric cancer peritoneal metastasis combining fluorescence imaging with ICG-labeled antibody and MRI in mice", *Gastric Cancer*, 17, 3, pp.497-507, Springer (2014.07) (査読有)
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24288123>

久徳 遙矢, 出口 大輔, 高橋 友和, 目加田 慶人, 井手 一郎, 村瀬 洋: "カメラ間の位置関係に基づく画像間距離系列を用いた車載カメラ映像データベース検索による自車位置推定", *電気学会論文誌 C*, 134(5),

pp.702-710, 2014/05/01 (査読有)

https://www.jstage.jst.go.jp/article/iejeiss/134/5/134_702/_article/-char/ja/

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*, J95-D, No.11, pp.1973-1982, 2012/11/01 (査読有)

http://search.ieice.org/bin/summary.php?id=j95-d_11_1973

道満 恵介, 出口 大輔, 高橋 友和, 目加田 慶人, 井手 一郎, 村瀬 洋, 玉津 幸政, "コントラスト特徴とアピランス特徴の統合による道路標識の視認性推定", *電子情報通信学会論文誌*, J95-D, No.1, pp.122-130, 2012/01/01 (査読有)

<http://search.ieice.org/bin/index.php?category=D&lang=J&vol=J95-D&num=1&abst=>

〔学会発表〕(計 15件)

佐藤 淳史, 道満 恵介, 目加田 慶人, 三澤 一成, 森 健策: "非接触型デバイスによる手術ナビゲーションシステム操作", 2015年電子情報通信学会総合大会講演論文集, vol.情報・システム2, D-16-11, p.151, Mar. 15, 2015 (於:立命館大びわこ・くさつキャンパス)

河田 祐希, 久野 雅人, 加藤 健太, 道満 恵介, 目加田 慶人: "肝血管の位置を考慮した転移性肝臓がんCT画像の生成", 平成26年度電気関係学会東海支部連合大会, G4-4, Sept. 8, 2014 (於:中京大名古屋キャンパス)

佐藤 健司, 道満 恵介, 目加田 慶人, 三澤 一成, 森 健策: "時空間特徴照合による腹腔鏡手術映像へのタグ付け", 第33回日本医用画像工学会大会(JAMIT), OP3-1, July 26, 2014 (於:東京慈恵会医科大)

Kensaku Mori, Masayasu Hirata, Tetsuro Matsuzaki, Masahiro Oda, Takayuki Kitasaka, Kazunari Misawa, Yuichiro Hayashi, Yoshito Mekada, "Development of laparoscope surgery navigation system activated by utterance of anatomical name based on automated anatomical name recognition of abdominal blood vessels", *International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery*, Vol.9, Sup.1, pp.S353-S354 (Computer Assisted Radiology and Surgery (CARS) 2014, Fukuoka International Convention Center, Fukuoka, JAPAN, June 27, 2014)

Keisuke Doman, Daisuke Deguchi, Tomokazu Takahashi, Yoshito Mekada, Ichiro Ide, Hiroshi Murase, Utsushi Sakai: "Estimation of Traffic Sign Visibility Considering Local and Global Features in a Driving Environment", *Proceedings of*

2014 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV2014), pp.202-207, June 9, 2014, Dearborn, USA

Masayasu Hirata, Keisuke Doman, Yoshito Mekada, Kazunari Misawa, Tetsuro Matsuzaki, Kensaku Mori: "Surgical navigation system operation using Japanese speech recognition voice-activated viewpoint control using anatomical name", Proc. of 2014 Int. Workshop on Advanced Image Technology (IWAIT), no.36, pp.518-521, Jan. 7, 2014 (於: The Sukosol Hotel, Bangkok, Thailand)

平田 正保, 松崎 哲朗, 道満 恵介, 目加田 慶人, 三澤 一成, 森 健策: "音声認識を利用したナビゲーションシステムの操作 ~ 解剖学的名称による視点移動動作 ~", 第22回日本コンピュータ外科学会大会講演論文集, 13 (XIV)-60, Sept. 15, 2013 (於: 東大 本郷キャンパス)

