２０２２年度　　卒　業　論　文

卒業論文題目

画像と視線を用いた
認証方式に関する提案

指 導 教 員　　岡崎　美蘭　　教授

神奈川工科大学

情報ネットワーク・コミュニケーション学科

学 籍 番 号　　１９２２０９１

学 生 氏 名　　徳永　明優奈

提 出 日　2023 年 1 月 17 日　指 導 教 員

受 理 日　2023 年 1 月 17 日 情報ﾈｯﾄﾜｰｸ･ｺﾐｭﾆｹｰｼｮﾝ学科長

臼杵 潤

論文要旨

本人認証には，4 桁の PIN 認証や英数字を用いたパスワード認証，指で点を結んだ順と形を用いたパターン認証などがある．これらは汎用性や利便性が高く，広く使われているが，覗き見攻撃や録画攻撃に弱いと言った課題がある．

そこで本研究では，視線入力デバイスを用いて視線だけでパスワード画像を選択する認証方式の提案を行う．パスワード画像は，7 カテゴリ各 4 枚の画像から 1 枚ずつ選択し，すべてのパスワード画像の選択が正しい場合のみ認証成功となる．更に，画像を注視しやすくするため画像内中央に点を表示した．ウインドウサイズとレイアウトは使用する端末の画面サイズに合わせ自動的に調整され，マウスカーソルは認証時のウィンドウ内では非表示になる．また，従来研究での注視時間は約 3 秒，平均認証時間は 20.57 秒であった．この認証時間を短縮するために，視線軌跡を用いた認証を提案する．カテゴリを 4 に減らし，中央から画像内の注視点までの視線軌跡を認証に用いる．この際，事前の調査により，季節，国旗，スポーツ，食べ物のカテゴリは多くの人にとってより覚えやすいということが分かったため，これら 4 カテゴリを残すこととする．

実験は神奈川工科大学の 20 代の学生男女 19 名に行ってもらった．実験として，従来研究と改良後のシステムそれぞれで画像認証を行ってもらい認証時間，認証成功率，ユーザビリティの比較アンケートを実施した．なお，注視時間は約 2 秒である．結果として，従来研究での平均認証時間は 17.82 秒，認証成功率は 96%，改良後システムでの平均認証時間は 16.5 秒，認証成功率は 97.33%となった．アンケートでは，改良後の方がより認証がしやすいという結果となり，画面全体に表示されている方が認証しやすい，画像内に点がある方が視線が固定しやすいという意見が多かった．

目 次

1. はじめに

本人認証には，4 桁の PIN 認証や英数字を用いたパスワード認証，指で点を結んだ順と形を用いたパターン認証などがある．これらは汎用性や利便性が高く，広く使われているが，覗き見攻撃や録画攻撃に弱いといったセキュリティ的課題がある．パスワードでの認証は，攻撃への対策として文字列を長くする，記号等を交ぜて生成するなどが挙げられるが，複雑なパスワードは記憶負担が大きい．また，手の不自由な人にとってはこれらの認証が困難であるという問題点もある．これらの問題点を改善する方式として画像認証と視線認証が存在する．

伊藤ら[1]は，画像をパスワードとして用いた視線入力装置での認証を提案している．画像認証は，認証時に文字列を記憶し「思い出す」よりも，画像を「認識する」という行為に変換することによりユーザの記憶負担が軽減されることが期待されている．また，視線での入力により覗き見攻撃や，端末などを操作した後の熱を辿るサーマルアタック，指紋度の汚れを辿るスマッジアタックなどへの耐性を得ることができる．一方で，認証に掛かる時間の長さ，認証には慣れが必要であるなどの課題がある．

また，向井ら[2]は，軌跡を自らの視線で描くことで行う認証を提案している．この認証方式では，認証情報となる個人特徴が盗まれたり複製されたりするの可能性が低いことや，虹彩認証など他の認証方式との併用ができる可能性があること，実用上の制約が少ないことなどの利点がある．一方で，精度が低いことや形によって精度に差が出るなどの問題点がある．

本論文では，手の不自由な人にも簡単に行える認証方式，記憶負担の軽減，攻撃への耐性，従来研究の利便性の向上を目的として，画像と視線を用いた認証方式のシステム改良と視線の軌跡を用いた認証方式の提案を行う．

提案方法として，視線入力デバイスを用いて視線だけでパスワード画像を選択する認証方式の提案を

行う．パスワード画像は，7 カテゴリ各 4 枚の画像のから 1 枚ずつ選択する．認証は，すべてのパスワード画像の選択が正しい場合のみ認証成功となる．画像カテゴリは，花，動物，乗り物，季節，国旗，スポーツ，食べ物のカテゴリとした．各カテゴリの画像は，酷似した画像が出現することでの認証失敗の要因を減らすため，各画像がなるべく異なった系統の画像を抽出した．更に,画像内中央に視線を固定しやすくするための点を表示した．ウインドウサイズとレイアウトは使用する端末の画面サイズに合わせ自動的に調整され，マウスカーソルは認証時のウィンドウ内では常に非表示になる．更に，従来研究では，4 桁の PIN 認証より偶然認証率を低くするため 7 カテゴリでの認証を行っており，選択までの注視時間は約 3 秒，平均認証時間は 20.57 秒であった．この認証時間を短縮するために，視線軌跡を用いた認証を提案する．カテゴリを 4 に減らし，中央から画像内の注視点までの視線軌跡を認証に用いる．この際，事前の調査により，季節，国旗，スポーツ，食べ物のカテゴリは多くの人にとってより覚えやすいということが分かったため，これら 4 カテゴリを残すこととする．

