

手掌部発汗反応を用いた自動車運転認知行動評価システムの開発研究

小林正義¹ 佐々木努¹ 千島 亮¹ 百瀬英哉² 大橋俊夫³

¹信州大学医学部保健学科、²株式会社西澤電気計器製作所、

³信州大学医学部器官制御生理学講座

はじめに

近年、高齢ドライバーの運転事故が急増し社会的問題となっている^{1),2)}。高齢ドライバーのなかには、運転能力の低下について自覚のない認知症予備軍が30万人以上含まれるとされ¹⁾、自動車運転に関わる認知機能の適正評価が課題となっている。

現在、わが国では、70歳以上のドライバーを対象に免許更新時に「高齢者講習」の受講が義務づけられ、警察庁方式CRT運転適性検査が行われている。しかし、この検査はCG画面に色マークやカーブ走行を提示し、動作反応を測定するもので、危険予測などの状況判断能力を判定するものではない。

我々は自動車運転の実写映像を被験者に提示し、映像にあわせた模擬運転操作を行かせた際のブレーキ・アクセル・ハンドルの動作反応と、危険を予測したり回避したりする時に生じる手掌部発汗反応と皮膚電位反射 (Skin Potential Reflex, 以下SPR) を評価す

る「自動車運転認知行動評価装置」を構築した (特許出願番号: 2009-207313) (図1)³⁾。

そこで今回、本システムを用いた基礎実験を行い、運転適正を評価する装置としての実用性について検討した。

対象と方法

ボランティアの健常成人30名 (男性12名、女性18名、平均22.7±11.3歳) を対象に常温環境下で実験を行った。

被験者を背もたれのない椅子に座らせ、正面に設置した映像提示装置 (PCモニター) に、あらかじめ運転中のドライバーの視点から撮影した自動車運転映像を音圧50~60dBで提示した。運転映像は、交通量の多い「市街地コース」の映像 (約6分) と、道幅の狭い「住宅地コース」の映像 (約5分) を作成し使用した。

