

模擬運転テストの危険予測場面でみられる 視線動作と手掌部発汗・脳血流反応

小林正義¹ 岩波 潤¹ 佐賀里昭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 信州大学医学部メディカル・ヘルスイノベーション講座

はじめに

高齢ドライバーの自動車運転事故が急増しており、運転適性評価の確立が求められている。開発中の自動車運転認知行動評価装置（特許第 5366248 号）は、実写による運転映像を被験者に提示し、映像にあわせて模擬運転操作を行わせ、ハンドル、アクセル、ブレーキの操作反応と、危険認知（予測）によって生じる皮膚電位反射（skin potential reflex : SPR）と手掌部発汗反応を評価するものである^{1),2)}。

運転映像のうち、とっさに危険を回避する場面では、2～3 秒の間に視線動作、ハンドル、アクセルとブレーキの踏み替え、SPR、手掌部発汗の順に反応が生じ、前頭前野の脳血流は減少を示しやすい。しかし、一時停止して危険を予測するような場面では、これらの反応に個人差が生じやすい。

本研究の目的は、一時停止による危険予測場面でみられる手掌部発汗と前頭前野の脳血流反応を視線動作の違いから比較検討することである。

対象と方法

健常成人 32 名（男性 6 名、女性 26 名、平均 20.6 歳 ± 11.4 歳）を対象とした。実験は室温 20.1 ± 4.1℃、湿度 51 ± 20% の静音環境下で実施した。SPR と手掌部発汗は模擬運転装置に搭載された皮膚電位計 SPN-01 と発汗計 SKN-2000（西澤電機計器製作所）を用いて測定した。前頭前野の脳血流は、頭部近赤外分光法（near-infrared spectroscopy : NIRS）計測装置（HOT121B；日立製作所）を使用し、酸素化ヘモグロビン濃度の相対的な変化量を評価した。視線動作の計測にはアイ



図1 実験風景

カメラシステム（NAC EMR-9）を使用した（図1）。

運転映像は住宅地映像（5分）と市街地映像（6分）を被験者ごとに順番を入れ替えて提示した。住宅地映像に含まれるとっさに危険を回避する「ボール飛び出し」場面と、市街地映像に含まれる潜在的な危険を予測する「一時停止」場面を分析の対象とし、「一時停止」場面でカーブミラーを注視した者を注視群、注視しなかった者を非注視群とし、両群の応答を比較した。本研究は信州大学医学部の倫理委員会の承認を得た。

結 果

「ボール飛び出し」場面の視線動作と脳血流、SPR、手掌部発汗反応の一例を図2に示した。運転映像の右からボール（図2矢印）が飛び出すと、被験者の視線はボールに移動し、脳血流の減少と、SPR（陰性波）と手掌部発汗の増加がみられた。「ボール飛び出し」場面の脳血流反応と手掌部発汗反応の変化を、増加（明らかな増加）、不変（わずかな変動）、減少（明らかな減少）に分類し表1に示した。被験者 32 名のうち、脳血流反応は増加が 12（38%）名、不変が 2 名（6%）、減少

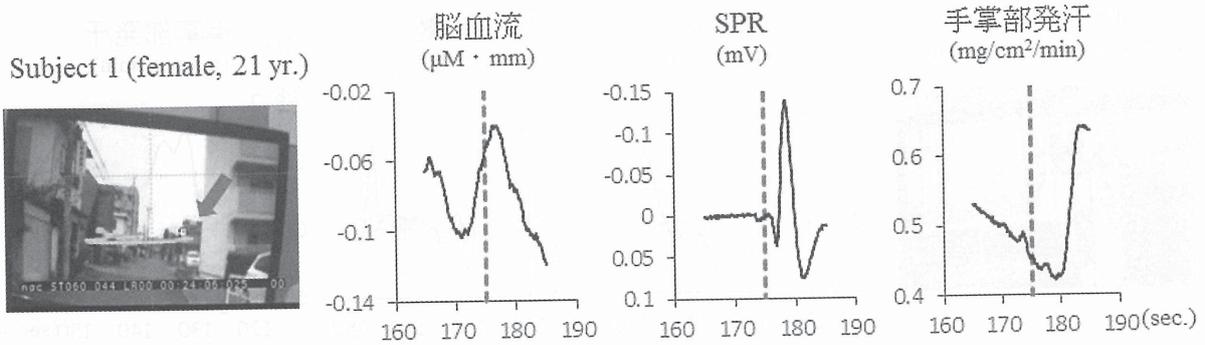


図2 ボール飛び出し場面の視線動作と脳血流・SPR・手掌部発汗反応

表1 ボール飛び出し場面の脳血流・手掌部発汗反応

	増加	不変	減少	p
脳血流反応	12 (38%)	2 (6%)	18 (56%)	< .01
手掌部発汗	18 (56%)	13 (41%)	1 (3%)	

N = 32、 χ^2 検定

が18名(56%)であった。手掌部発汗は増加が18名(56%)、不変が13名(41%)、減少が1名(3%)で、脳血流の減少した者と手掌部発汗の増加した者が有意に多かった($p < .01$)。

「一時停止」場面での視線動作と、脳血流、SPR、手掌部発汗の反応例を図3に示し、カーブミラーを注視した16名(注視群)と、注視しなかった16名(非注視群)の反応を表2にまとめた。注視群ではSubject 2(図3)のように脳血流が増加する者が9名(56%)と多く、手掌部発汗は不変(わずかな変動)が多い傾向を示した。非注視群では、脳血流反応は増加が4名(25%)、不変と減少がそれぞれ6名(38%)で、手掌部発汗は減少した者が9名(56%)で最も多かった。

