

模擬運転テストにおけるブレーキ操作と 手掌部発汗反応—認知・注意機能との関連性

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

Brake operation and palmar sweating responses in the driving simulation test:
relationship with cognitive function

Jun Iwanami¹, Masayoshi Kobayashi¹, Akira Sagari¹, Hideya Momose², Toshio Ohhashi³

School of Health Science, Shinshu University¹

Research and development department, Nishizawa Electronic Measuring Instruments²

The Department of Innovation of Medical and Health Sciences Research, Shinshu University³

高齢者 50 名を対象に模擬運転テストと Mini Mental State Examination (MMSE)、Trail Making Test (TMT) を実施し、危険場面と危険予測場面のブレーキ操作および手掌部発汗反応と認知・注意機能との関連を検討した。危険場面では 84.3% の被験者がブレーキを踏み、手掌部発汗の増加を認めたが、危険予測場面では反応の個人差が大きかった。ブレーキ操作や発汗反応のみられない被験者では、MMSE と TMT の成績にばらつきが大きく、反応の個人差には認知・注意機能が影響していると思われた。

(発汗学 25 : 32-36 ; 受理 : 6. 6. 2018)

The driving simulation test, Mini Mental State Examination (MMSE), and Trail Making Test (TMT) were conducted for 50 elderly people. The relationship between the braking operation and palmar sweating response and the cognitive / attention function in the hazard scene and the hazard prediction scene were examined. It was observed that 84.3% of the subjects stepped on the brakes in the hazard scene and showed increased palmar sweating; however, in the hazard prediction scene, the response highly differed among individuals. In subjects for whom brake operation was not associated with the palmar sweating response, the variation in the results of MMSE and TMT was larger. It seemed that the decrease in age-related recognition and attention functions resulted in variable responses for each individual in the hazard prediction scene.

はじめに

自動車運転は生活を送るための重要な活動であり、特に地方では買い物などの移動手段として自立生活の維持に欠かせない。一方、高齢者による運転事故が増加しており、平成 28 年度の 75 歳以上のドライバーによる死亡

事故は 459 件で、死亡事故全体の 13.5% を占めている¹⁾。高齢者の交通事故には加齢による認知機能の低下が関係するため^{2),3)}、平成 29 年より 75 歳以上の高齢者に対して免許更新時の認知機能検査を義務づけ、認知機能低下の恐れがあると判断された場合は医師の診断を受けることとなった。この改正道路交通

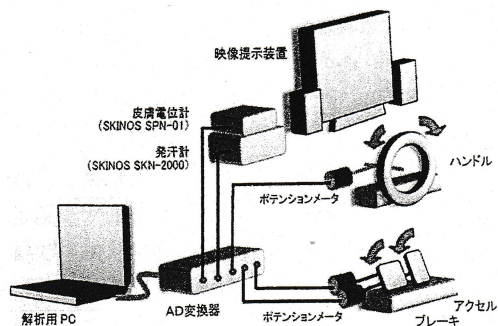


図1 自動車運転認知行動評価装置の概要
[文献5)より転載]

法の施行により、平成29年3月～9月末の間に112万人が認知機能検査を受け、そのうちの3万人が認知症の恐れありと判定され、697人が免許の取消し・停止を受けた⁴⁾。日本における認知症患者は2012年時点で462万人とされ、65歳以上の7人に1人が認知症と推計されている。しかし、免許更新時の認知機能検査で認知症を検出できているかは定かではない。リハビリテーションの領域では、障害者の自動車運転再開支援の動きが活発化しており、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るが、運転再開の能力を判断するための評価法や判定基準は確立されていない。

小林ら⁵⁾が開発した自動車運転認知行動評価装置（特許第5366248号）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（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：SPR）を評価するものである（図1）。本研究の目的は、高齢者を対象に本装置による模擬運転テストを実施し、危険場面と危険を予測する場面におけるブレーキ操作および手掌部発汗反応と認知・注意機能との関連性を検討することである。

