

興味対象への視線誘引を利用した アンコンシャス視線認証の精度改善に関する研究

高田愛美[†] 鈴木徳一郎[†] 山本匠^{††,†††} 西垣正勝^{††,††††}

ユーザ認証とは、本来、ユーザがサービスを利用している全期間を通じてのなりすまし検知として機能すべきものである。ここで、ユーザに認証操作を繰り返し求めることは合理的ではない。ユーザの平素の動作に基づくアンコンシャス認証であれば、ユーザに認証のための負担を強いることなくユーザの挙動を常時検査し続けることができる。また、ユーザの挙動という動的な生体情報を用いることは、忘却や紛失の恐れがなく、かつ、偽造やなりすましが困難であるという点からも望ましいといえるだろう。しかし、人間の無意識の動作は非常に曖昧であり、正規ユーザ本人の挙動であってもその挙動から本人であること確実に断定することは根本的に難しい。このため、ユーザの表層的な挙動特徴に加え、心理的な側面を考慮した挙動特徴を捉えることが肝要であると考えられる。そこで我々は、興味対象に対する視線の誘引に着目することにより、無意識下におけるユーザの視線挙動の曖昧性を抑え、アンコンシャス視線認証の精度を安定させる方式を提案する。本稿では、興味や関心といった人間の感情の利用がアンコンシャス視線認証の精度改善に寄与する効果を基礎実験を通じて評価する。

A study on improvement of gaze-based unconscious user authentication using attractive targets

MANAMI TAKADA[†] TOKUICHIRO SUZUKI[†]
TAKUMI YAMAMOTO^{††,†††} MASAKATSU NISHIGAKI^{††,††††}

Ideally speaking, user authentication should be a “continuous spoofing detection”, in which user keeps being checked while they are using PCs or services. It is important here that an unconscious authentication with kinetic biometrics is a vital technique to perform practical continuous spoofing detection; otherwise, user will be required to carry out authentication attempts again and again during log in. Using kinetic biometrics has remarkable advantage in usability and confidentiality points of view, as well, because there is neither load of memory nor burden of possession, and is no risk of forgetting or loss. However, human behaviors and/or kinetics are usually too unstable to achieve better detection accuracy even it is a legitimate user himself. One possible way to overcome the problem is to understand the psychological context of human behaviors. We propose a scheme to stabilize the human behaviors on user’s eyes gaze movement by using emotional ability like interest or attention to objects. This paper proposes gaze-based unconscious user authentication using attractive targets, and reports on how much detection accuracy is improved.

1. はじめに

ユーザ認証とは、本来、単なるサービス利用開始時の「不正アクセス検知」としてではなく、ユーザがサービスを利用している全期間を通じての「なりすまし検知」として機能すべきものである。なりすまし検知を行なうためには、(A) なりすまし耐性を持つ認証方式であること、および、(B) 常時認証をするにあたりユーザの利便性を下げない方式であることの2つの条件を満たすことが重要である。

(B) の条件に鑑みるに、ユーザに認証操作を繰り返し求める方法は不適である。これに対し、ユーザの平素の動作に基づくアンコンシャス認証であれば、ユーザに認証のための負担を強いることなくユーザの挙動を常時検査し続けることができる。また、ユーザの挙動という動的な生体情報を用いることは、忘却や紛失の恐れがなく、かつ、偽造やなりすましが困難であるという利点も有する。よって、動作に基づくアンコンシャス認証を用いることは、(A) の条件にも合致する。

しかし、人間の動作は基本的に個人内での揺らぎが大きく、その認証精度の限界が指摘されている。すなわち、ユーザの動作を単純に利用するだけではなりすまし検知の実現は難しい。よって著者らは、ユーザの表層的な挙動特徴に加え、心理的な側面を考慮した挙動特徴を捉えていくことが肝要と考えている。

[†] 静岡大学大学院情報学研究所
Graduate School of Informatics, Shizuoka University
^{††} 静岡大学創造科学技術大学院
Graduate School of Science and Technology, Shizuoka University
^{†††} 日本学術振興会特別研究員 PD
Research Fellow of the Japan Society for the Promotion of Science
^{††††} 独立行政法人科学技術振興機構 CREST
Japan Science Technology and Agency CREST

本稿では、その一例として、ユーザの興味と視線の関係に着目する。すなわち、興味対象に対する視線の誘引によって無意識下におけるユーザの視線挙動の曖昧性を抑え、アンコンシャス視線認証の精度を安定させる方式を提案する。ユーザの身体的な挙動のみではなく、興味や関心といった人間の感情的な挙動の利用がアンコンシャス視線認証の精度改善に寄与する効果を基礎実験を通じて評価する。

具体的には、ディスプレイの画像表示区域内に、正規利用者にとって非常にアトラクティブな画像(以下、「誘引画像」と呼ぶ)を画画像と共に表示する。正規ユーザであれば、興味がそそられる誘引画像に対して目が行くことが予想されるため、ユーザの視線を常時検出し、誘引画像に対する注視時間が判定閾値よりも大きいかどうかを継続的に検査し続けることにより、なりすまし検知が可能であると考えられる(図1)。