考 察

1. 危険回避場面の手掌部発汗と脳血流反応

手掌部発汗反応は興奮や驚きなどの情動変化によって生じ、中枢機構は大脳辺縁系と密接に関連し、大脳皮質からの修飾を受けるとされている^{3),4)}。NIRSを用いた先行研究では、模擬運転の複雑さが前頭前皮質の活性に関係するとされ⁵⁾、fMRIによる研究では、衝突回避などの予期せぬ状況で外側後頭部と頭

表2 一時停止場面での注視群と非注視群の反応比較

		注視群 n = 16	非注視群 n = 16	p
脳血流 反応	増加	9 (56%)	4 (25%)	.19
	不変	4 (25%)	6 (38%)	
	減少	3 (19%)	6 (38%)	
手掌部 発汗	増加	3 (19%)	2 (13%)	.26
	不変	9 (56%)	5 (31%)	
	減少	4 (25%)	9 (56%)	

χ^2 検定、no significant

頂領域、島ならびに内側運動前野など、後方の領域が活性化することが指摘されている⁶⁾。

「ボール飛び出し」場面では手掌部発汗が増加した者が多く、この発汗増加には「危ない」という危険認知による辺縁系の活性が関連していると思われる。また、「ボール飛び出し」場面では脳血流が減少する者が多くみられ、衝突回避に関連する脳領域の活性による血流動態の変化を表す所見と思われる。

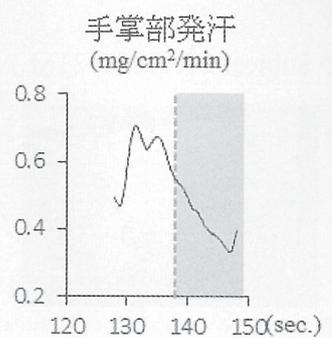
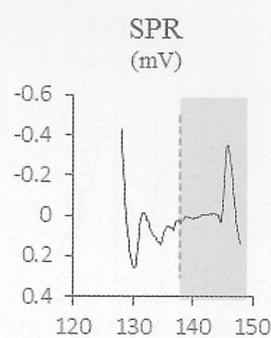
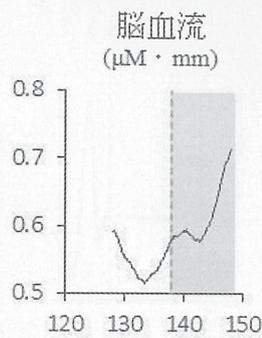
2. 危険予測場面の手掌部発汗と脳血流反応

「一時停止」場面でカーブミラーを注視した群では脳血流の増加した者が多く、血流増加は危険予測や安全確認など、前頭前野における認知機能の活性と関連する反応と思われる。一方、非注視群ではSubject 3(図3)のように視線が車両の動きにつられるように移動し、手掌部発汗は減少する者が多く、危険予測とは異なる緊張感の低下した状態を表しているものと思われる。

3. 研究の限界と課題

危険予測に関連する手掌部発汗と前頭前野の脳血流動態を明らかにするためには、例数

注視群
Subject 2 (male, 22 yr.)



非注視群
Subject 3 (female, 21 yr.)

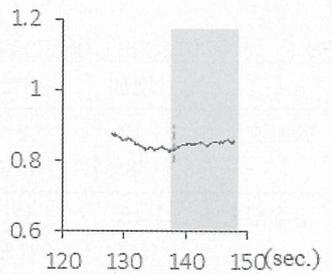
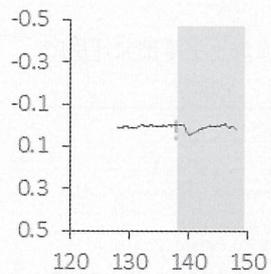
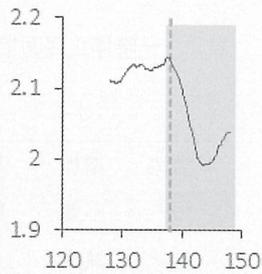


図3 一時停止場面の視線動作と脳血流・SPR・手掌部発汗反応
網掛けは一時停止をしている時間帯を示している

を増やし、さらなる検討が必要である。

本研究は JSPS 科研費 23300245 の助成を受けた。

文 献

- 1) 小林正義、佐々木努、千島亮 その他：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. 発汗学, 18, 31-34, 2011
- 2) 百瀬英哉、高橋理沙、小林正義 その他：自動車運転映像を用いた模擬運転操作時の手掌部発汗反応と SPR の関係. 発汗学, 19, 24-26, 2012
- 3) Ogawa T, Sugenoja J: Pulsatile sweating and sympathetic sudomotor activity. Jpn J Physiol, 43, 275-289, 1993
- 4) Homma S, Nakajima Y, Toma S et al: Intracerebral source localization of mental process-related potentials elicited prior to mental sweating response in humans. Neurosci Lett, 247, 25-28, 1998
- 5) Shimizu T, Hirose S, Obara H et al: Measurement of frontal cortex brain activity attributable to the driving workload and increased attention. SAE International Journal of Passenger Cars - Mechanical Systems, 2, 736-744, 2009
- 6) Spiers HJ, Maguire EA: Neural substrates of driving behavior. NeuroImage, 36, 245-255, 2007