

高次脳機能障がい者の運転時視線運動特性検出手法 Detection method of unsafe driving activities for cognitive dysfunction with acceleration sensor

金田 大聖[†] 浦島 智[†] 鳥山 朋二[†]
Taisei Kanada Akira Urashima Tomoji Toriyama

1. はじめに

脳卒中や交通事故などで脳の一部に損傷を受けたことが原因となり、認知・精神機能に障がいが残った状態を高次脳機能障がいという[1]。高次脳機能障がい者に対する運転の可否判断は、病院にて作成された診断書を基に運転免許センターで行われている。しかし、障がい者が自動車運転に及ぼす影響については確立した見解が無いため、的確な運転可否判断が困難であるという問題があり、先行研究[2]において実車を用いた運転者の安全確認行動の検出が検討されている。この研究では運転者の頭部に加速度センサを装着し首振り角度によって安全確認行動を検出している。しかし実際の運転では、視線のみを動かして安全確認を行う場合があり、加速度センサではこの確認行動の検出が出来ないという問題があった。そこで被験者の視線移動を伴う安全確認動作の検出を行うため、眼電センサを装着した被験者による実車を用いた実験を実施した。本稿では高次脳機能障がい者の運転可否の判断基準となる運転特性の検出方法について検討する。

2. 安全確認動作取得手段・検出方法

高次脳機能障がい者と健常者が公道を運転する実験を行った。撮影した映像から被験者の運転中の行動を分析し、視線移動を伴う安全確認動作を確認した。次にこの安全確認動作について、眼電センサから以下 2.2 章に示す視線角度推定方法を用いて検出する。この方法から得られた視線角度に対して、機械識別や SVM 機械学習を用いて確認行動の検出を行う。本稿では、視線角度の推定までを行った。

2.1 センサ設置位置

車内にビデオカメラを設置した自動車を用意し、運転時の運転者の動作を映像で取得する。無線小型センサを運転者の頭部や車両のハンドルなどに取り付けることで運転時における動作を取得する。眼電センサを装着することで、運転時における視線運動を計測する。センサの設置位置は運転を阻害せずに可能な限り運転者の動作を取得できる位置に設置した。図 1 に各センサの装着位置を示す。

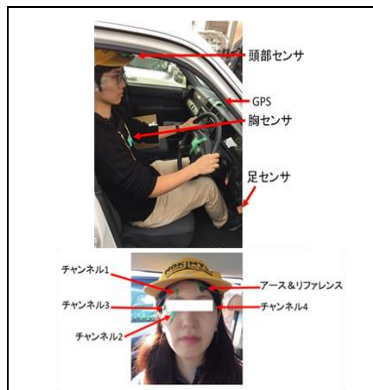


図 1 センサ装着位置

2.2 視線角度推定

皮膚表面電極を用いて眼球付近の電位変化を測定し、眼電位を取得する EOG 法と呼ばれる手法を使用した。眼電位一角度間の変換を、伝達関数モデルによる逆フィルタを y_e 用いて計算した。

眼球角度は目標とする角度に一瞬で到達すると仮定し、これをステップ関数で表す。

$$x(t) = \begin{cases} 0 & (t < 0) \\ 1 & (t \geq 0) \end{cases}$$

目を一定方向に注視させた時、視線を動かしていない間でも、眼電位は皮膚の抵抗により徐々に減衰していく。そこで、眼電位を下式で表現する。

$$y(t) = Aexp(-t/K)$$

$x(t)$ を入力、 $y(t)$ を出力とした、伝達関数モデルを用意し、その逆フィルタを $h(t)$ とする。 $y(t)$ と $h(t)$ の畳み込み和により眼電位が眼球角度に変換される。しかしこのままでは実用上オフセットや安静時の波形の動揺の問題があるため式を修正する。眼電位のオフセットを解消する項を導入し、眼電位 $Y(t)$ が安静時の平均 \bar{y} の標準偏差 σ として、 $\bar{y} \pm 3\sigma$ 以内であれば、目が動いていないものとして、眼電位を 0 とみなす。また、実際の角度と差があるため、キャリブレーションデータより計算した定数 C をかけた下式により眼球角度 $Y(t)$ を算出する。

$$Y(t) = C \left(\frac{1}{A} (y(t) - \bar{y}) + \frac{1}{KA} \sum_n^{t-1} (y(n) - \bar{y}) \right) \cdots (1)$$

