

道路環境の安全性の脳波による評価

計画マネジメント・皆川研究室 進藤 翔太

1. 序論

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さら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。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、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る。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。

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させ、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。また結果をもとに運転に悪影響を及ぼすと考えられる地点の対策を考察する。

2. 道路環境

(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クエンスとして運転者に認識される。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⁴⁾。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。

(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⁴⁾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. 実験方法

(1) 脳波の測定方法

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。周波数によって分類される人の状態を下の表-1に示す。

被験者の脳波を測定する装置として、図-1に示すニューロスカイ社製のMINDSETを用いる⁵⁾。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

表-1 脳波の周波数から分かる人の気分

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。

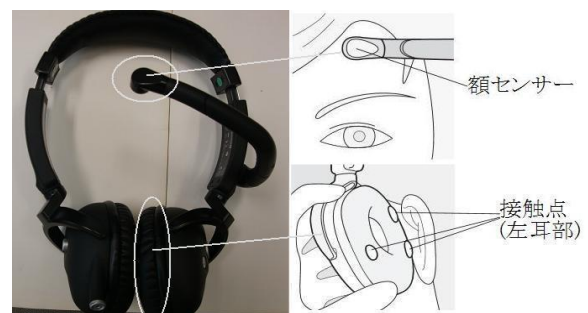


図-1 脳波測定装置の外形

適している。また、ニューロスカイ社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」という指標で表すことができる。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。

(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。

(3) 動画の撮影方法・視聴方法

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。実験時の視聴風景を図 - 2 示す。

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した。

(4) 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全員の結果を用いていない。



図 - 2 動画視聴風景

4. 実験対象場所

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。そのため、高速道路と街路は分けて考えることが必要と判断し、対象場所として高速道路 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 は藤沢市湘南台の街路である。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。キャプチャ画像を図 - 3 に示した。街路 b は同じく湘南台の街路である。道なりのカーブが二か所あり、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。キャプチャ画像を図 - 4 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。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。キャプチャ画像を図 - 5 に示した。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が多数設置してあるのと、



図 - 3 街路ルート a の画像



図 - 4 街路ルート b の画像



図 - 5 高速道路 a の画像



図 - 6 高速道路 b の画像

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。キャプチャ画像を図 - 6 に示した。

5. 結果と考察

(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いた。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 - 7 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 - 8 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といえる。図 - 9 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 - 10 のように路上駐車車を発見してから追い越す直前までの時間である。このことから車への接近行為はど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共に各被験者で似たような集中度を表す時間帯はなかった。

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。そのため、微分で表される変化率による評価の方が適していると考えた。

(2) 微分値と標準偏差による評価

街路 a については、図 - 11 の微分値の値と図 - 12 の標準偏差から、90 秒付近で集中度が増加する反応

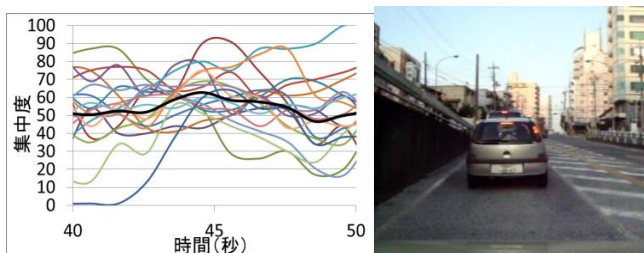


図 - 7 街路 a 集中度 45 秒付近 図 - 8 信号付近

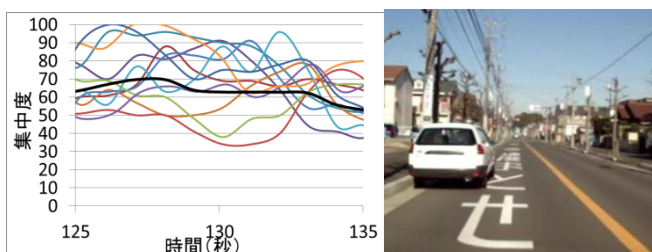


図 - 9 街路 b 集中度 130 秒付近 図 - 10 路駐付近

が見られる。この時間は交差点を通り過ぎ、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。

街路 b については、図 - 13 と図 - 14 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低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。図 - 15 と図 - 16 から 126 秒付近で増加しているのが分かる。この時間は(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 - 17 と図 - 18 から 163 秒と 168 秒付近で増加する事が分かる。この時間は二個目のカーブ区間であり、一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。この二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分かる。

高速道路 a については、図 - 19 と図 - 20 から 80 秒過ぎに集中度が少し下がっているのが分かる。ここは一個目のトンネルの出口を抜け景色が広がってからの数秒たった場所である。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情報量が増え集中度が増加し、その反動で 80 秒過ぎに下がる変化が起きたといえる。図 - 21 と図 - 22 から 175 秒に大きく集中度が上昇しているのが分かる。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大きく上昇しており、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分かる。この理由は一個目のトンネルが 15 秒間と短いのに対し二個目は 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。トンネル内走行の単調性が運転者の意識水準に影響を与える危険性があり³⁾、集中度が下がり続けるということは無かったが、長いトンネルを抜けた時の方が集中度が上がる変化が見られたことから、長距離トンネルでは飽きが生じるのではないかと考えられる。