実験では被験者 19 名に協力してもらい，従来研究と本研究の比較を行う．また，ユーザビリティに関するアンケートを実施する．評価では，実験から得た平均認証時間，認証成功率，ユーザビリティに関するアンケートを基に，本提案方式の評価を行う．

2. 前提知識等

2.1 パスワード認証

パスワード認証とは，最も広く普及している認証方式の一つであり，ユーザが登録の際にユーザ名やIDといった登録名と共に，パスワードと呼ばれる数文字の短い文字列を決める．次回以降使用する際，登録名とパスワードを入力し，システム側に保管されていた情報と一致すればユーザ本人であると見なされる．パスワードは英数字と半角記号を組み合わせたものであり，文字列の長さの下限や上限，使用できる文字の制限，文字の使用条件指定などが決まっている場合もある．基本的には本人が任意に指定，変更を行うが，システム側から自動生成されることもある．

利点として，コストが安く，ユーザが任意で定めることができ，記憶すれば使用可能で汎用性が高いことが挙げられる．一方で，複数のサービス間でのパスワードの使い回しや，名前や生年月日などを用いることで類推しやすい文字列が使われやすいという点で，理論的に考えられるパスワードのパターン全てを入力するブルートフォース攻撃や辞書や人名録など人間にとって意味のある単語のリストを候補として用いる辞書攻撃などの不正アクセスに弱いことが欠点である．

2.2 PIN 認証

PIN（Personal Identification Number）認証とは，4桁の数字をPINコードとして登録する認証方法である．場合によっては特殊文字・大文字・小文字などが含まれるケースも見られる．また，PINコードはパスコードと表現される場合もある．

PINコードはスマートフォンやPC，タブレットなどの端末やSIMカードに関連付けられており，PINコードが

tablet 手写板

盗まれたとしても，別の端末から盗んだ PIN コードを使用してログインするのは不可能である．また，PIN コードは端末に保存されるだけのものであるため，サーバー経由で盗まれる心配がない．しかし，PIN 自体は基本的に数字の組み合わせであり，多くのユーザが単純なものや生年月日，記念日などを設定しているため解読されてしまう危険性がある．

2.3 パターン認証

パターン認証とは，スワイプ操作を使用したロック解除方法のことである．タッチパネルをいくつかの区画に分割し，そのうちの複数箇所を任意の順序でなぞることにより認証を行う．

利点として，スワイプする箇所と順序の組み合わせが数字に比べて多いこと，タッチ操作は直感的で入力しやすいことが挙げられる．一方で，盗み見での情報漏洩率が高いという欠点がある．

2.4 画像認証

画像認証とは，文字列を用いたパスワードと同じく記憶認証の一種であり，利用者が画像を認識することによって本人認証を行う方法の総称である．一般的に，人間の脳は単純計算や記号等の処理よりも画像や音声等の情報処理の方が得意であると言われている．画像認証は人間の画像記憶能力を活用し，文字列の代わりに画像をパスワードとして使用することにより，より安全な本人認証を目指している．ただし，文字列に比べて記憶における優位性が発揮されるのは，自分の経験した記憶や知識と結び付けられる画像を選択する場合に限られる．

2.5 生体認証

生体認証とは，バイオメトリクス認証とも呼ばれ，人間の身体的または行動的特徴を用いて個人認証を行う技術である．顔・虹彩・指紋・掌紋・指静脈・耳音響などの種類がある．なりすましや偽造が困難で，より確実なセキュリティを必要とする場面での本人確認に適している．認証のための物理的な紛失・盗難もないためユーザの利便性が高く，照合もスムーズである．ただし身体の変化に対応できないため，怪我やメイク，老化等で外見が変わった際に認証精度が低下する．

2.6　視線認証

視線認証とは，視線の動きや軌跡，その特徴量などを用いて本人を特定する認証方式である．視線のみで操作，認証を行うため，覗き見攻撃や操作した後の熱を辿るサーマルアタック，指紋などの汚れをたどるスマッジアタックなどに耐性をもっている．しかし，録画攻撃で破られる可能性がある．また，専用の機器を使用しなくてはならないためコストが高いという問題点もある．

2.7　視線入力デバイス

視線入力デバイス[3]とは，人の目の動きを検出し，視線のみで操作ができる装置のことである．目の動かない部分を基準点，動く部分を動点とし，この両方の点の位置関係に基づいて視線を検出するのが基本である．基準点，動点の選び方によって視線を検出する方法も変わる．コストは低いが視線精度が悪い可視カメラを使用したものと，コストは高いが視線精度が良い赤外カメラを使用したものが存在する．

