

画像選択型認証に適した重畳画像選定のための客観評価値に関する研究 A Study on Objective Score for Selection of Hybrid Images Suitable for Graphical Password

小野瀬 伸彦[†] 篠田 一馬[†] 長谷川 まどか[†]
Nobuhiko ONOSE Kazuma SHINODA Madoka HASEGAWA

1. はじめに

ヒトにとって文字列よりも記憶が容易である画像を用いた画像選択型認証方式が種々提案されており、重畳画像選択型認証方式は覗き見耐性を考慮した手法の一つである [1]. 重畳画像とは 2 枚の画像を合成した画像であり、視距離によって視認できる画像が異なるという特徴がある [2]. 重畳画像は前景画像の高周波成分と、背景画像の低周波成分とを合成することで作成する. 重畳画像の例を図 1 に示す. 図 1 (a) を背景画像, 図 1 (b) を前景画像として, 背景画像の低周波成分と図 1 (c) に示す前景画像の高周波成分を重畳することで, 図 1 (d) の重畳画像を得る. この画像は, 近距離では Parrots と Airplane が見えるが, 遠距離からは Airplane のみが視認できる. 前景画像を認証に用いるパス画像, 背景画像を覗き見攻撃者に対する罠画像とすることで, 覗き見に耐性を持った画像認証が可能となる. しかし, 合成に用いる画像の組み合わせによって前景画像の視認性が異なるため, 認証に適さない画像が生成されることがある. そこで, 画像選択型認証に適さない重畳画像を除去する方式として, 高橋らは Speeded Up Robust Features (SURF) を用いた背景画像選定方式を提案している [3]. 高橋らは, 覗き見耐性が高い重畳画像が認証に適しているという立場に立ち, 認証に適さない重畳画像を客観指標で選別できる可能性があることを示唆しているが, ユーザ, 覗き見攻撃者という見る立場の違いによる前景画像の視認性の違いを十分に考慮していなかった. そこで, 本研究では認証に適した重畳画像の自動選定を支援することを目的とし, ユーザ側と覗き見攻撃者側双方における前景画像の視認性を考慮した客観評価値を提案する. 両者の視距離を想定して重畳画像における前景画像の視認性に関する主観評価実験を行い, 得られた主観評価スコアと提案する客観評価値との相関を算出することで, 提案する評価値が認証に適した重畳画像を選定する手段として妥当であるかを検証する.

2. SURF を用いた重畳画像選定方式

高橋らの SURF を用いた重畳画像選定方式 (以下, 従来方式) では, “背景画像のオブジェクト領域が前景画像のオブジェクト領域をマスキングしている度合い”を表す客観評価値を提案している. ここでオブジェクト領域とは, 画像中において, その画像の視認性に関わる特徴が顕著に表れている領域のことを指す. 高橋らは画像に SURF を適用して検出される特徴点の周囲を注目度が高いオブジェクトが存在する領域とみなし, SURF 特徴点を示す円の内部を 1 (白), それ以外の領域を 0 (黒) として二値化した画像を特徴マップと定義している. 特徴マップ生成の流れを図 2 に示す. 前景画像の高周波成分を高域通過フィルタ, 背景画像の低周波成分を低域通過フィルタによって抽出し, そ

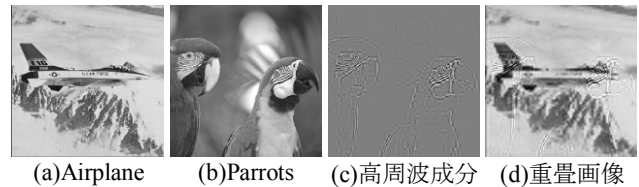


図1 重畳画像の例

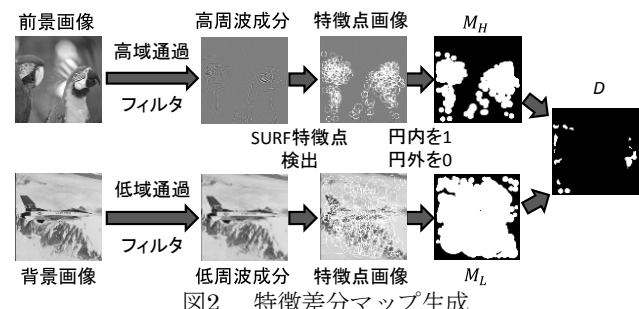


図2 特徴差分マップ生成

れぞれを SURF 適用後に二値化することによって, 前景画像の特徴マップ M_H 及び背景画像の特徴マップ M_L を得る. 次に式 (1) を用いて, 特徴差分マップ D を作成する.

