

眼球運動を用いた視界状況推定手法の提案

大崎 敬太[†] 石田 繁巳[†] 白石 陽[†]

公立はこだて未来大学システム情報科学部[†]

1. はじめに

豪雨や濃霧、吹雪など悪天候時での運転は交通事故の発生リスクを高める[1], [2]. 原因は、悪天候時の視界不良によって、ドライバが周りの状況を把握することが難しくなることにある。視界不良による交通事故を防ぐためには、ドライバに視界状況に関する情報を提供することで、安全な経路選択を促すことが重要であると考えられる。視界に影響を与える要因として、気象によって変化する目標物を認識できる距離（以下、視程）の低下や路面の反射、フロントガラスの水滴などが挙げられる。これらの要因によって交通事故の発生リスクが高まる。

視界状況を確認する方法としてライブカメラがある。しかし、設置されている箇所は限られているため、経路選択の判断材料として網羅性に欠ける。そこで、本研究では、参加型センシングの枠組みで多数のドライバから協力を得て、視界状況に関する情報を網羅的に収集し、提供することを目指す。

本研究では、視界状況推定を行うために眼球運動に着目する。Konstantopoulos ら[3]は、夜間時と雨天時は晴天時と比較して視線の移動が減少し、同じ箇所を見る時間が増加することを報告している。また、村瀬ら[4]は、視認対象の増加によって眼球運動が増加することを報告している。これらのことから豪雨や濃霧、吹雪などの悪天候時は晴天時と比較して前方の見通しが悪化するため眼球運動が変化すると考えられる。提案手法では、注視やサッケードなど眼球運動に関する特徴量を用いて教師あり機械学習を行うことで視界状況を推定する。

本研究の目的は、ドライバに視界状況に関する情報を提供するため、眼球運動から視界状況を推定することである。本稿では、眼球運動に関する特徴量を用いた視界状況推定の実現可能性を検証するため、SVM(Support Vector Machine)を用いて視界状況推定モデルを構築し、眼球運動の特徴量の組み合わせごとのモデルの精度評価を行った。

2. 関連研究

視界状況推定に関する研究として、気象情報を用いた研究[5]とカメラを用いた研究[6], [7]がある。

松沢ら[5]は、風速や降雪強度などの気象情報を用いて視程を推定する手法を提案している。気象情報を用いることで広域的な視程推定手法として有効性を示している。しかし、風速や降雪強度は、山道や市街地など様々な地形に影響を受けるため、経路ごとの局所的な推定には適していない。

森ら[6]は、車載カメラとミリ波レーダーを用いて前方車両との距離と前方車両の輝度分布値を計測し、霧の濃さを3段階のクラスで分類する手法を提案した。しかし、前方車両が存在しなければ霧の濃さを判定できないとい

う問題がある。中村ら[7]は、固定カメラと車載カメラを用いた視程推定手法を提案している。車載カメラを用いたことで局所的な推定を可能にした。しかし、視程以外の路面の反射などの視界状況と夜間時の推定を考慮していない。

3. 提案手法

提案手法における視界状況推定の流れを以下に示す。

- (1) 眼球運動データの収集
- (2) 収集した眼球運動データから特徴量の抽出
- (3) 視界状況推定

(1)として、走行中のドライバから眼球運動データを収集し、スライディングウィンドウを用いてウィンドウごとに眼球運動特徴データに変換する。視界状況推定に用いる眼球運動特徴データを表1に示す。

表1 視界状況推定に用いる眼球運動特徴データ

種類	内容
視線移動	水平方向 垂直方向
注視	水平方向 垂直方向 平均注視時間
サッケード	移動距離 発生回数

本研究では、メガネ型アイトラッキングデバイスである Pupil Invisible を用いて走行中の動画と動画内における視点座標を取得する。サンプリングレートは 200Hz である。収集したデータから視線移動と注視、サッケードを抽出する。視線移動は、視点座標の推移を視線移動として抽出する。注視は、0.5 ミリ秒ごとに視点座標を抽出し、ある一定の距離を視線移動していない場合、注視として抽出する。次にサッケードは、注視位置間の変化量を算出することでサッケードとして抽出する。

(2)として、(1)で抽出した視線移動や注視、サッケードの特徴量を抽出する。視線移動からは基本統計量（平均値、標準偏差、第1四分位数、第3四分位数、中央値）を算出する。注視からは基本統計量と平均注視時間を算出する。サッケードからは、サッケード時の視線移動距離の基本統計量と発生回数を算出する。それぞれから算出した結果を特徴量として用いる。

(3)として、抽出した特徴量から SVM を用いて視界状況を推定する。

4. 評価実験

4.1 実験環境

実験では、被験者を一人として約 850 メートルの直線道路を同乗者なしで、晴天時の昼と夜、雨天時の夜をそれぞれ 12 回走行し、眼球運動データを収集した。

4.2 データの切り出し

収集した眼球運動データは、特徴量を抽出する前に信号による停車時のデータを除去した。図1に走行中の視線移動のグラフを示す。停車時は図1の黒枠内のデータのように視線移動が走行時と異なる動きを見せるため、分類精度に影響を与えると考えた。

