

実車運転時の手掌部発汗反応と前頭前野の脳血流動態の変化

佐賀里昭¹ 小林正義¹ 岩波 潤¹ 百瀬英哉² 大橋俊夫³

¹ 信州大学大学院医学系研究科、² 株式会社スキノス、
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

近年、高齢ドライバーによる自動車運転事故が社会問題となっており、高齢ドライバーの運転能力の適性評価が求められている。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、危険を認知または予測した際に生じる手掌部発汗反応と皮膚電位反射を評価することができる¹⁾。

我々は本装置を用いた模擬運転テストにおいて、咄嗟に危険を回避する「危険場面」では手掌部発汗が増加し前頭前野の酸素化ヘモグロビン (Oxy-Hb) 濃度は減少するが、潜在的な危険を予測する「危険予測場面」では手掌部発汗と Oxy-Hb がともに増加することを報告した²⁾。また、模擬運転テストでみられる交差点や直進走行など、場面に応じた手掌部発汗の増減は、実車運転においても同様に認められ、反応量は実車運転で有意に多いことを報告した³⁾。しかし、模擬運転テスト時の脳血流を光トポグラフィで測定したもので、実車運転時の脳血流データは有していない。そこで本研究では、実車運転時の手掌部発汗反応と前頭前野の Oxy-Hb を光トポグラフィで同時測定し、模擬運転テストによる反応との異同を検討することを目的とした。

方 法

被験者は研究参加に同意したボランティアの健常成人 5 名（男性 3 名、女性 2 名、34.2 ± 14.2 歳）であった。実験車両はトヨタプリウス a を使用した。手掌部発汗反応の測定には携帯型発汗計（スキノス SKN-2000）を使

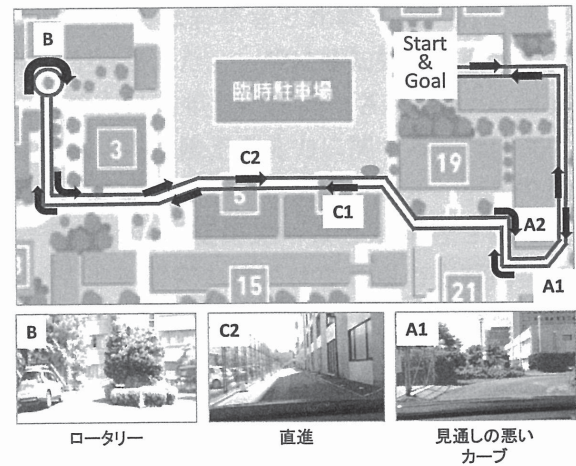


図 1 実車運転コース

用した。前頭前野領域の Oxy-Hb の測定にはウェアラブル光トポグラフィ (WOT-100、日立ハイテクノロジーズ) を使用し、10 チャンネルの Oxy-Hb の平均値を定量評価した。実車運転コースは信州大学の構内に設置し、見通しの悪いカーブ (A)、ロータリー (B)、直進 (C) を含む走行距離約 1km のコースであった (図 1)。実車運転によって得られたコース走行中の手掌部発汗反応と前頭前野の Oxy-Hb を走行場面間で比較した。統計解析には一元配置分散分析、多重比較には Fisher の多重比較検定を用い、有意水準は 5% 未満とした。本研究は信州大学医学部倫理審査委員会の承認を得た。

結 果

図 2 に計測波形の一例を示した。手掌部発汗は往路の見通しの悪いカーブ (A1) で最も多く、前頭前野の Oxy-Hb は往復ともに見通しの悪いカーブ (A1、A2) で増加する傾向がみられた。ロータリー (B) では手掌部発汗反応と前頭前野の Oxy-Hb はわずかに増加し、直進 (C1、C2) では手掌部発汗反応、脳

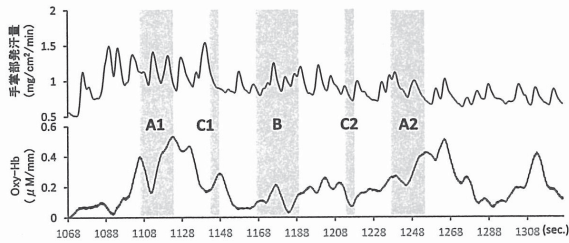


図2 計測波形の1例
Subject: 男性 57 歳。見通しの悪いカーブ (A1: 往路、A2: 復路)、ロータリー (B)、直進 (C1: 往路、C2: 復路)

