6ZA-8

非接触型視線追尾システムに向けた虹彩検出手法の検証

今渕 貴志 † 菊池 輝 † Prima Oky Dicky Ardiansyah † 伊藤 久祥 †
†岩手県立大学ソフトウェア情報学部

1. はじめに

視線追尾システムは，心理学実験や障がい者補助，マシンインタフェース等に利用されている．しかしながら，当該システムの多くは赤外線カメラを利用するため，屋外のような赤外線量の多い環境での視線追尾は困難であり，さらにその製作コストも高い．そこで，我々は視線追尾に Web カメラ等の可視光カメラを用いることで，屋外でも利用できる安価な視線追尾システムの重要性があると考えている．本稿では，可視光カメラを用いた非接触型視線追尾システムの開発において，複数種類の虹彩検出手法による視線追尾精度を検証し，視線による文字入力の試用結果を報告する．

2. 虹彩検出手法

東洋人は虹彩が暗色であるため，可視光カメラを用いる場合，瞳孔の検出ができない．現行の可視光カメラを用いた視線追尾システムの研究では，虹彩の中心を視線方向の手がかりとして開発が行われているが，平均誤差角度が 2.0 度以上であるため，意思伝達手段の用途には向かない．そこで，高精度かつ高速で視線追尾を行うために，以下の虹彩検出手法を検証する．

2.1. 楕円近似による虹彩検出

本手法では，まず可視光カメラより得た眼球画像から虹彩輪郭の点群を blob および contour 検出処理によって検出し，これらの点群に対して楕円を近似する．求めた楕円の中心を虹彩の中心として扱う．楕円近似は，最小自乗法と RANSAC の 2 つの手法で行う．

2.2. 円近似による虹彩検出

上記 2.1 の点群に対して，楕円近似の代わりに円近似を行う手法である．円近似手法は，Umbach と Jones（2000）が提案した円近似手法[1]を採用した．

2.3. テンプレートマッチングによる虹彩検出

本手法では，事前に用意した虹彩のテンプレート画像を利用して，眼球画像から虹彩を検出し，検出した虹彩の矩形領域の中心を虹彩の中心として扱う．便宜上で，本研究ではテンプレート画像の作成に 2 次元正規分布を用いた．

2.4. Starburst による虹彩検出

本手法では，眼球画像に対して勾配強度を求め，上記 2.1 で検出した blob の中心から全方位に向けて，勾配強度が最も大きい地点を求める．これらの点群をもとに楕円，または円近似を行うことで虹彩を検出する．

3. 精度検証実験

各虹彩検出手法の違いによる視線追尾結果を検証するために，16 名の被験者による視線追尾実験を実施し，その精度を検証した．

3.1. 実験装置と実験環境

実験装置として 13 インチの Macbook Air（OS X 10.9, 1.7GHz intel Core i7）利用し，撮影には可視光カメラである内蔵 Web カメラを用いる．被験者の目とカメラとの距離は，モニタの縦幅の約 3 倍（60 cm）とする．なお，被験者の頭部が動かないように顎台を用いた．

視線追尾システムは，カメラより取得した画像から目領域を検出し，眼球画像を切り出し，前述の各虹彩検出手法で虹彩の中心を求める．図 1 は，虹彩検出の様子を示す．

3.2. 実験手順

実験において，被験者に画面上に表示された 9 点の基準点を順に 2 秒間注視してもらう．その際に，30 fps で映像を録画し，実験終了後に，録画した映像に対して前述の各虹彩検出手法で虹彩の中心を求め，視線追尾精度を算出した．

3.3. 実験結果

表 1 は，実験結果を示す．各手法による平均誤差角度は Starburst 以外，1.0 度以内であることが分かる．視線追尾システムの熟練経験者の場合，0.5 度以内の誤差で視線追尾を行うことができた．また，虹彩検出の処理速度は，RANSAC

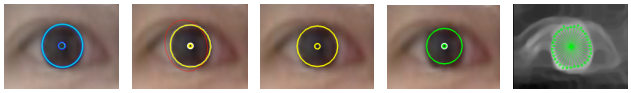

図 1　2.1～2.4 の各手法による虹彩検出

Iris Detection for Non-contact Eye Tracking System
Takashi IMABUCHI†, Hikaru KIKUCHI†, PRIMA Oky Dicky Ardiansyah†, Hisayoshi ITOH†
† Faculty of Software and Information Science, Iwate Prefectural University

Copyright ©2014 Information Processing Society of Japan.
All Rights Reserved.

