

令和 6 年 6 月 5 日現在

機関番号：32612

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20H03607

研究課題名（和文）人工知能による高齢者の不安全運転の予測モデルの確立と神経基盤の解明

研究課題名（英文）Establishment of a predictive model unsafe driving and elucidation of the neural basis among the elderly people using artificial intelligence.

研究代表者

山縣 文（YAMAGATA, Bun）

慶應義塾大学・医学部（信濃町）・特任准教授

研究者番号：30439476

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,910,000円

研究成果の概要（和文）：AI技術を用いて一時停止交差点での不安全運転行動を予測するモデルを作成した。その結果、Rey Auditory Verbal Learning Testの初回の即時再生の点数と不安全運転リスクが強く関連することが示された（業績1）。次に、MRIを用いて背外側前頭前野-頭頂葉領域の灰白質体積変化と健常高齢者の不安全運転リスクとの関連を明らかにした（業績2）。さらに拡散強調画像を用いて上縦束の白質構造が不安全運転群で障害されていることを示した（業績3）。以上より、我々は背側注意ネットワーク異常に基づく注意機能障害が健常高齢者の不安全運転に関与している可能性をAI技術を用いて世界で初めて報告した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本邦において75歳以上の高齢運転者を対象とした運転免許証更新時の認知機能検査は、認知症のスクリーニング検査として有用であるが、健常高齢者や軽度認知機能障害の不安全運転のリスクを評価することができない。本研究の最大の社会的意義として、現在の道路交通法では見逃されている健常高齢運転者の交通事故防止への新たな支援法へ大きく寄与する不安全運転の予測モデルを確立したことである。さらに、その神経生物学的バックグラウンドとして、MRIを用いて背側注意ネットワーク異常に基づく注意機能障害が健常高齢者の不安全運転に関与している可能性を世界で初めて報告した。この学術的意義も非常に高いと考える。

研究成果の概要（英文）：We attempted to create a model to predict unsafe driving behavior at stop-and-go intersections using AI technology. The results showed that first-time immediate replay scores on the Rey Auditory Verbal Learning Test were strongly associated with risk of unsafe driving. Next, we used MRI to determine the association between gray matter volume changes in the dorsolateral prefrontal-parietal region and risk of unsafe driving in healthy elderly people. Furthermore, using diffusion-weighted imaging, we showed that the white matter structure of the superior longitudinal bundle was impaired in the unsafe driving group. We thus report for the first time in the world the possibility that attentional dysfunction based on abnormalities in the dorsal attentional network is associated with the unsafe driving of healthy elderly people using AI technology.

研究分野：精神医学

キーワード：高齢者の運転研究 不安全運転 実車運転 脳画像 機械学習 AI解析

## 様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

近年、高齢運転者による交通事故が社会的な問題となっている。高齢運転者による交通事故を防止する対策として、75歳以上の者に対して、運転免許証更新時に簡易な認知機能検査を義務化している。この検査の主な目的は認知症のスクリーニングである。しかしながら、75歳以上の高齢運転者で死亡事故を起こした約半数が、直前の認知機能検査では「認知症の疑いナシ」と分類されている。つまり、「健常高齢者やMCIと診断される群」でも死亡事故に直結する不安全運転のリスクが高いことを示唆している。しかしながら、彼らの不安全運転のリスクについては十分な検討や法的な対策がなされていないという大きな問題がある。以上より、健常者高齢者やMCIの中から、不安全運転につながる運転特性を正確に評価する手法の確立が求められている。

### 2. 研究の目的

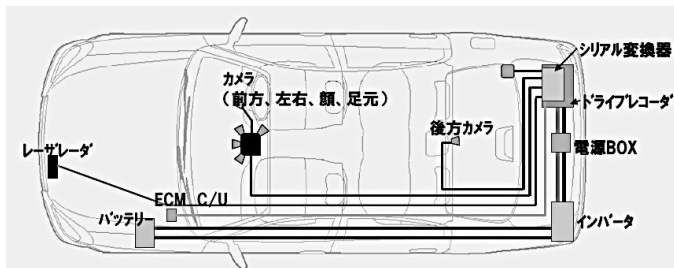
- (1) ビデオカメラ、Global Positioning System(GPS)、ドライブレコーダを搭載した教習車を用いて、公道での実車運転行動データを集積し、不安全運転を定量評価する新たな運転技能指標を確立する。
- (2) 人工知能(AI)を用いて、神経心理検査や実用視力検査、脳画像データから、健常高齢者とMCIの不安全運転リスクを高い精度で予測するモデルを確立する。

