

自動車運転シミュレーション時の視野制限が 心理的・生理的側面に与える影響

保野孝弘*1 西出有輝子*2 池田正人*3 金光義弘*1

1. はじめに

高齢化に伴い、高齢者（65歳以上）の運転免許保有者率は年々増加し、交通事故死者の割合も高くなっている¹⁾。65歳以上人口の構成比は、1996年では13.87%であったが、2008年では21.57%に増加した。それに伴い、交通安全白書（内閣府政策統括官共生社会政策担当）²⁾によれば、高齢者の運転免許保有者率は、1993年では23.30%であったが、2008年では41.88%と急増している。そのため、近年、高齢者ドライバーの運転特性、安全対策などの研究や施策の検討が進んでいる。

加齢の影響や視覚障害の受傷により、視覚機能の低下や障害が増える。加齢に伴い、視力、視野などの視機能及び認知機能（例えば、有効視野機能など）の低下が報告されている^{3,4)}。また、加齢の影響だけではなく、緑内障、糖尿病網膜症などの眼疾患などでも、視覚機能が低下する。推計によれば、2007年で視覚障害者は約163万人で、その主な原因は、緑内障（24.3%）、糖尿病網膜症（20.6%）、変性近視（12.2%）などである⁵⁾。これらの疾患から視力や視野の障害が生じ、今後とも増加することが予想される。

自動車運転では、視力のみならず、視野、動体視力、立体感などの視覚機能が良好であることは極めて重要である。例えば、視野障害者では、健常者に比べて、交通事故の発生頻度が約2倍であった⁶⁾。しかし、視野障害が認められても、運転に支障をきたさない事例も報告されている⁷⁾。従って、視野が制限された場合の運転特性や運転中の心身状態を知ることは、このような事例の運転特性を理解する上で重要である。

従来、運転中の心身状態を調べる研究が行われてきている。しかし、視野状況が運転中の心身状態に

及ぼす影響を調べた研究はほとんど認められない。例えば、長距離トラックの運転手を対象に、心電図を長時間記録し、作業状況が生理反応に与える影響を検討した結果、深夜及び翌日の昼間の運転中に心拍数が減少した⁷⁾。この結果は、運転やその環境が生理的側面に影響を及ぼすことを示唆する。しかし、視力や視野など、個人の視覚状況が運転中の心身状態に与える影響を検討した研究は極めて少ない。

視覚に問題がある場合、公道での研究は困難である。その場合、運転シミュレーターを用いて、運転能力を検討することは可能である。例えば、小泉ら⁸⁾は、視野障害者を対象に運転シミュレーション（CRT運転適性検査の側方警戒検査）を用いて、誤反応率、反応速度を測定し、健常者及び半盲シミュレート眼鏡装着者と比較した。対象者は、いずれも眼疾患（緑内障、糖尿病網膜症など）により視野障害を有していたが、少なくとも過去10年間、無事故であった。その結果、視野健常者に比べて視野障害者では誤反応率が高かった。これは、視野障害が運転に影響を及ぼすことを示唆している。しかし、画角が60度から90度に拡大されると、半盲レンズを装着した群では、誤反応率が視野障害者よりも高かった。このことは、視野障害者は視野狭窄があっても、普段から周辺視野により注意を向けることに慣れていたと推測される。視野狭窄などによる視野制限が、運転中の心身状態にどのような影響を及ぼすかは不明である。

本研究の目的は、視覚が制限された状態（視野狭窄シミュレーション眼鏡の装着）で運転をシミュレートした時、運転前後の心理側面（状態不安・感情状態）や、運転中の生理側面（心拍数・呼吸数）に与える影響を明らかにすることであった。

*1 川崎医療福祉大学 医療福祉学部 臨床心理学科 *2 名古屋市総合リハビリテーションセンター 高次脳機能障害支援科

*3 神奈川県警察

（連絡先）保野孝弘 〒701-0193 倉敷市松島288 川崎医療福祉大学
E-Mail : honobono@mw.kawasaki-m.ac.jp

2. 方法

2.1 実験参加者

実験参加者は、心身共に健康な大学生10名（男子8名；女子2名）であった。平均年齢は、20.5歳であった。運転暦は、平均1年4ヶ月で、現在、運転をしていない者は2名であった。いずれも、視覚に異常が無いことを確認した。