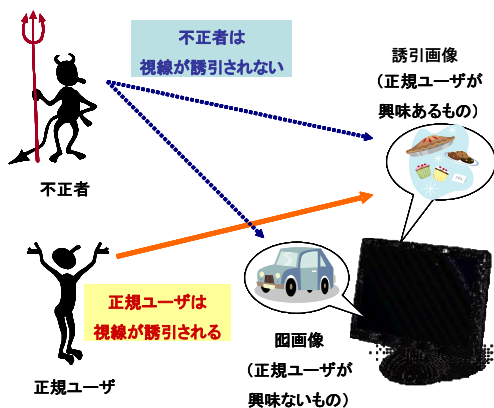


図1: 提案方式のコンセプト

Figure 1: Concept of proposed scheme

以下、2章でなりすまし検知(常時認証)という観点から既存技術を俯瞰した後、3章で本提案方式のコンセプトを述べる。4章では提案方式の可用性を評価するための基礎実験を行い、5章でまとめと今後の課題について述べる。

2. なりすまし検知に関する検討

本人認証技術とは、事前に登録された情報を用いて本人であることを確認する技術である。本人認証技術は大きく次の3つに大別することができる[1]。

- (1) 本人の知識による認証
- (2) 本人の所有物による認証
- (3) 本人の身体的特徴による認証

(1)は、パスワードや暗証番号などを用いた認証であ

る。この認証は非常に容易かつ汎用性に富む手段であり、現在最も広く利用されている。

(2)は、ICカードなどの認証用トークンを用いた認証である。この認証は利用者とトークンが物理的に一対一対応するためユーザ管理がしやすく、装置化も容易な手段である。

(3)は、指紋や虹彩といった静的な生体情報を用いる方式(3-1)と、手書き署名や歩く動作といった日常行為の中に現れる本人性を動的な生体情報として用いる方式(3-2)が存在する。各人固有の生体情報を用いた認証であり、記憶の負荷も携帯の煩わしさもなく、忘却や紛失の恐れもない方式である。

しかし、従来の本人認証技術のほとんどは、ユーザがシステムまたはサービスへログインするその一時点のみにおいて正規利用者本人であることを確認しているに過ぎない。セキュリティの観点からは、本人認証とは単なるサービス利用開始時の「不正アクセス検知」に限るものではなく、ユーザがサービスを利用している全期間を通じての「なりすまし検知」として機能すべきものである。なりすまし検知を行なうためには、(A)なりすまし耐性を持つ認証方式であること、および、(B)常時認証をするにあたりユーザの利便性を下げない方式であることの2つの条件を満たすことが重要である。本章では、既存の認証技術の特徴から、どのような認証情報の利用がなりすまし検知として適切であるのかを検討する。

2.1 なりすまし耐性

まず、認証方式がなりすまし耐性を持つためには、第三者が正規ユーザの認証情報をシステム側に提示できない、もしくは、第三者による提示が可能である場合にはそれを検知することができなければならない。

(1)は、パスワードや暗証番号が第三者に漏えいしてした場合、第三者がその認証情報を提示することができ、かつ、システム側が第三者による提示を検知することができない。(2)も同様に、認証用トークンが盗まれてしまった場合には、第三者がその認証情報を提示することができ、かつ、システム側が第三者による提示を検知することができない。(3-1)は、指紋や虹彩などは残留指紋や写真からなりすましが可能であることが知られている[2][3]。手のひらや指の静脈といった漏えいしにくい認証情報を用いる方式が存在するが、偽造指で認証に成功した例が報告されている[4]。(3-2)は、ユーザが普段行なっている動作に現れるクセを第三者が模倣するためには十分な訓練が必要となるため、なりすましは比較的难度いと考えられる。

2.2 利便性

なりすましを検知するためには、現在の利用者が正規ユーザであるかどうかを常に認証しつづけなければならない。しかし、この要件を満たすために、ユーザがシステムを利用する間、常にユーザに認証操作を繰り返すことは合理的ではない。そのため、システムを利用しているユーザに負担がかからない状態で本人性を常時検査することができるアンコンシャス（無意識）な認証情報を使用することが望ましい。

(1)は、認証の度にユーザがパスワード等を入力しなければならないため、これによって常時認証を行う場合、ユーザの利便性が低下する。(2)は、認証用トークンをPCに挿入、または、近づけておけば自動的に認証が可能である。(3-1)は、指紋などの場合は認証のたびにユーザが生体情報をスキャナに提示しなければならないため、(1)と同様、ユーザの利便性が低下する。しかし、PCに設置されたカメラを用いての顔認証や、マウス型の手のひら静脈読取装置[5]による静脈認証など、使用するモダリティによってはユーザの利便性を損なうことなく常時認証を行うことが可能であると考えられる。(3-2)は、ユーザの日常生活での振り舞いや作業における動作の中に現れる本人性を利用した認証であるため、常時認証として使用した場合にユーザの利便性が損なわれることはないと考えられる。