75歳以上の健常高齢者やMCIにおいて、どのような認知機能障害や脳内ネットワークの障害が存在すると不安全運転のリスクが高くなることを明らかにすることで、高齢運転者の事故を防止する新たな支援法の開発へ大きく寄与することができる。

### 3. 研究の方法

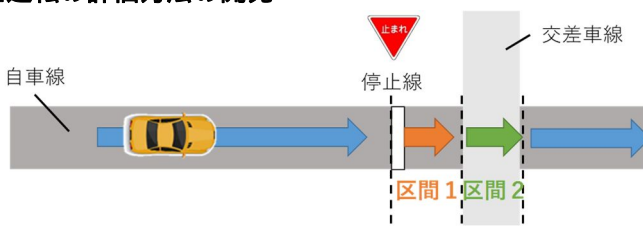
#### (1) ドライブレコーダを搭載した教習車による実車運転評価

東大・小竹グループが開発した自動車教習所の車両を利用する。速度や加速度などの車両状態量およびハンドルやペダルの操作量を測定するドライブレコーダと、前方、左右、後方と顔、足元の映像を記録する6台のカメラやGPSを搭載し(右図参照)、教官が同乗したうえで、規定の公道での走行データを計測できる。この教習車を使用することで、詳細な運転行動データを収集することができる。



#### (2) 革新的な技術による新たな不安全運転の評価方法の開発

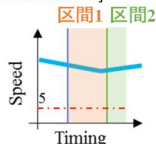
東大・小竹グループは、高齢運転者は出会い頭事故による死亡事故の発生件数が最も高いことに注目し(警視庁交通局、平成30年)、「一時停止線で停止をしない」、さらに「交差点内を減速せずに通過する」という運転行動は死亡事故に直結する



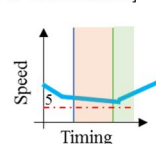
重大な不安全運転であると想定した。過去の研究より得られた実車運転データから、区間1(右上図の停止線から交差点まで)での平均速度(MINS1)と交差点進入時速度(ES)、区間2(上図の交差点内)での平均速度(MINS2)を用いて速度タイプを5つ(非減速、減速不足、減速遅れ、急加速、非急加速:下図参照)

に分類し、非急加速タイプ(NA)を「安全運転群」に、その他の4つのタイプをまとめて「不安全運転群」と定義した。これらは、走行中の自動車の位置やスピード、加速の程度といった実測値を用いて重大事故につながる無信号交差点前後の運転行動を科学的に評価した全く新しい運転技能評価方法である。

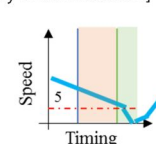
非減速タイプ(ND)  
[No deceleration]



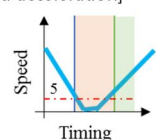
減速不足タイプ(LD)  
[Lack of deceleration]



減速遅れタイプ(DD)  
[Delay in deceleration]



急加速タイプ(RA)  
[Rapid acceleration]



非急加速タイプ(NA)  
[Non-rapid acceleration]

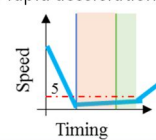


表 速度推移タイプの分類基準

タイプ	MINS <sub>1</sub>	ES	MINS <sub>2</sub>
ND*	≥ 15 km/h	-	-
LD	≥ 5 km/h	≥ 5 km/h	≥ 5 km/h
DD	≥ 5 km/h	≥ 5 km/h	< 5 km/h
RA	< 5 km/h	≥ 5 km/h	-
NA	< 5 km/h	< 5 km/h	-

指導員に近いタイプ

\* 運転指導員にブレーキ介入された場合を含む

### (3) 最新の AI 技術を用いた不安全運転の予測モデルの確立

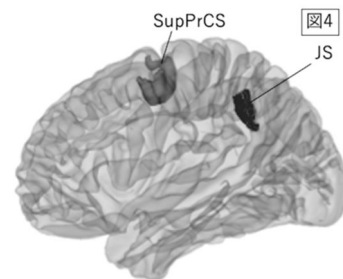
慶應・山縣グループは、うつ病への薬物療法や電気療法の介入前後のデータを取得し、AI 技術を用いて治療反応・再発予測モデルの構築する研究を続けており、本研究へはデータサイエンティストとして参加する。東大・小竹グループが開発した の運転技能評価法を用いて対象群を安全運転群/不安全運転群の 2 群に分類し、最新の AI 技術も駆使し、神経心理検査や実用視力検査、脳画像データからこの 2 群を高い精度で判別する運転技能予測モデルの確立を実施した。

