

モーションキャプチャを用いた撮影検知システムの構築と評価

藤川真樹¹ 森輝瑠² 寺田賢治²

¹総合警備保障(株) ²徳島大学

【代表】135-0014 東京都江東区石島2-14

あらまし スマートフォンやデジタルカメラの普及拡大とともに、撮影による情報の不正な持ち出しが報告されている。我々は、人間の動きに着目することで撮影という行為を系統的に検知できることを調査し、ディスプレイに表示されているコンテンツを撮影していることを迅速に検知できるシステムを開発した。また、このシステムは、カメラを固定する治具を用いた撮影を検知するとともに、誤検知や検知漏れを抑制するアルゴリズムを搭載している。システムの検知性能を検証するために実施した実験では、高い検知精度をマークした。

Proposal of the Shooting Detection System using Motion Capture Device

Masaki Fujikawa¹ Hikaru Mori² Kenji Terada²

¹Sohgo Security Services Co., Ltd. ²The University of Tokushima
(representative) Ishijima 2-14, Koto-ku, Tokyo 135-0014 JAPAN

Abstract With the expanded use of the smartphone and digital camera, unauthorized bringing out of information by photo/video shooting is reported. The authors have investigated whether detection of photo/video recording is possible focusing on the motion of a person and the feasibility of a system that quickly detects recording of the contents displayed on the screen. The system detects a camera held in one hand, both hands, and a fixing device, and uses algorithms to prevent erroneous detection and missed detection. In the experiments conducted for verification of the detection capability of the prototype system, highly accurate detection capability was demonstrated.

1 はじめに

スマートフォンやデジタルカメラの普及拡大によって動画や静止画の撮影が手軽にできるようになったが、その一方で撮影による情報の不正な持ち出しが報告されている[1]。主として、情報の持ち出しは従業員によって行われており、パソコンのディスプレイに表示されているコンテンツを撮影したあと、オンライン・ストレージへのアップロードやメモリへの保存という方法でコンテンツを持ち出している。

著者らは、オンスクリーン・コンテンツの撮影に対抗するために2つの方法を提案しており[2]、実運用では両方を使うことを推奨している。1つは「ディスプレイ表面に貼り付けることができる透明な赤外線発光シート」であり、もう1つは「撮影行為を検知できるシステム」である。前者は、撮影によって静止画像や動画像として保存されたコンテンツを判読不能にすることを目的としており、デジタルカメラに内蔵されているイメージセンサが赤外線を光として認

識することを利用して、コンテンツが写っている静止画像や動画像に光学的なノイズを含ませるものであるⁱ。後者は、前者の方法を無力化する撮影方法ⁱⁱに対抗することを目的としており、ディスプレイの近傍に存在する人間の動きに注目して撮影行為を検知するものである。今回著者らは、後者のシステムの実現可能性を研究したためその詳細を紹介するとともに、実験によってプロトタイプを検知性能を評価する。

2 準備

2.1 関連する研究との違い

文献[3]は、著者らと同じ目的を持った研究である。撮影されたコンテンツを判読不能にするために、ディスプレイの表面から赤外線を照

ⁱ これは、人間の目では赤外線が発光している様子を確認できないが、デジタルカメラを使うとその様子を容易に確認できるという現象を応用したものである。

ⁱⁱ つまり、赤外線をカットしつつ可視光のみを透過させる光学フィルタを用いてディスプレイに表示されているコンテンツを撮影することで、光学的なノイズを含まない静止画像や動画像を得ることができる方法。

射するというアイデアは同じである。著者らの研究との違いは、赤外線をカットできる光学フィルタを用いた撮影に対抗するためのアプローチである。文献[3]では、光学フィルタが赤外線のみを鏡面反射することを利用し、赤外線の再帰反射をディスプレイ側（ディスプレイ下部に設置された赤外線カメラ）で検知することで、レンズの前面に取り付けられた光学フィルタの存在を検知する（図1参照）。

