

眼球の画像処理による ドライバの心理・動作状況把握に関する検討

篠田 貴之 加藤 誠巳
(上智大学理工学部)

1. まえがき

我が国では毎年 100 万件近い交通事故¹⁾が発生している。交通事故の原因として多くの割合を占めるのがドライバの運転に対する注意力の低下である。事故が起きる前に、この注意力低下を検知し、ドライバに警告を与えることができれば、事故件数の抑制につながるものと考えられる。

「目は心の窓」というように、人の眼球の動きから様々な情報が得られる。そこで、ドライバの状態を認識するために、カメラから得られた画像を処理し、リアルタイムで「瞳孔径の変化」「まばたきで目を閉じている時間長」「視線方向の変化量」を算出する。

2. システムの概要

デバイスを頭部に装着し、眼球画像を取得する。得られた画像を処理し、瞳孔の中心を推定する。次に、極座標変換画像を用いて先に行った処理の妥当性を判定し、妥当でない場合は補正を行う。瞳孔の中心および輪郭の座標と瞳孔面積から「瞳孔径の変化」「まばたきで目を閉じている時間長」「視線方向の変化量」を算出する。

3. システムの構成

3.1 画像の取得

可視光領域においてカラー撮影を行った場合、図1左のように瞳孔と虹彩部分の区別が難しいが、図1右のように近赤外線照射して、モノクロ撮影を行った場合、瞳孔と虹彩の吸光率の差から区別が容易になる。また、夜間やトンネルなど暗闇による影響がほとんどないため近赤外線領域で撮影を行った。

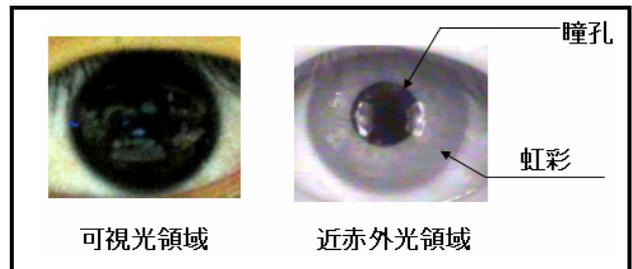


図1 瞳孔画像

カメラの位置は眼球の正面かつ近距離が望ましいが、ドライバの視界を遮らないため、図2のようなホットミラーを取り付けたデバイスを用いた。ホットミラーは可視光を透過し、それよりも長い波長の光を反射させる特性を持つ。

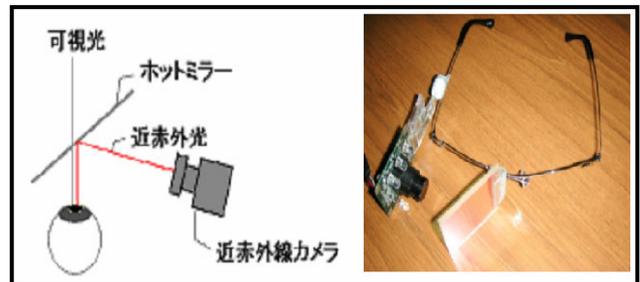


図2 瞳孔測定装置

3.2 瞳孔中心の推定

瞳孔画像は一般に楕円形をなすが、その中心は次のようにして求めた。同一の楕円に内接する平行四辺形の中心は楕円の中心に一致する²⁾ことを用いて楕円の中心を推定する。図3のように欠損がある場合、誤った平行四辺形も検出されるが、正しい平行四辺形の中心の集団とは離れた場所に位置する。この性質を用いることで瞳孔楕円の中心を推定した。

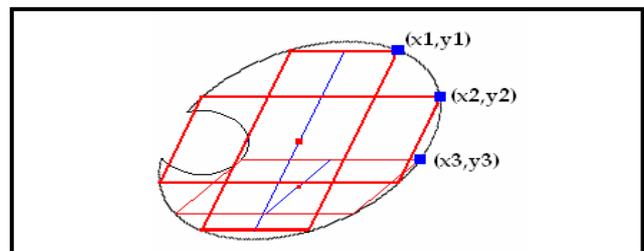


図3 一部欠損した楕円検出

Estimation of Driver's Psychological State and Movement by Means of Image Processing of Eyeballs
Takayuki SHINODA, Masami KATO
Sophia University