$$D(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{if } M_H(x, y) = 1 \text{ and } M_L(x, y) = 0 \\ 0 & \text{others} \end{cases} \quad (1)$$

ここで, 式中の (x, y) は画素の座標を示す. D の白領域, すなわち 1 で示される領域の面積が狭いほど, 前景画像が背景画像にマスキングされていることを表す. この D を用いて, SURF 評価値 S は次式で定義される.

$$S = 1 - \frac{1}{XY} \sum_{y=0}^{Y-1} \sum_{x=0}^{X-1} D(x, y) \quad (2)$$

ここで, 式中の X, Y は画像の幅と高さをそれぞれ示す. S の値域は $0.0 \sim 1.0$ で, この値が大きいくほど重畳画像の覗き見耐性は高くなる.

一方で, S が大きいほど前景画像の視認性は低下するため, ユーザ側でも前景画像を視認できないような画像が選定される恐れがある.

また, 従来方式では背景画像は低周波成分から SURF 特徴点を求めているため, 視認性に関わる領域以外にも SURF 特徴点が検出され, 望ましい特徴マップが得られないという問題がある.

3. ユーザと攻撃者両方の視認性を考慮した評価値

認証に適した重畳画像は, ユーザ側からの前景画像の視認性が高く, 攻撃者側からの前景画像の視認性が低いことが望ましい. しかし [3] ではユーザと攻撃者の区別はなく, 前景画像の視認性のみを評価値としていた. これに対し本稿では, ユーザと覗き見攻撃者の視距離を考慮した重畳画像の認証適性を R_o として式 (3) で定義する.

$$R_o = U_o \times (1 - A_o) \quad (3)$$

ここで, U_o はユーザ側の評価値, A_o は攻撃者側の評価値で, R_o が大きいほど認証に適した重畳画像であることを表す.

[†]宇都宮大学大学院工学研究科

Graduate School of Engineering, Utsunomiya University

R_o 算出に用いる U_o と A_o は式(4)(5)により算出する.

$$U_o = \frac{1}{Z} \sum_{y=0}^{Y-1} \sum_{x=0}^{X-1} D(x,y) \quad (4)$$

$$A_o = \frac{1}{Z'} \sum_{y=0}^{Y'-1} \sum_{x=0}^{X'-1} D'(x,y) \quad (5)$$

ここで、 X' 、 Y' 、 $D'(x,y)$ はそれぞれ攻撃者側の視距離を考慮した解像度および特徴差分マップを表す。 d_u と d_a をそれぞれユーザと攻撃者の視距離とすると、 X' 、 Y' は、 X 、 Y をそれぞれ d_u/d_a 倍した値であり、 $D'(x,y)$ は画像サイズを (X',Y') に縮小した画像から算出している。また、 Z は $D(x,y)$ 、 Z' は $D'(x,y)$ における白画素数をそれぞれ表す。

さらに、提案方式では $D(x,y)$ および $D'(x,y)$ を算出する際、背景画像の特徴マップも、高周波成分から作成するように変更する。これは特徴マップを低周波成分から作成すると、SURF適用時に視認性に関わると考えづらい弱いエッジ領域も特徴点として検出される場合があり、視認性評価の上で望ましい特徴マップを得ることができないと考えられるためである。

4. 実験

本実験では、まず主観評価実験により、主観的に認証に適しているかを画像ごとにスコア付ける。次に、主観評価値と提案する客観評価値との相関を示し、客観評価値によって認証に適した重畳画像が選定できる可能性を示す。

主観評価実験における評価者は視覚健常者 11 名、使用画像は図 1 (a) (b) に示した 2 種類の画像を前景画像として、各前景画像に対して 8 種類の背景画像を重畳した計 16 枚の画像で実験を行う。各画像のサイズは 256×256 [pixel] であり、ドットピッチが 0.294 mm のディスプレイ上では約 7.5 cm 四方で表示される。前景画像が共通している 8 枚の重畳画像を同時に提示し、1 枚ずつ順番に”前景画像を視認できるか”という問いに対し、”できる”か”できない”で回答させた。ユーザの視距離 d_u はディスプレイ面の中心から法線方向に 150 cm、視き見攻撃者の視距離 d_a は 300 cm とした。この視距離はスマートフォン端末上で、約 2 cm 四方で表示される画像を視距離 30 cm、 60 cm から視認した場合を想定している。なお、回答前に前景画像を記憶するために、1 分間の学習時間を設けた。