確かに、上記のアプローチは赤外線を反射するタイプの光学フィルタの存在を検知できる。しかし、光学フィルタには赤外線を吸収するタイプのものがあり[4]、赤外線の再帰反射がほとんどないことから、当該フィルタの存在を検知することは困難であると考えられる。さらに、一眼レフデジタルカメラのように、イメージセンサの前面に反射型の光学フィルタが内蔵されているカメラの場合、光学フィルタの面積は微小であるため、赤外線カメラが赤外線の再帰反射を十分に捉えるのは困難であると考えられる（図2参照）。

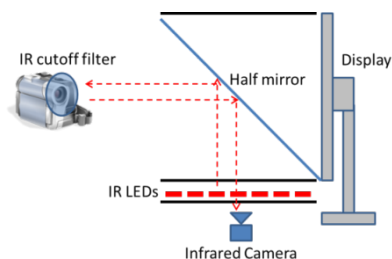


図1 赤外線カットフィルタの検知

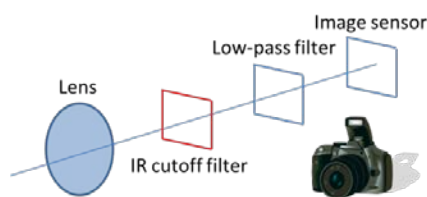


図2 一眼レフカメラの光学系

これまで著者らは、文献[3]と同じようにディスプレイ側から赤外線を照射し、ディスプレイの近傍に存在する光学フィルタや一眼レフカメラを検知できる手法を模索してきたⁱⁱⁱ。しかし、メガネのレンズやネームプレートを誤って

ⁱⁱⁱ ディスプレイにカメラを設置して赤外線分光画像を撮影し、画像処理を用いて上記を検知する方法[5]。

検知するなど、実運用において課題があることがわかった。このため著者らはアプローチを変え、人間の動きに着目することで、撮影のための動きを系統的に検知できるか否かを調査した。その結果、ディスプレイに表示されているコンテンツを撮影する人は必ずといってよいほど、撮影されたコンテンツにブレが含まれないようにするために、片手や両手、三脚などを用いてカメラを保持することがわかった。

最近では、人の動きを非接触かつ高速に計測できる技術があるため、これを用いて上記のようにしてカメラを保持していることをデジタル的に捉えることができれば、著者らが目的とするシステムを構築できる。市場では、人の体にマーカーをつけなくても手や足の動きをデジタル情報として細かく捉えることができるシステム(Kinect)が比較的安価に販売されている[6]。このため著者らは、本研究の実現可能性を探るためにKinectを採用するとともに、Kinectが捉える3次元距離情報を用いて撮影のための動き(カメラの保持)を検知するプロトタイプを開発する。なお、このアプローチは、撮影のための動きを包括的に検知しようとするものであるため、光学カットフィルタや一眼レフカメラを用いた撮影にも有効であると考えている。

2.2 考察1(撮影が行われやすい環境)

最近のオフィスでは、従業員がいつ、どのコンテンツにアクセスしたのかをログとして記録している。このため、撮影による情報の持ち出しは、夜間や休日といった目立ちやすい時間帯よりも、オフィスアワーといった目立ちにくい時間帯に行われると考えてよい^{iv}。また、撮影は、デスクワークを装うなどして周囲の人に気づかれないように行われると考えられる^v。これらの仮説をもとにして、著者らは、勤務中の従業員がデスクワークのために着席しているときに撮影が行われやすいと考え、当該環境における人間の体の動きをデジタル的に捉えること

^{iv} 事実、従業員による情報の持ち出しの多くは、オフィスアワーに行われている[7]。

^v 立って撮影せずに座った状態で撮影する、など。

でカメラの保持を検知する。

2.3 考察 2(カメラの保持)

