

# 視覚情報が運転者の心理状態に及ぼす影響

阿部 哲<sup>1</sup>・皆川 勝<sup>2</sup>

<sup>1</sup>学生会員 東京都市大学大学院 工学研究科都市工学専攻 (〒158-8557 東京都世田谷区玉堤1-28-1)

E-mail:g1181702@tcu.ac.jp

<sup>2</sup>正会員 東京都市大学 工学部都市工学科 (〒158-8557 東京都世田谷区玉堤1-28-1)

人々の交通事故対策への関心は高まっており、多くの対策が行われている。しかし、生理指標を用いて交通事故対策を検討した研究は少ない。本研究では、道路環境の改善により交通事故防止対策に寄与するために、道路環境が運転者の心理状態及び視点に及ぼす影響を検討した。さまざまな道路環境における運転時の被験者の脳波から集中度とリラックス度を求め、同時にアイマークレコーダを用いて被験者の視点の動きを測定した。更に、用いられた動画に対する被験者の主観的評価をアンケートにより計測した。これらの結果から、運転者の日常的な運転頻度に対する意識等の要因と関連して、運転者の心理状態が変化すること、その影響が視点移動にも現れることが示された。

**Key Words** :traffic accident, road environment, electroencephalogram, eye-mark recorder, mental state, visual information

## 1. 序論

近年でも依然として交通安全性を高めるための施策が増えていることが窺える<sup>1)</sup>。土木工学の視点から交通事故防止対策を考えた際に、道路周辺の「景観」や標識などの「道路交通施設」といった「道路環境の改善が考えられる。しかし、現在行われている様々な高速道路内の交通事故対策として路面標示などがあるが、足立ら<sup>2)</sup>によれば、道路につきものの路面標示でさえ、その有効性は明確ではない。

平成23年中の高速道路における交通事故発生件数は図-1より1万1,718件で、これによる死者数は158人、負傷者数は6,524人であった。前年と比べると交通事故発生件数は-492件(-4.0%)、負傷者数は-731人(-3.5%)と僅かに減少したものの、死者数は26人

(13.8%)増加した。高速道路は自動車専用道路であり、原則として上下線が分離されていることから事故率は低く、平成23年で1億走行台キロ当たりの交通事故発生件数は7.8件である。しかし、高速道路では高速走行となるため、わずかな運転ミスが交通事故に結びつきやすく、事故が発生した場合の被害も大きく、関係車両や死者も多数に及ぶ重大事故に至ることが多い。このため、死亡事故率は、その他の道路の約2.5倍であり、依然として憂慮すべき交通情勢にある<sup>3)</sup>。

図-2の平成23年中の高速道路における事故類型別交通事故発生状況をみると、車両相互事故(構成率87.3%)が9割近くを占めており、中でも追突事故が69.2%となっている。交通事故件数の増減数を前年と比較すると、車両相互が大きく減少(前年比-441件、-4.1%)し、人対車両が大きく増加(同+37件、+30.6%)している。交通事故の構成率を法令違反別にみると、図-3に示すように、安全運転義務違反が構成率90.2%を占めており、中でも前方不注視と動静不注視で構成率65.4%を占めている<sup>4)</sup>。平成23年中の事故件数が最も多い路線は首都高速道路で事故発生件数は1,501件にのぼるため供用距離301.3kmであるので1kmあたりの発生件数は4.98件であり、こちらの値も全国で最も高い値であり、効果的な事故防止対策が早急に必要である。首都高速道路内の事故多発地点での事故の大半は追突事故であり、合流部や連続カーブやカーブが激しいランプ区間などでの漫然運転が原因である<sup>5)</sup>。新たな事故防止対策の検討や既存の事故防止対策の改善等多くの研究が行われている。

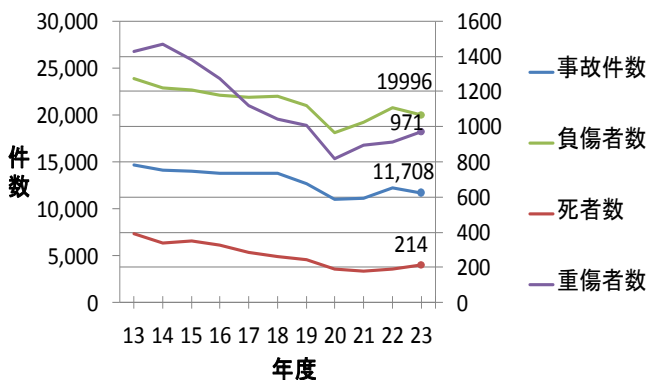


図-1 高速道路における事故発生件数の推移<sup>3)</sup>

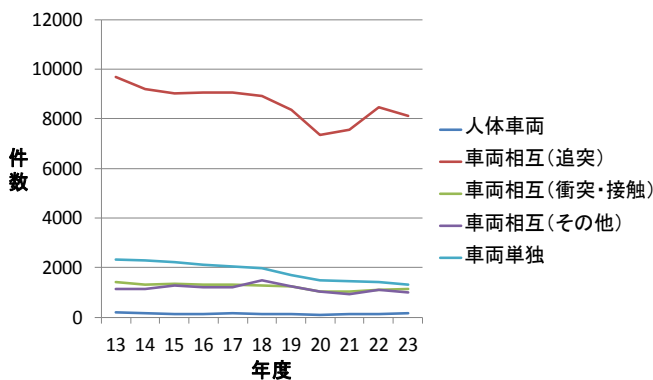


図-2 高速道路における事故類型別交通事故件数の推移<sup>4)</sup>

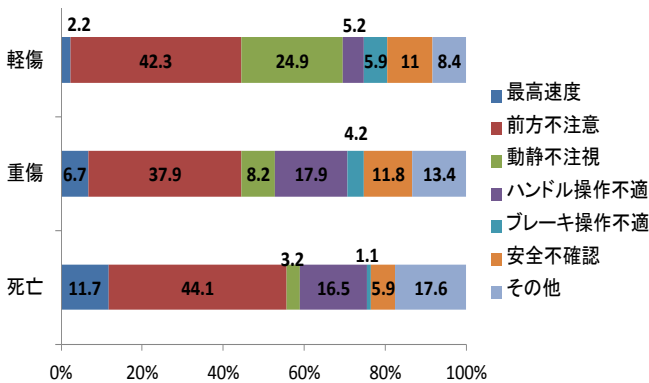


図-3 H23 高速道路における法令違反別交通事故状況<sup>4)</sup>

## 2. 既往の研究

単調な走行条件では、特に単路部区間において意識水準の低下が生じ、意識水準の低下した状態で交通の乱れる地点に進入した場合、適切な回避行動がとれない危険性が平田ら<sup>6)</sup>により、示唆されている。更に、交通量が多く、運転中の情報量が多い道路ほど標準認知率が低下する傾向があることが三井ら<sup>7)</sup>により指摘されている。足立ら<sup>2)</sup>によれば新しい交通安全対策であるシーケンズデザインを壁面に適用することにより運転者の速度抑制効果が期待できる。直線以外にもトンネル・カーブ区間での速度抑制、登り坂での速度増加、あるいはサグ部での速度安定化等、目的にあったシーケンズデザインの展開が可能であり、応用性が期待されている。

Cottrell ら<sup>8)</sup>は、運転者の意識調査結果に基づいて、高速道路沿いに設置される表示板に距離表示を加えることの有効性と、それにより運転危険性が増さないことを示している。運転者は変化があり情報量が非常に多くなる車外環境から必要な情報を選択しなければならないために高い集中力を必要とする。そして長時間集中し続けることで疲労を感じる。また車外環境の変化が単調で飽きが生じるような場合には漫然運転へ繋がる。このように道路環境は運転者の生理状態へ大きな影響を及ぼすが、生理指標の観点から考えている研究は少ない。

原田ら<sup>9)</sup>は、脈波により運転時の乗り心地を検討した。視覚情報を最初に処理するのが脳であり、それが心臓の鼓動に影響し、結果的に脈波に影響が現れる事から上流側の情報という意味で脳波は重要である。また、他の生理指標としてストレス評価が可能である唾液アミラーゼについては、走行中の道路環境が常に変化するために連続的な測定が必要であり、連続しての測定ができずタイムラグが生じる。