図1. 視線入力デバイス

3. 関連研究

3.1 視線入力デバイスを用いた画像認証方式に関する研究

伊藤ら[1]は，視線入力デバイスを用いた画像でのパスワード認証を提案している．文字列の代わりに画像をパスワードとして用いており，視線での入力のみで認証を行う．文字列を記憶し「思い出す」のではなく画像を「認識する」ことにより記憶負担の軽減が期待されている．また，視線での入力は覗き見やサーマルアタック，スマッジアタック等に耐性を持っている．

- 画像カテゴリ：画像カテゴリは，花(図2)，動物(図3)，乗り物(図4)，季節(図5)，国旗(図6)，スポーツ(図7)，食べ物(図8)の7カテゴリである．1カテゴリにつき4枚の画像を表示する．この画像は，忘れにくく思い出しやすくするために，一度は目にしたり聞いたりしたことがある画像を抽出した．また，酷似した画像が出現することで認証失敗の要因となるため，各画像が酷似している画像にならないよう，なるべく異なった系統の画像を抽出した．

図2．花カテゴリ

図3．動物カテゴリ

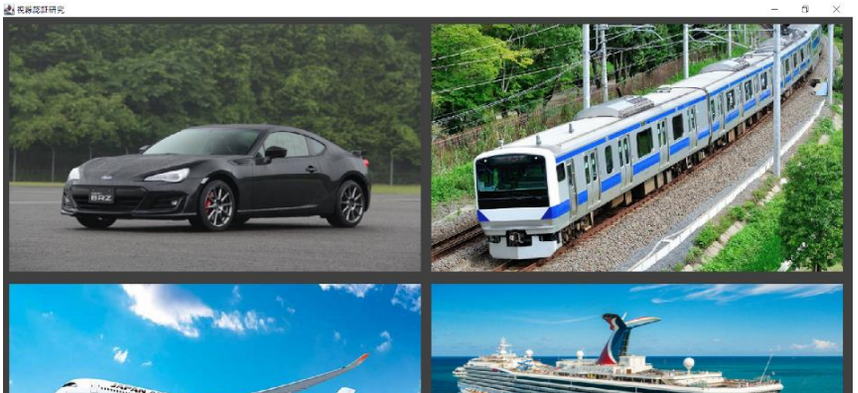

図4．乗り物カテゴリ

図5．季節カテゴリ

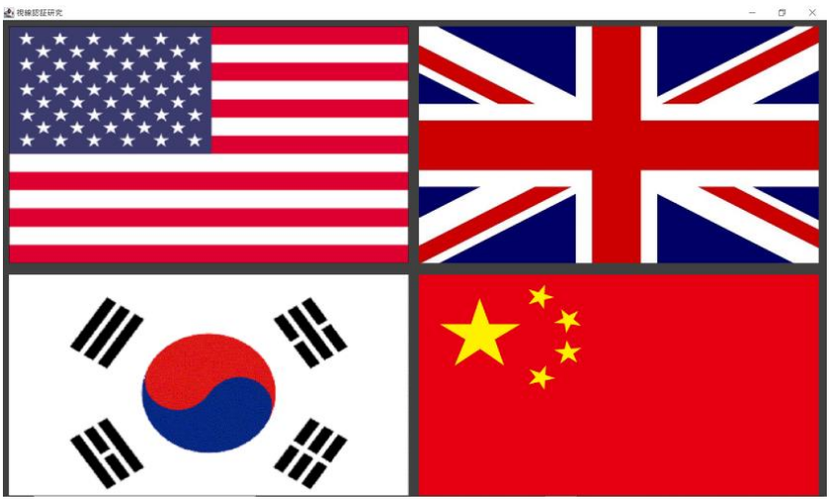

図6．国旗カテゴリ

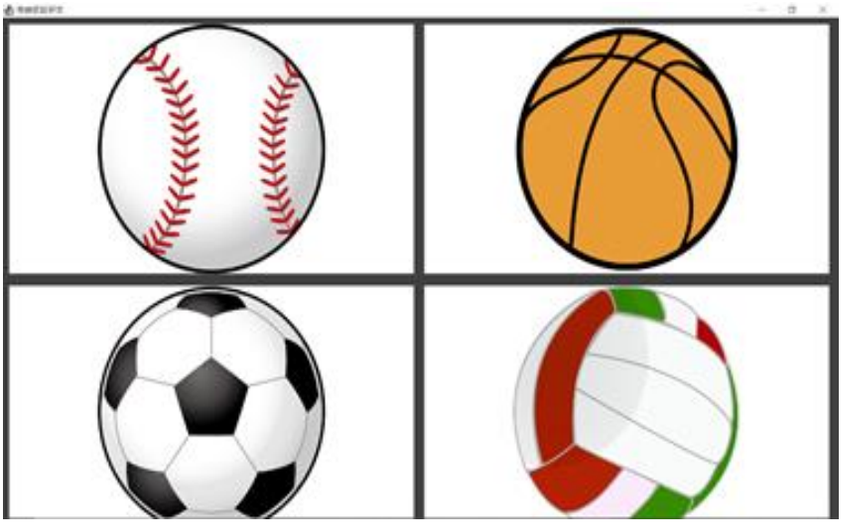

図7．スポーツカテゴリ

図8．食べ物カテゴリ

- 画像の配置：利用者が視線を用いて容易に1点を見つめやすくするためには，画像の配置や，

画像の内容を視認可能なサイズで提示する等，画像を見やすくする工夫が必要である．見やすい配置とは，凹凸が少なく，整理されているという印象を持った状態である．また，余白が多い場合は余白に意味を持たせてしまう．そこで，画像の配置は左右上下に揃える配置にし，余白はなるべく少ない配置にした．

- 認証時の画像枚数：図9のように登録では，各画像カテゴリから1枚ずつ，計7枚のパスワード画像を選択する．なお，パスワード画像は花，動物，乗り物，季節，国旗，スポーツ，食べ物の順番で登録する．

  認証では，パスワード画像を登録した順番で7枚選択し，すべてのパスワード画像が正しく選択された場合のみ認証成功となる．ここで，7枚での認証では，パスワードの組み合わせが〖(1/4)〗^7であり1/16384となるため，4桁の PIN 認証の偶然認証率が1/10000よりも低くなる．また，認証ではパスワード画像を記憶しやすくするため，登録の際と同じ順番で選択する．

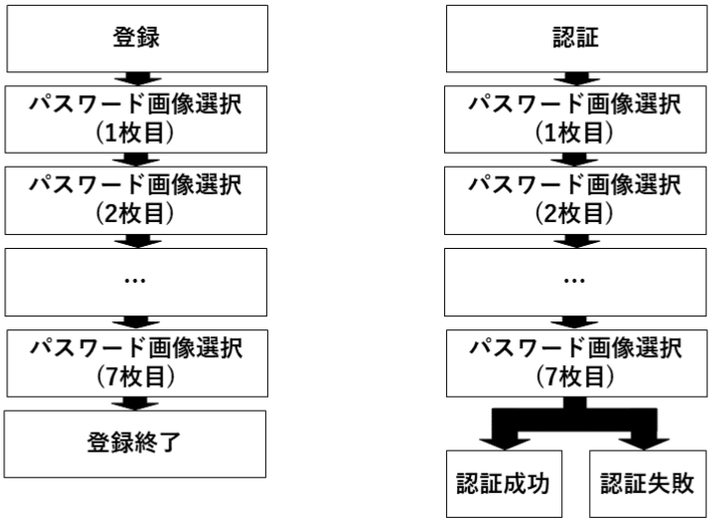

図9．システムモデル

実験：視線入力デバイスを PC 端末に設置して実験を行った．被験者は20代の学生19名と60代の先生6名の合計25名である．実験の手順を以下に示す．

