

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24年6月1日現在

機関番号：14401

研究種目：基盤研究（A）

研究期間：2009～2011

課題番号：21240016

研究課題名（和文）

プライバシー・センシティブな視覚情報のセンシングと保護処理

研究課題名（英文）

Sensing and Protection for Visual Privacy-Sensitive Information

研究代表者

馬場口 登 (BABAGUCHI NOBORU)

大阪大学・大学院工学研究科・教授

研究者番号：30156541

研究成果の概要（和文）：画像・映像などの視覚情報には、被写体の顔に代表されるプライバシー・センシティブな情報 PSI が含まれている。本研究では、1) PSI とその保護に関する基礎的考察、2) モバイルカメラで得られる視覚情報からの PSI の分離・抽出、3) 自然なプライバシー保護映像・画像の作成、4) プライバシー保護映像の配信、について研究を行い、最終的に、モバイルセンシングシステムを試作して実時間で動作することを確認した。

研究成果の概要（英文）：Visual information of images and videos contains privacy-sensitive information (PSI) such as human faces. This research has investigated 1) relationship between PSI and its protection procedure, 2) extraction of PSI from visual information given by mobile cameras, 3) generation of natural and privacy-protected images and videos, 4) delivery of privacy-protected videos, and 5) prototyping of mobile sensing system with real-time privacy protection function.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	13,300,000	3,990,000	17,290,000
2010年度	11,300,000	3,390,000	14,690,000
2011年度	11,400,000	3,420,000	14,820,000
年度			
年度			
総計	36,000,000	10,800,000	46,800,000

研究分野：画像・映像処理、マルチメディア

科研費の分科・細目：情報学・知覚情報処理・知能ロボティクス

キーワード：視覚情報、プライバシー保護、プライバシー・センシティブ情報、視覚的抽象化、モバイルカメラ、注目領域、撮影者の意図、映像配信

1. 研究開始当初の背景

研究代表者は、映像サーベイランスを安心安全な社会システムとして定着させるために、プライバシー保護機能を有するサーベイランスシステム PriSurv の構築に関するプロジェクト（H18-H20 年度に実施）を進めてきた。

PriSurv は、被写体と観察者の関係に応じて、観察者の見るプライバシー保護画像が変化するという特徴的機能を持つ（図書[1]）。

さて、PriSurv は、固定カメラを前提に、画像中からのプライバシー・センシティブな情報 PSI (Privacy-Sensitive Information) の分離抽出から、その保護処理に至る全プロセスにおいて背景モデル・画像を最大限利用するシステムといえる。しかしながら、固定カメラからモバイルカメラに应用対象を移すと、もはや背景モデル・画像は使えなくなり、視覚情報に対し新たな PSI の分離抽出や保護の枠組を考慮する必要がある。

よって、モバイルカメラを対象にフレーミングやカメラモーションに基づき、PSI を分離抽出し、それを保護するメカニズムを実現し、デジタルカメラ、ビデオカメラ、携帯カメラにプライバシー保護機能を追加し、画像映像コンテンツを安心できる形式で流通させる基盤技術を研究開発することが重要となってきた。

2. 研究の目的

インターネットや携帯ネットを通して、大量の画像・映像などの視覚情報が流通しているが、視覚情報には、被写体の顔に代表されるプライバシー・センシティブな情報 PSI が含まれている。この PSI は、画像・映像情報の流通、共有において、プライバシー侵害の危険性をはらみ、この対策が喫緊の課題である。本研究の目的は、主にモバイルカメラを通して得られる視覚情報から PSI を分離し、PSI を保護する画像処理法を確立することである。

3. 研究の方法

(1) PSI とその保護に関する基礎的考察

誰が、いつ、どのような状況でどんな情報 (PSI) を見ればプライバシーの侵害となりうるについて公共空間という場を設定して検討した。次に、PSI の隠蔽によるプライバシー保護可能性を調べた。PSI の隠蔽手法として視覚的抽象化を採用し、被写体の静止人物像に抽象化オペレータ (エッジ、塗りつぶし、モザイク、ぼかしなど) を施し、被験者と被写体の親密度など心理学的な観点からも結果を考察した(図書[1])。