人間は、片手や両手、三脚を用いてカメラを保持しようとする時、必ずといってよいほどカメラを保持した腕や三脚が自然に体よりも前に位置する。これは、カメラのファインダー（のぞき窓または液晶画面）の中に被写体が映っていることを無意識のうちに確認しようとするためである vi。また、人間はパソコンを用いてデスクワークをしているときにはキーボードやマウスを操作するため、体よりも前にある机の上に腕を置いていることが多い。このため、体よりも前（すなわち、ディスプレイ寄り）の領域において、直線成分が含まれる物体が現れたあと、その物体の動きがしばらくの間動きが止まっている場合には、腕または三脚を用いてカメラを保持している疑いが高いと判断して、ディスプレイの電源をオフにするなどして積極的にコンテンツを保護することが望ましい。

一方、人間はデスクワーク中に頬杖をつくことがあるが、このような前腕部の動きによってコンテンツが誤って保護されると業務の効率が低下する。このため、頬杖を誤って検知しない仕組みをシステムに取り入れる必要がある。

2.4 前提条件

- カメラの保持を検知できる範囲はモーションキャプチャの仕様に依存する。前節で述べた環境における人の体の動きを捉えるために near mode（Kinect から約 40cm～3m の範囲内にあるものを検知）を採用する。
- 著者らは、Kinect の標準ソフトウェアである体の骨格検出アプリケーションを使用しない。これは、当該アプリケーションは人間の大きなジェスチャーとポーズを捉えることができるが、身体の各部位の動きやその形状、表面の凹凸といった細かな情報を捉えることができないからである。本研究は、人間の骨格情報を用いて撮影ジェスチャーや撮

vi デスクワークのために着席している場合には、机の上に肘を置いたり小型の三脚を設置したりするため、上記の動きが顕著に表れやすい。

影ポーズを認識するという安易なものではないことに留意されたい。

- 著者らは、片手や両手、固定治具（三脚など）を用いたカメラの保持を研究の対象とし、これ以外の撮影方法は研究の対象としない vii。

3 プロトタイプの開発

3.1 システム構成

図 3 に、提案システムを構成するハードウェアを示す。提案システムでは、従業員が普段使用しているディスプレイとパソコンをシステムの一部として使用する。ディスプレイの上部には、パソコンに接続された Kinect を設置する。ディスプレイの上部に Kinect を設置する理由は、Kinect の持つ検知範囲（水平方向約 57 度、垂直方向約 43 度）を有効に利用するためである。

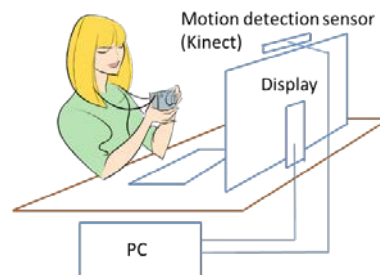


図 3 提案システムのハードウェア構成

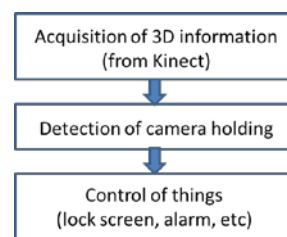


図 4 提案システムのソフトウェア構成

パソコンには、図 4 に示すように Kinect から 3 次元情報を取得する機能、カメラの保持を検知する機能、およびソフトウェアやハードウェアを制御する機能をもつソフトウェアをインストールする。ソフトウェアは Kinect から 3 次元情報を取得するとともに、カメラの保持を検知すると、コンテンツを保護するためにディ

vii たとえば、服やメガネに超小型のカメラを取り付けて撮影する、望遠レンズを取り付けたカメラを自席から離れた場所に設置して自席から遠隔操作しながら撮影するなど。

スプレイの電源をオフにしたり、撮影を検知したことを管理者に電子メールで伝えたりする。

3.2 カメラの保持を検知するソフトウェア

本節では、提案システムの中核を成している、カメラの保持を検知するソフトウェアについて説明する。このソフトウェアは図4の中央に位置するものであり、**図5**に示すように4つのプロセスから構成される。

