

道路環境の安全の性脳波による評価

進藤 翔太

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)

E-mail : g0818054@tcu.co.jp

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が、生理指標からの対策を検討する研究は少ない。交通事故対策の為の道路環境の改善を検討する方法として、生理指標の中でも人の心理状態が判別できる脳波による評価を行い、道路環境が運転者に与える影響を調査した。運転時は道路環境をシーケンスとして認識するため、評価には静的なシーン画像ではなく運転時に近いシーケンス動画をと用いた。本研究では運転時に撮影した動画を被験者に見せ、その時に測定した脳波を分析し検討している。

Key Words : traffic accident, road environment, sequence, electroencephalogram

1. 序論

近年、人々の交通安全への関心は高まっている。そのことは2008年に施行された後部座席のシートベルト着用義務化や2009年に施工された飲酒運転への罰則強化などから窺える¹⁾。このことから交通事故防止策を考えることはさらに重要になっているといえる。

交通事故防止策には、自動車の制御や、交通ルールの変更・追加、車外環境の改善など様々な方法がある。土木工学の視点から交通事故防止策を行うことを考えた際、道路周辺の「景観」や、標識やトンネルなどの「道路交通施設」といった「道路環境」の改善が考えられる。

また、交通事故の一要因である漫然運転は運転者の生理や心理に関わっているとされる。しかし、道路環境の向上を考える際に、アンケートなどの心理指標に関する研究は多く行われているが、生理指標の観点から考えている研究は少ない²⁾³⁾⁴⁾。特に脳波についてはまだ研究が行われていないのが現状である。すべ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である。

以上の背景より、生理指標に脳波を用いて道路環境を評価し交通事故防止を考えることは、今後の交通事故防止に大きく役立つといえる。

本研究では、脳波測定装置を使用し、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。またその結果をもとに、事故の起こりやすい地点の対策を考察する。

2. 道路環境

2-1 道路環境の特徴

走行中において道路環境は連続的な変化を持つためシーケンスとして運転者に認識される。シーケンスとは連続を意味し、一続きのシーンによって構成される一連の流れを意味する。走行中の道路環境は人が立ち止まって景観を眺めるといったシーンとは異なり、一つの方向に進むにつれて空間を構成する要素が常に変化するという特徴を持っている。そのため、運転時の道路環境は多くの情報量を持つこととなる⁶⁾。

図-1は8秒間の動画を1秒ごとにキャプチャしたものをシーケンスの例として示した図である。8秒間という



図-1 車窓からのシーケンス景観の例

短時間でも道路環境が大きく変化していることがわかる。このことから運転時の道路環境の情報量がいかに多くなるかがわかる。

2-2 道路環境と生理指標の関係

人は情報を得るのに視覚や、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。そのため、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ぬ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的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。

3. 脳波

脳波とは、脳の活動によって生じる電位変化を数値化したものであり、周波数によってα波、β波、θ波などに分けられ、人の気分の状態を表すことが分かっている。従来、医療での臨床検査、また生理学、心理学での研究の方法として用いられている。周波数によって分類される人の状態を下の表 - 1 に示す。

4. 実験方法

4-1 脳波の測定方法

被験者の脳波を測定する装置として、図 - 2 に示すニューロスカイ社製のMINDSETを用いる⁹⁾。MINDSETは脳波を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常に時間的に変動する道路環境に対して、脳波の反応を測定するのに適していると考えられる。この測定器は額と左耳部のセンサーが付いており、そのセンサーが被験者の脳波をキャッチしBluetoothによりPCに受信し計測される。着用は図 - 3 のようにヘッドホン装着時と同じであるが、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。またこの測定器は非

表 - 1 脳波の周波数からわかる人の気分

脳波の種類	周波数	気分の状態
δ波	0.5~3Hz	深い眠り。
θ波	3~8Hz	夢を見ている。眠気。深い瞑想。
α波	8~12Hz	肩の力の抜けた状態。前向きな思考。警戒でない注意。
β波	12~30Hz	隔世。集中。警戒。
γ波	30~60Hz	記憶、認知力の高まり。不安。心配。

常に繊細な為、センサーの接触が確実に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。

また、ニューロスカイが開発した「eSenseアルゴリズム」という解析ソフトを用いることで、脳波測定によって得られた脳波を「集中度」という指標で表すことができる。eSenseアルゴリズム使用時の様子を図 - 4 に示した。画面に表示されているAttentionメーターが集中度を表し、縦軸が集中レベル、横軸が時間を表しており、1秒ごとに0~100のレベルで集中度を解析することができる。集

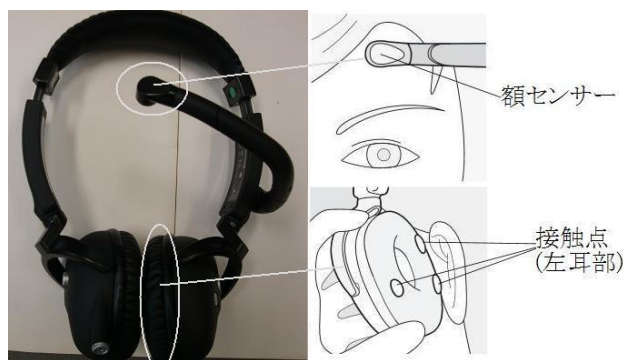


図 - 2 脳波測定装置の外形



図 - 3 脳波測定装置着用時

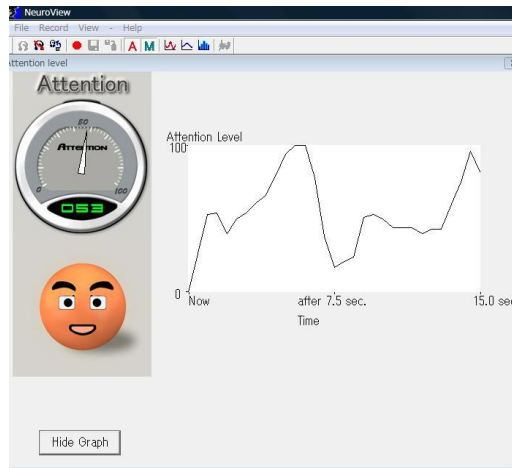


図 - 4 eSenseアルゴリズム

中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」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 脳波の評価方法

脳波の評価方法として、eSenseアルゴリズムより得られた集中度の値についての評価と、その集中度の変化率に着目して時間に対する微分値を用いての評価を行う。更に各被験者について同様の変化をしているところを明確にする為に標準偏差と平均値を用いて考察する。

4-3 動画の撮影方法・視聴方法

動画の撮影方法は吸盤型カメラスタンドを用いてデジタルカメラを図-5に示すように運転席前方に固定した状態でフロントガラスから車外景観の撮影を行う。撮影時に設置したカメラの高さは、地面から1,100mmである。使用したデジタルカメラの焦点距離は5-25mmである。

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。第一に脳波測定装置がヘッドホンの形状をしており、県で定められている条例により音を妨げるような耳を塞いでの運転が禁止されている為、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⁷⁾。

視聴方法は既存の研究を参考にし図-6のような視聴環境で動画を視聴し脳波を測定を行うものとする。実験で使用するスクリーンは泉社製のモバイルスクリーンRS-80 (1,620×1,220)を使用する。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、一番実運転に近くなるという理由で1.7mとした。実験時の視聴風景を図-7示す。

また今回の実験では音声無しで動画を視聴してもらうこととした。本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は無しで行うこととする。また音声無しで行ったため、実験時に実験とは関係ない外の音が聞こえてしまう場合がある。実験の際は外の音が入らないように注意を払ったが、入ってしまった場合はその都度チェックし脳波データへの影響を考慮する。



図-5 運転時の動画撮影風景

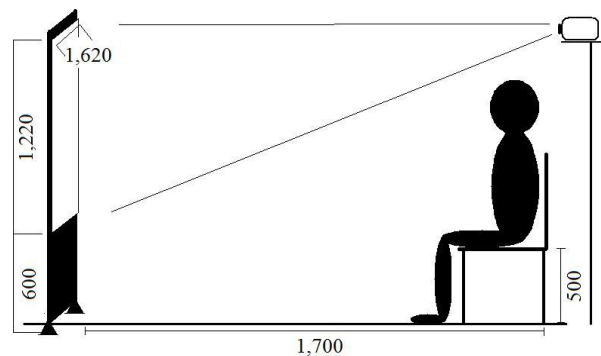


図-6 動画視聴方法



図-7 動画視聴風景

4-4 被験者アンケート

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と考えられる。運転に対しての意識を知るためにアンケートを取り被験者をタイプ別に分けての考察も行うこととした。