表 1　視線計測精度

項目	FE	RANSAC	FC	TM	S
最小	0.33 °	0.32 °	0.30 °	0.43 °	0.83 °
最大	1.50 °	1.40 °	1.45 °	1.36 °	1.95 °
平均	0.79 °	0.77 °	0.78 °	0.90 °	1.30 °
分散	0.12 °	0.09 °	0.12 °	0.09 °	0.08 °

注) FE: 楕円近似, FC: 円近似, TM: テンプレートマッチング, S: Starburst

表 2　文字入力結果

被験者	誤差角度	誤差距離	入力時間	誤入力回数
1	1.50 °	1.2 cm	99.5 s	1.0 回
2	1.89 °	1.5 cm	46.2 s	0.0 回
3	0.71 °	0.6 cm	48.7 s	0.0 回
4	1.36 °	1.1 cm	97.8 s	0.0 回
平均	1.37 °	1.1 cm	73.1 s	0.3 回

を用いた楕円近似法と Starburst 以外，25 fps 以上であった．なお，基準点を注視している間に，被験者が瞬きをすることが誤差を増大する要因とも確認できた．

4. 視線を用いた意思伝達システム

近年，障害者の意思伝達手段として種々の視線計測機器が開発されている[2]が，利用には外部デバイスが必要なため持ち運びが困難である．視線追尾システムのタブレット端末での利用を実現することで，利用場所に制約のない意思伝達が可能となる．上記 3.の実験では，コンピュータを用いたが，ここでは，タブレット端末において視線追尾処理を実装し，視線を用いた文字入力盤による意思伝達の有用性を検証する．

4.1. タブレット端末による視線追尾システム

タブレット端末上で，上記 3.1 の装置同様に視線追尾処理を実装する．虹彩検出では，前章 3.の実験において，安定した精度と高い処理速度が確認できた，最小自乗法による楕円近似手法を採用する．

4.2. 文字入力盤

意思伝達のために，視線を用いて入力可能なメッシュ型の文字入力盤を作成する．図 2 のように，1 つの画面上に「文字（あ～わ）」，「改行」，「空白」，「削除」，「発話」の各ボタンを 5 行 3 列で配置する．各文字のボタンは階層構造になっており，例えば，「あ」を選択すると，「あ」から「お」の別画面に切り替わる．ボタンの選択は，一定時間の注視によって行う．

5. 文字入力実験

視線による文字入力の有用性を検証するために，4 名の被験者による実験を行った．

図 2 文字入力盤

5.1. 実験装置と実験環境

上記 4.で記述したシステムと文字入力盤を，9.7 インチの iPad（A6X チップ デュアルコア）を用いて実装した．端末を被験者との距離がモニタの縦幅の約 3 倍（45 cm）となるように設置し，被験者の頭部が動かないように顎台を用いた．

5.2. 実験手順

被験者に画面上に表示された 5 点の基準点を順に 2 秒間注視してもらい，キャリブレーションを行う．その後，視線による文字入力を行う．被験者に対して，「おふろ」，「なにかのみたい」，「あしたこうえんいきたい」といった長さの違うひらがなで構成された 3 つの文字列の入力を課す．文字入力後に「発話」の項目を選択するまでの時間を計測する．

5.3. 実験結果

表 2 は，実験結果を示す．被験者の平均誤差角度は 1.5 度以内であり，文字入力に十分な精度が得られた．また，文字入力に関して，入力誤りが少なく，提示した 3 つの文章を約 1 分半で入力可能であることが確認できた．

6. おわりに

本研究では，可視光カメラを用いた非接触型視線追尾システムのために，5 種類の虹彩検出手法を実装し，その精度を検証した．その結果，Starburst 以外の手法において，平均誤差角度は，1.0 度以下であることが分かった．また，タブレット端末における視線を用いた文字入力実験では，平均誤差角度 1.5 度以内であり，文章の入力が可能な精度を確保できた．今後は，頭部姿勢の変動に対応することで，より実用性をもったシステムを完成させたい．

参考文献

[1] Umbach, D., Jones, K.N., “A Few Methods For Fiting Circles to Data”, Instrumentation and Measurement, IEEE Transactions on, Vol.52, No.6, pp.1181-1185, 2003.

[2] 田厚生, 三宅貴士, 森若誠, “視線入力システムの有効性”, 人間工学, Vol.45, No.4, pp.226-235, 2009.

Copyright ©2014 Information Processing Society of Japan.
All Rights Reserved.