

顔と体の姿勢情報を利用した 人物動画からの視線方向推定に関する検討

船津 暢宏[†] 高橋 友和^{††} 出口 大輔^{†††} 井手 一郎[†] 村瀬 洋[†]

[†] 名古屋大学 大学院情報科学研究科

〒 464-8601 名古屋市千種区不老町

^{††} 岐阜聖徳学園大学 経済情報学部

〒 500-8288 岐阜県 岐阜市中鶯 1-38

^{†††} 名古屋大学 情報連携統括本部

〒 464-8601 名古屋市千種区不老町

E-mail: †{funatsun,ide,murase}@murase.m.is.nagoya-u.ac.jp, ††ttakahashi@gifu.shotoku.ac.jp,

†††ddeguchi@nagoya-u.jp

あらまし カメラを用いて人物の視線方向を推定する技術が注目されている。これに関して、低解像度や遮蔽などが原因で画像中から人物の目領域を検出するのが困難な場合に、顔の向きを視線方向の代わりとして利用する研究がある。しかしながら、実際には顔の向きの他にも、体の向きやそれらの時間変化、人物がおかれている状況なども視線方向に影響を与える要因として考えられる。そこで本研究では、これらの情報を利用して視線方向をより高精度に推定することを目的としている。発表ではそれらの要因のうち、特に顔の向きと体の向き着目し、体に対する顔の向きと視線方向との関係を被験者実験により調査した結果について報告する。さらに、その調査結果に基づいた視線方向推定を行い、その推定誤差を評価した。その結果、体に対する顔の向きを利用した場合、顔の向きを視線方向として利用する場合よりも推定誤差が平均 14.9 度小さくなることを確認した。

キーワード 視線方向推定, 顔の向き, 体の向き

1. はじめに

近年、カメラを用いて人物の視線方向を推定する技術が注目されている。この技術は、運転支援システムのためのドライバの運転状況理解や、デジタルサイネージにおける広告効果測定などに応用されている。

運転支援システムにおいては、カメラを用いた視線計測結果を利用した運転者支援の研究が盛んに行われている。例えば、運転者の視線方向を計測し、危険を事前に警告することで事故を防止することが可能と考えられる。具体的には、運転者が信号を見逃して交差点に進入しそうな場合に警告をしたり、運転者がミラーを確認せずに右左折や車線変更を行おうとする場合に警告をしたりすることで、事故を未然に防止することが考えられる。また、運転者に提供する情報の取捨選択という点においても、視線計測は有用であると考えられる。車載カメラからの映像を用いて、前方車両や歩行者、標識などの検出を行う研究が盛んに行われている。しかし、運転者に提示する情報の増加は、運転者の注意を散漫にし、事故の増加につながる懸念されている。そのため、運転者に提示する情報を取捨選択するために、運転者の視線情報を利用することが考えられる。これにより、歩行者や信号、標識などを検出した後、運転者が見落としのもののみを警告する運転支援システムが実現できる。

また、屋外広告の認知率を測定する技術として、視線計測の利用が考えられている。現在ある屋外広告効果の指標としては、一日当たりの交通量を表す DEC (Daily Effective Circulation) が屋外広告調査フォーラム [1] において提案されている。しかし交通量と実際に広告を見た人数は一致しないという問題がある。広告効果の指標として重要なのは広告を認知した人の割合であり、それを測定する技術が求められている。また近年、デジタルサイネージと呼ばれる、屋外広告や交通広告に液晶ディスプレイを用いる広告媒体が急速に普及してきている。デジタルサイネージでは、短い時間帯ごとに提示するコンテンツを変更することが可能なため、実時間性の高い広告効果測定が必要になる。これらの問題を解決するための方法の一つとして、カメラによる広告効果の測定が有効であると考えられる。実際に広告ディスプレイの近くに設置したカメラで撮影した映像から広告効果を測定する研究が行われている [2]。この研究では、カメラに映った人物の顔の検出と顔向きの推定を行うことで、広告を見ている人の数と注視時間を記録している。

