

選択的注意と標識視認過程で発生する注視運動との関係性 Relationship between Selective Attention and Gazing Movement during a Sign Recognition

飯田 克弘¹, 石原 大貴²
Katsuhiko IIDA¹ and Daiki Ishihara²

交通死亡事故の主要因は、運転者の不注意による危険発見の遅れと報告されている。そのため、事故削減には注意の実態を明らかにし、それに基づいた対策を講じることが不可欠である。先行研究では標準検査法が確立している注意機能に着目し、その機能と運転挙動との関係を分析した結果の一つとして、Selective attention が低いと標識視認が遅れることが示唆された。本研究では、ドライビングシミュレータを用いた室内走行実験と注意機能検査を行い、注意機能と標識視認のプロセスで発生する注視運動(視覚的注意)との関係性把握を試みた。その結果、Selective attention が低いと判断される人は探索範囲が狭く、また前方注視率が低いと標識視認が遅れることが明らかになった。

Keywords: 注意機能, ドライビングシミュレータ, 探索範囲, 前方注視率

1. はじめに

令和6年版交通安全白書¹⁾によると、令和5年中の法令違反別(第1当事者)交通死亡事故発生件数は、安全運転義務違反が半数以上の55.3%を占め、そのうち漫然運転(16.0%)、安全不確認(12.4%)、脇見運転(10.0%)が多くを占める。漫然運転とは、考え事や会話等による意識や注意力の低下による危険発見の遅れ、脇見運転とは、注意すべき対象以外を注視すなわち脇見をしていたことによる発見の遅れ、安全不確認とは、危険が無いと判断して必要な安全確認をしなかったことや不十分だったことによる発見の遅れとされている²⁾。このように、交通死亡事故の多くは不注意が原因で危険の発見が遅れることが原因となって発生している。さらに、警視庁の発表によると、人的要因別にみた高齢者交通事故発生状況³⁾では、事故原因として、脇見や考え事をしていたなどの、発見の遅れが約81.0%を占めており、発見の遅れが生じる原因として、注意力や集中力が低下していることが挙げられている。これらのことから、死亡事故を削減するため、注意の実態を明らかにするとともに、不注意を抑制する方向で対策を講じることが必要であると言える。

この課題に関連して、筆者らは先行研究で、注意による行動の制御機能である注意機能と運転行動との関係把握を試みている⁴⁾。注意機能に着目した理由は、標準化された検査方法が開発されていること、検査結果に対応した注意機能改善プログラム⁵⁾が開発されていることを挙げている。注意機能には、いくつかの下位分類が考えられているが、先行研究⁴⁾ではSohlbergら⁶⁾の分類を使用している。この分類は、注意が一定時間集中して作業

を継続する機能である Sustained attention, 不要な刺激を抑制し本来の標的に意識を向ける機能である Selective attention, 複数の作業を交互に実施する機能である Alternating attention, 複数の作業を同時に実施する機能である Divided attention といった4つの機能を持つとする概念である。具体的には、ドライビングシミュレータ(以下、DS)を用いた室内走行実験から得られた運転挙動に関するデータと走行後の標準注意検査法(Clinical Assessment for Attention, 以下、CAT)による注意検査結果との相関分析を行なっている。結果として、Sustained attention と走行位置のばらつきとの間に有意な負の相関、Divided attention と前方注視率との間に有意な正の相関、Selective attention と視認点から標識までの距離との間に有意な正の相関をそれぞれ確認している。

この中で、Selective attention に関する結果は、Selective attention が低いほど運転中に標識の視認が遅れることを意味しており、先述した高齢者交通事故における発見の遅れが注意力の低下が原因であるという特徴との類似性を推察できる。本研究では視認の遅れには運転者の標識探索方法といった注視運動が関連していると考え、Selective attention と標識視認過程で発生する注視運動、つまり視覚的注意との関係把握を試みる。

運転者の注意と運転時の注視運動の関係に言及した既往研究として、斎藤ら⁷⁾は、運転中の覚醒度や注意度の低下の評価方法として眼球運動を用いる可能性について分析を行なっている。標識注視時の運転者の眼球運動についてDS実験からデータを取得しており、標識通過前後で眼球運動の標準偏差が増加する傾向があるという知見を得ている。ただし、眼球運動の標準偏差の増加が注