(1) 被験者に実験の流れを説明する．

(2) 被験者本人のキャリブレーションを行う．

校正

(3) 実際に実装したシステムで視線入力の練習を行う．

(4) 被験者本人が7枚のパスワード画像の登録を行う．

(5) 認証を行う．

(6) 認証開始から終了までの認証時間を記録する．

(7) 手順(5)(6)を5回行う．

(8) ユーザビリティに関するアンケートを行う．

また，手順(8)では，提案手法の使いやすさを確認するためにユーザビリティに関するアンケートを行った．アンケートでは，提案手法について以下の6項目について1(全くそう思わない)～5(凄くそう思う)の5段階評価で解答してもらい，加えて意見や感想があれば記入してもらった．

(1) この認証を利用したいと思う．

(2) この認証を利用するには慣れが必要であると感じた．

(3) この認証は使いやすかった．

(4) この認証は分かりやすかった．

(5) この認証の画像配置は見やすかった.

(6) 7枚のパスワード画像を記録しやすかった.

実験で得られた認証時間のデータを基に平均認証時間を計算する．また，認証成功率も同様に計算する．ユーザビリティに関するアンケートは平均評価値を計算する.

平均認証時間：表 1 に被験者ごとの認証時間と平均認証時間を示す.

表 1．被験者ごとの認証時間と平均認証時間

	性別	年齢	1 回目(秒)	2 回目(秒)	3 回目(秒)	4 回目(秒)	5 回目(秒)
1	女	22	24.24	16.26	18.12	23.12	18.46
2	男	25	22.34	28.05	24.16	22.04	19.06
3	女	21	18.14	23.25	21.78	20.88	20.37
4	女	19	21.13	20.35	19.55	21.02	19.45
5	女	19	21.13	20.35	19.55	21.02	19.45
6	男	69	16.59	17.29	15.61	12.93	14.98
7	男	62	13.51	14.23	15.91	17.77	16.59
8	男	61	27.82	25.99	23.55	20.8	20.12
9	男	66	17.71	14.28	15.02	15.08	13.89
10	男	22	24.49	20.49	26.88	21.59	21.98
11	男	22	25.95	28.4	24.98	20.97	17.84
12	男	21	32.49	23.27	18.42	19.32	20.5
13	男	20	17.47	23.47	16.87	18.92	17.46
14	男	21	20.69	19.99	16.19	19.69	22.37
15	女	22	20.38	失敗	25.19	28.97	27.1
16	女	22	26.11	23.21	失敗	18.59	17.37