このように、カメラから人物の視線情報を取得することは非常に有用である。カメラから視線方向を推定する手法の一つとして、目領域中の虹彩の位置を利用する手法がある [3]。この手法では、高解像度なカメラや専用の装着型デバイスを用いるなどして、高品質な目領域画像



図 1 動画からの視線方向推定

を得る必要がある。しかしながら、実環境下で得られる人物画像は、低解像度であることや遮蔽や照明変化を含むことなどが多く、高品質な目領域画像を安定して取得することは難しい。一方で、顔の向きを推定は、目領域の検出に比べて実現が容易であると考えられる。そのため、顔の向きを推定してそれを視線方向の代わりに用いる研究が行われている [4]。この研究では、視線方向が顔の向きを中心として確率的に分布するという仮定を置いている。しかしながら実際には、顔の向きの他にも、体の向きやそれらの時間変化、人物が置かれている状況なども視線方向に影響を与える要因として考えられる。例えば、眼球と首の可動範囲や可動速度の違いから、体に対する顔の向きやその時間的な変化がその分布の形状に偏りを生じさせると考えられる。また、車の運転などの特殊なタスクが課された状況では、通常とは異なる視線方向の分布が生じると考えられる。そこで本研究では、目領域の検出が困難な状況であっても、これらの情報を利用して視線方向をより高精度に推定することを検討している (図 1)。

発表では、それらの要因のうち、特に顔の向きと体の向き着目し、体に対する顔の向きと視線方向との関係を被験者実験により調査した結果について報告する。また、その調査結果に基づいて視線方向推定の精度を評価した結果についても報告する。以降、2 節では人物の視線方向推定に関する研究について述べる。3 節で被験者実験の方法について説明し、その結果と考察を報告する。3 節の結果に基づく視線方向推定の精度に関して 4 節で述べる。最後に、まとめと今後の展望について 5 節で述べる。

2. 関連研究

カメラにより被計測者の目を観測し、視線方向を推定する手法がある。この手法は 3 次元眼球モデルに基づく手法と、眼球の見えに基づく手法の二つに大きく分けられる。3 次元眼球モデルに基づく手法は、楕円当てはめ、エッジ検出により虹彩や瞳孔の位置を推定し、3 次元眼球モデルとのフィッティングを行うことによって視線方向を推定する [5], [6]。眼球の見えに基づく手法では、画像から眼の虹彩の検出は行わず、様々な方向を見ている眼領域の画像を大量に集め、その輝度値の分布を学習することで視線方向を推定する。見えに基づく手法には、ニューラルネットワークを適用した手法 [7], [8] や、最近傍探索を適応した手法 [9] がある。カメラにより被計測

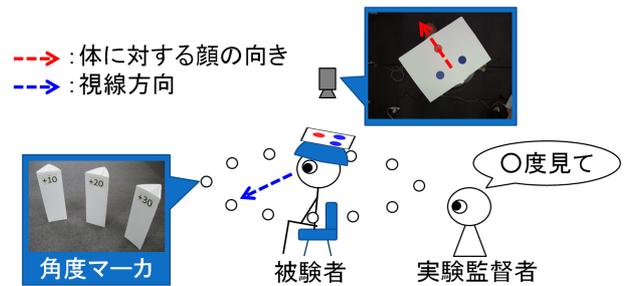


図 2 被験者実験の設定

者の目を観測するこれらの手法では、高品質な目の画像を得る必要がある。そのため、被計測者は専用デバイス装着したり、カメラの近くにいる必要がある。しかしながら実際には、装着型デバイスの利用は特に広告効果測定などを考えた場合に現実的ではない。また、カメラの近くに被計測者がいる場合にも、照明変化や遮蔽などによって、高品質な目領域画像を安定して取得することは難しい。