1 正会員, 博士(工学), 大阪大学大学院工学研究科

〒565-0871 大阪府吹田市山田丘2-1 e-mail: iida@civil.eng.osaka-u.ac.jp Phone: 06-6879-7611

2 非会員, 修士(工学), 清水建設株式会社

意度とどのように関連しているかは明らかにされていない。稲上ら⁸⁾は、高齢者の視覚機能、認知機能の衰えと運転中の視線運動との関係について分析を行なっている。ヘッドマウントディスプレイ内で運転中に注意すべき状況を再生し、注意すべき認識対象への注視回数と再生時の視野角を測定するとともに、被験者の視覚機能と注意機能を測定している。ロジスティック回帰分析の結果、視覚機能が運転中の視線運動と関連があるという知見を得ているが、注意機能と視線運動の関係までは明らかにされていない。

本研究では、Selective attention が低いと標識の視認が遅れる原因を標識視認過程で発生する注視運動、具体的には探索範囲（3.1 で後述）と前方注視率に（3.2 で後述）着目し分析する。探索範囲については、注視している範囲が広い方が標識を早く視認できると考えた。また、前方注視率については、前方を注視している時間が長い方が標識が視界に入る機会が多くなるため、標識を早く視認できると考えた。注意機能、標識視認過程で発生する注視運動および標識の視認を関連づけた既往研究はなく、得られる知見から事故削減に向けた支援情報が得られると考えた。

2. 室内走行実験

2.1 実験概要

本研究では、2023年11月15日～17日、同20日～22日、同24日、同27日～29日の計10日間で30名の被験者に対し実験を行った。先行研究⁹⁾と同様に、被験者ごとにDSを用いた模擬走行を実施してもらい、走行後にCATによる注意検査を行った。なお被験者として、普通自動車免許を所有している学生を、筆者ら所属する大学内で募集した。本実験は大阪大学工学研究科による倫理審査にて承認を得た。倫理審査承認番号は5-2-1である。

2.2 実験で用いたDS・アイトラッカー

本実験で使用するDSは、PCおよび液晶プロジェクタ、正面および左右のスクリーン、模擬運転台（以下、運転台）、音響システムから構成される（図1）。他画面スクリーンは、正面が120inch、左右が150inchのスクリーンから構成されており、対応するプロジェクタから前景、左景、右景の映像が投影される。さらに運転台には、左右サイドミラーおよびルームミラーの役割を果たす、液晶ディスプレイが設置されており、後方風景の映像が映し出される。

ドライバの操作、すなわちハンドルおよびアクセル、ブレーキの使用量は、運転台により分解能1°（ハンドルは左右それぞれ160°、アクセル・ブレーキは22°が最大値）で検出され、1/66sのフレームレートでPCへと送

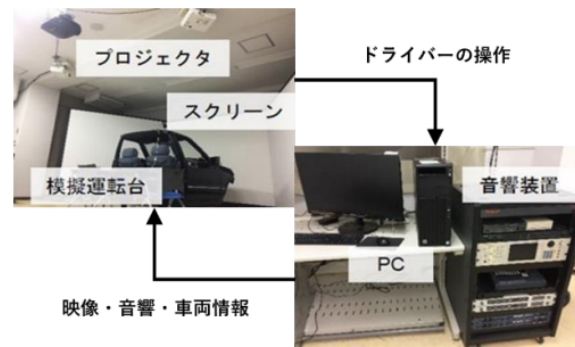


図1 DSの基本構成

信される。このアクセル・ブレーキの使用量に基づき計算される加速度に、車両の走行地点における縦断勾配や空気抵抗、コーナリング抵抗による加速度を加えることにより、車両の加速度が算出される。そして、これらの入力情報から、車両の速度、位置、進行方向が計算され、これに応じた映像が映し出される。さらに、車両の速度や地点情報などから、場面に対応した走行音が生成され、運転台に設置されたスピーカーにより再生される。このDSを用いた先行研究では、明かり部からトンネル進入部での走行速度推移や心拍数、注視率の再現性が高いこと⁹⁾、-3.2%から+3.7%の勾配変化のサグ部を含む区間において追従挙動を良好に再現すること¹⁰⁾など、走行結果の現況再現性が確認されている。なお、本実験では、車両は普通乗用車を想定している。

また本実験では、被験者の注視運動に関するデータを取得するため、トビー・テクノロジー株式会社のTobii Proグラス3のアイトラッカーを使用する。また、付属するソフトウェア（Tobii Pro Lab）を用いることで、アイトラッカーで取得したms単位の視線情報の解析や可視化ができる。

