

自動車模擬運転における危険予測場面のブレーキ応答と手掌発汗反応—高齢者と若年者の比較—

岩波 潤¹ 小林正義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

近年、リハビリテーションの領域では障害をもつ人たちの自動車運転再開支援の動きが活発化している。運転再開に向けた包括的評価として、実車前評価（高次脳機能評価、ドライビングシミュレーター等）と実車運転・路上運転評価が実施されているが、運転可否の判定基準は確立されたものがなく、現場では判断に苦慮することが多い。

小林らが開発中の自動車運転認知行動評価装置（特許第 5366248 号）¹⁾ は、あらかじめ撮影した運転映像をモニターに提示し、被検者に映像の動きに合わせて模擬運転を行わせ、ハンドル、アクセル、ブレーキの操作反応と、危険認知（Hazard perception）によって生じる手掌発汗反応と皮膚電位反射（Skin Potential Reflex、以下 SPR）を測定し、運転に関連する認知と行動を評価するものである。研究の目的は、本装置を使って危険が予測される路地走行場面でのブレーキ操作と手掌部発汗反応を、高齢者と若年者で比較検討することである。

対象と方法

これまでに本装置を使用して収集した健常者の模擬運転データを分析対象とした。被検者は日常的に運転を行っている高齢者ドライバー 100 名（男性 46 名、女性 54 名、70.0 ± 6.0 歳）と、若年者 99 名（男性 29 名、女性 70 名、平均 21.8 ± 15.0 歳）である。

自動車運転認知行動評価装置による実験風景を図 1 に示した。実験は常温環境下で行い、被験者に映像に合わせて模擬運転操作を行わせ、ブレーキ、アクセル、ハンドルの動きをポテンシャルメータで導出した。これら

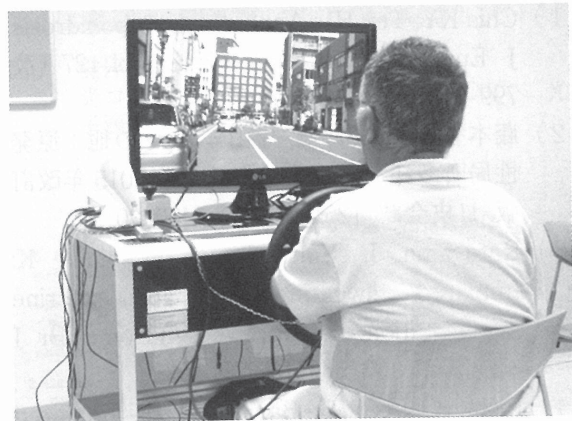


図 1 実験風景



【A】十字路右折場面



【B】丁字路左折場面

図 2 危険予測場面

A は路地の十字路を右折する場面、B は丁字路を左折する場面

の信号を装置に搭載された発汗計 SKN-2000 と皮膚電位計 SPN-01（西澤電機計器製作所）の出力信号とともに A/D 変換し、記録用 PC に取り込み解析した。

本研究では、住宅地を走行する映像（約 5 分）のうち、見通しの悪い十字路を右折する直前の場面 A と、T 字路を左折する直前の場面 B の 2カ所を危険予測場面として分析に用いた（図 2）。これらの場面において、A・B 両場面でブレーキ操作を認めた者を「操作群」、どちらか一方の場面、または両方の場面でブレーキ操作がみられなかった者を「非操作群」とし、高齢者と若年者で両群の人数分布を比較した。さらに場面 A と場面 B の 10 秒間の手掌部発汗反応を定量化し、高齢者と若年者の手掌部発汗量を操作群と非操作群で

表 危険予測場面でのブレーキ操作

	操作群	非操作群	計 (人)
高齢者	31	69	100
若年者	91	8	99
計 (人)	122	77	199

χ^2 検定 $p < .01$

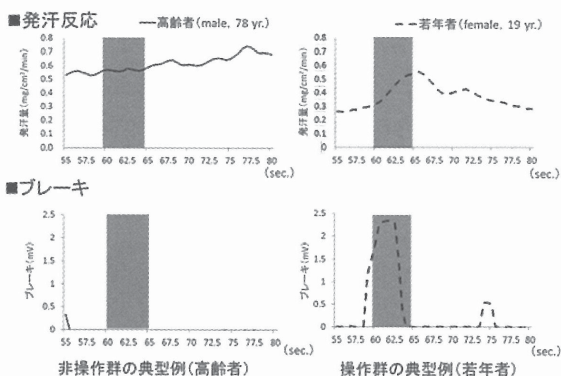


図3 危険予測場面の高齢者と若年者の発汗・ブレーキ反応
網掛けは、十字路口前で映像の走行車両(自車)のブレーキが踏まれ、徐行する時間帯を表している。

比較した。発汗量の比較には一元配置分散分析を行い、事後検定には Tukey-Kramer 法を用いた。本研究は信州大学医学部医倫理審査会の承認を得た。

結果

ブレーキ操作群と非操作群の人数分布を表に示した。高齢者は操作群が31名、非操作群が69名で、高齢者の70%でブレーキ操作がみられなかった。若年者は操作群が91名、非操作群は8名であり、操作群は若年者に、非操作群は高齢者に多い傾向がみられた(χ^2 検定; $p < .01$)。