2.3 アンコンシャスな動的生体認証

2.1節および2.2節で検討した事項について、各認証方式のなりすまし検知としての適合性を表1にまとめた。この結果、なりすまし検知方式の実装には、動的な生体情報を用いたアンコンシャス生体認証の採用が適していることが分かる。

表1：なりすまし検知に対する方式の検討

Table 1 : Examination on spoofing detection

		なりすまし検知の際の条件	
		なりすまし耐性	常時認証での利便性
認証方式	(1)記憶	×	×
	(2)持ち物	×	○
	(3-1)静的生体情報	△(※1)	△(※2)
	(3-2)動的生体情報	○	○

(※1)モダリティによってはなりすまし可能である。

(※2)モダリティによっては継続的に自動取得可能である。

しかし、通常、我々の動作は曖昧かつ不正確であり、随意的な動的な生体情報を用いたとしてもその認証率は概して低い。人間の無意識の動作を用いる場合は、更にその問題は顕著となることが想像に難くなく、正規ユーザ本人の挙動であってもその挙動から本人である

こと確実に断定することは根本的に難しいと考えられる。

このため、我々は、ユーザの表層的な挙動特徴に加え、心理的な側面を考慮した挙動特徴を捉えることが肝要であると考えられる。我々の日常の動作においては、心理的な要素が自分の行動を無意識のうちに制御する事例が多くある。例えば、BGMを流して仕事をしている際に自分の好きな曲が流れてきたときには仕事であるのにその曲に意識が集中してしまったり、電車に乗っている最中に車窓から見える富士山を目で追ってしまったりする。よって、このような人間の心理的な要素をうまく利用して、ユーザの無意識下における動作を適切に束縛することができれば、アンコンシャス生体認証の認証精度を向上させることができる可能性がある。

3. 興味対象への視線誘引を利用したアンコンシャス視線認証

3.1 コンセプト

本研究の目標は、ユーザの心理的な挙動特性を考慮することにより、表層的な挙動特性の曖昧性を抑え、アンコンシャス生体認証の精度を高めることである。本稿では、その第一歩として、人間の心理の一つである「興味」に焦点を当て、ユーザの興味対象に対する視線の誘引を利用することによって、無意識下におけるユーザの視線挙動の曖昧性を抑える方法を検討する。

視線の動きと興味には(意識のレベルに差はあるが)相関があるといわれており、様々な研究がなされている[6][7]。その研究結果によると、人間の視線は、注視する対象への興味の有無によって、その挙動に差が出ることが示唆されている。例えば、ある注視対象物に対して「興味を持つと、一点を注視した後、周りを見て、それから再び興味のある一点に戻り、注視」したり、「あまり興味がなければ、すぐに別の点に移動し、視線が戻ることはない」といった挙動が観測されることが報告されている。つまり、人の視線は、注視する対象への興味の有無によって、その挙動に差が出ると解釈することができる。さらに、興味とは、個人の経験や感情によるものであるため、興味があるものに対して誘引される視線には、個人差が存在することが期待される。このため、ユーザの心理的挙動特徴を「ユーザの興味対象に対する視線の動き」として捉え、これを利用することで個人認証が可能であると考えられる(図2)。

具体的には、ユーザがPC上で任意のアプリケーションソフトを利用して何らかの作業をしている最中に、

ディスプレイの非作業領域(表示領域内の外周付近等、ユーザの作業の妨げにならない場所)に、正規ユーザにとって非常にアトラクティブな画像(誘引画像)を複数枚の囲画像と共に表示する。正規ユーザであれば、誘引画像にちらちらと視線が向くことが予想されるため、ユーザの視線を常時検出し、誘引画像に対する注視頻度が判定閾値よりも大きいかどうかを常に検査し続けることにより、継続的ななりすまし検知が実現される(図1)。

なお、人間は対象物を見る際に、第一段階として「対象物を把握する」という認知的な情報処理を行った後、第二段階として「興味があるから見る／興味がないから見ない」という感情的な情報処理を行なう[2]。この内、ユーザごとに視線の動きに個人差が現れることが予想されるのは、その人間の趣味・嗜好や感性といったものが関わる「感情的な情報処理」の段階である(図2)。よって、本なりすまし検知方式で考慮すべき「視線」とは、この第二段階目の視線である。