2.3 実験で用いた道路モデル

本実験では、Selective attention と注視運動の関係性を把握するため、先行研究⁹⁾で使用した2つの道路モデルを選定した。

(1) 新東名モデル

新東名高速道路下り線の新清水IC付近から新清水JCTを過ぎたあたりを再現した全長約11kmの道路モデルである（図2）。走行区間は、92.56kp-90.05kpである。

91.060kp地点付近に図2の標識が存在しており、先行研究⁹⁾では、このモデルを走行した結果から標識の視認開始地点（以下、視認点と略記。）を求め、それとCATにより取得したSelective attention との相関を分析している。

(2) 山陽道モデル

山陽自動車道上り線の播磨JCT周辺を再現した全長約7kmの道路モデルである（図3）。走行区間は、23.60kp-25.72kpである。

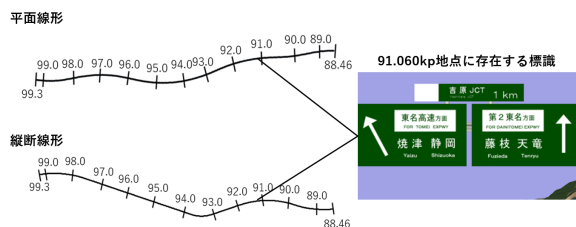


図2 新東名モデルの概略図

25.16kp 地点に図3の標識が存在しており、(1) 新東名モデルと類似した条件となっているが、こちらの標識の方が情報量が多いという差異がある。先行研究⁴⁾では(1) 新東名モデルと同様の分析を行い、Selective attention が低いほど標識の視認が遅いという知見を得ている。

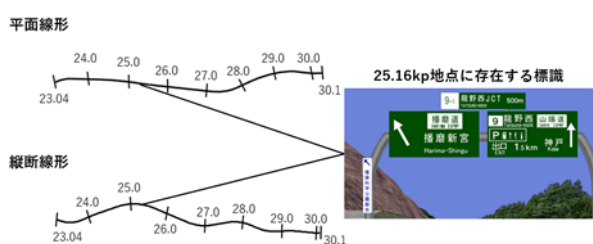


図3 山陽道モデルの概略図

2.3 走行条件

(1) 走行順

被験者1人につき2回走行を行った。ここで、先述した通り新東名モデル、山陽道モデルでは同種のデータ取得を目的とするため、これらの前後の組み合わせを考慮して、以下のように走行順を設定した。（表1）

表1 走行順一覧

1 走行目	2 走行目	人数[人]
新東名	山陽道	15
山陽道	新東名	15

(2) 周辺車両条件

被験者の意識が周辺車両に向けられ標識の視認に影響が及ぶ可能性を考慮し、先行研究⁴⁾と同様に周辺車両は配置しなかった。

2.4 実験手順

まず被験者には、実験で使用する装置、実験の流れについての説明を行った。事前説明の後、DSの運転座席に着席してもらい、そこで操作・運転方法の説明を行った後、DSの操作および運転感覚に慣れるための練習走行を3回行った。練習走行1は、車線変更やアクセル・ブレーキの操作に慣れることを目的としている。ここでは、伊勢湾自動車道上り線のみえ朝日インターチェンジから

みえ川越インターチェンジ周辺まで（18.472kp～11.620kp）を再現した道路モデルを使用し、周辺車両が存在しない条件で走行をしてもらった。走行中は、片側3車線の高速道路本線において、実験者からの車線変更やブレーキ・アクセルワークの指示に従って走行してもらった。このとき、DS走行と普通の走行とを比較して、走行音に違和感がある場合は、違和感のない音量に調整した。練習走行2は、カーブでのDSの操作や運転感覚に慣れることを目的としている。ここでは、名神高速道路上り線（505.000kp）から高槻JCTで分岐し（0.000kp）新名神高速道路下り線（～31.755kp）に向かうランプ周辺を再現した道路モデルを使用し、周辺車両が存在しない条件で走行をもらった。練習走行3は、案内標識や路面表示を参考に、走行開始前に指定した方面へ進む条件に慣れてもらうことを目的として実施した。具体的には、阪和自動車道下り線の松原方面（1.163kp）から美原JCT周辺（9.080kp）を再現した道路モデルを使用し、走行をもらった。このとき、「南阪奈道・橿原方面」と書かれたフリップを提示し、向かってもらうよう教示した。この際、走行速度を80km/hに保つよう教示した。

