

J-013

視線検出システムの開発

-パターンマッチングにおける誤検出についての検討-

Development of an eye-gaze interface system

- A study of iris detection errors in pattern matching-

平瀬 賢[†] 松本 耕平[†] 米沢 徹也[‡] 緒方 公一[†]

Hirase Suguru Matumoto Kohei Yonezawa Tetsuya Ogata Kohichi

1.はじめに

著者らは頭部装着型の小型カメラにより撮影した眼画像を用いて、画像処理により虹彩中心を検出し、これに基づいてPCディスプレイ上のマウスカーソルを動かす視線入力インタフェースの開発を行っている。虹彩中心を検出する際に、虹彩輪郭に円を当てはめる、円形パターンマッチングを行なうが、目尻・目頭や上下まつ毛などの影響で、誤検出を引き起こす問題がある。この影響を軽減するために、目尻・目頭領域の除去が有効であるが、本稿ではさらに、上下まつ毛領域の除去を行なう手法と、虹彩輪郭が現れた部分に選択的なマッチングを行なう手法を提案し、その効果を検討する。

2.虹彩検出処理

視線推定を行うためには虹彩中心の検出を行う必要がある。虹彩は、明度・彩度に適切な閾値を与えることで図1(a)のように検出することができる。図中の白で示す部分が虹彩領域であり、本論文ではフィルタリング領域と呼ぶことにする。虹彩領域の検出が完了すると、図1(b)のように虹彩と強膜の境界を表す、輪郭画素に円を当てはめる円形パターンマッチングを行う。図中の灰で表す環状円が実際にマッチングを行った円である。マッチングは環状円内に存在する輪郭画素の個数を基準に行う。

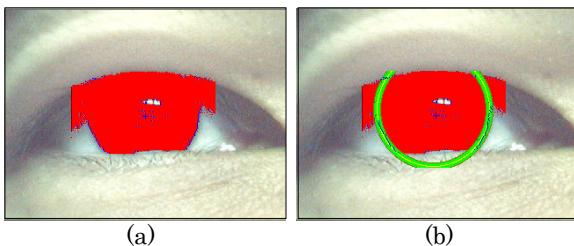


図1 虹彩検出処理

過去の研究で、円形パターンマッチングにおいて、目尻・目頭の影響による誤検出が確認された。虹彩が目尻・目頭に寄った場合に、図2(a)のように目尻・目頭領域を虹彩と誤認識してしまい、マッチングが大きすぎてしまう。そこで、目尻・目頭領域のカットを行ったところ、図2(b)のようにマッチングが改善される。このように、虹彩領域以外の部分をカットすることで誤検出の改善が図れることが分かる。次項からは、他の誤検出原因について述べ、その解決手法を提案し評価している。

[†] 熊本大学大学院自然科学研究科
Graduate School Of Science and Technology,
Kumamoto University

[‡] 八代工業高等専門学校
Yatsushiro Higher Professional School

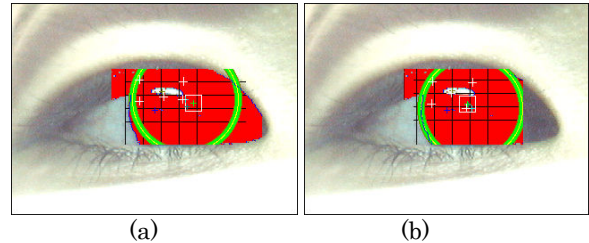


図2 目尻・目頭領域の影響

3.上下まつ毛による誤検出

他の誤検出の原因として、上下まつ毛の影響がある。図3(a)に示すように、上まつ毛の影響により、虹彩領域に穴が生じ、その部分を輪郭として検出してしまう。そして、その部分にマッチングをしてしまうことで図3(b)に示すような誤検出を引き起こしてしまう。

以上のような誤検出を改善するために、以下で二つの手法を提案する。

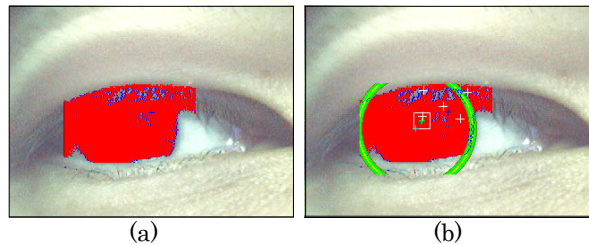


図3 上まつ毛の影響

4.上下まつ毛の輪郭除去

図2に示す手法はフィルタリング領域を削除している。一方、上下まつ毛は、虹彩領域と重なって存在しているので、フィルタリング領域を削除した場合に虹彩領域を削除してしまう。そこで、上下まつ毛領域の輪郭画素の除去を行うことを考える。上下まつ毛は、フィルタリング領域の上部または、下部に存在すると考えられるので、フィルタリング領域の高さを基準とした矩形領域でカットを行っていく。図4(a)は、上部35%、下部10%で輪郭除去を行った例となっている。除去後のマッチング結果が図4(b)である。図3で誤検出を引き起こしていたものが改善されていることが分かる。