(但し $\bar{y} - 3\sigma \leq y(t) \leq \bar{y} + 3\sigma$ の時 $y(t) = 0$)

この視線角度推定手法では垂直方向の視線運動が瞬目に影響され正確に角度検出を行えない場合がある。そこで、瞬目の判定し視線角度を初期状態に戻す方法として、瞬目波形の時間幅と眼電位の大きさを設定することで、波形が瞬目によってできたものなのかどうかを判定し、瞬目と判定された場合、視線角度を初期状態に戻すアルゴリズムを作成した。以下にこの検出手法を用いて検出する安全確認行動の視線移動について述べる。

3. 高次脳機能障がい者に見られる行動特性

高齢者の運転に関する先行研究[3]では、見通しの悪い交差点での道路反射鏡不確認特性が指摘されている。実験映像においても、高次脳機能障がい者が健常者に比べて道路反射鏡を確認しない傾向がみられた。このように、本来は道路反射鏡を確認後、目視での左右確認を行うべきところ、この確認動作が欠落することが高次脳機能障がい者に多いと考えた。視線移動を伴う道路反射鏡確認について、実験映像を用いた主観評価結果より、有意な差が得られた。この安全確認動作を今回検出する対象と定め、高次脳機能障がい者と健常者を判別する。

[†] 富山県立大学 Toyama Prefecture University

4. センサの評価実験

4.1 静的実験

角度推定手法について健常者 1 名を対象として、顔を固定した状態で視線のみを瞬時に移動させて 5° 間隔で設置したマーカを順番に注視するという実験を行った。この時得られた眼電位から視線推定を行った結果を表 1 に示す。水平方向は左右で誤差の大きい方の結果を示した。最大誤差は水平方向 1.47° 程度、垂直方向 1.69° 程度であった。

表 1 静的状態での精度評価実験結果

水平方向			垂直方向		
角度	眼電位より推定した角度	誤差	角度	眼電位より推定した角度	誤差
±5	-5.35	0.35	5	4.49	0.51
±10	11.47	1.47	10	11.69	1.69
±15	-13.7	1.3	15	15.54	0.54
±20	21.01	1.01	20	21.02	1.02

4.2 行動検出結果

確認行動時のセンサと視線角度推定の結果を図 2 に示す。図 2 での反射鏡確認は丁字路のため正面にあり、反射鏡の確認は上を向く確認であったため、垂直方向だけを示した。視線移動のみの道路反射鏡確認行動を行った場合、図 2 の緑で囲んだ部分において、映像から反射鏡を確認した時と同じタイミングで眼電センサの pitch 方向の電位が上昇しており、視線を上方向に移したことが確認できる。一方、頭部に装着したセンサの pitch 方向の角度には大きな変化が見られず、反射鏡確認行動を検出できない。

2.2 章の式 (1) に代入した推定結果からは、緑で囲んだ部分で上方向の角度が 15° 程度と計算された。4.1 章の誤差範囲から見ても 15° ±2° 程度の動きが見られる。この角度は実際の道路の幅、反射鏡の高さから算出した角度の結果と大きく異なる値ではなかった。