2.2 実験条件

条件として、実験条件（視野制限）と統制条件の2条件を設定した。実験条件では、眼鏡視野を45°に制限を設け、左右の耳側より45°の視野になるように制限した。この視野範囲を測定するために、竹井機器工業社製の視野計を用いた。統制条件は、特殊眼鏡を全開し、左右耳側より左右に150°以上の視野範囲を確保できた。両条件は、実験参加者ごとにカウンターバランスを組んで実施した。

2.3 視野狭窄シミュレーション眼鏡

視野を制限するために、視野狭窄シミュレーション眼鏡（マイクロソフト岡山社製）を用いた。この特殊眼鏡は、視野狭窄状態を擬似的に作り出すために作られた眼鏡で、眼鏡枠のレバーを用いて視野を調整できた。

2.4 運転シミュレーション課題

運転課題では、Play Station[®]2、ゲーム用運転セット（ハンドル・アクセル・ブレーキ）及びGRAN TURISMO[®]4（Play Station[®]2用ソフト）を用いた。このソフトでは、車種、コースを選択することができた。画像は、テレビディスプレイに映した。今回は、サーキットコースを「Driving Park」に設定した。これは、テストコースなどの練習用コースとして利用される。課題は、このコースをできる限り速く3周してもらうことであった。その際、ディスプレイ上に表示される走行速度が、60km/hを越えないこと、できる限りコースアウトをしないことを要請した。また、できる限り身体を動かさないように運転をするよう教示した。事前に、ゲームを開始するためのスイッチを伝え、実験者からの「始めて下さい」の合図で、実験参加者はスイッチを押してゲームを開始した。この課題に要する時間は、約5分であった。

2.5 記録指標及びその記録法

2.5.1 心理指標

運転前後の不安状態や感情状態を調べるために、心理指標として、STAI-I状態不安尺度⁹⁾及び多面的感情状態尺度（短縮版）¹⁰⁾を用いた。STAI-I状態不安尺度は、20の質問項目から構成され、それぞれの項目について、4件法（「全く感じていない」、「いくらか感じている」、「かなり感じている」、

「はっきり感じている」）で回答する尺度である。得点が高いほど、状態不安が高いことを示す。多面的感情状態尺度（短縮版）は、多様な感情状態を測定するための尺度で、「抑鬱・不安」、「敵意」、「倦怠」、「活動的快」、「非活動的快」、「親和」、「集中」、「驚愕」の8つの尺度から構成され、各尺度に5つの質問項目がある。各項目について、STAI-I状態不安尺度と同様に4件法で評価した。

また、運転の難易度及び視野状況を、VAS（Visual Analog Scale）法を用いて評価した。これは、A4版白紙上に100mmの水平線を引き、両端に形容詞を記載した尺度である。「運転の難易度」では、両端にそれぞれ「簡単である」と「難しい」、「視界の状況」では「良い」と「悪い」と記載されている。実験参加者は、自分の状態の程度に最も適する位置に垂線を記入し、一端からの距離を得点とする方法である。

2.5.2 生理指標

生理指標として、心電図、眼球運動（垂直）、及び呼吸運動を記録した。心電図は、第I誘導を用いて導出した。眼球運動は、右眼窩外側縁より約10mmの皮膚上に電極を配置して導出した。いずれの導出電極にも、銀塩化銀皿電極（日本光電社製）を用いた。また、呼吸運動の記録には、体動センサーBMS-21（アドヴァンス社製）を用いた。センサーパットを腹部衣服上に装着し、微小な圧力変化から呼吸運動を記録した。時定数は、心電図0.03秒、眼球運動5.0秒に設定された。全ての指標を、21ch脳波計（日本光電社製：EEG-4421D）で紙記録した。

2.5.3 実験手続き

事前に、実験参加者に対して、主な実験内容、実験に要する時間などを十分に説明し、実験参加の同意を得た。具体的には、研究目的はゲームを用いて運転時の心身の状態を調べることにあり、そのために視野狭窄眼鏡や複数の電極を身体に装着すること、それによって身体にどんな影響も及ばないことを説明した。また、実験途中、何らかの理由で課題を遂行できなくなった場合は、いつでも実験を中止できることを伝えた。そのことで、実験参加者が損害を被ることが無いことも付け加えた。さらに、得られたデータは学会などで公表する目的のみに利用され、個人名で公表されることは無いことも説明した。