被験者には運転映像の動きに追従するように、ブレーキ・アクセル・ハンドルの模擬操作を行わせ、操作時に生じる手掌部発汗と

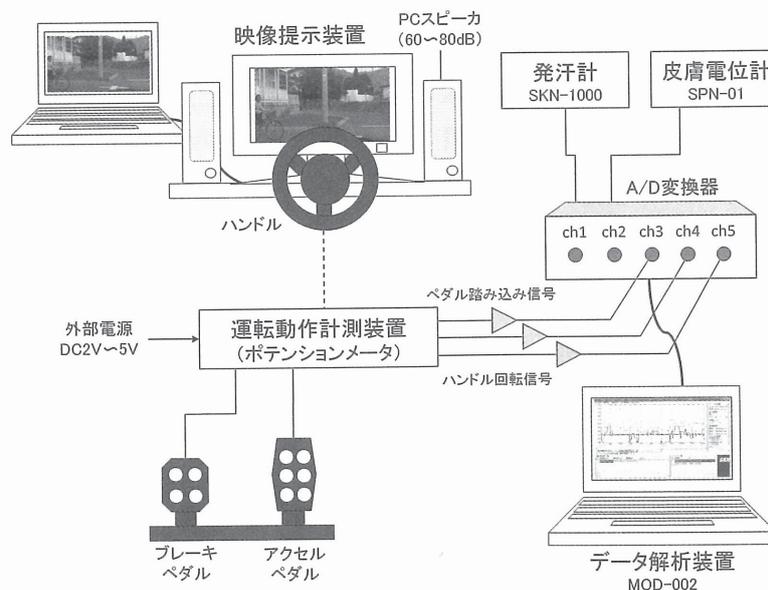


図1 自動車運転認知行動評価装置のシステム構成

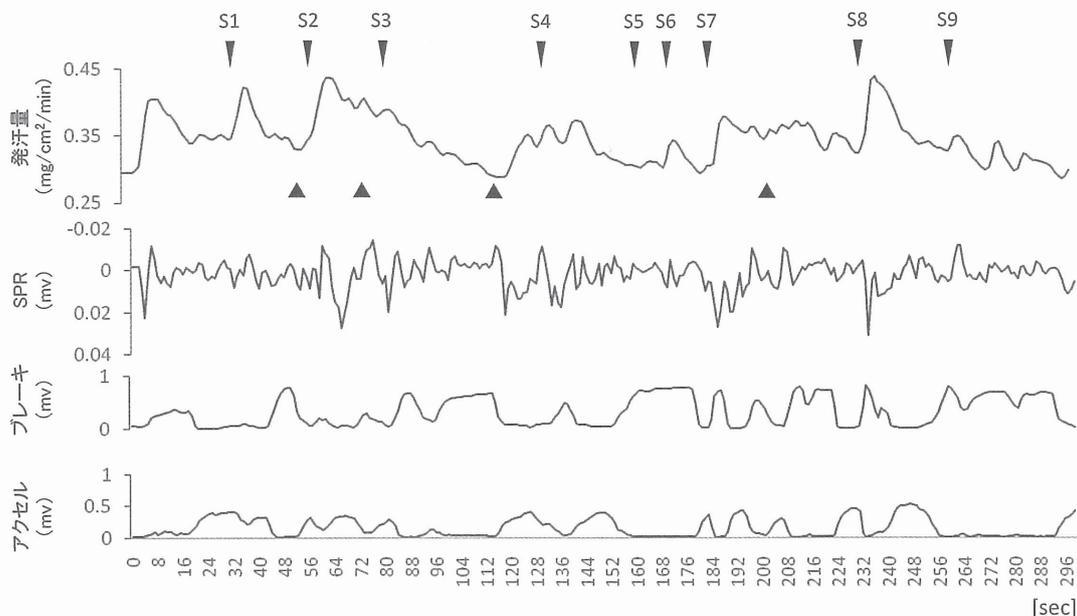


図2 「住宅地コース」映像による手掌部発汗・SPR・ブレーキ・アクセル反応の平均波形 (n=30) 図は被験者30名の平均波形を示している。▲は交差点の右左折を、S1～S9は次の場面をそれぞれ示しており、場面に応じた手掌部発汗・SPR・ブレーキ・アクセルの応答が得られた。S1 見通しの悪い十字路 S2 歩行者回避・徐行 S3 対向車すれ違い S4 自転車追い越し・徐行 S5 一時停止 S6 対向車に道を譲る S7 ボール飛び出し S8 歩行者飛び出し S9 一時停止・車両確認

SPRを測定した。ブレーキ・アクセル・ハンドルの各動作反応は可変抵抗器（ポテンションメータ）を用いて導出した。手掌部発汗反応の測定にはSKN-1000（SKINOS）を使用し、左拇指掌側面の局所発汗量を測定した。SPRは発汗反応の出現時点を同定することを目的に、SPN-01（SKINOS）を用いて左手前腕遠位部の皮膚電位を測定した。手掌部発汗、SPR、ブレーキ・アクセル・ハンドルの出力信号は、サンプリング周波数10Hzでデータ解析装置に同時記録した。

被験者のうち25名を対象に、2週後に市街地コースの映像を用いた再実験を行い、手掌部発汗反応の再現性を評価した。本研究は信州大学医学部保健学科の倫理審査を経て実施した。

結 果

個人差はあるものの、被験者全例で運転映像の視聴によって顕著な手掌部発汗反応とSPRが生ずることが確認された。

図2に「住宅地コース」映像を用いた模擬運転によって得られた被験者30名の手掌部発汗、SPR、ブレーキ、アクセル反応の平均波形を示し、運転コース別に各映像場面（10秒

間）の平均発汗量を表1に示した。

手掌部発汗量は、総じて道幅の狭い「住宅地コース」で多い傾向を示した。また、わずかに女性で多い傾向があったが、統計的な有意差は認めなかった。運転映像に含まれる場面毎にみると、「市街地コース」では、手掌部発汗は右折前の車線変更場面（S1）や停