対象と方法

松本市の福祉ひろばに通う高齢者のうち、日常的に自動車を運転し、研究への参加に同意の得られた50名（男性22名、女性28名、

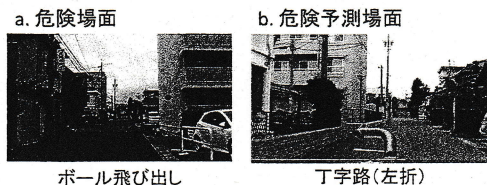


図2 解析対象場面

- a. 画面右からバレーボールが飛び出す
- b. 見通しの悪い丁字路の左折

平均年齢 70.2 ± 6.0 歳) を対象とした。模擬運転テストを常環境下で行い、ブレーキ、アクセル、ハンドルの反応を可変抵抗器で導出し、手掌部発汗反応とSPRを発汗計（SKN-2000：SKINOS）と皮膚電位計（SPN-01：SKINOS）で計測し解析した。

認知機能と注意機能の評価には、Mini Mental State Examination（MMSE）と Trail Making Test（TMT）を用いた。MMSEは見当識、復唱、計算、再生、呼称、言語指示、書字、図形模写などから認知機能の評価する尺度で、30点満点のうち23点以下を認知障害とする⁶⁾。TMTは注意機能の評価に用いる机上課題で、Part Aでは用紙にランダムに配置された1から25までの数字を線で結び所要時間を計測する。Part Bでは数字（1～13）と平仮名（あ～し）を交互に線で結び所要時間を計測する。対象者にはこれらの評価を模擬運転テストと同日に実施した。

住宅地を走行する映像（5分）のうち、狭い路地でバレーボールが画面右から飛び出す場面を危険場面、見通しの悪い丁字路を左折する場面を危険予測場面とした（図2）。これらの場面で映像の動きに合わせてアクセルからブレーキへの踏み替え、および明らかな手掌部発汗反応を認めた者を「反応群」、適切なブレーキ操作または明確な手掌部発汗反応のいずれか、または両者が認められなかった者を「非反応群」とし、度数分布を比較した。また、場面毎に両群のMMSEとTMTの成績を比較した。度数分布の比較にはFisher's exact test、MMSEとTMTの群間比較にはt検定を用いた。本研究は信州大学医学部医倫理審査会の承認を得て実施した。

結果

図3に模擬運転テストの一例を示した。網

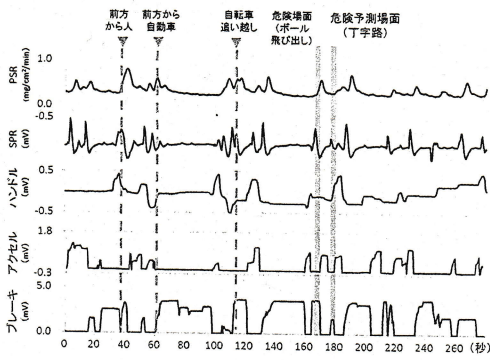


図3 模擬運転テストの一例

表1 危険場面と危険予測場面の応答

a. 危険場面			
手掌部発汗反応	+	-	p
ブレーキ操作 +	43	0	
ブレーキ操作 -	2	5	**

b. 危険予測場面			
手掌部発汗反応	+	-	p
ブレーキ操作 +	16	2	
ブレーキ操作 -	15	17	**

Fisher's exact test, $p < .01$
 ※網掛けは「非反応群」を表す

掛けの箇所は危険場面と危険予測場面であり、この例では映像とほぼ一致したブレーキの操作と手掌部発汗の増加が認められた。

ブレーキ操作と手掌部発汗反応の有無により分類した「反応群」と「非反応群」の人数分布を表1に示した。危険場面では「反応群」が43名、「非反応群」(表の網掛け箇所)の合計が7名で、被験者の84.3%がブレーキを踏み、明らかな手掌部発汗の増加を示した ($p < .01$)。危険予測場面では「反応群」は16名、「非反応群」は34名で、ブレーキ操作と手掌部発汗反応を認めた被験者は31.3%に留まり、68.7%の被験者でブレーキ操作または手掌部発汗の増加がみられなかった。

「反応群」と「非反応群」のMMSEとTMTの結果を場面毎に示した(図4)。MMSEの得点は、危険場面では「反応群」が 28.5 ± 1.9 、「非反応群」が 27.6 ± 4.4 、危険予測場面では「反応群」が 28.4 ± 1.5 、「非反応群」が 28.3 ± 2.6 でいずれも有意差はみられなかった。TMT Part-Aは、危険場面では「反応群」が 109 ± 33.4 秒、「非反応群」が135

