OUKA
The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

| | |
|---|---|
| Title | 運転時における眼球運動の新しい評価指標の提案 |
| Author(s) | 薄, 雄斗 |
| Citation | 大阪大学, 2017, 博士論文 |
| Version Type | |
| URL | https://hdl.handle.net/11094/69243 |
| rights | |
| Note | やむを得ない事由があると学位審査研究科が承認したため、全文に代えてその内容の要約を公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、<a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">大阪大学の博士論文について</a>をご参照ください。 |

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

様式３

# 論　文　内　容　の　要　旨

| 氏　名　（　薄 雄斗　） | |
|---|---|
| 論文題名 | 運転時における眼球運動の新しい評価指標の提案 |

1. はじめに

視覚の評価法では視力、視野が一般的に用いられている。眼球運動の評価は、視線の動きという観点から検討が進んでいるが、運転時の眼球運動と視野の関連に特化した評価指標は未だない。運転時は、前方を固視しつつ、周辺視野で検知された刺激に対して一瞬で視点を動かし、また固視に戻るという眼球運動が要求される。本研究では、ドライビングシミュレータ（以下DS）を用いた正常眼被験者の運転実験をもとに、中心窩による固視と周辺への瞬間的な視点移動に注目し、(1)視点95%内包最小楕円と(2)視点集中度の2つの評価指標を提案、指標の有効性を検証した。さらにDS中の事故の有無とこれらの指標の関連を検討した。

2. 正常眼被験者のDS実験(1)

本実験では、DS走行中の眼球運動計測を行った。 DSは短焦点プロジェクタ、ハンドル、アクセル、ブレーキからなり、被験者はプロジェクタで映された映像をもとに、アクセルおよびブレーキの操作を行う。コースは直線で旋回する場面はない。被験者には、道路状況に応じてアクセルとブレーキの操作を行うように指示をした。眼球運動計測にはアイマークレコーダ8(nac)を使用した。この機器は被験者の眼球角度を1秒間に30回(30[Hz])計測できる。本実験では、コース走行のうち、交差点がなく、対向車等も走っていない部分を3シーン各3秒間抽出して、解析対象とした。

被験者は、眼科一般検査で異常なく、視力は矯正視力1.0以上、視野が正常と診断され、かつ、運転歴は5年以上で日常的に自動車を運転している成人で、事前に実験説明を行い文書にて同意を得られた9名である。視野計測は、通常臨床で使用されているカールツァイス社製のハンフリー視野計の視野計測プログラムSITA-Standard24-2で行い、Anderson Patella規準によって眼科専門医が判定した。裸眼視力0.7以上の場合は眼球運動計測装置の装着上、眼鏡矯正なしで運転することとし、裸眼視力0.7以下の場合は本人の眼鏡をかけたまま運転、計測を行った。なお、本研究は自治医科大学の倫理委員会の承認(倫A10-62)を得ている。

実験の結果、DS運転中、視点の動く範囲の重心は進行方向のやや上方にある場合が多いことが明らかとなった。各被験者の視点位置では、眼球運動が走行中にほとんど無く進行方向のやや上方を見続けている被験者や、建物の影やスピードメータなどを適宜見ている被験者など、見ている範囲は被験者ごとに異なっているが、通常は前方を見ており、交差点や道路の端やスピードメータなどを見るためには速度の速い動きが入る特徴が見られた。この実験結果より、視線の範囲と集中度を示す指標が評価には有用と考え、(1)視点95%内包最小楕円と(2)視点集中度の2つの指標を考案した。

3. 運転時における眼球運動の新たな指標の提案

(1)視点95%内包最小楕円とは、全視点位置の95%が入る最小の楕円を求め、その面積及び短軸、長軸の長さを指標とするものである。この手法により大きく逸脱した測定値を除外し、視点が多く分布していた範囲を示すことができる。運転中の視点は水平方向の方が垂直方向より大きく動くため、主に長軸方向は水平方向の眼球運動、

短軸方向は垂直方向の眼球運動の評価に適用可能と考える。

(2)視点集中度は全視点で3次元(視点の2次元平面(X、Y) 上の位置と、そこに留まった時間を正規化して高さ(Z軸) としたもの)の分布を作成し、全体積のうち下側体積が50%となる高さを求め計測できた視点数で除したものと定義した。中心部に視点が集中している被験者では、3次元の分布の中央部に視点が集まっているため、急峻な視点分布となり、視点集中度の値は大きくなる。

4. 正常眼被験者のDS運転実験(2): 提案指標の検証

被験者の参加条件は正常眼被験者のDS運転実験(1)と同じ条件で、117名を対象とした。DSは直線のコースとなっており、旋回する場面はないが、走行中に他車と自車の接触の危険性がある場面が8か所あり、それを被験者はブレーキ操作によって、可能な限り回避するように指示した。それ以外にも対向車の出現や、信号の変化、赤色灯灯火時に走行道路を横断していく車の出現などのイベントが存在する。本実験ではコース走行の全範囲を解析対象とした。眼球運動計測にはアイマークレコーダ9(nac)を使用した。この機器は被験者の眼球角度を1秒間に60回(60[Hz])計測できる。事故あり群(DS試行中に1回以上の接触があった被験者)、事故なし群(DS試行中に1回も接触がなかった被験者)の2群で提案指標の値の比較をした。なお、本実験については、岐阜県医師会の倫理委員会で承認を得ている。

(1)視点95%内包最小楕円の面積を両群間で比較したところ、事故あり群の方が有意に小さい値となった(Wilcoxon順位和検定、$p<0.01$)。楕円の長軸の長さにおいても事故あり群の方が有意に小さい値となった($p<0.01$)。(2)視点集中度で比較したところ両群間で有意差があり($p=0.05$)、事故あり群では値が高い、つまり視点が集中しており、広い範囲に分布していないことが明らかとなった。

