

# 大規模運転警報システムデータを用いた 高齢者ドライバーの特徴分析

吉原直輝<sup>1</sup> 小坂部恭輔<sup>1</sup> 大村廉<sup>1</sup>

**概要:** 近年、高齢者ドライバーの事故増加が著しくその防止が強く望まれている。ドライビングシミュレータや運転試験によるスコアを用いて高齢者ドライバーの運転特徴の分析を行なった研究があるが、試験時など特定の状況下における運転データに基づくものであり、実際の運転特徴とは異なる可能性がある。本研究では実際に日常で用いられる業務車両に取り付けた衝突警報システムデータを用いて、日々の運転データを取得した。そして、計測したデータを用いて高齢者と非高齢者を識別する識別モデルを作成した。結果、適合率 0.86、再現率 0.84 で高齢者と非高齢者を識別できることが判った。また、この時重要度の高かった特徴量およびその非高齢者に対する差として、車間距離警報の発生回数が増加する、車間距離警報発生時の車速が増加する、低速時衝突警報発生時の車速が増加するなどの傾向があることが分かった。高齢者ドライバーにはより広い車間距離の維持や早めのブレーキなどを意識してもらい、余裕をもって周囲の危険に注視するよう注意喚起することが重要であると考えられる。

## Analysis of Elderly Drivers with Large-Scale Data of Driving Warning System

NAOKI YOSHIHARA<sup>1</sup> KYOSUKE OSAKABE<sup>1</sup> REN OHMURA<sup>1</sup>

### 1. はじめに

近年、高齢者の運転事故が問題となっている。警視庁の高齢者の運転事故発生状況[1]によれば、2021年においては高齢者運転交通事故発生件数が4370件であり、交通事故に占める高齢運転者の事故割合が15.8%となっている。前年と比較して事故割合は減少しているが、事故発生件数は増加しており、全体的に見ると高齢者の事故割合は増加傾向にある。このような高齢運転者による事故を防止することは極めて重要であり、そのため、高齢運転者の運転特徴を分析し、どのような要素が交通事故に繋がっているのかを分析する必要がある。

既存研究において、高齢者の運転特徴をドライビングシミュレータや実車試験、質問紙を用いた分析が行われている。ドライビングシミュレータを用いた分析では認知機能低下の疑いがあるドライバーを運転行動や身体特徴から判別可能であることが報告されている[3][4]。また、高齢者と非高齢者での運転比較では身体特徴や反応速度に有意差があることが報告されている[4][5]。この他、実際の走行データを用いて、運転特徴を分類する分的が行われており、実車における運転特徴からドライバーの判定や[6]、運転警報システムを付けた際の高齢者の運転行動に及ぼす影響についての分析が行われている[7]。また、運転だけではなく、質問紙を用いてその結果から高齢者と非高齢者の運転特徴

を分類する研究も行われている[8][9]。

しかし、シミュレータは非日常や特定の状況下における分析であるため、日常生活における実際の運転特徴を必ずしも反映しない可能性がある。実車での分析ではその有用性は確認されているものの、高齢者を対象とした特徴分析までは触れられていない。また、質問紙による分析においても、実際の運転動作とは齟齬が生じる可能性がある。そのため、実際の運転特徴を分析するためには、日常生活での運転データを用いることが重要であると考えられる。

本研究では日常の運転に対して大規模に収集した運転警報システムのデータを用いて、高齢者ドライバーの運転特徴分析を行う。まず、高齢者と非高齢者を識別する識別モデルを作成し、高齢者と非高齢者が適切に識別可能であるかどうかを確認する。そして、高齢者と非高齢者が高精度で識別可能である場合、その特徴量の分布に差異があると考えられるため、識別に有益であった特徴量について分析を行う。

本論文の構成を以下に示す。2章では関連研究について述べる。3章では本研究において使用する分析データを説明し、4章では分析・評価手法について述べる。5章では4章において述べた分析・評価手法を用いて行った分析・評価の結果を示し、6章ではより詳細な考察を示す。7章で本研究をまとめる。

<sup>1</sup> 豊橋技術科学大学  
Toyohashi University of Technology

## 2. 関連研究

中野はドライビングシミュレータや実地試験のスコアを用いて回帰分析を行なった[3]. ロジスティック回帰分析を用いて 82.5%の判別精度の回帰モデルを作成し, 認知症の疑いがある危険なドライバーについて「正確性に欠けた行動主導型の運転」の特徴があることを示した. しかしながら, 実際の運転データを用いているわけではない.