17	女	29	21.73	失敗	22.71	22.43	23.07
18	女	22	失敗	18.82	20.27	18.89	15.88
19	女	60	25.46	23.45	20.12	20.01	19.36
20	男	23	23.91	22.03	26.91	22.23	20.49
21	男	21	19.16	20.45	16.46	20.17	15.84
22	男	21	20.46	20.77	23.03	22.05	23.13
23	男	21	失敗	20.35	18.86	20.65	20.3
24	男	20	17.64	17.04	15.91	24.07	17.23
25	男	20	21.07	20.45	18.86	21.34	22.82
			平均認証時間：20.57 秒				
			認証成功率：96%				

認証開始から認証成功画面の表示までの平均認証時間は 20.57 秒であった．結果として，PIN 認証と比較すると認証時間は長いことが分かった．また，性別や年齢層によって認証時間が変わらないことが分かった．

認証成功率：表 1 から，認証成功率は 96%であった．この結果から，年齢層によって認証成功率は変わらないことが分かった．さらに，実験の前半に失敗する人が多かったことと，実験から練習時間が短い被験者が失敗している傾向から，この認証には慣れが必要であると考えられる．よって，練習回数や練習時間を多くとることで認証成功率を高くできると考えられる．

ユーザビリティに関するアンケート：表 2 にユーザビリティに関するアンケートの平均評価値を示す．結果として，(1), (3),(4),(5),(6)の項目では 4 以上の平均評価となっている．特に(5)の項目では 4.6 の評価で，画像を上下左右に 4 つ配置する方式は見やすいということがわかった．しかし，慣れに関する(2)の項目では，平均評価が 4 を下回っている．よって，多くの人が，慣れが必要であると感じたことが分かった．また，

意見として，「見つめる点のような場所があると一点を見やすい」，「触ることなく認証することができることから，現在のコロナ過に適している認証方式だから利用したい」，「目が疲れるが視線だけの認証だったため容易であった」，「誰でもわかる画像だったので，画像が選びやすい」などが挙げられた．よって，この視線認証方式は，容易にできる認証方式であると考えられる．一方，一点を見つめやすくする工夫が必要であることが分かった．

表 2．アンケート結果

項目	評価(平均)
(1)この認証を利用したいと思う.	4.04
(2)この認証を利用するには慣れが必要であると感じた.	3.56
(3)この認証は使いやすかった.	4.16
(4)この認証は分かりやすかった.	4.52
(5)この認証の画像の配置は見やすかった.	4.6
(6) 7 枚のパスワード画像を記憶しやすかった.	4.12

3.2　視線の軌跡情報を用いた個人認証手法に関する一検討

向井ら[2]は，視線で記号やアルファベットを描いた軌跡情報から個人の判別可能であるかを検証する実験を行っている．生体認証のうち，個人の動作を利用した行動的特徴は複製される可能性が低く，万が一複製されても別の動作で代用が可能といった長所がある．また，視線は筆跡や歩容などの特徴に比べて外部から動きが分かりにくく，虹彩認証や顔認証など身体的特徴と併用ができる可能性がある．以下に具体的な実験について示す．

- 特徴量抽出：特徴量は、ピクセル数，フレーム数，平均値と平均速度の三つを用いており，一つの軌跡から計155次元の特徴量を抽出する．
- 検証実験：抽出した特徴量を用いてどれだけ個人が判別可能であるかを検証する分類実験を行う．被験者が視線で描いた文字や記号をアイトラッカーで記録，特徴量を抽出し，その特徴量から誰の描いた視線データであるかを SVM(Support Vector Machine，機械学習モデルの一種)を用いて判別する．被験者に B と〇(マル)記号を各50回ずつ視線で描かせ，その際に背景がない場合，ある場合でそれぞれ実験を行った．この際の背景は海の景色である．

図10．実験で用いた背景

結果として，背景がない場合には B，〇共に 90％以上の分類精度が達成された．更に，B と〇では精度にあまり差がなく，アルファベット程度の形であれば認証に利用できる可能性があると考えられる．背景がある場合には，分類精度が B，〇共に，背景がない場合よりも高くなった．これは，背景があることによりディスプレイに焦点が合わせやすくなったためである．

今後は視線の軌跡を用いた個人認証システムの構築と，その認証精度を実験する．また，時間経過での変化と認証精度への影響についても調査する必要がある．

1.在密码录入阶段，增加备选组，比如：录入时一共选择7组，测试者在输入密码时只需要进行4组（7组中的随机4组）的选择，输入完成后显示结果，若在输入过程中测试者有一组正确选项忘记，则有一次替换组的机会。（会大幅度的增加测试的时间）