図3に危険予測場面Aの、高齢者と若年者の発汗反応とブレーキ応答の一例を示した。高齢者の例ではブレーキ操作が認められず、発汗反応にも著明な変化は認められないが、若年者の例では映像の動きとほぼ一致したブレーキ操作と、これに対応する手掌部発汗反応の増加が認められた。

図4に危険予測場面(A, B)の手掌部発汗反応量を、高齢者と若年者に分けて、ブレーキ操作群と非操作群で比較した。場面Aの

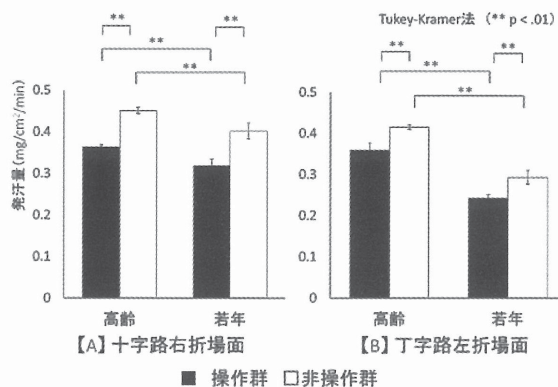


図4 危険予測場面の平均発汗量

手掌部発汗量 ($\text{mg}/\text{cm}^2/\text{min}$) は、高齢者の操作群は 0.36 ± 0.01 、非操作群は 0.45 ± 0.01 、若年者のブレーキ操作群は 0.32 ± 0.02 、非操作群は 0.40 ± 0.02 、場面Bでは、高齢者の操作群は 0.36 ± 0.02 、非操作群は 0.41 ± 0.01 、若年者の操作群は 0.24 ± 0.01 、非操作群は 0.29 ± 0.02 であり、両場面で各群間に有意差を認めた (A; F [3, 36] = 109.94, $p = .00$, B; F [3, 36] = 50.18, $p = .00$)。事後検定の結果、どちらの場面も高齢者、若年者ともに非操作群は操作群より手掌部発汗量が有意に多かった ($p < .01$)。また、操作群、非操作群ともに、高齢者が若年者より手掌部発汗量が有意に多かった ($p < .01$)。

考察

1. 危険予測場面でのブレーキ操作

危険予測場面で若年者の90%以上がブレーキを操作していたのに対し、高齢者は70%がブレーキを操作していなかった。この結果は、高齢者の多くが運転映像から危険を予測し、対処行動をとれていない可能性を示している。高齢ドライバーでは、注意散漫との関連でアクセルに足を置いたままの時間が長い傾向があり²⁾、シミュレーターを使った研究では、危険に気づくのが若者より遅いことが指摘されている³⁾。本研究の結果はこれらの所見と関連し、高齢者の危険予測機能の低下を示唆すると思われる。

2. 危険予測場面での手掌部発汗量

手掌部発汗は精神的緊張や驚きなどの情動興奮によって瞬時に増加する⁴⁾。一般に、加齢によるエクリン汗腺の機能低下や皮膚性状の変化などの影響により、手掌部発汗は高齢

者では低下することが知られている^{4),5)}。

危険予測場面での手掌部発汗量は、ブレーキ操作群、非操作群ともに高齢者が若年者より多い傾向がみられた。本装置を用いた先行研究においても同様の結果が得られており⁶⁾、これらの所見は、模擬運転に取り組む際の、高齢者の緊張の高さが関係しているものと思われる。また、非操作群では操作群より手掌部発汗量が有意に多く、模擬運転時の緊張感の高さが示唆され、こうした緊張による余裕のなさがブレーキの誤操作（非操作）と関連している可能性がある。

結 論

模擬運転の危険予測場面において、若年者の90%以上がブレーキ操作をしていたが、高齢者では70%がブレーキを操作していなかった。

危険予測場面での手掌部発汗量は高齢者が若年者より有意に多く、模擬運転時の緊張の高さが関係していると思われる。

危険予測場面でブレーキを操作しなかった群では操作した群より手掌部発汗量が有意に多く、模擬運転時の緊張による余裕のなさがブレーキの誤操作（非操作）と関連している可能性がある。

文 献

- 1) 小林正義：自動車運転認知行動評価装置. J-STORE (オンライン)
<http://jstore.jst.go.jp/nationalPatentDetail.html?pat_id=21912> (2015.10.08 確認)
- 2) Thompson KR, Johnson AM, Emerson JL et al: Distracted driving in elderly and middle-aged drivers. *Accid Anal Prev.* 45, 711-717, 2012
- 3) Fildes B, Charlton J, Muir C et al: Driving responses of older and younger drivers in a driving simulator. *Annu Proc Assoc Adv Automot Med.* 51, 559-572, 2007
- 4) Ogawa T: Influence of aging on sweating activity. In: *Cutaneous Aging* (Kligman AM and Takase Y, eds.), University of Tokyo Press, Tokyo, pp. 111-125, 1998
- 5) Ferrer T, Ramos MJ, Pérez-Sales P et al: Sympathetic sudomotor function and aging. *Muscle Nerve*, 18(4), 395-401, 1995
- 6) 高橋理沙, 百瀬秀哉, 小林正義 その他：自動車運転認知行動評価装置による手掌部発汗反応—高齢者と若年者の比較—. *発汗学*, 19, 21-23, 2012