実験当日、実験参加者は、実験開始の少なくとも1時間前に実験室に入った。その後、心身の状態が良好であることを口頭で確認し、電極を装着した。続いて、ゲームに使用するハンドルや座席などの位

置関係を調整してもらった。その確認後、実験者は運転課題の内容と実施方法を伝え、不明な点について質問を受け付けた。実験参加者が、課題内容、実施方法などを十分に理解できたことを確認して、練習試行を行った。練習試行では、視野調整眼鏡（全開状態）を装着し、運転シミュレーション課題を実施してもらった。この際、運転コースを3周してもらった。続いて、実験条件（視野制限条件）及び統制条件（眼鏡全開条件）を、実験参加者毎にカウンターバランスを組んで、それぞれの運転課題を実施した。それぞれの条件の前後で、状態不安尺度及び多面的感情状態尺度に記入してもらった。また、各条件が終了した後は、運転の難易度及び視野状況を評価してもらった。両条件の運転課題が全て終了した後、本研究の目的、本実験に関する問い合わせなどに関する事後説明を行い、全ての実験を終了した。

2.5.4 資料の整理法と統計処理

視野状況及び運転の難易度は、水平線の端（視野状況では「良い」、運転の難易度では「簡単である」）から、100mmの水平線上に引かれた垂線までの距離を1mm単位で読み取り、その値を得点とした。得点が高いほど、それぞれ視野状況は「悪い」、運転の難易度は「難しい」ことを示す。

STAI-I状態不安尺度及び多面的感情状態尺度（短縮版）の得点は、各採点方法に基づき、両条件の運転シミュレーション課題前後で平均得点を算出した。

運転シミュレーション課題実施中の心拍数及び呼吸数は、運転コースを3つの区間に分けて、区間毎に各平均値を算出した。区間Aは、最初は大きく右にカーブし、その後はほぼ直線のコースであった。区間Bは、全体的に大きく右にカーブするコースであった。区間Cは、右カーブと左カーブが続き、ゆるやかな左右のカーブが見られるコースであった。

条件間の差の検定には、対応のあるt検定（両側検定）を用いた。統計処理には、汎用統計ソフトSAS（SASインテリチュート・ジャパン社）を用いた。

3. 結果

3.1 運転の難易度及び視界の広さの自己評価

運転の難易度を両条件間で比較すると、統制条件（平均=37.1, SD=24.9）に比べて、実験条件（平均=62.0, SD=18.1）の方が有意に高かった ($t_{(9)}=4.36, p<.005$)。視野の広さでは、実験条件での平均値は67.4 (SD=22.8) であり、統制条件の平均値29.5 (SD=23.5) に比べて有意に高かった ($t_{(9)}=10.54,$

$p<.0001$)。

3.2 運転前後の状態不安及び感情状態の変化

3.2.1 状態不安の比較

運転課題前後の状態不安得点を統制条件と実験条件との間で比較した。運転シミュレーション課題後では、実験条件の方（平均=48.8, SD=15.46）が統制条件（平均=42.6, SD=12.4）に比べて、平均得点は高かった。この差が有意かどうかを検討した結果、有意な差の傾向が認められた ($t_{(9)}=2.18, p=0.056$)。運転前の状態不安得点には差には、統計的な有意差は認められなかった。

3.2.2 感情状態の比較

両条件における運転前後の各感情状態尺度得点の得点差を比較した。その結果、統制条件の平均活動的快得点は2.40 (SD=1.95) で、運転前に比べて高くなったが、実験条件の平均得点は-1.0 (SD=2.74) で低くなり、3.4の差が認められた。同様に、親和因子でも、統制条件（平均=0.6, SD=1.57）では運転前に比べて高くなったが、実験条件（平均=-1.1, SD=1.72）では低下した。また、非活動的快因子では、いずれの条件でも、運転前に比べ運転後に平均得点は低下したが、統制条件（平均=-2.7, SD=2.66）に比べて実験条件（平均=-1.6, SD=3.71）の方が高かった。それぞれの因子について、得点の平均値の差の検定を行った結果、活動的快因子のみに有意な差が認められた ($t_{(9)}=3.79, <.005$)。

