

脳波を用いた運転時における 携帯電話使用の危険性に関する検討

学生氏名 津田 諭志

指導教員 皆川 勝 教授

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 : g0918054@tcu.ac.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、現在生理指標からの対策を検討する研究は少ない。平成11年より運転時での携帯電話の利用が禁止され、携帯電話関連での事故は減少してきたが、現在でもまだ違反をしている人がいる事は事実である。本実験では携帯電話を使用した運転は、どれほど危険性が高いか脳波の集中度から評価をしていく。そこで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。

Key Words : Mobile phone, Brain-waves measurement machine, Street

1.目的

近年、人々の交通安全への関心が高まっていることから交通事故防止策を考えることは更に重要になっている。交通事故防止策には、自動車の制御や、交通ルールの変更¹⁾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考えた際、道路周辺の「景観」や標識・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。図-1より平成23年警察庁の統計によると交通事故の原因は脇見運転が17%で漫然運転は18%で安全不確認が10%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、生理指標の観点から考えている研究は少ない。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²⁾³⁾。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役立つといえる。平成11年度より運転時での携帯電話の利用が禁止され、携帯電話関連での事故は減少してきたが、現在でもまだ違反をしている人がいる事は事実である。本実験では、予備実験として携帯電話使用時に生じる注意散漫状態を実験的に再現し脳波にどのような影響を及ぼすかを脳波測定機により評価を行う事を目的とする。

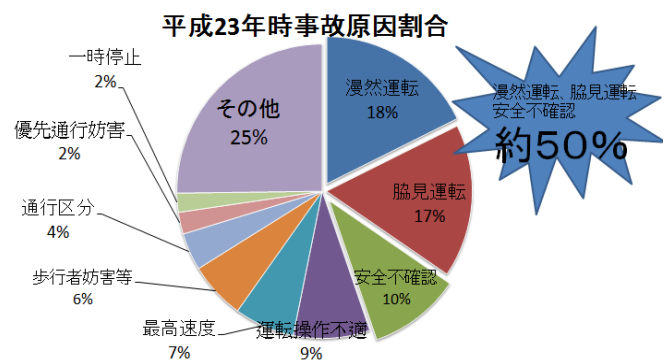


図-1 平成23年度事故原因割合

2. 運転中の携帯電話使用の危険性

携帯電話で会話するという行為には、いくつかの負担が同時に生じている。負担とは、相手の姿や気配がないため相手を想像すること、早い応答や判断を要求されること、電話を保持するため片手が拘束されていることなどである。したがって運転中の携帯電話の使用は、これらの負担を受けながら運転していることを意味する。このような状況の運転では、注意が散漫となり、パッシブな事故とアクティブな事故という2種類の事故を引き起こす可能性が考えられる。パッシブな事故とは、前車の急ブレーキや飛び出しに対する反応の遅れなど、何らかの変動に対して、何もしなかったことが原因になる事故で、アクティブな事故とは、並走車の存在に気付かず車線変更をしてしまうなど、運転者が自らおこなった運転行為が原因となる事故のことである。このうち前者のパッシブな事故を想定した実験を本研究で行い、分析を試みる。

3. 脳波測定方法

脳波測定機としてNeurosky社製MINDSETを用いる器具を写真1に示す。

Neurosky社製MINDSET脳波測定機を用いた理由として従来の脳波測定機のようにジェルを使う事が無く簡易的に測定することが出来る事と多くの既往の研究から実験器具として用いられている事から使用を決めた。

また、Neurosky社が開発した「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2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。

脳波の集中度が0~40では集中度(低)、40~60では集中度(中)、60~100では集中度(高)と定義され、集中度、リラックスを測定する事が出来る。



写真-1 脳波測定機 Neurosky Mindset

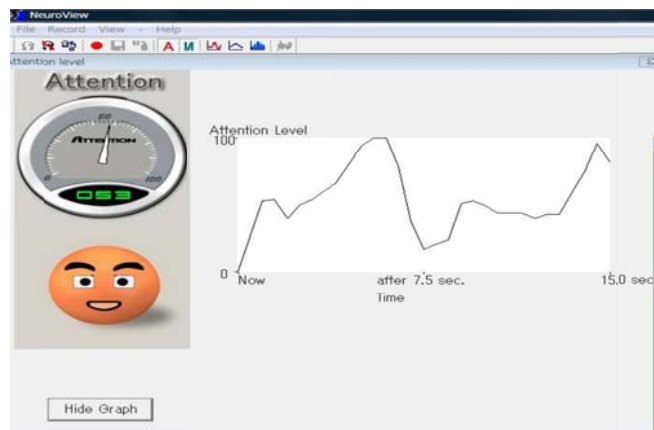


図-2 eSense アルゴリズム使用時の様子

4. 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。

5. 実験器具

実験器具は予備実験と同じ写真— Neurosky社製脳波測定機を使用する。

6. 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。

微分の方法

数値部分 1階微分-5点公式

$$f'(x_k) \approx \frac{f(x_{k-2}) - 8f(x_{k-1}) + 8f(x_{k+1}) - f(x_{k+2})}{12h}$$

