

令和 2 年 9 月 4 日現在

機関番号：26402

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17H03326

研究課題名(和文)脳情報とパーソナリティに基づく自動運転想定下の危険場面回避に関する基礎的検討

研究課題名(英文)Basic study on avoiding dangerous scenes under the assumption of automated driving based on brain information and personality

研究代表者

朴 啓彰 (Park, Kaechang)

高知工科大学・地域連携機構・客員教授

研究者番号：60333514

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,100,000円

研究成果の概要(和文)：高齢ドライバーの危険運転防止対策が喫緊課題となり、加齢に伴うドライバーの運転特性を考慮した対策が講じられなければいけない。脳ドック受診者を対象に、危険運転行動の3タイプ(illegal, irritable, aggressive)に分類して、各々に脳特徴量が存在することを示せた。更に、加齢脳(Aging Brain)を白質病変と脳萎縮度で定義し、加齢が進んだ脳では安全運転パフォーマンスが低下する関係を示せた。また、危険運転場面の3D映像をヘッドマウントディスプレイ(HMD)を用いて作成したが、映像酔いによる実験制約を認めた。高齢対策の3D映像活用には、映像酔い対策も不可欠であると考えている。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の成果により、運転の個人差を克服することが可能になり、MRI定量データから危険運転挙動のメカニズム解明に繋がる発展性があり、交通工学と脳・精神医学の融合が推進される。自動運転条件下の免許証発行に関する客観的根拠として活用することで、客観的精度と再現性が確保され、科学的な世界標準モデルとしての自動運転下の危険運転・交通事故防止対策を提案できる。

研究成果の概要(英文)：Japan, where the aging rate exceeds 28%, has been the fastest aging country in the world. The measures to prevent dangerous driving of elderly drivers become an urgent issue, so that the driving characteristics of drivers must be further taken into consideration. Targeting Brain Dock patients, three types of dangerous driving behaviors (illegal, irritable, aggressive) were classified and indicated brain features of regional gray matter volumes in each. Furthermore, the aging brain was defined as the grading of white matter lesions and the degree of brain atrophy, and the elderly driver's operational performance of actual vehicles decreased according to the aging brain. Thus, MRI may enable to identify a dangerous driver in the elderly. In addition, a head-mounted display (HMD) presented 3D imaging of dangerous driving scenes. However, the measures for 3D imaging sickness is indispensable for the prevention from traffic accidents under automated driving system.

研究分野：交通工学

キーワード：高齢者 脳 MRI 危険運転 パーソナリティ

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

高齢化率が28%を超え、名実ともに世界最速で高齢化が進む日本において、高齢ドライバーの危険運転防止対策が喫緊課題となっている。交通インフラの拡充・法的規制の強化・安全車開発等の従来型事故防止対策に加えて、加齢に伴うドライバーの運転特性を考慮した対策が講じられなければならない。一方、高齢ドライバー対策に自動運転が有効であると考えられるが、自動運転が普及定着するまでは、手動・自動走行車が混在する道路状況と、同一車に手動・自動走行時が混在する運転状況が共存し、車社会のストレスはむしろ増加する。この共存状況では手動・自動走行の変換時には、高齢ドライバーにも咄嗟の危険場面に対応できる、高い安全運転能力(適切に認知・判断・予測・操作する力)が要求される。

2. 研究の目的

本研究では、「健常中高年ドライバーの約40%に認められる白質病変が交通事故の重大な脳内危険因子」を証明した先行研究^{1,2}に基づき、ドライバーのパーソナリティを基準にした危険運転行動の3タイプ(illegal, irritable, aggressive)に分類して、各々に脳特徴量が存在するのかを調べる。加齢脳(Aging Brain)を白質病変と脳萎縮度で定義し、加齢脳と安全運転挙動との関係を実車運転実験より明らかにする。さらに、実車において危険運転をする高齢ドライバーを特定できる方法論を探索する。また、自動運転想定下における危険運転場面の3D映像を、ヘッドマウントディスプレイ(HMD)を用いて作成し、咄嗟の危険場面における高齢ドライバーと若者ドライバーとの反応差を検討する。