人物の観測を行わずに視線方向を推定するアプローチとして、顕著性 MAP を用いた手法がある。顕著性 MAP は、認知心理学の分野での人物の視覚的注意に関する研究成果 [10] を用いて、Itti らによって提案されている視覚的注意の計算モデルである [11]。この手法では人物の視界に相当する画像を入力とし、画像特徴量から人物が注目しそうな箇所を求める。山田らは、頭部に固定した一人称視点カメラの映像から顕著性 MAP を求めることで、視線方向の推定を行っている [12]。Doshi らは、車に搭載した全方位カメラで撮影した映像から求めた顕著性 MAP と、運転者を撮影した映像から顔の向きを求め、それらを組み合わせて注目箇所の推定を行っている [4]。

3. 体に対する顔の向きと視線方向の関係の調査

体に対する顔の向きと視線方向の関係を被験者実験により調査した。

3.1 実験方法

被験者実験の概要を図 2 に示す。-170 度から 180 度まで、10 度刻みに数字が書かれた角度マーカを 36 個用意し、それを半径約 2m の円上に設置した。その円の中心に正面が 0 度となるように椅子を設置し、椅子を真上から見下ろすようにカメラを固定した。被験者の頭部に顔向きを測定するためのカラーマーカを付け、体の向きを 0 度に固定するために椅子に着席してもらった。そして実験監督者が指示した角度マーカを被験者に見てもらい、被験者頭部のカラーマーカを画像中から検出することによりそのときの顔の向きを得た。一人の被験者には各角度マーカを 3 回ずつ見てもらい、これを 10 人分撮影した。