Dingan らは中野同様にドライビングシミュレータを用いて高齢者と非高齢者の運転行動データの比較を行った[4]. 結果から, リスク認知能力とサッケード振幅および心拍数に相関があることを発見し, 高齢者は非高齢者と比べサッケード振幅が小さく, 心拍数が高くなる傾向があることを明らかにした. また, Shadi らは高齢者と非高齢者の反応速度についての研究を行った[5]. Dingan ら同様, ドライビングシミュレータを用い, 高齢者と非高齢者の平均速度, 追従遅れ, 交通事故などの項目について比較分析を行った. 反応速度, 衝突事故, 平均速度にについて, 高齢者は反応速度が遅く, 衝突事故を起しやすいため. また平均速度が高いことを示した. これらの研究では, 高齢者と非高齢者で運転特徴に差があることを示したが, ドライビングシミュレータで行ったため, 非高齢者のほうがドライビングシミュレータ自体への順応が早かった, などの可能性もある.

西堀らは実車に取り付けた運転警報システムが高齢者の運転行動に及ぼす影響について分析を行った[6]. 走行速度データから算出した急減速を分析した結果, 75%の高齢者は運転警報システムを装着してから5週間後には急減速の回数が減少することを明らかにし, 運転警報システムが高齢者の安全運転に寄与することを示した. しかし, 詳細なドライバーの運転特徴については触れられていない.

Chen らは, 西堀ら同様に実際の走行データを用いた運転特徴分析を行った[7]. この研究では GPS データから運転情報を取得し, 運転中の典型的なパターンを用いて運転行動グラフを作成することで, 運転の安全性の評価を試みている. しかし, Chen らの研究では高齢者ドライバーを対象とした分析は行われていない.

Sharon らは質問紙を用いて高齢者と非高齢者の運転特徴について分析を行った[8]. この研究では被験者に質問紙で年齢と運転行動について答えて貰った. 結果について高齢者と非高齢者の違いを分析し, 高齢者のほうが非高齢者と比べ運転中のルール違反や不注意が多いことを示した. しかし, 質問紙のみでの分析であり, 実際の運転行動とは異なる可能性があると共に, サンプルによって結果が変わってしまう可能性がある.

Christine らは Sharon らと同様に, 質問紙を用いた高齢者と非高齢者の運転特徴についての分析を行った[9]. この研究では被験者に質問紙で年齢と運転行動について答えて貰

った. 結果について高齢者と非高齢者の違いを分析し, 非高齢者のほう非高齢者と比べ運転中のルール違反や不注意が多いことが示され, Sharon らとは異なる結果となった. このように質問紙のみでの分析ではその母集団に結果が大きく左右される可能性があり, 信頼性に課題がある.

これらの研究内容を踏まえ, 本研究では高齢者の運転特徴を知るために, 衝突警報システムを用いて, 長期間の日常生活における運転データを取得し, 分析・評価を行う.

## 3. 分析に使用するデータ

本研究では高齢者の運転特徴を得るにあたり, 日常の運転から得られた大規模警報システムデータを用いる. そして, ドライバーの高齢者/非高齢者識別を行う分類モデルを作成し, 高齢者/非高齢者識別における有用な特徴量を割り出して高齢者の運転特徴を分析する.

### 3.1 データ概要

本研究では 2020 年から開始された知の拠点あいち重点研究プロジェクト「先進プローブデータ活用型交通安全管理システムの開発」において取得されたデータ[10]を使用する. 当該プロジェクトでは, 後付け型の衝突防止警報装置 Mobileye[11]を用いた先端プローブシステム (A-Probe) を作成し, A-Probe から得られる各種警報やその時の場所, 走行速度, 車両状況, 天候状況などをクラウドサーバ上に収集・管理するシステムを構築した (図 1). そして, 実際に愛知県豊橋市内を走行する業務車両に Mobileye を設置してもらい, データの蓄積を行なっている.

