

# シースルータイプ有機 EL ディスプレイを用いた盗撮防止方式の提案

山田 隆行<sup>†</sup> 合志 清一<sup>‡</sup> 越前 功<sup>¶</sup>

<sup>†</sup>総合研究大学院大学 <sup>‡</sup>工学院大学 <sup>¶</sup>国立情報学研究所

## 1. はじめに

我々が日々入手・発信する個人情報や機密情報などのデジタル情報は、情報漏えいのリスクを常に抱えている。これらのリスクを回避するために、暗号を用いたデジタル情報の不正コピー防止技術が広く利用されてきたが、デジタル情報はディスプレイ表示によって一旦アナログ化されれば、撮像デバイスを用いて再度デジタル化できるため、上記の不正コピー防止技術は無効となる(アナログホール問題)。高品質な撮像デバイスを備えたデジタルカメラの普及により、アナログ情報を高品質なまま再デジタル化できる機会は増大しており、アナログホールを経由した情報漏えい問題が深刻化している[1]。上記問題への対策として、筆者らは、ディスプレイに表示された情報の盗撮を無効化する盗撮防止方式を提案した[2]。この方式は、人の視覚には影響を与えずにデジタルカメラの撮像デバイスにノイズを付加する近赤外線光源とハーフミラーにより構成された盗撮防止ユニットを既存のディスプレイの前面に設置することで、ディスプレイの表示領域全面に近赤外線ノイズを付加し、ディスプレイの盗撮を無効化するものである。本論文では、携帯端末に適した盗撮防止方式を提案する。具体的には、ディスプレイ表示部分が透明なシースルータイプ有機 EL ディスプレイを対象とすることで、従来方式よりも薄型かつ軽量の盗撮防止ユニットを提案する。提案方式を、上記ディスプレイを搭載した市販の携帯端末に実装し、システム評価実験によりその有効性を確認した。

## 2. 盗撮防止方式の概要

有機 EL ディスプレイは、有機化合物を塗った薄膜(発光素子)を電極(陽極と陰極)で挟み、電圧をかけることで自発光するディスプレイである。通常、ディスプレイ表面側の陽極には透明電極が用いられており、画素裏面の陰極は不透明な金属薄膜のため、透光性はないが、シースルータイプ有機 EL ディスプレイは、陰極(不透明)の線幅を狭くすることで、画素の一部に透光性をもたせて、シースルー化を実現したものである。提案方式は、シースルータイプ有機 EL ディスプレイの背面に近赤外線光源を装着することで、ディスプレイの表示領域全面に近赤外線ノイズを重畳し、ディスプレイの盗撮を無効化する。先に提案したディスプレイ盗撮防止方式と比べて、構造が簡易で薄型化が可能という特徴を持つ。

## 3. 盗撮防止方式の実装

提案方式を、シースルータイプ有機 EL ディスプレイ搭載した市販の携帯端末(Lenovo S800)に実装した。図 1 に実装した盗撮防止ユニットの外観を示す。実装したユニットは、図 2 に示すように、ディスプレイの裏面に装着

するため、ディスプレイの通常の視聴には影響を与えない。一方、デジタルカメラでこのユニットを装着したディスプレイを撮影すると、ディスプレイの表示領域の全面に近赤外線によるノイズが付加されるため、ディスプレイに表示された情報の可読性が低下する。予備評価により、視覚的劣化が少なく、デジタルカメラへのノイズ効果が高い 870nm の近赤外線 LED をノイズ光源として採用し、可視光カットフィルタ(カットオフ波長 870nm)を使用して視覚に影響を及ぼす波長領域の影響を抑えている。



図 1 ユニットの外観

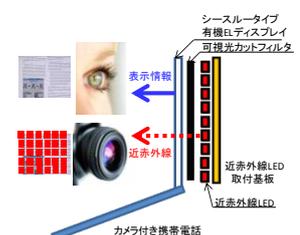


図 2 ユニットの構成

## 4. 評価実験

### 4.1 評価方法

盗撮防止ユニットを装着した携帯端末に評価用のサンプルを表示し、(A) 文字情報を評価者が直接見た場合、(B) 盗撮された文字情報を評価者が見た場合について、文字の可読性を主観評価実験により評価した。JIS S0032<sup>1</sup>に基づいてディスプレイに表示する文字サイズ導出を行った結果、表示する文字サイズをセリフ体の場合には 9 ポイント、サンセリフ体の場合には 8 ポイントとした。表 1 に評価実験で使用した評価環境を示す。

