

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 6 日現在

機関番号：62615

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2012～2013

課題番号：24650044

研究課題名(和文)カメラによる写りこみを防止するプライバシーバイザーの研究

研究課題名(英文)Research on Preventing Unauthorized Face Image Detection

研究代表者

越前 功(Echizen, Isao)

国立情報学研究所・コンテンツ科学研究系・教授

研究者番号：30462188

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,600,000円、(間接経費) 780,000円

研究成果の概要(和文)：カメラ付き携帯端末の普及や顔認識技術の進展により、無断で撮影・開示された写真を通じて、被撮影者がいつ・どこにいたかという情報が暴露されることになり、被撮影者のプライバシー保護が求められている。従来手法は被撮影者の顔面の隠ぺいや着色により顔面を変える必要があるため、物理空間における人対人のコミュニケーションに支障をきたすという問題があった。本研究では、被撮影者のプライバシーを保護するために、人間の視覚とデジタルカメラの撮像デバイスの感度特性の違いを利用したウェアラブルデバイスを被撮影者が着用することで、人の視覚に違和感を与えずに、撮影された画像からの人物の同定を不能にする手法を検討する。

研究成果の概要(英文)：A method is proposed for preventing privacy invasion through unintentional capture of facial images. Prevention methods such as covering the face and painting particular patterns on the face are effective but hinder face-to-face communication. The proposed method overcomes this problem through the use of a device worn on the face that transmits near-infrared signals that are picked up by camera image sensors, which makes the face in captured images undetectable. The device is similar in appearance to a pair of eyeglasses, and the signals cannot be seen by the human eye, so face-to-face communication is not hindered. Testing of a prototype "privacy visor" showed that it can effectively prevent privacy invasion via face detection by corrupting the facial images.

研究分野：情報学

科研費の分科・細目：メディア情報学・データベース

キーワード：プライバシー保護 顔認識 顔検出

1. 研究開始当初の背景

カメラ付き携帯端末により、当事者に無断で撮影された写真や、意図せず写りこんだ写真が、撮影者により SNS などに開示されることで、当事者のプライバシーが侵害されることが社会問題となっている。撮影時に撮影場所・時間などの撮影情報（ジオタグ）をメタデータとして写真に付加する携帯端末の普及や、Google images などの類似画像検索技術の進展により、公開されている当事者の写真から当事者がいつ・どこにいたかという情報が無断で開示された写真を通じて暴露されることになり、盗撮やカメラの写りこみによるプライバシー侵害を防止する本質的な対策が求められている。従来手法に、顔面を物理的に隠すことで、他人のカメラへの写りこみを防ぐ手法や、顔面に特殊なパターンを描き、顔認識を失敗させることで個人の同定を防ぐ手法があるが、いずれの手法も、顔面の大部分の隠ぺいや着色が必要なため、物理空間における人対人のコミュニケーションに支障をきたすという問題があった。本研究では、撮影による人物のプライバシーを保護するために、既存のデジタルカメラに新たな機能を追加することなく、人間の視覚とデジタルカメラの撮像デバイスの感度特性の違いを利用することで、人の視覚には影響を与えずに、撮影時のみ人物の同定を不能にする方式を確立する。

2. 研究の目的

[目的 1]人間とデバイスの分光感度特性の違いを利用したプライバシー保護手法の原理確立：人間の視覚とデジタルカメラの撮像デバイスの分光感度特性の違いに着目し、人の視覚には影響を与えずにイメージセンサに反応する近赤外線をノイズ光源として人間の顔面に装着することで、撮影された顔画像の劣化により、画像検索による個人の同定を防ぐ手法を確立する。

[目的 2] 自然な人対人コミュニケーションを実現するプライバシーバイザーの実現：目的 1 で検討した手法をウェアラブルデバイスとして実装し、多様な撮影環境に対する撮影画像の妨害評価および画像検索時のエラー率評価を通じて、自然なコミュニケーションを維持しながら、画像検索による個人の同定を効果的に防ぐプライバシーバイザーを開発する。

3. 研究の方法

(1) [目的 1]で述べた目的を実現するために、[課題 1-1]人間とデバイスの感度特性の分析による最適なノイズ光源の検討に取り組む。また、撮影時のノイズ効果の向上や顔認識を効果的に失敗させるためには、顔面上のノイズ光源の配置が重要な課題となる。そこで、[課題 1-2]ノイズ光源の配置によるプライバシー保護効果の向上の検討に取り組む。

(2) [目的 2]で述べた目的を実現するために、[課題 2-1]プライバシーバイザーの基本実装および[課題 2-2]自然なコミュニケーションとプライバシー保護を両立するプライバシーバイザーの実現に取り組む。

4. 研究成果

平成 24 年度は、[目的 1]人間とデバイスの分光感度特性の違いを利用したプライバシー保護手法の原理確立の検討を行った。具体的には下記の 2 つの課題に取り組んだ。