### 3.2 データ取得方法

図 1 に示すデータ取得機 (A-Probe) では, 衝突警報システム Mobileye, BLE インターフェイス, GPS, 3G, RFID モジュールを追加した M5Stack の 3 つを用いてデータ取得を行う. まず, Mobileye を用いて警報データを取得し, BLE インターフェイスを用いて Bluetooth 経由で警報データを M5Stack に送信する. そして, M5Stack にて警報データに車両ステータスを追加し, SORACOM Air および SORACOM Funnel を用いてクラウドサーバにデータを蓄積する. この一連のデータ取得は警報発生時に逐次データが送信される仕組みとなっている.

プロジェクトにおいて取得したデータのうち, 本研究において使用した情報を表 1 に示す.

### 3.3 衝突警報システム Mobileye

本研究で使用する Mobileye は衝突防止装置を様々な車両に取り付けられるように考案された警報システムである [11]. 機材としてはフロントガラスに取り付けるセンサー内臓のメインユニットと, ダッシュボードに取り付ける現在の警報状況を表示する装置の 2 つから構成される. 本研究で用いた Mobileye の警報 (6 種類) の名称及び警報発生条件を表 2 に示す. また, Mobileye の装着例を図 2 に示す.

表 1. 本研究使用した A-Probe データ (Mobileye 以外)

内容	詳細
ドライバーID	ドライバーの ID
運転速度	送信時の運転速度
位置情報	送信時の緯度経度
日時	送信時の日時
天候	送信時の天候
気温	送信時の気温
経過時間	送信時間からの経過時間
idata メッセージ	警報発生種類

表 2. 本研究で使用した Mobileye データ

内容	発生条件
車両衝突警報	時速 30km 以上で前方車両に近づいた時
低速時車両衝突警報	時速 30km 未満で追突の危険性を予測した時
左車線逸脱警報	ウインカーを出さずに左車線を踏み越えた時
右車線逸脱警報	右車線逸脱警報:ウインカーを出さずに右車線を踏み越えた時
車間距離警報	時速 30km 以上で設定車間秒数まで近づいた時
歩行者衝突警報	歩行者や自転車との衝突の危険を予測した時



図 2. Mobileye の装着例

表 2 に示すように、Mobileye の発する警報には「衝突警報」、「低速時衝突警報」、「左車線逸脱警報」、「右車線逸脱警報」、「車間距離警報」、「歩行者警報」の 6 種類が存在する[12]. それぞれの警報の内容は以下の通りである.

「車両衝突警報」は時速 30km 以上で前方車両に近づいたときに発生する警報である. 前方車両と約 2.7 秒以内に衝突する危険性があると判断した場合に、「ピーピーピーピー！」と警報音と赤いアイコンで警告を行う.

「低速時車両衝突警報」は 時速 30km 以下で衝突の危険性を予測したときに発生する警報である. 設定されている仮想バンパー内に入ると「ピッピッ、ピッピッ」という警報音を発する.

左右の「車線逸脱警報」はウインカーを出さずに車線を踏み越えたときに発生する警報である. 「ルルルル」という警報音と白線上のアイコン表示で警告をする.

「車間距離警報」は時速 30km 以上で事前に設定した車間秒数まで近づいた時に発生する警報である. 車間秒数とは、前方車両までの距離を自車の秒速で割ったものであり、現在の速度を維持した場合にあと何秒で前方車両に到達するかを示すものである. Mobileye では車間秒数をリアルタイムでアイコン表示し、事前に設定した秒数よりも車間距離が短くなると、「ピーン」という警報音とアイコン表示を発生する.

「歩行者衝突警報」は歩行者や自転車との衝突の危険性を予測した時発生する警報である. 約 2 秒以内に歩行者や自転車と衝突の危険性があると判断した時、「ピー、ピー」という警告音とアイコン表示で危険を知らせる.