人は情報を得るのに視覚、聴覚、嗅覚などの感覚器官を用いるが、運転時においては視覚が約9割を占めるとされるため、道路環境が運転者の大きな情報源となる<sup>10)</sup>。全ての視覚情報は脳を通して処理され、それに対し人は反応し行動する為、視覚情報が主な情報源となる運転時において脳波は重要な生理指標となり得る。

三浦の研究<sup>11)12)13)</sup>によれば、複雑な運転場面になると、次々と迅速に注視点を移動していく。これは複雑な場面でより多くを見なければいけないという状況に対処していることとなる。混雑した交差点では、自分の周りを見る効率が大きく低下するとともに、他者から自分が見落とされる可能性が高くなることが示唆されている。事故多発区間での注視行動は事故が少ない区間に比べバラつきが大きくなることがわかっている。景山ら<sup>14)</sup>による研究では、事故多発曲線区間では情報獲得効率が低下することが示唆されている。高速道路において直線部と曲線部の各々における注視点の左右方向のばらつきは、前者よりも後者においての方が大きい事が鈴木の研究<sup>15)</sup>により知られている。古市ら<sup>16)</sup>は、注視挙動の測定により、高速道路曲線部の運転時の危険度を評価するモデルを提案しており、運転危険度に関して注視測定が有効であることが分かっている。

以上のことから、本研究では脳波測定装置を用いる。被験者に運転席から撮影した動画をスクリーンを通して視聴してもらい、視聴中の脳波データを分析する。同時にアイマークレコーダによる注視測定を行い、視覚情報として認識される道路内景観・既存の事故防止対策の存在によりどのような影響を及ぼすのかを明らかにすることで道路環境要因が運転者の生理状態へどのような影響を与えるのかを調査することを目的とする。

### 3. 脳波について

動物の脳は、常に様々な周波数からなる電気の振動を発生している。脳波測定とは動物の脳から生じる電気信号を、頭皮上などに置いた電極で記録し観察する方法のことを言う。医療での臨床検査として、また医学、心理学、工学領域での研究ツールとして用いられる。

H.Berger がヒトの脳波を観察して以来、脳波は脳機能を直接的、動的に測定できる有用な指標であり、最近では種々の病状を判断する他、人の諸特性を調べるためにも用いられている<sup>17)</sup>。

脳波は周波数によって  $\delta$  (デルタ) 波,  $\theta$  (シータ) 波,  $\alpha$  (アルファ) 波,  $\beta$  (ベータ) 波,  $\gamma$  (ガンマ) 波, の 5 つに分類され、人の気分の状態を表すことが分かっている。 $\alpha$  波より周波数の低い波を徐波、高い波を速波ともいう。一般に、人がリラックス状態にある時に  $\alpha$  波が出現し、ストレスを感じている時には  $\beta$  波が出現する。

## 4. 測定方法

### 4. 1 脳波の測定

脳波は連続して計測することができるため、シークエンス景観のように時間的に変動する道路環境に対する生体反応の測定に適している。本実験では脳波測定器 MindSet (NeuroSky 社製) を用いた。写真-1 に外観を示す。Bluetooth(A2DP)が搭載されておりワイヤレスでの測定が行える。センサーは、脳から発信される電気信号を、額に置いた 2 個の脳波センサーからキャッチし、前頭部と側頭部の電位差を測定する。キャッチした電気信号は増幅、ノイズ除去され、デジタル信号になって出力される。NeuroSky 社では、研究用として標準的とされている BIOPAC SYSTEM 社の生体信号測定装置を用いて、NeuroSky の脳波センサーと比較する様々な実験を行っており、NeuroSky の脳波センサーから得られるデータが、脳の認識状態 (cognitive states) や情動状態 (emotional states) を含む、重要な周波数帯を検知するのに十分な感度があることを示しており、信頼性が高いと考えている<sup>18)</sup>。本研究では、NeuroSky が開発した解析ソフト「eSense アルゴリズム」を用いることで、脳波測定によって得られた脳波を「集中度」「リラックス度」という指標で表すことができる。1 秒ごとに 1~100 のレベルで解析することができる。60~80 の値は通常時より高いレベル、20~40 の値は通常よりも低いレベルと解釈される。

写真-2 に示すように、着用はヘッドバンドを装着する際と同じであるが、センサーが皮膚に直接接触するようにしなければならない。測定器は非常に繊細な為、センサーが確実に接していないと測定が安定しないことが

あり、微妙な振動によるズレや、人によっては耳の形や髪量により測定が困難になることがあるため注意が必要である。

運転者が安全走行を行う際に様々な状況変化に対応するためには高い「集中度」が必要である。同時に急な状況判断に適切に対応するためには高い「リラックス度」も兼ね備えてることで瞬時に適切な対応が行うことができると考えら、運転には「集中度」と「リラックス度」のバランスが重要であることが言える。このことから「集中度」と「リラックス度」は運転時の運転者の生理状態を知る指標として適していると考えられる。運転中における「集中度」「リラックス度」の変化から道路環境が運転者にどのような影響を与えるのかを評価することとした。

### 4. 2 注視点の測定

注視点の測定にはアイマークレコーダを用いた。視覚情報は大きな情報源であり、注視点測定を行うことにより、視覚情報が運転者にどのような影響を与えたのかを脳波測定と併せて検討する。

本実験では、株式会社ナックイメーজテクノロジー製アイマークレコーダ EMR-8 を用いた<sup>19)</sup>。メガネ型になっており被験者の眼球の動きにより注視点の測定を行うことができる。アイマークレコーダを着用した状況を写真-2 に示す。

### 4. 3 アンケートによる主観的評価

アンケートを作成し、被験者が回答することで主観的評価を含めた分析を行う。

本実験で用いたアンケート内容を表-1 に示す。設問 1 は SD 法の概念を用いた心理指標アンケートであり形容詞対に尺度をつけた質問群に○を付ける。設問 2 は動画毎の評価を直接的に問う設問である。

事故の運転熟練度や、運転の好き嫌いなど運転への意識により脳波の反応の出方は変わってくる。運転に対しての意識を知るために図-4 のアンケートを取り被験者の特性を把握した。

### 4. 4 実験環境

実験は道路環境の評価であり視覚に特化していること、動画撮影の際に車体の微震動による雑音などの不自然な音が入ることから音声無しで行うこととする。微量な騒音・光・温度や湿度の変化等によって、測定値に変化が生じる可能性があることから、外部と遮断された実験用の個室を用いた。内装としては、天井工事・壁塗装等によって白色に統一し、椅子・机・エアコン・加湿器・暗幕のみを設置し被験者にストレスを感じさせない空間とした。

動画の視聴方法は既存の研究<sup>20)</sup>を参考に図-5のような視聴環境で動画を視聴し測定を行うものとする。1,620mm×1,220mmの大きさのスクリーンを使用し、被験者とスクリーン間の距離は、複数名で動画視聴を行い実運転に近くなると判断された、1.7mとした。

実験ではカメラにより撮影した運転動画をスクリーンに投影した映像を視聴してもらう。動画を用いる理由を以下に挙げる。第一にアイマークレコーダを着用しての運転が危険であり、測定器を装着しての運転実験を行うことができない。第二に、時間によって交通量や日照条件など道路環境が変化してしまうため、複数名の脳波測定をした際に各被験者のデータを比較分析するのが困難になる。第三に、実運転時と室内における動画視聴による道路景観評価の相関性に関する研究で、評価の相関性が高く動画を用いての道路景観の評価は有効であることが分かっている<sup>21)</sup>。脳波を安定させるために一般に人が不快に感じないと言われている、温度25~27℃・湿度50~60%に調整した。脳波を安定させるために、被験者には実験日前日に6時間以上の睡眠をとり、実験前12時間以内の飲酒、2時間以内の飲食、特に刺激物の摂取を禁止した。