練習走行終了後、被験者にはDS運転座席から離れてもらい、換気を兼ねて10分ほど休憩をとった。休憩後、再度DS運転座席に着席してもらった。そして、アイトラッカーを装着し、キャリブレーションを行った。

走行前に、ガードレール等に衝突した場合は走行をやり直すこと、道を間違えてしまった場合も走行をやり直すことがあること、実験区間の最高速度は80km/hであることを実験全体に共通する教示として伝えた。走行速度の教示は、標識の視認が車両速度の影響を受けることを防ぐためである。実験走行では表1の走行順に従い2回走行を行った。新東名モデル走行前には「第二東名天竜方面」と書かれたフリップ、山陽道モデル走行前には「山陽道神戸方面」と書かれたフリップを提示し、分岐をその方向に向かってもらうよう教示した。各走行の間にはアイトラッカーのキャリブレーションを毎回行った。

実験走行終了後、被験者に別室に移動してもらい注意検査（2.6で後述）を受けてもらった。

2.5 取得データ

アイトラッカーにより取得したデータを用いて、視線座標と各注視点における注視時間を算出した。なお、先行研究⁴⁾と同様に注視の定義を30ms以上の視線滞留かつ眼球移動速度30deg/s以下とした。

2.6 注意検査

先行研究⁴⁾と同様にCAT¹¹⁾を用いて注意検査を実施した。標識視認過程で発生する注視運動との関連を分析するためにSelective attentionを評価した。また、1章で述べ

た通り、前方を注視している時間が長い（前方注視率が高い）方が標識が視界に入る機会が多くなるため、標識を早く視認できると考えた。ここで、先行研究⁴⁾では前方注視率は Divided attention との間に有意な正の相関が確認されている。そこで、Divided attention も評価し、Selective attention との関係を確認した上で、Selective attention と前方注視率との関連を分析する。

(1)視覚性抹消課題

課題の解答用紙（一部抜粋）を図4に示す。複数の数字の中からターゲットとなる数字（図4の場合「3」）をできるだけ速く見落としのないようにチェックする課題である。A3の用紙に数字が6行52列で配置されていて、1行に19個のターゲットが含まれている。ターゲットの総数は114個である。1行目の左端から右方向へ、続いてその下の行へ順次進んでもらい、開始から終了までの所要時間[s]をストップウォッチで計測する。また課題終了後、正答率[%]（ターゲットの総数に対する正答数の割合）を算出する。先行研究⁴⁾と同様に、所要時間[s]を Selective attention の指標として用いた。結果を図5に示す。

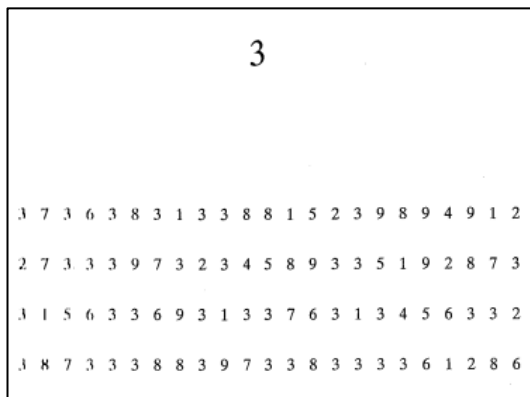


図4 視覚性抹消課題（一部抜粋）

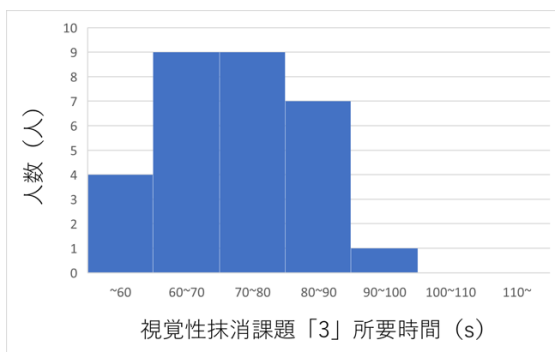


図5 視覚性抹消課題所要時間の個別分布

(2)Symbol Digit Modalities

Symbol Digit Modalities（以下、SDMT）は、9つの記号と数字が記載された対応表をもとに、記号に対応する数字を記入していく課題である（図6）。問題総数は110個