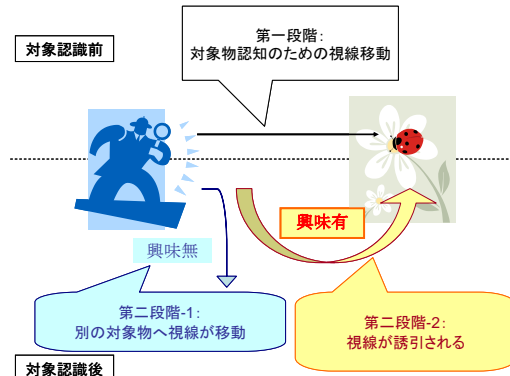


図 2: 視線の挙動

Figure 2: Viewing habit

3.2 視線の誘引を持続させるための仕組み

人間は通常、時間と共にその刺激に対する興味は薄れていってしまう。このため、正規ユーザにとって非常にアトラクティブなパス画像を誘引画像として採用したとしても、その画像が同じ形で常にディスプレイに表示されていた場合には、視線誘引の度合いが低下することが予想される。この問題に対処するには、何らかの方法でユーザの誘引画像に対する興味を常にリフレッシュする必要がある。

そこで本稿では、ユーザに興味のある画像を直接登録してもらうのではなく、興味のあるジャンルを登録するという方法を採用する。登録されたジャンルに関連する多数の画像群の中から毎回異なる画像をランダムに選び、それを誘引画像として使用することによって、ユーザが誘引画像に飽きてしまうという状況を回

避する。

今回は、アンケート形式でジャンルの登録を行うこととした。具体的には、音楽・スポーツなどの幾つかのジャンルを前もって用意しておき、ユーザに各ジャンルに対する自分の興味の度合いを「好き(5)」～「嫌い(1)」の5段階で回答してもらう。人間には本能的に快を求め不快を避ける傾向があるとされており(快樂原則[8])、ユーザは不快なものを排除するために、自分の「嫌い」な対象にも注意が向けられると考えられる。このため本方式では、ユーザが嫌いと回答したジャンルの画像は使用せず、「好き(5)」と回答したジャンルの画像を誘引画像として用い、「どちらでもない(3)」と回答したジャンルの画像群を囲画像として表示するようにする。

3.3 視線の誘引を強化させるための仕組み

毎回異なる誘引画像をディスプレイに表示したとしても、ユーザが一瞬でもその画像を見てしまえば、ユーザの好奇心は満足され、その視線が誘引画像から外されることになると思われる。このため、ユーザが無意識の内に誘引画像を注視してしまうという状況を作り出す必要がある。

この要求に対し、本稿では、図2に示される人間の二段階の視線挙動に鑑み、1枚の画像単体で誘引画像を構成するのではなく、図2の第一段階の時点で使用される画像と第二段階の時点で使用される画像の2種類の画像を用意し、両者の画像を1セットとして誘引画像として用いるという方法を提案する。第一段階の時点で使用される画像と第二段階の時点で使用される画像は、ユーザが「好き(5)」と回答したジャンルの画像群の中から、同種の画像2枚が選ばれる。例えば、イヌが好きなユーザの場合、図3(a)と図3(d)の2枚の画像が選ばれる。

第一段階の時点で使用される画像(図3(a))は、その画像が自身の誘引画像であることをユーザに認知してもらうための画像であり、以下、「認知用画像」と呼ぶこととする。第二段階の時点で使用される画像は、ユーザの視線を誘引するための画像であり、不鮮明な状態の画像(図3(b))から鮮明な状態の画像(図3(d))に徐々に、かつ、スムーズに変化させるようにする。以下、この画像を「動的誘引画像」と呼ぶこととする。

これら2枚の画像を、まず認知用画像が提示され、その直後に動的誘引画像が提示されるという流れで表示する(すなわち、図3(a)→図3(b)→図3(c)→図3(d)の順序で表示されることになる)。ユーザは自分の興味のある画像(図3(a))がどのような画像(図3(d))に変化するのかが気になるため、誘引画像への視線誘引の

効果が高まると期待できる。

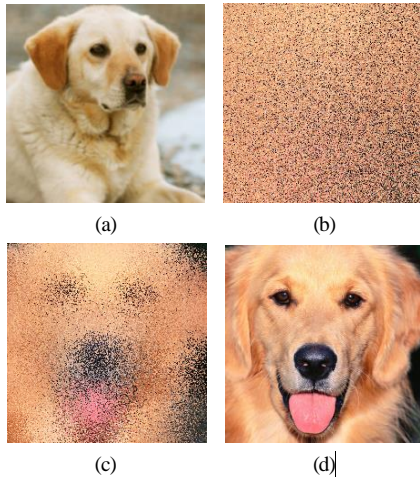


図 3：認知用画像 (a) と動的誘引画像 (b→c→d の流れでスムーズに鮮明化されていく) の例

Figure 3：Example of marking image (q) and dynamic attractive image

4. 実験

3 章で示した方法によってアンコンシャス視線認証を実装した場合に本当に「ユーザにとって興味の高い画像に対してユーザの視線が誘引され、無意識下のユーザの視線挙動の曖昧性が抑えられるのか」を実験により確認する。3.1 節で説明したように、実際には、提案方式は「ユーザが PC 上で任意のアプリケーションソフトを利用して何らかの作業をしている最中に、ディスプレイの非作業領域に誘引画像を複数枚の囲画像と共に表示する」形で認証が行われることを想定している。しかし、本研究は現時点においては基礎実験の段階にあるため、今回はアプリケーションソフトが実行されていない状態のディスプレイ（白い画面）に誘引画像1枚と囲画像1枚を提示する形態で実験を行う。また、同様の理由で、今回は攻撃者役の被験者によるなりすましに関する実験は行っていない。本実験の被験者は学生 10 名である。