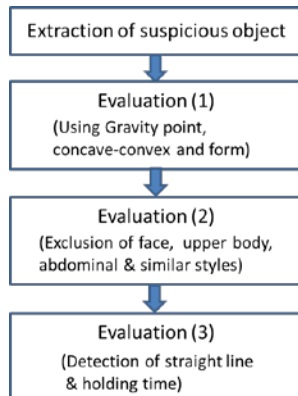


図5 ソフトウェアを構成する4つのプロセス

3次元情報を取得したソフトウェアは、Evaluation (1)においてディスプレイの直近に出現した3次元物体について、その重心、形状、表面の凹凸に着目することでカメラを保持している前腕部または三脚であることの確からしさを評価する。なお、Evaluation (1)では前腕部以外の身体部位を前腕部であると評価することがあるため、Evaluation (2)において再評価するとともに頬杖といったカメラの保持と似た姿勢や形でないことを確認する。Evaluation (3)では、Evaluation (2)において選出された3次元物体について、直線成分の含有と滞留時間を計測することでカメラを保持している前腕部または三脚であるか否かを判断する。

3.2.1 Extraction of suspicious object

このプロセスでは、Kinect から連続的に取得する3次元情報を逐次距離画像に変換するとともに、ディスプレイの直近に出現した3次元物体を、カメラを保持している前腕部または三脚であると仮定して、当該物体の領域を距離画像から抽出する。距離画像とは、**図6**および**図7**の右側に示すように、奥行き情報（Z軸方向の

情報）を256階調の濃淡画像に変換したものである。図6に示す距離画像の場合にはカメラ付き携帯電話と手を含む領域が、図7に示す距離画像の場合には頭が、それぞれ3次元物体として抽出される。

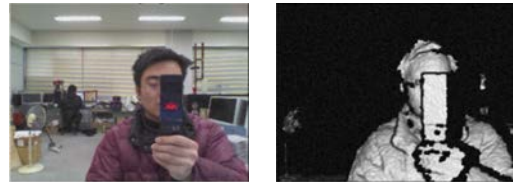


図6 カメラ付き携帯電話を保持する人

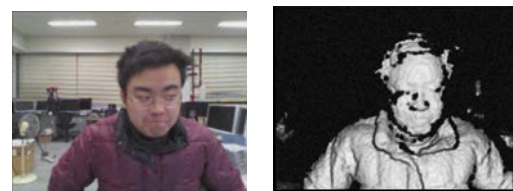


図7 頭を突き出している人

3.2.2 Evaluation (1)

このプロセスでは、前節で抽出された3次元物体（距離画像の情報）を2段階の処理にかけることによって、カメラを保持している前腕部または三脚であることの確からしさを評価する。

1 段階目（重心による評価）：

前腕部は、その重心を中心として上下2つの領域に分割すると、それぞれの領域の面積差は少ない（これは、前腕部の傾き（垂直や水平、斜め）に依存しない）。このため、3次元物体（距離画像の情報）において重心を算出したあと、これを境として上下2つの領域に分割し、面積差が少ないか否かを調べる。もし、上記のような特徴がみられる場合には、抽出された3次元物体（距離画像の情報）は前腕部である確からしさが高いと判断して重みづけを行う。ちなみに、重心のy座標 Y_g は、以下の式によって導出される。 n は3次元物体の距離画像のピクセル数、 Y_i は1ピクセルごとのy座標である。

$$Y_g = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^{n-1} Y_i$$

2 段階目（形状と角度による評価）：

(a) 3次元物体（距離画像の情報）に着目し、距離情報が含まれない部分を境界として上

下2つの領域に大別できるか否かを調べる。なお、このように大別できるものとして頭と体がある。これは、距離情報の取得のために Kinect が照射した赤外線が顎によってブロックされるため、喉の部分の距離情報が取得しにくくなるためである。