表-1 アンケートで用いた形容詞対

1. 動画を見て全体的にどのように思いますか 当てはまるところに○をつけてください						
	かなり	やや	どちら でもない	やや	かなり	
バラバラな	1	2	3	4	5	統一感のある
親しみやすい	1	2	3	4	5	親しみにくい
充実した	1	2	3	4	5	空虚な
緑豊かな	1	2	3	4	5	緑が乏しい
すっきりした	1	2	3	4	5	ごてごてした
美しい	1	2	3	4	5	醜い
狭い	1	2	3	4	5	広い
窮屈な	1	2	3	4	5	整然とした
軽い	1	2	3	4	5	重い
単純な	1	2	3	4	5	複雑な
ありきたりな	1	2	3	4	5	特色のある
暗い	1	2	3	4	5	明るい
古い	1	2	3	4	5	新しい
硬い	1	2	3	4	5	柔らかい
人工的な	1	2	3	4	5	自然な
落ち着きのある	1	2	3	4	5	落ち着きのない
不自然な	1	2	3	4	5	自然な
楽しい	1	2	3	4	5	つまらない
遠近感のある	1	2	3	4	5	遠近感のない
開放的な	1	2	3	4	5	圧迫的な
快適な	1	2	3	4	5	不快な
安心	1	2	3	4	5	不安
運転しやすい	1	2	3	4	5	運転しにくい
安全な	1	2	3	4	5	危険な
眠気を誘う	1	2	3	4	5	眼の覚める
立体的な	1	2	3	4	5	平面的な
走りやすい	1	2	3	4	5	走りにくい
見通しのよい	1	2	3	4	5	見通しの悪い
総合的に好き	1	2	3	4	5	総合的に嫌い
総合的に良い	1	2	3	4	5	総合的に悪い

2. 前の動画を見て好ましいと思う方に○をつけてください  
前者      後者



写真-1 脳波測定

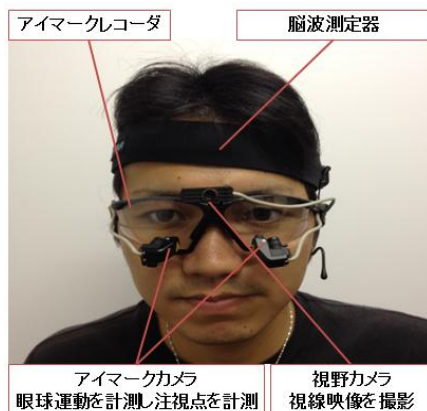


写真-2 実験器具装着状況

運転動画視聴に関するアンケート

学籍番号 \_\_\_\_\_ 名前 \_\_\_\_\_ 月 \_\_\_\_\_ 日 \_\_\_\_\_

1. 年齢 \_\_\_\_\_

2. 性別 男 ・ 女

3. 免許の有無 ある(習得年齢 \_\_\_\_\_) ・ ない

質問3で「ある」と答えた人のみ質問4, 5, 6を回答してください。

1. 運転が好き嫌い  
好き ・ やや好き ・ どちらでもない ・ やや嫌い ・ 嫌い

2. 運転の頻度  
毎日 ・ 週( )回 ・ 月( )回 ・ 年( )回 ・ その他( )

3. 事故経験(自動車運転時)  
なし ・ ある(どのような事故 \_\_\_\_\_)

図-4 被験者アンケート

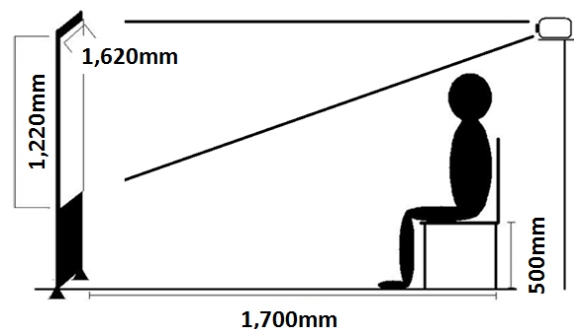


図-5 実験室の風景



図-6 各動画のシーケンス画像

## 5. 実験対象動画

本実験は道路環境に特化したものであり、一般道では歩行者等様々な状況変化が脳波形に及ぼす影響が大きいため撮影対象道路は高速道路とする。対象は、首都高速道路と新東名高速道路とする。首都高速道路は、交通事故が多く様々な事故防止対策が施されている。新東名高速道路は快適な運転をサポートするため緩やかな構造が特徴である。また、天候は測定結果に大きく影響することから、今回は全ての動画を晴天時に撮影した。

動画の視聴時間は2分とした。理由として、長すぎると動画を視聴する行為自体に飽きが生じ、動画自体の評価が行えない可能性があること、逆に短すぎると高速道路のように単調な道路環境に着目したい時に単調さを感じる前に動画が終了してしまうからである。このことを考慮し複数名で動画視聴を行い、意見を聞いた結果、2分が適切と判断した。選定した実験動画の詳細は以下の6パターンである。各動画のシーケンス画像を図-6に、各動画の特徴を表-2に示す。撮影した動画は路面の接続部などによりブレが発生したため、動画編集ソフトであるグラスバレー社製 edius5 による手ブレ補正をした。

## 6. 実験方法

実験は運転免許を有する大学生 12 名を対象とした。同世代を対象とすることで、年齢や運転熟練度による脳波のばらつきを少しでも防ぐためである。

実験手順を図-7に示す。脳波機器への接続の不具合等を確認するため、動画視聴の前後 1 分間を含めた計 4 分間脳波測定を行う。その後アンケートに回答する。この作業を 6 つの動画に対して行う。アイマークについては動画ごとに注視点のズレを修正しながら脳波測定と同時に測定する。

## 7. 測定結果の解析方法について

被験者 12 名で 6 パターンの動画を用いるため 72 の脳波データが測定される。しかし脳波測定器は繊細なため測定がうまく出来ないことがある。測定がうまく行われていないと測定された脳波が途切れてしまうことがある。測定が確実にできるまでに行い続けることもできるが、被験者への心身的な負荷や動画に慣れてしまうことにより脳波の結果へ影響がでることが考えられるため、一回のみ行なった。各被験者の動画の視聴順番はランダムとした。各被験者の脳波データの詳細は表-3に示す。全ての動画において「集中度」「リラックス度」は被験者によって図-8のようにバラついた。

本研究では「集中度」「リラックス度」が共に高い事が運転時に理想的な生理状態という観点から評価を行う。

漫然運転の原因は「集中度」の低下によるものが多く、運転には常に高い集中度を必要とする。しかし運転中に常に集中度を保つことは運転者に非常に負担をかけ、その影響により運転者が周りの状況変化に対応することが困難になることが予想される。そのため運転者には「集中度」と「リラックス度」のバランスが重要であると考ええる。微分値での評価を行う理由として、図-9のように測定値が高い被験者であっても「集中度」「リラックス度」の下降傾向が見られる場合や測定値が低い被験者の中にも「集中度」「リラックス度」の上昇傾向が見られる場合があり、測定値の変化率に着目することで事故防止対策の効果検証を行うことができると考え微分値での評価を採用した。

「集中度の微分値>0」「リラックス度の微分値>0」、  
「集中度の測定値>60」「リラックス度の測定値>60」と「集中度」「リラックス度」が高い状態である場合や上昇傾向である場合は急な状況変化に冷静に対応することが可能である生理状態と考える。「集中度」「リラックス度」の値が通常時よりも高いと評価される 60 以上の値を取る被験者、「集中度」「リラックス度」の微分値が正の値を取る被験者が 1 秒毎に全体の何割いるのか

をまとめ各事故防止対策等について評価を行う。その他の状態での脳波による評価については図-10に示す。

同時に各事故防止対策等の注視度についてもその時間帯に全体の何割いるかをまとめ各事故防止対策の設置効果などの考察を行う。横軸に「集中度」「リラックス度」を縦軸に注視度を取るグラフを図-11のように作成する。グラフの第一象限に当たる赤枠で囲われている範囲は「注視度」「集中度」「リラックス度」が共に高い状態のため、この範囲に点が多い程良好な状態であると言える。他の範囲については表-4に示す。

運転者の運転特性をアンケートにより調査した。免許取得年齢については実験対象者を学生と限定したことから区別化が難しいため着目せず、運転の頻度や運転の好き嫌いにより分けることとした。アンケートの結果は表-5の通りである。運転頻度については、「月1回以上」と「月1回以下」で運転熟練度を分けることとした。運転の好き嫌いについては、「どちらでもない」と回答した被験者が多く、「やや嫌い」では1名、「嫌い」については0名だったため運転が「好き」「やや好き」と「どちらでもない」「やや嫌い」で運転の好き嫌いを分けることとした。本研究では急な状況変化が起こる「追越車両」が存在する地点、運転をサポートする役割を持つ「標識」「看板」、事故防止対策である「赤色カラー舗装」「路面標示」について着目する。グラフ中でのa(attention)は集中度、m(meditation)はリラックス度、h(high)は運転頻度が高い被験者、l(low)は運転頻度が低い被験者、l(like)は運転が好き、d(dislike)はその他の被験者を表す。例えば「a-h」は運転頻度が高い被験者の集中度を示す。動画中のプロットには、「集中度」「リラックス度」の測定値が60以上の被験者、微分値が正の値である被験者がある時刻にどの程度割合で存在するかを表している。そのため1つのプロットに12名のデータが含まれていることになる。