ところで、顔に対する視覚的抽象化処理であるぼかしや塗りつぶしなどが、画像内での顔のサイズや角度に関してどの程度プライバシー保護に寄与するかは詳細に検討されてこなかった。そこで本研究では、プライバシー保護の有効性を定量的に評価するために ID 可到達性という尺度を提案し、アンケート調査によってさまざまなプライバシー保護処理手法の有効性を検証した。ID 可到達性は、アンケート調査の被験者のうち、あるプライバシー保護処理手法を適用した画像中の人物を特定できたか被験者の割合により定義される。このとき、被験者が画像中の人物にどの程度慣れ親しんでいるか (親密度)、画像中の人物が特徴的か (特徴度)、を考慮する。ここでは、顔領域に対するぼかし、エッジ、塗りつぶしの 3 種類のプライバシー保護処理手法を調査対象とした。さらに、プライバシー保護処理が適用されていない場合、どの程度の大きさで撮影されると ID 可到達となるかを明らかにするために、画像をさまざまな大きさにリサイズし、ID 可到達性を調査した(学会発表[4])。

(2) モバイルカメラ映像からの PSI の分離・抽出

モバイルカメラ映像にはさまざまな PSI が含まれるが、本研究では人物像の全体 (外見) を対象としたプライバシー保護を考える。モバイルカメラ映像には、撮影者の意図を伝えるために不可欠な人物 (意図人物) と偶然映像に映り込んだ人物 (非意図人物) が存在し、すべての人物の外見に対してモザイクなどのプライバシー保護を適用すると、撮影者の意図が第三者に伝わらない可能性がある。

そこで本研究では、撮影者の意図を考慮したプライバシー保護対象人物の決定のために、意図人物の検出手法を提案した(雑誌論文[1], 学会発表[12,13,15,17])。意図人物検出では、撮影者の意図が人物の動きに対するカメラの動きに反映されると考え、人物検出により検出された映像中の人物に対して、その人物の軌跡やカメラの動きに関する特徴量を抽出する。具体的には、人物の映像中での位置、大きさ、カメラの動きと人物の動きの類似度などを特徴量として利用する。意図人物と非意図人物の識別では、サポートベクターマシンを事前に意図人物と非意図人物の正解が付与された映像から学習し、この識別器を利用して意図人物を識別する。最後に意図人物のみを検出結果として出力する。

(3) 自然なプライバシー保護映像・画像の作成

モバイルカメラで撮影される映像の多くは、YouTube などの動画共有サービスへの投稿など、映像の視聴を目的として撮影されることから、プライバシー保護には撮影者の意図を保持することに加え、生成された映像が視覚的に自然であることが求められる。

本研究では、非意図人物の視覚的に自然なプライバシー保護に向けて、シームカービングに基づくプライバシー保護処理手法(学会発表[12])、及び背景推定に基づくプライバシー保護処理手法(学会発表[13])を提案した。前者は、視覚的な不自然さが目立たないように選ばれた 1 画素の幅の帯を画像から除去することで、画像のサイズを縮小するシームカービングを応用し、非意図人物を含む画素を優先的に選択することにより非意図人物を除去し、プライバシーを保護する。後者は、撮影シーンの背景のうち、人物により遮蔽された領域が、他のフレームには撮影されていると考え、遮蔽された領域を他のフレームから補うことで背景推定を実現し、推定された背景に対して意図人物のみを重畳することで非意図人物のプライバシー保護を実現した。

一方、具体的な応用として、医療現場での患者映像の共有システムにおけるプライバシー保護画像を検討し、人物像や背景の抽象化、人物の仮想物体化などを組み込み、自然

な保護画像生成を実現した(雑誌論文[2])。

(4) モバイルセンシングシステムの試作

モバイルカメラ映像におけるPSIの漏えいリスクを低減するためには、撮影の時点でのプライバシー保護処理が望ましい。本研究では、(2)の成果をもとに、撮影される映像に対して実時間でプライバシー保護処理を適用するシステムを試作した(学会発表[2,3])。(2)で用いた人物検出は、計算量が大きく実時間処理には不向きであるため、計算量が少ない肌色検出を利用して映像中の人物を検出する。肌色検出では誤検出が増加するため、意図人物間の空間的な関係(意図人物の映像内での大きさはほぼ同じになるなど)を利用することで、誤検出増加の影響を抑える。また、カメラの動きの算出は計算量が多いため、特徴量として、人物の軌跡に加え、カメラの動きの代わりに慣性計測デバイスから得られる加速度・角速度のサンプルを利用する。さらに特徴量の次元削減手法により計算量の低減を図った。