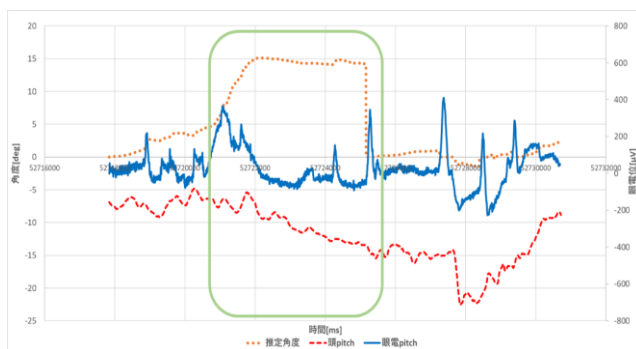


図 2 確認行動時の視線角度推定結果

一方で正しく視線角度推定を行えなかった例があった。その例を図 3 に示す。図の緑で囲んだ部分において映像と同じタイミングで pitch 方向の電位が上昇し、yaw 方向の電位が下降しており、首振り角度は変化が無いことから、一時停止前に視線を右上方向に移したことが確認できる。しかし、式 (1) に代入した垂直方向の推定結果からは、視線移動を検出することができなかった。これは瞬目の影響によるものであると考えられる。瞬目は視線移動ではないにもかかわらず、垂直方向の視線運動に影響を及ぼす。本稿では 2.2 章で示した瞬目判定アルゴリズムを使用して

瞬目を削除しているが、瞬目と視線移動が同時に行われるものは想定外の動作であり、先に述べた瞬目判定が上手く行わなかったため、このような結果となった。

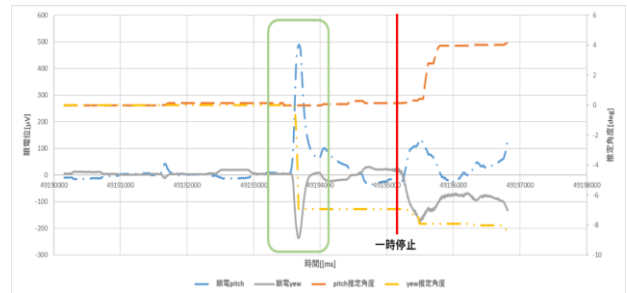


図 3 視線角度推定失敗例

5. 考察

正しく角度推定を行えなかった原因として、作成した瞬目判定アルゴリズムが挙げられる。今回のアルゴリズムは瞬目と視線移動が同時に行われる場合の対処ができていなかった。今後、瞬目の判定方法を再度検討し対応させていく必要がある。

6. おわりに

本稿では、道路反射鏡の確認動作に着目し、この確認動作を欠落することが高次脳機能障がい者に多いと考え、検討を行った。映像分析の結果から高次脳機能障がい者と健常者との間で有意な差がみられた。このことから、検討を行った行動が高次脳機能障がい者特有の行動であると推察される。この行動の検出を、センサを用いて行ったところ、眼電のセンサデータから道路反射鏡確認行動と推測される波形を確認した。また、眼電から得られたセンサデータから視線角度推定を行い、多くの場合において道路反射鏡確認行動を検出できることを確認できた。しかし、一部の例で瞬目の影響により、正しく角度推定を行えない場合があった。

今後の課題として眼電のセンサデータだけでなく、頭部に装着したセンサから得られた角度も加えて、視線角度を検討する必要がある。さらに今回は視線角度の推定のみを行っているが、今後は推定した角度からの確認行動の検出が求められる。今回、映像を用いた主観評価からは有意な差を検出することが出来たが、眼電のセンサデータが十分な標本が得られなかったためセンサによる客観的評価からの検定を行うことができなかった。そのため、今後追加実験を行い、今回の検出手法から評価できるかどうか検証する必要がある。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 15K01472 の助成を受けたものです。

参考文献

- [1] 東京都心身障害者福祉センター, “とうきょう高次脳機能障害インフォメーション”, <http://www.fukushihoken.metro.tokyo.jp/shinsho/kojino/> (2018/02/02)
- [2] 塩月寿ほか, “高次脳機能障がい者の安全運転確認動作に関する研究”, 『信学技報, vol.114, no.217, pp.75-80, 2014
- [3] 細川崇ほか, 高齢運転者の実運転場面に基づく一時停止規制のある無信号交差点での不安全行動分析, 『自動車技術会論文集, Vol.45, No.3, pp553-558, 2014.