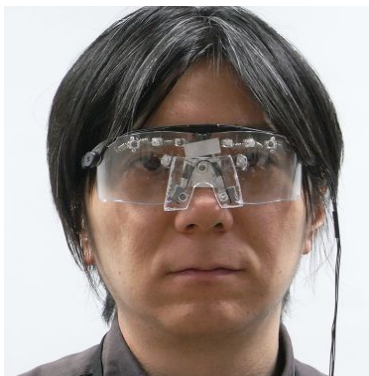
[課題 1-1]人間とデバイスの感度特性の分析による最適なノイズ光源の検討：ノイズ光源に用いる近赤外線 LED の分光感度特性はスペクトルに幅を持つため、ピーク波長が可視域に近すぎると人間の目に赤色として知覚される。逆にピーク波長が可視域から離れすぎるとカメラ撮影時のノイズ効果が弱まる。さらに、LED の放射角が狭い場合には、放射角度内での妨害は強くなるが、斜めからの人物撮影に対して妨害効果が弱くなる。逆に放射角が広い場合には、斜めからの撮影に対して妨害効果は高くなるが、放射角度内での妨害効果は弱くなる。そこで LED の基本種別（砲弾型 or 反射型）・ピーク波長・スペクトル幅、人間の視覚・撮像デバイス（CCD, CMOS など）の感度特性のデータから人間の目による知覚度合いと任意の撮影角度・距離における撮像デバイスのノイズ効果の度合いをシミュレートするツールを開発し、当該ツールに基づいて、最適な近赤外線 LED を選定した。

[課題 1-2]ノイズ光源の配置によるプライバシー保護効果の向上の検討：[課題 1-1]で選定したノイズ光源（近赤外線 LED）の顔面上の配置によるノイズ効果の向上や顔認識のエラー率の向上を検討した。顔認識時に必要な特徴量である、顔を構成する目、鼻、口の相対位置や大きさ、目や鼻やほお骨やあごの形を変化させるように光源を配置し、主観評価実験（ITU-R 二重刺激法）により撮影した顔の妨害効果を検証するとともに、顔認識処理によるエラー率を測定した。当該検証においてノイズ効果の向上が認められない場合を想定して、個々の光源が独立にランダム点滅するケースについても主観評価実験によりノイズ効果の向上が認められるか検証した。

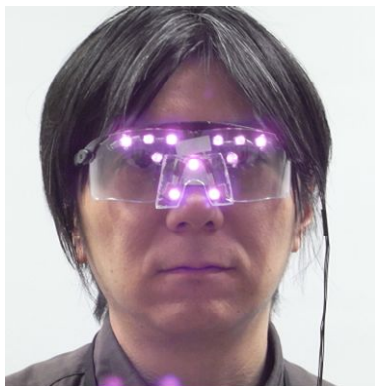
平成 25 年度は、[目的 2]自然な人対人コミュニケーションを実現するプライバシーバイザーの実現の検討を行った。具体的には下記の 2 つの課題に取り組んだ。

[課題 2-1]プライバシーバイザーの基本実装：平成 24 年度に検討した人間とデバイスの分光感度特性の違いを利用したプライバシー保護手法を、ウェアラブルデバイス（プライバシーバイザー）として人間に適用した。

プライバシーバイザー着用による視覚的な違和感を低減するために、ノイズによる顔面の妨害効果を維持しながら、ノイズ光源により顔面が隠れる割合をできるだけ削減する必要がある。そこで、眼鏡やゴーグルなど人間が通常時に着用する物に対して、近赤外光源を組み込むことで、プライバシーバイザーの実装を行った(図1)。



(b) ノイズ消灯時



(b) ノイズ点灯時

図1 プライバシーバイザーの着用例

以下にプライバシーバイザーを構成する近赤外線 LED とゴーグルの詳細について述べる。

(1) 近赤外線 LED

近赤外線 LED の特性として、近赤外線 LED の照射出力が高い場合には、カメラ撮影時のノイズ効果は強まるが、人間の目に近赤外線が知覚されやすくなる。逆に照射出力が低い場合には、人間の目には知覚されないが、ノイズ効果は弱まる。さらに、近赤外線 LED の放射角が狭い場合には、放射角度内での妨害は強くなるが、斜めからの人物撮影に対して妨害効果が弱くなる。逆に放射角が広い場合には、斜めからの撮影に対して妨害効果は高くなるが、放射角度内での妨害効果は弱くなる。そこで、近赤外線 LED の基本種別(砲弾型、反射型、レンズ付きチップ型)、ピーク波長、スペクトル幅などの条件変えながら、人間の目による知覚度合いと近赤外線 LED の撮影角度・距離における撮像デバイスのノイズ効果についての予備評価を行い、表1に示すピー