(5) プライバシー保護映像の配信

カメラ映像を配信する際には、被写体のプライバシーを保護するために、モザイク等のプライバシー保護処理が施された映像を配信する必要がある。一方、犯罪の容疑者が写っている可能性がある場合や、保護者が自分の子供を見守ることを想定した場合などのように、原映像を復元できる仕組みが必要になる場合もある。このように原映像を復元できるプライバシー保護処理を、可逆型プライバシー保護処理と呼ぶ。本研究では、離散ウェーブレット変換(Discrete Wavelet Transform: DWT)と情報ハイディングの技術を併用することにより、可逆型プライバシー保護処理を施す手法を開発した(雑誌論文[4])。

まず、原映像から被写体領域を抽出するとともに、背景映像を作成する。次に被写体領域に対してDWTを施し、低解像度成分と高解像度成分を生成する。低解像度成分を拡大するとモザイク処理を施したような映像を作成できる。これを背景映像に重畳し、配信するためのプライバシー保護映像を作成する。高解像度成分の情報は、情報ハイディングの手法を用いて配信映像内に埋め込む。埋め込んだ高解像度成分を抽出できる観察者は、以上の逆の操作を辿ることにより復元映像を生成できる。

代表者らは、観察者と被写体の関係に応じて被写体の見え方を変える仕組みが提案している(図書[1])。このような映像を配信するために、映像配信サーバが観察者と被写体の全ての組合せに対してプライバシー保護映像を生成することは、サーバの負荷を考

と適切ではない。本研究では、映像配信サーバは単一のプライバシー保護処理を施した後、プライバシー保護映像を配信し、観察者が自身の端末上で自らの権限に応じて、ボックス、エッジ、モザイクといったプライバシー保護映像を生成できる手法を開発した(学会発表[1,5,7])。

まず、原映像から被写体領域を抽出して、背景映像を作成する。この背景映像が配信用映像となる。次に、被写体領域に対してDWTを施し、高解像度成分と低解像度成分を生成する。これらの情報を、被写体領域の位置情報とともに、情報ハイディングの手法を用いて配信映像内に埋め込む。

埋め込み情報へのアクセス制御により閲覧権限を観察者ごとに設定でき、観察者に応じたプライバシー保護映像の生成が可能となる。各プライバシー保護映像を生成するのに必要な情報を表1に示す。

	低解像度成分	高解像度成分	位置情報
透明化映像(配信映像)	×	×	×
ボックス表示映像	×	×	○
エッジ処理映像	×	○	○
モザイク処理映像	○	×	○
実写の復元映像	○	○	○

○:必要 ×:不要

表1: プライバシー保護映像の生成に必要な情報

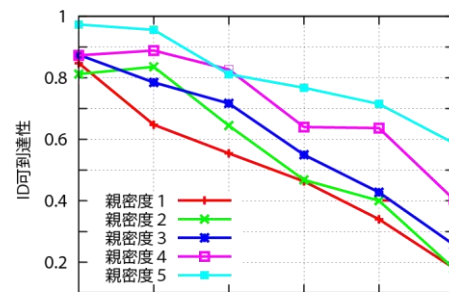


図1: ぼかしの強さとID可到達性の関係

4. 研究成果

(1) PSIとその保護に関する基礎的考察

図1に代表的なプライバシー保護処理であるぼかしについて、ぼかしの強さを変化させた場合のID可到達性を108人の被験者により評価した結果を示す。親密度は被験者が5段階(5が最も親密)で主観的に決定した。図1から、親密度が高い場合には強いぼかしを適用した場合でもプライバシー保護の効

果が小さいことが明らかとなった。

(2) モバイルカメラ映像からの PSI の分離・抽出

意図人物検出の性能を 20 本、各 1 分程度の映像を利用して評価した。評価尺度は、1 フレームあたりの意図人物の誤検出数と正しく検出できた意図人物の全意図人物に対する割合とした。結果を図 2 に示す。これより、例えば 1 フレームあたりの意図人物の誤検出数が 0.5 のとき、57%の意図人物を正しく検出可能であることがわかる。