表 1 に、前景画像が Parrots の重畳画像 8 枚について、主観評価実験を通じて得られた主観評価スコアを示す。主観評価スコアは全被験者数に対する、前景画像が”視認できる”と回答した被験者数の割合を表すスコアであり、値が大きいほど前景画像が見やすいと評価された重畳画像であることを表す。表中の U_s はユーザ側、 A_s は視き見攻撃者側の結果を表す。また、 R_s は式(3)中の U_o 、 A_o に主観評価スコアにおける U_s 、 A_s の値を適用して算出した値であり、値が高いほど主観的に認証に適していると評価された画像であることを表す。表 1 より、 R_s が高い重畳画像、すなわち認証に適していると主観的に判断された画像として 2, 3, 4, 5, 6 が挙げられる。次に、主観評価スコアと客観評価値間のスピアマンの順位相関係数を算出した結果を表 2 に示す。表 2 より、各前景画像、視距離に関して、従来方式に比べて提案方式が主観評価との順位相関が高いことが分かる。そこで、前景画像 Parrots について、縦軸を R_o 、横軸を R_s として表 1 の重畳画像における客観評価値と主観評価値の相関を図 3 に示す。表 1 において認証に適している

表 1 前景画像 “Parrots” の主観評価スコア

重畳画像	1	2	3	4	5	6	7	8
U_s	1.00	0.91	0.64	1.00	0.73	0.64	0.27	0.10
A_s	0.64	0.27	0.10	0.36	0.00	0.00	0.00	0.00
R_s	0.36	0.66	0.58	0.64	0.73	0.64	0.27	0.01

表 2 主観評価スコアとのスピアマンの順位相関係数

前景画像	従来方式		提案方式	
	vs U_s	vs A_s	vs U_s	vs A_s
Airplane	0.90	0.93	0.95	0.95
Parrots	0.76	0.85	0.99	0.94

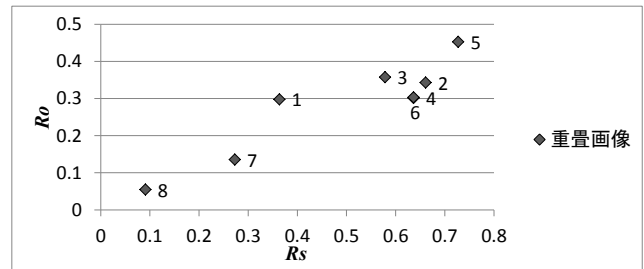
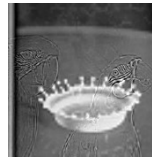


図 3 客観評価値と主観評価値の相関(前景: “Parrots”)



(a)画像 5($R_s:0.73, R_o:0.45$) (b)画像 8($R_s:0.09, R_o:0.05$)

図 4 認証適性度が高い画像と低い画像(前景: “Parrots”)

重畳画像ほどグラフ中の右上に分布しており、提案した評価値 R_o と主観評価 R_s に相関があることが分かった。図 4 に認証適性度が高い画像と低い画像の例を示す。図 4 (a) と図 4 (b) を比較すると、少なくともユーザの立場では、認証適性度が高いと評価された図 4 (a) は前景画像が視認しやすく、認証適性度が低いと評価された図 4 (b) は前景画像が視認し辛いと主観的に判断できる。以上のことから、評価値 R_o が高い画像対を用いることで、認証に適した重畳画像を作成することができると考えられる。

5. おわりに

本稿では、画像選択型認証に適した重畳画像の自動選定の支援を目的とし、ユーザ側の前景画像の視認性と視き見攻撃者側の前景画像の視認性の両方を考慮した客観評価値を提案した。実験の結果、提案方式により認証に適した重畳画像を選定できる可能性を示した。今後の課題として、視き見攻撃の危険に晒されやすいスマートフォン端末を用いた主観評価データでの検証などが挙げられる。

参考文献

- [1] 宮地隆雄, 長谷川まどか, 田中雄一, 加藤茂夫, “視覚特性を利用した画像認証方式に関する一検討,” 信学論, Vol.J94-D, No.9, pp.1513-1521, Sept. 2011.
- [2] A. Oliva, A. Torralba, P. G. Schyns, “Hybrid images,” ACM Transactions on Graphics, Vol.25, No.3, pp.527-532, July 2006.
- [3] 高橋溪太, 長谷川まどか, 加藤茂夫, “ハイブリッド画像を利用した画像選択型認証のための画像対選定に関する一検討,” 情報処理学会研究報告, Vol.2012-SPT-4, No.46, pp.1-6, July 2012.