

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 6 月 4 日現在

機関番号：34504

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2016～2017

課題番号：16K12483

研究課題名(和文) 外部から観測できない新しい認証技術の開発 - 光軸と視軸のズレの個人差の利用 -

研究課題名(英文) Development of an Unobservable Authentication Method - Utilization of Personal Difference between Optical and Visual Axes of the Eye -

研究代表者

山本 倫也 (Yamamoto, Michiya)

関西学院大学・理工学部・教授

研究者番号：60347606

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、ヒトがどこを見ているか外部からは正確には観測できないという性質、つまり、光軸(ヒトの眼球の形状の中心軸)と視軸(ヒトの注視点に基づく軸)に角と呼ばれるズレがあり個人差が大きいという性質を活用した、新しい認証技術の確立に挑戦した。具体的には、外部から観測が困難な視線インタラクションによる個人認証技術の確立に向けて、(1) 角の分布の計測、(2) 認証端末に入力情報を残さないインタラクション方式の開発、(3) システムのプロトタイプ開発を行い、提案技術の有効性、性質およびその適用限界について明らかにした。

研究成果の概要(英文)：In this research, we made challenges to realize a novel authentication method by utilizing a nature of vision that we can't estimate correctly where we are looking at from the outside. Here, we focused on the personal differences of angle kappa, which is the angle between optical and visual axes of the eye. To realize unobservable and untraceable personal authentication based on gaze interaction, we performed (1) measurement of angle kappa, (2) development of untraceable interaction method, and (3) development of a prototype system. We made clear the effectiveness of the method, and discussed about the nature and applicable region.

研究分野：ヒューマンインタフェース

キーワード：視線インタラクション

### 1. 研究開始当初の背景

マイナンバーの導入が進み、本人認証の重要性が飛躍的に高まる一方で、基礎年金番号の個人情報の流出など、国民の不安は尽きない。生体埋込チップを導入しても、睡眠中の認証など危険は残る。一方、屋外の防犯カメラが犯罪捜査に高い効果を上げる現状を鑑みると、数年後には、パスワード・暗証番号入力盗み見られる、高解像度カメラの普及が進むと考えざるを得ない。

市販の視線計測装置は、一気に低価格化が進んでいる。しかしながら、高価格な装置も含め市販の装置は、利用前にユーザが数点の注視を行う校正作業（キャリブレーション）が必要なままであり、応用範囲が限定される現状にある。

一方研究代表者らは、眼球の幾何モデルに基づく3次元視線計測手法の研究を進めている。これは、高精度計測と、簡略なキャリブレーションを両立可能な手法である。ここで問題としていたのが、光軸と視軸のズレ $\kappa$ 角、つまり、ヒトの眼球の形状の中心軸と、ヒトの注視点に基づく軸がずれており、これをキャリブレーションつまり補正する必要があるということであった。しかし、この光軸と視軸にズレがあり、そこに個人差があるという性質を取って活用すれば、外部から観測されずに、パスワード入力できると気がついた(参考文献①)。

### 2. 研究の目的

本研究では、ヒトがどこを見ているかは、外部から正確には観測できない、つまり光軸（ヒトの眼球の形状の中心軸）と視軸（ヒトの注視点に基づく軸）に $\kappa$ 角と呼ばれるズレがあり個人差が大きいという性質を活用した、新しい認証技術の確立に挑戦する。

### 3. 研究の方法

新しい認証技術の確立に向けて、(1) $\kappa$ 角の分布の計測、(2)インタラクション方式の開発、(3)システムのプロトタイプ開発を行い、提案技術の有効性、性質およびその適用限界について明らかにする。

### 4. 研究成果

#### (1) $\kappa$ 角の分布の計測

$\kappa$ 角を用いた認証システムを構築するにあたり、 $\kappa$ 角の個人間の分布の計測と、 $\kappa$ 角を用いた認証システムの脆弱性の議論を行った。



図1： $\kappa$ 角計測実験の様子

まず、分布の計測のために、実験を行った(図1)。実験では、19歳から25歳の男女100人の左目の $\kappa$ 角を計測した。実験タスクとして、1点を3秒間注視させ、その後3秒間目を閉じる試行を30試行繰り返した。実験では、先行研究で開発した独自の視線計測装置(参考文献②)を用い、キャリブレーションを行わずに光軸のみを測定した。

計測の結果、カラーコンタクトやメイクの影響で、2人が実験タスクを遂行できなかった。計測できたのは98人分である。この計測例を図2および図3に示す。図2のように個人内で差が小さい場合もあったが、図3のように差が大きい場合もあった。