アンケートの内容を図-8に示す。このアンケートの運転歴と運転頻度から運転熟練度、好き嫌いから運転への苦手意識を調査し、被験者のタイプを分ける。

また動画視聴後に動画の内容について注目したところ、動画の内容ではなく視聴方法について気になってしまったところなどを聞き、動画に対しての脳波の反応ではないところを省くようにした。

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。
4. 運転が好き嫌い 好き ・ やや好き ・ どっちでもない ・ やや嫌い ・ 嫌い
 5. 運転の頻度 毎日 ・ 週（ ）回 ・ 月（ ）回 ・ その他（ ）
 6. 事故経験（自動車運転時） なし ・ ある（どのような事故_____）
- 次の質問は動画視聴後に回答して下さい
7. 動画内で注目したところ、気になったところ
 8. この実験の視聴方法で気になったところ

図 - 8 被験者アンケート

4-5 被験者

被験者は東京都市大学の学生21名と教授1名とした。ここで脳波の結果において測定の不具合により途中途切れてしまったりしているものは省いたため、実験結果では必ずしも22名全ての結果を用いていない。

5. 実験対象場所

5-1 動画撮影ルート

街路と高速道路では交通条件が異なるため道路環境が変わってくる。その為、高速道路と街路は分けて考えることが必要と判断し、対象場所は高速道路2パターン、街路2パターンの計4パターンを選定した。

選定する際以下の特徴に注意した。

街路は信号や交差点、原動機付自転車や人の交通、周りの建築物、看板など交通情報が多くの道路環境の変化が著しいため人は注意して運転する事が求められる。その為、原動機付自転車の接近や、信号での停止、交差点の通過、カーブ区間での警戒標識など変化に富んだ時間を選定した。また、交差点のようにどちらに進むか選択が迫られる際は曲がらないようにし、直進し続けることとした。

高速道路は、標識や樹木、消音壁、トンネルなどがあるが、一つの区間が長く、また樹木などは一定間隔で設置されているため単調な道路環境として運転者に認識される。さらに変化が乏しいことから、注意力が低下してしまう危険性がある。それらのことから、選定する際はこの特徴が感じられるよう、交通量が少なく、車線変更などを行わない時間帯にすることで、高速道路の景観や施設以外の変化ができるだけ入らないようにした。

また、時間は一つの動画につき3分とした。その理由として、長すぎると動画自体ではなく動画を視聴する行為自体に飽きが生じてしまい、動画自体の評価が行えない可能性があること、また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し意見を聞いた結果、3分が適切と判断した。

5-2 動画撮影ルートとシークエンス画像

選定した実験対象の詳細は以下の4パターンである。

街路aは神奈川県藤沢市湘南台の街路である。走行ルートの詳細は図-9に示した。信号待ち、バイク・原動機付自転車・自転車の接近、高架下の通過が特徴的である。また後半に植栽が一定間隔で植えてあるエリアがある。特徴的な場所のキャプチャ画像を図-10に示した。

街路bは同じく湘南台の街路である。走行ルートは図-9に示した。道なりのカーブが2か所あり、路上駐車を追い越す場所、aと同じく信号待ちがあるのが特徴である。特徴的な場所のキャプチャ画像のを図-11に示した。

高速道路aは、東名高速道路の大井松田ICから鮎沢PA間の一部である。走行ルートは図-12に地図に示した。2か所のトンネル区間を含むのが特徴的で、それ以外は植樹や防音壁が単調に設置している区間となっている。画内の特徴的な場面のキャプチャ画像を図-13に示した。



図 - 9 高速道路a, bのルート



図 - 10 街路ルートaのシークエンス画像



図 - 11 街路ルートbのシークエンス画像



図 - 12 高速道路aルート



図 - 13 高速道路aのシークエンス画像



図 - 14 高速道路bルート



図 - 15 高速道路bのシークエンス画像

高速道路bは、東名高速道路の由比PAから富士川SAを通り愛鷹PAまでの区間で主に富士川SA付近である。走行ルートは図 - 14に示した通りである。カーブ区間があり警戒標識であるシェブロンマーカーが多数設置してあるのと、景観が広く開ける場面があるのが特徴であり、その他は防音壁が設置してある区間となっている。またSA付近を通過するため案内標識が高速道路aに比べやや多くなっている。特徴的な場所のキャプチャ画像を図 - 15に示した。

6. 実験結果

6-1 使用可能な脳波データの選別

4-1で述べたとおり、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図 - 15に示すように測定された脳波が途切れてしまうことがある。その為、測定が失敗してしまったデータを省くこととした。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、一回のみ行うことにした。さらに、アンケートと視聴実験時の外部の音声チェックから、外部の雑音が気になったと回答した被験者のデータの中から、目立った外の音があった時間帯のものも省くこととした。

被験者22名で4パターンの動画を用いるため88の脳波データが測定されるが、そのうち上記の理由で省いたものは高速道路aで5個、高速道路bで4個、街路aで4個、街路bで11個の計22個になった。詳細は表 - 2に示す。

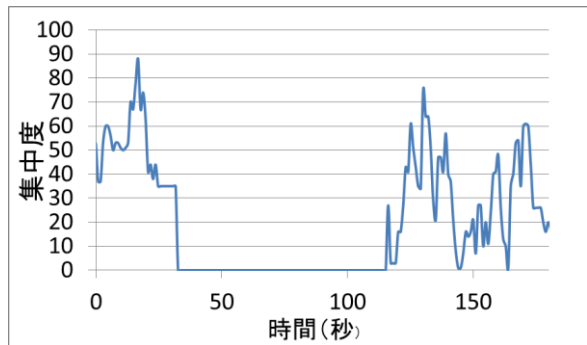


図 - 16 測定失敗例

表 - 2 実験データの選定詳細 (○が有効, ×が無効)

	被験者																				動画合計		
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t		u	v
高速道路①	○	×	×	○	○	○	×	○	○	○	○	○	○	○	○	×	○	○	○	○	×	○	17
高速道路②	○	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×	○	○	○	○	○	○	×	×	18
街路①	○	○	○	○	○	○	×	○	○	○	○	○	×	○	○	○	○	○	○	×	○	×	18
街路②	○	×	×	○	○	○	×	×	○	○	×	○	×	×	○	×	○	○	×	×	×	×	11
各人合計	4	1	2	4	4	4	1	3	4	4	3	4	2	2	4	3	3	4	4	2	1	1	64

6-2 脳波データの結果

(1) 脳波集中度

集中度は散布図によりグラフ化した。データが多く、また各被験者の結果がまばらな為、非常に見にくくなってしまうため、180秒間中の0~60秒間の結果を図-17から図-20に示す。

(2) 脳波微分値と標準偏差

集中度を微分した結果と、その微分値の各被験者に対する標準偏差の結果を図-21から図-28に示す。集中度と同じくデータが多いため180秒間中の0~60秒間の結果を示す。

