

原著論文

## ドライビングシミュレーターによる 健常者の運転技能と視線特性との関係性

田中陽子\*, 宮田聖子\*\*, 岩本邦弘\*\*, 山本真江里\*\*,  
三浦健一郎\*\*\*, 橋本亮太\*\*\*, 尾崎紀夫\*\*

### Relationship between driving performance with a driving simulator and eye movement characteristics

Yoko Tanaka\*, Seiko Miyata\*, Kunihiro Iwamoto\*, Maeri Yamamoto\*,  
Kenichiro Miura\*\*, Ryota Hashimoto\*\*, Norio Ozaki\*

所属 \* 名古屋大学大学院医学系研究科精神医学分野

[〒466-8550 愛知県名古屋市昭和区鶴舞町 65]

\*\* 国立研究開発法人国立精神・神経医療研究センター精神保健研究所  
精神疾患病態研究部

所属（英語） \* Department of Psychiatry, Nagoya University Graduate School of Medicine

\*\* Department of Pathology of Mental Diseases, National Institute of Mental Health,  
National Center of Neurology and Psychiatry

抄録（和文）：

道路交通法により体調不良時の自動車運転は禁止されているが、患者に運転の可否を指導する上での医学的なエビデンスは乏しく、適切な指導のもと患者が自動車社会で生活するためには、運転技能に関わる医学的知見を蓄積することが求められる。運転技能に必須である視覚、認知機能、運動機能の中でも、とりわけ視覚情報は運転中に得られる情報の90%にも及び、視覚を支える視線を捉えることが運転技能を予測する上で有用な可能性がある。そこで、本研究では、視線の基本的特性と運転技能との関連について検討を行うため、同一被験者にて運転と視線計測を行った健常者36名を対象に運転と視線の関連について解析した。運転課題は車線維持課題（横揺れの指標）、急ブレーキ課題（反応時間の指標）を実施し、視線課題では、フリービューイング課題、固視課題、パシュート課題を実施した。運転の指標と視線の指標との相関解析により、横揺れの指標はフリービューイング課題におけるフィクセーション、サッケード関連指標、視線移動の総距離、およびパシュート課題におけるサッケード、垂直方向の視線移動に関する指標と有意な相関を示した。また、反応時間の指標はパシュート課題におけるサッケードおよび垂直方向の視線移動の指標と有意な相関を示した。以上より、視線解析におけるサッケードや視線移動距離といった指標は、運転技能を予測できる可能性が示された。

**Key Words:** 運転技能 (driving performance), 眼球運動 (eye movement), サッケード (saccade), スムースパシュート (smooth pursuit)

## 1. 緒言

### 1. 1 ドライバーの健康管理：現状と課題

戦後のモータリゼーションの進展に伴い、本邦における自動車所有率は増加し、移動の自由度や生活の利便性の向上などをもたらしてきた。一方で、交通事故は社会問題の一つとなり、様々な施策がとられている

にもかかわらず国内では令和3年には30万5000件の交通事故が起きている<sup>1)</sup>。ドライバーの注意散漫と不注意は、交通事故の主な原因とされている<sup>2)</sup>。また、交通事故の背景には、ドライバーが有する疾患あるいは新たに発生した疾患が影響する可能性もある。高齢化の背景もあり、ドライバーの運転特性を考慮した交