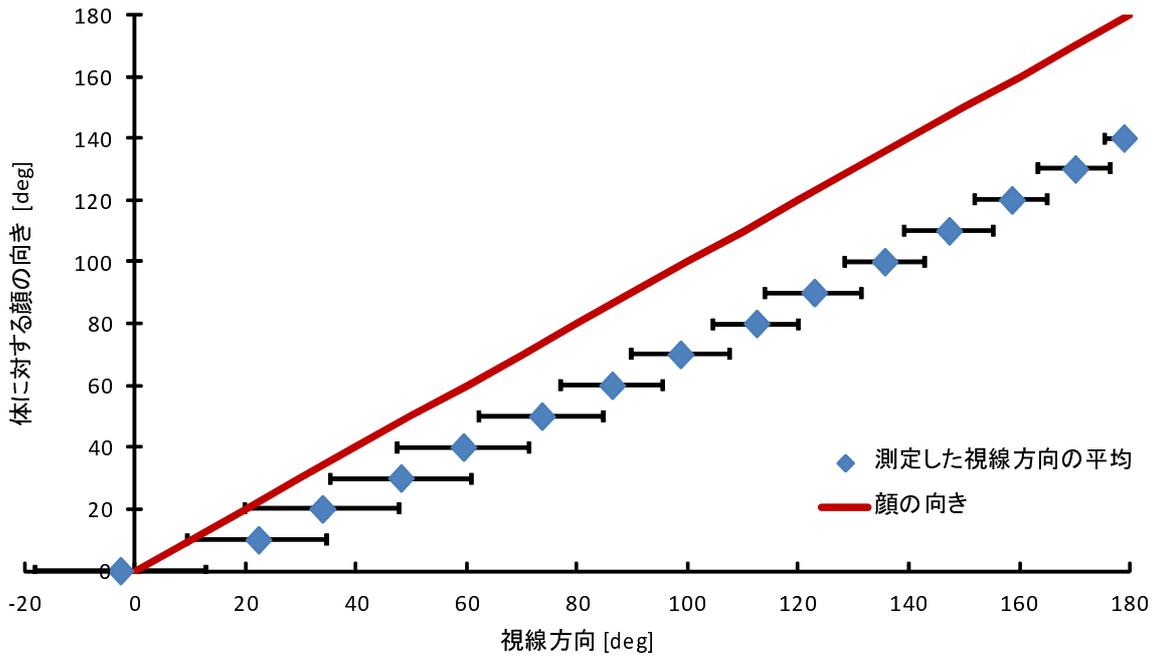


図 3 体に対する顔の向きと視線方向の関係

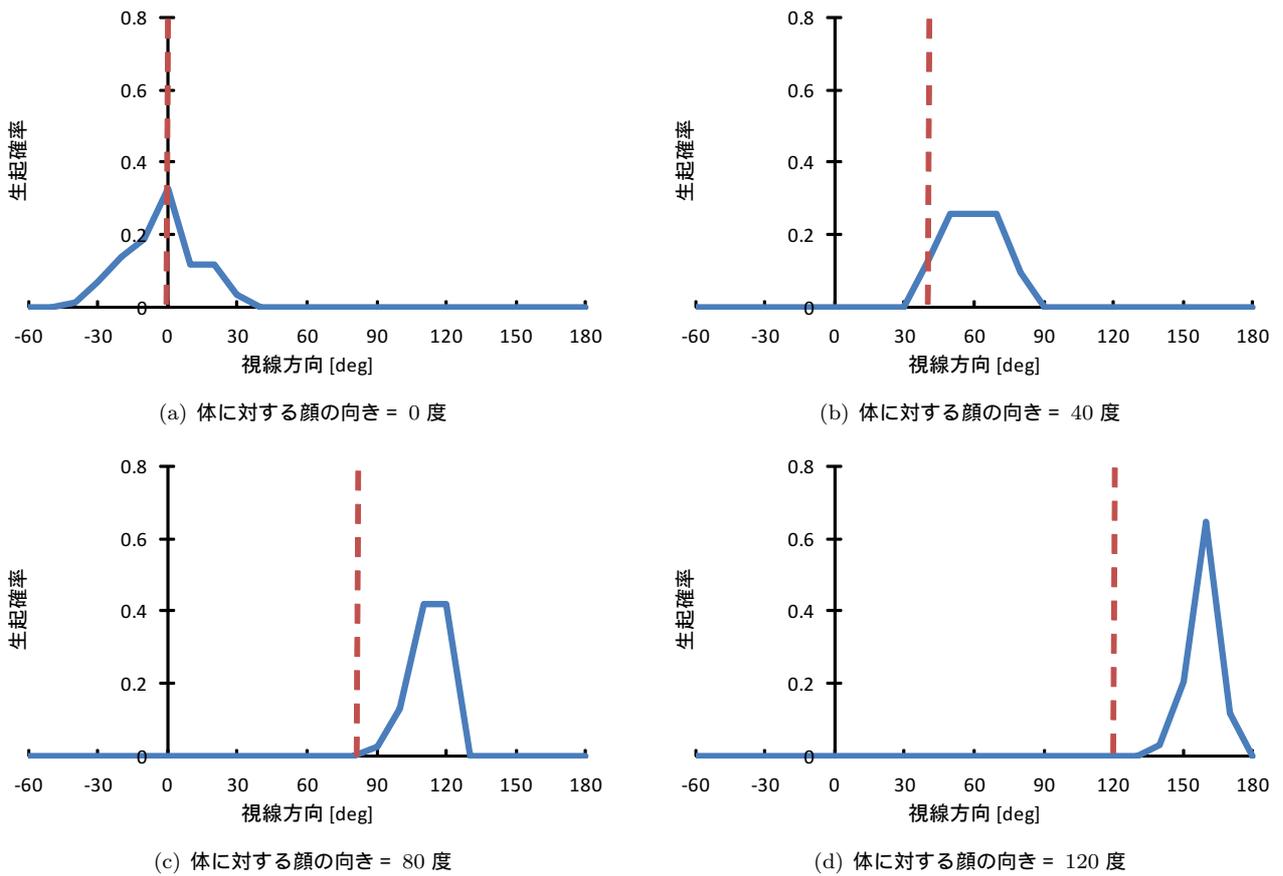


図 4 体に対する顔の向きによる視線方向の分布の例

3.2 結果と考察

被験者実験によって得られた体に対する顔の向きを 10 度間隔で量子化した後、それらに対する視線方向の平均

と標準偏差を計算した．図 3 にその結果を示す．横軸は視線方向，縦軸は体に対する顔の向きを表しており，視線方向の平均をひし形の点，標準偏差を線分で描画している．また，比較のため，視線方向と顔の向きが等しい