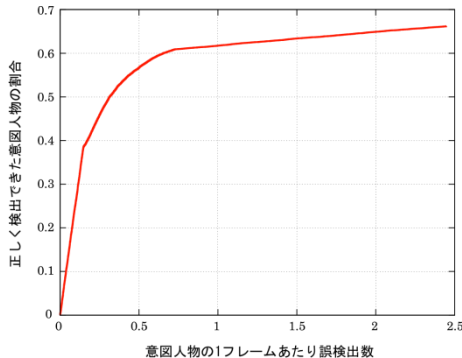


図 2：意図人物検出性能の評価結果

(3) 自然なプライバシー保護映像・画像の作成

図 3(b)に、図 3(a)の映像フレームに対してシームカービングに基づくプライバシー保護処理手法を適用した結果を得られた映像フレーム例を示す。図 3(a)中の赤枠で示す人物は非意図人物である。

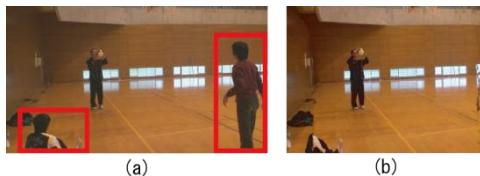


図 3：(a)元の映像フレームと(b)シームカービングに基づくプライバシー保護処理の適用結果



図 4：(a)元の映像フレームと(b)背景推定に基づくプライバシー保護処理の適用結果

この手法では、非意図人物の大部分が除去可能であったが、一部はそのまま表示されており、さらにフレーム間の時間的な連続性が失われるため、映像として不自然なものであ

った。図 4(b)は、図 4(a)に対して背景推定に基づくプライバシー保護を適用した結果である。この手法では、多くの場合、動く非意図人物は除去可能であった。これより、モバイルカメラ映像においても、固定カメラと同様に背景モデルを利用するアプローチが有効であることが示唆された。

(4) モバイルセンシングシステムの試作

実時間でプライバシー保護処理を適用するシステムの試作機を作成し、性能を評価した。この試作機を図 5 に示す。試作機は、慣性計測デバイスとカメラ、ノートパソコンで構成され、プライバシー保護処理された映像は PC のディスプレイ上に表示される。試作機では、640×360 画素の映像に対して 1 フレームあたり 45.52 ミリ秒で処理可能であった。これはフレームレートが 21.97fps 以下である時、実時間でプライバシー保護処理可能であることを示す。1 フレームあたりの誤検出数と正しく検出できた意図人物の割合はそれぞれ 0.68 と 0.69 であった。

モバイルカメラ映像に対し、実時間でプライバシー保護機能が作動するセンシングシステムは世界に類例がなく本研究の重要な成果である。

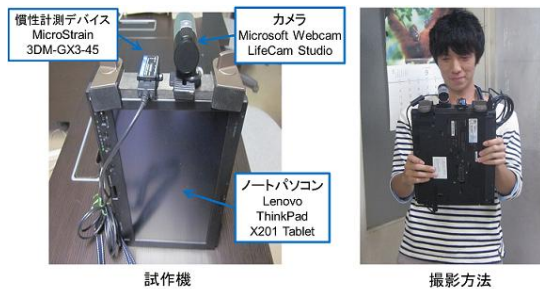


図 5：試作機と撮影の様子

(5) プライバシー保護映像の配信

開発した可逆型プライバシー保護処理手法を様々な映像に対して適用し、復元映像の劣化の程度、及び映像復元のために配信映像に埋め込む情報の量(bit 数)の観点から評価した。復元映像の PSNR は量子化幅が 10 までの場合はおよそ 30 以上であり、劣化の程度の小さい復元が可能であることを示した。また、映像復元のために必要な埋め込むべき情報の量は、1 画素あたり 3bit 未満であり、非常に少ない情報を埋め込むだけで可逆型プライバシー保護処理を可能とすることを示した。

また、観察者の権限に応じたプライバシー保護映像の配信に関して、観察者の端末で生成されたプライバシー保護映像を、原映像と配信映像とともに図 6 に示す。上の場合と同様に、復元映像の劣化の程度、及び映像復元のために配信映像に埋め込む情報の量の観

点から評価したところ、復元映像の PSNR は量子化幅が 5 までの場合はおよそ 30 以上であるが、6~10 の場合は 30 を下回っていた。映像復元のために必要な埋め込むべき情報の量は、1 画素あたり 3~8bit 程度であり、先の手法と比べてより多くの情報を埋め込む必要があることがわかった。今後、情報ハイディング法の改良と共に、結託耐性の詳細を検討していきたい。