基礎数値解析
武蔵工業大学助教授 松山実

図-3 1階微分-5点公式

7.実験方法

動画の撮影方法は吸盤型カメラスタンド用いてデジタルカメラを写真 2 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。撮影した動画をスクリーンを通して視聴してもらうと同時に携帯電話を右手に持ち耳に近づけ会話をしてもらい測定を行う。

携帯電話を右手に持ち耳に近づけ会話してもらい測定を行う理由として実走行実験を行う事が法律上不可能な事や両耳が脳波測定機でふさがっている為、この方法を取る。

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⁴⁾。

視聴方法は既存の研究を参考に図 4 のような視聴環境で動画を視聴し脳波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。実験時例の視聴風景を図-5 示す。



写真-2 運転時の動画撮影風景

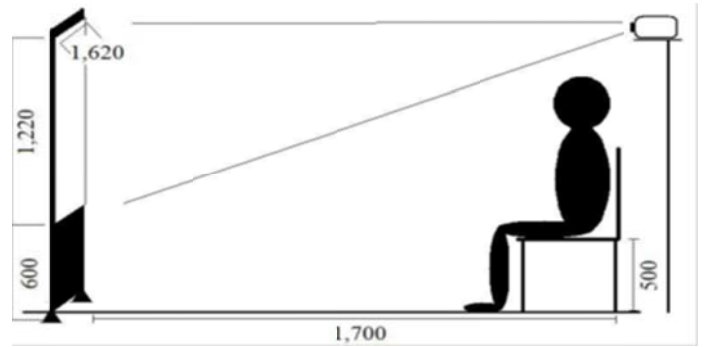


図-4 動画視聴方法



図-5 動画視聴風景の例

8.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にする。

アンケートの内容を図 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を視聴している時に意識している事を聞き今後の考察に役立てていきます。

1. 年齢 ____
2. 性別 男・女
3. 免許の有無 ある(習得年齢____)・ない
4. 運転が 好き・やや好き・普通・やや嫌い・嫌い
5. 運転頻度 毎日・週(____)回・月(____)・年(____)
6. 事故経験 なし・ある(どのような事故____)
7. 動画視聴で意識した所

- 4.以降は3.で免許「あり」と答えた人のみ回答
7.は動画視聴後に回答してください。

図.6 被験者アンケート

9.被験者

被験者 15 人

本実験では被験者を 15 人で行ったが、使用不可能な脳波データがある為に結果被験者は 14 人で行った。

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-7

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。

10.実験条件

図-8 の実験条件は、実験時間を 11 時～21 時の間で行う理由として、就寝前後では、脳の働きに個々にバラつきがあることが考えられるのでこの時間に選定した。

前日の睡眠時間 6 時間以上の理由として、眠い状態で実験を行っても睡魔によって動画視聴に集中する事が困難になってしまう為に脳波に影響が出てしまう可能性が高い。

前日飲酒をしない、お酒の大量摂取等は人によっては翌日の夜まで残る人がいる為動画視聴を行っても飲酒運転での脳波測定になってしまう可能性がある為条件に入れた。

食後 1 時間以上時間を空ける実験条件に選定した理由として、食後は眠くなる可能性がある為に条件に入れた。

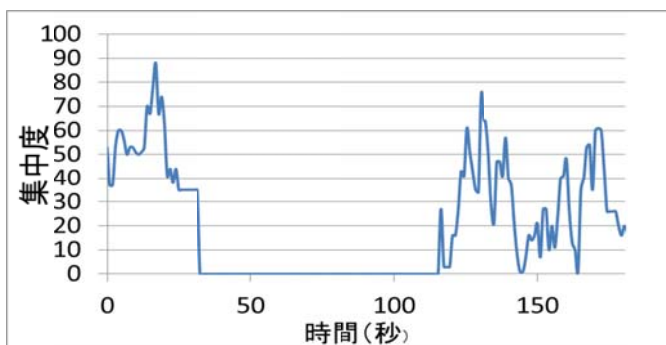


図 -7 実験失敗例

- 1.実験時間は11時～21時の間で行う.
2. 前日睡眠時間6時間以上
3. 前日飲酒をしていない
4. 食後1時間以上時間を空ける.
5. ピアス, ネックレス等の金属を外す.
6. 実験室温度の調節

図-8 実験条件

ピアス、ネックレス等の金属を外す理由として脳波測定機を装着する際に耳にあて計測する為、計測中に脳波が途切れてしまう可能性がある事や、脳波測定機に何らかの影響がある可能性がある為に金属類を外す条件を加えた。

