

タブレットPCを用いた頭部姿勢変動にロバストな視線方向識別手法の検討

MORITO, Yuki / 森藤, 夕騎

(出版者 / Publisher)

法政大学大学院理工学・工学研究科

(雑誌名 / Journal or Publication Title)

法政大学大学院紀要. 理工学・工学研究科編 / 法政大学大学院紀要. 理工学・工学研究科編

(巻 / Volume)

55

(開始ページ / Start Page)

1

(終了ページ / End Page)

4

(発行年 / Year)

2014-03-24

(URL)

<https://doi.org/10.15002/00010345>

タブレット PC を用いた頭部姿勢変動に ロバストな視線方向識別手法の検討

Real-time eye-direction classification scheme robust
against head pose variation by using Tablet PC

森藤夕騎

Yuki Morito

指導教員 赤松茂

法政大学大学院工学研究科システム工学専攻修士課程

We built a visual interface system in which automatic eye-direction classification robust against head pose variation was achieved by acquiring the 3D posture information of the face by means of a state-of-the-art head tracking software, faceAPI. We made a comparison between several feature extraction schemes for representing the local image pattern around the eyes in terms of validity in discriminating eye directions.

Key Words : visual interface system, eye-direction discrimination, human computer interaction

1. はじめに

視覚インタフェースについて研究を行う場合、用いる視線情報は自然な状態に置かれた被験者から得られた情報であることが望ましい。そのため被験者に測定装置の装着を要求しない非接触型視線推定手法が適している^[1]。現在、iPad などに代表されるタブレット PC が普及している。しかし片手でタブレットを持ち、もう一方の手で操作をするため、どうしても両手が塞がってしまうといった問題もあげられる^[2]。

本論文では、Seeing Machines 社のリアルタイムフェイストラッキングツール faceAPI^[3]により頭部姿勢情報を取得し、タブレット PC に搭載されている Web カメラを用いた目領域の形状を表す数種類の特徴表現について視線方向識別の有効性を比較・検証を行った。

2. 前処理

顔の大きさ、位置、傾きによらない動き情報を取得するために、顔画像の正規化をした後に、目領域の切り出しを行なった。faceAPI より両目座標の取得を行い、その座標を基に回転処理を行う。図 1 に正規化画像の取得例を示す。



図 1.顔の正規化

3. 提案手法

目領域の局所パターンを表す特徴ベクトルについては以下の数種類の提案手法を記す。

3.1 水平方向ヒストグラムの利用

水平方向ヒストグラム $h1_x$ は、二値化画像 I の各点 $I(x, y)$ を白=0, 黒=1 としたとき、式(1)のように表される。

$$h1_x = \sum_{n=1} I(x, n) \quad \dots (1)$$

その二値化画像をヒストグラム化したそれぞれの平均を学習サンプルとする。

3.2 水平方向ヒストグラムの利用

水平方向ヒストグラム $h2_x$ は、二値化画像 I の各点 $I(x, y)$ を白=0, 黒=1 としたとき、式(2)のように表される。

$$h2_y = \sum_{n=1} I(n, y) \quad \dots (2)$$

その二値化画像をヒストグラム化したそれぞれの平均を学習サンプルとする。

3.3 2次元ヒストグラムの利用

2次元ヒストグラム $h3_{x,y}$ は、二値化画像 I の各点 $I(x, y)$ を白=0, 黒=1 とし、分割するブロックの横幅を $blockX$ 、縦幅を $blockY$ とすると、式(3)のように表される。

$$h3_{x,y} = \sum_{n=1}^{blockX} \sum_{m=1}^{blockY} I(blockX \times x + n, blockY \times y + m) \quad \dots (3)$$

2次元ヒストグラムを用いて、ブロック単位で比較する。目領域をグレースケール化した画像からブロック画像を作成し、それをヒストグラム化したそれぞれの平均を学習サンプルとする。

4. 識別辞書

被験者に頭部を自由に動かしながら、一つの注視点を向いてもらい、被験者数分の画像セットを取得した。上手く特徴点を取得できていなかった画像を削除し、それぞれの範囲の識別辞書を作成した。