4.1 誘引画像および囲画像の登録

登録時にアンケートを実施し、ユーザが興味を持っているジャンルを抽出した。今回は、以下の2つのアンケートに回答してもらった。

- ①：ジャンルの好き／嫌いを5段階評価で問うアンケート
 - ②：①で「好き (5)」と回答したジャンルに対して、具体的な内容を問うアンケート
- アンケート①は 16 のジャンル (表 2) で構成され、

それぞれのジャンルは 2～7 の小項目から成っている (表 3)。今回のジャンルおよび小項目は、多種多様な趣味を持つ人々で構成されたメールマガジンサイトで使用されているメールマガジンカテゴリ [9][10] を参考に設定した。各小項目について、「好き (5)」～「嫌い (1)」の 5 段階評価を行なってもらうことにより、ユーザの好き／嫌いを抽出した。被験者は、アンケート①に回答する際、深く考えず、直感で思ったとおりに回答するよう指示されている。

表 2：アンケート①で用いた 16 のジャンル

Table 2：16 genres of 1st questionnaire

一般・時事	スポーツ
映画	ギャンブル
芸能・音楽	車・バイク
文芸・アート	ゲーム・趣味
旅行	漫画・アニメ
グルメ	コレクション
ファッション	インテリア・ガーデニング
ペット	PC・デジタル家電

表 3：ジャンルにおける小項目の例

Table 3：Example of sub-categories in a genre

ジャンル	小項目
映画	邦画
	洋画
スポーツ	野球
	サッカー
	ゴルフ
	格闘技
	釣り
	その他
旅行	国内
	海外

アンケート②では、アンケート①で「好き (5)」という回答が得られた小項目すべてに対して、その詳しい内容を問う質問が 2～3 問ずつ出題される (図 4)。各質問への回答は自由記述である。質問に対して複数の回答が思い当たる場合はそのすべてを、全く思い当たらなければ空欄のまま回答してもらった。被験者は、アンケート①と同様、深く考えずに回答するよう指示されている。

■映画

Q: 最近見た邦画の中で、印象に残っているタイトルを教えてください。

A:

Q: 上記タイトルに出演している俳優を教えてください。

A:

■スポーツ

Q: 好きな野球チームを教えてください。

A:

Q: 上記チームで、最近注目している選手を教えてください。

A:

図 4 : アンケート②の質問例

Figure 4 : Example of items on 2nd questionnaire

例えば、被験者がアンケート①でジャンル「映画」に含まれる小項目「邦画」に「好き (5)」と回答した場合、アンケート②で「最近見た邦画の中で、印象に残っているタイトルを教えてください」、「上記タイトルに出演している俳優を教えてください」などといった質問が出される。そして、その回答に関連した画像が誘引画像として選ばれる。一方で、アンケート①で被験者が「どちらでもない (3)」と回答した小項目に関連した画像が罨画像として選ばれる。アンケートから誘引画像および罨画像が選定される手順を図 5 に示す。

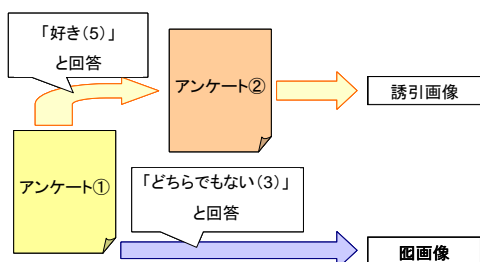


図 5 : 誘引画像と罨画像の選定

Figure 5 : How to select attractive images and distractors

4.2 実験環境

誘引画像に対する視線の誘引度合いの測定には、強膜反射法[11]を利用した視線検出装置を使用した。眼球の動きが x 軸方向、y 軸方向に対応する電圧の時系列データとして取得される。視線検出装置のセンサを右目側に装着したゴーグルを被験者に着用してもらい、視線の動きを測定した。今回使用した視線検出装置は、被験者の頭部の動きによる影響を受けやすいため、アゴ台を用いて被験者の頭部を固定した(図6)。視線検出装置から得られたデータは、AD 変換機を通し、視線の x 座標、y 座標として PC に送信される。データの解析は PC 上で行なった。

実験で使用した機器およびプログラムは以下の通りである。

- ・ PC : CPU, メモリ, Windows XP Professional
- ・ 17 インチ液晶ディスプレイ(1280*1028)
- ・ アゴ台
- ・ 眼球運動測定装置 : T.K.K.2930a (竹井機器工業株式会社)
- ・ アナログ-デジタル変換機 : ADI12-8(USB)GY (株式会社コンテック)
- ・ 視線判定プログラム : C++言語により実装
- ・ 画像処理ソフト : Pixia [12]
- ・ 不鮮明化フィルタ : Diffuse [13]