とした場合の視線方向を赤線で示している．図 4 に，体に対する顔の向きが 0 度，40 度，80 度，120 度のときの視線方向の分布を示す．図中の赤い破線は顔の向きを示している．図 3，4 より，体に対する顔の向きが 0 度のとき，つまり体と顔が同じ方向を向いているときは，視線方向は顔の向きを中心に分布していることがわかる．これは文献 [4] における，視線方向の分布が顔の向きを中心に分布する（赤線上に青点がある）という仮定と一致する．一方，体に対する顔の向きが大きくなるにつれ，顔の向きと視線方向のずれが大きくなり，分散が小さくなっていることがわかる．これは文献 [4] の仮定とは一致しない．この結果から，画像中から人物の顔の向きと体の向きを正確に推定することができれば，文献 [4] の仮定を利用するよりも高精度な視線方向が推定できると考えられる．

4. 体に対する顔の向きを用いた視線方向推定実験

前節での調査結果に基づいて視線方向を推定することで，顔の向きを視線の方向として利用する場合と比較して，視線方向の推定精度がどの程度向上するか実験により調べた．

4.1 実験方法

前節の被験者実験にて測定した 10 人分のデータのうち，9 人分を学習用データとし，残りの 1 人分を試験用データとした．学習用データから体に対する顔の向きを 10 度間隔で求め，それらに対する視線方向の平均を求めた．試験用データからも体に対する顔の向きを 10 度間隔で求め，それに対応する学習用データの視線方向の平均を推定結果とした．そして視線方向の真値と推定結果の誤差を RMSE (Root Mean Square Error) で評価した．比較として，試験用データから求めた顔の向きをそのまま視線方向として用いた場合の推定誤差を求めた．これを試験用データを変えながら 10 回行った．

4.2 結果と考察

図 5 は体に対する顔の向きと視線方向の推定誤差の関係を示している．図から，体に対する顔の向きが 0 度の場合，従来手法（顔の向きのみを利用）と提案手法（体に対する顔の向きを利用）の推定誤差に大きな差はないことがわかる．しかし体に対する顔の向きが大きくなると，従来手法では推定誤差も大きくなっていくのに対して，提案手法では，推定誤差が小さくなっていくことがわかる．個人差による推定精度のばらつきを調査するため，被験者ごとの推定精度の比較を行った．その結果を表 1 に示す．表から，改善量（提案手法と従来手法の推定誤差の差）は被験者によって 9.7 度から 19.6 度までばらついているものの，全ての被験者において従来手法よりも提案手法の方が良い結果となっていることがわかる．

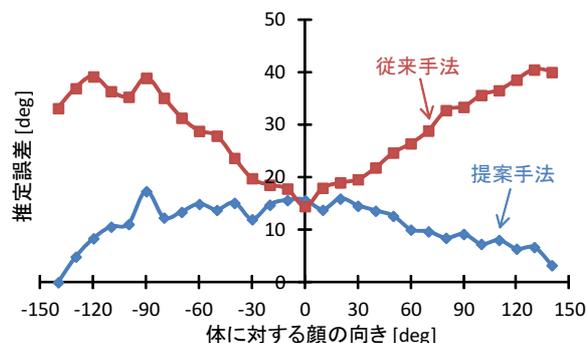


図 5 体に対する顔の向きと視線方向の推定誤差の関係

平均推定誤差は提案手法では 14.7 度，従来手法では 29.6 度となり，14.9 度改善していることがわかる．これらの結果から，顔の向きに加えて体の向きを考慮することでより精度良く視線方向が推定できることが確認できた．