25°から-25°まで10°刻みの計5方向の範囲を①～⑤とし、範囲毎に学習データを用意した。図2に頭部姿勢分類範囲を示す。

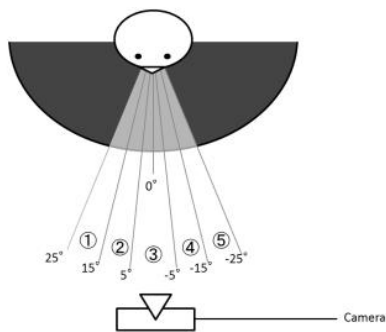


図2.頭部姿勢分類範囲(Y軸回転)

5. 予備実験

コルクボード上に設けた注視点において、視線方向を特定し認識率を求め、手法の有効性を比較した。

実験環境として、Webカメラはコルクボードの中央に設置し、椅子を固定しカメラと眼が水平になるように設定した。4人の被験者に対して実験を行った。

図3に予備実験風景、図4にコルクボード上の注視点を示す。表1に手法3.1を用いた水平方向注視点、表2に手法3.3を用いた水平方向注視点、表3に手法3.1を用いた垂直方向注視点、表4に手法3.3を用いた垂直方向注視点、表5に手法3.4を用いた垂直方向注視点、それぞれにおける平均認識率を示す。



図3.予備実験風景

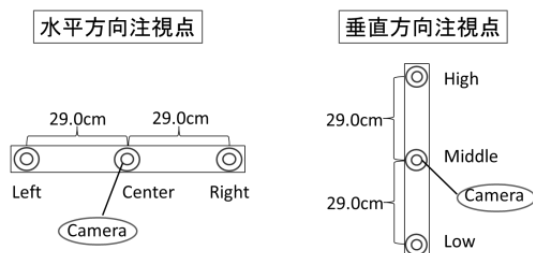


図4.コルクボード上の注視点

表1. 手法3.1を用いた

水平方向注視点における平均認識率(単位:%)

		識別辞書によって識別された方向		
		Left	Center	Right
実際の方向	Left	74.4	23.0	2.7
	Center	6.9	91.4	1.7
	Right	4.2	31.6	64.2
総合		76.7		

表2. 法3.3を用いた

水平方向注視点における平均認識率(単位:%)

		識別辞書によって識別された方向		
		Left	Center	Right
実際の方向	Left	56.4	40.8	2.9
	Center	5.3	89.9	4.8
	Right	3.2	23.1	73.7
総合		73.1		

表3.手法3.1を用いた

垂直方向注視点における平均認識率(単位:%)

		識別辞書によって識別された方向		
		High	Middle	Low
実際の方向	High	99.3	0.5	0.2
	Middle	82.3	13.0	4.7
	Low	72.1	25.0	12.9
総合		41.7		

表4. 手法3.3を用いた

垂直方向注視点における平均認識率(単位:%)

		識別辞書によって識別された方向		
		High	Middle	Low
実際の方向	High	82.0	14.0	4.0
	Middle	71.1	24.3	4.6
	Low	52.9	29.7	17.4
総合		41.2		

6. 予備実験まとめ

表1、表2より2次元ヒストグラムを利用した場合の方が、水平ヒストグラムを利用した場合よりも総合平均認識率が3.6%下がってしまった。これは、注視点が水平方向のみにあるため、垂直方向成分の眼球運動がノイズとして影響したと考えられる。表3、表4はどちらの手法も誤認率が非常に高かった。垂直方向において、ストグラムのみを利用した視線方向推定手法は不向きであると考えられる。

7. 本実験準備

7.1 識別辞書の追加

予備実験では、Y軸回転の頭部姿勢のみを考慮したが、本実験ではX軸回転の頭部姿勢も考慮した。今回は被験者の頭を動かしてもらのではなく、タブレットPCを上下に動かしてもらい、学習サンプルを取得した。被験者はカメラの正面で頭部を自由に動かしながら一つの注視点を向いてもらうことにより、Y軸回転に -25° から 25° まで 10° 刻みの5範囲、またタブレットPCを上下に動かしてもらいX軸回転に 0° から 30° まで 10° 刻みの3範囲の、計15範囲の顔画像を300枚ずつ取得し、その平均画像を識別辞書とする。図4に追加した頭部姿勢分類範囲を示す。