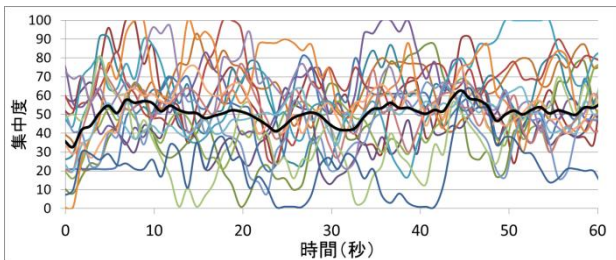


図 - 17 街路a集中度

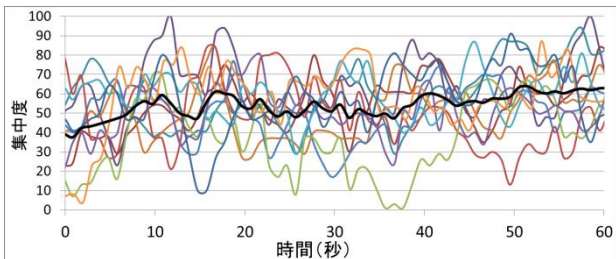


図 - 18 街路b集中度

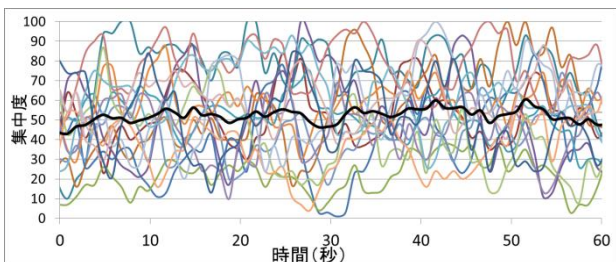


図 - 19 高速道路a集中度

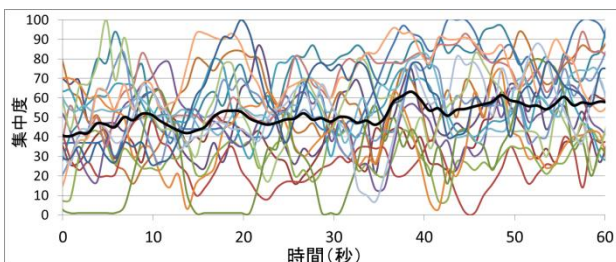


図 - 20 高速道路b集中度

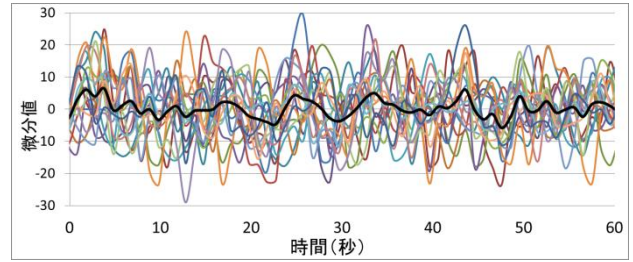


図 - 21 街路a微分値

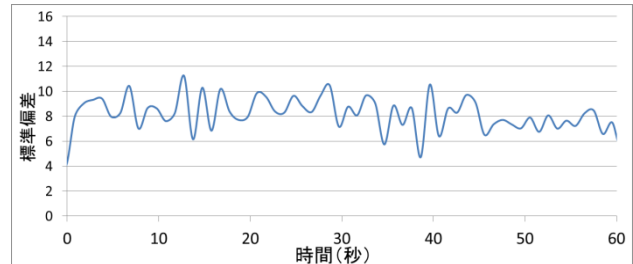


図 - 22 街路a微分値の標準偏差

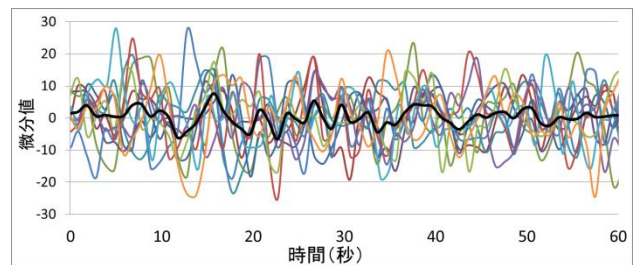


図 - 23 街路b微分値

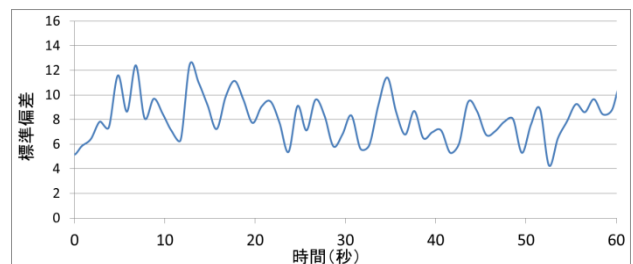


図 - 24 街路b微分値の標準偏差

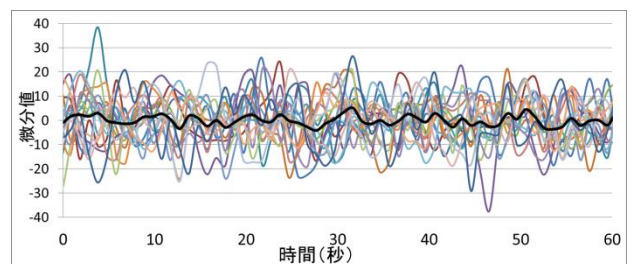


図 - 25 高速道路a微分値

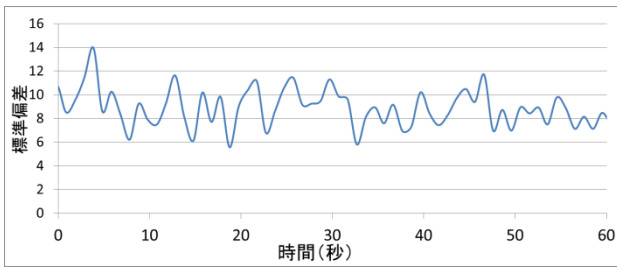


図 - 26 高速道路a微分値の標準偏差

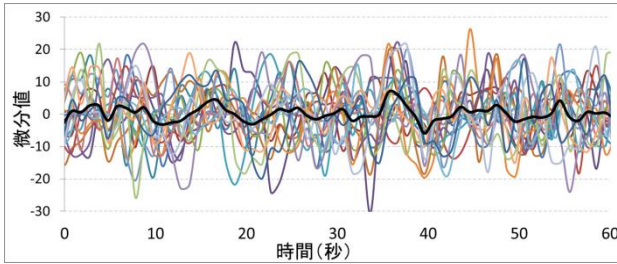


図 - 27 高速道路b微分値

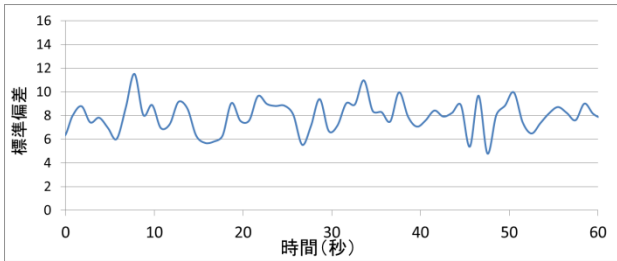


図 - 28 街路b微分値の標準偏差

7. 考察

7-1 集中度による評価

全ての動画において集中度は被験者によってバラつくことが分かった。このことから集中度による評価は困難と言える。その中でも数は少ないが集中度が似たような値を示した区間があった。

図 - 29のグラフより街路aの45秒付近において各被験者ともに高い集中度を示していた。その時間は図 - 30のように赤信号により停車する時であり、前方の車に接近していく時に集中度が高い値を示すことがいえる。図 - 31のグラフより街路bの128~133秒に関しても集中度は高い値を示した。この時間は図 - 32のように路上駐車車を発見してから追い越す手前の接近するまでの時間である。このことから車への接近行為は度の被験者に関しても高い集中を伴うことが分かった。

高速道路に関しては両パターンに共に各被験者で似たような集中度を表す時間帯は無かった。

ここでグラフの変化の仕方について着目すると絶対値は違うものの、変化の仕方については似たような傾向が見受けられた。その為、微分で表される変化率による評価

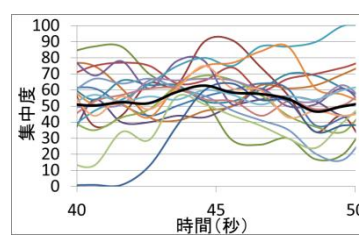


図 - 29街路a集中度45秒付近



図 - 30信号付近

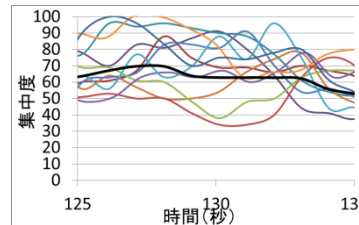


図 - 31街路b集中度130秒付近



図 - 32路駐付近

の方が適していると考えられる。

7-2 微分値と標準偏差による評価

微分値は6-2に示した結果からもわかる通り非常に値が上下する為グラフを主観的に見ただけでは傾向が分析しにくい。その為標準偏差を用いることで、各被験者の微分値が近い所を判別し、その点について着目することとした。また微分値は平均値を見て考察することとし、標準偏差は大体6以上を示すため、6以下を示した時を目安として着目することとした。

街路aについては、図 - 33の微分値の値と図 - 34の標準偏差から、90秒付近で集中度が増加する反応が見られる。この時間は交差点を通り過ぎる時で、かつ前の車と車間距離が狭くなる時である。また交差点を渡る歩行者がおり被験者は注目したと考えられる。図 - 35と図 - 36から176秒付近で集中度の増加が見られた。ここは動画の終盤であり、前方がT時路でつきあたりになる。そのため直進運転から次に曲がることをしようと考えた為にこのような反応が出たと考えられる。

街路bについては、図 - 37と図 - 38から42秒付近で集中度が減少することが分かった。ここはカーブ区間であり、直前に交差点があり信号を越えた後の地点である。交差点を越える時間である38秒付近では標準偏差は高いものの微分値の平均を見ると高いことから、交差点を越えたことによる集中度の低下と考えられる。カーブ区間で先の見通しが良くなく、集中は高まると予測されたがそうはならなかった。図 - 39と図 - 40から67秒付近で集中度が増加する事がわかる。交差点を通り過ぎる際に直前で黄色信号に変わるため、信号に注目し集中が高くなったと考えられる。図 - 41と図 - 42から126秒付近で増加しているのがわかる。この時間は7-1の集中度の考察でも述べたが路上駐車があり、近づいていくと集中度が