表 1 被験者ごとの推定精度の比較

被験者	推定誤差 [deg]		改善量 [deg]
	提案手法	従来手法	
0	22.6	34.4	11.8
1	14.9	31.3	16.4
2	13.2	24.5	11.3
3	14.1	31.6	17.5
4	13.6	28.8	15.1
5	13.3	23.1	9.8
6	13.8	33.4	19.6
7	13.1	22.8	9.7
8	14.4	32.3	17.9
9	13.8	33.4	19.6
平均	14.7	29.5	14.9

5. まとめ

体に対する顔の向きと視線方向の関係について調査を行い，その結果，体に対する顔の向きが大きくなると，視線方向は顔の向きから大きくずれ，分布が狭くなる傾向があることがわかった．そして，その調査結果に基づいた視線方向推定の精度評価を行った結果，顔の向きをそのまま視線方向として利用する場合に比べて，体に対する顔の向きを利用する場合の方が推定誤差を平均 14.9 度小さくすることができることがわかった．今後の課題として，実際の人物画像から求めた体の向きと顔の向きを用いて視線方向を推定するシステムを構築すること，体に対する顔の向きの時間的な変化や被計測者がおかれている状況を考慮することなどが挙げられる．

謝辞

日頃より熱心に御討論頂く名古屋大学村瀬研究室諸氏に深く感謝する．本研究の一部は，科学技術研究費補助金による．

文 献

- [1] 屋外広告調査フォーラム, “屋外広告効果指標の研究,” <http://www.okugai-forum.jp/PDF/050215.pdf>, 参照 May 27, 2012.
- [2] 安藤慎吾, 鈴木章, 小池秀樹, “アピアランススペースの顔向き推定を利用した広告の注目度測定法,” 画像の認識・理解シンポジウム (MIRU) 2008 予稿集, pp.1664–1665, July 2008.
- [3] R. Newman, Y. Matsumoto, S. Rougeaux and A. Zelinsky, “Real-time stereo tracking for head pose and gaze estimation,” in Proc. 4th IEEE International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition 2000 (FG2000), pp.122–128, Mar. 2010.
- [4] A. Doshi and M. M. Trivedi, “Attention estimation by simultaneous observation of viewer and view,” in Proc. 4th IEEE Workshop on CVPR for Human Communicative Behavior Analysis (CVPR4HB), pp.21–27, June 2010.
- [5] J. Wang and E. Sung, “Study on eye gaze estimation”, IEEE Trans. Syst. Man Cybernetics Part B, vol.32, no.3, pp.332–350, June 2002.
- [6] D. Beymer and M. Flickner, “Eye gaze tracking using an active stereo head,” In IEEE Computer Society Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR) 2003, vol.2, pp.451–458, June 2003.
- [7] S. Baluja and D. Pomerleau, “Non-intrusive gaze tracking using artificial neural networks”, Advances in Neural Information Processing Systems (NIPS) 6, pp.753–760, 1993.
- [8] L. Q. Xu, D. Machin, and P. Sheppard, “A novel approach to real-time non-intrusive gaze finding,” In Proc. British Machine Vision Conference (BMVC) 1998, pp.428–437, Jan. 1998.
- [9] K. H. Tan, D. J. Kriegman, and N. Ahuja, “Appearance-based eye gaze estimation,” In Proc. 6th IEEE Workshop on Applications of Computer Vision (WACV2002), pp.191–195, Dec. 2002.
- [10] A. M. Treisman and G. Gelade, “A feature-integration theory of attention,” Cognitive Psychology, vol.12, no.1, pp.97–136, Jan. 1980.
- [11] L. Itti, C. Koch, and E. Niebur, “A model of saliency based visual attention for rapid scene analysis,” IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence (PAMI), vol.20, no.11, pp.1254–1259, Nov. 1998.
- [12] 山田健太郎, 菅野裕介, 岡部孝弘, 佐藤洋一, 杉本晃宏, 開一夫, “顕著性と自己運動に基づく一人称視点における視覚的注意推定,” 画像の認識・理解シンポジウム (MIRU) 2011 予稿集, pp.615–622, July 2011.