- (b) (a)によって大別された領域について、下の領域が上の領域よりも大きく、上の領域が閾値よりも小さい場合（つまり、頭と体である場合）、それぞれの領域は前腕部または三脚である確からしさが低いと判断して重みづけを行わない。
- (c) 前腕部または三脚は、長方形のようにどちらかの1辺が他の辺よりも長い。このため、(a)によって大別されたそれぞれの領域について、長方形のような特徴を持っているか否かを調べる。もし、上記のような特徴がみられる場合には、前腕部または三脚である確からしさが高いと判断して重みづけを行う。
- (d) 前腕部または三脚は、凹凸があるパーツをもつ顔に比べて表面の凹凸が少ない。このため、(a)によって大別されたそれぞれの領域について角度の分布を調べる。これは、シェーディングと呼ばれる手法であり、領域を構成する微小平面（任意のピクセルと、隣接する3つのピクセルによって構成される平面）がもつ法線ベクトル \vec{N} と、光源ベクトル \vec{V} （Kinect から照射された赤外線）がなす角度を計算することによって得られる。もし、上記のような特徴がみられる場合には、前腕部または三脚である確からしさが高いと判断して重みづけを行う。ちなみに、隣接する3つのピクセル (x_1, y_1, z_1) , (x_2, y_2, z_2) , (x_3, y_3, z_3) から構成される微小平面がもつ法線ベクトル \vec{N} の x, y, z 成分は、それぞれ以下の式によって導出される。

$$N_x = (y_2 - y_1)(z_3 - z_2) - (z_2 - z_1)(y_3 - y_2)$$

$$N_y = (z_2 - z_1)(x_3 - x_2) - (x_2 - x_1)(z_3 - z_2)$$

$$N_z = (x_2 - x_1)(y_3 - y_2) - (y_2 - y_1)(x_3 - x_2)$$

また、光源ベクトル \vec{V} の x, y, z 成分は、0, 0, 1とみなすことができる。したがって、法線ベクトル \vec{N} と光線ベクトル \vec{V} のなす角 $\cos \theta$ は、以

下の式によって導出される。

$$\cos \theta = \frac{\vec{V} \cdot \vec{N}}{|\vec{N}|}$$

図8と図9は、(d)で計算された角度に対応する色を付けており、60度以下をグレー、60～80度を青、80度～90度を赤で表現している。

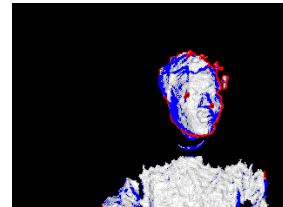


図8 頭と体。1段階目と2段階目の(b), (c), (d)により、前腕部/三脚である確からしさが低いと判断された。

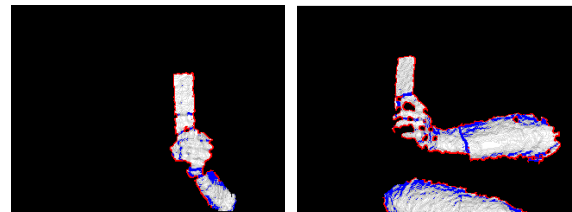


図9 カメラ付き携帯電話を持つ前腕部。右図の下部は左前腕部。1段階目と2段階目の(b), (c), (d)により、前腕部/三脚である確からしさが高いと判断された。

3.2.3 Evaluation (2)

着席している人間の姿勢は一定ではなく時々刻々と変化するため、Evaluation (1)によって評価された前腕部または三脚らしき3次元物体は、実はそれ以外の身体部位であることが少なくない。著者らの調査では、腕を除く上半身・頭部・腹部や、頬杖といったカメラの保持と似た姿を誤って前腕部と判断することがある。そこでEvaluation (2)では、3次元物体を再評価し、前腕部または三脚ではない場合には処理を中止して3次元情報の取得プロセスに戻る。

ケース1 (腕を除く上半身) :

図10(a)は両腕を後ろに回して着席している様子を捉えた距離画像であり、理解しやすくするために、距離情報をもつピクセルを白く着色している。通常、喉の部分の距離情報は取得しにくいですが、顔を上に向けたときに当該部分の距離情報が取得できることがある。この場合、Evaluation (1)の(a)によって当該部分に重心（図中の赤い点）が形成され、上下2つの領域の面積差が少ないために前腕部として評価され

る。再評価は次のように行う。白く着色した領域において、縦と横の長さの最大値 h, w と、上下2つの領域の境界をなすピクセルの数 c を求め、それぞれが閾値 $h1, w1, c1$ よりも大きい場合、腕を除く上半身であると判断する。