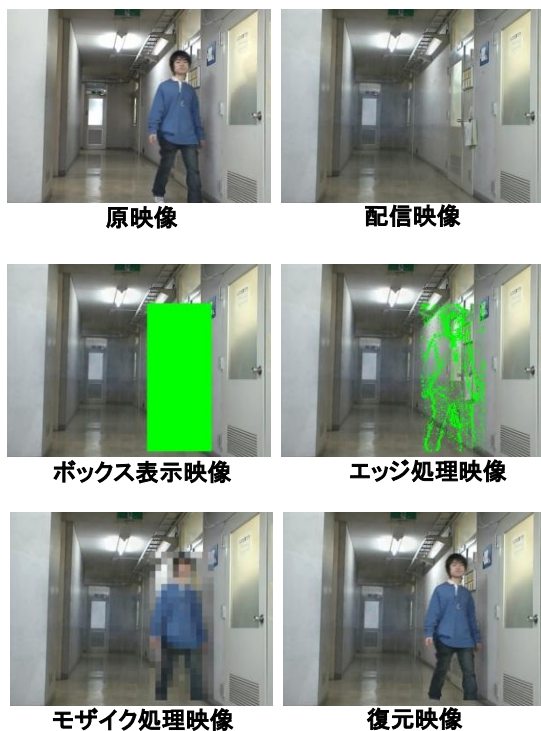


図 6: 開発した手法で生成したプライバシー保護映像、及び原映像と配信映像

本研究を通し、代表者のグループは視覚情報のプライバシー保護関連研究において、国内外に認知され、多くの招待講演(学会発表[10,11,16])、依頼原稿執筆(図書[1]、雑誌論文[3])、IEEE 論文誌ゲストエディターなどの活動を行ったことを付記する。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 4 件)

- [1] Yuta Nakashima, Noboru Babaguchi, and Jianping Fan, “Intended Human Object Detection for Automatically Protecting Privacy in Mobile Video Surveillance,” *Multimedia Systems*, volume 8, issue 2, pp. 157-173, 2012 (査読有), Online Published: August 2011, DOI: 10.1007/s00530-011-0244-y
- [2] Jinye Peng, Noboru Babaguchi, Hangzai Luo, Yuli Gao, and Jianping Fan, “Constructing Distributed Hippocratic Video Databases for Privacy-Preserving

Online Patient Training and Counseling,” *IEEE Trans. Information Technology in Biomedicine*, Vol.14, No.4, pp.1014-1026, July 2010(査読有), DOI: 10.1109/TITB.2009.2029695.

[3] 馬場口登, “視覚的なプライバシー・センシティブ情報とその処理,” 「監視社会におけるプライバシー保護のあり方特集号」, *システム/制御/情報*, Vol. 54, No. 6, pp. 242-247, June 2010, (執筆依頼有, 査読無)

[4] Guangzhen Li, Yoshimichi Ito, Xiaoyi Yu, Naoko Nitta, and Noboru Babaguchi, “Recoverable Privacy Protection for Video Content Distribution,” Special Issue: Enhancing Privacy Protection in Multimedia Systems, *EURASIP Journal on Information Security*, Online Published: January 2010, (査読有), DOI:10.1155/2009/293031

〔学会発表〕(計 17 件)

[1] Naoya Fukuoka, Yoshimichi Ito, and Noboru Babaguchi, “Delivery Method for Viewer-Specific Privacy Protected Video Using Discrete Wavelet Transform,” in *Proceedings of IEEE International Conference on Image Processing*, 4pages, Florida, U.S.A., September 30, 2012 (to appear)

[2] Tatsuya Koyama, Yuta Nakashima, and Noboru Babaguchi, “Markov Random Field-Based Real-Time Detection of Intentionally-Captured Persons,” in *Proceeding of IEEE International Conference on Image Processing*, 4 pages, Florida, U.S.A., September 30, 2012 (to appear)

[3] 小山達也, 中島悠太, 馬場口登, “意図人物の識別に基づくプライバシー保護処理映像のリアルタイム生成システム,” 画像の認識理解シンポジウム(MIRU 2012), 8pages, 福岡国際会議場, August 6, 2012 (To appear)

[4] 中島悠太, 池野知顕, 馬場口登, “顔画像に対するプライバシー保護処理の有効性の定量的評価,” 電子情報通信学会技術研究報告, EMM2012, 6pages, 北海道工業大学, July 19, 2012(to appear)

[5] 福岡直也, 伊藤義道, 馬場口登, “結託耐性を有する観察者の権限に応じたプライバシー保護映像の配信手法,” 電子情報通信学会技術研究報告, EMM2011-68, pp. 25-28, 大阪大学, March 16, 2012