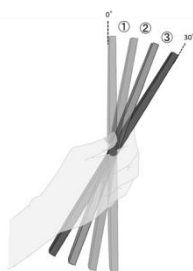


図4. 追加した頭部姿勢分類範囲(X軸回転)

7.2 提案手法

予備実験の水平方向にある注視点で、手法3.1の水平方向ヒストグラムの手法と手法3.3の二次元ヒストグラムの手法を用いて、視線方向識別実験を行った。その結果、認識率の良かった手法3.1の水平方向ヒストグラムの手法を本実験でも使用した。

予備実験の垂直方向にある注視点で、手法3.2の垂直方向ヒストグラムを用いた手法、手法3.3の2次元ヒストグラムを用いた手法を用いて視線方向識別実験を行ったが、どちらの手法も期待されるような結果が得られなかった。そのため、新たな手法としサポートベクターマシン（以下SVM）を用いた手法を利用した。

SVMは、教師あり学習を用いる識別手法の一つである。パターン認識や回帰分析へ適用できる。線形入力素子を利用して2クラスのパターン識別器を構成する手法である。

二値化した目領域画像は50400次元で表現される特徴量であり、多次元の特徴量は計算処理の負担が重くなるだけでなく、重要な役割を果たしている成分とそうではない成分が含まれるという特徴がある。そこで、主成分分析を行い、多次元の特徴ベクトルを7次元に次元圧縮を行い、SVMを用いて識別を行った。

学習サンプルから、各データ点との距離が最大となるマージン最大化超平面を求めるという基準で線形入力素子のパラメータを学習する。

あらかじめ、得られた特徴ベクトルを元に主成分分析を行い、SVMの教師データとなる主成分パラメータを取得し、SVMに学習させる。次に、主成分分析によって得られた固有値、固有ベクトルを元に正規直交基底を算出し、未知データを固有空間上に投影し、先に学習させたSVMにかけることによってリアルタイムにHigh、Middle、Lowの識別を行った。図5にSVMの処理フロー、図6に主成分空間上における入力データの識別を示す。

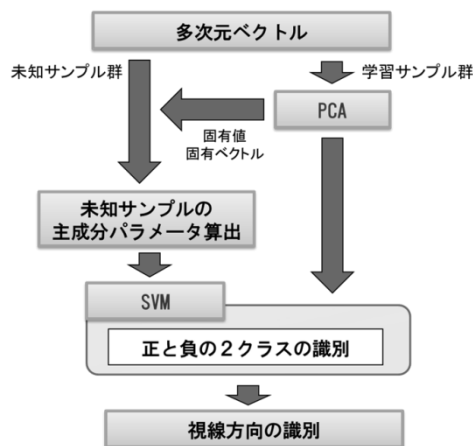


図5.SVMの処理フロー

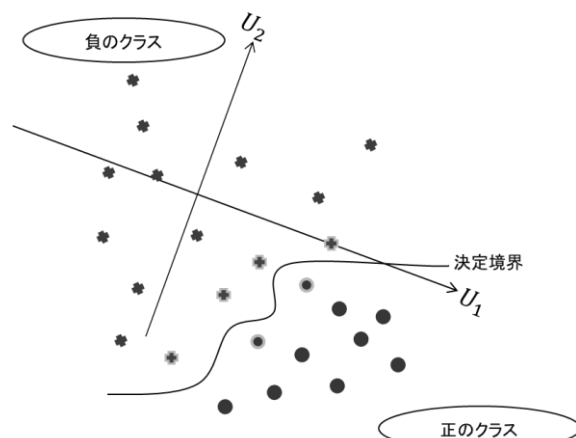


図6.主成分空間上における入力データの識別

8. 本実験

予備実験の応用としてタブレットPC上に設けた注視点において、視線方向を特定し認識率を求め、手法の有効性を比較した。

カメラはタブレットPC内蔵カメラを用いた。4人の被験者に対して実験を行った。

図7に本実験風景、図8にタブレットPC上の注視点を示す。表5に手法3.1を用いた水平方向注視点での認識率、表6から表8に手法3.1を用いた水平方向注視点での被験者3人の各々の自然な（自分の見やすい）姿勢での認識率、表9にSVMを用いた手法の垂直方向注視点での認識率を示す。