3.3 運転中の心拍数及び呼吸数の比較

3.3.1 心拍数

図1に、各運転区間（A, B, C）における平均心拍数を2条件間で比較したものを示す。この図を見ると、いずれの運転区間でも実験条件の方が統制条件に比べて、平均心拍数は低くなっている。検定の結果、B区間で、実験条件の平均心拍数の方（平均=70.6, SD=10.50）が、統制条件（平均=74.0, SD=11.83）に比べて有意に低下した ($t_{(9)}=2.6,$

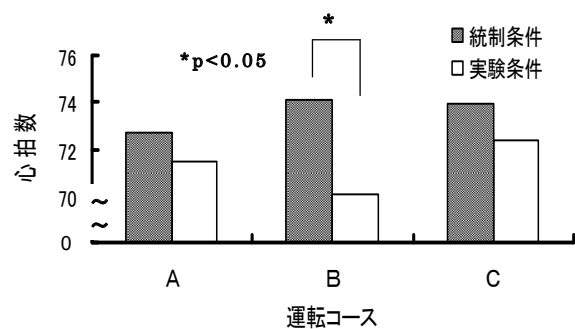


図1 各運転区間における平均心拍数の比較

p<.05)

3.3.2 呼吸数

各運転区間における平均呼吸数を両条件間で比較した結果、いずれの運転区間でも、平均呼吸数は統制条件に比べて実験条件で高かった。しかし、いずれの区間の平均値の差にも、条件間で統計的な有意差は認められなかった。

4. 考察

本研究の目的は、運転シミュレーションを用いて、視覚が制限された状態（視野狭窄シミュレーション眼鏡装着）で運転した場合、運転前後の心理側面（状態不安・感情状態）及び運転中の生理側面（心拍・呼吸）にどのような影響を及ぼすかを明らかにすることであった。その結果、視覚制限を加えた場合、運転後に状態不安が高まる傾向が認められた。また、感情状態の活動的快因子は統制条件で高くなったが、視覚制限条件では低下し両条件間に有意差が認められた。さらに、心拍数が統制条件に比べて視野制限条件で有意に低下した。

視野状況（良い・悪い）及び運転の難易度（容易・困難）の主観的評価は、両条件間で有意差が認められ、視覚制限条件の方が視野状況はより悪く、運転難易度がより困難と評価した。この結果から、運転シミュレーション中に、視野狭窄シミュレーション眼鏡の装着によって、実験参加者は視野が悪く、運転が難しいと感じていたと言える。

視野範囲を制限して、運転前後の心理状態及び運転中の生理反応を検討した研究はほとんど見られない。本研究では、視野制限条件で運転終了に状態不安が有意に高く、運転終了後の非活動的快が統制条件では有意に高くなり、視野制限条件では有意に低下した。この結果から、視覚を制限して運転したことで、一時的に不安状態が高まり、思うように運転操作ができないことへの不快感が増したと推察できる。

一方、運転シミュレーション中の心拍数及び呼吸数は、いずれの運転コースでも統制条件に比べて視覚制限条件で低かった。特に、心拍数は、一つの運転コース（B区間）で統制条件に比べて視覚制限条件で有意に低下した。従来の研究から、長時間運転⁷⁾や高速道路の運転¹¹⁾、あるいは運転環境が、運転者の生理的側面に影響を与えることが知られている。本研究のように、視覚制限を行って、運転中の生理反応を検討した研究は見られない。

Lacey and Lacey¹²⁾は、心拍率・と心理状態との関連に言及し、何らかの刺激に注目するなど、「環境からの取り入れ」を必要とする課題では、心拍数

が低下すると指摘した。このことから、今回の運転シミュレーション中でも、視覚制限を課した条件では、実験参加者がディスプレイに映る情報をより取り込もうとした結果、心拍率は有意に低下したと推察できる。また、感情状態の活動的快が、視覚制限条件で有意に低下したことは、運転課題をより活動的にできず、制限を感じながらの運転であったと思われる。この点も、視野からの情報に注意をより向けていたことを示すと考えられる。

本実験では、3つの限界点が指摘できる。第1点は、今回用いた運転シミュレーター（ゲーム）と実際の運転とに大きな隔たりがあり、今回の結果を実際の運転時の反応を予測するには限界があることである。より実際の運転状況に近い条件で、運転をシミュレートできる機器を用いての検討が望まれる。第2点目として、運転シミュレーションでの走行時間が極めて短かった点である。課題に要した時間は約5分であり、実生活での運転時間に比べて極めて短い。課題での運転時間をより長くして検討する必要がある。第3点として、実験参加者の眼鏡に対する慣れである。視野制限条件は、実験参加者にとって慣れていない状態で、運転シミュレーション課題を遂行した。事前に練習課題を行ったが、慣れの影響が心理・生理反応に影響した可能性もある。視野制限眼鏡に十分慣れた状態で運転課題を行うか、複数回の課題遂行が必要であろう。