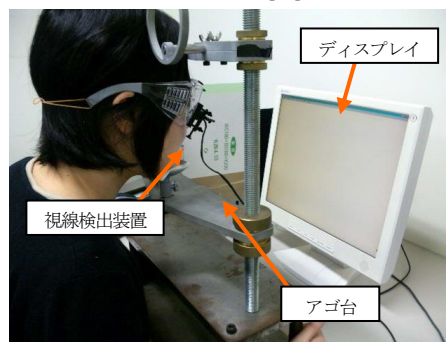


図 6 : 実験風景

Figure 6 : Experimental scene

4.3 実験手順

【登録フェーズ】

登録フェーズでは、4.1 節で示した手順でアンケートを実施し、被験者ごとに興味の対象を抽出する。アンケート①とアンケート②の回答に基づき、図 5 の示した流れで各被験者の誘引画像および罨画像を選定した。

今回の実験では、後述のように、被験者ごとに 20 枚の誘引画像 (認知用画像 10 枚+動的誘引画像 10 枚) と 20 枚の罨画像 (罨の認知用画像 10 枚+罨の動的誘引画像 10 枚) を用いる。誘引画像に対しては、アンケートにて被験者が「好き (5)」と回答した小項目の中から偏りなく無作為に 10 項目を選択した上で、一つ一つの項目に対してその項目に関連する画像を 2 枚選び、1 枚を認知用画像、もう 1 枚を動的誘引画像として用いる。すなわち、10 項目の項目から 10 セットの認知用画像と動的誘引画像のペアが選ばれる。なお、被験者が「好き (5)」と回答した小項目が 10 項目未満であった場合は、「好き (5)」と回答した小項目一つ一つに対してその項目に関連する画像を 2 セット以上選ぶことによって、合計 10 セットの認知用画像と動的誘引画像のペアを選ぶ。

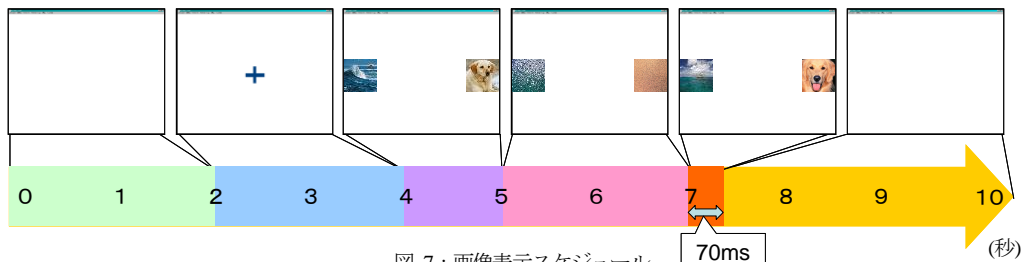


図 7：画像表示スケジュール

Figure 7 : Schedule for image display

囲画像に対しては、アンケートにて被験者が「どちらでもない (3)」と回答したジャンルの中から、誘引画像と同様の方法で、合計 10 セットの囲の認知用画像と囲の動的誘引画像のペアを選ぶ。

【なりすまし検知フェーズ】

なりすまし検知フェーズでは、アプリケーションソフトが実行されていない状態のディスプレイ (白い画面) に誘引画像 1 枚と囲画像 1 枚を提示し、被験者の視線がどちらに誘引されやすいかを測定する。

なりすまし検知フェーズは、図 7 に示す 10 秒間の流れを 1 ターンとする。1 ターンの画像表示スケジュールは以下の通りである。まず、画面に何も表示されない状態が 2 秒間あり、それに続く 2 秒間では画面中央に「+」マークが現れる。4 秒目から 7 秒目は図 8 に示す画像表示区域内に誘引画像と囲画像が表示される。4 秒目から 8 秒目の画像表示の内、4 秒目の 1 秒間は誘引画像も囲画像も認知用画像が表示され、5 秒目から 7 秒目までの 2 秒間は誘引画像も囲画像も動的誘引画像が表示される。動的誘引画像は 16 段階の異なる不鮮明度の画像が不鮮明な画像から段々と鮮明な画像へと 8fps のレートで変化する。7 秒目で、完全に鮮明となった動的誘引画像が 70ms 間表示され、その後、何も表示されない状態が 1 ターンの終了まで続く。

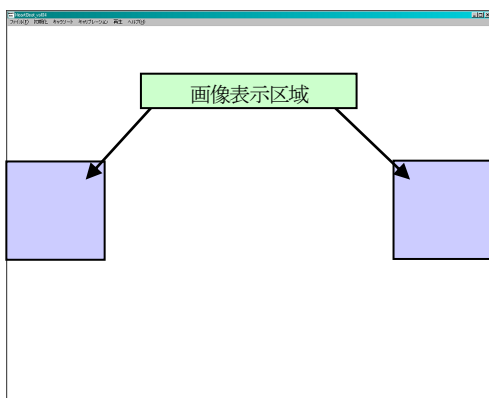


図 8：認証画面表示例

Figure 8 : Authentication screen

今回は被験者ごとにこれを 10 ターン繰り返してもらおう。その間、視線検出装置によって被験者の視線の位置が測定され続ける。なお、誘引画像と囲画像が左右どちらの画像表示区域内に表示されるかは、ターンごとに無作為に決められる。誘引画像と囲画像の表示サイズは、220pix×220pix である。