表1 コース別・場面別手掌部発汗量

市街地	映像場面	男性(n=12)	女性(n=18)	有意差
S1	右折前の車線変更	0.26±0.08	0.36±0.17	ns
S2	停止車両の追い越し	0.31±0.11	0.33±0.17	ns
S3	歩行者回避・徐行	0.28±0.14	0.33±0.20	ns
S4	一時停止前	0.26±0.08	0.32±0.19	ns
S5	停止車両の追い越し	0.23±0.07	0.28±0.16	ns
S6	見通しの良い直進	0.22±0.06	0.27±0.15	ns
S7	一時停止	0.22±0.06	0.27±0.17	ns
S8	右折前の車線変更	0.23±0.08	0.31±0.21	ns
S9	歩行者・自転車横断	0.25±0.09	0.33±0.22	ns
S10	歩行者・自転車横断	0.26±0.09	0.33±0.23	ns
S11	信号急停止	0.27±0.12	0.33±0.21	ns
住宅地	映像場面	男性(n=12)	女性(n=18)	有意差
S1	見通しの悪い十字路	0.35±0.21	0.40±0.25	ns
S2	歩行者回避・徐行	0.37±0.28	0.36±0.22	ns
S3	対向車すれ違い	0.37±0.31	0.39±0.26	ns
S4	自転車追い越し・徐行	0.35±0.31	0.35±0.21	ns
S5	一時停止	0.24±0.11	0.34±0.22	ns
S6	対向車に道を譲る	0.27±0.18	0.35±0.24	ns
S7	ボール飛び出し	0.36±0.25	0.33±0.20	ns
S8	歩行者飛び出し	0.37±0.27	0.42±0.27	ns
S9	一時停止・車両確認	0.25±0.10	0.34±0.22	ns

(mg/cm²/min)