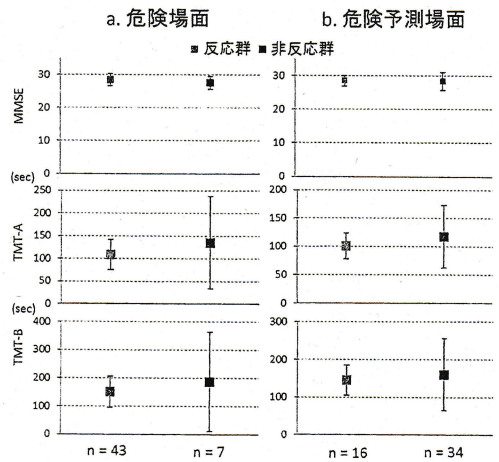


図4 MMSEとTMTの群別比較

各場面におけるMMSEとTMTの結果(mean \pm SD)。危険場面・危険予測場面ともに「反応群」「非反応群」に有意差は認められなかった。

3 ± 102 秒、危険予測場面では「反応群」が 100.8 ± 22.8 秒、「非反応群」が 117.6 ± 55.7 秒で、「非反応群」で所要時間が長い傾向がみられたが、ばらつきが大きく統計的な有意差は認めなかった。TMT Part-Bは、危険場面では「反応群」が 151.2 ± 54.6 秒、「非反応群」が 187.6 ± 176.5 秒、危険予測場面では「反応群」が 144.7 ± 40.0 秒、「非反応群」が 160.5 ± 95.4 秒で、「非反応群」で所要時間が長い傾向がみられたが、ばらつきが大きく統計的な有意差は認めなかった。

考 察

1. 危険場面と危険予測場面のブレーキ操作と手掌部発汗反応

危険場面では参加者の84.3%でブレーキ操作と手掌部発汗反応の両方がみられた。本研究で設定した危険場面は走行中に画面右からバレーボールが飛び出し、咄嗟にブレーキが踏まれる場面であり、ブレーキ操作と手掌部発汗の応答潜時は他の場面と比較して短い⁷⁾。このような危険な運転場面では、危険を察知すると同時に、咄嗟にブレーキを踏み込み、一瞬頭が真っ白になり、冷や汗や心拍数の増加を感じ、その後、「こわかった」、「あせった」などの感情が意識化されることになる。このように、経験に基づく咄嗟の行動(ブレーキ反応)と自律神経反応(手掌部発汗)に続いて起こる感情体験は、James Lange説

で説明が可能と思われる⁸⁾。James Lange 説では外部刺激が脳に伝えられる(知覚する)と、まず脳からの指令により運動神経や自律神経を介して身体(例えば、筋の収縮や心拍数の上昇など)が反応する。そして、この身体反応が求心性に脳へ伝わることで、大脳皮質で主観的体験(情動)が起こると考えられている。危険場面での咄嗟のブレーキ操作と手掌部発汗反応は、こうした情動の末梢起源説に関連する反応と思われる。

一方、危険予測場面では、ブレーキ操作と手掌部発汗反応が認められた参加者は31.3%に留まり、ブレーキ操作がなく手掌部発汗反応のみを認めた者が30%、ブレーキ操作と手掌部発汗反応の両方がみられなかった者が34%と、反応には個人差が生じやすいことが明らかとなった。使用した危険予測場面は見通しの悪いT字路を左折する場面であり、映像には緩やかなブレーキ操作による減速と徐行場面が提示される。こうした緩やかな減速や徐行場面で見られるブレーキ操作と手掌部発汗反応は、潜在的な危険を予測したことによる反応と考えることができ、ブレーキ操作または手掌部発汗反応の欠如は、危険の見落としや不注意などと関連していると思われる。

警察庁が発表した平成28年度の交通事故発生状況調査では、事故は市街地の交差点で最も多く、信号機のない交差点内では年間9万件以上の発生が報告されている⁹⁾。また、高齢ドライバーの運転特性として、注意散漫と関連してアクセルに足を置いたままの時間が長い傾向¹⁰⁾や、シミュレーターを用いた運転評価では、若年者と比較して危険に気づくのが遅いことが指摘されている¹¹⁾。本研究でみられた危険予測場面での反応の個人差は、潜在的な危険を予測する能力の低下、すなわち、加齢に伴う認知・注意機能の低下が影響を及ぼしている可能性が考えられる。