であり、制限時間 90s 以内にできるだけ多く記入してもらおう。課題終了後、達成率[%]（問題総数に対する正答数の割合）を算出する。先行研究⁴⁾と同様に、達成率[%]を Divided attention の指標として用いた。結果を図7に示す。

(▽	ト	Γ	+	>	+)	△
1	2	3	4	5	6	7	8	9

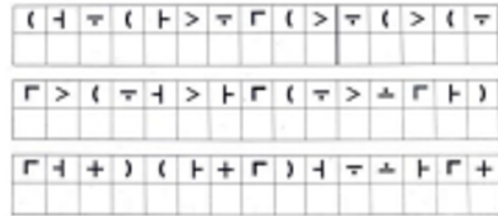


図6 SDMT 課題用紙（一部抜粋）

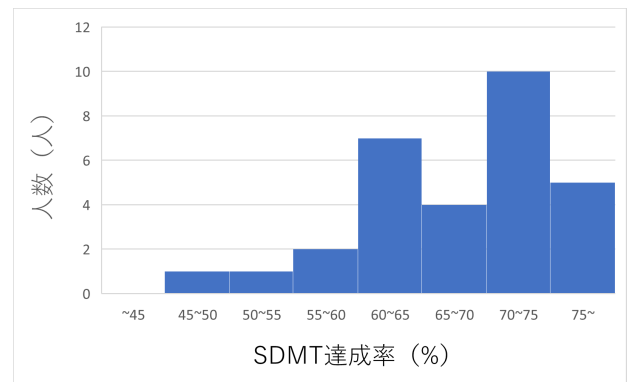


図7 SDMT 達成率の個別分布

また、CATのマニュアル¹¹⁾より、被験者と同年代である20代の視覚性抹消課題の所要時間の平均値が67s、標準偏差が10.26sであり、SDMTの達成率の平均値が67.9%、標準偏差が10.48%である。これらの値を基に、被験者の視覚性抹消課題の所要時間とSDMTの達成率を標準化し、同時分布を作成した（図8）。

視覚性抹消課題所要時間とSDMT達成率の同時分布より、Selective attentionとDivided attentionの水準が同年代の母集団で同程度となる被験者が6人、Selective attentionの水準がDivided attentionを上回る被験者が18人、Divided attentionの水準がSelective attentionを上回る被験者が6人であることが確認された。

ここで先行研究のデータを用いて算出した、視覚性抹消課題と前方注視率とのピアソンの積率相関係数は $r = -0.253$ ($p = 0.193$)となった。符号は、先に述べた Selective attention と Divided attention との関係を支持するものとなったが、有意でないため、直接相関を求める方法とは異なる方法で、Selective attention と前方注視率の関連について分析を試みる（3.2で後述）。

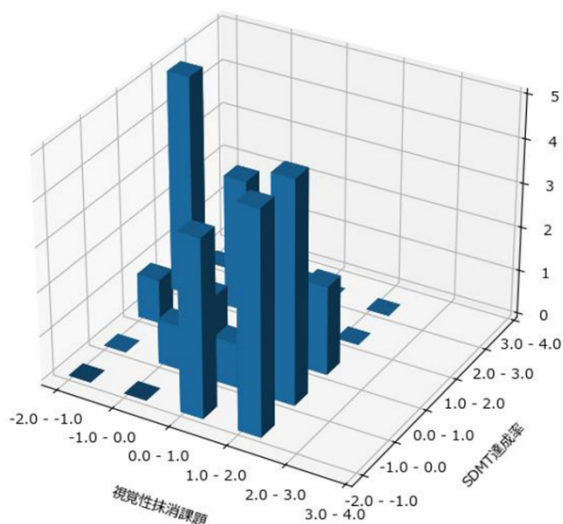


図8 視覚性抹消課題所要時間とSDMT達成率の同時分布

3. 分析方法

本研究では、新東名モデルと山陽道モデルのいずれにおいても、分析区間を運転開始地点から標識を初めて視認した地点までと定義した。標識の視認地点は、各被験者の運転者の視線データにおいて、初めて注視点が標識と重なった地点とした。また、視認地点から標識までの距離と視覚性抹消課題所要時間のピアソンの積率相関係数は、新東名モデルにおいて $r=-0.344$ ($p=0.062$)、山陽道モデルにおいて $r=-0.259$ ($p=0.168$)となり、先行研究と同様に Selective attention が低いほど標識の視認が遅れる傾向にあることが推察された。