通安全対策が急がれており、運転者の健康に起因した事故の予防は喫緊の課題である<sup>3)</sup>。

## 1. 2 自動車運転における視覚情報の重要性

自動車運転を行う際には、歩行者や自転車、周辺の自動車、道路の状況などを的確に認識しなければならない。交通事故は様々な要因で起こるが、約70%がヒューマンエラーによるものとされている<sup>4)</sup>。自動車運転のために処理される情報の内、約90%が視覚情報に基づいているといわれており<sup>5)</sup>、運転中の視線の位置や視覚的認識能力が運転技能に影響を与える<sup>6)</sup>。実際に、雨などの視界不良時には、ドライバーの視覚探索の効果を低下させる事が明らかになっている<sup>6)</sup>。また、認知能力が低下した高齢者においては、視覚と標識・道路の状況への注意力不足など運転時の問題との関連が認められている<sup>7)</sup>。交通事故を防止するためには視覚情報をもとに、刻一刻と変化する状況を的確にとらえ、ハンドル・アクセル・ブレーキを操作する必要がある。ドライバーの危険認知は交通事故に強く関連しており、視覚は危険を認知する上で最も重要な感覚である。人間の視界は約200°に開けているが、そのうち細部まで見る事ができるのはわずか2°であるといわれている<sup>8)</sup>。したがって、自動車運転の際には様々な状況に応じて視線を適切な位置に向けなければならない。そのため、眼球運動の特徴を検証することは、交通安全を推進する上で大きな意義がある<sup>9)</sup>。

## 1. 3 眼球運動の特徴

本研究では、次の3つの眼球運動に着目する<sup>10)</sup>。

一つ目は、サックードであり、これは視点を移動させる際に起こる急速な目の動きである。視野に存在する対象物を解像度の高い視野の中心にとらえることが運動の目的であり、網膜の中心窩に対象を移動させるためにおこる。

二つ目のフィクセーションは、鮮明な視覚を得るために視覚空間内の目標に視線を固定する動作である。鮮明な視覚を得るためには像が網膜上でほぼ静止する必要がある。

三つ目はスムーズパシュートであり、これは、視覚対象物の網膜像を網膜中心窩付近に維持し、その動きに合わせて視線を滑らかに動かす時に起こる眼球運動である。

脳の広範な領域には視線制御に関する活動を持つニューロンがあり、さらに様々な研究により生理学的特徴が良く同定されている<sup>11)</sup>。視線解析は、眼球運動異常だけでなく、脳内ネットワーク障害の客観的評価となりうるため、運転技能を予測できる可能性がある。

## 1. 4 これまでの運転・視線研究と本研究の意義

これまでに、ドライバーの運転特性と視線の関係については多くの研究が行われてきた。若年ドライバーに比し、高齢ドライバーは眼球運動のコントロールと空間ナビゲーションが苦手であるため、反応が遅れたり、近づいてくる運転環境を予測することが困難になったりする<sup>12)</sup>。また、運転中に危険で要求度の高い状況を提示したときのフィクセーション時間は、経験豊富なドライバーに比し初心者ドライバーで長くなっていた<sup>13)</sup>。しかし、これまでに行われた運転・視線研究は、自動車運転中に視線計測を行うものがほとんどであり、運転時以外の視線における基本的特性と運転能力との関連については十分に研究されていない。

そこで、本研究では、健常者を対象としてドライビングシミュレーターを用いた運転特性の測定を行うとともに、同一被験者において基本的な視線特性について測定を行う事で、運転と視線の特性との関連を検討した。

## 2. 対象と方法

### 2. 1 対象

対象は、健常者36例（平均年齢37.8±9.0歳）であった。性別、年齢、教育年数、運転歴、運転頻度、年間走行距離および視力（左右）についてアンケートで情報を収集した。対象全例においてStructured Clinical Interview for DSM-V（アメリカ精神医学会診断基準）により評価し、精神疾患の既往や治療歴がないことを確認した。対象者は全例運転免許証を保有し、運転に支障をきたす疾患の既往歴および視覚障害はなかった。本研究は、名古屋大学医学部生命倫理審査委員会の承認を得て実施され、承認事項に則り、全対象者に、本研究の目的および方法を十分に説明し、同意書に自記による署名を得た。

