

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 16 日現在

機関番号：12608

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2015～2015

課題番号：15K12406

研究課題名(和文)視線推定を用いる講義映像視聴判定

研究課題名(英文)Assessment of Lecture Video Viewing by Gaze Estimation

研究代表者

西原 明法(Nishihara, Akinori)

東京工業大学・社会理工学研究科・教授

研究者番号：90114884

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,100,000円

研究成果の概要(和文)：学習者が講義映像を見ているか否かを判定するシステムを構築した。PC画面近くに置いたカメラ映像上の目に反射している画面から、どこを見ているかを推定する。まず画像から目を検出し、角膜輪郭の楕円を検出し、角膜球姿勢と光軸を推定する。次に実際の視線方向から角膜表面への環境光が反射する点を推定する。最後にPC画面との対応により視線を推定する。

注視実験を頭部固定と非固定で行った。推定精度が低かったため、事前に四点を注視し、被験者の角膜球パラメータを校正したところ、頭部非固定で平均推定精度約5度となった。これは学習者が見ている文字を特定するには不十分であるが、学習していることを知るには十分であると考えた。

研究成果の概要(英文)：We developed a system to assess if a learner is actually looking at PC screen while studying by lecture video. We set a camera near the screen. From the image taken, ellipse is found as corneal limbus. From its shape we can estimate the posture of the cornea. Then the point where the light from the gazed object reflect on the cornea is detected as Gaze Reflection Point. Matching with the screen data identifies the gaze fixation point on the screen.

To improve the estimation accuracy, we introduced a calibration process by adjusting the parameters of the corneal sphere, and experiments were done with fixed-head and unfixed-head conditions. We have average accuracy of 5 degrees with fixed-head condition. That is not high enough to identify the character the subject is looking at, but we can know that he/she is studying by looking at the screen.

研究分野：教育工学

キーワード：視線推定 角膜反射 E-ラーニング

1. 研究開始当初の背景

MOOC (Massively Open Online Course)、反転授業、e-ラーニング等の遠隔学習で、講義コンテンツ映像を視聴させる機会が多くなってきている。通常、講義映像は LMS (Learning Management System) 上に掲載され、LMS のログには各受講者がアクセスした時間やその他の活動が正確に記録されており、一般にはそれをもって受講時間とすることが多い、しかし、受講者の PC 上で講義映像が流れていることと、それを学習していることとの間にはギャップがあり、実際には映像を流しながら別のことをしている、あるいは PC の前にさえいない可能性もある。一部のオンライン大学では、受講 PC にカメラを付けさせ、授業中に何回か写真(静止画)を撮って受講を確認する例もあるようであるが、通常の受講でも一瞬だけ机を離れることもあり、受講確認手段としては精度が低いと言わざるを得ない。そこで本研究では、より正確に受講状況を把握できるようにするシステムを構築する。

2. 研究の目的

e-ラーニング等で受講者が実際に PC 画面を見ていることを確認するため、受講 PC に視線推定を組み合わせ、受講者が講義映像を見ていることを確認できるシステムを構築する。このシステムにより、遠隔学習での受講状況把握が、LMS のログ等よりはるかに正確に行えるようになると考えられる。

3. 研究の方法

視線推定は、カメラ映像のみで可能な受動システムとする。前研究[1]では眼の CG 画像とのパターンマッチングを行い、計算時間と精度の問題があったため、今回は角膜反射画像を用いる。想定している状況では、学習者が見ているのは PC 画面に限定されていることから、角膜反射画像からまず PC スクリーンの四角形を検出し、それを平面上の四角形に射影変換する。検出した四角形と実際に PC に表示している画像とをマッチングし、学習者が見ている箇所を推定する。フローチャートを図 1 に示す。