### 3.4 使用データ期間

本研究では蓄積したデータの中から、2018 年 1 月 1 日から 2020 年 12 月 31 日までのデータを使用する. また、対象とするデータはタクシー業社から取得したデータとし、40 代から 70 代までの 83 名のドライバーデータを用いる.

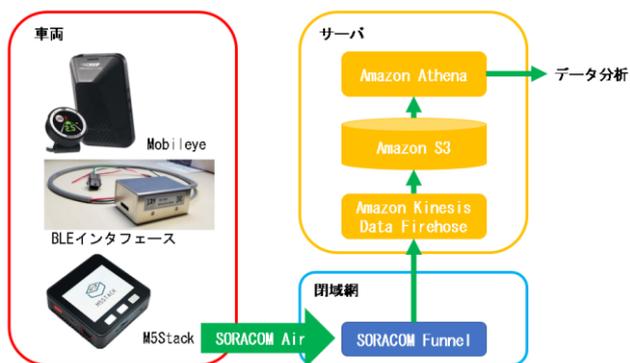


図 1. データ取得システムの構成

## 4. 分析方法

本章では使用データや高齢者分類手法、評価手法、評価指標について述べる。

### 4.1 高齢者分類手法

本研究では高齢者／非高齢者識別のアルゴリズムとしてランダムフォレストを用いる。ランダムフォレストでは使用した特徴量に対して重要度を取得可能である。高齢者／非高齢者の識別精度を確認した後、重要度をもとにその識別に寄与した特徴量の分析を行なう。

高齢者分類に用いた特徴量を表3に示す。本研究では各ドライバーについて、表3の説明変数を1ヵ月ごとに計算した結果と、ドライバーの年齢をセットとして扱う。なお、特徴量の計算を行う際、停止時や時速0km時に発生した警報データ、計測エラーが存在するデータ、累計走行日数が0日のデータは除外した。年代毎のデータ数(月数)は、表4に示す分布となった。本研究では高齢者教習の始まる70歳以上を高齢者、70歳未満を非高齢者と定義して、二値分類を行う[13]。

表3. 高齢者／非高齢者分類に用いた特徴量

変数名	計算方法
警報発生回数	1kmあたりの警報発生回数
時間帯	3時間ごとの全警報発生回数
天候	天候ごとの全警報発生回数
車速	警報種類ごとの平均値
気温	全警報の平均値
警報間隔	全警報の平均値
連続発生数	警報種類ごとでの最大値
累計走行距離	1ヵ月間で運転した距離
累計走行日数	1ヵ月間で運転した日数

表4. 年代毎のデータ分布

年代	40代	50代	60代	70代	合計
個数	97	333	622	687	1739
割合	0.05	0.19	0.36	0.40	1.00

### 4.2 評価手法・指標

本研究において分類評価には leave-one-row-out 交差検証を用いる。Leave-one-row-out 交差検証とはN行からなるデータから1行だけデータを取り出し、その行のみをテストデータ、それ以外の行を学習データとして検証を行う交差検証法である。

また、分類モデルの評価指標としては Accuracy, Precision (適合率), Recall (再現率), F1-score を用いる。

## 5. 分析結果

本章では高齢者分類結果、高齢者運転特徴分析結果について述べる。

### 5.1 高齢者分類結果

知の拠点あいち重点研究プロジェクトにおいて取得された運転データを使用し、ランダムフォレストによる高齢者／非高齢者識別を行った。高齢者(70才以上)と非高齢者(70才未満)の識別結果を図3に示す。また、各評価指標の結果を表5に示す。また、高齢者分類における説明変数の重要度を表6に示す。

識別精度について、Accuracy は 0.86, Precision, Recall, F1-score はそれぞれ 0.86, 0.84, 0.85 となった。十分に高精度で識別が行えると考えることができ、すなわち、高齢者と非高齢者の特徴量に差異が存在すると考えられる。