3. 研究の方法

脳ドック受診者である健常中高年者(n=1,070)を対象に、運転行動を評価するアンケート調査としてDBQ(Driving Behavior Questionnaire)を用いて、特定の3グループ(illegal, irritable, aggressive)を抽出する。DBQは1から50問の質問形式であり、6段階の頻度順に従ったカテゴリ回答を行う。Illegal型ではDBQ7,34,35,43,4の5問(道路交通法違反や事故に繋がる危険行動をしがちなタイプ)、Irritable型ではDBQ16,18,25,26,28,29の6問(心に余裕がなく苛立った運転行動をしがちなタイプ) Aggressive型ではDBQ14,36,40,45の4問(争いや競争が好きでケンカ腰の運転行動をしがちなタイプ)の回答スコアを2値化(危険運転群が1割以上になるように調整)して、上記3タイプに運転行動を分類する。タイプ毎に、回答スコアの2値化を目的変数にして、性別、年齢、VBM(voxel-based morphometry)法による脳部位体積値を説明変数にした多変量ロジスティック解析を行う。解析モデルの安定化の為に、leave one out cross validation (LOOCV)を行う。

Table1 運転行動タイプングのためにDBQから選択された質問項目

7. 夜遅くあるいは早朝に、わざと制限速度を無視した。(1),(2),(3,4,5,6)
14. 狭い道や障害物のある道で、狭い区間を先に抜けようとして対向車と争った。(1),(2,3,4,5,6)
16. /ノスが発進する合図を待たずに、道を譲りそこなった。(1),(2),(3,4,5,6)
18. 高速道路をゆっくり運転している車を、内側車線や路肩を使って追い越した。(1),(2,3,4,5,6)
25. 追い越し車線の速いドライバーにいらして、内側から追い抜いた。(1),(2,3,4,5,6)
26. もっと速く走ろう、または遠くまで行くために、前の車に極端に接近したり、バウンスドライブを繰り返したりした。(1),(2,3,4,5,6)
28. 片側1車線の道路でゆっくりと運転する車の後ろにつき、いらして、危険状況なのに追い越そうとする衝動に駆られた。(1),(2),(3,4,5,6)
29. いちかばちか、赤に変わりつつある信号を渡った。(1),(2),(3,4,5,6)
34. 深夜にすいた道路で運転しているとき、信号を無視した。(1),(2,3,4,5,6)
35. 人通りのない一方通行の道路をわざと逆走した。(1),(2,3,4,5,6)
36. 他の運転者の行動に怒り、文句を言おうと追いかけた。(1),(2,3,4,5,6)
40. 他の運転者とのカーレースまがいのことをした。(1),(2,3,4,5,6)
43. 血中アルコールの法的な規定値を超えていることに気づいてたが、パーティーや飲食店から車を運転して帰った。(1),(2,3,4,5,6)
45. ある種の運転者に反感を持っていて、なにかにつけて敵意を示してしまう。(1),(2,3,4,5,6)
48. 止まれ、の標識を無視したところ、優先権を持つ車との衝突をかわらうとして避けなければならない。(1),(2,3,4,5,6)

70歳以上の高齢ドライバー(n=90)に、脳ドック受診(MRI検査:フレア画像とT1強調画像撮影)と免許更新時に施行される高齢者講習と同等の実車運転評価を行う。実車運転評価では自動車教習所の走行コースを運転し、教習所教官による安全運転行動を点数化し、総合評価する。加齢脳の評価には脳萎縮度(脳脊髄液量と頭蓋内体積との比)と5段階の白質病変グレードを用いて評価する。脳萎縮度では中央値以上かつ白質病変のグレード2以上を加齢が進んだ群とし、それ以外を加齢が進んでいない群とする加齢脳の2値化をおこなう。実車運転評価を目的変数にして、性別、年齢、脳萎縮度、白質病変グレード、さらに2値化の加齢脳を説明変数モデルとして各々重回帰分析を行う。

自動運転と手動運転の違いが若年者・高齢者の運転挙動に与える影響を調べる。運転行動以外の認知課題(カーナビやスマホ画面上の特定数字に対する反応)の有無が、HMD上の危険場面における運転挙動(ブレーキ操作)に影響を与えるのか、また加齢効果が見られるのかを検討する(実験1)。運転手から認知課題までの距離の違いが、危険場面の対処に影響を与えるのかを検討する(実験2)。実験1, 実験2ともOculus Rift社のHMDとLogicool社のコントローラを用いた(Figure1)。実験1には、13名の若年者(平均年齢21.92歳)と13名の高齢者(平均年齢78.25歳)が参加した。実験2には8名の若年者(平均年齢22歳)が参加した。危険場面は、HMD画面上での設定ポイントに車が通過すると36m先の路肩に立っている人が飛び出す場面と路肩の駐車車の背後から人が飛び出す場面とした。計測項目は、危険場面から停車した位置までの距離と認知負荷課題の正答率(目標数字への反応率)とした。実験1は、右左折のない4.5kmの直線コースを走行し、条件では a)手動運転のみ b)自動運転のみ c)自動運転とスマートフォン認知課題ありとした。実験2は、10回の右左折がある9.5kmの複雑コースを走行し、条件では a)手動運転のみ b)手動運転とカーナビ課題あり c)自動運転のみ d)自動運転とカーナビ課題あり e)自動運転とスマートフォン課題ありとした。