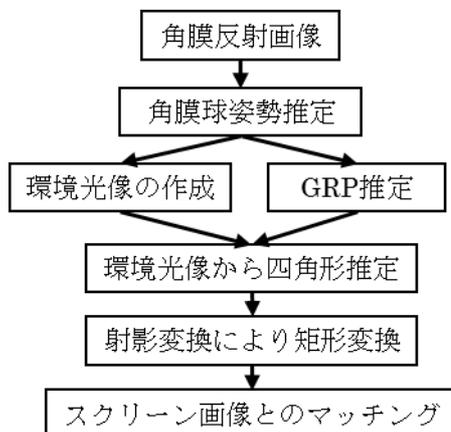


図 1 本研究のフローチャート

(1) 眼球モデル

図 2 に示す眼球モデルを用いる。角膜球のパラメータとして  $r_c = 7.7mm$ 、 $r_L = 5.6mm$ 、 $d_{LC} = 5.6mm$  とする。

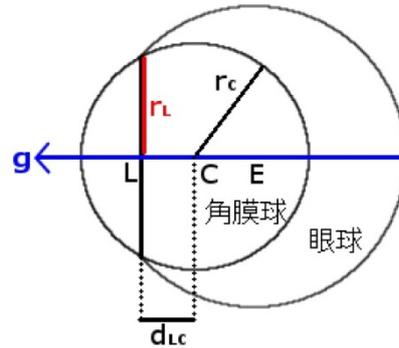


図 2 眼球モデル

(2) 環境光像の作成

環境光像とは光源点である対象物からの光が角膜表面上に結像した像を単位球上に投影した像である。カメラ主点を原点とする座標系を用いて、角膜表面上に結像した像から環境光像を作成する。

(3) 角膜球姿勢推定と光軸推定

角膜反射画像から一番長く、縦の特徴が強いエッジを角膜輪郭の左右の両端として検出し、その範囲内のエッジから角膜内の反射エッジを取り除くことで角膜楕円を検出する。

カメラ主点を原点とする図3に示す3次元座標系を用いる。

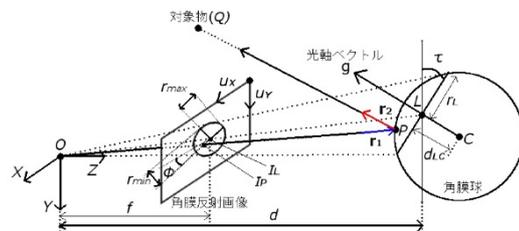


図 3 カメラ座標と角膜球の関係

(4) 弱透視投影モデルによる GRP 推定

光軸ベクトルと実際の視線は、像を結ぶ中心窩が眼球中心と異なる。そのため、実際の視線方向から角膜表面への環境光が反射する点を Gaze Reflection Point (以降 GRP と表記) とし、GRP 推定を行う。

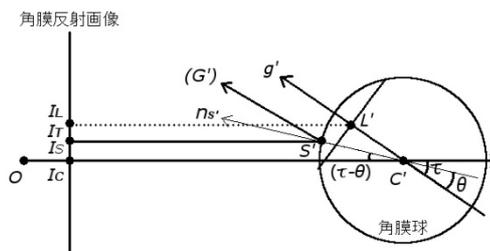


図 4 弱透視投影モデル

被写体の厚みを 0 と近似した弱透視投影モデルを用いる。ここでは角膜の厚みも 0 と

近似する。

(5) 角膜球パラメータの校正

角膜球半径等のパラメータは個人差として0.5~1mm程度の誤差があると言われている。そこで、事前に画面上に図5の格子を表示して、その内o印の4点を注視させ、誤差が最小となるように、各パラメータを校正する。