3.1 探索範囲

探索範囲の指標として以下の先行研究が挙げられる。

増田ら¹²⁾は、運転時のハザード知覚および視線探索方略についてDS実験結果を用いて分析しており、探索範囲の指標として注視点のx座標の標準偏差を採用している。三村ら¹³⁾は、交差点のカラー舗装化前後で運転者の眼球運動を分析しており、実験では、実際の交差点を乗用車で走行しているときの運転中の眼球運動を収集している。運転者の情報収集範囲の指標として注視点のx座標とy座標それぞれの標準偏差が用いられている。高比良ら¹⁴⁾は、サラウンド映像視聴時の視線を収集し、注視点分布を楕円で近似することで求めている。この楕円は、長軸の半径を注視点のx座標の標準偏差、短軸の半径を注視点のy座標の標準偏差として、以下の式で面積を算出している。

$$S = \pi \times 2\sigma_x \times 2\sigma_y$$

(S:楕円面積, σ_x :注視点のx座標の標準偏差, σ_y :注視点のy座標の標準偏差)

これらの既往研究に準じ、本研究では標識探索中の探

索範囲の指標として、注視点のx座標とy座標それぞれの標準偏差および注視点分布を近似した楕円面積を採用する。

運転者の視線データから、注視点のx座標(水平方向)、y座標(垂直方向)を抽出し、それらを基に注視点散布図を作成した。図9に注視点散布図の一例を示す。この分布から、注視点の集まりが上下に分かれていることが確認できる。ここで、注視点散布図(図9)と前方映像を重ね合わせた図(図10)を確認した結果、上部の注視点の集まりが前方を注視していること、下部の注視点の集まりが速度メーターを注視していることが推察された。

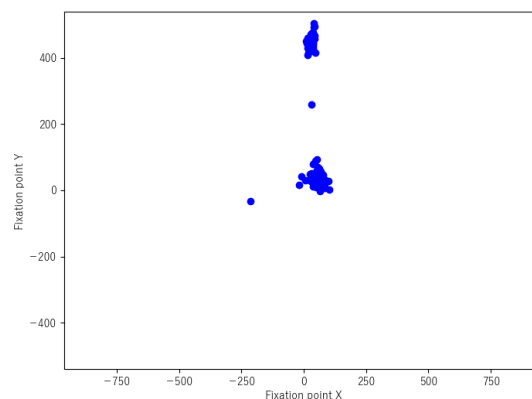


図9 注視点散布図

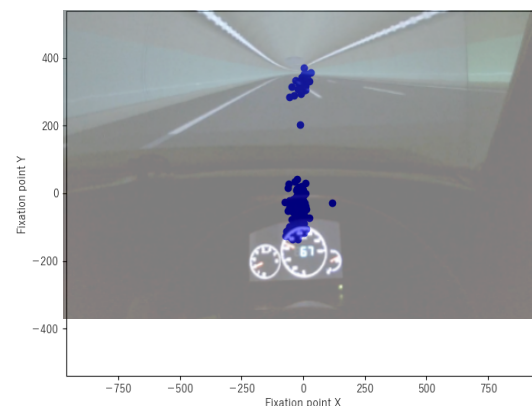


図10 注視点散布図と前方映像を重ね合わせた図

本研究では、標識の視認に着目しているため、前方を見ている上部の注視点を抽出する必要がある。注視点のy座標の中央値を閾値として、閾値よりも大きな注視点を前方を見ている注視点とした。

Selective attention が低いほど標識を探索する際の注視点のx座標およびy座標の標準偏差とそれらから算出される楕円面積が小さくなるかを検証した。まず、視覚性抹消課題の所要時間、x座標の標準偏差、y座標の標準偏差、楕円面積が正規分布に従うかをシャピロウィルク検定を用いて確認した。視覚性抹消課題と各項目の両者が

正規分布に従う場合、ピアソンの積率相関係数、いずれか一方でも正規分布に従わない場合には、スピアマンの順位相関係数を用いて無相関の検定を行い、有意な相関があるかを確認した。

3.2 前方注視率

アイトラッカーで取得されたデータを用いて、図9のデータに対して前方を見ている注視点とそれ以外の注視点に分類した。その後、全注視点における注視時間と前方を注視している注視点での注視時間を10ms単位で算出した。そして、先行研究⁴⁾と同様に以下の式で前方注視率を算出した。

$$G = \frac{t_z}{T} \times 100 [\%]$$

(G: 前方注視率[%], t_z : 前方を注視していた時間[s], T: 全注視時間[s])