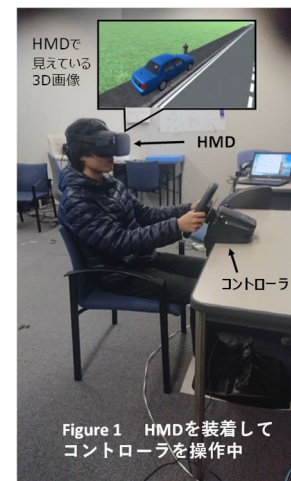


Figure 1 HMDを装着してコントローラを操作中

4 . 研究成果

LOOCV の結果, Illegal 型では Sex(male), Lt_lat. occipital, Lt_postcentral, Lt_precentral, Lt_insula, Rt_insula が有意な特徴量となった (Table2)。感度は 0.635、特異度は 0.720、AUC は 0.735 となった。学習データ正答率は 0.902、陽性的中率は 0.204、陰性的中率は 0.951 であった。Irritable 型では Sex(male), Lt thalamus, Rt caud, Lt accumb, Rt_entorhinal, Lt_inferior_temporal, Rt_lat._occipital, Lt_lingual, Rt_lingual, Lt_para-hippocampus, Lt_supra-marginal, Lt_trans._temporal が有意な特徴量となった (Table3)。感度は 0.707、特異度は 0.699、AUC は 0.757 となった。学習データ正答率は 0.873、陽性的中率は 0.260、陰性的中率は 0.941 であった。

Aggressive 型では Sex(male), age, Rt caudate, Lt putamen, Rt lingual が有意な特徴量となった (Table4)。感度は 0.740、特異度は 0.747、AUC は 0.796 となった。学習データ正答率は 0.960、陽性的中率は 0.248、陰性的中率は 0.963 であった。

年齢は Aggressive 型のみ負の相関性を示した。若年者に負けず嫌いで無謀な運転行動傾向が見られることを説明しているかも知れない。男性には Illegal 型や Irritable 型が多いことは社会通念に合致した結果である。Illegal 型では、大脳皮質系が有意に関与しており、道路交通法規違反という確信的な危険運転行動に対して、知性が関与する度合いをしているかも知れない。Irritable 型も Aggressive 型も情動や感情をコントロールする辺縁系が有意に関与していた。Irritable 型と aggressive 型は共通因子あり、Illegal 型には共通因子がなかった。Irritable 型と aggressive 型は、DBQ の質問内容からも行動パターンとしての類似性を示しているのかも知れない。Irritable 型と aggressive 型の共通因子である Rt. caudate では体積が少ないほど問題行動を起こし易く、Rt. lingual では体積が大きいほど問題行動を起こしやすいことが判明した。

このように、性別・年齢・限定された脳部位体積から、危険運転行動を予測できる可能性が示された。

加齢脳 (Aging Brain) に対して、脳萎縮度と白質病変グレードから加齢の進んだ群とそうでない群とに分類すると、Table5 の Model8 に見られるように、実車による安全運転評価との有意の相関性を示すことが可能となった。加齢脳は、禁煙・節酒のような生活習慣の改善や高血圧・糖尿病等の生活習慣病対策により防ぐことが可能である。このことは、高齢者の生活習慣改善や生活習慣病治療は交通事故対策に繋がる可能性が示された。

illegal type	N (p<0.05)	Max.OR(p<0.05)	Min.OR(p<0.05)
z_L_precentral	1070	0.743	0.6204
z_R_insula	1070	0.7231	0.4834
sex	1070	4.6054	3.128
z_L_lat_occ	1051	1.4321	1.255
z_L_postcentral	762	1.378	1.301
z_L_insula	712	1.8269	1.6234
z_L_sup_front	274	1.5208	1.3402
z_L_precuneus	30	0.7378	0.6835
z_R_lat_occ	19	0.7588	0.7438
z_L_inf_temp	18	1.3039	1.2727
z_Lamyg	8	1.3234	1.2801
z_Raccumb	4	1.3061	1.2774
z_R_pars_orbit	2	0.7709	0.7406
z_R_medial_orbfront	2	0.7131	0.7055
z_L_caud_mid_front	2	1.3485	1.3213
z_R_paracentral	1	1.2885	1.2885