実験室温度の調節の条件選出理由として、寒かったり、熱かったりする事で脳波に何らかの影響がでる事が考えられる。

11.撮影動画の選出・動画撮影のルート

道路を真っ直ぐに進むだけの動画、道路を左折右折する動画、狭い道路を左折右折行う動画の 3 種類で各 3 分動画を使用した。今後道路を真っ直ぐに進むだけの動画を低集中度街路、道路を左折右折する動画中集中度街路、狭い道路を左折右折行う動画を高集中度街路と呼ぶ。

この 3 種類の動画を選出する理由として、道路を真っ直ぐに進むだけの動画では漫然運転状態に着目をし、道路を左折右折する動画では、左折右折を行う時の集中度の変化に着目をし、狭い道路を左折右折行う動画では、狭い道路の為に常に集中していけない状態が携帯電話を使用するにあたりどのような変化があるかに着目していく。

また動画撮影ルートとして東京都等々力・駒沢周辺での撮影を行った。図-9、写真-3 が道路を真っ直ぐに進むだけの動画。玉堤通りを 3 分間真っ直ぐに走行する動画。

図-10、写真-4 が道路を左折右折する動画。等々力駅周辺から用賀中町通りに左折し、駒沢通りに右折を 3 分間走行する。

図-11、写真-5 が狭い道路を左折右折行う動画。等々

力駅前通りから真っ直ぐに走行し緑道を左折し日本体育大学交差点を右折するルートである。



図-9 道路を真っ直ぐに進むだけの動画のルート



写真-3 玉堤通り



図-10 道路を左折右折する動画のルート



写真-4 用賀中町通り



図-11 狭い道路を左折右折行う動画のルート



写真-5 日本体育大学付近の緑道

12.実験結果

低集中度街路、中集中度街路、高集中度街路での被験者全員の平均集中度をグラフ化したものを図-12 に示す。低集中度街路、中集中度街路、高集中度街路での携帯電話使用時の被験者全員の平均集中度をグラフ化したものを図-13 に示す。

低集中度街路における携帯電話使用時、不使用時の比較を図-14 に示す。中集中度街路における携帯電話使用時、不使用時の比較を図-15 に示す。高集中度街路における携帯電話使用時、不使用時の比較を図-16 に示す。