増加する。図 - 43と図 - 44から163秒と168秒付近で増加する事がわかる。この時間は2個目のカーブ区間であり、1個目のカーブとは違い交差点を含まないためカーブによる先の見通しの悪さから集中度が高まったと言える。この2点のカーブから交差点のあるなしによりカーブでの集中の仕方が変わってくる事がわかる。

高速道路aについては、図 - 45と図 - 46から33秒あたりで集中度が下降する傾向が見られた。ここは直前に景色が開ける場所が数秒あり、そこから植樹により周りを見渡すことができなくなる時である。開けた時に外の景色に注目していたが、植樹にさえぎられたことで注目点がなくなったことで下がったと考えられる。図 - 47と図 - 48から80秒過ぎに集中度が少し下がっているのがわかる。ここは一個目のトンネルの出口を抜け景色が広がって数秒たった場所である。直前の78秒あたりでは若干ではあるが正の変化が多く、トンネルを抜けたことにより外の景色が見えることで情報量が増え集中度が増えている。その反動で80秒過ぎに下がる変化が起きたといえる。図 - 49と図 - 50からは137秒で集中度が増加し、140秒あたりから減少する変化がわかる。ここは二個目のトンネル区間で、130秒あたりから前方の車両に近づいていき137秒には車間が狭くなっているため集中が上がったと考えられる。その後、その車間距離にも慣れ、更にトンネル内が単調であるため集中度が下がったと考えられる。図 - 51と図 - 52から175秒に大きく集中度が上昇しているのがわかる。ここは二個目のトンネルを抜けた時である。一個目のトンネルを抜けた時も若干の上昇が見られたが二個目の方が上昇が大きく、また標準偏差からも、多くの被験者が同じ傾向を示していることがわかる。この理由は一個目のトンネルが15秒間と短いに対し二個目は75秒と長距離だったため、二個目のトンネルを抜けた時の方がより外の景色への注目が高まったと考えられる。このことから長距離のトンネルでは飽きが生じてると考えられる。

高速道路bについては図 - 53と図 - 54から16秒から集中度が上昇しているのがわかる。ここは大きな特徴がなく周りに植樹がある区間である。遠くではあるが立体交差による橋が前方に見える。特徴がないためこういった気にならない対象でも注目し、集中度が高まったと考えられる。図 - 53と図 - 54から80秒過ぎに集中度が減少しているのがわかる。ここはカーブ区間であり、警戒標識であるシェブロンマーカや、道路に標示がしてある。直前で警戒標識等が視認できるようになったときは標準偏差は低いものの微分値からは集中度は上昇しており、このカーブ区間に入ってから下がる事がわかる。このことからカーブ区間の警戒標識等はカーブに入る前は注目し集中が上がるとされるが、カーブに入ってからあまり効果がないことが考えられる。

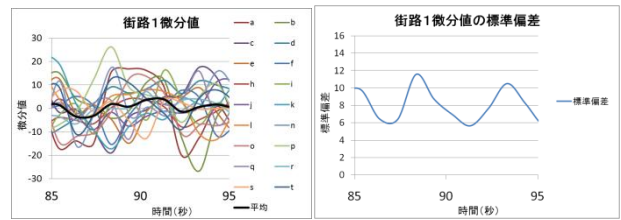


図 - 33街路a微分値 図 - 34街路a標準偏差

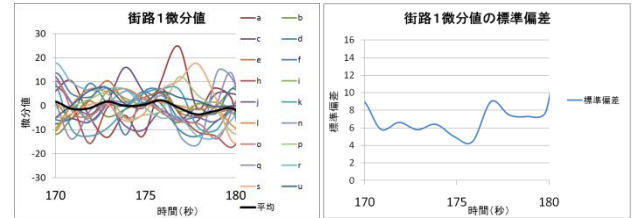


図 - 35街路a微分値 図 - 36街路a標準偏差

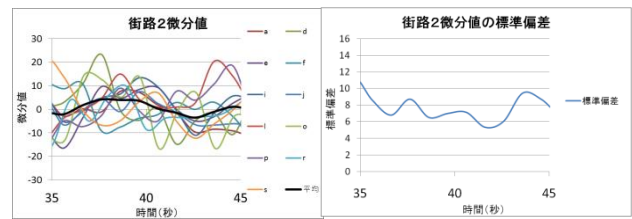


図 - 37街路b微分値 図 - 38街路b標準偏差

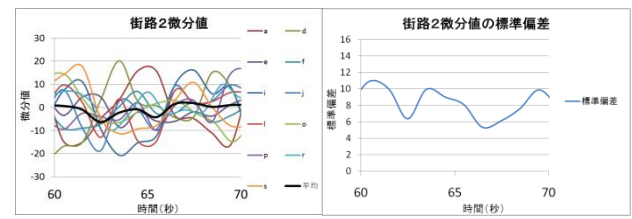


図 - 39街路b微分値 図 - 40街路b標準偏差

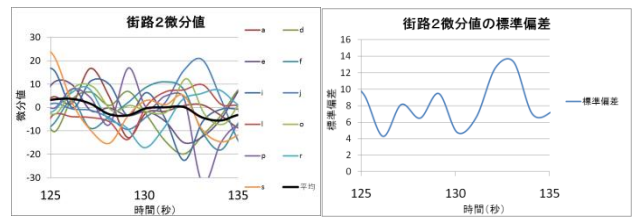


図 - 41街路b微分値 図 - 42街路b標準偏差

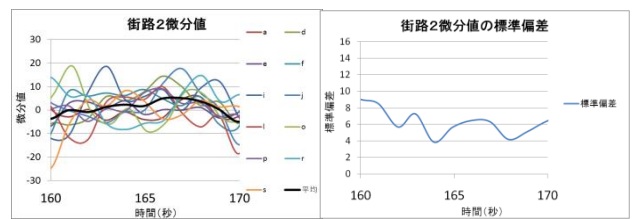


図 - 43街路b微分値 図 - 44街路b標準偏差

7-3 被験者のタイプ別による考察

(1) 運転熟練度別考察

被験者アンケートにより運転の頻度を調査した。習得年齢については実験対象者の大半が学生だったことから区別が難しいため着目せず、運転の頻度により分けることとした。アンケートの結果は図-57のとおりである。免許未修得者は無視した。また多くが月一回以下のと回答した被験者が多く、月二回以上は7名のみだったため、運転頻度が月二回以上と月一回以下で運転熟練度を分けることとした。

街路aについて、図-58から熟練者は75秒付近で減少傾向が見られた。ここは信号待ち後動き出した時である。未熟者に関してはその時間帯では各自違った反応を示している。図-59から熟練者は117秒あたりで集中度が増加しているのがわかるこの時はバイクが前方に現れる時間帯であるため、バイクに注目したためこのような反応が見られたと考えられる。図-60は未熟者の同じ時間帯を表したものである。標準偏差はあまり低くならないが、微分値の平均を見ると集中度が増加傾向であることが言える。これは各自集中はするがそのタイミングがばらついているためにこのようになったと考えられる。熟練者に比べると遅くに集中度が上がっているように見られる。

街路bについては、図-61と図-62から熟練者未熟者ともに50秒過ぎに一個目カーブを終えて見通しが良くなる時に集中度が増加する反応が見れるが、そのタイミングに違いが出るのがわかる。未熟者の方が少し早くに集中度が高くなっている。図-63と図-64から80秒過ぎに集中度が高くなる時がある。ここは信号で停止するため前の車に接近していく時であるが、熟練者の方が早い