Selective attention が低いほど標識を探索する際に前方注視率が小さくなるかを確認した。具体的には、Selective attention が低い群とそれ以外の群を作り、2群間の比較を行った。CATのマニュアル¹¹⁾に記載されている視覚性抹消課題の所要時間[s]の年齢別平均値に標準偏差を加えた値を基準値として設定し、基準より課題の所要時間が短い被験者18人と長い被験者12人の群に分けて比較を行った。課題の所要時間が基準値より長い群は Selective attention が低い群と位置づけられる。平均値に標準偏差を加えたものを基準値として設定した理由は、明らかに Selective attention が低い被験者を抽出して群を作り、そうではない群と比較することで群の特徴を把握するためである。Selective attention が低い群とそれ以外の群がそれぞれ正規分布に従うかをシャピロウィルク検定で確認し、正規分布に従う場合は対応のない t 検定を用いて平均値に差があるか確認し、どちらか一方が正規分布に従わない場合はウィルコクソンの符号付順位和検定を用いて中央値に差があるかを確認した。

4. 分析結果

視覚性抹消課題の所要時間をシャピロウィルク検定を用いて正規性の検定を行った結果、正規分布に従った ($p=0.384$)。総サンプル数は30である。

4.1 探索範囲

新東名モデルと山陽道モデルにおいて探索範囲の各項目はシャピロウィルク検定の結果、正規分布に従わなかった (すべての項目において $p < 0.05$)。そのためスピアマンの順位相関係数を用いた相関分析の結果を表2に示す。総サンプル数は30である。

これらの結果より、新東名モデルでは、有意な相関は確認されなかったが、山陽道モデルでは x 座標標準偏差

において有意な負の相関、楕円面積において有意な負の傾向が認められた。この結果から、Selective attention の低い人の注視運動の特徴として、水平方向の探索が少なく、全体的な探索範囲が小さくなることが推察される。広い範囲を探索する方が標識を早く視認できると考えられるため、探索範囲が小さいことが標識視認が遅れる原因であると考えられる。

表2 探索範囲の相関分析結果

	x 座標	y 座標	楕円面積
新東名モデル	$r_s = -0.145$	$r_s = -0.022$	$r_s = -0.099$
	$p = 0.445$	$p = 0.908$	$p = 0.603$
山陽道モデル	$r_s = -0.371$	$r_s = -0.063$	$r_s = -0.323$
	$p = 0.043^*$	$p = 0.742$	$p = 0.082^\dagger$

$p < 0.10^\dagger$, $p < 0.05^*$

4.2 前方注視率

2群比較の結果を示す。新東名モデルでは、両群が正規分布に従うかをシャピロウィルク検定用いて検定した結果 Selective attention が低い群 ($p=0.110$) とそれ以外の群 ($p=0.876$) とともに正規分布に従った。そのため、両群の平均値の差について対応の無い t 検定を行った。山陽道モデルでは、両群が正規分布に従うかをシャピロウィルク検定用いて検定した結果 Selective attention が低い群 ($p=0.906$) とそれ以外の群 ($p=0.528$) とともに正規分布に従った。そのため、両群の平均値の差について対応の無い t 検定を行った。これらの結果を表3に示す。

これらの結果より、新東名モデルにおいて前方注視率は、Selective attention が低い群がそれ以外の群よりも有意に低いことが確認された。山陽道モデルでは有意差が見られなかったが、新東名モデルと同様に Selective attention が低い群の平均値がそれ以外の群よりも低いことが示された。前方を見ている時間が長い方が標識を早く視認できると考えられるため、前方注視率が低いことが標識視認の遅れる原因であると考えられる。

表3 前方注視率の2群比較結果

	低い	それ以外
新東名モデル	40.97	49.90
	$t(30) = -2.401$ $p = 0.022^*$	
山陽道モデル	44.22	50.56
	$t(30) = -1.660$ $p = 0.110$	

$p < 0.05^*$

5. おわりに

本研究では、DS を用いた室内走行実験を実施し、

Selective attention と標識視認過程で発生する注視運動との関係把握を試みた。その結果、標識の視認が遅れる要因として、探索範囲が狭いことと前方注視率が低いことが確認された。

この結果を踏まえ、標識視認の遅れへの対策を考えた場合、狭い探索範囲を前提として、前方注視率を高めることが一つの方針として考えられる。たとえば、ヘッドアップディスプレイの導入により、速度計などの前方以外への視線移動を減らし、前方注視率を上げる可能性があると考えられる。