低集中度街路、中集中度街路、高集中度街路の被験者集中度平均、携帯電話使用時の被験者集中度平均を図-17 に示す。

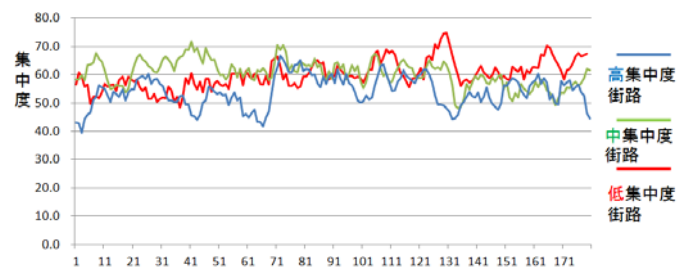


図-12 低、中、高集中度街路での被験者全員の平均集中度グラフ

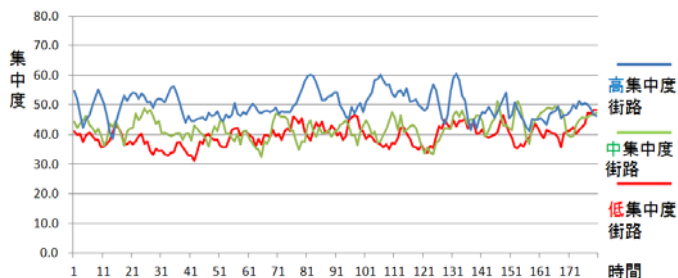


図-13 低、中、高集中度街路での携帯電話使用時の被験者全員の平均集中度グラフ

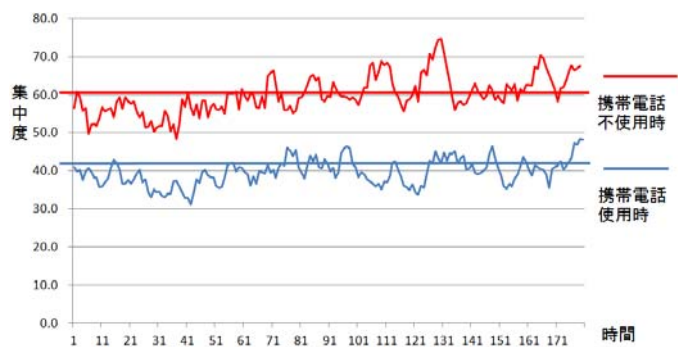


図-14 低集中度街路における携帯電話使用時の比較

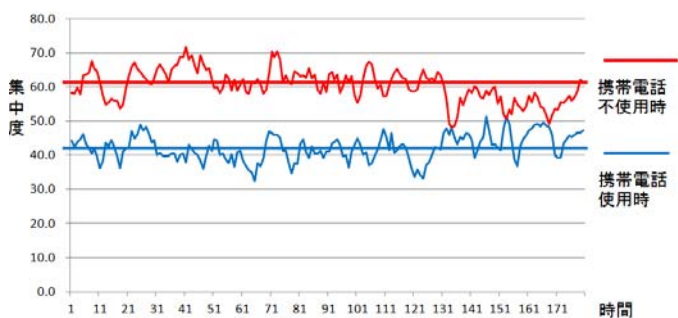


図-15 中集中度街路における携帯電話時使用時の比較

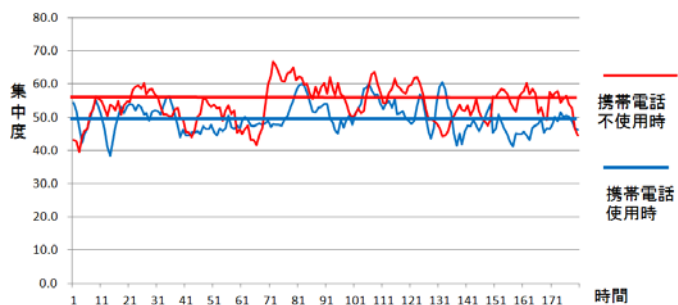


図-16 高集中度街路における携帯電話使用時の比較

街路低被験者平均	60.0	街路低 携帯電話使用 被験者集中度平均	39.6
街路中被験者平均	60.5	街路中 携帯電話使用 被験者集中度平均	42.3
街路高被験者平均	54.0	街路高 携帯電話使用 被験者集中度平均	49.7

図-17 低、中、高集中度街路携帯電話使用の結果

13.考察

全ての脳波で被験者個々による違いはあったが似ている傾向がある被験者が多く見受けられた。

図-12 より高集中度街路で集中度が一番高いと考えられたが中集中度街路が一番高い数値を示した。原因として、考えられる事は低集中度街路、中集中度街路の動画では前方車両が走行していたが高集中度街路では前方車両が走っていない事が集中度に反映された事が考えられる。

図-13 より携帯電話使用時には、高集中度街路>中集中度街路>低集中度街路の順番で集中度が高い事が解った。高集中度街路では左折右折に車幅のない街路を走る事からこのような結果が出た事が考えられる

図-14~15 のグラフより低集中度街路、中集中度街路では 20 もの平均値の差があり携帯電話の使用時の危険性を表している。図-15 では集中度平均の差は 5 程度違いがあるが低集中度街路、中集中度街路に比べるとあまり違いは無い。

原因として、低集中度街路、中集中度街路には前方車両があったのに対し高集中度街路では前方車両が無かった事が原因と考えられる。

13-2 被験者のタイプ別による考察

被験者アンケートにより運転の頻度を調査したものを表-1 に示す。習得年齢については実験対象者の全員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事とした。分け方として、週に 2 回以上運転する人を運転熟練者と定め、それ以外を運転未熟者と定めた。運転熟練者は 14 人中 6 人居た。低集中度街路、中集中度街路、高集中度街路の運転頻度による比較したものを図-18, 図-20, 図-22 に示し、また各街路による運転未熟者、運転熟練者の携帯電話使用時の比較を図-19, 図-21, 図-23 に示し、運転未熟者、携帯電話使用による比較を図-24, 図-25, 図-26 に示し。

運転熟練者の街路の携帯電話使用時の比較を行ったものを図-27、図-28、図-29に示す。

また実験結果の細かな数値を表-2、表-3に示す。

運転好きが13人運転嫌い1人で比較を行う事が出来ず、また事故経験者も14人2人しかおらず対象者が少ない事から本実験では運転頻度のみで比較を行う事にした。

図-18、図-20、図-22から熟練者より未熟者の方で集中度が高い結果がでた。原因として熟練者は普段運転している事から運転に慣れていてどの場面で集中しなくてはいけなかが普段の運転から学習をしておりその事が一番の原因であると考えられる。

携帯電話使用時でも携帯電話不使用時と同じような熟練者と未熟者の差が出た。携帯電話を使用すると熟練者も未熟者も同じように全体的に集中度が下がる事が解った。

また、図-19、図-21、図-23より熟練者が集中度上がる場面で未熟者は集中度が下がる傾向が多くみられた。多くの熟練者の動画視聴で意識した所が人や歩行者といった解答が多く見受けられた。動画みて確認するとそのような場面が多く見受けられる事からも熟練者と見熟練者の大きな違いは歩行者に意識を向けているかだと考えられる。

図-24の運転未熟者の低集中度街路での携帯電話使用でも携帯電話使用時の方が、集中度が低い事が解り運転熟練者でも図-27より同様な結果になった事が解った。グラフ自体も同じ様な形のグラフを示したが携帯電話を使用している事により集中度自体は低いものとなった。

図-25の運転未熟者の中集中度街路での携帯電話使用でも、同様に携帯電話使用時の方が、集中度が低い事が解る。未熟者では160秒から170秒の間では携帯電話使用時の方が、集中度が高くなる事が解った。原因としてこの160秒から170秒で前方車両との車間が広がり携帯不使用時では集中度が若干減少したが、携帯使用時では話に集中してしまいこのような結果がでた事が考えられる。図-28の運転熟練者では集中度平均が10程度の差しか見受けられなかった。原因として赤信号で2度程止まった事で集中度に差が生まれなかった事が考えられる。