実験実施前に、被験者は画像表示スケジュール (図 7) についての説明を受けている。その際、「+」マークが表示されている最中はマークを見てもらうが、それ以外の期間は自由に画面を見てよいという指示を伝えられている。アンコンシャス認証であるため、自分の興味のあるほうの画像を注視するよう指示されているわけではないことに注意されたい。

10 ターンの視線測定が終了した後、視線検出装置の結果から、被験者の視線がどちらの画像により長く留まっていたのか算出する。また、全ての被験者に対し実験の印象に関するヒアリングを実施した。今回は被験者の都合で全員の実験日を合わせるができなかったため、登録フェーズの開始からなりすまし検知フェーズのヒアリング終了までの時間は被験者によって若干異なり、最短の被験者で 2 日、最長の被験者で 15 日であった。

4.4 実験結果

各ターンにおいて誘引画像と囲画像が表示されている 5 秒目から 8 秒目までの 3 秒間を調査対象区間とし、視線の動きを解析した。各被験者のターンごとの結果を表 4 にまとめた。

表中の数値は、各ターン中の誘引画像と囲画像が表示されている 3 秒間の内、誘引画像のほうに被験者の視線が向いていた時間の割合 (少数第二以下を四捨五入) である。囲画像よりも誘引画像を長く見ていた結果が得られている (0.5 より大きい値を示す) ターンには、着色を施した。

4.5 考察

表 4 より被験者のほとんどが、誘引画像に視線が誘引されているという傾向が得られた。実験後のヒアリングからも、被験者から「自分の好きなものに対して

表 4：誘引画像を注視していた時間の割合

Table 4 : Ratio of time of gazing attractive images

被験者	ターン									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	0.72	0.57	0.49	0.77	0.64	0.32	0.80	0.76	0.17	0.61
B	0.66	0.83	0.53	0.82	0.22	0.71	0.75	0.81	0.78	0.84
C	0.46	0.28	0.41	0.56	0.73	0.55	0.47	0.28	0.52	0.56
D	0.56	0.74	0.58	0.64	0.77	0.63	0.62	0.56	0.98	0.90
E	0.61	0.47	0.63	0.53	0.67	0.63	0.47	0.34	0.90	0.13
F	0.56	0.47	0.63	0.72	0.47	0.51	0.78	0.75	0.28	0.55
G	0.50	0.44	0.38	0.46	0.22	0.26	1.00	0.00	0.39	0.99
H	0.61	0.62	0.23	0.66	0.62	0.47	0.69	0.46	0.48	0.30
I	0.50	0.46	0.44	0.41	0.33	0.24	0.29	0.50	0.23	0.59
J	0.68	0.57	0.58	0.33	0.54	0.94	0.85	0.68	0.51	0.41

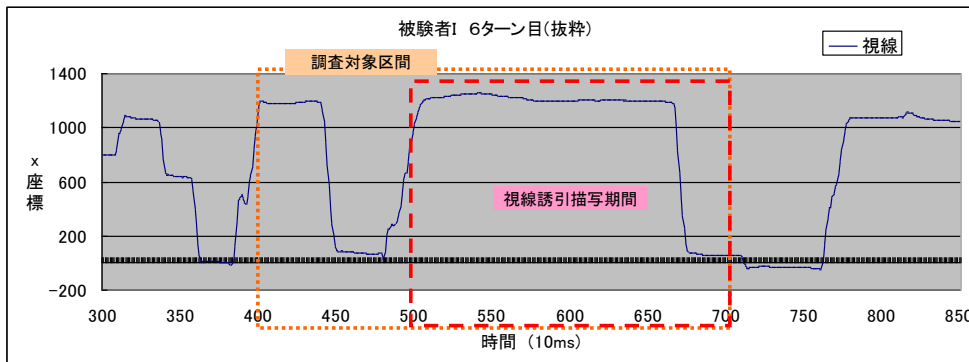


図 9：被験者 I の視線の動き（ターン 6 から抜粋）

このターンでは、誘引画像が被験者から見て左側（x座標：100 付近）に表示されており、
 罫画像が右側（x座標：1100 付近）に表示されている。

Figure 9 : Eye movement for subject I (excerpt from tum 6)

In this tum, attractive image is on left side (about 100 on x-axis)
 and dummy image is on right side (about 1100 on x-axis).