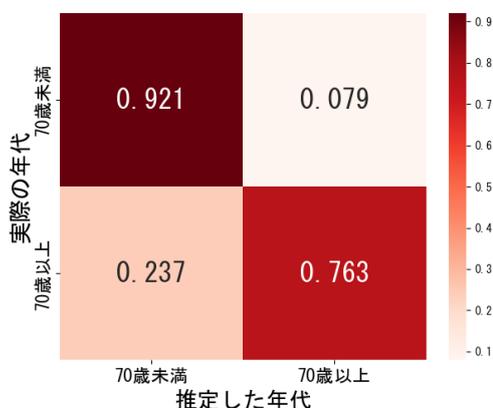


図3. 高齢者、非高齢者の推定率

表5. 高齢者分類における各評価指標

評価内容	結果
Accuracy	0.859
Precision	0.860
Recall	0.842
F1-score	0.849

### 5.2 高齢者運転特徴分析結果

高齢者／非高齢者識別において使用した各特徴量について、重要度が高かった運転時間帯、車間距離警報の発生回数・発生速度、低速時車両衝突警報の発生速度について詳細な分析を行う。

#### 5.2.1 時間帯の分析

高齢者分類において最も重要度が高かった21時から24時と、4番目に高い重要度を示した18時から21時の警報発生回数を分実際の高齢者/非高齢者毎に分割したヒストグラムを図4, 5に示す。

図4より、21時から24時の走行距離1km当たりの警報発生回数について、非高齢者は0.4から0.6回に分布のピークが存在し30%程となっている。一方、高齢者は1km

表 6 高齢者分類における説明変数の重要度

順位	説明変数名	重要度
1	時間帯_21時～24時	0.055
2	警報発生回数_車間距離警報	0.053
3	車速_車間距離警報	0.053
4	時間帯_18時～21時	0.048
5	車速_低速時衝突警報	0.046
6	警報発生回数_右車線逸脱警報	0.045
7	警報発生回数_衝突警報	0.042
8	警報発生回数_歩行者警報	0.040
9	時間帯_12時～15時	0.040
10	累計走行距離	0.037
11	時間帯_15時～18時	0.037
12	車速_右車線逸脱警報	0.034
13	時間帯_3時～6時	0.033
14	警報間隔	0.033
15	時間帯_0時～3時	0.033
16	発生回数_低速時衝突警報	0.032
17	天候_曇天時	0.032
18	天候_晴天時	0.031
19	警報発生回数_左車線逸脱警報	0.031
20	累計走行日数	0.030
21	時間帯_9時～12時	0.029
22	天候_雨天時	0.026
23	車速_左車線逸脱警報	0.025
24	車速_衝突警報	0.024
25	時間帯_6時～9時	0.022
26	気温	0.019
27	車速_歩行者警報	0.018
28	連続発生数_低速時衝突警報	0.015
29	連続発生数_車間距離警報	0.013
30	連続発生数_右車線逸脱警報	0.011
31	連続発生数_左車線逸脱警報	0.006
32	連続発生数_衝突警報	0.004
33	連続発生数_歩行者警報	0.001

当たり 0.2 から 0.4 回にピークが存在し、35%程となっている。中央値は非高齢者、高齢者それぞれ、0.435 回と 0.362 回であり、21 時から 24 時の警報発生回数は非高齢者のほうが多い傾向があることがわかった。

また、図 5 より、18 時から 21 時の 1km 当たりの警報発生回数は、非高齢者は 0.0 から 1.0 回まで、10～15%の割合で平坦に連続している。一方、高齢者は 0.4 から 0.6 回に 35%程のピークが存在する。中央値については非高齢者が 0.435 回であるのに対し、高齢者は 0.362 回である。これらのことから、18 時から 21 時についても、警報発生回数は