### 2. 2 運転課題<sup>14)</sup>

我々が以前行った課題に準拠し、ドライビングシミュレーターを用いて、運転特性を評価した。ドライブシミュレーターは、ステアリングホイール、ブレーキペダル、アクセルシステム（Driving Force GT; Logicool）を搭載したパソコン（Windows 10）上でソフトウェアを動作させた。パソコンの映像は液晶プロジェクター（EB-X05; エプソン製）を用いて80インチのスクリーンに投影した。これらの課題は遮光された暗室で行われた。運転性能は20msごとに記録された。運転課題は、車線維持課題、追従課題、急ブレーキ課題の3つを実施した。以下に詳細を示す。

**2. 2. 1 車線維持課題**

車線維持課題では、緩やかなカーブの2車線道路を5分間で90~100km/hの速度を維持しながら左車線の中央を走行するよう指示した。車線維持課題の指標は、走行中の両側の白線に対する車両の位置のずれを横揺れの指標（standard deviation of lateral position: SDLPとして計測した。SDLPは、センターラインからの車体右端までの距離の標準偏差（cm）として算出された。

**2. 2. 2 追従課題**

追従課題では、速度を変化させながら先行車との車間距離を一定に保つよう被験者に指示した。先行車が減速すると、ブレーキランプが点灯する。5分間追従走行し、先行車との車間距離を計測した。追従課題の指標は、車間距離の標準偏差を平均値で割った変動係数（coefficient of variance: CV）として算出された。したがって、先行車との距離（distance of CV: DCV）のCVが小さいほど運転性能が良いことを示す。

**2. 2. 3 急ブレーキ課題**

急ブレーキ課題では、45~50km/hの一定速度を保ちながら、道路の左右からランダムに現れる人型モデルとの衝突を回避するために急ブレーキをかけるよう被験者に指示した。5分間で14回中7回の飛び出しの際の反応時間を計測した。反応時間の指標（brake reaction time : BRT）は、人型モデルが動き始めた瞬間からブレーキが踏まれるまでの時間の平均値（ms）とした。

**2. 3 視線課題<sup>15)</sup>**

視覚刺激提示モニタは、被験者の目の位置から70cmの距離に置かれ、そのサイズは19インチであった。視覚刺激の提示は、MATLAB（The Mathworks, Natick, MA, USA）のPsychophysics Toolbox extension<sup>16)</sup>を用いて行った。左眼の眼球運動と瞳孔面積はEyeLink1000 Plus（SR Research, Ontario, Canada）システムを用いて1kHzで測定した。3つの視線課題（フリービューイング課題、固視課題、パシュート課題）を実施し、フリービューイング課題8項目、固視課題5項目、パシュート課題11項目の合計24項目の視線特性の評価をした。視線計測の課題は、既報の報告で使用されているものを選択した。

**2. 3. 1 フリービューイング課題（Free viewing: FV)**

建物、日用品、食品、フラクタルパターン、ノイズの5つのカテゴリーの画像（各カテゴリー4枚ずつ）を用いてフリービューイング課題を実施した。被験者は提示さ

れた画像を8秒間、自由に見るように指示された。フィクセーション回数・時間、サックード回数・振幅・平均速度・ピーク速度、視線の総移動距離を測定した。

**2. 3. 2 固視課題（Fixation stability: FS)**

固視課題では、被験者は、モニタ中央に提示された固定ターゲットに視線を維持するよう指示された。中央の固定標的が連続的に提示された数秒後（ランダムに1~2秒）、中央の固定標的の右または左に3°の位置にディスプレイ刺激が現れ、5秒間提示された。各試行について、フィクセーション回数・時間、サックード回数、視線の総距離、マイクロサックード数を測定した。試行を4回繰り返し、すべての試行における各眼球運動の測定値の平均を算出した。

**2. 3. 3 パシュート課題（Smooth pursuit Fast Lissajous: FL)**

パシュート課題では、被験者は20秒間、リサーチ軌道で水平・垂直に動くターゲットを追跡し、この試行を2回繰り返し返した。フィクセーション回数・時間、サックード回数・振幅・平均速度・最大速度を測定した。また、各試行で水平・垂直眼球運動の位置ゲイン、速度ゲインを個別に測定した。

