

# 模擬運転テストの危険場面と危険予測場面で見られる 手掌部発汗と前頭前野の脳血流動態との関係

佐賀里昭<sup>1</sup> 小林正義<sup>1</sup> 岩波 潤<sup>1</sup> 大野田有希<sup>2</sup> 深尾七海<sup>3</sup>

三田梨紗子<sup>4</sup> 百瀬英哉<sup>5</sup> 大橋俊夫<sup>6</sup>

<sup>1</sup> 信州大学医学部保健学科、<sup>2</sup> 岡谷市民病院、<sup>3</sup> 成田記念病院、<sup>4</sup> 近江温泉病院、  
<sup>5</sup> 株式会社スキノス NAGANO、<sup>6</sup> 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

近年、高齢者ドライバーによる自動車運転事故が増加しており、高齢者の運転適性の診断とそれに基づく交通教育が必要とされている。開発中の自動車運転認知行動評価装置（特許第 5366248 号）は運転映像を被験者に提示し、映像に合わせて模擬運転操作を行わせるもので、ハンドル、アクセル、ブレーキの操作反応と危険を認知（予測）した際に生じる手掌部発汗反応と皮膚電位反射（SPR）を評価する（図 1）<sup>1)</sup>。これまでに危険場面や危険予測場面では手掌部発汗反応が増加し前頭前野の脳血流が減少する傾向を認めている<sup>2)</sup>が、場面によっては両者の関係は一様ではない。本研究の目的は、危険場面と危険予測場面の手掌部発汗と前頭前野の脳血流動態の関係性を明らかにすることである。

## 対象と方法

健常成人 31 名（男性 5 名、女性 26 名、平均 21.1 歳）を対象とした。実験は室温  $24 \pm 0.9$  度、湿度  $39.6 \pm 4.2\%$  の静穏環境下で実施した。手掌部発汗は自動車運転認知行動評価装置に内蔵されている発汗計 SKN-2000 と皮膚電位計 SPN-01（西澤電機計器製作所）で測定した。前頭前野背外側の脳血流量の計測にはウェアラブル光トポグラフィ装置 WOT-100（日立ハイテクノロジーズ）を使用し、10 チャンネルの脳血流量（酸素化ヘモグロビン濃度変化量：Oxy-Hb）の平均値を用いた。運転映像は住宅地走行（5 分）を提示し、咄嗟に危険を回避する「ランナー接近」「ボール飛びだし」「人飛びだし」の 3 場面、危険を予測する「自転車追越し」の場面の反



図 1 実験風景

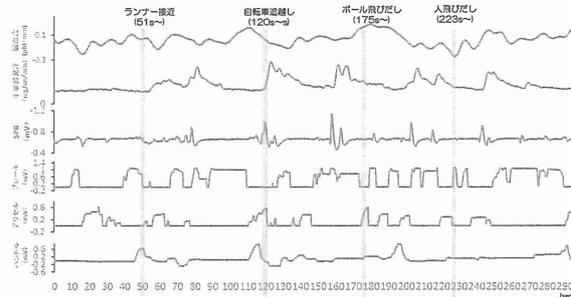


図 2 計測波形の 1 例（被験者：22 歳女性）

応を評価した。手掌部発汗は場面開始後の 15 秒間を、脳血流動態は Oxy-Hb の反応を考慮し、場面開始後 6~20 秒までの 15 秒間の変化を評価した。本研究は信州大学医学部倫理審査会の承認を得た。

## 結 果

図 2 に計測波形の一例を示した。この被験者の場合、「ランナー接近」「自転車追越し」場面では手掌部発汗は増加し、脳血流量が減少する傾向を示した。図 3 に場面毎の脳血流量と手掌部発汗の関係性を示した。「ランナー接近」「ボール飛びだし」「人飛びだし」で