非高齢者のほうが多い傾向があることが分かった。

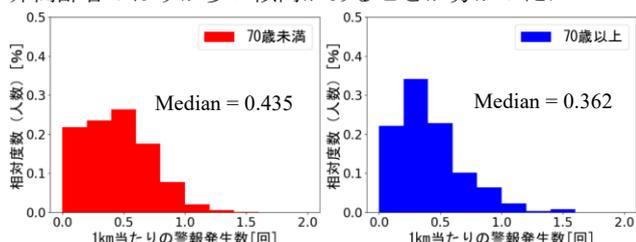


図 4. 21 時から 24 時の警報発生回数比較

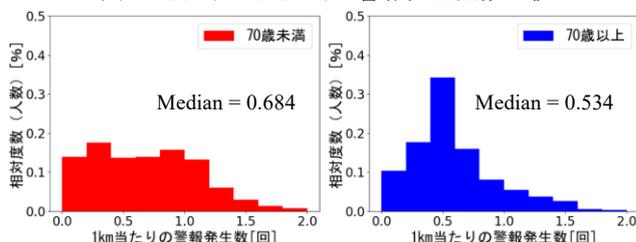


図 5. 18 時から 21 時の警報発生回数比較

### 5.2.2 車間距離警報の分析

高齢者／非高齢者識別において、2 番目に重要度が高かった車間距離警報の発生回数（走行距離 1km 当たり）と 3 番目に重要度が高かった車間距離警報発生時の車速について、警報発生回数を実際の高齢者/非高齢者毎に分割したヒストグラムを図 6, 7 に表す。

図 6 より、車間距離警報の警報発生回数は、非高齢者の場合は 0.1 回以下の割合が 70%を占めている。これに対し、高齢者の場合は 50%弱となっている。中央値は非高齢者が 0.06 回であるのに対し、高齢者は 0.110 回である。これらのことから、車間距離警報の警報発生回数は高齢者のほうが多い傾向にあると言える。

図 7 より、車間距離警報発生時の車速は、非高齢者の場合は 40km/h 以下の割合が 50%を超えている。一方、高齢者の場合は 40km/h 以上の割合が 50%を超えている。中央値は、非高齢者は 38.2km/h であるのに対し、高齢者は 39.7km/h である。これらのことから、車間距離警報発生時の車速は、高齢者のほうが速い傾向にあると言える。

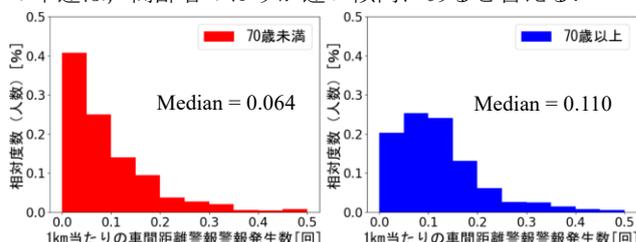


図 6. 車間距離警報の警報発生回数比較

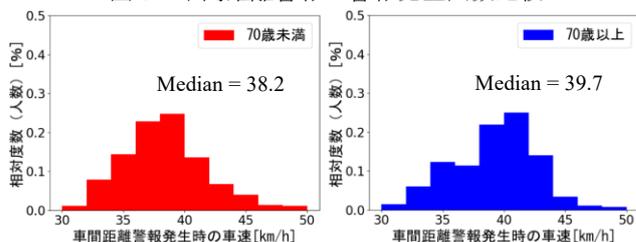


図 7. 車間距離警報発生時の車速比較

### 5.2.3 低速時車両衝突警報の分析

高齢者／非高齢者識別において、5番目に重要度が高かった低速時車両衝突警報の車速について、実際の高齢者／非高齢者毎に分割したヒストグラムを図8に示す。

図8より、非高齢者の場合は2～3km/hにピークがあり、3km/h以下で50%を超えている。一方、高齢者の場合は1～5km/hまで一定して20%程度で持続する。中央値は非高齢者が2.82km/hであるのに対し、高齢者は3.383km/hである。これらのことから、低速時車両衝突警報の車速は高齢者のほうが速い傾向にあると言える。