**2. 4. 統計解析**

統計解析には、統計ソフトJMP（ver.16, SASinstitute）を使用した。Pearsonの相関解析を用い、運転の指標と視線の指標との関連を検討した。有意水準についてはp値<0.05とした。

	健常者
例数（男/女）	36（28/8）
年齢（歳）	37.8±9.0
教育年数（年）	17.3±2.7
運転歴（年）	17.9±9.1
運転頻度（回/週）	5.5 [0-7]
走行距離（km/年）	10,000 [0-100,000]
視力（右）	0.87±0.48
視力（左）	0.89±0.48

※平均±標準偏差，中央値 [最小値-最大値]

表1 健常者36例の背景情報

		r	p
FV	フィクセーション回数	-0.335	0.046
	フィクセーション時間	0.296	0.079
	サッカード回数	-0.384	0.021
	サッカード時間	-0.038	0.828
	サッカード振幅	-0.142	0.409
	サッカード速度	-0.086	0.619
	サッカード最大速度	-0.090	0.601
	視線の総距離	-0.381	0.022
	注視密度	0.272	0.108
	主系列特性(最大速度)	-0.005	0.979
	主系列特性(振幅-速度の関係の傾き)	0.049	0.778
	主系列特性(オフセット)	-0.109	0.528
	まばたきの回数	0.256	0.132
	FS	フィクセーション回数	0.069
フィクセーション時間		-0.056	0.745
サッカード回数		0.012	0.943
視線の総距離		0.107	0.533
マイクロサッカード数		-0.005	0.977
まばたきの回数		0.136	0.431
FL		シグナル/ノイズ比率(水平)	-0.289
	水平方向ゲイン	-0.041	0.813
	視標に対する誤差(水平)	0.041	0.813
	シグナル/ノイズ比率(垂直)	-0.284	0.093
	垂直方向ゲイン	-0.368	0.027
	視標に対する誤差(垂直)	-0.048	0.783
	フィクセーション回数	-0.137	0.425
	フィクセーション時間	0.054	0.754
	サッカード回数	-0.160	0.353
	サッカード時間	0.420	0.011
	サッカード振幅	0.410	0.013
	サッカード平均速度	0.346	0.039
	サッカード最大速度	0.361	0.031
	水平方向速度ゲイン	-0.321	0.056
	垂直方向速度ゲイン	-0.459	0.005
まばたきの回数	0.214	0.210	

FV：フリービューイング課題，FS：固視課題，FL：パシュート課題

表2 車線維持課題SDLPと視線の指標との相関

		r	p
FV	フィクセーション回数	-0.270	0.111
	フィクセーション時間	0.225	0.187
	サッカード回数	-0.281	0.097
	サッカード時間	-0.044	0.801
	サッカード振幅	-0.084	0.628
	サッカード速度	-0.112	0.515
	サッカード最大速度	-0.073	0.671
	視線の総距離	-0.323	0.055
	注視密度	0.033	0.849
	主系列特性(最大速度)	-0.320	0.058
	主系列特性(振幅-速度の関係の傾き)	-0.274	0.106
	主系列特性(オフセット)	-0.225	0.187
	まばたきの回数	0.134	0.435
	FS	フィクセーション回数	0.165
フィクセーション時間		-0.246	0.148
サッカード回数		0.102	0.555
視線の総距離		0.197	0.251
マイクロサッカード数		-0.267	0.116
まばたきの回数		0.139	0.419
FL		シグナル/ノイズ比率(水平)	-0.125
	水平方向ゲイン	-0.007	0.969
	視標に対する誤差(水平)	-0.179	0.297
	シグナル/ノイズ比率(垂直)	-0.152	0.375
	垂直方向ゲイン	-0.171	0.320
	視標に対する誤差(垂直)	-0.057	0.742
	フィクセーション回数	-0.009	0.956
	フィクセーション時間	0.050	0.771
	サッカード回数	-0.069	0.691
	サッカード時間	0.240	0.159
	サッカード振幅	0.204	0.234
	サッカード平均速度	0.166	0.334
	サッカード最大速度	0.277	0.102
	水平方向速度ゲイン	-0.290	0.086
	垂直方向速度ゲイン	-0.198	0.246
まばたきの回数	0.108	0.530	