図 7.本実験風景

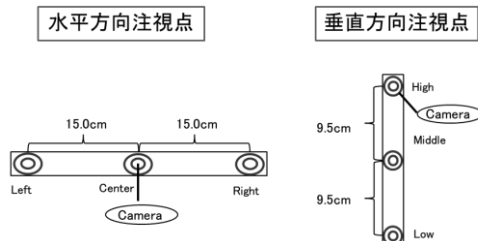


図 8.タブレット PC 上の注視点

9. 考察とまとめ

表 5 の水平方向の視線方向識別では、75%以上と比較的良好な認識率が得られた。表 1 の予備実験と比較すると、総合平均認識率が若干ではあるが 0.6%向上した。これは本実験で Y 軸回転の頭部姿勢だけでなく、X 軸回転の頭部姿勢も考慮したためであると考えられる。また表 6 から表 8 より、被験者の自然な（自分の見やすい）姿勢での認識率は、いずれも 80%以上と良好な結果が得られ、頭部を自由に動かしてもらうよりも、被験者の自然な姿勢の方が認識率は良好という結果が得られた。これは、識別辞書を作成する際に、被験者の無理な頭部姿勢を含んでしまったためであると考えられる。

表 9 の垂直方向の視線方向識別では、予備実験を含めて本実験でも、良好な結果は得られなかった。眼の横幅はあまり個人差がみられなかったが、縦幅においては個人差が大きく、識別辞書に目の大きさに依存する成分が入ってしまったためと考えられる。

本研究では、タブレット PC を用いた頭部姿勢変動にロバストな視線方向識別手法の検討した。水平方向の視線方向識別は比較的正確に認識できた。垂直方向の視線方向識別は、別の手法の検討が必要である。

謝辞

本研究の一部は、科学研究補助金（基盤研究（B）24300087）の助成を得た。

参考文献

- [1]福田崇,松崎勝彦,山名早人,“安価な web カメラを用いた Model-Based 視線推定”,信学技情,PRMU2009-252,HIP2009-137(2010-03),pp113-118, Mar.2010
- [2]竹内尚也,高橋裕樹,“携帯デバイス操作のための視線検出手法”,信学技情,PRMU2011-246,HIP2011-74(2012-3),pp37-40, Mar.2012

表 5. 手法 3.1 を用いた

水平方向注視点における平均認識率(単位:%)

		識別辞書によって識別された方向		
		Left	Center	Right
実際の方向	Left	71.2	22.8	6.0
	Center	7.8	87.1	5.1
	Right	11.4	16.0	72.6
総合		77.2		

表 6. 被験者 A の

自然な姿勢での認識率 (単位:%)

		識別辞書によって識別された方向		
		Left	Center	Right
実際の方向	Left	91.8	8.2	0.0
	Center	0.1	99.8	0.1
	Right	1.5	22.1	75.4
総合		89.0		

表 7. 被験者 B の

自然な姿勢での認識率 (単位:%)

		識別辞書によって識別された方向		
		Left	Center	Right
実際の方向	Left	80.5	19.5	0.0
	Center	1.5	96.0	2.5
	Right	0.3	34.7	65.0
総合		80.5		

表 8. 被験者 C の

自然な姿勢での認識率 (単位:%)

		識別辞書によって識別された方向		
		Left	Center	Right
実際の方向	Left	80.0	19.4	0.61
	Center	4.3	91.3	4.4
	Right	9.1	14.3	85.7
総合		85.7		

表 9. SVM を用いた手法の

垂直方向注視点における平均認識率(単位:%)

		識別辞書によって識別された方向		
		High	Middle	Low
実際の方向	High	30.3	54.3	15.4
	Middle	36.4	50.4	13.2
	Low	30.8	35.9	33.3
総合		38.0		