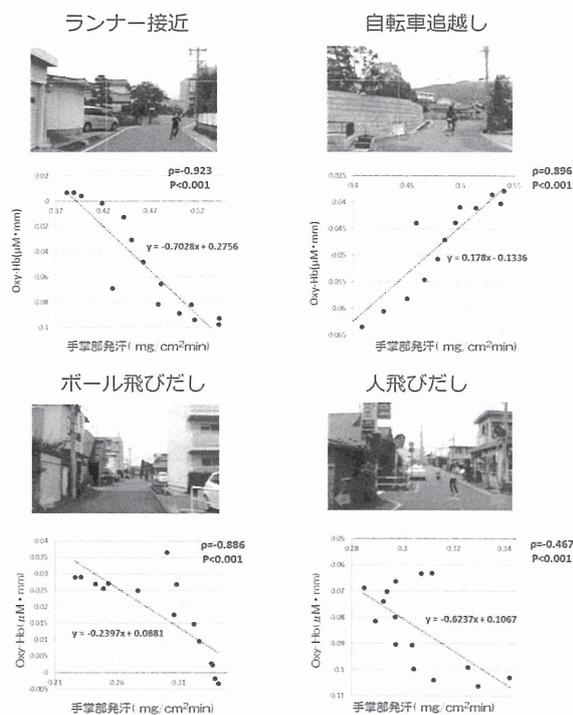


図3 前頭野背外側の脳血流量と手掌部発汗相関係

は、手掌部発汗の増加と Oxy-Hb の減少を認め、両者は有意な負の相関を示した ( $\rho = -0.923, -0.886, -0.467, p < .001$ )。「自転車追越し」場面では、手掌部発汗と Oxy-Hb はともに増加し、有意な正の相関 ( $\rho = 0.896, p < .001$ ) が認められた。

### 考 察

手掌部発汗反応は被験者の情動変化を反映し、前運動野や辺縁系の影響が大きいと考えられている<sup>3)</sup>。一方、前頭前野背外側は、作業記憶を要求するような課題を実行する際の行動制御を司り、注意課題や二重課題を実施した際には脳血流量が増加することが報告されている<sup>4),5)</sup>。本研究の結果、「ランナー接近」「ボール飛びだし」「人飛びだし」などの危険場面では手掌部発汗が増加し、前頭前野背外側の脳血流量は減少する傾向が再確認された。一方、「自転車追い越し」場面では、手掌部発汗量と前頭前野背外側の脳血流量はともに増加し、自転車への接近に伴う緊張感の漸増と、危険を予測する思考過程が関連したものと思われた。

自動車運転認知行動評価装置の操作は、映像に合わせてハンドルを操作し、アクセルやブレーキを踏むという身体運動と複雑な認知処理を含む二重課題である。したがって、装置の操作中、前頭前野背外側は常に活性化された状態と考えられ、危険回避時の情動変化によって相対的に脳血流量が減少したのではないかと考える。小林ら<sup>2)</sup>は、本装置と近赤外光計測装置を用いた研究で、咄嗟に危険を回避する場面では、被験者の70%で手掌部発汗反応の増加がみられ、46%が前頭前野の脳血流減少を認め、前頭前野の脳血流変化によって、被験者の情動変化を捉えられる可能性について報告している。「驚く」「恐怖」等の情動変化によって前頭前野背外側の脳血流量が減少する機序は明らかにされていないが、運転映像の特徴を考慮すると、一時的な前頭前野背外側の脳血流量の減少には前運動野や辺縁系の活動が関連している可能性が推察される。

### 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) 小林正義, 藤井恭平, 佐々木努 その他: ドライビングシミュレータ操作時の手掌部発汗と脳血流量の変動. 発汗学, 23, 33-35, 2016
- 3) Mangina CA, Beuzeron-Mangina JH: Direct electrical stimulation of specific human brain structures and bilateral electrodermal activity. Int J Psychophysiol, 22 (1-2), 1-8, 1996
- 4) Kubo M, Shoshi C, Kitawaki T et al: Increase in prefrontal cortex blood flow during the computer version trail making test. Neuropsychobiology, 58, 200-210, 2008
- 5) Ohsugi H, Ohqi S, Shigemori K et al: Differences in dual-task performance and prefrontal cortex activation between younger and older adults. BMC Neurosci, 14, 10, 2013