### 4.2 可読性の評価

評価サンプルとして文字間隔や行間など書式の異なる 5 種類の英文サンプルを評価者から 20cm の距離にある 2.4 インチシースルータイプ有機 EL 液晶ディスプレイに表示し、30 代の評価者 5 人により可読性を評価した。

評点	評価内容
6	非常に読みやすい
5	読みやすい
4	苦勞せず読める
3	多少読みにくい読める
2	やっと読める(判読限界)
1	読めない

図 3 可読性評価尺度

可読性の評価尺度については、文献[3]に基づき、図 3 に示す評価尺度(連続値)を用い、5 人の評価者によるサンプル本文の評点の平均を評価値とし、可読性の限界を示す判読限界[3]を 2 とした。

<sup>1</sup> 若年者から高齢者まで任意の年齢の評価者が、様々な環境下(視距離や表示輝度や表示フォントなど)で、読むことができる最小文字サイズを推定する手法を規定している。

表1 評価環境

表示装置	携帯端末(Lenovo S800) (画素数: 240xRGBx320, 輝度: 150cd/m <sup>2</sup> , 透過率: 40%)
盗撮防止ユニット	ユニット消費電力: 9.8W, 近赤外線 LED(ピーク波長: 870 nm, 出力: 0.28W)35(3x5)個, 可視光カットフィルタ(カットオフ波長: 870 nm)
サンプル	書式(文字間隔, 行間隔など)の異なる英文 6 種類 セリフ体(本文の文字サイズ 9pt): 論文, 新聞, 雑誌, 本 サンセリフ体(本文の文字サイズ 8pt): e メール, Web ページ
撮影機器	デジタルカメラ (1/3.2 型 CMOS, 1030 万画素) カメラ付き携帯電話 (CMOS, 200 万画素)
評価者	5 名 (30 代, 矯正視力: 1.0 以上)
視距離	20cm

4.3 評価結果

(A) 文字情報を評価者が直接見た場合

全てのサンプルにおいて評価者 5 人の評点は全て 6 (“非常に読みやすい”) となり, 盗撮防止ユニットの近赤外線ノイズは知覚されることはなかった. この結果は, 盗撮防止ユニットに用いている可視光カットフィルタが, 近赤外線 LED による視覚劣化を効果的に防止していることを示すものである.

(B) 盗撮された文字情報を評価者が見た場合

評価にはデジタルカメラとカメラ付き携帯電話 2 種類のカメラを使用した. カメラ撮影による可読性低下の度合いをみるために, 近赤外線ノイズなしの場合についても評価を行った. 撮影画像を図 4, 評価結果を表 2 に示す. 以下にカメラごとの評価結果の詳細を述べる.