2.每组中4张图片的现实位置随机。

3.在密码录入时，分析测试者的眼球运动习惯及规律，根据测试者习惯自动调节输入对话框（或者是图片）的大小。

4（未定）.建立用户数据库存储用户的眼动数据，在下一次测试时自动匹配测试者，快速调节对话框的（或者图片）的大小。

5.判断机器学习的框架，找到最符合程序的框架。

6.进一步优化用户的交互界面。

4. 提案方式

4.1 提案方式の概要

本研究では，従来研究[1]に対し，認証時の画面のレイアウト調整，マウスポインタの非表示，画像内に点を表示する，という三点の改良を行った．

4.2 画面のレイアウト調整

従来研究[1]では，認証時のウィンドウサイズは横幅 1290 ピクセル，縦幅 800 ピクセルで固定されており，指定サイズよりも大きな画面サイズで全画面表示をした場合には図 11 のように画像や選択するボタンが左上に偏ってしまう．

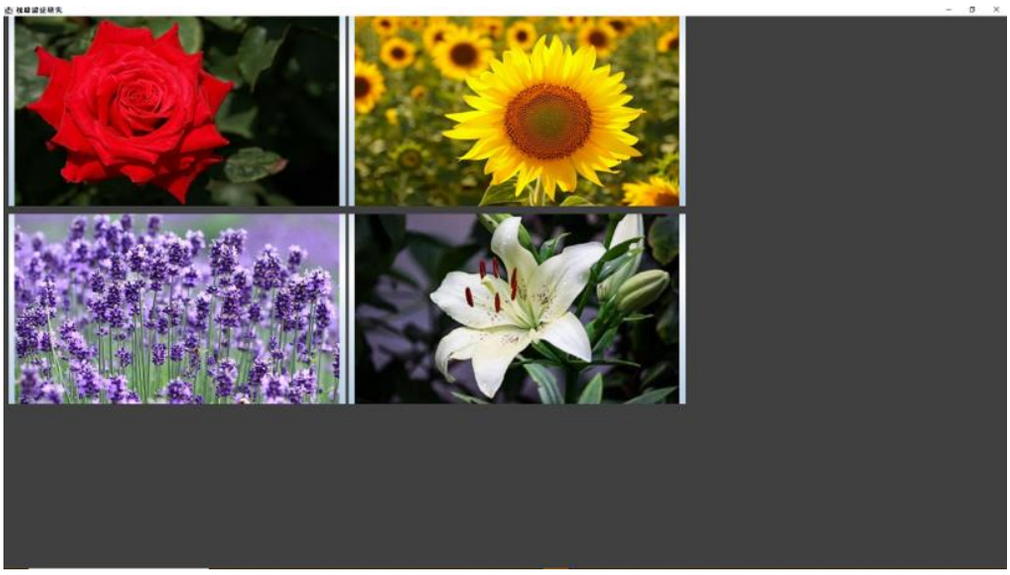

図11. 大きな画面サイズで実行した際の従来研究での認証画面

そこで，本研究では認証を実行する端末の画面サイズを自動的に取得し，画像とボタンのサイズ，位置が偏らないよう変更を加えた．変更後の認証画面を図 12 に示す．

図12．改良後の画面

4.3　　マウスポインタの非表示

覗き見攻撃や録画攻撃への耐性を上げるためにはマウスポインタの表示を消す必要がある．従来研究[1]では，マウスポインタは認証時に手動で非表示を設定していた．本研究では，利用するユーザの利便性向上のため，認証時にウィンドウ内では自動的にマウスポインタが非表示になるよう改良を行った．

4.4　　画像中央に点を表示

従来研究[1]でのユーザビリティに関するアンケート結果として，画像内に点を置いて画像を見つめやすくすると良いという意見が挙がっていた．そのため，本研究ではパスワード画像の中央に点を表示するよう改良を加えた．改良後の認証画面を図13に示す．各画像において点が見にくくならないように，黒色の点を白色の線で縁取るよう表示した．

図13．改良後のパスワード画像

4.5　　視線軌跡を用いた認証方式の提案

従来研究での課題点として認証時間の長さが挙げられる．画像が選択されるまでの注視時間が約 3 秒の時，平均認証時間は 20.57 秒であった．これを短縮するため，視線の軌跡を用いた認証方式の提案を行う．

提案方式では従来研究で用いるパスワード画像のカテゴリを 4 に減らし，中央から画像内の注視点までの視線軌跡を認証に用いる．具体的な提案方式について図 14 に示す．