FV：フリービューイング課題，FS：固視課題，FL：パシュート課題

表3 追従課題のDCVと視線の指標との相関

		r	p
FV	フィクセーション回数	-0.236	0.167
	フィクセーション時間	0.090	0.601
	サッケード回数	-0.259	0.127
	サッケード時間	-0.143	0.407
	サッケード振幅	0.036	0.836
	サッケード速度	0.087	0.613
	サッケード最大速度	-0.107	0.533
	視線の総距離	-0.054	0.756
	注視密度	-0.108	0.532
	主系列特性(最大速度)	0.028	0.872
	主系列特性(振幅-速度の関係の傾き)	0.121	0.482
	主系列特性(オフセット)	-0.026	0.880
	まばたきの回数	0.222	0.194
FS	フィクセーション回数	-0.091	0.597
	フィクセーション時間	0.140	0.415
	サッケード回数	-0.132	0.443
	視線の総距離	-0.062	0.721
	マイクロサッケード数	0.035	0.841
	まばたきの回数	0.087	0.615
FL	シグナル/ノイズ比率(水平)	0.086	0.618
	水平方向ゲイン	0.116	0.499
	視標に対する誤差(水平)	0.068	0.695
	シグナル/ノイズ比率(垂直)	0.084	0.628
	垂直方向ゲイン	<u>0.342</u>	<u>0.041</u>
	視指標に対する誤差(垂直)	0.070	0.687
	フィクセーション回数	0.306	0.070
	フィクセーション時間	-0.255	0.134
	サッケード回数	<u>0.334</u>	<u>0.046</u>
	サッケード時間	<u>-0.347</u>	<u>0.038</u>
	サッケード振幅	-0.250	0.142
	サッケード平均速度	-0.194	0.257
	サッケード最大速度	-0.316	0.060
	水平方向速度ゲイン	0.122	0.479
	垂直方向速度ゲイン	0.299	0.077
まばたきの回数	0.052	0.763	

FV：フリービューイング課題、FS：固視課題、  
FL：パシュート課題

表4 急ブレーキ課題のBRTと視線の指標との相関

### 3. 結果

健常者36名の背景情報を表1に示す。

運転課題の各指標と視線課題の各指標における相関解析の結果を表2-4に示す。車線維持課題のSDLPは、フリービューイング課題のフィクセーション回数、サッケード回数および視線の総距離との間に有意な相関を示した。また、パシュート課題においては、SDLPとサッケード時間、サッケード振幅、サッケード平均速度、サッケード最大速度および垂直方向ゲインとの間に有意な相関を示した。Bonferroni補正( $p < 0.014$ )によりそれぞれの相関について検討したところ、有意な相関関係は認められなかった。他のフィクセーションおよびサッケード指標との間には有意な相関を示さなかった(表2)。