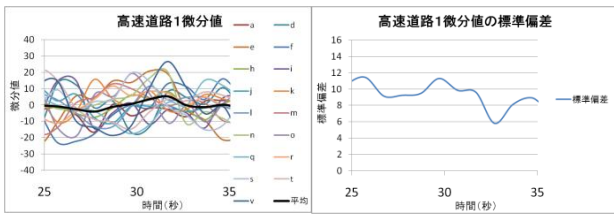


図-45 高速道路a微分値

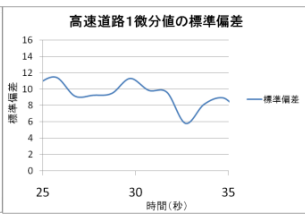


図-46 高速道路a標準偏差

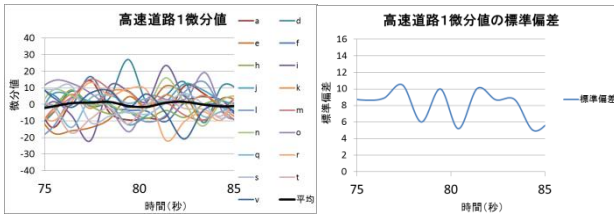


図-47 高速道路a微分値

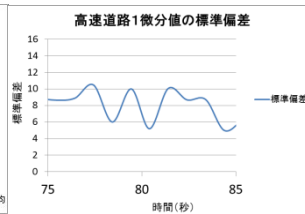


図-48 高速道路a標準偏差

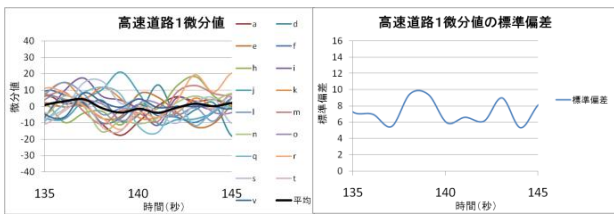


図-49 高速道路a微分値

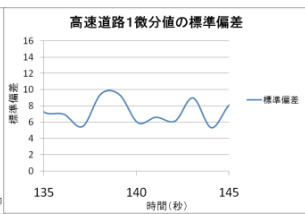


図-50 高速道路a標準偏差

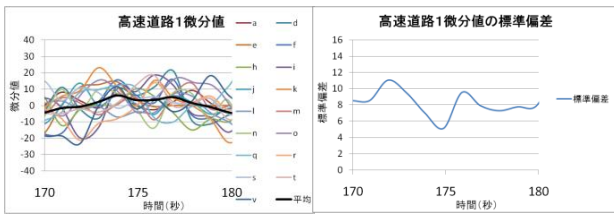


図-51 高速道路a微分値

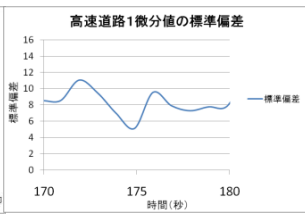


図-52 高速道路a標準偏差

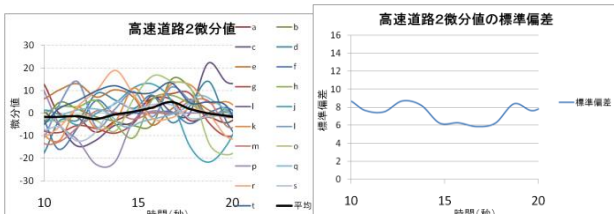


図-53 高速道路b微分値

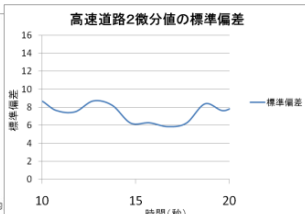


図-54 高速道路b標準偏差

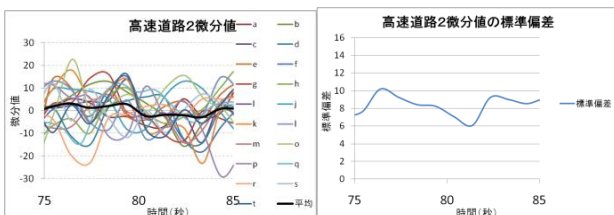


図-55 高速道路b微分値

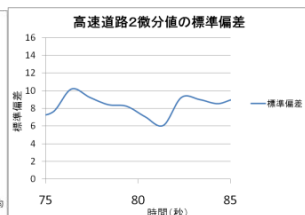


図-56 高速道路b標準偏差

	運転の頻度				運転の好き嫌い				
	毎日	週1以上	月2以上	月1以下	好き	やや好き	どちらでもない	やや嫌い	嫌い
a		○			○				
b				○	○				
c		○			○				
d				○	○				
e				○					○
f				○				○	
g				○					○
h			○		○				
i		○			○				
j				○					○
k				○			○		
l	免許なし								
n		○				○			
m				○	○		○		
o				○	○				
p	○				○				
q				○				○	
r		○			○				
s				○	○				
t				○	○				
u				○	○				
v				○			○		
	1	5	1	14	7	6	3	2	3

図-57 アンケート結果

タイミングで集中度が高くなっていることが分かった。126秒過ぎの路上駐車接近については図 - 65と図 - 66から、熟練者・未熟者ともに同じタイミングで集中が高くなっているのがわかる。165秒過ぎは二個目のカーブを抜ける時であるが、この時は一個目のカーブの時とは違いほぼ同じ変化を見せた。

高速道路aについては、図 - 67から熟練者に関して30秒付近で集中が上がってから下がるような反応が見られた。未熟者に関してはその時間では標準偏差が低くなくそのような傾向は見られない。ここは広い景観から狭い景観へ変わる時である。7-2の考察ではこの時間で集中度が下がると述べたが、このことから主に熟練者における変化だということがわかる。図 - 68から50秒で熟練者に関しては集中度の増加傾向がみられた。ここはトンネルの入口が視認できる時である。未熟者に関してはトンネル入り口に近づいても、大きな変化は見られなかった。図 - 69から125秒付近で熟練者は集中度が減少から増加の変化をしている。115秒過ぎにトンネル内のカーブが終わり直線区間になり変化が乏しくなっているため、集中度が下がる傾向を示し、125秒過ぎから前の車に徐々に近づき、視界に前の車が大きく写るようになるあたりで集中度が増加を示す。未熟者には各被験者で同じような傾向は見られなかった。この125秒付近の熟練者の結果に関しては、今までの結果の中で最も長く同じ傾向を示した。人数が少ないため標準偏差は低い値を示しがちとはいえ、これほどまでに同じ傾向を示すことから熟練者の方が運転動画の影響を受けやすいと考えられる。図 - 70から137秒のあたりで未熟者に関して増加傾向が見られた。熟練者に関しては、平均値を見ればこそ増加が見られるがバラつきは大きい。その後図 - 71から141秒付近では熟練者に関して減少から増加への傾向が見られるが、未熟者はあまり傾向が見られない。この137秒から141秒付近というのはトンネル内で単調な時間であり特徴的な変化はないが、タイプ別にみることで各々に何かしらの影響が及ぼされていることがわかる。単調時間による周期的な集中度の増減が起きていると考えられるが、特定には及ばなかった。図 - 72から157秒付近では熟練者は増加傾向、図 - 73から未熟者では減少傾向が見られた。ここはトンネルの出口に近づき外の光が少し見える位置になる。熟練度によって真逆の変化を示した。少し前の153秒付近に着目すると未熟者は増加傾向を示しており、ここではほとんど出口は見えないが早い段階で注目していると考えられる。このことから熟練者は出口に近づくまで外には注目しないが、未熟者は外の光が見えたらすぐに注目すると言える。また、175秒付近のトンネルを出た後はどちらも同じように集中度が増加している。これは7-2でも述べたとおり被験者のタイプによらないと言える。ただし若干未熟者の方が反応が大きい