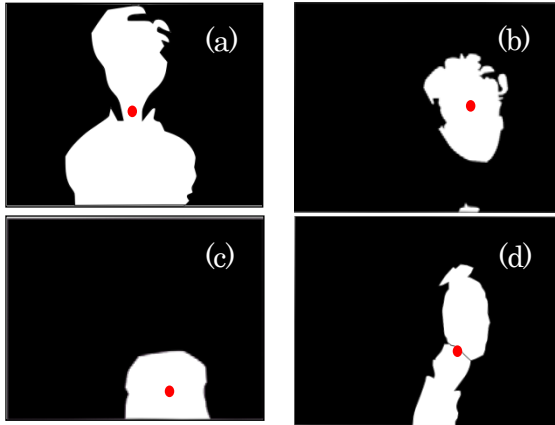


図 10 各ケースにおける画像とその重心

ケース 2 (頭部) :

図 10(b)はディスプレイに顔を近づけた様子を捉えた距離画像である(ケース1と同様に白く着色)。Evaluation (1)では、頭部(図中の大きな領域)の中心付近に重心(図中の赤い点)が形成される。ケース1と同様に、重心を境界とした上下2つの領域の面積差が少ないことから前腕部として評価される。再評価は次のように行う。長方形を縦長方向に使う領域を囲んだときの長辺 l と短辺 s 、長方形に含まれる白画素と黒画素の比 $ratio$ を求め、それぞれが閾値 $l1, s1, ratio1$ よりも大きい場合、頭部であると判断する。

ケース 3 (腹部) :

図 10(c)は上半身を反らしている様子を捉えた距離画像である(ケース1と同様に白く着色)。Evaluation (1)では、腹部の中心付近に重心(図中の赤い点)が形成される。ケース1と同様に、重心を境界とした上下2つの領域の面積差が少ないことから前腕部として評価される。再評価は次のように行う。長方形を横長方向に使う領域を囲んだときの長辺 l と短辺 s 、長方形に含まれる白画素と黒画素の比 $ratio$ を求め、それぞれが閾値 $l2, s2, ratio2$ よりも大きい場合、腹部であると判断する。

ケース 4 (頬杖) :

図 10(d)は頬杖をついている様子を捉えた距離画像である(ケース1と同様に白く着色)。Evaluation (1)では、図中の大きな領域(頭部と前腕部を含む領域)の中心付近に重心(図中の赤い点)が形成される。他のケースと同様に、重心を境界とした上下2つの領域の面積差は少ないことから前腕部として評価される。再評価は次のように行う。領域の縦の長さの最大値 h と、60度~80度の角度をもつピクセルの数 c (つまり、顔を形成するパーツ)を求め、それぞれが閾値 $h2, c2$ よりも大きい場合、頬杖であると判断する。

3.2.4 Evaluation (3)

このプロセスでは、Evaluation (2)において再評価され、ケース1からケース4に該当しないと判断された3次元物体について、直線成分の有無と当該成分が検出されている時間を調べることで、カメラを保持している前腕部または三脚であるか否かを判断する。直線成分の有無の調査は、ポピュラーな手法である Hough 変換により行う。そして、直線成分が検出されている時間が閾値 $time$ 以上になったときに、カメラを保持している可能性が高いと判断する。

4 実験

4.1 実験 1(片手・両手によるカメラの保持)

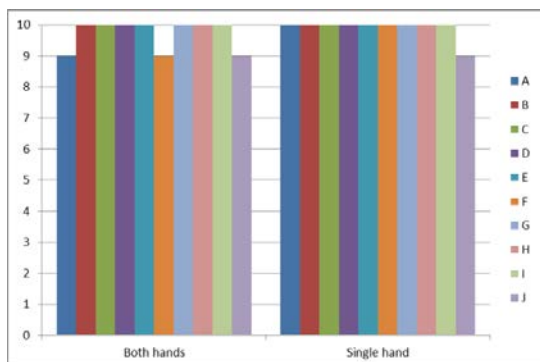
著者らは、被験者 10 人(A~J)に対して以下の要領でコンテンツを撮影するように指示した。なお、片手での保持、両手での保持ともに以下の要領を 10 回繰り返す。

