

映像盗撮防止方式における赤外フィルタ検知システムの提案

山田 隆行[†] 合志 清一[‡] 越前 功^{†¶}

[†]総合研究大学院大学 [‡]シャープ株式会社 [¶]国立情報学研究所

1. はじめに

近年、映画館や劇場などでスクリーンに表示された映像をデジタルカメラで違法に撮影する盗撮行為が問題となっている。盗撮された映像が、海賊版として露店で販売される事案や映像配信サイトで公開される事案が発生しており、著作権者に甚大な損害を与えている。日本国際映画著作権協会によると、2005年における映画の盗撮による国内損害額は約180億円であり、同年の日本における映画興行収入が約1980億円であることから収入の1割近く減少させていると指摘している[1]。映像の盗撮防止は、著作権保護に関わる本質的な対策であり、早急な措置が求められている。

映像盗撮防止の対策として、筆者らは先に、人間と撮像デバイスの分光感度特性の違いを利用して、撮影映像に近赤外線によるノイズを重畳することで映像の盗撮を直接的に防止する映像盗撮防止方式を提案した[2]。さらに、盗撮者が赤外カットフィルタを撮影装置に装着することで、当該方式のノイズを除去しながら盗撮を行う問題への対策として、フィルタの赤外鏡面反射特性を利用した赤外カットフィルタ検知方式を提案した[3]。しかしながら、上述の対策は、赤外線を吸収する性質を持つ赤外吸収フィルタに対しては、鏡面反射率が低いため、検知が困難という問題があった。

本論文では、フィルタ検知用の赤外光源として一定方向に高い軸放射強度を得られる反射型LEDを用いることで、赤外吸収フィルタも検知可能な改良方式を提案する。改良方式のフィルタ検知用光源は、ノイズ光源としても用いることが可能なため、検知光源とノイズ光源の一体化が可能であり、従来の検知方式に比べて簡易な構成でシステムを実現可能である。提案方式をB3スクリーンに組み込んだシステムを実装し、システム評価実験によりその有効性を確認した。

2. 従来のフィルタ検知方式の概要

映画の盗撮では、スクリーンなどの映像表示装置に投影された映画を撮影するために、撮影機器を映像表示装置の中心部に向けて一定時間固定する必要がある。そこで、次の3つの方法により、撮影機器の前面に取り付けられた赤外カットフィルタの検知を行う。

2.1 赤外カメラの設置位置

盗撮行為の目的を鑑みると、盗撮者は、映像フレームが撮影画面に大きく映るように、かつ、歪みの少ない状態で映像を撮影すると考えられる。つまり、撮影装置取り付けられた赤外カットフィルタ面の法線ベクトルは、映像

表示装置の中心部に向け一定時間固定される。そこで、映像表示装置裏面の中央部に設置することにより、効率的に赤外反射を検知することが可能となる。

2.2 検知用赤外光源の配置

赤外カメラを中心に複数の赤外光源を等間隔に配置する。これにより、赤外カットフィルタ左右上下の位置ずれに対応できる。また、赤外光源を配置する代表的な格子配置に正方格子と三角格子があり、長さ d の赤外カットフィルタを検出するためには、格子間の間隔 l_s, l_t は、それぞれ、 $l_s \leq \sqrt{2}d, l_t \leq \sqrt{3}d$ とする。

2.3 フィルタ検知アルゴリズム

赤外フィルタを検知するための手順を以下に示す。

Step1: 室内に最初からある反射物の排除

(a) 室内に視聴者がいない状態で撮影した映像

(b) 室内に視聴者がいる状態で撮影した映像

を差分処理し、室内に最初からある反射物を検知対象から排除する。

Step2: 動きを伴う反射物の排除

動き検出処理により、動きを伴う反射物と拡散反射物を検知対象から排除する。

Step3: フィルタリング処理による絞り込み

フィルタリング物の面積が設定したしきい値以上の反射物を赤外カットフィルタとして検知する。このとき、しきい値 T については、最後方に赤外カットフィルタを設置した際の鏡面反射の光の面積をフィルタとして検知可能な値に設定する。

このようにして、映像表示装置側にある赤外カメラを中心とした一定の領域に等間隔に配置された赤外光源から赤外線を照射して、映像表示装置の中心部に向け一定時間固定された赤外カットフィルタにより鏡面反射した赤外を映像表示装置側の裏面中央部に設置した赤外カメラにより検出することが可能となる。

3. 従来の検知方式の問題点

従来の検知方式では、2章に述べた方式を盗撮防止システムに実装するために、スクリーン背面に盗撮防止システムを構成する9つのノイズ用赤外光源(出力1.4Wの反射型LED+短波長カットフィルタ)の他に、可視域カットフィルタ(カットオフ波長870nmの短波長カットフィルタ)を装着した赤外カメラと、検知用赤外光源として波長940nm、出力0.14Wの砲弾型LEDをスクリーン背面に正方格子により配置した。このとき、検知対象とする赤外カットフィルタの形状を一辺の長さ $d=50\text{mm}$ の正方形フィルタと直径 $d=50\text{mm}$ の円形フィルタとし、式(4)より、配置間隔を $l_s=70\text{mm}$ とした。また、砲弾型LEDの配置領域のサイズについては、予備評価により、実装した100インチスクリーンにおいては、赤外カメラを中心とした6行6列の正方格子の領域に砲弾型LEDを配

“Method to detect Infrared filter of camcorder for re-shooting prevention.”