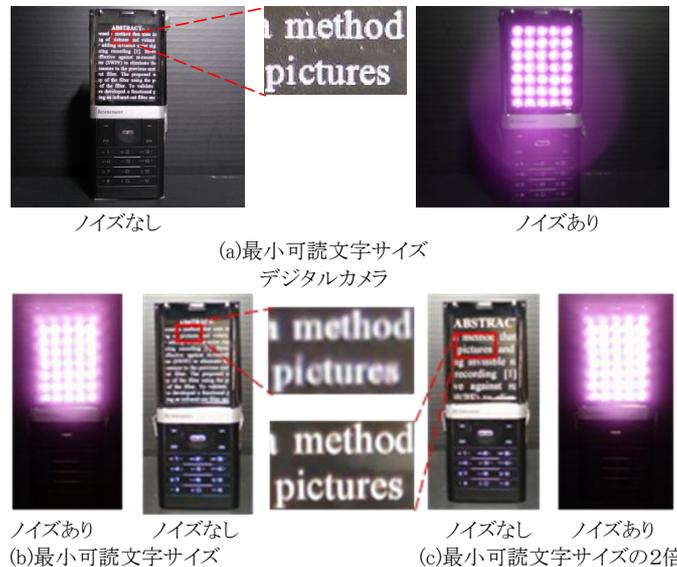
(ア) デジタルカメラ

表 2 (a)に示すように, 盗撮防止ユニットの妨害効果が無い場合(ノイズなし)の評価値は, 全ての論文サンプルで 5 (“読みやすい”) 以上であり, カメラ撮影による文字情報の可読性低下は殆ど見られなかった. 盗撮防止ユニットの妨害効果がある場合(ノイズあり)には, 全てのサンプルで全ての評価者の評点が 1 (“読めない”)となり, 撮影された文字情報が読めない結果となった. この結果は, 盗撮防止ユニットに用いている可視光カットフィルタが, 近赤外線 LED による視覚劣化を効果的に防止していることを示すものであり, ディスプレイの通常の視聴において, 盗撮防止ユニットは実用に値する可能性を満たしていると考えられる.

(イ) カメラ付き携帯電話

カメラ付き携帯電話の撮像素子やレンズはデジタルカメラの撮像素子より小さいため, カメラ付き携帯電話の撮影画像の画質は, 一般的にデジタルカメラよりも悪くなる. このため, 最小文字サイズでは, カメラ撮影により文字のつぶれが生じ, このため, 盗撮防止ユニットの妨害効果が無い場合(ノイズなし)の評価値は, 4 (“苦勞せずに読める”)となった. そこで, 文字サイズを最小文字サイズの 2 倍として同様の評価を行ったところ, 4 つのサンプルで評価値は 5 (“読みやすい”)以上となった. 残りの 2 つの評価サンプルは, 印刷物をスキャナで取り込んだラスターイメージであるため, 拡大するといわゆる jaggy(輪郭のギザギザ)が目立つようになり, 可読性が低下したものと推察される. 2 つの文字サイズのいずれにおいても, 盗撮防止ユニットの妨害効果がある場合(ノイズあり)の評

価値は, ほぼ 1 (“読めない”)となった. デジタルカメラのケースと同様に, 盗撮防止ユニットは, カメラ付き携帯電話を用いたディスプレイ盗撮による情報漏えいについても効果的に防止していると考えられる.



(a)最小可読文字サイズ  
デジタルカメラ

(b)最小可読文字サイズ  
(c)最小可読文字サイズの2倍  
カメラ付き携帯電話

図4 撮影画像(論文)

表2 可読性評価結果

(a)デジタルカメラ(最小可読文字サイズ)							
	論文	メール	Web	新聞	書籍	雑誌	
ノイズなし	5.60	5.50	5.30	5.20	5.26	5.26	
ノイズあり	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
(b)カメラ付き携帯電話(最小可読文字サイズ)							
	論文	メール	Web	新聞	書籍	雑誌	
ノイズなし	4.76	4.44	4.58	4.58	4.54	4.44	
ノイズあり	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
(c)カメラ付き携帯電話(最小可読サイズの2倍のサイズ)							
	論文	メール	Web	新聞	書籍	雑誌	
ノイズなし	5.18	5.40	5.00	5.20	4.96	4.76	
ノイズあり	1.00	1.07	1.10	1.00	1.00	1.05	

5. まとめ

シースルータイプ有機 EL ディスプレイの透過性を利用した盗撮防止方式を提案した. 評価実験により視聴時には人間の視覚に影響は与えることなく, デジタルカメラやカメラ付き携帯を使用した盗撮による情報漏えいを効果的に防止できることを示した. 今後は, 表示内容に基づいて盗撮防止領域を適応的に制御するノイズ点灯制御機構の検討を行い, 消費電力を抑えながら効果的に盗撮を防止する方式の検討を行う.

文献

[1] 羽田管制官, “極秘情報”米大統領機の飛行計画漏洩 守秘義務違反か ブログにアップ, MSN 産経ニュース: <http://sankei.jp.msn.com/affairs/news/110910/crm11091001370003-n1.htm>

[2] 山田, 合志, 越前, “生体とデバイスの感度の違いを利用したディスプレイ盗撮防止方式”, CSS2011 論文集, pp.715-720, 2009.

[3] 伊藤, 大野, 佐藤, “文章の読みやすさに基づく照明の評価法に関する研究”, 日本建築学会近畿支部研究報告集.計画系, vol.17, no.414, pp.53-56, 1977. 2006.