着席したあと、普段使用している撮影機器(デジタルカメラまたはスマートフォン)を机の引き出しから取り出して保持し、目の前のディスプレイに表示されているコンテンツ(文字情報)を撮影する。その後、撮影機器を机の引き出しにしまって離席する。

表 1 は、10 回の撮影に対する検知回数を保持方法ごとに示した棒グラフであり、向かって左側が両手での保持を検知した回数を、右側が片手での保持を検知した回数を示している。なお、縦軸は 10 回の撮影に対する検知回数を、横軸は被験者を表している。プロトタイプは、高い検

知精度をもつことがわかる。

表 1 保持検知回数



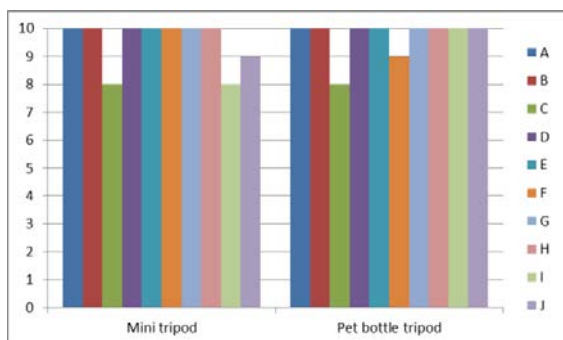
4.2 実験 2(固定治具によるカメラの保持)

著者らは、被験者 10 人 (A~J) に対して以下の要領でコンテンツを撮影するように指示した。なお、小型の三脚、ペットボトルを利用した三脚ともに以下の要領を 10 回繰り返す。

着席したあと、撮影装置 (固定治具で保持したコンパクトカメラ) を机の引き出しから取り出して机の上に設置し、目の前のディスプレイに表示されているコンテンツ (文字情報) を撮影する。その後、撮影装置を机の引き出しにしまって離席する。

表 2 は、10 回の撮影に対する検知回数を固定治具ごとに示した棒グラフであり、向かって左側が小型の三脚での撮影を検知した回数を、右側がペットボトルを利用した三脚での撮影を検知した回数を示している。なお、縦軸は 10 回の撮影に対する検知回数を、横軸は被験者を表している。プロトタイプは、実験 1 と同様に高い検知精度をもつことがわかる。

表 2 保持検知回数



5 考察

5.1 検知漏れとその理由

実験 1 と 2 でカメラの保持を検知できなかった理由として、Kinect の検知範囲の限界が挙げられる。著者らは、デスクワークにおける撮影 (ディスプレイの近傍にカメラが存在すること) を対象としていることから、Kinect の near mode を採用したが、保持を検知できなかったケースでは、いずれも Kinect からカメラまでの距離が 40cm 以下であり、距離情報が十分に取得できていないことがわかった。



図 11 カメラの保持を検知できたケース(上)と検知できなかったケース(下)。Kinect との距離が短すぎるため、カメラと手の部分の距離情報が欠落しているのがわかる。

5.2 検知を逃れる撮影方法とその対策

片手や両手、三脚によるカメラの保持は検知するが、頬杖を検知しないことに従業員が気づいた場合、図 12 に示すように頬杖と似たような姿勢をとりながら、ファインダーに映っている被写体を確認することなしにコンテンツを撮影することが考えられる。著者らの調査では、このような撮影で得られた複数の画像をもとにして、ディスプレイに表示されている文字情報 (A4 サイズ 1 ページ、2 段組みの文章) の 98% を把握できることが分かった。このような、カメラを手にした前腕部を頭部に接触させて撮影