表-2 各動画の特徴

動画No	高速道路名	動画の特徴
1	新東名高速道路	遮音壁が無く緑が多い。 車間距離確認線が存在。
2	新東名高速道路	遮音壁が無く緑が多い。 立体交差が多数存在。
3	首都高速道路	看板・構造物、カーブが多数存在。 交通量が多く対向車線は渋滞が発生。
4	首都高速道路	遮音壁が存在。 赤色カラー舗装を施したカーブが存在。
5	首都高速道路	遮音壁には壁面デザイン。 路面にはオプティカルドットが存在。
6	首都高速道路	初めは非常に高い遮音壁が存在。 その後低い遮音壁に変化する。

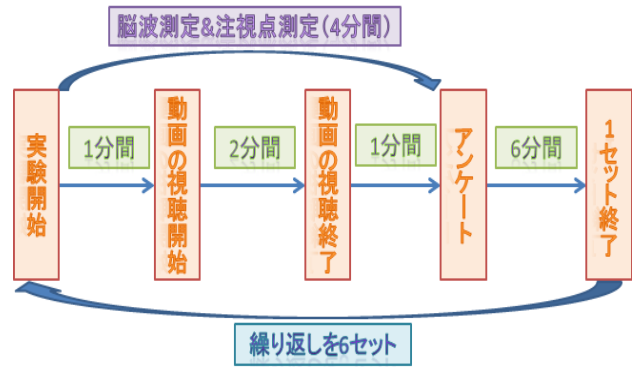


図-7 実験手順

表-3 脳波データの選定詳細

	被験者の有効データ											合計	
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k		l
動画1	○	△	○	△	x	○	○	x	△	○	△	△	10
動画2	△	○	○	△	○	○	○	○	△	△	△	△	12
動画3	○	○	○	○	x	△	△	△	△	x	△	○	10
動画4	x	○	△	△	x	△	△	○	△	△	△	△	10
動画5	○	△	○	△	x	○	△	△	△	○	△	△	11
動画6	○	○	○	○	△	○	○	○	△	△	△	△	12
有効データ数	5	6	6	6	2	6	6	5	6	5	6	6	65

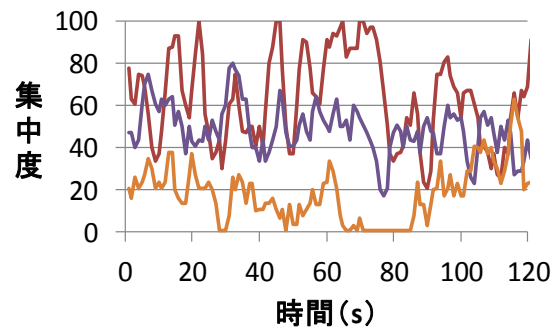


図-8 集中度における測定値の時刻歴の例

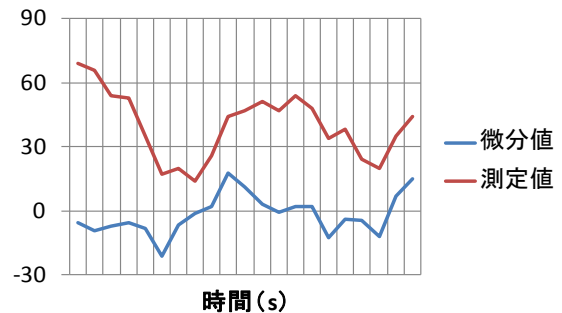


図-9 測定値と微分値の時刻歴の例

集中度の微分値>0, リラックス度の微分値>0の場合 = 急な状況に冷静に対応することが可能
集中度の微分値<0, リラックス度の微分値<0の場合 = 漫然運転を引き起こす可能性
集中度の微分値<0, リラックス度の微分値>0の場合 = 急な状況変化に対応できない可能性
集中度の微分値>0, リラックス度の微分値<0の場合 = 危険運転を引き起こす可能性

図-10 本研究の「集中度」「リラックス度」の解釈

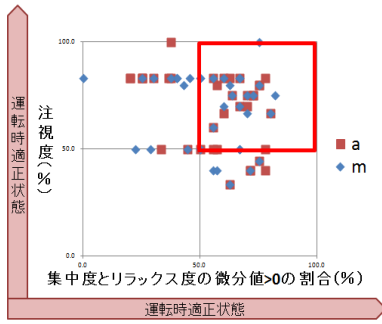


図-11 本研究の評価方法

表-4 グラフの説明

	第一象限	第二象限	第三象限	第四象限
測定値	高い状態	低い状態	低い状態	高い状態
微分値	上昇傾向	下降傾向	下降傾向	上昇傾向
注視度	高い状態	高い状態	低い状態	低い状態

表-5 被験者の運転特性

取得後 年数	運転の頻度			運転の好き嫌い				
	週1回以上	月1回以上	月1回以下	好き	やや好き	どちらでもない	やや嫌い	嫌い
a	3		0		0			
b	1		0				0	
c	3	0						
d	3		0			0		
e	2		0			0		
f	3	0		0				
g	5		0			0		
h	4	0		0				
i	4	0		0				
j	4	0				0		
k	2		0			0		
l	3		0			0		

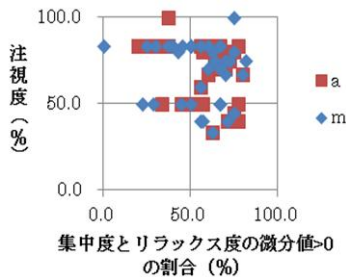


図-12 追越車両についての

集中度・リラックス度の微分値と注視度の割合

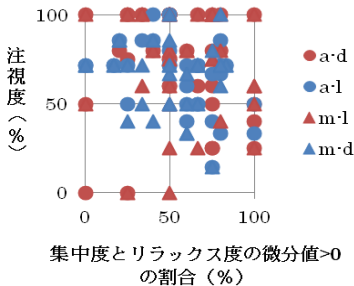


図-13 追越車両の運転の好き嫌いについての

集中度・リラックス度の微分値と注視度の割合

表-6 標識の大きさの分類

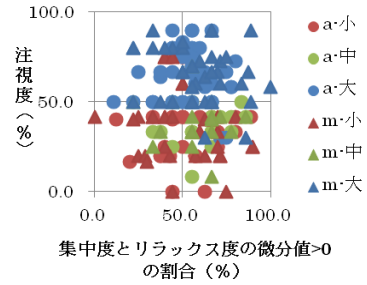


図-14 標識(全)についての

集中度・リラックス度の微分値と注視度の割合の関係

## 8. 交通状況・事故防止対策別のまとめ

### 8. 1 追越車両について

村田の研究によると<sup>22)</sup>, 運転中で1つの重要な対象と考えられる他の車両に対する注視は, 高速道路での通常の交通条件のもとでは, その比率が50%以上となるデータは得られていない。しかし, 図-12より「集中度」「リラックス度」の上昇傾向と高い注視度が確認できる。図-13より運転者の特性格別では「運転が好きで被験者」の方が注視度のバラつきが大きい事がわかる。「運転が好きで被験者」では追越車両を含む, より広い範囲に注意が向けられており良好な状態であるが注意散漫状態や漫然運転の危険性があると考えられる。「運転が嫌いな被験者」は追越車両に気を取られ, 周りの状況変化に対応できず前方不注意等による危険性があると考えられる。