[6] Yuta Nakashima and Noboru Babaguchi, “Extracting Intentionally Captured Regions Using Point Trajectories,” in *Proceeding of ACM International Conference on Multimedia*

2011, pp. 1417-1420, Arizona, U.S.A., November 28, 2011,
DOI:10.1145/2072298.2072029

[7] 福岡直也, 伊藤義道, 馬場口登, “観察者に応じたプライバシー保護映像を生成可能な映像配信手法,” 第10回情報科学技術フォーラム(FIT2011), RK-006, pp. 97-100, 函館大学, September 7, 2011<第一著者, FIT ヤングリサーチャー賞受賞>

[8] 上柿普史, 中島悠太, 馬場口登, “カメラの動きと映像特徴からの撮影者が意図した領域の推定,” 画像の認識・理解シンポジウム(MIRU 2011), IS4-54, pp. 1645-1652, 金沢市文化ホール, July 22, 2011

[9] Yuta Nakashima, Noboru Babaguchi, and Jianping Fan, “Automatic Generation of Privacy-Protected Videos Using Background Estimation,” in Proceeding of IEEE International Conference on Multimedia and Expo 2011, 6pages, Barcelona, Spain, July 11, 2011, DOI: 10.1109/ICME.2011.6011955

[10] 馬場口登, “権利保護のためのマルチメディア処理,” 電子情報通信学会技術研究報告, EMM2011-3, pp. 11-16, 国立情報学研究所, May 30, 2011<招待講演>

[11] Noboru Babaguchi, “Visual Processing for Privacy-Sensitive Information,” DISI Seminar Series, University of Trento, Italy, October 29, 2010<invited lecture>

[12] Yuta Nakashima, Noboru Babaguchi, and Jianping Fan, “Automatically Protecting Privacy in Consumer Generated Videos Using Intended Human Object Detector,” in Proceeding of ACM International Conference on Multimedia 2010, pp. 1135-1138, Firenze, Italy, October 25, 2010, DOI:10.1145/1873951.1874169

[13] Hiroshi Uegaki, Yuta Nakashima, and Noboru Babaguchi, “Discriminating Intended Human Objects in Consumer Videos,” in Proceeding of 2010 International Conference on Pattern Recognition, pp. 4380-4383, Istanbul, Turkey, August 23, 2010, DOI: 10.1109/ICPR.2010.1065

[14] Yuta Nakashima, Noboru Babaguchi, and Jianping Fan, “Detecting Intended Human Objects in Human-Captured Videos,” in Proceeding of 2010 Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshop 2010, 8pages, California, U.S.A., June 13, 2010, DOI: 10.1109/CVPRW.2010.5543721

[15] 中島悠太, 上柿普史, 馬場口登, “映像中の撮影者が意図した人物被写体の検出,” 電子情報通信学会 2010年総合大会, D-12-41, p.

152, 東北大学, March 19, 2010

[16] 馬場口登, “映像サーベイランスとプライバシー保護,” 第8回情報科学技術フォーラム(FIT2009), イベント企画「マルチメディア情報ハイディングの最新応用技術と今後の展望」, 東北工業大学, September 2, 2009<招待講演>

[17] 上柿普史, 中島悠太, 馬場口登, “映像特徴に基づく撮影者が意図した人物被写体の推定,” 第8回情報科学技術フォーラム, K-046, pp. 639-642, 東北工業大学, September 2, 2009

[図書] (計1件)

[1] Noboru Babaguchi, Takashi Koshimizu, Ichiro Umata, and Tomoji Toriyama, “Psychological Study for Designing Privacy Protected Video Surveillance System: PriSurv,” Protecting Privacy in Video Surveillance, eds A. Senior, Book Chapter, Springer Verlag, pp. 147-164, 2009

[その他]

ホームページ「プライバシー・センシティブな視覚情報のセンシングと保護処理」
<http://www2c.comm.eng.osaka-u.ac.jp/proj/psi/index.html>

6. 研究組織

(1)研究代表者

馬場口 登 (BABAGUCHI NOBORU)
大阪大学・大学院工学研究科・教授
研究者番号：30156541

(2)研究分担者

なし

(3)連携研究者

新田 直子 (NITTA NAOKO)
大阪大学・大学院工学研究科・講師
研究者番号：00379132

伊藤 義道 (ITO YOSHIMICHI)
大阪大学・大学院工学研究科・助教
研究者番号：10263203