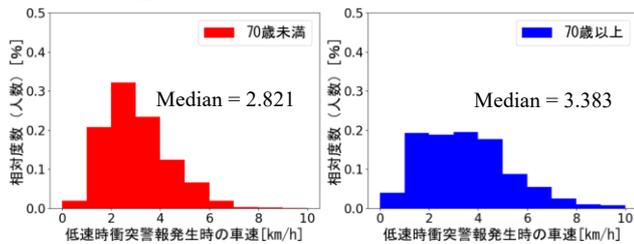


図8. 低速時車両衝突警報発生時の車速比較

## 6. 考察

本研究では運転警報システムから取得したデータを用いて、ドライバーの高齢者／非高齢者識別を行う識別モデルを作成し、約0.85の識別精度を得た。これにより、高齢者と非高齢者の特徴量に差が存在すると考え、識別モデル上、重要度の高い特徴量の分析を行った。

高齢者分類において最も重要であった21時から24時の走行距離1km当たりの警報発生回数と、4番目に高い重要度を示した18時から21時の同警報発生回数について、高齢者のほうが少ない傾向があることが分かった。これは高齢者が運転経験によって、夜間の運転は危険であると理解し、慎重に運転したことによる結果と考えられる。高齢者教習におけるアンケート[14]では、夜間運転について質問をした結果、「自信がない」、「わからない」と回答した高齢者が60%程を占めており、高齢者は自信がないことにより、より慎重になったことによる結果と考えることができる。しかし、一方で、一般的に高齢になればなるほど、夜間などの低照度の環境では夜間視力や暗順応の低下により、見落としや不注意が増加するという報告があり[15]。そのことをふまれば、高齢者の警報発生回数が増加する方が自然と考えることもできる。本研究では、時間帯毎の警報については、その種別を問わず集計を行なったが、時間帯毎についても警報種別毎に集計を行ない、より詳細に比較を行なう必要があると考えられる。

車間距離警報の発生回数については、高齢者のほうが非高齢者よりも多い傾向にあることが分かった。これは認知能力・動体視力の低下により、反応速度が遅れ、前方車に余計に近づいてしまうなど、高齢者が車間距離の間隔を維持することが苦手化することによりものと考えられる。このことはShadiらのドライビングシミュレータを用いた実

験において、高齢者の反応速度が低下するといった結果が示されており[5]、そのことと一致する。日常運転においても、同様の理由から車間距離警報の発生回数が増加傾向になったと考えられる。

車間距離警報発生時の車速、ならびに、低速時車両衝突警報発生時の車速については高齢者のほうが非高齢者よりも速い傾向があることが分かった。このことは高齢者のほうが非高齢者よりも速い車速領域で前方車両に近接することを示している。この要因として、前方車両に近づく際、高齢者の方が停止の判断が遅くなることによって、非高齢者よりもスピードが減少する前に近接してしまうと考えられる。あるいは、運転経験によって制動力を過信し、前方車両に近づいてしまい、警報が発生したことが感得られる。

これらの結果から、高齢者には「前方車両が走行している際、余裕を持った車間を保つ意識を持つこと」、「停止時や渋滞などにおいても、早めのブレーキをする意識を持たせる」といった改善案が有効であると考えられる。また、夜間での運転は注意されているとは考えられるものの、夜間視力や暗順応の低下は避けられないため、過信せず、引き続き十分な安全運転意識を持つことが肝要であると考えられる。

## 7. まとめ

本研究では、日常運転から取得した大規模運転警報システムデータを用いて高齢者／非高齢者識別モデルを作成し、その特徴量の重要度から高齢運転者の運転特徴分析を行った。高齢者／非高齢者分類ではAccuracy, Precision, Recall, F1-scoreいずれも約0.85程度で高齢者と非高齢者を識別可能であることがわかった。このモデルにおいて重要度の高い特徴量の分析を行い、高齢者は非高齢者に比べて夜間の警報発生回数が少ない、車間距離警報の発生回数が増加する、車間距離警報や低速時車両衝突警報発生時の車速が速い傾向があることがわかった。

これらの結果は、高齢者の反応速度の遅れなどを原因となっていることが考えられる。このことから、高齢者は前方車両が走行している際、余裕を持った車間を保つ意識を持つことや、早めのブレーキをする意識を持たせるといったことで、安全運転技能の改善に繋げることができると考えられる。