ク波長 870nm のレンズ付きチップ型近赤外線 LED を採用した。

プライバシーバイザーは、近赤外 LED 発光のために高い消費電力(22.2W)を必要とする。一般的な LED の発光効率は、1年に30 lm/W 強の向上を目指しているが、230 lm/W が物理限界と考えられている[27]。プライバシーバイザーで使用した近赤外 LED の発光効率は 157 lm/W であることから、全光束は、 $3485.4 (=157 \times 22.2)$ lm となる。今後、73(=230 - 157) lm/W の発光効率向上の余地があり、これは3年で達成可能であると考えられ、3年後に発光効率が 230 lm/W の近赤外 LED を使用して 3485.4 lm の光束を維持した場合に必要な消費電力は、 $15.2W (3485.4/230)$ と見積ることができる。しかしながら、携帯性を考慮すると可能な限り低い消費電力となるように改良して行くことが求められる。

(2) ゴーグル

近赤外線 LED の人体への着用には着脱が容易な市販のゴーグルを採用した。撮影時のノイズ効果の向上や顔認識を効果的に妨害するためには、顔面上の赤外線源の配置が重要な課題となる。近赤外線 LED の配置(位置や個数)については、顔検出器の分析結果に基づき、市販のゴーグルに 11 個の近赤外線 LED (鼻筋の周辺: 2 個、両目の周辺: 9 個(瞼の両側: 6 個、瞳の両側: 2 個、眉間: 1 個))を取り付けている。写りこみは顔の正面方向からだけでなく斜め方向からも生じるため、顔の斜め方向からも写りこみを防止する必要がある。そこで、ゴーグルの最上部に取り付けた瞼の両側 3 列 6 個の近赤外線 LED については、レンズ面の法線方向に配置することとし、着用者の正面方向に対して各列の近赤外線 LED がそれぞれ 0° 、 20° 、 30° となるように近赤外線 LED を取り付けた。

[課題 2-2]自然なコミュニケーションとプライバシー保護を両立するプライバシーバイザーの実現: 室内および室外などの多様な物理環境で[課題 2-1]で実装したプライバシーバイザーを評価者に着用してもらい、人対人のコミュニケーションに及ぼす影響度合を SD 法(Semantic Differential scale method)により評価した。評価の結果、プライバシーバイザーの着用は、未着用時および眼鏡着用時の印象と比較すると、若干“重い”印象を与えるものの、大きく印象を変えることはなく、人対人のコミュニケーションに支障を与えることはないことが判明した。さらに、デジタルカメラによる撮影画像の写り込みを効果的に防止することを示すために、プライバシーバイザーを着用した 10 人の被験者をデジタルカメラ(1/2.3-inch CCD: 有効画素数約 1000 万画素)を用いて異なる角度(正面と斜め方向(10° 、 20°)), 距離(1 m ~ 22 m (1 m 単位))で撮影した画像を使用し、ブ

プライバシーバイザーの妨害効果（顔検出による検出人数）を評価した。評価の結果、いずれの撮影角度、撮影距離においても、検出人数は0人であり、プライバシーバイザーがデジタルカメラを用いた写りこみによるプライバシー侵害を効果的に防止していることが判明した。

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1件）

山田隆行，合志清一，越前 功，“人間とデバイスの感度の違いを利用した撮影画像からの顔検出防止手法”，情報処理学会論文誌，Vol.55, No. 1, pp. 531-541, (2014年) <特選論文>

〔学会発表〕（計3件）

T. Yamada, S. Gohshi, and I. Echizen, “Privacy Visor: Method for Preventing Face Image Detection by Using Differences in Human and Device Sensitivity,” Proc. of the 14th Joint IFIP TC6 and TC11 Conference on Communications and Multimedia Security (CMS 2013), short paper, LNCS 8099, pp. 152-161, Springer, Magdeburg, GERMANY (2013)

T. Yamada, S. Gohshi, and I. Echizen, “Privacy visor: wearable device for preventing privacy invasion through face recognition from camera images,” Proc. of the 2013 International Workshop on Advanced Image Technology 2013 (IWAIT2013), pp. 90-93, Nagoya, JAPAN (2013)<招待講演>

T. Yamada, S. Gohshi, and I. Echizen, “Use of invisible noise signals to prevent privacy invasion through face recognition from camera images,” Proc. of the ACM Multimedia 2012 (ACM MM 2012), pp.1315-1316, Nara, JAPAN (2012)

〔図書〕（計0件）

〔産業財産権〕

出願状況（計0件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況（計0件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等
<http://research.nii.ac.jp/~iechizen/official/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

越前 功 (ECHIZEN ISAO)

国立情報学研究所・

コンテンツ科学研究系・教授

研究者番号：30462188

(2) 研究分担者

該当なし

(3) 連携研究者

該当なし