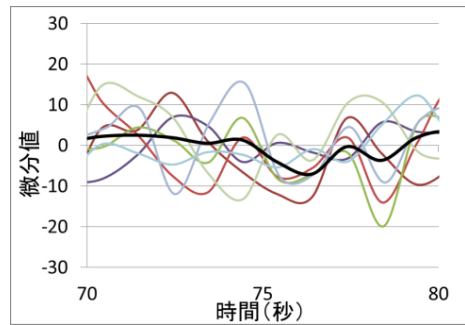


図 - 58 街路a微分値熟練者

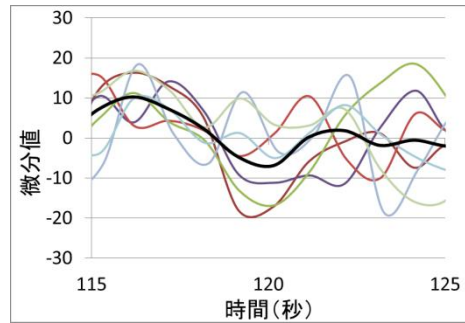


図 - 59 街路a微分値熟練者

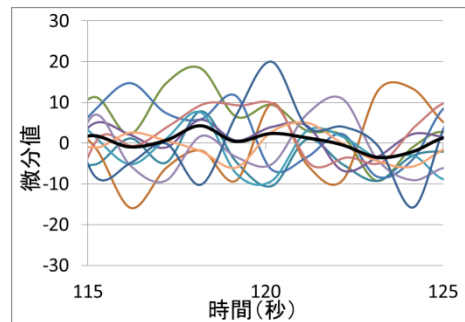


図 - 60 街路a微分値未熟者

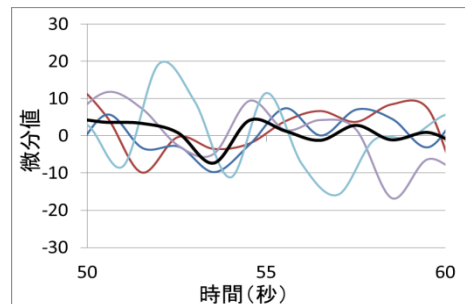


図 - 61 街路b微分値熟練者

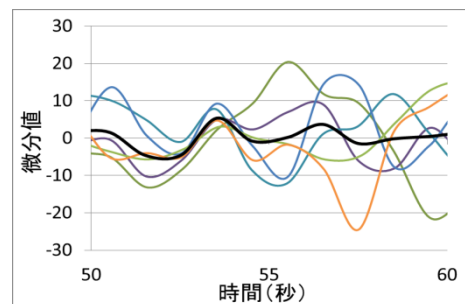


図 - 62 街路b微分値未熟者

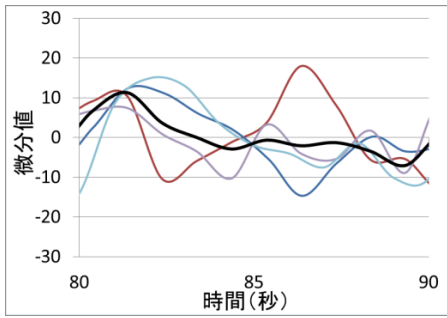


図 - 63 街路微分值熟練者

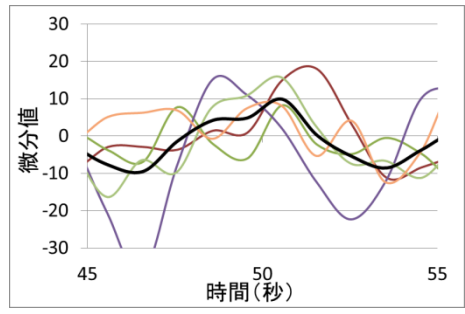


図 - 68 高速道路a微分值熟練者

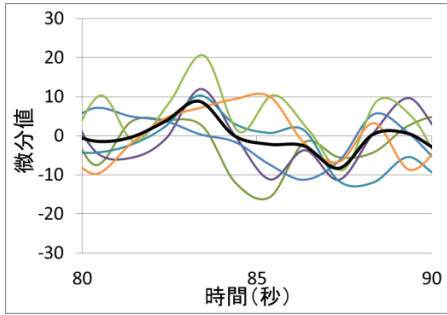


図 - 64 街路微分值未熟者

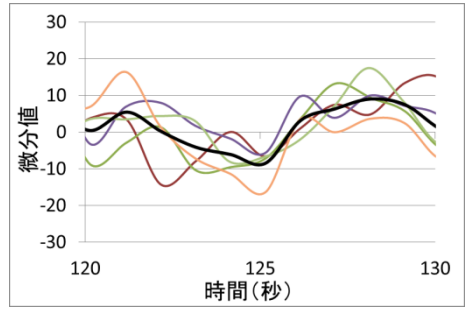


図 - 69 高速道路a微分值熟練者

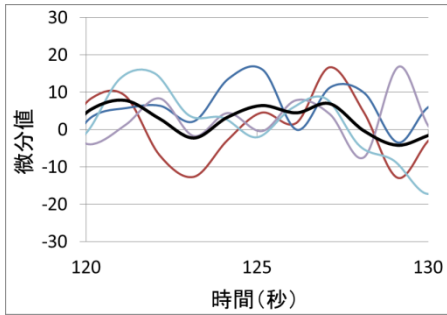


図 - 65 街路微分值熟練者

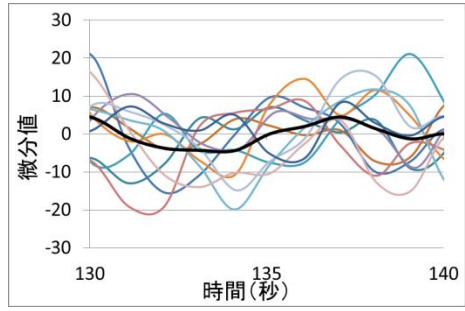


図 - 70 高速道路a微分值未熟者

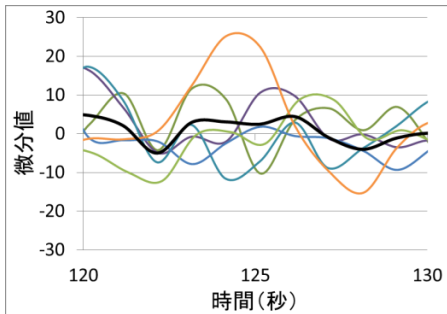


図 - 66 街路微分值未熟者

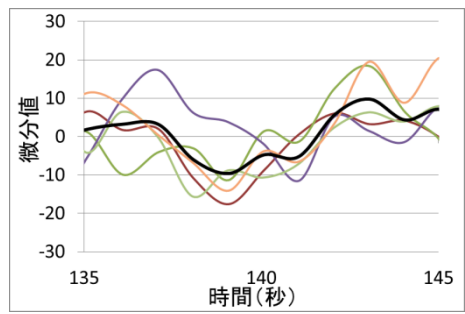


図 - 71 高速道路a微分值熟練者

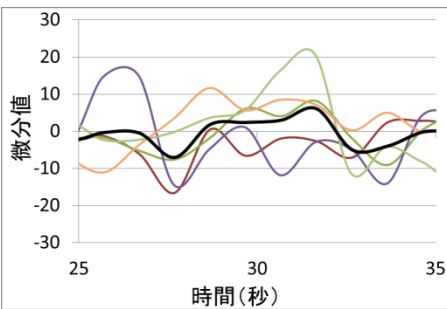


図 - 67 高速道路a微分值熟練者

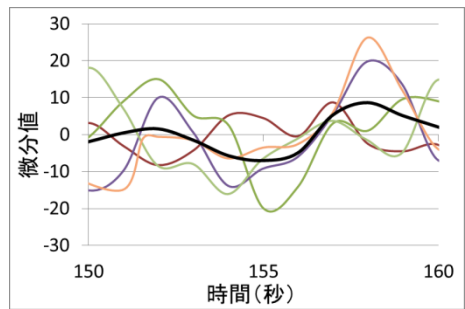


図 - 72 高速道路a微分值熟練者

ことがわかった。

高速道路bについては、図 - 74から熟練者において39秒付近で減少傾向が見られた。ここは標識を通り過ぎる時である。直前は標識に注目するため増加傾向を示し、通り過ぎた後に注目するものがなくなるため集中度が下がると考えられる。この時間帯は特徴的なものが少ないため、標識に対し集中度の増減が大きく表れたと考えられる。図 - 75から熟練者において102秒付近で減少傾向、106秒付近で増加傾向がみられた。ここはカーブを終えてから景観が大きく開けるときである。カーブを終えたことで集中が下がり、景観に注目することで集中が増加したと考えられる。未熟者はそのような反応は見られなかった。図 - 76から未熟者において120秒付近で増加傾向が見られた。しかし、この時間帯は特徴的なものはなく単調な景観が広がっている。偶然の反応ではないと考えられるが、なにが影響したかは特定できなかった。図 - 77と図 - 78から125秒付近に着目すると熟練者と未熟者で逆の反応が見られた。この時間に関しても特徴的なものは見られなかった。タイプを分けたことで逆の傾向が見られたため何かしら原因があると考えられるが、原因は特定出来なかった。