また、CATのマニュアル¹¹⁾より70歳代の視覚性抹消課題所要時間の平均値が103.7sであり、20代の平均値が67s(2.6(1)参照)と比較すると、Selective attentionが低くなっていることがわかる。これを踏まえ、冒頭で述べた高齢者交通事故の原因として指摘されている、注意力や集中力が低下したことによる発見の遅れへの対応を考察する。現在、75歳以上の運転者を対象として実施されている高齢者運転者講習では、認知機能検査が行われるが、一連の検査の過程で、緩衝課題として視覚性抹消課題と同様の検査が実施されている。つまり検査が行われているが、その結果が活用されていない状況にある。データ数を増やすなど本研究の精緻化が前提であるが、認知機能検査でSelective attentionが低い人を特定することが出来るのであれば、その人を対象に個別指導やトレーニングを実施することも可能になり、上述した交通事故発生状況の改善につながる可能性が考えられる。

参考文献

- 1) 内閣府：令和6年版交通安全白書
https://www8.cao.go.jp/koutu/taisaku/r06kou_haku/index_zenbun_pdf.html（最終閲覧日：2025年1月8日）
- 2) 田久保宣晃：交通事故データによる運転者のヒューマンエラーと心的負荷の一考察, IATSS review, Vol.30, No.3, pp.299-308, 2005.
- 3) 警視庁：防ごう！高齢者の交通事故！
<https://www.keishicho.metro.tokyo.lg.jp/kotsu/jikoboshi/koreisha/koreijiko.html>（最終閲覧日：2025年1月8日）
- 4) 飯田克弘, 中田渡月：機能面から見た注意と運転挙動との関連性の把握, 交通工学論文集（特集号）, Vol.11, No.2, pp.A_11-A_19, 2025.
- 5) 鹿島晴雄：注意障害のリハビリテーション, 神経心理学, Vol.6, No.3, pp.16-22, 1990.
- 6) McKay Moore Sohlberg, Karen A. McLaughlin, Antonella Pavese, Anke Heidrich & Michael I. Posner: Evaluation of Attention Process Training and Brain Injury Education in Persons with Acquired Brain Injury, Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology, Vol.22, No.55, pp.656-676, 2000.
- 7) 斎藤雄太, 丸山大岳, 山田光穂：交通標識通過前後における注視中の眼球運動の分散についての検討, パーソナルコンピュータ利用技術学会論文, Vol.12, No.1, pp.20-26, 2020.
- 8) 稲上誠, 青木宏文, 島崎敢, 岩瀬愛子, 薄雄斗, 寺崎浩子：ヘッドマウントディスプレイを利用した高齢ドライバのハザード知覚の評価, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol.22, No.3, pp.341-350, 2020.
- 9) 飯田克弘, 森康男, 金鍾旻, 池田武司, 三木隆史：ドライビングシミュレータを用いた室内実験システムによる運転者行動分析-実験データの再現性検討と高速道路トンネル坑口の評価-, 土木計画学研究, 論文集, Vol.17, pp.93-100, 1999.
- 10) 大口敬, 金子哲也, 飯田克弘, 渡邊亨：ドライビング, シミュレータを用いた道路線形と追従挙動特性に関する研究, 土木計画学研究, 講演集, Vol.24, No.2, pp.649-652, 2001.
- 11) 一般社団法人日本高次脳機能障害学会 Brain Function Test 委員会：標準注意検査法, 標準意欲評価法, 株式会社新興医学出版社, 2006.
- 12) 増田貴之, 芳賀繁, 國分三輝, 横田祐介：シミュレータ上の運転行動と視行動, 運転者特性及び交通状況の関係, 立教大学心理学研究, Vol.48, pp.23-24, 2006.
- 13) 三村泰広, 稲垣具志, 李泰榮, 野田宏治, 北畠正巳, 荻野弘：眼球運動からみた交差点カラー舗装化による注意喚起の定量化に関する基礎的研究, 土木計画学研究, 講演集, Vol.40, 2009.
- 14) 高比良 英朗, 篠原 未歩, 野坂 祐介, 横内 雅也, 山田 光穂, 平山 高嗣, 川西 康友, 出口 大輔, 井手 一郎, 村瀬 洋：サラウンド映像視聴時の注視点分布の分析, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol.24, No.3, pp.195-204, 2018.