3.3 妥当性判定と補正

推定された瞳孔中心が妥当であるかを画像に対し、極座標変換^[3]を行うことで判定する。正しい中心が検出されていれば、図4右のように極座標上の $0^\circ \sim 180^\circ$ 間と $180^\circ \sim 360^\circ$ 間の瞳孔の形(r座標)は等しくなる。しかし瞳孔画像に映り込みによる欠損が生じた場合、正しく中心が取れていても二つの画像は一致しないことがある。 $0^\circ \sim 360^\circ$ に対してそれぞれ瞳孔中心から外側に向かって輝度値の変化を求め、急激な輝度の減少があった角度位置には欠損がある確率が高いので、それらの角度位置領域を除外して判定を行うことで対応した。

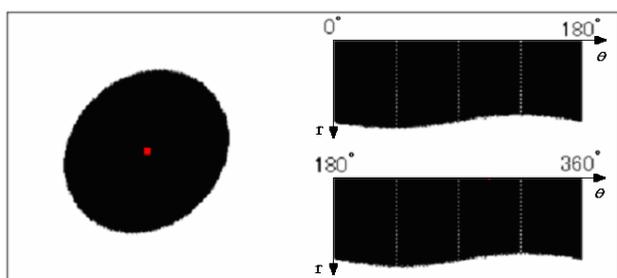


図4 中心の妥当性判定

誤った中心の場合、図5右のように θ と $\theta+180^\circ$ における瞳孔輪郭の座標rに差異が生じるので、それを用いて中心位置を推定する。中心が存在すると思われる範囲内で再度、中心候補の妥当性と補正を行い中心の位置を求める。

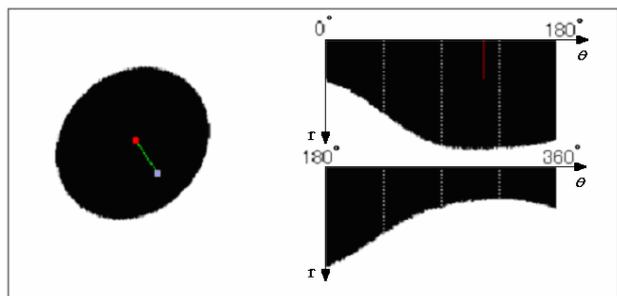


図5 中心の補正

4. 眼球運動とドライバの心理・動作状況^{[4],[5]}

人の眼球の動きから様々な情報が得られる。例えば、眠気を感じたとき、まばたきで目を閉じている時間が長くなり、瞳孔中心の座標から推定される視線方向の変化量は少なくなる。運転中に考え事をしている時には、瞳孔径が大きくなる。逆に、疲労が蓄積した場合には小さくなる。これらの眼球運動と心理・動作状況の関係を用いて運転に対する注意力の低下を認識する。

5. 実行結果

実行画面は図6のようになる。画面下の帯状の部分の高さが瞳孔径に相当し、右側が最新情報となり時間とともに画面左方向へ移動する。その中に見える柱状の部分の幅が目を閉じている時間に相当する。瞳孔径、まばたきと視線運動の変化に異常が見られた場合、警告画面に切り替わる。

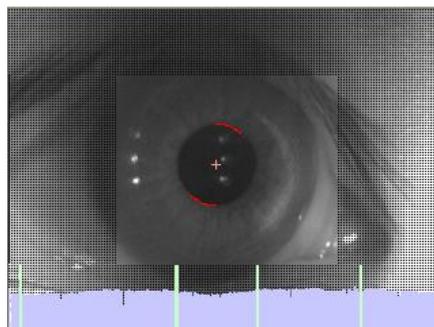


図6 出力画面

6. むすび

本稿で提案した方法を用いることにより、光の映り込みなど周囲の影響をできる限り抑えながら、「瞳孔径の変化」「まばたきで目を閉じている時間長」「視線方向の変化量」を算出することができる。これらのパラメータからドライバの状態を把握し、危険と判定された場合に警告を発することで、事故を未然に防止することが期待される。ドライバの状態の把握のためには更なるデータが必要とされるので、今後心理学的実験も行いながら検討を進めて行くつもりである。

最後に、有益な御討論を頂いた本学 e-LAB/マルチメディア・ラボの諸氏に謝意を表する。

参考文献

- [1] 日本自動車工業会ホームページ.
- [2] Yusuke Sakashita, Hironobu Fujiyoshi: "Accurate and Fast Ellipse Detection for Pupil Extraction," 平成 17 年度電気関係学会東海支部連合大会, O-250(2005).
- [3] D. Iskander, M. Collins, S. Mioschek, M. Trunk: "Automatic Pupillometry from Digital Images," IEEE Transactions on Biomedical Engineering, vol.51, no.9, pp. 1619-1627 (2004).
- [4] 福井: "まなごしの心理学," 創元社(1984).
- [5] 松永: "瞳孔運動の心理学," ナカニシヤ出版(1990).