### 8. 2 標識について

標識の大きさによる被験者の影響を調べるため, 標識の大きさを「大・中・小」の3つに分けて考察する。分類については表-6に示す。図-14より追越車両と同様に「集中度」「リラックス度」の上昇傾向が見られた。しかし追越車両と異なり注視度がバラバラであることから標識を注視する被験者の割合が少ないが, 標識が大きくなることで注視度が上がっていることが分る。全体での被験者の特性格別による傾向はみられなかった。標識の大きさ別に見ていくと, 図-15, 図-16, 図-17の特性格別グラフから標識(大)では「運転が好きで被験者」が「運転が嫌いな被験者」と比べ高い注視度である被験者が多い。標識(中)では「運転頻度が高く運転が好きで被験者」の注視度が高い事が分る。標識(小)については差がみられなかった。全体的に注視度にバラつきが見られることから標識のサイズや設置位置の検討によるメリハリによる簡易化や明確化等が有効な対策だと考える。

### 8.3 看板について

本研究では看板の大きさを「大・小」の2つに分け考察を行う。分類については表-7に示す。図-18より「集中度」の上昇傾向が確認できるが、注視度は低いことが分る。動画中から看板が存在する場面を確認すると写真-3や写真-4のように追越車両やカーブ、標識等の影響により「集中度」に上昇傾向が見られたのではないかと考える。看板の大きさについては、標識同様に看板が大きいほど注視度が高い事がわかる。看板の位置や色についても検討を行った。図-19、図-20より、どちらも「集中度」の上昇傾向が見られたが、全体的に看板が「青色」で「左側」にある場合の方が「赤色」「右側」に設置されている場合と比較し高い注視度である被験者が多いことが分る。図-21から図-28の特性別グラフより全体的に「集中度」の上昇傾向が確認できる。また、「運転頻度は低く運転が嫌い」な被験者は注視度が高く、「運転頻度が高く運転が好き」な被験者では注視度は低い事が分る。「青色」「左側」の場合「集中度」「リラックス度」共に上昇傾向が見られた。また、「運転頻度が高く運転が好き」な被験者の注視度が高い事が分る。看板の注視度が高い被験者は運転の慣れや飽きによる注意散漫状態により看板を注視することが原因として挙げられる。運転頻度や好き嫌いによって注視度や心理状態に変化をもたらす事が示された。