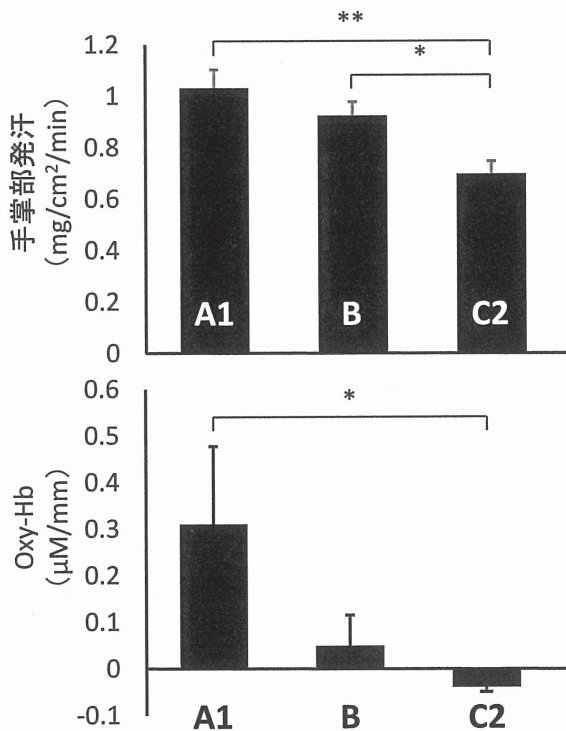


図3 手掌部発汗量と脳血流量
 $N = 5$, Mean \pm SE, Fisher の多重比較検定 * $p < 0.05$ ** $p < 0.01$
A1: 見通しの悪いカーブ (往路)
B: ロータリー
C2: 直進 (復路)

血流量ともに減少する傾向がみられた。

図3に被験者の手掌部発汗反応と前頭前野の Oxy-Hb の平均値 \pm 標準誤差を見通しの悪いカーブ (A1)、ロータリー (B)、直進 (C2) で比較した。手掌部発汗量 (mg/cm²/min) は見通しの悪いカーブ (A1) では 1.03 ± 0.07 、ロータリー (B) では 0.92 ± 0.05 、直進 (C2) では 0.70 ± 0.05 であった。前頭前野の Oxy-Hb ($\mu\text{M}/\text{mm}$) は、見通しの悪いカーブ (A1) では 0.31 ± 0.17 、ロータリー (B) では 0.05 ± 0.07 、直進 (C2) では -0.04 ± 0.06 であった。手掌部発汗量は一元配置分散分析で有意差を認め ($F = 5.76$, $p < 0.05$)、多重比較

では見通しの悪いカーブ (A1) と直進 (C2)、ロータリー (B) と直進 (C2) の間にそれぞれ有意差が認められた ($p < 0.01$, $p < 0.05$)。前頭前野の Oxy-Hb には3場面による主効果は認められなかったが、多重比較では見通しの悪いカーブ (A1) と直進 (C2) の間に有意差が認められた ($p < 0.05$)。

考 察

手掌部発汗量と前頭前野の Oxy-Hb は見通しの悪いカーブ (A1) で最も増加し、次いでロータリー (B)、直進 (C2) の順であった。手掌部 (精神性) 発汗反応には前頭前野の活動が関与し⁴⁾、注意を要求される課題を実施する場合には、前頭前野の Oxy-Hb が增大することが報告されている^{5,6)}。見通しの悪いカーブでみられた手掌部発汗反応と Oxy-Hb の増加は、模擬運転テストでみられた反応^{1,2)}と同様に、潜在的な危険を予測し注意を払う精神活動が関連していると思われる。また、図2にみられるように、見通しの悪いカーブでの手掌部発汗は往路 (A1) に比較し復路 (A2) では減少する傾向がみられ、慣れによる緊張緩和が関係していると思われる。しかし、前頭前野の Oxy-Hb は A1、A2 ともに増加しており、慣れによる緊張緩和とは異なり、危険予測機能に関連する前頭前野の活動を反映していると思われる。ロータリー (B) と直進 (C2) では手掌部発汗反応が低下し、直進 (C2) では Oxy-Hb が運転開始前 (安静時) の基準値を下回っていた。ロータリー (B) と直進 (C2) での Oxy-Hb の低下には、危険予測を必要としない見通しの良さが関連していると思われる。

本研究によって、見通しの悪いカーブ (A1) での手掌部発汗と Oxy-Hb の増加が確認され、危険予測場面で手掌部発汗と Oxy-Hb がともに増加するという模擬運転テストによる反応の妥当性が検証された。しかし、本研究の被験者数は5名と少なく、さらなる検討が必要である。

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) 佐賀里昭, 小林正義, 岩波潤 その他: 模擬運転テストの危険場面と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動態との関係。発汗学, 25, 19-20, 2018
 - 3) 百瀬英哉, 高橋理沙, 小林正義 その他: 自動車模擬運転時と実車運転時の手掌部発汗反応比較。発汗学, 20, 37-39, 2013
 - 4) Saker, P, Farrell, M. J, Adib, F.R.M et al: Regional brain responses associated with drinking water during thirst and after its satiation. Proceedings of the National Academy of Sciences, 111 (14), 5379-5384. 2014
 - 5) 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
 - 6) Ohsugi H, Ohgi S, Shigemori K et al: Differences in dual-task performance and prefrontal cortex activation between younger and older adults. BMCNeurosci. BMCNeuroscience; 14, 10, 2013