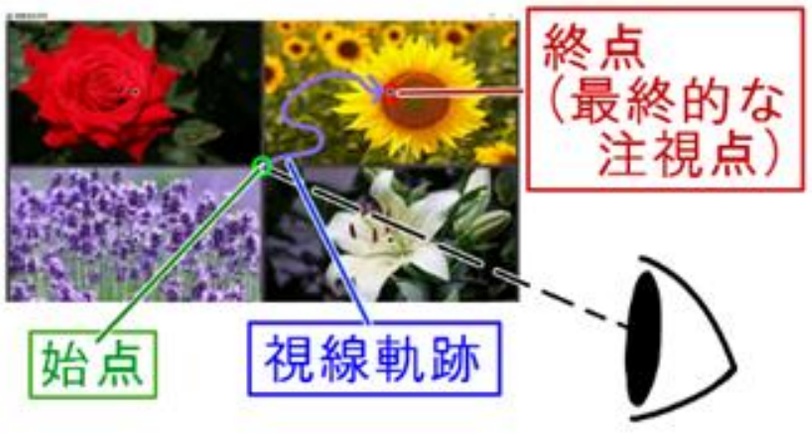

図14．視線軌跡を用いた認証方法

画面の中央と各画像の中央に視線を置くための点を表示する．認証では，画面の中央に視線が置かれた時点から各画像の中央を注視し選択されるまでの軌跡から個人を判別する．パスワード画像の選択が全て合っているだけでなく，視線の軌跡が事前に登録されたユーザの視線軌跡と一致した場合にのみ認証成功となる．

どの方法？

また，覚えやすいと感じたカテゴリの各回答数の合計を表 3 に示す．

表 3．各画像カテゴリの合計回答数

画像カテゴリ	回答数の合計
花	3
動物	4
乗り物	6
季節	9
国旗	10
スポーツ	9
食べ物	9

表 5 より，ユーザが覚えやすいと感じるカテゴリは季節，国旗，スポーツ，食べ物だということが分かった．また，画像についての意見として，「国旗は赤色が多くて目が疲れる」,「季節は 4 種類がはっきりしているのでわかりやすく覚えやすい」，「スポーツはすべて形が同じなため忘れやすい」などが挙げられた．よって，画像カテゴリを減らした際に残すカテゴリは季節，国旗，スポーツ，食べ物が良いことがわかり，国旗とスポーツの画像はより分かりやすい画像を再検討する必要があると言える．

5. 実装と実験

5.1 実装

本研究で示した提案を実現させるための従来研究の改良を行った．認証画面および認証プログラムを Java 言語で作成した．

python へ変更したい、読むわかりやりいので。

5.2 実験

従来研究との比較を行うための評価実験を行った．実験には ProLite XB2783HSU を用いた．また，視線入力デバイスとして Tobii Eye Tracker[3]を用いてユーザの視線位置を検出した．実験に使用した機器を表4に示す．

表 4. 実験で使用した機器

システム構成	使用機器
PC 端末	ProLite XB2783HSU
視線入力デバイス	Tobii Eye Tracker

図 15．視線入力デバイスの位置

被験者には図15のように視線入力デバイスを PC 端末に設置して実験を行った．被験者は神奈川工科大学の20代の学生男女19名である．実験の手順を以下に示す．

(1) 被験者に実験の流れを説明する．

(2) 被験者本人のキャリブレーションを行う．

(3) 被験者本人が従来研究の認証方式で7枚のパスワード画像の登録を行う．

(4) 従来研究の認証方式で認証を行う．

(5) 認証開始から終了までの認証時間を記録する．

(6) 手順(5)(6)を5回行う．

(7) 被験者本人が改良後の認証方式で7枚のパスワード画像の登録を行う.

(8) 改良後の認証方式で認証を行う.

(9) 認証開始から終了までの認証時間を記録する.

(10) 手順(7)(8)を5回行う.

(11) ユーザビリティに関するアンケートを行う.

また，手順(11)では，従来研究と改良後との使いやすさを比較するためにユーザビリティに関するアンケートを行った．アンケートでは，従来研究と改良後のどちらがより使いやすいと感じたかを示してもらい，それぞれの認証方式について意見や感想があれば記入してもらった．また，7カテゴリのうち覚えやすいと感じたカテゴリを最大3つ記入してもらった.

6. 評価

6.1 概要

実験で得られた認証時間のデータを基に平均認証時間を計算する．また，認証成功率も計算する．

6.2 平均認証時間

表 5，表 6 に従来研究と改良後それぞれの被験者ごとの認証時間と平均認証時間を示す．平均認証時間は，認証開始から認証成功画面の表示までの時間である．また，この際に画像を選択したと見なされるまでの注視時間は約 2 秒である．平均認証時間は，従来研究では 17.82 秒，改良後では 16.5 秒となった．

この時，本研究と従来研究での平均認証時間の差が大きい．これは，画像が選択されるまでの注視時間に約 1 秒の差があるため生じたと考えられる．

表 5. 従来研究における被験者ごとの認証時間と平均認証時間

	性別	年齢	1 回目(秒)	2 回目(秒)	3 回目(秒)	4 回目(秒)	5 回目(秒)
1	女	23	17.95	17.05	12.56	11.11	12.39
2	女	22	14.46	16.83	19.04	22.17	20.35
3	女	22	18.84	19.72	19.42	18.57	14.76
4	女	21	18.50	23.22	18.81	17.62	16.94
5	男	22	25.07	19.97	14.48	13.26	16.04
6	男	22	12.70	14.70	15.39	13.97	13.80
7	男	21	19.43	26.59	21.38	19.28	18.36
8	男	22	12.15	17.87	失敗	12.40	11.32
9	男	21	14.46	21.08	失敗	14.32	17.81
10	男	20	25.31	15.13	15.73	15.77	16.25