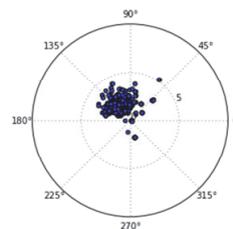


図2：計測例（個人内で差が小さい場合）

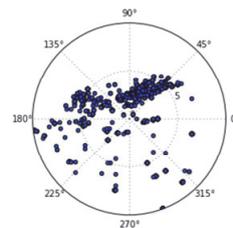


図3：計測例（個人内で差が大きい場合）

この理由を明らかにするために、計測中の画像処理の様子を分析したところ、図4のプルキニエ像の撮影エラーや、図5の楕円フィッティングのエラーにより、計測データが広がってしまうことが明らかになった。そこで、計測された $\kappa$ 角の選定アルゴリズムを開発し、これをもとに $\kappa$ 角の分布を求めた。

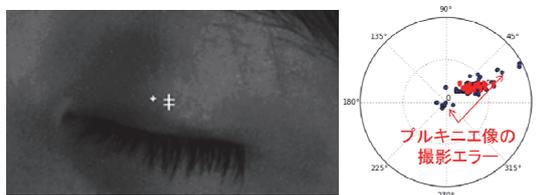


図4：プルキニエ像の撮影エラー

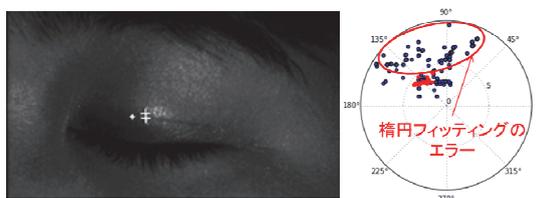


図5：楕円フィッティングのエラー

求めた結果を図6に示す。データ選定により49人が除外されたため、図では49人分の $\kappa$ 角の平均値をプロットした。

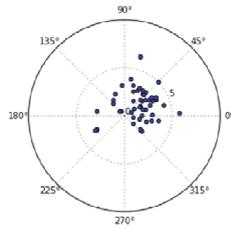


図6： $\kappa$ 角の分布

この $\kappa$ 角の分布をみると、平均約 $5^\circ$ とされていた $\kappa$ 角の分布(参考文献③)は、個人内の計測誤差等より大きく、認証技術として十分に利用できることが明らかになった。また従来研究で左目では内側、上側に視軸がずれることが知られていたが、平均はこの知見と同じであるが、外側、下側にずれる場合があることも明らかになった。

この分布をもとに、認証技術としてどう利用すべきかを検討すると、まず、本人拒否率は、視線計測の精度に依存する。図2では分布が $4^\circ$ 程度で、フィルタも使用していないが、市販の視線計測装置でフィルタを使用すると $1^\circ \sim 2^\circ$ 程度になると考えられる。いずれにせよ、個人内の計測範囲を定めた上で、計測誤差がその範囲を上回ると、本人拒否される。

他人受入率も視線計測の精度に依存する。同時に、図6の $\kappa$ 角の分布に依存する。全体の分布は上下左右に約 $10^\circ$ あるが、中央付近に集まっているため、他人受入されやすい人とされにくい人がいる。試算では、中央付近の人で、視線計測装置の分布を $2^\circ$ 程度と仮定すると、他人受入率は最大で10~20%、中央から外れた人は数%になると考えられる。ただし、どれほど正確に視線計測できても、同じ点をみているときのサッケードが $0.数^\circ$ あるため、数%が限界となる。

## (2) インタラクショナル方式の開発

前項を踏まえると、 $\kappa$ 角のみを生体情報として認証することはできないと判断できる。つまり、指紋や光彩のように、その特徴のみで個人と結びつけることは現実的ではない。そこで、本研究では、IDと、暗証番号やPINコードの入力を光軸で行うというマルチモーダル認証の手法を提案する(図7)。手順は以下のとおりである。

- ① 入力端末から照合サーバにIDを送る
- ② 照合サーバから入力端末に、数値や文字が書かれた画像を送信する
- ③ 入力端末で、光軸のみを計測する(キャリブレーションは行わず、視軸や注視点には計測しない)
- ④ 光軸のデータを照合サーバに送信する(注視点のデータは送信されない)
- ⑤ 照合サーバで、あらかじめ計測しておい

た $\kappa$ 角と、送信した画像、送信されてきた光軸の情報を用いて、視軸および注視点を復元する。

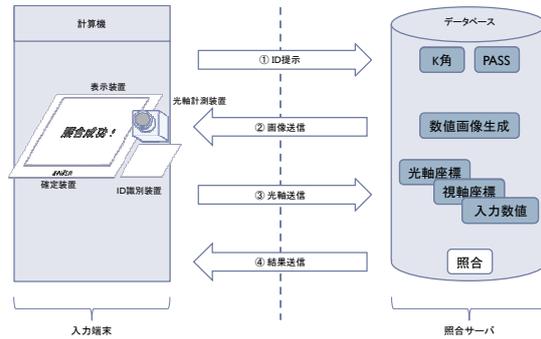


図7：認証のフレームワーク

以上により、入力端末で、どのような情報が入力されたかは外部から観測されず、かつ、通信路においても、その情報は残らない。したがって、公共の場で暗証番号やPINコードを入力したとしても、外部から正確に観測されることはない。