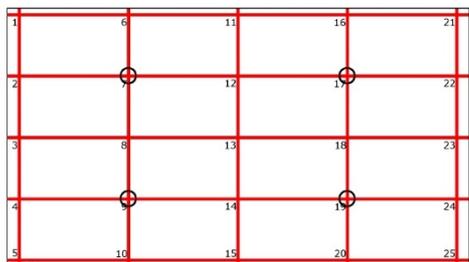


図5 キャリブレーション画面

4. 研究成果

室内において、PCスクリーンの正面に、頭部を固定した場合と頭部非固定の場合で実験を行った。PCスクリーンはフルHD(1920×1080ピクセル)、瞳とスクリーンの距離は500mmである。

図6に角膜輪郭と光軸ベクトルを示す。

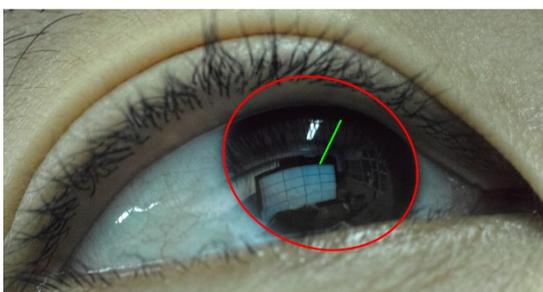


図6 角膜輪郭と光軸

また図7にGRPを黄色の点で示す。注視させているのは赤の矩形で囲んだ格子点である。

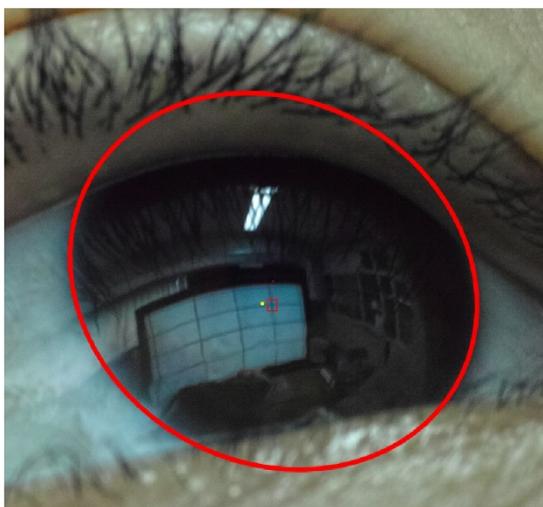


図7 GRP

さらに環境光像を図8に、環境光像から検出した四角形を図9に示す。

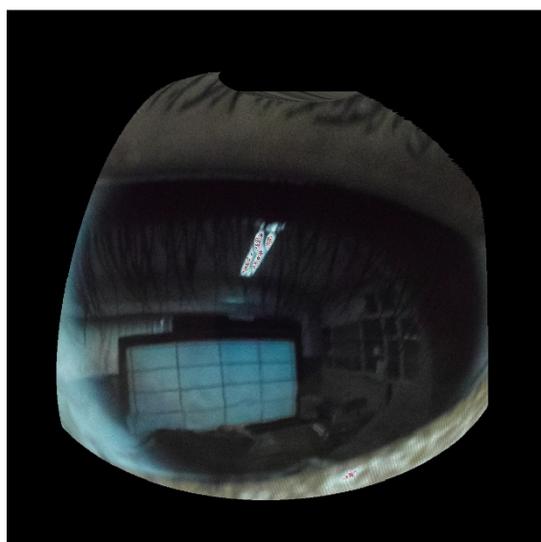


図8 環境光像



図9 矩形画像

頭部固定と頭部非固定で、3名の被験者に図5の25点の格子点を順に注視してもらい、注視点との角度誤差を測定した。その結果、25点全体で絶対値における角度誤差のばらつきは頭部非固定のときの方が大きくなり、二次元分布における角度誤差では、全ての被験者でX軸上における角度誤差の平均は小さくなったが、ばらつきは大きくなり、Y軸上ではどちらの値も大きくなってしまった。また、縦列毎の比較では、頭部固定よりも頭部非固定の方が第三列から第五列の絶対値の角度誤差が小さくなる傾向があった。横行毎の比較では、頭部固定よりも頭部非固定の方が第三から第五行の絶対値の角度誤差が小さくなる傾向があった。