11	男	21	16.61	19.78	18.43	19.97	17.55
12	男	21	28.54	14.86	22.47	23.54	25.30
13	男	21	7.94	失敗	12.01	16.84	9.64
14	男	21	20.53	22.45	21.60	16.37	15.12
15	男	21	18.99	失敗	17.93	20.60	17.19
16	男	20	22.91	17.87	15.54	14.58	19.10
17	男	20	20.69	14.51	失敗	失敗	失敗
18	男	22	24.97	16.90	19.27	26.42	30.39
19	男	21	17.27	18.69	16.82	15.77	18.77
			平均認証時間：17.82 秒				
			認証成功率：96%				

表 6. 改良後システムにおける被験者ごとの認証時間と平均認証時間

	性別	年齢	1 回目(秒)	2 回目(秒)	3 回目(秒)	4 回目(秒)	5 回目(秒)
1	女	23	25.13	14.21	17.93	14.01	15.72
2	女	22	13.99	14.59	13.87	13.25	14.02
3	女	22	27.56	17.88	17.90	19.69	18.78
4	女	21	21.93	17.42	18.99	31.97	24.93
5	男	22	15.38	24.66	12.12	11.75	13.28
6	男	22	12.04	15.73	16.10	13.31	13.69
7	男	21	22.59	25.25	21.12	19.36	15.15
8	男	22	12.82	16.16	12.61	12.96	10.26
9	男	21	15.76	15.92	失敗	16.36	12.87
10	男	20	16.68	15.76	17.08	17.09	14.41
11	男	21	18.36	19.64	28.61	17.13	21.79
12	男	21	26.18	28.57	23.66	15.05	20.71
13	男	21	12.32	失敗	11.97	12.87	12.57
14	男	21	15.04	12.62	13.01	15.20	14.11
15	男	21	15.91	15.23	17.42	14.81	12.39
16	男	20	13.72	14.76	15.74	13.93	13.10
17	男	20	12.19	14.09	14.30	13.23	10.87
18	男	22	17.85	15.93	15.84	13.88	17.71
19	男	21	14.12	17.47	15.36	14.91	14.14

平均認証時間：16.5 秒
認証成功率：97.33%

6.3　認証成功率

表 5，表 6 から認証成功率を計算すると，従来研究では 96%，改良後では 97.33%であった．結果として，従来研究と改良後を比べると，認証成功率は改良後の方が高いことが分かった．

6.4　ユーザビリティに関するアンケート

アンケートでは，従来研究と改良後の認証を比較してどちらがより使いやすかったか，認証を行ってみての意見を回答してもらった．結果として，従来研究を使いやすいと感じた人は 5.3%，改良後を使いやすいと感じた人は 94.7%となり，ユーザビリティは従来研究[1]に比べて向上したと言える．意見として，「画面全体表示の方が見やすい」，「点があるため見る場所が固定しやすい」，「画像を 7 枚覚えるのは少し負担が大きい」，「登録と認証の選択画面などにも点がある方が操作しやすい」などが挙げられた．よって，画面全体に表示されるレイアウトと画像内に点を表示する改良により利便性が向上したと言える．一方で，7 カテゴリでの認証はユーザにとって記憶負担が大きいことが分かった．

7. おわりに

本研究では視線のみでパスワード画像を選択する認証方式の改良を行った．従来研究に対し，認証に利用する端末の画面サイズに合わせたレイアウトの自動調整，マウスカーソルの自動非表示，画像内に点を表示し視線を合わせやすくする，という三点の改良を行い比較実験を実施した．また，認証時間を短縮するために，カテゴリを減らして視線軌跡を用いる認証方式の提案を行った．実験では，従来研究での平均認証時間は17.82秒，認証成功率は96%，改良後システムでの平均認証時間は16.5秒，認証成功率は97.33%という結果となった．従来研究と比較して改良後システムでは平均認証時間が1.32秒短く，認証成功率は1.33%高くなった．この結果から，従来研究に比べて改良後では利便性が向上したと言える．また，アンケートでは，画面全体表示や画像内の点により，改良後システムの方がより使いやすいという結果となった．

今後の課題として，覗き見や録画攻撃による漏洩率の調査と画面点滅の改善，カテゴリを減らして視線軌跡を用いる認証方式の実装が挙げられる．

謝辞

本研究を進めるにあたり，ご指導いただいた岡崎研究室岡崎美蘭教授に御礼申し上げます．また，支援していただいた岡崎研究室の皆様，実験に協力していただいた皆様，有り難う御座いました．

参考文献

1) 伊藤憂香，朴美娘：視線入力デバイスを用いた画像認証方式に関する研究，電子情報通信学会, 2022.

2) 向井寛人，小川剛史：視線の軌跡情報を用いた個人認証手法に関する一検討，電子情報通信学会, 2015.

3) Tobii Eye Tracker 5 – The Next Generation of Head and Eye Tracking – Tobii Gaming, https://gaming.tobii.com/product/eye-tracker-5/.