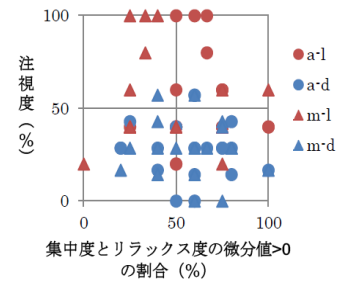


図-17 標識の大きさ (中) の運転の好き嫌いについての集中度・リラックス度の微分値と注視度の割合の関係

表-7 看板の大きさ分類



写真-3 看板が存在する場面1  
写真-4 看板が存在する場面2

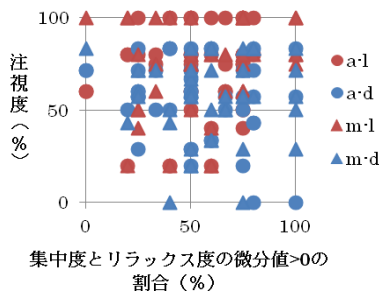


図-15 標識の大きさ (大) の運転好き嫌いについての集中度・リラックス度の微分値と注視度の割合の関係

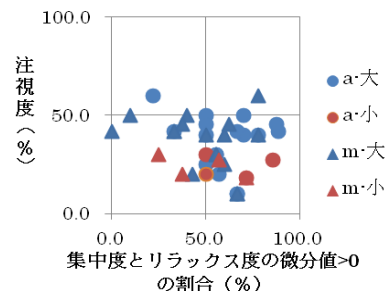


図-18 看板 (全) の大きさについての集中度・リラックス度の微分値と注視度の割合

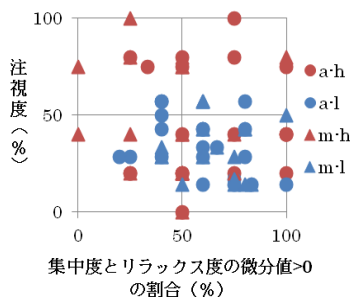


図-16 標識の大きさ (中) の運転頻度についての集中度・リラックス度の微分値と注視度の割合

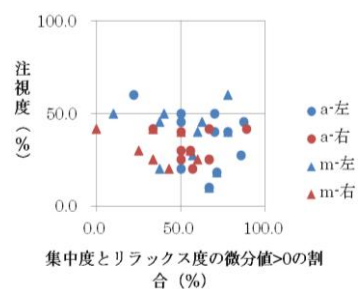


図-19 看板 (全) の位置についての集中度・リラックス度の微分値と注視度の割合



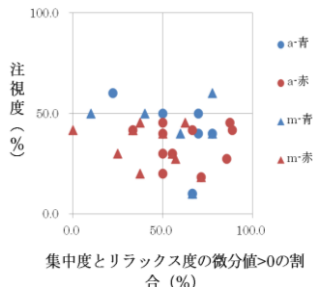


図-20 看板(全)の色についての集中度・リラックス度の微分値と注視度の割合

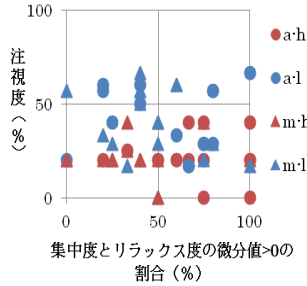


図-21 看板(赤)の運転頻度についての集中度・リラックス度の微分値と注視度の割合

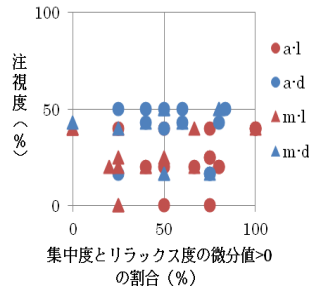


図-22 看板(赤)の運転の好き嫌いについての集中度・リラックス度の微分値と注視度の割合

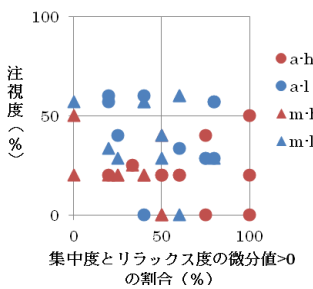


図-23 看板(右)の運転頻度についての集中度・リラックス度の微分値と注視度の割合

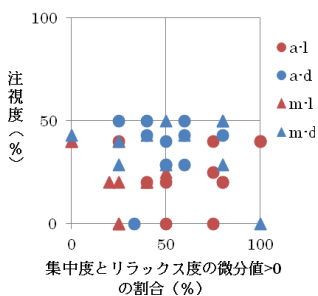


図-24 看板(右)の運転好き嫌いについての集中度・リラックス度の微分値と注視度の割合

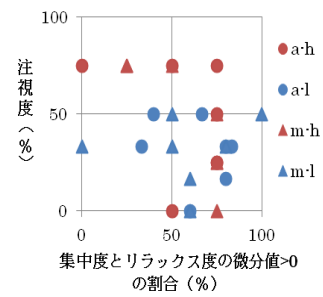


図-25 看板(青)の運転頻度についての集中度・リラックス度の微分値と注視度の割合

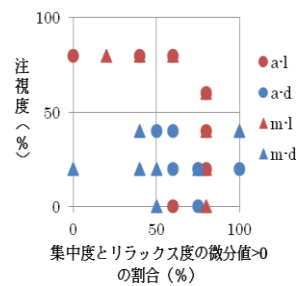


図-26 看板(青)の運転の好き嫌いについての集中度・リラックス度の微分値と注視度の割合

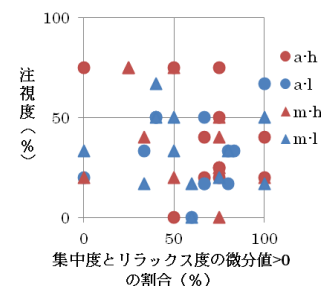


図-27 看板(左)の運転頻度についての集中度・リラックス度の微分値と注視度の割合

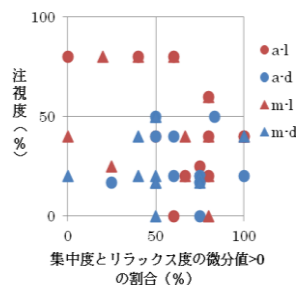


図-28 看板(左)の運転の好き嫌いについての集中度・リラックス度の微分値と注視度の割合

表-8 カーブ区間の分類



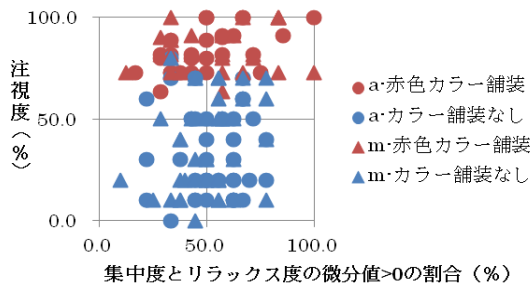


図-29 カーブ区間 (全) についての

集中度・リラックス度の微分値と注視度の割合

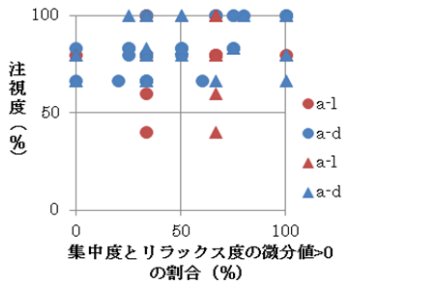


図-30 赤色カラー舗装の運転の好き嫌いについての

集中度・リラックス度の微分値と注視度の割合

表-9 路面標示の分類

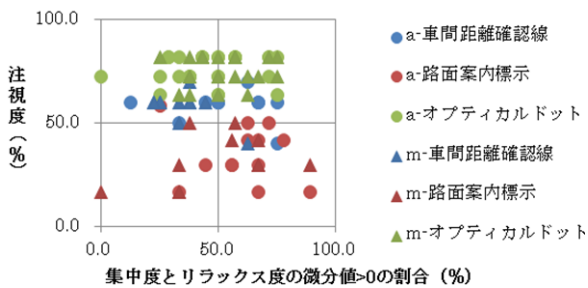


図-31 路面標示 (全) についての

集中度・リラックス度の微分値と注視度の割合

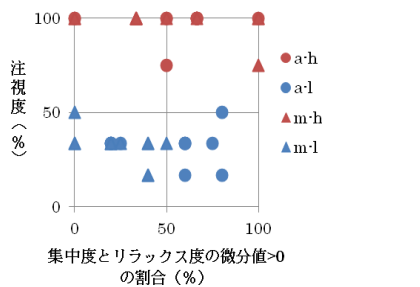


図-32 車間距離確認線の運転頻度についての

集中度・リラックス度の微分値と注視度の割合

## 8. 4 カーブ区間について

本研究ではカーブ区間を2つに分類し考察を行う。

2つのカーブ区間の分類については表-8に示す。図-29より通常のカーブ区間よりも赤色カラー舗装カーブの方が「集中度」「リラックス度」の上昇傾向がみられた。

図-30の特性別グラフより赤色カラー舗装では「運転が嫌い」である被験者の注視度が高い傾向であることが分る。通常カーブでは注視度が低いことから、今後新たな対策や改善が必要であると考ええる。

## 8. 5 路面標示について

本研究では路面標示を3つに分類し考察を行う。3つの路面標示の詳細については表-9に示す。図-31の路面標示のグラフを見るとオプティカルドットと車間距離確認線の注視度が高い事が確認できる。しかし、全体的に

「集中度」「リラックス度」の上昇効果傾向が見られなかったが、路面案内標示については「集中度」の上昇傾向が確認できることが分る。路面案内標示については注視度は低い「集中度」「リラックス度」の上昇傾向が

みられた。図-32から図-36の特性別グラフより、全体的に「集中度」の上昇傾向、「リラックス度」の下降傾向が見られた。車間距離確認線と路面案内標示では「運転頻度が高い」被験者、「運転が好き」な被験者に高い注視度が見られた。オプティカルドットでは「運転頻度が高い」被験者、「運転が嫌い」な被験者の注視度が高い。

「オプティカルドット」にのみ「運転が好き」と答えた人の注視度が低い結果となった。他の路面標示と違い同じ変化が長時間続くことで注視度が下がったと考え

られ、飽きられやすい傾向があると考ええる。

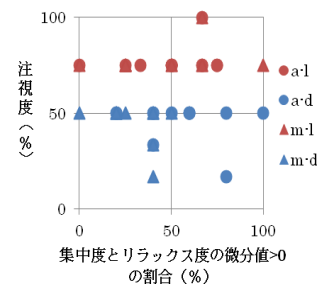


図-33 車間距離確認線の運転の好き嫌いについての

集中度・リラックス度の微分値と注視度の割合

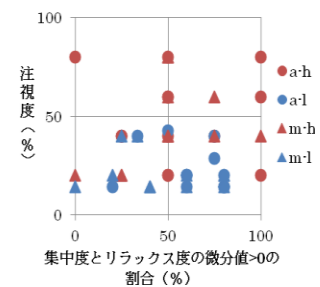


図-34 路面案内標示の運転頻度についての

集中度・リラックス度の微分値と注視度の割合

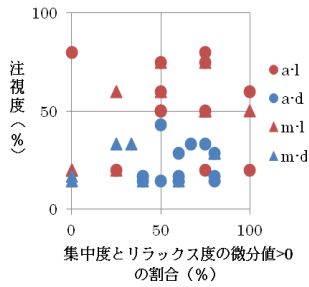


図-35 路面案内標示の運転の好き嫌いについての集中度・リラックス度の微分値と注視度の割合

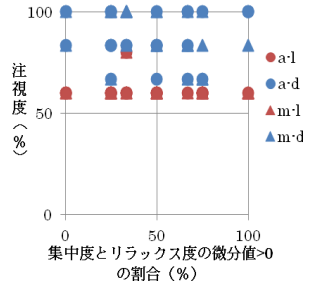


図-36 オプティカルドットの運転の好き嫌いについての集中度・リラックス度の微分値と注視度の割合

表-10 形容詞対の分類表

交通系の形容詞対		
楽しい	← →	つまらない
遠近感のある	← →	遠近感のない
快適な	← →	不快な
安心	← →	不安
運転しやすい	← →	運転しにくい
安全な	← →	危険な
眼の覚める	← →	眠気を誘う
走りやすい	← →	走りにくい
見通しのよい	← →	見通しの悪い
総合的に良い	← →	総合的に悪い
構造系の形容詞対		
統一感のある	← →	バラバラな
すっきりした	← →	ごてごてした
広い	← →	狭い
整然とした	← →	窮屈な
軽い	← →	重い
単純な	← →	複雑な
特色な	← →	ありきたりな
自然的な	← →	人工的な
開放的な	← →	圧迫的な
立体的な	← →	平面的な
印象系の形容詞対		
親しみやすい	← →	親しみにくい
充実した	← →	空虚な
緑豊かな	← →	緑が乏しい
美しい	← →	醜い
明るい	← →	暗い
新しい	← →	古い
柔らかい	← →	硬い
落ち着きのある	← →	落ち着きのない
自然な	← →	不自然な
総合的に好き	← →	総合的に嫌い

表-11 被験者別動画毎の評価順位表

動画No	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	得点	順位
1	1	2	1	1		2	0		2	2	0	1	12	2
2	2	0	1	1	1	1	2		2	2	2	1	14	1
3	0	0	0	1		0	1		0	0	0	1	3	6
4	1	0	2	1		0	0		1	0	1	0	6	4
5	1	1	1	1		1	1		0	1	1	2	10	3
6	0	2	1	0		1	1		0	0	1	0	6	4

## 9. アンケートについて

### 9. 1 アンケートの分析方法

アンケートの分析方法については、設問1では「道路構造に関わるだろう形容詞対」「道路の印象に関わるだろう形容詞対」「道路環境に関わるだろう形容詞対」を表-10のように3つに分類して考察を行う。被験者別のアンケート結果の項目別平均数値から評価を行う。設問2では動画毎の評価を直接的に問う設問であり、設問2について好ましいと評価された動画を+1点として動画毎の評価を行う。設問2の結果を参考にし、設問1の考察を行う。設問2の結果については表-11に示す。