図-26の運転未熟者では携帯使用時も携帯不使用時もあまり差がない。グラフ自体も非常に似ている傾向

を示している。また図-29の運転熟練者でも差があまり見られず、グラフ自体も似ている傾向を示している。高集中度街路の動画では、狭い動画を左折右折する為携帯電話使用をしていても常に集中しなくてはいけない事が原因ではないかと考えられる。だが未熟者での携帯電話使用時と携帯電話不使用時を比べると3分間の動画視聴で一番集中度があがる70秒付近で携帯電話不使用時と比べると集中度の上りに遅れが見える。狭い街路でも携帯電話使用による影響を受ける事が解る。

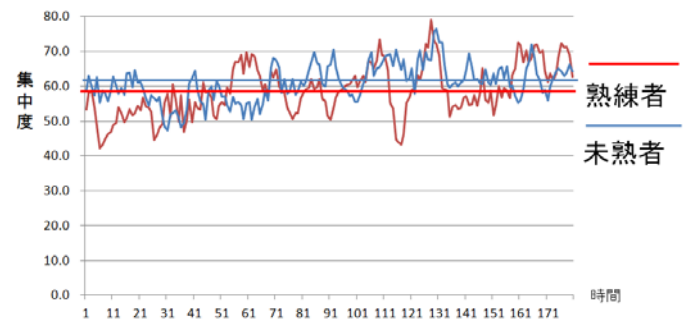


図-18 低集中度街路における運転頻度の比較

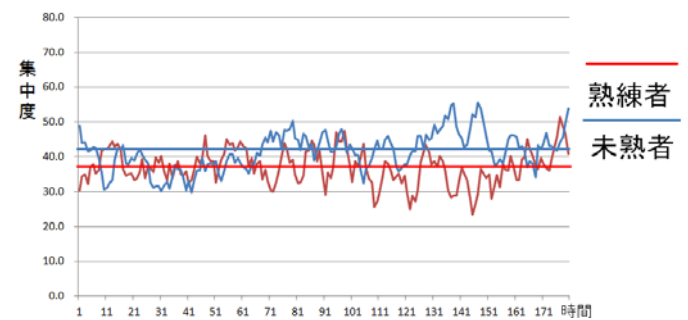


図-19 低集中度街路における携帯電話使用での運転頻度の比較

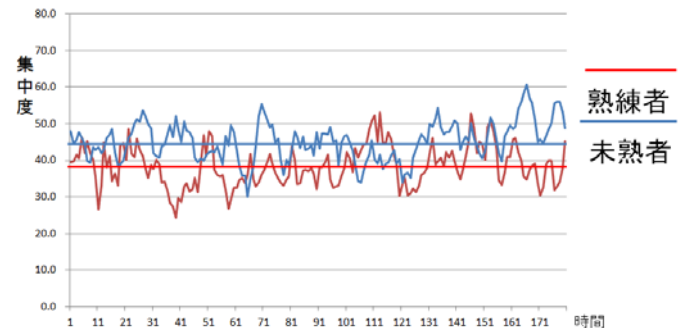


図-20 中集中度街路における運転頻度の比較

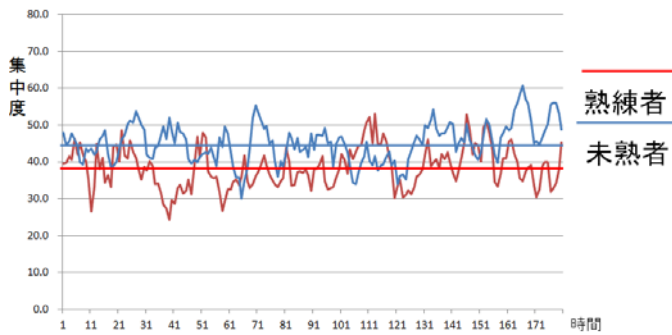


図-21 中集中度街路における携帯電話使用での運転頻度の比較

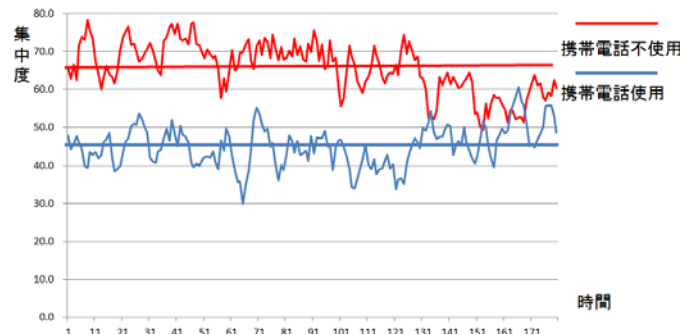


図-25 運転未熟者の中集中度街路での携帯電話使用による比較

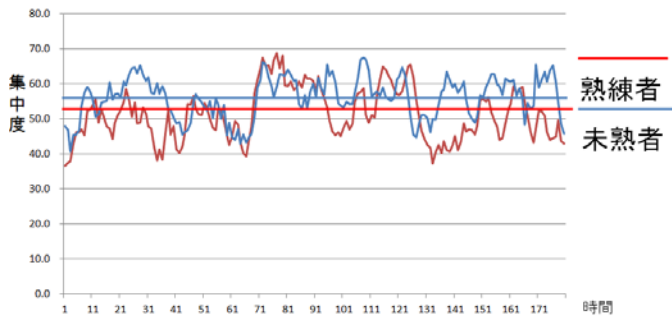


図-22 高集中度街路における運転頻度の比較

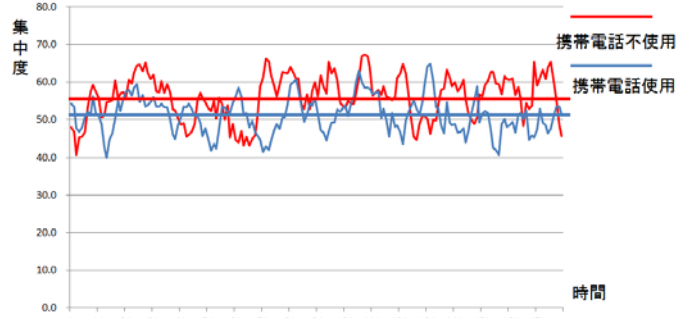


図-26 運転未熟者の高集中度街路での携帯電話使用による比較

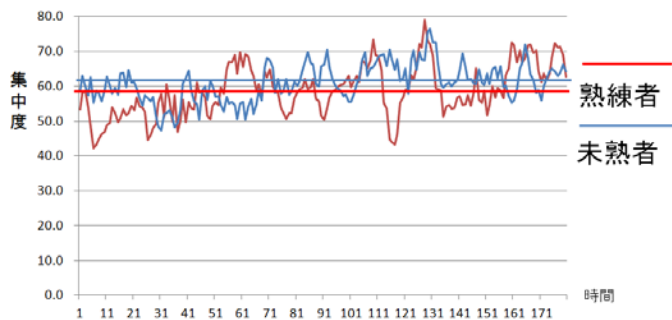


図-23 高集中度街路における携帯電話使用での運転頻度の比較

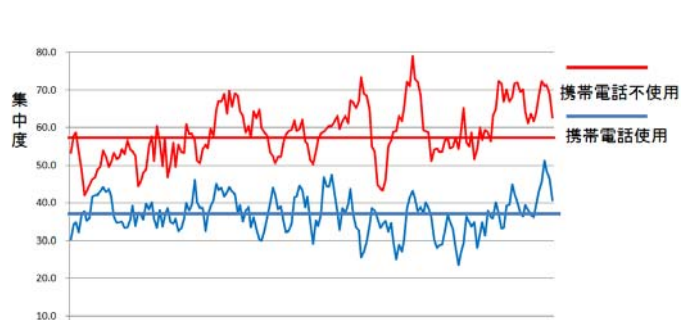