急ブレーキ課題のBRTはパシュート課題における垂直方向ゲインとサッケード回数およびサッケード時間との間に有意な相関を示した(表3)。

一方、追従課題のDCVにおいては、視線解析の結果との間に有意な相関を示す項目は認められなかった(表4)。

### 4. 考察

#### 4.1 車線維持課題のSDLPとフリービューイング課題の指標との相関

フリービューイング課題におけるフィクセーション回数、サッケード回数、視線の総距離は、車線維持課題のSDLPとの間に、負の相関を示した。SDLPは、走行中のセンターラインからの車体右端までの距離の標準偏差を算出したものであり、値が小さいほど両側の白線に対して変動が少なく、安定して走行ができていている事を示している。自動車運転時は、車線と自動車の位置、車線の走行方向、スピードや、変化する白線や自動車の状況を把握する必要がある。このためには、常に視点を移動させながら、目の前に現れる視覚情報を即座に認識し、ステアリング、アクセルおよびブレーキ操作に反映しなければならない。運転中の視線の計測や運転技能、認知機能テストの結果を比較し、認知課題でより良い成績を収めた個人のほうが、道路の状況に対してより多くの視覚情報を取り入れている事が明らかになっている<sup>17)</sup>。さらに、個人の注意機能、効果的な眼球運動、および運転能力の間の潜在的な関連がみられた<sup>17)</sup>。また、カーブを運転する際は、ドライバーは視線を白線の接線に合わせてながら道路の状況を把握している<sup>18)</sup>。ドライバーは、カーブに連動して、視線やステアリングを調節しており、ステアリングと視線の

動きは一定した関連を持っている<sup>19)</sup>。フリービューイング課題において、提示された画像をよく認識するためには、視線を広く動かし、解像度の高い視野の中心に合わせる事が必要となる。運転時の視線を評価した研究によると、ドライバーが新しい環境下において運転をする際には、道路環境を把握するために視線を様々な場所に移動させ、その移動させた箇所にフィクセーションをするという視線行動を繰り返すことが明らかになっている<sup>20)</sup>。運転時に状況を的確に把握するには、運転中の視線の位置や視覚的認識能力が重要である<sup>9)</sup>。従って、状況把握の良好な被験者においては、画像の視覚探索（サッケード、フィクセーション、視線の移動）が多くなると考えられた。これらが自動車運転の際の認識能力とも関連すると予測され、状況把握の良好さが運転中の視覚情報の処理や、カーブ時の車線維持における操作的確さと関連し、車線維持が的確となると考えられる。

脳機能の観点から運転と視線の関連について検討すると、運転中は、一次および二次視覚野、一次感覚運動野、運動前野、頭頂連合野、帯状回、海馬傍回、および視床と小脳で有意な脳の活性化が検出され、視覚と視覚運動協調が運転中の主な脳機能であったことが示唆されている<sup>21)</sup>。また、運転中の前頭前野、運動関連野、視覚関連野の結合は認知的作業負荷によって強化される事が明らかとなっている<sup>22)</sup>。したがって、運転技能には視線の機能以外にも含まれるが、視覚情報をもとに、視覚や運転動作に関わる脳機能が協調して賦活する事から、これらの機能が視線の指標とも関連を持つ可能性があると考えられる。

#### 4. 2 車線維持課題のSDLPとパシュート課題の指標との相関

車線維持課題のSDLPは、パシュート課題におけるサッケード時間・振幅・平均速度・最大速度との間に正の相関、垂直方向ゲインおよび垂直方向速度ゲインとは負の相関がみられた。有意であった視線の項目間の相関解析より、パシュート課題において、ターゲットに対して視線がよく追従している場合、サッケード時間・振幅・平均速度・最大速度はともに小さく、ターゲットに対して大きく遅れることなく、小刻みに視線を動かしながら追従できていると考えられる。また、垂直方向ゲインと垂直方向速度ゲインについては値が高いほど追従度合いが高い事を示している。よって、今回の結果では、運転課題における横揺れが小さいほど、パシュート課題におけるターゲットの追従度合いが高い事を示している。自

動車運転中にカーブを走行する際は、曲路の端の接線上の点を見ながら、カーブの状況を把握し、ステアリング操作につなげている。これは、カーブした道路を見るドライバーに共通して観察されるパターンである<sup>19)</sup>。視線をカーブの接点に移動させ、滑らかな追跡運動によって視点を維持することは、これらの情報から取得された視覚情報によってステアリング操作における左右の角度を定義する事となる<sup>17)</sup>。つまり、カーブに応じて変化する両側の白線の接線に視線を移動させ、運転中に視覚情報を的確にとらえられるか否かが運転技能に影響を与える。以上より、視線計測のパシュート課題は、運転中にカーブする白線の位置を追従する能力や状況予測の能力を予測していると考えられる。