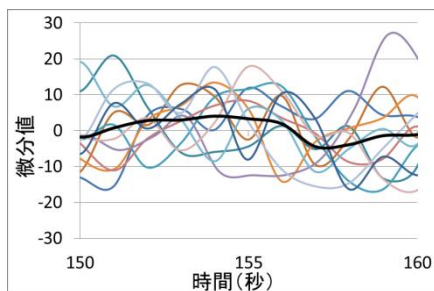


図 - 73 高速道路a微分値未熟者

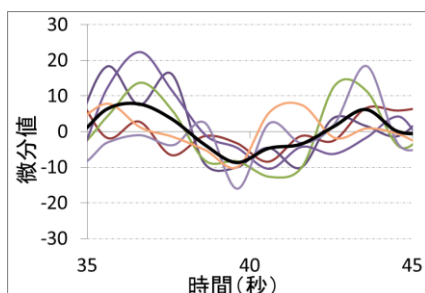


図 - 74 高速道路b微分値熟練者

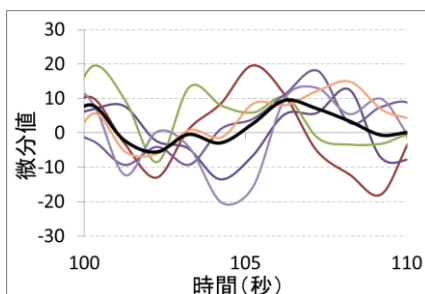


図 - 75 高速道路b微分値熟練者

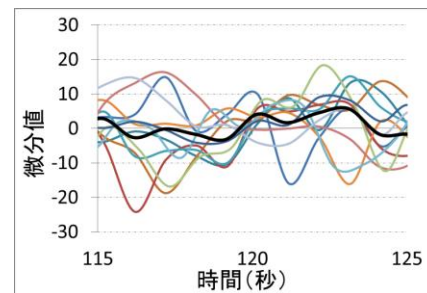


図 - 76 高速道路b微分値未熟者

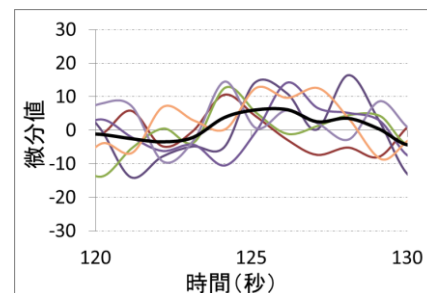


図 - 77 高速道路b微分値熟練者

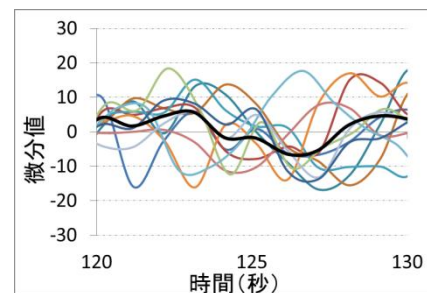


図 - 78 高速道路b微分値未熟者

(2) 運転好嫌別考察

アンケートにより運転が好きか嫌いかを調査した。項目は、「好き」「やや好き」「どっちでもない」「やや嫌い」「嫌い」として解答させ、結果は図 - 57の通りになった。ここで「好き」と「やや好き」と解答したものを運転が好きな者とし、「嫌い」「やや嫌い」と解答したものを運転が嫌い者とした。どっちでもないと解答したものは省くこととした。免許未修得は熟練度の応札同様無視した。

街路aについては図 - 79から運転が嫌いな者において35秒後から減少傾向が見られた。これは赤信号により停止するために速度が落ちていき始めるときである。好きな者についてはそのような反応はなかった。図 - 80から嫌いな者に関して111秒で減少傾向が見られた。ここは交差点通過後である。また115秒では増加しているのがわかるが、これは前を走るバイクを見つけた時である。遠くではあるがバイクが目に入った時点で集中が上がるのがわかる。好きな者に関しては図 - 81から更にバイクに近づく128秒あたりで増加を示した。

街路bに関して図 - 82から53秒付近で嫌いな者に関して集中度の増加が見られた。ここは前述の考察通りカーブを終え直線に入った時に集中度が増加を示した。好きな者に関しては図 - 83のように各人にバラつきが見られ、熟練度の結果のようにはならなかった。図 - 84と図 - 85から119秒で好きな者と嫌いな者とで逆の反応を示した。ここは信号が青に変わり動き出すときである。嫌いな者は運転が始まると集中が大きく上がる反応を示す。

高速道路aについては図 - 86から好きな者に関して50秒付近で増加傾向がみられた。ここはトンネルに入る前であり、トンネル入り口に注目したことで集中が上がったと考えられる。嫌いな者に関しては特に反応は見られなかった。好きな者は熟練者、嫌いな者は未熟者と同様な結果になった。図 - 87から嫌いな者に関して85秒過ぎに減少から増加傾向を示した。ここは立体交差の下をくぐった後、空がよく見えるときである。空に注目したため集中が増加したと考えられる。好きな者に関してはこのような反応はなかった。図 - 88から嫌いな者に関して129秒付近で集中度の増加がみられた。ここはトンネル内で前の車に近づく時である。かなり近づいてから集中が増している。好きな者に関しては標準偏差はそこまで低くないが126秒あたりで増加傾向がみられる。嫌いな者の方が反応が遅かった。図 - 89から嫌いな者に関して170秒付近で減少しその後増加がみられる。ここはトンネルを出る直前である。全員の結果と熟練度の結果の考察ではその後のトンネル後の集中度の増加について述べたが、嫌いな者に関してのみトンネル出口前の集中度の減少が現れた。その前に出口の光を見て集中度が増加した反動と考えられる。トンネルを出た後の集中度の増加は熟練度別同様、タイプ別によらない結果になった。

高速道路bについては、図 - 90から好きな者に関して40秒で集中度の減少が見られた。これは熟練者と同様に標識を通り過ぎたことで集中度が下がったと考えられる。図 - 91と図 - 92はカーブ終了後の景観が開けるときの時間帯である。好きな者に関しては標準偏差はあまり低くないが、両者を微分値の平均について比較すると好きな者は集中の増加がみられ、嫌いな者はそのような反応はなかった。このことから、好きな者の方が景観に注目すると考えられる。