図-27 運転熟練者の低集中度街路での携帯電話使用による比較

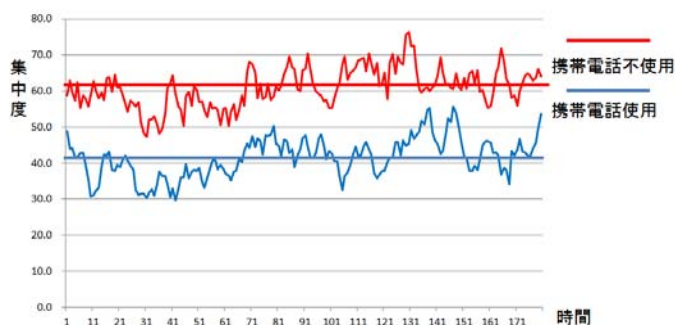


図-24 運転未熟者の低集中度街路での携帯電話使用による比較

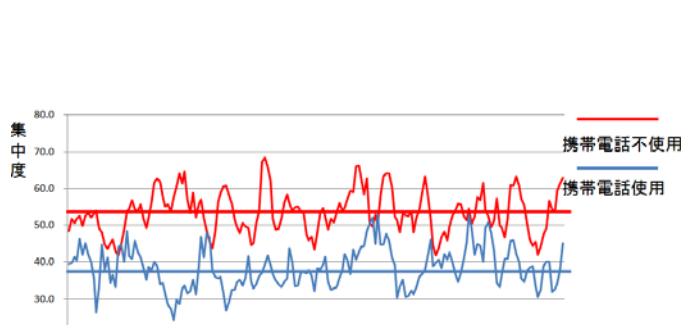


図-28 運転熟練者の中集中度街路での携帯電話使用による比較

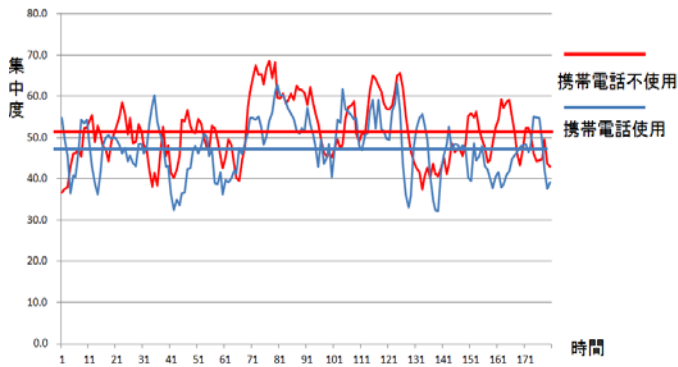


図-29 運転熟練者の高集中度街路での携帯電話使用による比較

表-3 運転熟練者の街路、携帯電話使用での結果

運転熟練者		
	携帯電話使用無し	携帯電話使用有り
低集中度街路	51.2	37.1
中集中度街路	53.5	38.4
高集中度街路	51.2	47.7

表-1 運転頻度アンケート回答

	運転頻度			
	毎日	週2日以上	月2回以上	月1回以下
a				○
b				○
c		○		
d				○
e	○			
f		○		
g	○			
h				○
i				○
j				○
k		○		
l				○
m		○		
n				○

表-2 運転未熟者の街路、携帯電話使用での結果

運転未熟者		
	携帯電話使用無し	携帯電話使用有り
低集中度街路	61	41.5
中集中度街路	65.7	45.1
高集中度街路	56.1	51.2

13-3 動画視聴時向上下降場面(1階微分-5点公式)評価

低集中度街路の動画内で1階微分-5点公式評価を行うと図-31の街路低39秒付近の場面で微分値の正の変化が一番数値が高い結果が出た事が解った。考察を行うと前方車両が右折をする為に、急に速度を落としている事で被験者は追突してしまう事から集中度が上がった事からこのような結果が出る事が解った。図-31内の右のグラフは39秒付近での被験者全員の1階微分-5点公式評価を行ったものであり、上は微分値の範囲別に分けたグラフ。