佐藤 健司, 道満 恵介, 目加田 慶人, 三澤 一成, 森 健策: "検索対象の継続時間を考慮した腹腔鏡手術映像のタグ付け", 第22回日本コンピュータ外科学会大会講演論文集, 13 (III)-12, Sept. 15, 2013 (於: 東大 本郷キャンパス)

佐藤健司, 渡辺春茄, 目加田慶人, 村瀬洋, 連続 DP マッチングによる X 線 CT 画像の関心領域位置合わせ, 日本医用画像工学会大会論文集, PP02-17, 1-5 (2013/7/3)東京.

Brahmastro Kresnaraman, Tomonari Yoshida, Keisuke Doman, Tomokazu Takahashi, Yoshito Mekada, Hiroshi Murase, Estimating Grayscale Face Image from Thermal Image Using Canonical Correlation Analysis, Proceedings of the 2013 International Workshop on Advanced Image Technology, p.781, Student Poster Session, Jan. 8, 2013, Nagoya.

佐藤健司, 目加田慶人, 森 健策, 三澤一成, 映像間照合による腹腔鏡手術シーン検索に関する検討, 日本コンピュータ外科学会誌, Vol.14, No.3, pp.300-301, 2012.11.3, 徳島あわぎんホール

平田正保, 目加田慶人, 森 健策, 音声認識インタフェースを用いたナビゲーションシステム, 日本コンピュータ外科学会誌, Vol.14, No.3, pp.296-297, 2012.11.3, 徳島あわぎんホール

Yoshito Mekada, Toward Semantic Understanding of Laparoscopic Surgery, Proceedings of 18th Korea-Japan Joint Workshop on Frontiers of Computer Vision, pp.40-42, Feb. 2, 2012(招待講演) Kawasaki International Center

Ryoh Fujita, Yoshito Mekada, Automated Liver segmentation from portal phase X-ray CT images by estimating CT value distribution and spatial distribution, Proceedings of 18th Korea-Japan Joint

Workshop on Frontiers of Computer Vision, pp.53- 56 , Feb. 2, 2012, Kawasaki International Center

Hidenori Miyata, Yoshito Mekada, Kensaku Mori, Kazunari Misawa, Estimation of procedure in laparoscopic surgery by k-means clustering of weighted 3D color histogram, Proceedings of the 2012 International Workshop on Advanced Image Technology, pp.30-33, Jan. 10, 2012 (ベトナム, ホーチミン市)

〔図書〕(計 2件)

Ryunosuke Tanishige, Daisuke Deguchi, Keisuke Doman, Yoshito Mekada, Ichiro Ide, Hiroshi Murase, Naoki Nitanda: "Driver Adaptive Prediction for Pedestrian Detectability using In-Vehicle Camera Image", 6th Biennial Workshop on Digital Signal Processing for In-Vehicle Systems (DSP 2013), Curran Associates, Inc., pp.26-30, 2014/08/01

目加田慶人(分担執筆, 共同編集) 監修 藤田 広志, 石田 隆行, 桂川 茂彦, 共編 原武史, 目加田 慶人, 加野 亜紀子, 羽石 秀昭, 実践 医用画像解析ハンドブック, pp.234-235, pp.249-253, オーム社(2012)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0件)

取得状況(計 0件)

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

目加田 慶人 (MEKADA YOSHITO)

中京大学・工学部・教授

研究者番号: 00282377

(2) 研究分担者

長谷川 純一 (HASEGAWA JUN-ICHI)

中京大学・工学部・教授

研究者番号: 30126891

村瀬 洋 (MURASE HIROSHI)

名古屋大学大学院・情報科学研究科・教授

研究者番号: 90362293

北坂 孝幸 (KITASAKA TAKAYUKI)

愛知工業大学・経営情報学部・准教授

研究者番号: 00362294