Irritable type	N (p<0.05)	max_OR(p<0.05)	min_OR(p<0.05)
z_Laccumb	1070	1.3633	1.2677
z_L_trans_temp	1070	1.4358	1.2864
sex	1070	4.2413	3.3742
z_Rcaud	1070	0.7849	0.7219
z_R_lingual	1069	1.5258	1.3396
z_L parahipp	1067	1.4253	1.2766
z_L_lingual	1067	0.7626	0.6609
z_Lthal	1067	0.7954	0.6653
z_L_supramarg	1066	0.7572	0.678
z_L_inf_temp	1012	0.7779	0.6609
z_R_entorhinal	950	0.8032	0.7465
z_R_lat_occ	919	0.7986	0.7549
age	109	0.9759	0.9697
z_R_postcentral	35	1.2793	1.2422
z_L_mid_temp	34	1.51	1.4378
z_R_inf_pariet	7	0.737	0.7106
z_R parahipp	3	1.3296	1.3103
z_L_insula	1	0.7384	0.7384
z_L_caud_ant_cing	1	1.3402	1.3402
z_R_caud_mid_front	1	0.7918	0.7918
z_R_rost_mid_front	1	1.4069	1.4069

aggressive	N (p<0.05)	max_OR(p<0.05)	min_OR(p<0.05)
z_R_lingual	1070	1.6865	1.354
sex	1070	11.1942	8.2138
z_Rcaud	1070	0.7532	0.6546
age	1044	0.9731	0.961
z_Lput	905	1.4058	1.3325
z_R parahipp	231	0.7657	0.7208
z_L_lingual	186	0.7369	0.6751
z_R_inf_temp	181	1.479	1.3572
z_Rpal	174	0.7608	0.6533
z_L_inf_temp	165	0.7478	0.7172
z_R_cuneus	122	1.4945	1.3214
z_R_pericalcarine	68	0.7741	0.7506
z_Laccumb	21	1.2839	1.2646
z_L_cuneus	10	0.7567	0.7341
z_Lhippo	4	1.3711	1.3349
z_Rthal	1	1.8944	1.8944
z_L_lat_occ	1	1.3548	1.3548
z_R_insula	1	0.7011	0.7011

Table 5 : Regression analysis results with driving instructor's scores (DIS)

Predictive Variables	Objective Variable = Instructor's Evaluation Score ⁷															
	Model 1		Model 2		Model 3		Model 4		Model 5		Model 6		Model 7		Model 8	
	beta	s.e.	beta	s.e.	beta	s.e.	beta	s.e.	beta	s.e.	beta	s.e.	beta	s.e.	beta	s.e.
Gender = Male	0.14	0.10	0.14	0.11	0.17	0.10	0.16	0.10	0.15	0.10	0.18 †	0.10	0.17 †	0.10	0.16	0.10
Age ¹	-0.24 *	0.10	-0.28 *	0.11	-0.23 *	0.11	-0.24 *	0.11	-0.27 **	0.10	-0.19	0.12	-0.14	0.12	-0.15	0.12
Brain Conditions																
LA ² ≥ 2	-0.20	0.10													-0.21 *	0.10
Frontal_Vol / ICV ³			-0.03	0.11												
Temporal_Vol / ICV					0.13	0.11										
Parietal_Vol / ICV							0.09	0.11								
Occipital_Vol / ICV									0.10	0.10						
CFV ⁵ / ICV = 1 - (TBV ⁵ / ICV)											-0.2	0.12	-0.17 †	0.12		
LA ² ≥ 2 and CSF / ICV ≥ the median value ⁶															-0.24 *	0.12
Model Statistics																
R ²	0.14		0.10		0.12		0.11		0.11		0.12		0.16		0.14	
Adjusted R ²	0.11		0.07		0.08		0.08		0.08		0.09		0.12		0.11	
n	90		90		90		90		90		90		90		90	

Notes. †p<0.1. *p<0.05. **p<0.01. 1: Age is dealt with as a continuous variable. 2: Leukoaraiosis. Theoretical range = 0 to 5. 3: Intracranial Volume. 4: Cerebrospinal Fluid Volume. 5: Total Brain Volume. 6: The median value was 0.217. 7: Summation of the 20 out of the 21 item scores evaluated by an instructor. The excluded item (No. 15) was on the smoothness of the handle operation. Theoretical range was 0-100. M = 64.2 and SD = 11.4.