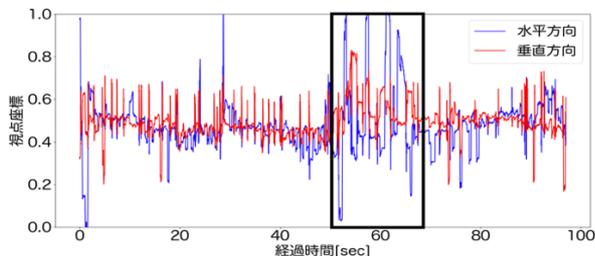


図1 走行中の視線移動

停車時のデータを除去後 10 秒ごとのウィンドウ幅で一ラップを 50%として、ウィンドウを切り出した。各天候のデータ数は 146 個である。

4.3 収集したデータの分析

晴天時の昼と雨天時の夜の視線移動のヒストグラム付きヒートマップを図2に示す。

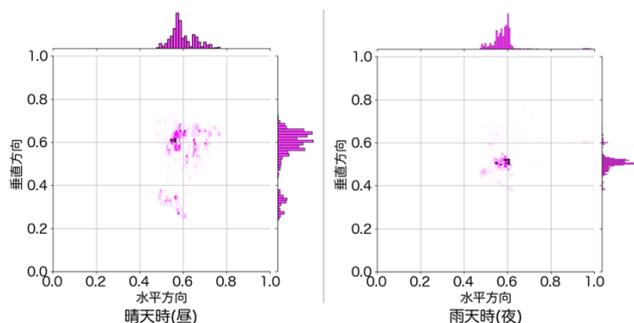


図2 視線移動のヒストグラム付きヒートマップ

晴天時の昼では水平方向と垂直方向ともに視線移動が多いのに対し、雨天時の夜は中心を多く見ている。理由として、雨天時の夜は天候と時間帯の影響で視界状況が悪化し、視野が狭まることが考えられる。以上より、眼球運動データは、視界状況によって特徴的な傾向が現れると考えられる。

4.4 評価結果と考察

評価実験では、晴天時の昼と夜、雨天時の夜の3クラス分類の精度を10分割交差検証にて評価した。評価指標として、各クラスのF値の平均を算出した。その評価結果を表2に示す。

表2 モデルごとの評価結果

モデルに使用した眼球運動特徴	F 値
視線移動	0.748
注視	0.747
サッケード	0.477
視線移動+注視	0.756
視線移動+サッケード	0.812
注視+サッケード	0.794
視線移動+注視+サッケード	0.749

表2より、視線移動とサッケードの組み合わせの場合におけるF値が0.821と最も高くなった。この結果から視線移動とサッケードを用いることが有効であることが示唆された。雨天時の夜は、晴天時の昼と夜と比較して前方を注意してみるため、サッケードや視線移動に特徴的な傾向が現れると考えられる。

5. おわりに

本研究の目的は、ドライバに視界状況に関する情報を提供するため、眼球運動を測定し、視界状況を推定することである。本稿では、眼球運動に関する特徴量を用いた視界状況推定の実現可能性を検証するため、SVMを用いて視界状況推定モデルを構築し、特徴量の組み合わせごとのモデルの精度評価を行った。推定対象は、晴天時の昼と夜、雨天時の夜の3クラスである。分類精度の結果は、視線移動とサッケードの組み合わせが0.812と最も高かった。

本稿の実験では、平均注視時間やサッケード回数などのウィンドウ幅に影響を受ける特徴量を用いていた。そのため、今後は、視界状況推定に有効なウィンドウ幅の検討と視界状況推定に有効な特徴量の検討を行う予定である。また、視程など前方の見通しの程度ごとで眼球運動が変化するか調査し、より詳細な視界状況推定を行うことができないか検討していく予定である。

参考文献

- [1] 矢野伸裕, 横関俊也, 森健二: 降雨による視認性低下が高速道路走行時の認知反応に及ぼす影響, 交通工学論文集, Vol.1, No.1, pp.1-10 (2015).
- [2] 竹内政夫: 冬の視界不良事故について-交通事故統計からみる発生構造-, 日本雪氷学会北海道支部機関誌, No.33, pp.35-38 (2014).
- [3] Panos, K., Peter, C. and David, C.: Driver's Visual Attention as a Function of Driving Experience and Visibility. Using a Driving Simulator to Explore Driver's Eye Movements in Day, Night and Rain Driving, Accident Analysis & Prevention, Vol.42, No.3, pp.827-834 (2010).
- [4] 村瀬健二, 武田雄策, 原利宏, 金子寛彦: 自動車運転時の周辺対象認知における頭部と眼球運動, 日本バーチャリアリティ学会論文誌, Vol.23, No.3, pp.207-216 (2018).
- [5] 松沢勝, 竹内政夫: 気象条件から視程を推定する手法の研究, 日本雪氷学会誌, Vol.64, No.1, pp.77-85 (2002).
- [6] 森健史, 高橋友和, 井手一郎, 村瀬洋, 宮原孝行, 玉津幸政: 車載カメラ映像とミリ波レーダデータによる霧の濃さの判定電子情報通信学会, 信学技法, Vol.106, No.605, pp.85-90 (2007).
- [7] 中村裕貴, 萩原亨, 永田泰浩: 固定カメラと車載カメラによる冬期道路管理向け視界情報評価に関する研究, 土木学会論文集 D3, Vol.75, No.6, pp.599-607 (2020).