### 9. 2 アンケート結果 (全体)

アンケート結果を図-37から図-39に示す。評価の高い動画1・2についてみると他の動画と比較して全体的に高評価であることがわかる。そこで首都高速道路である動画3から動画6について設問2から得た動画毎の評価順である表-11を参考に、評価の高い動画5と評価の低い動画3を比較した。図-40から図-42の評価グラフより「安心」「運転しやすい」「安全な」「落ち着きのある」等の形容詞対が高評価であった。このことから運転のしやすさに関わる形容詞対や人の精神状態を落ち着かせる様な形容詞対が高評価であるものは運転者にとって好ましい道路環境であると言える。「総合的に好き」という項目に着目すると必ずしも高い評価に繋がるわけではないことから「好き≠理想的な道路環境」の関係が成り立つといえる。「特色な」「充実した」等については低評価につながるという。「情報量を多く持つ充実した道路環境よりも単調で情報量の少ない道路環境」を運転者は好むと言える。また新東名高速道路である動画1・2は全体的に評価が高く、「眼の覚める-眠気を誘う」の項目については低い数値であるが、眼の覚める道路というのは必ずしも良い道路環境とは言えないことから運転者にとって理想的な道路環境であると考えられる。

### 9. 3 アンケート結果 (特性別)

表-12に示すように特性別の動画毎の評価点数表より運転頻度が高い被験者や運転が好きである被験者では全体の順位と同様の結果であることがわかる。運転頻度が低い被験者や運転が嫌いな被験者では首都高速道路である動画5について評価が高い事がわかる。運転頻度が低く運転が嫌いな人は開放的で単調な道路を好む傾向があるといえる。全体的に運転が好きであるものと運転頻度が高いものが同じような傾向を、運転が嫌いでも運転頻度が低いものが同じような傾向を示した。

設問1については表-12を参考に特性別に順位の高い動画と低い動画を図-43のように比較し評価を行なった。

運転頻度が高く運転が好きで高評価である動画では「単純な」「快適な」といった形容詞の評価が高い。運転頻度が低く運転が嫌いな被験者では「楽しい」「新しい」「開放的な」といった形容詞の評価が高い。

## 10. 考察とまとめと結論

本研究では事故防止対策が施されている地点について、脳波測定器による測定値とアイマークレコーダーによる注視点を確認、アンケート結果を集計し考察を行った。全被験者についての結果のまとめを表-13に、被験者の特性別評価の結果のまとめを表-14に示した。

### 10.1 生理指標による結論

・道路環境の変化だけではなく、運転者個人の運転頻度や運転に対する意識等、様々な要因により運転時の生理状態に変化をもたらす。そのため脳波測定といった生理指標で評価することは困難であるといえる。しかし実験条件等により被験者同士の精神状態や生理状態を統一することで生理指標による事故防止対策の評価は可能である。

・村田ら<sup>29)</sup>の研究によると、他の車両に対する注視度は50%以上となるデータは得られていないが、本研究では被験者のほぼ50%が注視している結果であった。そのため追越車両に気を取られ、周りの状況変化に対応できず前方不注意等による危険性があると考えられる。

・標識、看板では大型化により「集中度」「リラックス度」「注視度」を上昇させる効果が確認できた。そのため大型化を行うことで設置効果を上昇させることができると考える。

・カーブ区間では赤色カラー舗装を施すことによって「集中度」「リラックス度」「注視度」の上昇効果が見られ設置効果を確認できたと言える。そのため積極的にカラー舗装を施すことが事故防止に繋がると考えられる。しかしカラー舗装の増加による運転者の慣れによる効果減少も懸念されるため検討が必要である。

・路面標示の注視度は低いながらも効果的な事故防止対策であることが確認できた。しかし車間距離確認線、オペティカルドットでは「注視度」の上昇が見られたが明確な設置効果は確認できなかった。そのためカラー化等により「集中度」「リラックス度」「注視度」の上昇が期待できる。

・看板が「青色」の場合「運転頻度が低い被験者」「運転が嫌いな被験者」にのみ「集中度」「リラックス度」の上昇が見られた。このことから「カラー」によって被験者の特性別で変化があることが確認できた。「カラーの変化」により様々な応用が事故防止対策に期待できると考えられる。

### 10.2 主観評価による結論

・運転者は情報量を多く持つ充実した道路環境よりも単調で情報量が少なく安心、安全な走りやすい道路環境を好む傾向が見られた。

・運転頻度が高い場合運転自体に関心がなく運転を楽しむよりも快適に走行できる道路環境を好み、運転頻度が低い場合運転自体を楽しむような傾向が見られた。

残された課題として、動画を用いた室内実験における景観評価の相違性に関する研究により動画による室内実験での景観評価は有効であり、アイマークを着用しての運転が危険であるため動画を用いた実験を行い、実運転に近くなるよう室内環境の設定を行うことでより実走行運転実験に近づけるよう実験を行った。しかし、動画による室内実験では実運転の際に使用するサイドミラーやバックミラーによる影響や左右の道路環境の影響を考慮することができない。また、実際の運転では長時間の運転時に飽きが生じるが、動画を用いた実験では3分程度の動画を視聴する際にも飽きが生じる。そのため脳波を用いた実走行運転やドライビングシュミレーターによる比較実験、被験者数を増やすこと、他の事故防止対策の設置効果の検証、2車線道路と3車線道路の比較実験を行う必要性が挙げられる。

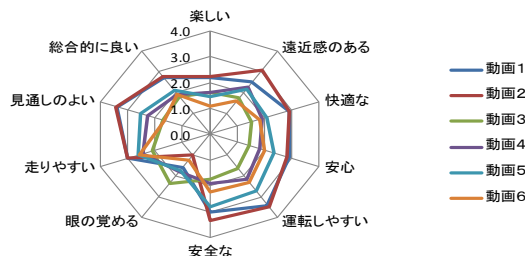


図-37 動画毎の交通系に関わる形容詞対の平均値のグラフ (全体)

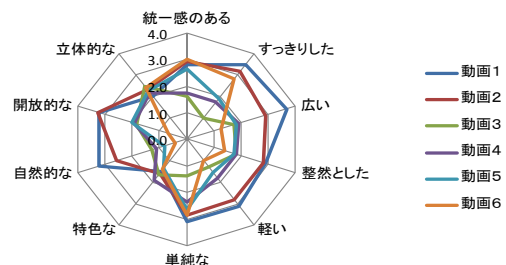


図-38 動画毎の構造系に関わる形容詞対の平均値のグラフ (全体)

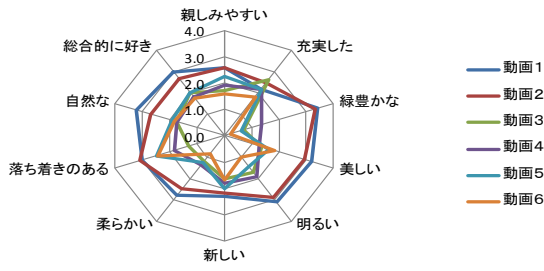


図-39 動画毎の印象系に関わる  
形容詞対の平均値のグラフ (全体)



図-42 動画毎の印象系に関わる  
形容詞対の高評価と低評価動画の比較

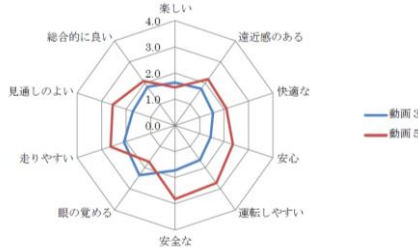


図-40 動画毎の交通系に関わる  
形容詞対の高評価と低評価動画の比較

表-12 特特別の動画毎の評価順位表

動画No	全体順位	high順位	low順位	like順位	dislike順位
1	2	1	3	1	3
2	1	2	1	1	1
3	6	6	5	6	5
4	4	3	5	3	6
5	3	3	2	3	2
6	4	5	4	5	4

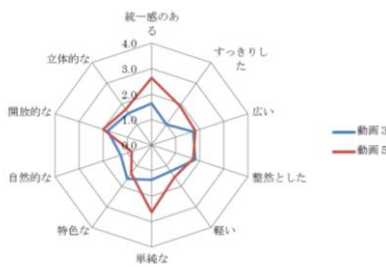


図-41 動画毎の構造系に関わる  
形容詞対の高評価と低評価動画の比較

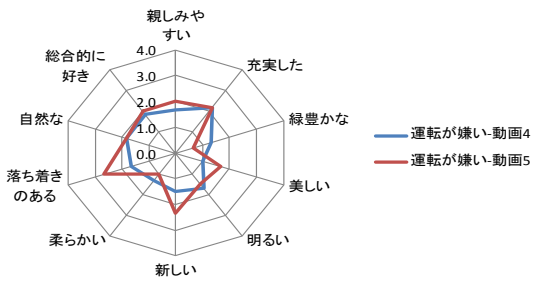


図-43 特特別評価例

表-13 生理指標の結果のまとめ (傾向が見られなかったものは「なし」と表示)