頭部固定の際にコンピュータスクリーンの端の点を注視しようとする目と目を大きく回転させなくてはならず、被験者からみて右下に設置したカメラから見たとき、角膜の端にコンピュータスクリーンが反射し、環境光像から検出した四角形の歪みが大きくなってしまったことが理由であると考えられる。頭部非固定の際は、画面中央から右の点や下の点を見る際、カメラから見て角膜の中心寄りにコンピュータスクリーンが反射するため、環境光像から検出した四角形の歪みが小さく、絶対値における角度誤差が小さくなったと考えられる。

角膜球パラメータのキャリブレーションを行った上で、頭部固定・非固定で比較する

と、絶対値の角度誤差平均と標準偏差は、頭部固定と頭部非固定であまり変化がなかった被験者が一人、角度誤差平均が一度以上小さくなった被験者が二人いた。絶対値の角度誤差平均が小さくなったうちの一人は、標準偏差は大きくなってしまったが、角度誤差の二次元分布をみると、X軸Y軸共に角度誤差の平均が小さくなり、X軸のばらつきだけ少し大きくなっており、もう一人は全ての値において頭部固定のときよりも頭部非固定のときの値が小さくなった。また、変化があまりなかった被験者も、X軸Y軸共に角度誤差の平均値は小さくなった。縦列毎の比較では、第二列から第五列の絶対値の角度誤差が小さくなる傾向があった。横行毎の比較では、第二行から第五行の絶対値の角度誤差が小さくなる傾向があった。また、横行毎ではどの被験者もキャリブレーション後は、第五行の角度誤差が一番小さくなった。

実験全体を通してみると、角膜球パラメータのキャリブレーションを行った上で、頭部非固定で行った実験がよい結果を示す傾向があることが分かった。平均角度誤差は5度であり、スクリーン上のどの文字を見ているかまでを推定することはできないが、大体の注視位置を知ることができ、e-ラーニングの学習確認には十分使用可能である。

今回、カメラを被験者の右下に設置したが、それにより被験者の角膜平面が正面になりやすい画面右下にある点群を注視した際、この光軸推定の精度が悪化したと考えられる。カメラはスクリーン中央の上または下が望ましいのではないかと考える。

#### <引用文献>

[1]西原明法, “ビデオベース視線検出アルゴリズムの開発・実装と教育工学への応用”, 科学研究費補助金, 挑戦的萌芽研究, H25~H26

[2] 中澤篤志, ニチュケクリスティアン, ラドコフアレクサンダー, 竹村治雄: 眼球の表面反射と高速アクティブ光投影を用いた非装着・事前校正不要な注視点推定”, 画像の認識・理解シンポジウム(MIRU2011), pp.41-48, 2011

[3] 中澤篤志, ニチュケクリスティアン: 角膜イメージング法を用いたパララックス誤差に頑健な注視点推定法”, 第19回画像センシングシンポジウム, pp.1-8, Jun., 2013

[4]中澤篤志, ニチュケクリスティアン, 西田豊明: Random resample consensus 法を用いた角膜表面反射とシーン画像の位置合わせ”, 第17回画像の認識・理解シンポジウム(MIRU2014), 2014

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 0 件)

[学会発表] (計 1 件)

1. 蓮実梢, 伊藤泉, 西原明法: コンピュータスクリーンの角膜反射画像からの視線推定, 第30回信号処理シンポジウム, pp.157-162, Nov., 2015

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

[その他]

特になし

#### 6. 研究組織

(1) 研究代表者

西原 明法 (NISHIHARA Akinori)

東京工業大学・大学院社会理工学研究科・教授

研究者番号: 90114884

(2) 研究分担者

(3) 連携研究者

(4) 研究協力者

蓮実 梢 (HASUMI Kozue)、伊藤 泉 (Ito Izumi)