## (3) システムのプロトタイプ開発

上記の議論を踏まえ、システムのプロトタイプを開発した(図8)。ここでは、スクリーンキーボードを画面に表示して、PINコードを認証するようにした。あるユーザがたとえば「1234」というコードを設定し、他人にコードが漏れたと想定し、他人が「1234」と入力しても、照合できないことが確認できた。

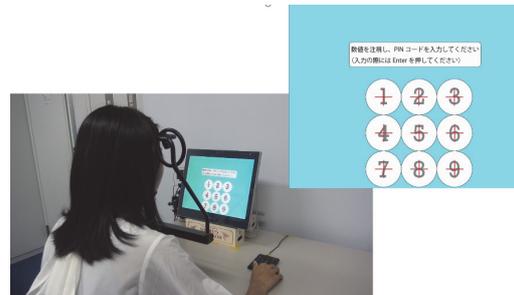


図8：システムのプロトタイプ



図9：公開展示の様子

図9は、2016年8月25日・26日に東京ビッグサイトで開催されたイノベーション・ジャパン2016における公開展示の様子である。上述のプロトタイプを用いて、来場者にPIN

コードを設定してもらい、そのコードを伝えてもらって、展示スタッフが入力するというデモを展示した。いずれの日も、数十人がシステムを体験したが、照合されたケースは計2人であった。また、キャリブレーションなしでシステムを利用することの利便性、視線インタラクションの有用性をアピールできた。

以上のように、 $\kappa$ 角の個人差を利用した技術の開発を行った。結果として、指紋認証のような、生体情報のみを用いて認証することは現実的ではないものの、暗証番号やPINコードを組み合わせたマルチモーダル認証の新しい手法を提案できた。今後の課題としては、いかに正確に光軸を計測するかという問題が大きい。また、その結果を踏まえて、より詳細に他人拒否率を求めることや、タブレット端末への実装から、ユーザビリティの高いシステムに発展させていくことも重要であると考えられる。

#### <引用文献>

- ① Daiki Sakai, Michiya Yamamoto, Takashi Nagamatsu, Satoshi Fukumori, Enter your PIN code securely!: utilization of personal difference of angle kappa, Proceedings of the Ninth Biennial ACM Symposium on Eye Tracking Research & Applications, 2016, 317-318
- ② Michiya Yamamoto, Takashi Nagamatsu, Tomio Watanabe, Development of eye-tracking pen display based on stereo bright pupil technique, Proceedings of the 2010 Symposium on Eye-Tracking Research & Applications, 2010, 165-168
- ③ Leonard A. Levin, Siv F. E. Nilsson, James Ver Hoeve, Samuel Wu, Paul L. Kaufman, Albert Alm, Adler's Physiology of the Eye, Saunders, 2011

#### 5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計0件)

[学会発表] (計2件)

- ① Michiya Yamamoto, Hirofumi Sakiyama, Satoshi Fukumori, Takashi Nagamatsu, An Unobservable and Untraceable Input Method for Public Spaces by Reconstructing Points of Gaze Only on Servers, Proceedings of the 5th Symposium on Spatial User Interaction, 査読有, 2017, 155-155  
DOI: 10.1145/3131277.3134352
- ② 酒井 大貴, 山本 倫也, 長松 隆, 福

森 聡, 光軸と視軸のズレを用いた個人認証システムの開発, ヒューマンインタフェースシンポジウム 2016 DVD 論文集, 査読無, 2016, 519-522

[図書] (計0件)

[産業財産権]

○出願状況 (計1件)

名称: 個人認証方法および個人認証システム  
発明者: 山本 倫也, 酒井 大貴, 長松 隆  
権利者: 学校法人関西学院, 国立大学法人神戸大学

種類: 特許 (公開公報)

出願番号: 特願 2016-049053

公開番号: 特開 2017-162420

出願年月日: 2016年3月13日

公開年月日: 2017年9月14日

国内外の別: 国内

[その他]

招待講演・公開展示

「外部から観測できない新しい認証技術の開発ー光軸と視軸のズレの個人差の利用ー」  
イノベーション・ジャパン 2016

ホームページ等

<https://hsi.ksc.kwansei.ac.jp/~yamamoto/>

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

山本 倫也 (YAMAMOTO, Michiya)  
関西学院大学・理工学部・教授  
研究者番号: 60347606

##### (2) 研究分担者

長松 隆 (NAGAMATSU, Takashi)  
神戸大学大学院・海事科学研究科・准教授  
研究者番号: 80314251