	生理指標による評価									
	全体		運転頻度				運転意識			
			高い		低い		好き		嫌い	
脳波	注視度	脳波	注視度	脳波	注視度	脳波	注視度	脳波	注視度	
追越車両	上昇	高	なし	中	なし	中	なし	なし	なし	中
標識(全)	上昇傾向	なし	なし	なし	なし	なし	なし	高い傾向	なし	なし
標識(大)	上昇	高	なし	なし	上昇傾向	なし	なし	なし	上昇傾向	なし
標識(中)	上昇	中	なし	中	上昇傾向	低	なし	中	上昇傾向	低
標識(小)	なし	低	なし	低	なし	低	なし	低	なし	低
看板(全)	上昇	低	上昇傾向	低	なし	低	上昇傾向	低	なし	低
看板(大)	上昇	低	なし	低	なし	低	なし	低	上昇	低
看板(小)	なし	低	なし	低	なし	低	なし	低	なし	低
看板(右)	上昇	低	なし	低	なし	低	なし	低	なし	中
看板(左)	上昇	低	上昇傾向	なし	上昇傾向	低	上昇傾向	なし	上昇傾向	低
看板(青)	上昇傾向	低	なし	なし	上昇傾向	低	なし	なし	上昇傾向	低
看板(赤)	上昇傾向	低	なし	低	なし	中	なし	低	なし	中
路面標示(全)	なし	中	なし	なし	なし	なし	なし	中	なし	なし
車間距離確認線	なし	中	なし	高	なし	低	なし	高	なし	中
路面標示	上昇傾向	低	なし	中	なし	低	なし	高	なし	低
オブティカルドット	なし	大	なし	高	なし	高	なし	高	なし	高
カーブ(全)	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし
カラー舗装	上昇傾向	高	なし	高	なし	高	なし	高	なし	高
カラー舗装なし	上昇	低	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし

表-14 心理指標の結果のまとめ

	心理指標による評価									
	全体		運転頻度				運転意識			
			高い		低い		好き		嫌い	
	高評価	低評価	高評価	低評価	高評価	低評価	高評価	低評価	高評価	低評価
動画(全)	動画2	動画3	動画1	動画3	動画2	動画3・4	動画1・2	動画3	動画2	動画4
動画(首都高内)	動画5	動画3	動画6	動画3	動画5	動画3・4	動画4・5	動画3	動画5	動画4
形容詞	統一感のある	充実した	単純な	親しみやすい	整然とした	親しみやすい	親しみやすい	新しい	親しみやすい	広い
	すっきりした	緑豊かな	快適な	広い	単純な	広い	広い	楽しい	新しい	整然とした
	美しい	特色な	自然な	整然とした	新しい	自然な	整然とした	開放的な	楽しい	単純な
	落ち着きのある	明るい		新しい	楽しい	遠近感のある	単純な	眼の覚める	開放的な	自然な
	安心	自然的な		楽しい	開放的な	快適な	遠近感のある	立体的な	快適な	遠近感のある
	運転しやすい			遠近感のある	立体的な	眼の覚める	快適な		眼の覚める	立体的な
	安全な			開放的な						
	走りやすい			眼の覚める						
見通しのよい			立体的な							

謝辞：本研究を進めるにあたり、ご多忙の中ご指導やアドバイスを頂いた都市工学専攻の皆川勝教授、副査をしていただく吉田郁政教授、中村隆司准教授に感謝の意を表します。

都市工学科の佐藤安雄技士には、新しい視点からのアドバイスも頂くことができました。また、実験の際に被験者を快く引き受けてくださり、ゼミや発表等を通じて多くの知識や示唆を頂いた皆様に感謝致します。

実験器具の貸出をはじめ、多くの有益なご指導を頂いた株式会社ナックイメーჯテクノロジー社の染谷晋氏に対し、ここに記して感謝を申し上げます。

参考文献

1)道路交通法：第六十五条、第七十一条の三。  
 2)足立幸郎,藤井康男,山田幸一朗,中村裕樹:シークエンスデザインを用いた速度抑制対策とその実験的検証,土木学会論文集,D.Vol.66,No.1,27-39,2010.1.  
 3)内閣府:平成 23 年交通安全白書,  
<http://www8.cao.go.jp/souki/index.html>  
 4)警視庁交通局:「平成 23 年中の交通事故の発生状況」の訂正について, <http://www.npa.go.jp/toukei/koutuu48/H21mistake.pdf>  
 5)警視庁:高速道路を利用する皆様へ,  
<http://www.keishicho.metro.tokyo.jp/kotu/kousoku/osirase1.htm>  
 6)平田輝満,飯島雄一,屋井鉄雄:都市内地下道路における運転者の意識水準低下に関する分析,土木計画学研究論文集, Vol.21,No.4, 2004.9.  
 7)三井達郎,矢野伸裕,水平真:運転者の規制標識認知に関する研究,土木計画学研究・論文集,Vol18,pp.833-842,2001.  
 8)Cottrell Jr. B.H. and Edara, P :Evaluation of adding distance information to freeway-specific service (logo) signs, Journal of Transportation Engineering, ASCE, Vol.137, No.11, pp.782-788, 2011.

9)原田隆郎,横山功一:生体脈波を用いた道路の乗り心地評価に関する基礎的研究,土木学会論文集, Vol.68,No.1,pp.40-51,2012.  
 10)E.Hartman:Driver vision requirements,Society of Auto motive Engineers,Technical Paper Series,700392,pp.629-630,1970.  
 11)三浦利章:運転場面における視覚的行動眼球運動の測定による接近,大阪大学人間科学部紀要,5,pp.253-289,1979.  
 12)三浦利章:視覚的注意と安全性,照明学会誌,Vol.82.No.3,pp.180-184,1998.  
 13)Shinar,D.,McDowell,E.D.and Rockwell,T.H.:Eye movement in curve negotiations, Human Factors,Vol.19,pp.63-71,1977.  
 14)景山一郎,荒井章好,栗谷川幸代:人間の環境情報処理から見た交通事故多発地点の原因解析報告書,国際交通安全学会,1999.  
 15)鈴木忠義:運転者注視点の性質,高速道路と自動車, Vol.IX. No.7,1966.  
 16)古市朋輝,門間健,岩崎征人:都市首都高速道路における運転者の注視挙動と運転特性,土木学会論文集, No.772.IV-65,153-167,2004.10.  
 17)柴崎浩:脳波の合理的な判読法,臨床脳波,pp.304-313, 1974.  
 18)NeuroSky Inc.:ホームページ.  
 19)株式会社ナックイメーჯテクノロジー:ホームページ.  
 20)進藤翔太:道路環境の安全性の脳波による評価,東京都市大学卒業論文,2012.3.  
 21)辰巳浩,外井哲志:自動車運転時と動画をを用いた室内実験における景観評価の相違性に関する研究,日本都市計画学会,都市計画論文集, No.44-3,2009.10.  
 22)村田隆裕:自動車運転者の注視対象に関する景観工学的研究,東京大学土木工科学学位論文, 1969.

(2013. 2. 28 受付)

## Effects of Visual Information on Mental States of mind of Drivers on Highways

Satoshi ABE supervised by Prof. Masaru MINAGAWA

Concern of people to traffic accidents is increasing and many measures have been performed. However, few studies on the measures have been done by using physiology indexes. In this study, in order to contribute to traffic accident prevention by road environment improvement, the influence of road environment on drivers' mental states and view-point distributions was investigated. Viewing videos corresponding at the time of operation in various road environments, subjects were measured concentration index and relaxation index by using brain waves as well as motions of view-point by using the eye-mark recorder. Furthermore, subjects' subjective evaluation to the used videos was measured by questionnaire. It is confirmed that drivers' mental states change in relation to drivers' driving frequency and consciousness to driving and that the effect of change appears in the movement of view-point.