5. 考察

視点95%内包最小楕円では、面積及び楕円の長軸の長さに有意差がみられた。このことから、事故あり群では、見ている範囲が狭くなっていること、特に、楕円の長軸方向にあたる水平方向の眼の動かし方に違いがあることがわかった。また、2つの指標を同一グラフで表すことで、被験者の眼の動きの特性を座標でとらえることが可能であった。一方で、DSでの事故あり群と事故なし群では、提案指標が類似した値をとる場合も多く、本指標のみでは事故予測が難しかった。しかし、見ている範囲が十分に広い被験者(面積では300[$deg^2$]以上)では、事故は起こしていなかった。

実際の運転では眼球運動だけでなく、頭部や体全体を動かして、外界の情報を取得している。視点の動きから得られる外界の情報の取得状態を明らかにするためには、眼球の動きだけでなく、体全体の動きを捉える必要がある。そのほかにもいろいろな外界情報の取得に関係する要素が考えられ、外界情報の取得状況を示す指標及び自動車運転時に事故につながる指標は、総合的に判断されなければならず、多様な指標の組み合わせにより可能と考える。今回、考案した指標は、運転中の視線の動きを定量化し、他の要因と総合的に解析を可能とする指標であり、正常視野の被験者より得られた情報は、今後の事故予測の研究の基礎となり、視野異常者の運転危険度の判定にも適用可能であると考える。

様式７

# 論文審査の結果の要旨及び担当者

| 氏　名 | （　薄　雄斗　） | |
|---|---|---|
| 論文審査担当者 | （職） | 氏　名 |
| | 主 査　教授 | 大野　ゆう子 |
| | 副 査　教授 | 大橋　一友 |
| | 副 査　教授 | 神出　計 |
| | 副 査　招聘教授 | 岩瀬　愛子 |

運転時は前方を固視しつつ周辺視野で検知された刺激に対して一瞬で視点を動かし、また固視に戻るという特徴的な眼球運動が要求される。本研究は、ドライビングシミュレータ（以下DS）を用いた正常眼被験者の運転実験をもとに、中心窩による固視と周辺への瞬間的な視点移動に注目し、(1)視点95%内包最小楕円（以下95%楕円）と(2)視点集中度の2つの評価指標を提案、指標の有効性を検証したものである。視野計測にはカールツァイス社製のハンフリー視野計を使用し、中心視野は中心閾値テスト計測プログラム24-2で計測しアンダーソンパテラ基準で異常がないこと、周辺視野はエスターマン両眼テストで異常がないことを条件として、視野が正常としている。視点計測はnac社製のアイマークレコーダ8及び9を使用した。本研究は、研究１は自治医科大学で、研究２は岐阜県医師会倫理委員会で承認されている。

[研究1]運転時の正常眼における眼球運動についてDSにより実態を検討した。被験者は、眼科一般検査で異常なく、視力は矯正視力1.0以上、斜視が無く、視野が正常と診断され、かつ、運転歴は5年以上で日常的に自動車を運転している成人で、事前に実験説明を行い文書にて同意を得られた14名である。直線コースDS走行中、交差点がなく、対向車等も走っていない部分を3シーン各3秒間抽出し視点データが得られた７名について解析した結果、視点の重心は進行方向のやや上方、画面では道路遠方にある場合が多いこと、眼球運動が走行中にほとんど無くその場所を見続けている被験者や建物の影やスピードメータなどを適宜見ている被験者など見ている範囲は被験者ごとに多様であること、交差点や道路の端やスピードメータなどを見るためには速度の速い動きが入ること等の特徴が示された。

[提案指標]研究1から、視線の動く範囲と集中度を示す指標が評価には有用と考え(1)95%楕円と(2)視点集中度の2つの指標を考案した。前者は全視点位置の95%が入る最小の楕円に基づく指標であり、後者は全視点で3次元(視点の2次元平面(X、Y)上の位置とそこに留まった時間を正規化して高さ(Z軸)としたもの)の分布を作成し全体積のうち下側体積が50%となる高さを求め計測できた視点数で除したものと定義した。

[研究2]研究1と同じ条件で117名を対象として提案指標の実証研究を行った。DSは同じく直線コースであるが、走行中に他車と自車の接触の危険性がある場面等のイベントがありコース走行の全範囲を解析対象とし、事故有り群(DS試行中に1回以上の接触があった被験者)、事故無し群の2群で提案指標を中心に検討を行った。その結果、年齢や男女差、ブレーキの反応時間等関係項目の影響を検討した上でも、事故有り群の方が事故無し群よりも95%楕円の面積は有意に小さい(Wilcoxon順位和検定、$p<0.01$)、楕円の長径も有意に小さい($p<0.01$)、視点集中度は値が高いすなわち視点が集中している($p=0.05$)という結果が得られた。事故有り群では見ている範囲が狭くなっていること、特に楕円の長軸方向にあたる水平方向の眼の動かし方に違いがあることが示唆され、見ている範囲が十分に広い被験者(面積では300[$deg^2$]以上)では事故を起こす被験者がいないことが明らかとなった。

本研究で提案した指標は、これまであまり解析されていなかった正常眼における運転時の眼球運動を説明するものであり、今後は事故との関連だけでなく、運転の巧拙の評価や、他の視機能のデータと合わせて解析することで疾患の影響などの評価が可能になるなど、発展が期待される。

以上より、本研究は、博士(保健学)に値する研究と評価した。