実験1において、手動運転・自動運転の単独条件では、高齢者は若年者と比較して危険場面発生地点からのブレーキ制動距離が有意に短かった。高齢者においては若年者に比較して高負荷がかかったことを示しており、安全運転挙動に加齢効果を認めた。ところが、自動運転とスマートフォン課題ありの条件では、若年者と高齢者での有意差は認めなかった。若年者は高齢者よりも課題の正答率が高いことから、課題により集中していたため、加齢効果が見られなかったと推察される。実験2において、若年者のみを対象にしているが、手動運転単独や手動とカーナビ課題では、運転挙動に与える影響は認めなかった一方、自動運転では、単独と比べてカーナビやスマホでも認知課題あり条件では、安全運転挙動が有意に低下していた。自動運転状態では注意緩慢に陥りやすいと考えられるが、課題条件がむしろ注意喚起に繋がった可能性が考えられる。実験2では、高齢者の参加は実現できなかった。HMDを装着した状態で複雑な作業をする条件下では、高齢者には映像酔いが甚だしく、咄嗟の危険運転場面を3D映像で提供する際には、映像酔い対策が不可欠であると考えている。

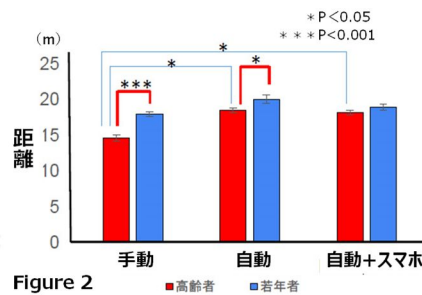


Figure 2

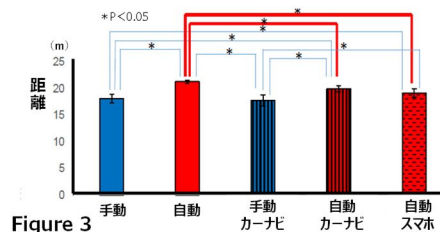


Figure 3

< 引用文献 >

1. Leukoaraiosis, a Common Brain Magnetic Resonance Imaging Finding, as a Predictor of Traffic Crashes: [Park K](#), Nakagawa Y, [Kumagai Y](#), Nagahara M: PLOS ONE 8(2): e57255, 2013.
2. Nakano K, [Park K](#), et al., Leukoaraiosis significantly worsens driving performance of ordinary older drivers. PLOS ONE, 9(10):e108333, 2014.

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 3件）

1. 著者名 Kaechang Park, Kiyotaka Nemoto, Yoshinori Yamakawa, Fumio Yamashita, Keitaro Yoshida, Masashi Tamura, Atsushi Kawaguchi, Tetsuaki Arai, Makoto Sasaki	4. 巻 8
2. 論文標題 Cerebral White Matter Hyperintensity as a Healthcare Quotient	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of clinical medicine	6. 最初と最後の頁 1823 - 1823
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/jcm8111823	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 Yoshinori Nakagawa, Kaechang Park, Hirotsada Ueda, Hiroshi Ono, Hiroki Miyake	4. 巻 71
2. 論文標題 Being watched over by a conversation robot may enhance safety in simulated driving	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Safety Research	6. 最初と最後の頁 207 - 218
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jsr.209/09.010	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 大田学、山下典生、朴啓彰	4. 巻 1
2. 論文標題 健康中高年ドライバーにおける大脳白質病変の 経時的変化量と交通事故の関係	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 ITSシンポジウム論文集	6. 最初と最後の頁 1-6
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 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 中村 貴広, 片山健人, 繁樹 博昭, 朴啓彰	4. 巻 1
2. 論文標題 自動運転想定下における認知負荷の影響	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 ITSシンポジウム論文集	6. 最初と最後の頁 1-6
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 オープンアクセスとしている(また、その予定である)	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 大田学、山下典生、朴啓彰、
2. 発表標題 健常中高年ドライバーにおける大脳白質病変の 経時的变化量と交通事故の関係
3. 学会等名 第16回ITSシンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中村 貴広, 片山健人, 繁樹 博昭, 朴啓彰
2. 発表標題 自動運転想定下における認知負荷の影響
3. 学会等名 ITSシンポジウム論文集
4. 発表年 2018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	村井 俊哉 (Toshiya Murai) (30335286)	京都大学・医学研究科・教授 (14301)	
研究分担者	中川 善典 (Yoshinori Nakagawa) (90401140)	高知工科大学・経済・マネジメント学群・准教授 (26402)	
研究分担者	繁樹 博昭 (Hiroaki Shigemasu) (90447855)	高知工科大学・情報学群・准教授 (26402)	