自動車を運転する場合、より良い視覚機能が重要である。加齢に伴う視機能の低下によって、運転状況に大きな影響を及ぼすことも予想される。今回の実験の対象者は若年であり、今回の結果から高齢者の運転状況を同じように解釈することは危険である。従って、今後は、高齢者を対象に運転シミュレーション実験を行うことが望まれる。また、視野に問題があっても、視野が運転に支障をきたさない場合、問題を抱えながら運転を継続している可能性は高い。そのような状態での運転が、視覚状況（例えば周辺視野の情報処理など）や心身に及ぼす影響を明らかにすることによって、彼らの運転特性が明らかになり、安全運転の指導や運転の制限などの助言を行うことができると期待できる。

謝 辞

本研究は、「平成16年度川崎医療福祉大学プロジェクト研究」の研究費補助を受けて行われた。実験の記録では、同大学臨床心理学科卒業生の野村良寛君と林 晃平君の協力を得た。以上、心より深く感謝致します。また、今回の実験に参加協力して頂いた被験者の皆様にも深く感謝申し上げます。

文 献

- 1) 高橋俊雄：高齢者と交通事故. 老年精神医学雑誌, **16**(7), 771-784, 2005.
- 2) 内閣府政策統括官（共生社会政策担当）：交通安全白書. 平成21年度版, 62, 2009.
- 3) 金光義弘：高齢運転者における視野異常の実態. 視野の経年変化に関する調査的研究を通して. 川崎医療福祉学会誌, **13**(2), 257-262, 2003.
- 4) 三浦利章, 石松一真：高齢者の認知機能－視覚的注意・有効視野を中心として－. 老年精神医学雑誌, **16**(7), 785-791, 2005.
- 5) 山田昌和：視覚障害の疾病負担. 本邦の視覚障害の現状と将来. 日本の眼科, **80**(8), 1005-1009, 2009.
- 6) Sylzyk JP, Fishman GA, Master SP and Alexander : Peripheral vision screening for driving in retinitis pigmentosa patients. *Ophthalmology*, **98**, 612-618, 1991.
- 7) 佐藤修二, 川村雅則, 若葉金三, 福地保馬, 西山勝夫：長距離トラック運転労働における心拍変動. 北方産業衛生, **43**, 1-7, 2001.
- 8) 小泉健一, 植田俊彦, 杉本佳世, 高橋浩基, 岡村和子：視覚障害の自動車運転におよぼす影響. 日本職業・災害医学会誌, **49**(2), 181-185, 2001.
- 9) 岸本陽一, 寺崎正治：日本語版 State-Trait Anxiety Inventory の作成. 近畿大学教養部研究紀要, **17**, 1-14, 1986.
- 10) 寺崎正治, 岸本陽一, 古賀愛人：多面的感情状態尺度・短縮版の作成. 日本心理学会第55回大会発表論文集, 435, 1991.
- 11) Uchikune M : Physiological and Psychological Effects of High Speed Driving on Young Male Volunteers. *Journal of Occupational Health*, **44**(4), 203-206, 2002.
- 12) Lacey BC and Lacey JI : Two-way communication between the heart and the brain. *American Psychologist*, **33**(2), 99-113, 1978.

(平成24年10月29日受理)

Effects of Visual Field Limited Driving on Psychological and Physiological Aspects of Subjects Playing Driving Stimulation

Takahiro HONO, Yukiko NISHIDE, Masahito IKEDA and Yoshihiro KANEMITSU

(Accepted Oct. 29, 2012)

Key words : driving simulation, heart rate, respiration, limited visual field

Correspondence to : Takahiro HONO

Department of Clinical Psychology, Faculty of Medical Welfare
Kawasaki University of Medical Welfare
Kurashiki, 701-0193, Japan
E-Mail : honobono@mw.kawasaki-m.ac.jp
(Kawasaki Medical Welfare Journal Vol.22, No.2, 2013 208-212)