図 12 頬杖を装った撮影方法

する方法への対策として、著者らはカメラの存在を検知する3つの方法を提案する(これらは、複合的に使用してよい)。

- (1) カメラの筐体に平面が含まれていることに注目して、低い角度をもつピクセルが連続的に存在する領域の有無を調査する。
- (2) カメラの筐体に円(レンズ)が含まれていることに着目して、Hough変換により円検出の可否を調査する。
- (3) 著者らの調査では、レンズの口径が大きなカメラの場合、筐体部分の距離情報は得られるがレンズ部分の距離情報が得られにくいことが分かった。このため、距離情報が得られている領域において、距離情報が欠落している領域の有無を調査する。

5.3 誤検知とデスクワークへの影響

著者らは、誤検知の原因となる体の動きを探るとともに、誤検知によるデスクワークへの影響を調べるために、以下の要領で実験を行った。

カメラを所持しない10人の被験者に対して、電子メールに関するオペレーション(10分間:メールの作成、編集、送受信など)と、ソフトウェアプログラミングに関するオペレーション(20分間:プログラムの作成、編集、デバッグなど)を実施させた。そして、オペレーション中に誤検知が発生した場合、その原因となる体の動きを把握するとともに、誤検知によってどの程度ストレスを感じたかをインタビューした。

以下に、その結果を示す。

誤検知の原因となる体の動き: 祈りをささげるように両手を組む、画面を指さす、両手で頭を抱える、といった動きを誤って検知した。これは、上記によって前腕部の直線成分が閾値 $time$ 以上検出されたためである。

ストレスの度合い: 誤検知によってディスプレイに表示されている情報が突然見られなくなる(つまり、オペレーションが中断してしまうこと)について、度合いの大小はあるものの被験者全員が「ストレスを感じた」と回答した。ストレスは業務効率を低下させる要因であることから、誤検知はデスクワークに影響をもたら

すものと考えられる。

現時点では、3.2.3で述べた4つのケースを検知の対象から外しているが、今後は5.2節で述べた3つのアルゴリズムと連携させることで上記のような前腕部の動きを検知の対象から外すとともに、ディスプレイに表示されているコンテンツの重要度に応じて閾値 $time$ を柔軟に変更できるアルゴリズムをプロトタイプに搭載することが必要であると考えられる。

6 まとめ

著者らは、撮影によるコンテンツの持ち出しに対抗するために2つの方法を提案しているが、本論文ではそのうちの1つであるカメラの保持を検知できるシステムを紹介した。プロトタイプを用いた実験では、片手や両手、三脚を用いたカメラの保持を高い精度で検知できることがわかった。著者らは、誤検知や検知漏れを抑制するために継続して改良を行う予定である。

参考文献

- [1] Daily Tech : Air Force One Flight Plan Blogged by Tokyo Air Traffic Controller, <http://www.dailytech.com/Air+Force+One+Flight+Plan+Blogged+by+Tokyo+Air+Traffic+Controller/article22691.htm>
- [2] Fujikawa M., Kamai R., Oda F., Moriyasu K., Fuchi S., Takeda Y., Mori H. and Terada K. : "Development of Countermeasure Systems for Content Leaks by Video Recording/Camera Shooting", The International Conference on Information Society (i-Society 2012) (2012.06).
- [3] National Institute of Informatics : Technology to prevent unauthorized copying of displays by utilizing differences in sensitivity between human beings and devices - Prevent disclosure of confidential and personal information through unauthorized copying of displays, <http://www.nii.ac.jp/en/news/2011/0704/>
- [4] Sumita Optical Glass, Inc : Near Infrared Absorption Filter, <http://www.sumita.opt.co.jp/en/functional/functional05.htm>
- [5] Fujikawa M., Akimoto J., Oda F., Moriyasu K., Fuchi S. and Takeda Y. : "Study of Countermeasures for Content Leaks by Video recording", The 6th International Conference on Availability, Reliability and Security (ARES 2011) -Industrial Track- (2011.08).
- [6] Microsoft : KINECT, <http://www.microsoft.com/en-us/kinectforwindows/>
- [7] Japan's black market for personal info...how safe are you? :<http://forum.gaijinpot.com/showthread.php?121846-Japan-s-black-market-for-personal-info-how-safe-are-you>