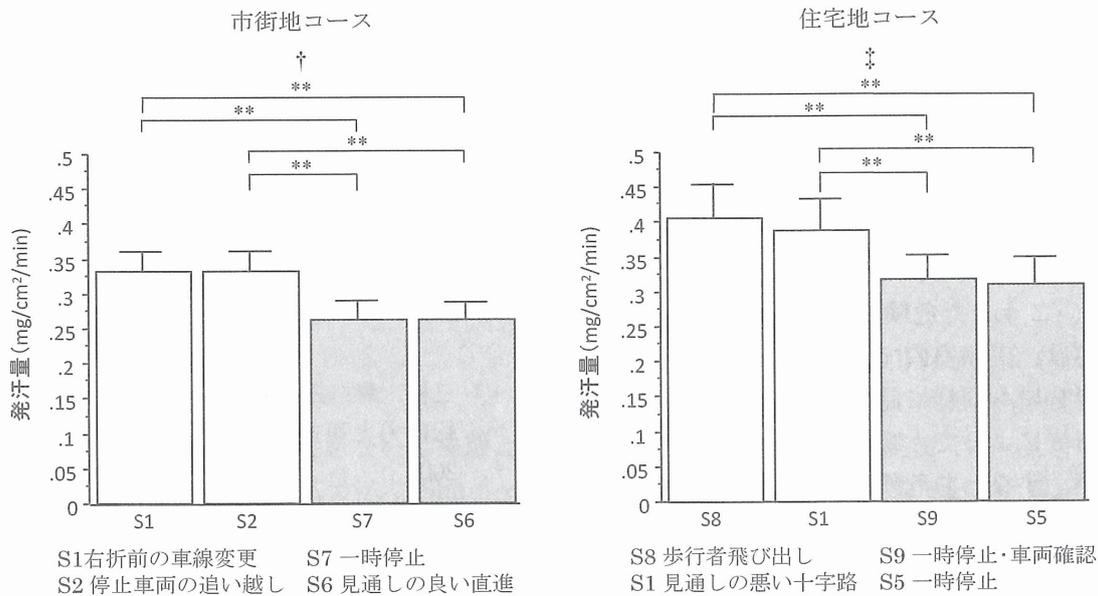


図3 運転映像の場面に応じた手掌部発汗量の比較
市街地コース・住宅地コースの運転映像より、手掌部発汗量が多かった場面と少なかった場면을それぞれ2箇所ずつ取り出し反応量を比較した。市街地コースでは発汗量はS1「右折前の車線変更」とS2「停止車両の追い越し」で多く、S7「一時停止」とS6「見通しの良い直進」で少ない傾向がみられた。住宅地コースでは発汗量はS8「歩行者飛び出し」とS1「見通しの悪い十字路」で多く、S9「一時停止・車両確認」とS5「一時停止」で少ない傾向にあった。
n=30, mean ± SE, Friedman test † p<0.01, ‡ p<0.0001, Wilcoxon test **p<0.01

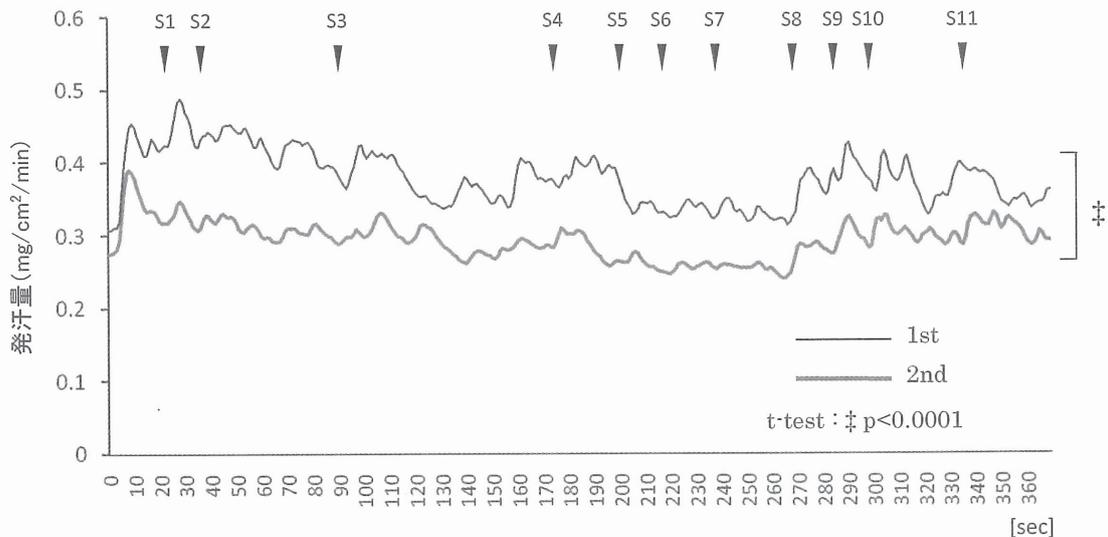


図4 「市街地コース」映像による1回目・2回目の平均発汗波形 (n=25)
図は市街地コース映像による被験者25名の1回目と2回目の平均発汗波形を示している。2回目には反応量は有意に低下するが、場面に応じた発汗反応の増減パターンは近似し、強い相関(相関係数 r=0.72)が認められた。図中のS1~S11は、それぞれ次の場面を示している。
S1 右折前の車線変更 S2 停止車両の追い越し S3 歩行者回避・徐行 S4 一時停止前 S5 停止車両の追い越し S6 見通しの良い直進 S7 一時停止 S8 右折前の車線変更 S9/10 歩行者・自転車横断 S11 信号急停止

止車両の追い越し場面 (S2) などで多く、一時停止 (S7) や見通しの良い直進走行場面 (S6) では反応量が少ない傾向を示した。また、「住宅地コース」では、発汗量は歩行者の飛び出し場面 (S8) や見通しの悪い十字路走行場面 (S1) などで多く、市街地コ

ースと同様に、一時停止場面 (S9、S10) では反応量が少ない傾向を示した (図3)。

25名を対象とした再実験では、発汗量は有意 (paired t-test, p<0.0001) に低下したが、各映像場面に応じた発汗反応の増減には高い再現性 (r=0.72) が認められた (図4)。