#### 4. 研究成果

我々は、以下の 3 つの研究成果を挙げた。

(1) 健常高齢者の不安全運転リスクを客観的に評価する実車運転評価方法の確立を試みた。AI 技術を用いて種々の神経心理検査から最も高い精度で一時停止交差点での不安全運転行動を予測するモデルを作成した。その結果、Rey Auditory Verbal Learning Test の初回の即時再生の点数と不安全運転リスクが強く関連することが示された。高齢者における注意機能障害が不安全運転リスクに関与することを明らかにした(業績 1)。

(2) 次に、灰白質体積変化と不安全運転リスクとの関連について MRI を用いて検討し、左下頭頂小葉(図 4 の JS)と左中心前溝上部(図 4 の SupPrCS)とを含む背外側前頭前野-頭頂葉領域の灰白質体積変化と健常高齢者の不安全運転リスクとの関連を明らかにした(業績 2)。



(3) さらに白質構造との関係性についても拡散強調画像 (DTI) を用いて全脳で Tract-based spatial statistics を行い、背外側前頭前野と頭頂葉を結ぶ上縦束の白質構造が不安全運転群で有意に障害されていることを示し、業績 2 の結果をさらに支持するものとなった(業績 3)。

以上より、我々は背側注意ネットワーク異常に基づく注意機能障害が健常高齢者の不安全運転に関与している可能性を世界ではじめて報告した (Yamamoto, Hirano, Shino, Yamagata, 2020a; 2020b; 2022)。さらに本研究成果はイギリスの科学系雑誌 Impact より取材を受け世界に発信された(業績 4)。

本邦において 75 歳以上の高齢運転者を対象とした運転免許証更新時の認知機能検査は、認知症のスクリーニング検査として有用であるが、健常高齢者や軽度認知機能障害の不安全運転のリスクを評価することができない。本研究の最大の社会的意義として、現在の道路交通法では見逃されている健常高齢運転者の交通事故防止への新たな支援法へ大きく寄与する不安全運転の予測モデルを確立したことである。さらに、その神経生物学的バックグラウンドとして、MRI を用いて背側注意ネットワーク異常に基づく注意機能障害が健常高齢者の不安全運転に関与している可能性を世界で初めて報告した。この学術的意義も非常に高いと考える。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Yamamoto Yasuharu, Hirano Jinichi, Ueda Ryo, Yoshitake Hiroshi, Yamagishi Mika, Kimura Mariko, Kamiya Kei, Shino Motoki, Mimura Masaru, Yamagata Bun	4. 巻 1
2. 論文標題 White matter alterations in the dorsal attention network contribute to a high risk of unsafe driving in healthy older people	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Psychiatry and Clinical Neurosciences Reports	6. 最初と最後の頁 1-9
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1002/pcn5.45	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Yamamoto Yasuharu, Yamagata Bun, Hirano Jinichi, Ueda Ryo, Yoshitake Hiroshi, Negishi Kazuno, Yamagishi Mika, Kimura Mariko, Kamiya Kei, Shino Motoki, Mimura Masaru	4. 巻 12
2. 論文標題 Regional Gray Matter Volume Identifies High Risk of Unsafe Driving in Healthy Older People	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Frontiers in Aging Neuroscience	6. 最初と最後の頁 1-11
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3389/fnagi.2020.592979	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Yamamoto Yasuharu, Hirano Jinichi, Yoshitake Hiroshi, Negishi Kazuno, Mimura Masaru, Shino Motoki, Yamagata Bun	4. 巻 74
2. 論文標題 Machine learning approach to predict on road driving ability in healthy older people	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Psychiatry and Clinical Neurosciences	6. 最初と最後の頁 488 ~ 495
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1111/pcn.13084	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Yamagata Bun	4. 巻 2
2. 論文標題 Driver behavior linked with brain ageing.	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Impact	6. 最初と最後の頁 65-67
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 山本 保天, 山縣 文, 平野 仁一, 上田 亮, 南 房香, 吉武 宏, 根岸 一乃, 小竹 元基, 三村 將
2. 発表標題 健康高齢者における危険運転の神経基盤の分析 (Neural basis of unsafe driving in healthy elderly people)
3. 学会等名 日本認知症学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山本 保天, 藤田 佳男, 高階 勇人, 松岡 伸輔, 蒲池 康浩, 山縣 文, 平野 仁一, 岸本 泰士郎, 有馬 康之, 松尾 壮一郎, 文 鐘玉, 堀込 俊郎, 田澤 雄基, 色本 涼, 三村 將
2. 発表標題 高齢運転者の過去の物損事故が将来の人身事故を予測する
3. 学会等名 日本老年精神医学会
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	小竹 元基  (SHINO Motoki)  (10345085)	東京工業大学・工学院・教授   (12608)	
研究分担者	平野 仁一  (HIRANO Jinichi)  (60574910)	慶應義塾大学・医学部(信濃町)・専任講師   (32612)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------