#### 4. 3 急ブレーキ課題のBRTとパシュート課題の指標との相関

BRTは飛び出す人型モデルを認識し、ブレーキを踏みまでの時間を計測しているため、時間が短いほど反応が良く、運転技能としては高い。パシュート課題においては動くターゲットに対して視線を細かく動かし、連続的に視点を変化させる事がターゲットへ良く追従している事となるため、ゲインが大きく、サッケード数が多く、サッケード時間が短いほど動くターゲットに対して良く追従している事を示している。BRTの結果と視線の指標との関連の結果より、ブレーキの反応時間が良いほどターゲットへの視線追従が悪い結果となった。BRTには、道路の左右の人型モデルの動きに反応する時間、足のペダルへの移動時間、ペダルに力を入れるのに必要な時間が含まれる。BRTの延長には、視線以外の要因が影響した可能性がある。さらに、視線の指標とBRTとの相関係数が低かったため分布を確認すると、BRTが891msecの値が存在した。この値を除外して相関解析を行った結果、BRTとパシュート課題の垂直方向ゲイン( $r=0.284$ ,  $p=0.097$ )、サッケード数( $r=0.119$ ,  $p=0.495$ )、サッケード時間( $r=-0.293$ ,  $p=0.087$ )とのいずれも有意な相関を示さなくなった。この被験者の背景情報では、既往歴や視力、年齢、年間走行距離、運転歴、教育年数について、BRT延長の原因となるような異常値は存在しなかった。よって、今後例数を増やし、この相関関係が再現されるのか確認する必要がある。

#### 4. 4 その他の運転課題と視線課題との相関

追従課題のDCVや固視課題では有意な相関がみられなかった。この理由として、追従課題において判断の対象となる視覚情報が前の車両に対する奥行き方向の情報であり、今回の視線計測では上下左右の2次元に移動す

るターゲットや静止画像に対する視線の動きを計測しているため、処理される視覚情報の種類が異なるからではないかと考えられる。よって、DCVと視線の特性との関連を調べるためには、視線課題について韓半島球運動を計測する課題を実施する必要があると考えられる。

また、固視課題と運転技能との関連に関しても運転に必要な能力と固視の能力との関連についてよく検討する必要がある。固視は、提示された一点を集中して見つめる能力である。運転においては外界の状況を即座に広くとらえるため、視線を的確な位置に動かすことが求められている<sup>20)</sup>。したがって、視線を一点にとどめるという動作よりも、視線をよく動かし、状況把握を良好にする能力を評価する課題のほうが、運転技能との関連を評価しやすいと考えられる。

#### 4. 5 本研究の限界と今後

運転課題の指標と視線の指標との間にいくつかの有意な相関関係が認められた。運転課題の指標と有意な関係であった視線の指標を用いて多重解析を実施したが、有意な相関となる項目は認められなかった。視線の指標間での相関解析を実施し、それぞれの指標間に高い相関関係を認めた。被験者数がやや少ないこともあり、検出力を高めるため、被験者数を増やし再検証する必要がある。

#### 5. 結言

運転の指標と視線の指標との相関解析により、車線維持課題のSDLPはフリービューイング課題、およびペシユート課題の視線指標と有意な相関を示した。一方、追従課題のDCVは視線解析のいずれの指標とも有意な相関を示さなかった。本研究の結果より、視線解析におけるサッケードや視線移動距離といった指標は、運転技能を予測できる可能性が示された。