考 察

手掌部（精神性）発汗は、暗算やグリップなどの精神的身体的負荷によって増加する⁴⁾。自動車を運転する際には、交差点などの危険が予測される場面や、「ハッとす」「危ない！」など、咄嗟に危険を回避する場面で増加し⁵⁾、こうした危険予測・危険回避時の発汗反応は、実験室内で自動車運転映像を視聴した場合にも同様に認められる⁶⁾。

本研究によって、映像に含まれる運転場面の違い、すなわち危険度の違いによって発汗反応に差が生ずることが明らかとなった。また、こうした危険・危険予測場面に対応した発汗反応の増減パターンには高い再現性のあることが確認された。

高齢者は若年者に比較して交差点での事故が多く、信号無視や状況判断のミスなどがその要因であることが知られている⁷⁾。また、高齢者ではたとえ視覚的な認知が正常に機能しても、アクセルから足を離してブレーキを踏むという動作の「切り替え」が遅れ⁸⁾、さらにアルツハイマー病などでは、視知覚、注意、記憶などの機能が低下し、視覚的な探索行動や道路脇の標識を認識するなどの課題遂行が障害される⁹⁾。

こうした事情により、高齢者の運転機能を評価するためには、視覚的な認知や状況判断の正確さに加えて、行為動作の早さと正確さを把握する必要がある。

本システムでは、運転映像の各場面に応じた手掌部発汗反応によって、被験者の注意機能や危険予測の特徴を知ることができる。また、発汗反応と同時に、アクセルとブレーキの踏み替えやハンドル操作などの動作反応を評価することができることから、自動車運転にかかわる認知と行動の評価に役立つ可能性が示唆される。

今後、本システムを運転適正の評価装置として実用化していくには、高齢者を含めた多数例データを収集し各反応の標準的な応答を

検討する必要がある。また、模擬運転と実際の運転における各反応の詳細な比較と、運転適正の判定プロトコルなどについて検討を重ねていく必要がある。

本研究は独立行政法人科学技術振興機構（JST）のシーズ発掘試験（2008年）の助成を受けて実施した。

文 献

- 1) 三村 将, 三品 誠, 風間秀夫: 高齢者の運転能力と事故. 老年精神医学, 14, 413-423, 2003
- 2) 池上 学, 上村直人, 荒井由美子 その他: 認知症高齢者の自動車運転と権利擁護に関する研究. 公衆衛生, 70, 692-694, 2006
- 3) 小林正義: 自動車運転認知行動評価装置. http://jstore.jst.go.jp/nationalPatentDetail.html?pat_id=21912, on line (参照, 2010.12.20)
- 4) Kobayashi M, Tomioka N, Ushiyama Y et al: Arithmetic calculation, deep inspiration or handgrip exercise-mediated pre-operational active palmar sweating responses in humans. Auton Neuro: Basic and Clinical, 104, 58-65, 2003
- 5) 小林正義, 千島 亮, 牛山喜久 その他: 自動車運転によって生ずる手掌部発汗反応. 発汗学, 16, 30-32, 2009
- 6) 小林正義, 千島 亮, 牛山喜久 その他: 自動車運転映像の視聴によって生ずる手掌部発汗反応. 発汗学, 15, 31-33, 2008
- 7) Mayhew DR, Simpson HM, Ferguson SA: Collisions involving senior drivers: high-risk conditions and locations. Traffic Inj Prev, 7, 117-124, 2006
- 8) Zhang L, Baldwin K, Munoz B et al: Visual and cognitive predictors of performance on brake reaction test: Salisbury eye evaluation driving study. Ophthalmic Epidemiol, 14, 216-222, 2007
- 9) Uc EY, Rizzo M, Anderson SW et al: Driver landmark and traffic sign identification in early Alzheimer's disease. J Neurol Neurosurg Psychiatry, 76, 764-768, 2005