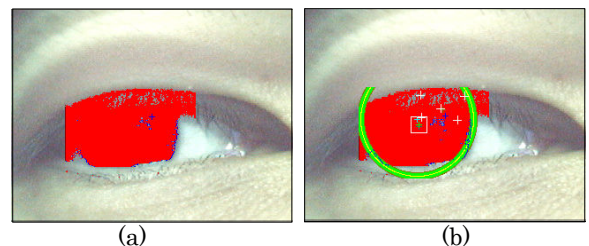
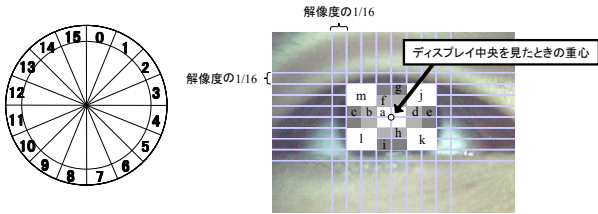


図4 輪郭画素の除去

5. ラベル円によるマッチング

もう一つの提案手法は、ラベル円による円形パターンマッチングである。ラベル円とは、図 5(a)に示すような基準円を 16 分割して 0~15 のラベルを振ったものである。本システムでは、図 5(b)のようにユーザが視線を正面に向けたときのフィルタリング領域の重心位置を基準として、眼画像を解像度の 1/16 の大きさの区画に等分割し、この区画を構成単位として 13 個の領域を作成する。重心が a~j のどの領域に存在するかによって使用ラベルを変更し、選択的なマッチングを行っている。表 1 に各領域に存在するときの使用ラベルの番号を示す。旧案は従来使用されていたもの、案 1、案 2 は今回新たに提案したラベル円である。



(a) (b)
図 5 ラベル円と重心位置

表 1 各領域での使用ラベル

旧案		案1		案2	
a	2-6, 9-	h	3-5, 10-	a	4-6, 9-
b	2-6	i	4, 5, 10,	b	4-6, 9,10
c	3-6	j	7-12	c	3-6
d	9-13	k	10-12	d	5,6, 9-
e	9-12	l	3-5	e	9-11
f	3-12	m	3-8	f	4-11
g	5-10			g	5-10

6. 評価実験

システムの精度を測るための実験について説明する。実験はディスプレイ上に 5×5 で等間隔に配置された 25 点のマーカを 2 秒間注視してもらうことで行う。目標と計算された注視点の座標の距離をマーカ毎に出し、その 25 点の平均を精度として評価する。被験者には、視能力に異常の無い成人男性 4 名を選んだ。実験は、目尻・目頭領域のカットを行った上で、輪郭画素除去無し/有り、ラベル円無し/有りをそれぞれ組み合わせで行っている。

7. 実験結果

実験結果を示す。表 2 が輪郭画素除去無し、表 3 が輪郭画素除去有りの精度となっている。行は各種ラベル円、列は被験者名を表している。また、黒い矩形で囲んだ部分が、一番良い精度が得られた箇所となっている。

8. 考察

輪郭画素除去を行わないときは、表 2 より、被験者によってはラベル円を使用した場合が一番良い精度が得られていることが分かる。これは、図 3 に示すように、ラベ

表 2 輪郭画素除去無しの精度(単位:ピクセル)

各種ラベル円	K.T	H.T	H.S	M.K
ラベル円無し	40.4	46.6	47.6	37.9
旧案	46.8	62.1	50.5	49.3
案 1	49.0	50.7	43.0	32.6
案 2	52.4	53.8	45.6	31.7

表 3 輪郭画素除去無しの精度(単位:ピクセル)

	K.T	H.T	H.S	M.K
ラベル円無し	33.9	51.6	39.2	28.8
旧案	41.0	59.1	45.3	35.8
案 1	37.6	52.6	42.2	36.9
案 2	54.0	55.0	41.2	38.3

ル円無しでは上下まつ毛の輪郭画素にマッチングを行うことで誤検出が引き起こされていたためである。このような被験者は、ラベル円を使用して選択的にマッチングを行うことで精度が改善されている。

輪郭画素除去を行ったときは、表 3 よりすべての被験者において、ラベル円無しの場合が一番良い精度が得られている。これは、図 3 でラベル円無しで誤検出を引き起こしていたものが、図 4 のように輪郭除去を行うことで改善されたためである。一方、ラベル円を使用した場合は、全体的に精度が悪くなっている。今回のラベル円では使用するラベルを経験的に推測して決定しているため、に示すように虹彩輪郭が存在する部分のラベルが未使用となっていることがある。これが原因で誤検出を引き起こし、精度の低下を引き起こしている。

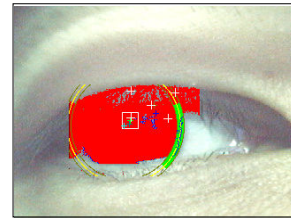


図 6 ラベル円での誤検出

9. 結論

本稿では、円形パターンマッチングにおける誤検出の原因を特定し、二つの改善手法の提案を行った。輪郭画素除去に関しては全体的に良い精度が得られており、本手法が有効であることが分かる。一方、ラベル円に関しては精度が逆に悪くなる場合があり、必ずしも有効ではないことが分かった。しかし被験者によっては精度の改善がみられたため、被験者毎に適切なラベル円を使用することができれば、有効性が増すと考えられる。

謝辞

参考文献