2. 「反応群」と「非反応群」の認知・注意機能

危険場面と危険予測場面において、ブレーキ操作と手掌部発汗反応を認めた「反応群」と、ブレーキ操作と手掌部発汗反応のどちらか一方、または両方を認めなかった「非反応群」の比較では、MMSE および TMT

Part-A・Bの結果に統計的な有意差は認められなかった。しかし、いずれの場面においても、ブレーキ操作または手掌部発汗反応がみられなかった「非反応群」では、MMSE および TMT Part-A・Bの成績にばらつきが大きく、認知・注意機能の低下した被験者が含まれている可能性がある。

自動車運転技能と神経心理学的検査との関連については、軽度アルツハイマー型認知症患者の路上運転能力とMMSEに関連があるとする報告¹²⁾や、認知検査の結果と路上評価やシミュレーター検査などの実車前評価の間に有意な関連があるという報告¹³⁾がある一方で、日常的に運転しているアルツハイマー型認知症患者の路上評価結果と相関する神経心理学的検査はないとする報告¹⁴⁾もあり、明確な結論は得られていない。本研究で用いた模擬運転テストにおいて、MMSEが20点以下の中程度認知障害と判定された被験者では、ハンドル、アクセル、ブレーキの誤操作と、運転映像と一致しない手掌部発汗反応がみられたことが報告されている⁷⁾。模擬運転テストにおけるブレーキ操作と手掌部発汗反応は、危険認知、危険予測の指標として有効と思われるが、認知・注意機能低下による影響性については、引き続き検討が必要である。

文 献

- 1) 内閣府資料：平成29年版交通安全白書。内閣府HP (http://www8.cao.go.jp/koutu/taisaku/h29kou_haku/index_zenbun_pdf.html) (2017.11.27)
- 2) Anstey KJ, Wood J, Lord S et al: Cognitive, Sensory and Physical factors enabling driving safety in older adults. Clin psychol Rev, 25, 45-65, 2005
- 3) Ishimatsu K, Miura T, Shinohara K: Age influences visual attention characteristics among accident-free and accident-involved drivers. Jpn Psychol Res, 52, 186-200, 2010
- 4) 警察庁発表資料：改正道路交通法の施行後6月の状況について。警察庁HP (https://www.npa.go.jp/koutsuu/menkyo/kaisei_doukouhou/sekoujokyo.pdf) (2017.11.27)
- 5) 小林正義, 佐々木努, 手島 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
- 6) 森悦郎, 三谷洋子, 山鳥 重: 神経疾患患者における日本語版 Mini Mental State テストの有用性. 神経心理学, 1, 82-90, 1985
 - 7) Takahashi R, Kobayashi M, Sasaki T et al: Driving Simulation Test for Evaluating Hazard Perception: Elderly Driver Response Characteristics. Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, 49, 257-270, 2017
 - 8) Friedma BH: Feelings and the body: the Jamesian perspective on autonomic specificity of emotion. Biol Psychol, 84, 383-393, 2010
 - 9) 警察庁発表資料: 平成 28 年における交通事故の発生状況. 警察庁 HP (<https://www.npa.go.jp/news/release/2017/20170322002.html>) (2017.11.27)
 - 10) Thompson KR, Johnson AM, Emerson JL et al: Distracted driving in elderly and middle-aged drivers. Accid Anal Prev, 45, 711-717, 2012
 - 11) 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
 - 12) Fitten LJ, Perryman KM, Wilkinson CJ et al: Alzheimer and vascular dementias and driving. JAMA, 272, 1360-1365, 1995
 - 13) Reger MA, Welsh RK, Watson GS et al: The relationship between neuropsychological functioning and driving ability in dementia: A meta-analysis. Neuropsychology, 18, 85-93, 2004
 - 14) Fox GK, Withaar F, Bashford GM: Dementia and driving: A survey of clinical practice in aged care assessment teams. Aust J Aging, 15, 111-114, 1996