Takayuki Yamada[†], Seiichi Gohshi[‡] and Isao Echizen^{†¶}

[†]Graduate University for Advanced Studies

[‡]Sharp.Ltd., Display Systems Laboratories

[¶]National Institute of Informatics

置した。

従来方式では、上記に示したように盗撮防止方式に実装するために、ノイズ用赤外光源と検知用赤外光源に分け、検知用の光源には、実装上の容易性やコストを考慮して砲弾型 LED を採用したが、赤外吸収フィルタは、透過波長を制御する光学素子を使用しており、赤外反射率は赤外カットフィルタに比べて小さくガラス面と同様の反射率となる。このため、従来方式に採用した砲弾型 LED では検知を行うことが難しいという問題があった。そこで、赤外吸収フィルタが安定して検知できるように従来の検知システムに改良を加え B3 スクリーンでの実装を試みた。

4. 従来の検知システムの改良

従来システムによる赤外カメラの赤外吸収フィルタの反射映像を見ると、赤外吸収フィルタの反射率がガラス面と同様に小さいため映像の輝度値も小さくなり、スクリーンに向けて固定したガラス面との判別が困難であった。

しかしながら、予備評価により検知用赤外光源の出力をノイズ用赤外光源の出力程度に高めることで検知が可能になることが判明した。そこで、従来の検知システムに以下の改良を加える。

4.1 ノイズ用光源と検知用光源の一体化

赤外光源を砲弾型赤外 LED(波長 940nm, 出力 0.14W)からノイズ用光源に採用しているものと同様に出力の高い図 1 の左図に示す反射型赤外 LED(波長 870nm, 出力 1.4W)に変更する。ただし、赤外 LED はレーザーのような単波長光源ではなく、スペクトルに幅を持つ正規分布状の光源となるため、赤外ノイズ光源と同様前面にも短波長カットフィルタ付け視覚に影響を与える可視域をカットする必要がある。これにより、赤外ノイズ用光源と同一の構成となることから、図1の中図に示すように赤外ノイズ用光源と一体化することができる。

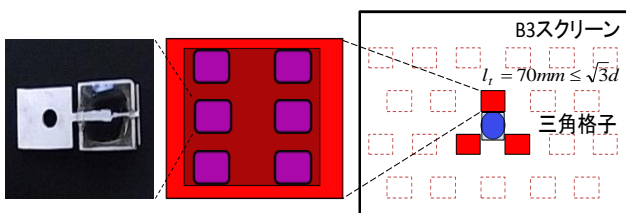


図1 赤外光源ユニットと配置

4.2 赤外光源ユニットの配置

一体化した赤外光源ユニットの配置は、長さ d の赤外吸収フィルタを検出可能できるように配置する必要がある。2.2 節で述べたように、代表的な平面配置には正方形格子と三角格子があるが、装置製作工数とコストを考慮して、図 1 の右図に示すように、一体化した赤外ユニットを三角格子に配置する。本論文では、小型暗室内に設置した B3 スクリーンでの実装であるため、小型暗室内の異なる 5 箇所に赤外吸収フィルタを装着したビデオカメラを設置し、各位置においてビデオカメラがスクリーン全体を最大面積になるように撮影した時に、赤外カメラが赤外光源ユニットの赤外吸収フィルタによる鏡面反射

を検知できるように赤外光源ユニットの配置領域を図のように決定した。

5. 評価実験

5.1 評価方法

映画館内を想定した次に示す反射物

(A) 館内設備: (1) プロジェクタ

(B) 観客持込み物: (2) ガラスコップ, (3) ペットボトル (手に持った場合も実施), (4) 時計, (5) 眼鏡

(C) 盗撮者持込み物: ビデオカメラ (6) 赤外吸収フィルタ装着, (7) 赤外カットフィルタ装着, (8) 非装着

を図 3 に示すように設置し、検知システムの能力を評価した。赤外フィルタの一边は 50mm であり、反射物を B3 スクリーンから 1500mm の距離に設置し、ビデオカメラは、スクリーン全体を最大面積になるように撮影する。フィルタ検知アルゴリズムの鏡面反射を判定する反射領域のしきい値 T は、小型暗室最後方に赤外吸収フィルタを設置した際の鏡面反射の面積より $T=500$ 画素とした。

5.2 評価結果

検知システムによる鏡面反射光の検知結果を図 4 に示す。図は、反射物に対し 2.3 節の検知アルゴリズムを用いて赤外カメラからにより取得した 2 種類の映像 (a) (b) を取得し、赤外光源の点滅除去、差分処理、動き検出による動き箇所排除、拡散反射箇所の排除を行ったものである。

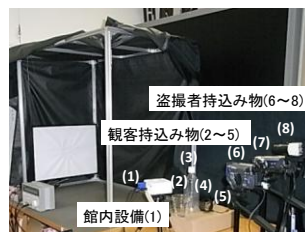


図3 反射物の配置



図4 検知結果

図に示す○は、鏡面反射領域の面積が $T=500$ 画素以上である箇所を示したものであり、ビデオカメラ(赤外フィルタ装着)の箇所と一致した。また、フィルタ検知に要した時間は約 1 秒であり高速な検知が可能であった。

6. まとめ

先に筆者らが提案した赤外カットフィルタ検知方式に改良を行い、これにより、従来方式では検知が難しかった赤外吸収フィルタも検知可能となった。今後は B3 スクリーンに実装したシステムを 100 インチスクリーンに実装する予定である。この場合には、複数の赤外光源ユニットが必要となるためコストが問題となり今後の課題である。

文献

- [1] 日本映画著作権協会(JIMCA)
<http://www.jimca.co.jp/jimca/index.html>
- [2] 山田ほか, “生体とデバイスの感度の違いを利用した映像の盗撮防止方式”, CSS2009 論文集, pp.715-720, 2009
- [3] 山田ほか, “映像盗撮防止方式における赤外カットフィルタ攻撃への対策”, CSS2010 論文集, pp.67-72, 2010