## 謝辞

本研究は知の拠点あいち重点研究プロジェクト(III期)「先進プローブデータ活用型交通安全管理システムの開発」の一環として行ったものです。

## 参考文献

- [1] 警視庁交通総務課交通安全対策第一係. 防ごう!高齢者の交通事故. 警視庁 2022-04-19. <https://www.keishicho.metro.tokyo.lg.jp/kotsu/jikoboshi/koreisha/koreijiko.html> (参照 2022-05-23)

- [2] Ross, L.A., Dodson, J.E., Edwards, J.D., et al., Self-rated driving and driving safety in older adults. *Accid. Anal. Prev.* 48, 523-527, 2012.
- [3] 中野奏彦, 高齢者講習データによる高齢者ドライバーの運転特性分析とドライバー主導型の安全運転支援の研究, 愛知県立大学, 博士論文, 2016.
- [4] Dingan Ni, Fengxiang Guo, Yanning Zhou, et al., Determination of Risk Perception of Drivers Using Fuzzy-Clustering Analysis for Road Safety”, *IEEE Access* vol.8, 125501-125512, 2020.
- [5] Shadi Doroudgar, Hannah Mae Chuang, Paul J. Perry, et al., Driving performance comparing older versus younger drivers, *Traffic Injury Prevention*, 41-46, 2017.
- [6] 西堀奏英, 警報型後付け安全装置による高齢運転者の運転行動変化, 自動車技術会論文集 Vol.51, No.3. 公益社団法人自動車技術会, p543-548, 2020.
- [7] Chen Chen, Xiaohua Zhao, Yunlong Zhang, et al., A graphical modeling method for individual driving behavior and its application in driving safety analysis using GPS data, *Transportation Research Part F*, 118-134, 2019.
- [8] Sharon Newnam, Wondwesen Girma Mamo, Getu Segni Tulu., Exploring differences in driving behavior across age and years of education of taxi drivers in Addis Ababa, Ethiopia, *Safety Science*, 68, pp. 1-5, 2014.
- [9] Christine M. Wickens, Robert E. Mann, Gina Stoduto, et al., Age group differences in self-reported aggressive driving perpetration and victimization, *Transportation Research Part F*, pp. 400-412, 2011.
- [10] 知の拠点あいち重点研究プロジェクト, 先進プローブデータ活用型交通安全管理システムの開発, 公益財団法人科学技術交流財団. [http://www.astf-kha.jp/project/project1/files/astf\\_PV\\_08\\_1011ol.pdf](http://www.astf-kha.jp/project/project1/files/astf_PV_08_1011ol.pdf) (参照 2022-05-23)
- [11] ジャパン・トゥエンティワン株式会社モービルアイ製品担当, モービルアイ 570, モービルアイ. <https://mobileye.japan21.co.jp/product/mobileye570/> (参照 2022-05-23).
- [12] ジャパン・トゥエンティワン株式会社, モービルアイ製品担当 Mobileye (モービルアイ) の 5 種類の警報, モービルアイ. <https://www.imobile.bz/product/icon> (参照 2022-05-23).
- [13] 警視庁運転免許本部運転者教育課高齢者対策係. “高齢者講習 70 歳から 74 歳までの方の免許更新”. 警視庁. 2022-03-30. <https://www.keishicho.metro.tokyo.lg.jp/menkyo/koshu/koshu/under74.html> 参照 2022-05-23)
- [14] 警察庁交通局, 平成 30 年度警察庁事業「高齢運転者交通事故防止対策に関する提言」具体化に向けた調査研究に係る視野と安全運転の関係に関する調査研究, 警視庁 2019 [https://www.npa.go.jp/koutsuu/kikaku/koureiuntent/menkyoseido-bunkakai/vision/vision\\_report.pdf](https://www.npa.go.jp/koutsuu/kikaku/koureiuntent/menkyoseido-bunkakai/vision/vision_report.pdf) (参照 2022-05-23)
- [15] 三浦利章, 石松一真, 菅野理樹夫, 西田泰, 溝端光雄, 有効視野における予期の効果 1—新しい検討方法と加齢の影響—, *日本心理学会第 65 回大会発表論集*. 251, 2001.