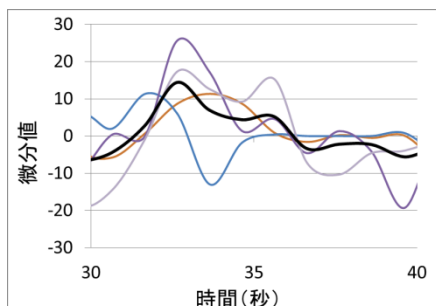


図 - 79 街路a微分値嫌い

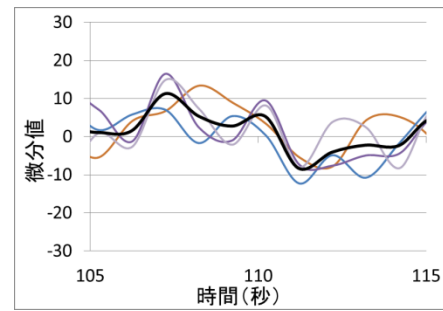


図 - 80 街路a微分値嫌い

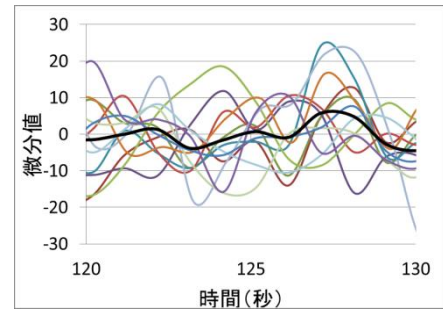


図 - 81 街路a微分値好き

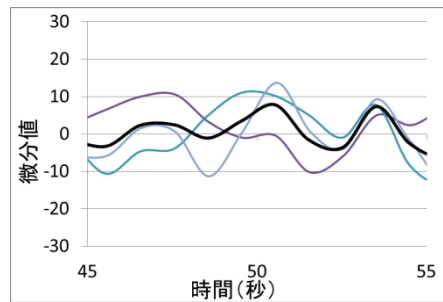


図 - 82 街路b微分値嫌い

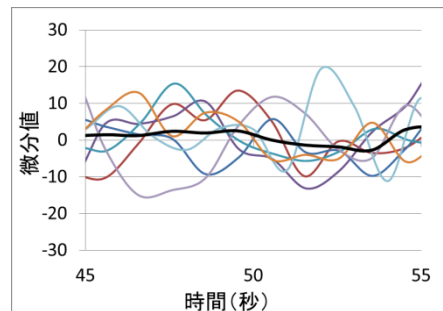


図 - 83 街路b微分値好き

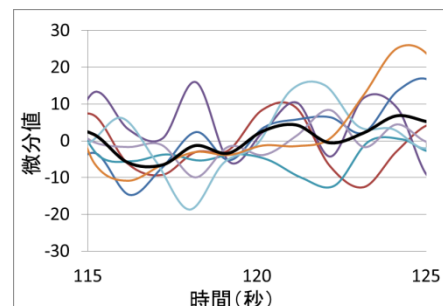


図 - 84 街路b微分値好き

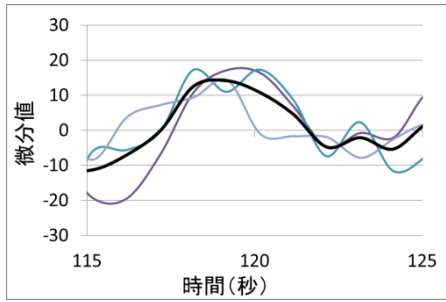


図 - 85 街路b微分値嫌い

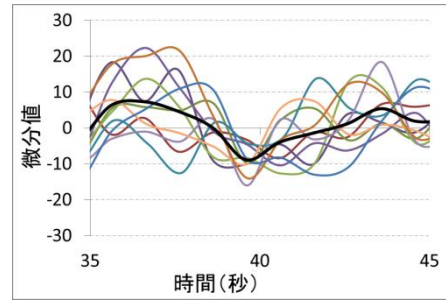


図 - 90 高速道路b微分値好き

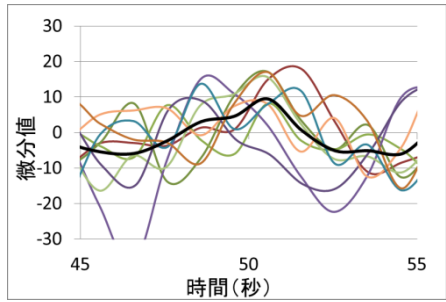


図 - 86 高速道路a微分値好き

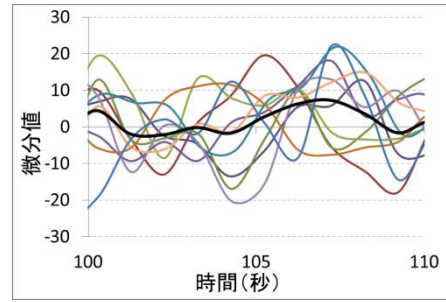


図 - 91 高速道路b微分値好き

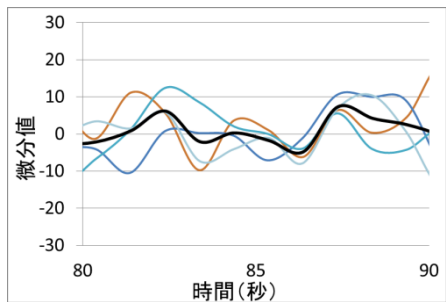


図 - 87 高速道路a微分値嫌い

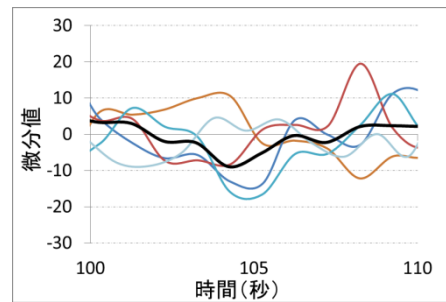


図 - 92 高速道路b微分値嫌い

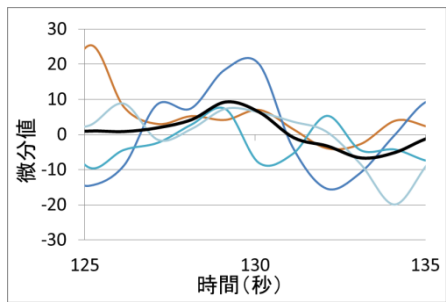


図 - 88 高速道路a微分値嫌い

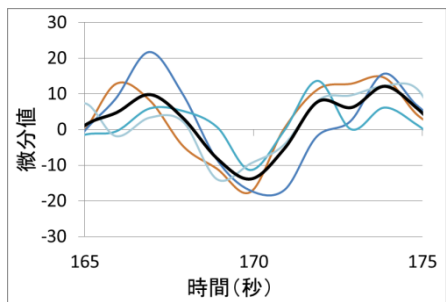


図 - 89 高速道路a微分値嫌い

8 考察まとめと結論

全被験者についての考察のまとめを表 - 3に、タイプ別評価の考察まとめを表 - 4にまとめた示した。

表 - 3 全被験者についての考察のまとめ

街路	街路では路駐、交差点通過、前の車・バイクへの接近、など交通状況に対し集中度が上がる。 街路のカーブでの集中度は交差点が有り無しで変わり、交差点があると交差点通過時に集中が上がり、交差点がないとカーブの見通しの悪さから集中度上がる。
高速道路	トンネルを出た後の集中度の上がり方から、トンネル内での飽きの可能性が高い。 景観が開けた時に集中度が上がることから、高速道路外の景観に注目する。特に狭い景観から開けた時にみられる。 単調時は標識に対し過剰に集中増加がみられる。 カーブでのシェブロンは入る前には注目するが、後半部はあまり注目しない可能性がある。

表 - 4 タイプ別についての考察まとめ

熟練度	街路	熟練者はバイクに対して集中の増加を示した。未熟者は各人バラバラなタイミングで集中が上がる。カーブ後の直線部になった時のタイミングに違いが出るとき、違いが出ないときがある。
	高速道路	熟練者は外の景観に注目しやすい。
		熟練者はトンネル入り口に対し集中が増加。
		トンネル内では熟練度別にしたことで、ある反応が現れたが、特徴的なものはなかったため、生態的なリズムが関係していると考えられる。
		熟練者と未熟者で逆の反応を示すときがある。
好き嫌い	街路	運転が嫌いな者は速度が下がるときに集中度が下がり、動き出すと集中度が上がる。 運転が嫌いな者のほうが好きな者より早くに前を走るバイクに反応する。
	高速道路	運転が好きなものはトンネル入り口に注目する。
		嫌いな者は立体交差下など狭い景観から抜けて広く空が見えるときに集中が上がった。
		トンネル内での前の車の接近に対し、運転が好きな者の方が嫌いな者より早くに集中が上がった。
		運転が嫌いな者はトンネルを出る直前に集中度が下がる。
		運転が好きな者はカーブ後の外の景観が開けた時に、集中が上がる。嫌いな者は反応しない。

これらのことから、以下のことが言える。

- ・街路では交通状況に対しての集中の変化が主な為、道路周辺の景観や交通施設といったものを集中度で評価するのは困難である。
- ・トンネル内では飽きさせないため変化を付ける必要がある。
- ・高速道路でのカーブ内のシェブロンマーカ―については規定が定められておらず、景観面・安全面・コスト面等が悪いとされているのが現状のため、後半部で減らせると言える。
- ・被験者のタイプを分けることで、同じような集中度の変化が多く表れる。
- ・熟練者は運転動画の影響を受けやすく、運転時に集中が上がると思われるバイクの接近や景観が開けたときに素直に反応しやすい。
- ・熟練者と未熟者の集中度変化のタイミングに違いが表れたが、規則性を見つけれなかった。
- ・運転が嫌いな者に関しては、バイクなど事故の危険性あり得るものを見るとすぐに集中の増加がみられる。また速度が減速に対しての集中の減少、停止から動き出す時に過剰に増加する事から、運転行為により集中しているといえる。
- ・運転が好きな者は景観に注目しやすい。
- ・タイプ別にしたことで明らかな反応を示した時があるが、何が原因かわからないものが多々あった。これはなにか集中のリズムがあると考えられ、タイプを分けたことで顕著に表れたと言える。

トンネル内においての飽きについては、既存の研究で瞬きへの回数により意識水準を測っての評価を行ったもの³⁾があるが、瞬きでの評価の有意性について問題していたため、脳波の視点から結果が出たことによりより確かなものになったと考えられる。

事故減少のための道路環境の改善策として、トンネル内に変化を付けること、高速での単調部では些細な変化にも注目するためわき見をしないようにすることが考えられる。

残された課題として、動画ではなく実運転での実験を行うこと、被験者を適当に決めるのではなくタイプ別を考慮するして実験を行うこと、街路での道路環境評価は難しいため高速道路に特化し様々な高速道路での実験を行うことなどが挙げられる。

また、今回予算の関係で用い得なかったアーマークレコーダーと脳波測定を併用し、どこに注目しているかを明確にすることも重要だといえる。

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、玉川大、岩里泰幸、山田幸一郎、中村裕樹：シークエンスデザインを用いた速度抑制効果の効果とその実験的検証、土木学会論文集D、Vol.66、No.1、27-39、2010.1
- 3) 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
- 4) 小林和孝：運転状況による生理反応パターン、人間工学、Vol.4、No.4、1968
- 5) 久我史郎ほか：安全運転の人間科学2 ドライバーの特性をさぐる 日本交通心理学会 昭和52年日本
- 6) NeuroSky Inc：ホームページ
- 7) 辰巳浩、外井哲志：自動車運転時と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、日本都市計画学会、都市計画論文集、No.44-3、2009.10