下が携帯電話使用時と携帯電話不使用時の差を表したグラフ。グラフより携帯電話不使用時の被験者では、14人中13人が微分値正の符号を示す事が解った。携帯電話使用時の被験者では14人5人という事が解った。原因として会話に集中してしまい動画の変化に気づく事が出来ず集中度に変化が出なかった事が考えられる。

中集中度街路の動画内で1階微分-5点公式評価を行うと図-の中集中度街路136秒付近の場面で微分値の正の変化で高い数値を示した。こちらも前方車両の車間が右折をする為に速度を減速する事で車間が近づく事から集中度が上がった。被験者の14人中9人が微分値正の符号を示す事が解った。携帯電話使用時では、14人中8人が微分値不の符号を示す事が解った。このことから、携帯電話使用時では車間が縮まっても反応がしない傾向がある事が解る。

高集中度街路の動画内で1階微分-5点公式評価を行うと図-32の街路高71秒付近の場面で微分値の正の変化で高い数値を示した。この場面では黄色信号から赤信号に変わる時に原付自転車1が活きよい良く左折してきて、反対車線にはみ出しそうになりながら走行していた。被験者は本実験の車両は赤信号であった為、停止していたが原付自転車はみ出しそうになり衝

突する危険性を感じ集中度が向上したのではないかと考えられる。図-32 よりも被験者の 14 人中 11 人で集中度が向上した事からもこの事がいえる。携帯電話使用時では 14 人中 8 人の被験者が向上した事から携帯電話使用により街路景觀に注意を向ける事が減少する事が解る。

図-33 は動画視聴内で漫然運転が起きやすい前方車両と車間が大きくある、歩行者がいない、景觀が開けた場所に着目を引き低集中度街路 73 秒では、この条件と一致する景觀であった。低集中度街路 39 秒付近の場面で 1 階微分-5 点公式評価を行うと被験者 14 人中 10 人で集中度が低下する結果が出る事が解った。更にこの動画内では、真っ直ぐ走るだけの動画である為動画視聴に対し少なからず飽きが生じてしまった事があると考えられる。