は、最後の綺麗な画像を見逃すまい、と思う気持ちがあったと思う」、「はっきり画像が見えるまで（なにが表示されるのか）分からなかったので、「なんだろう」と思って見ていた。次にどの画像が出るのか気になった」といった感想が得られており、誘引画像を動的に鮮明化していくという提示方法が被験者の心理に効果的に働くことが分かった。しかし、全ターンにおいて視線の誘引効果が常に示されたのは被験者 D のみという結果であり、人間の無意識下の視線挙動をコントロールすることの難しさが改めて浮き彫りになった。ヒアリングにおいても、ある被験者からは「両方とも絵が変わるし、何が出てくるのか分からないからどっちも見ていたと思う」という感想が得られている。

被験者 G および I に関しては、半数以上のターンで罫画像へ視線が誘引されるという結果となった。両被験者に共通した特徴として、動的誘引画像が不鮮明画像から鮮明画像が変化している間は罫画像を注視し、

最後の鮮明画像が表示される瞬間だけ誘引画像に視線が動くという挙動が見られた（図 9）。両被験者は、実験終了後のヒアリングの際にも「もやもやしている（視線誘引描写）間はあまり気にならなかった。好きなものがどちらに表示されるのかは分かっていたので、最後にちょっとだけ見れる綺麗な画像が見ればいいのか、と思っていた」、「画像がもやもやしている間は、（パス画像も罫画像も）どちらも同じように気になる。けど、どんなものが表示されるのか予想が付きにくい分、自分の知らない画像のほうが気になっていた気がする」という感想を述べており、最後に表示される鮮明な動的誘引画像に対してのみ興味を示していることが裏付けられる形となった。このような挙動の特徴は被験者 G および I 以外には見受けられないことから、視線の誘引にはユーザの性格や経験なども関わっている可能性が考えられる。

5. まとめと今後の課題

本研究では、ユーザの身体的な挙動特性のみではなく、興味や関心といった人間の感情的な挙動特性を利用したアンコンシャス視線認証の精度改善に関して報告した。

基礎実験の結果、興味の高い誘引画像に対して視線が誘引されるという傾向が全被験者において見られた。しかし、その効果の大きさは被験者によって異なっており、動的誘引画像の画像変化が効果的に働く被験者が多く中で、鮮明な誘引画像さえ見られれば満足する被験者も存在することが分かった。

今後は、更なる視線誘引効果の期待できる画像提示方式や認証方式を検討するとともに、ユーザの性格的な要因と視線の誘引の間の関係について調査を行なっていく。また、アンコンシャス視線認証によってユーザの本人性を常時検査するという文脈においても（すなわち、ユーザが PC 上で任意のアプリケーションソフトを利用して何らかの作業をしている最中であつても）提案方式による視線の誘引が期待できるのかを実験を通じて確認していく。

謝辞

本研究は一部、(財)セコム科学技術振興財団の支援をいただきました。

参考文献

- 1) 瀬戸洋一, “バイオメトリックセキュリティ入門”, ソフト・リサーチ・センター.
- 2) Tsutomu Matsumoto, Hiroyuki Matsumoto, Koji Yamada, Satoshi Hoshino : Impact of Artificial “Gummy” Fingers on Fingerprint Systems, SPIE 4677, pp.275-289 (2002).
- 3) 松本勉, 平林昌志, “虹彩照合技術の脆弱性評価(その2)”, コンピュータセキュリティシンポジウム (CSS2003)論文集, pp187-192 (2003).
- 4) 松本勉, “金融取引における生体認証について”, http://www.fsa.go.jp/singi/singi_fccsg/gaiyou/f-20050415-singi_fccsg/02.pdf, アクセス日 2011 年 2 月 7 日
- 5) [PalmSecure-LT (パームセキュアエルティアー) : 富士通フロンテック] , <http://www.frontech.fujitsu.com/services/products/palmsecure/sensor-lt/>, アクセス日 2011 年 2 月 7 日
- 6) 長沢伸也, 森口健生, アイカメラによる視線から興味度を推定する可能性-眼球運動の専門家へのインタビューを通して-, *Social systems studies* 5, pp.73-93 (2002)
- 7) 佐々木康人, 富永浩之, 林敏浩, 山崎敏範, 文書・絵画閲覧時における視線情報の計測と分析, *IEICE technical report. Education technology* 105(336) pp.51-56 (2005)
- 8) フロイト, 高橋 義孝[訳], 下坂 幸三[訳], “精神分析入門” (上下巻), 新潮文庫
- 9) “まぐまぐ!”, <http://www.mag2.com/>, アクセス日 2011 年 2 月 7 日
- 10) “メルマガスタンド[メルマ!]”, <http://melma.com/>, アクセス日 2011 年 2 月 7 日
- 11) 荻阪良二, 中溝幸夫, 古賀一男(編集), 眼球運動の実験心理学, p.20, p.45, p.10, 名古屋大学出版会(1993)
- 12) Pixia, <http://www.pixia.jp/>
- 13) まっさのお絵かきページ, <http://hp.vector.co.jp/authors/VA023468/>