#### 利益相反

本研究に関し、開示すべき利益相反はない。

#### 謝辞

データ収集に協力いただいた公認心理師 山口亜希子さん、木野内南さんに深謝する。本研究は、AMEDの課題番号JP19dm0207069およびJP19mk0101137、JSPS科研費21K07518の支援を受け実施された。

#### 文献

- 1) 令和3年中の交通事故死者について（警察庁）

Available from URL:

<https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&>

ayout=datalist&toukei=00130002&tstat=000001032793&cycle=7&year=20210&month=0（2022年5月20日引用）

- 2) Ahlstorm C, Victor T, Wege C et al: Processing of eye/head-tracking data in large-scale naturalistic driving data Sets. I IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems 2012; 13: 553-564
- 3) 一杉正仁: 運転者の健康を考える. Prog Med 2012; 32: 1595-1599
- 4) Parker D, Reason JT, Manstead AS, et al: Driving errors, driving violations and accident involvement. Ergonomics 1995; 38: 1036-1048
- 5) Hartman E: Driver vision requirements. No. 700392. SAE Technical Paper 1970; 629-630
- 6) Konstantopoulos P, Chapman P, Crundall D: Driver's visual attention as a function of driving experience and visibility. Using a driving simulator to explore drivers' eye movements in day, night and rain driving. Accid Anal Prev 2010; 42: 827-834
- 7) Dukic WT, Broberg T, Selander H: Driving characteristics of older drivers and their relationship to the useful field of view test. Gerontology 2017; 63: 180-188
- 8) Perdriel G: Visual information and road safety. Bull Acad Natl Med 1994; 178: 1075-1082
- 9) Guo Y, Wang X, Xu Q, et al: Change-point analysis of eye movement characteristics for female drivers in anxiety. Public Health 2019; 16: 1236
- 10) 三浦健一郎, 森田健太郎, 笠井清登, 他: 眼球運動を用いた精神医学診断・評価 システムの構築 精神医学 2018; 60: 23-31
- 11) Shaikh AG, Zee DS: Eye movement research in the twenty-first century—a window to the brain, mind, and more. Cerebellum 2018; 17: 252-258
- 12) Kunishige M, Fukuda H, Iida T, et al: Spatial navigation ability and gaze switching in older drivers: A driving simulator study. Hong Kong J Occup Ther 2019; 32: 22-31
- 13) Crundall D, Underwood D, Chapman P, et al: Experience and the functional field of view. Perception 1999; 28: 1075-1087
- 14) Iwata M, Iwamoto K, Kitajima I, et al: Validity and reliability of a driving simulator for evaluating the influence of medicinal drugs on driving performance. Psychopharmacology 2021; 238: 775-786

- 15) Morita K, Miura K, Fujimoto M, et al: Eye movement as a biomarker of schizophrenia: Using an integrated eye movement score. *Psychiatry Clin Neurosci* 2017; 71: 104-114
- 16) Brainard DH: The psychophysics toolbox. *Spat Vis*. 1997; 10: 433-436
- 17) Mackenzie AK, Harris JM: A link between attentional function, effective eye movements, and driving ability. *J Exp Psychol Hum Percept Perfor* 2017; 43: 381-394
- 18) Lappi O, Pekkanen J, Itkonen TH: Pursuit eye-movements in curve driving differentiate between future and tangent point models. *PLoS One* 2013; 8: e68326
- 19) Chattington M, Wilson M, Ashford D, et al: Eye-steering coordination in natural driving. *Exp Brain Res* 2007; 180: 1-14
- 20) Owsley C, McGwin G: Vision and driving. *Vision Res* 2010; 50: 2348-2361.
- 21) Jeong M, Tashiro M, Singh LN, et al: Functional brain mapping of actual car-driving using [18F]FDG-PET. *Ann Nucl Med* 2006; 20: 623-628
- 22) Liu Z, Zhang M, Xu G, et al: Effective connectivity analysis of the brain network in drivers during actual driving using near-infrared spectroscopy. *Front Behav Neurosci* 2017; 11: 21