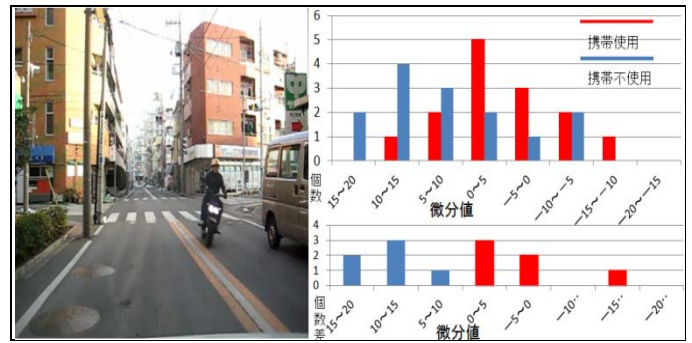


図-32 高集中度街路での特徴的なシーンによる微分での検討

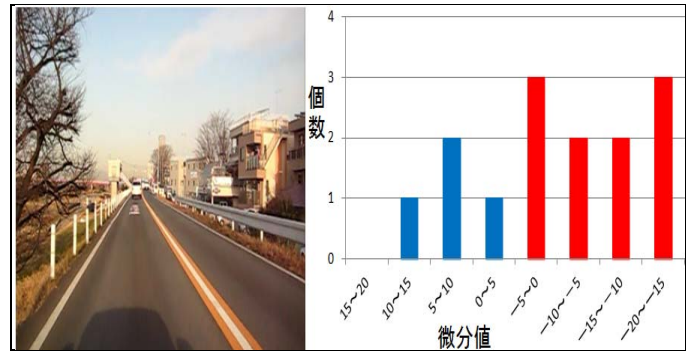


図-33 低集中度街路での特徴的なシーンによる微分での検討

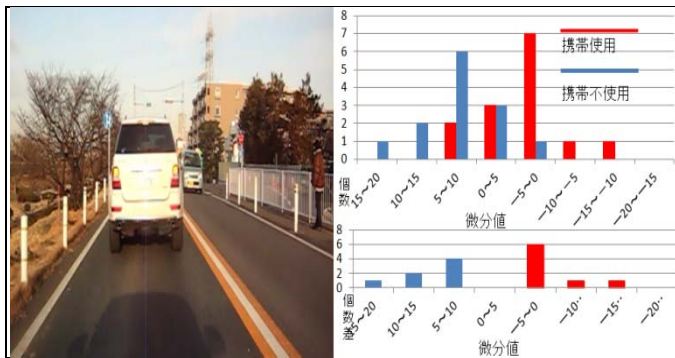


図-30 低集中度街路での特徴的なシーンによる微分での検討

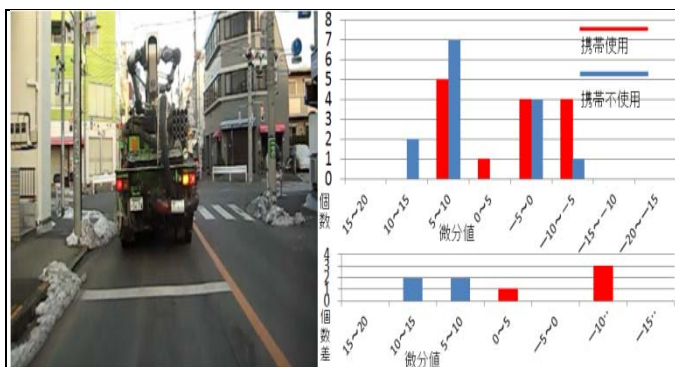


図-31 中集中度街路での特徴的なシーンによる微分での検討

14.まとめ

本実験で携帯電話使用による運転が運転に対し集中度を低下させ事故の確率を上げてしまう事が解り、携帯電話使用による運転が危険と言う事を証明した。

街路に対する変化	街路状況に対する変化は差ほどなく前方車両の車間や、対向車線を最初に意識を向ける事が解る。
運転頻度での比較	運転未熟者は運転熟練者に比べ運転慣れていない為に集中度が高い結果が出る。
携帯電話使用による比較	携帯電話を使用する事に集中度が低下する事が解る。また運転熟練者や運転未熟者でも同様に携帯電話使用時の集中度が下がる傾向が見受けられる。

15.参考文献

- 1)道路交通法：第六十五条，第七十一条の三
- 2)小林和孝：運転状況による精神反応パターン，人間工学，Vol.4，No.4，1968.
- 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)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

A background

Although concern about people's measure against a traffic accident is increasing and many measures are performed, there is little research which works on the measure from the present physiology index. Heisei 11 Although use of the mobile phone in the time of operation was forbidden and the mobile phone-related accident has decreased, it is a fact that there are those who are still in violation even now. In this experiment, operation which uses a mobile phone is high-risk however, or carries out evaluation from the degree of concentration of brain waves.

Then, as a method of considering an improvement of the road environment for the measure against a traffic accident, also in the physiology index, evaluation by brain waves was performed and the influence which road environment has on a driver was investigated.

result

Change to a street

There is no change to a street situation like a difference, and between the cars of front vehicles and the opposite lane are known by turning consciousness first.

Comparison by operation frequency

Since, as for no operation inexperienced person, there is operation practice compared with an operation expert, a result with high degree of concentration comes out.

Comparison by mobile phone use

It turns out that degree of concentration falls to using a mobile phone.

Moreover, the tendency for the degree of concentration at the time of mobile phone use to fall similarly can also see an operation expert and an operation inexperienced person.