高速道路 b については図 - 23 と図 - 24 から 80 秒過ぎに集中度が減少しているのが分かる。ここはカ

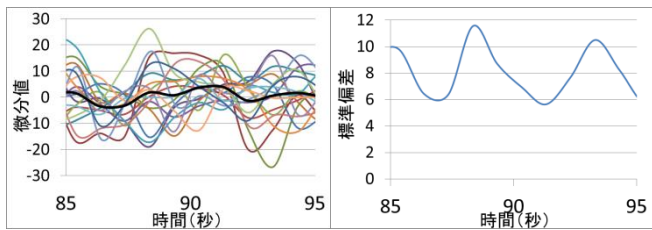


図 - 11 街路 a 微分値

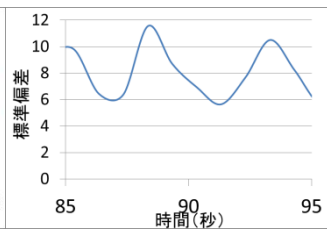


図 - 12 街路 a 標準偏差

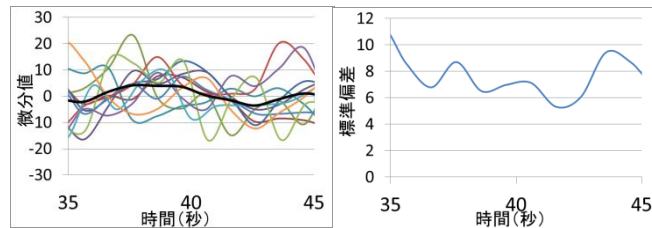


図 - 13 街路 b 微分値

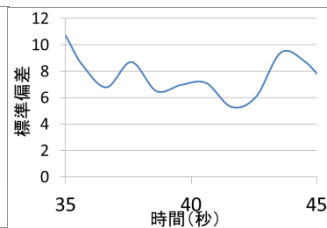


図 - 14 街路 b 標準偏差

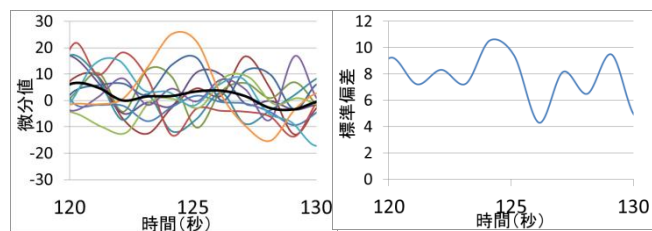


図 - 15 街路 b 微分値

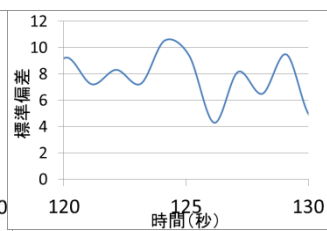


図 - 16 街路 b 標準偏差

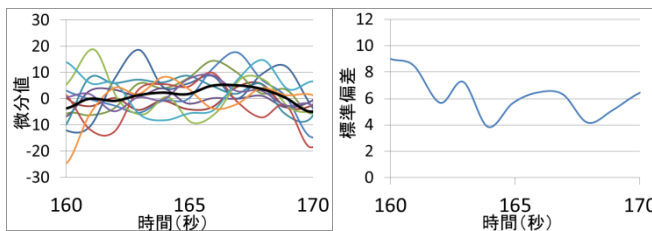


図 - 17 街路 b 微分値

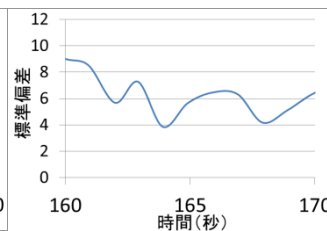


図 - 18 街路 b 標準偏差

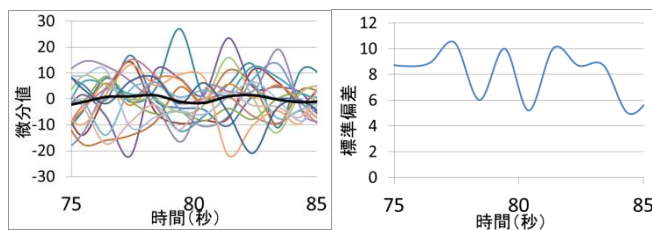


図 - 19 高速道路 a 微分値

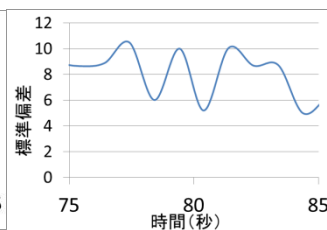


図 - 20 高速道路 a 標準偏差

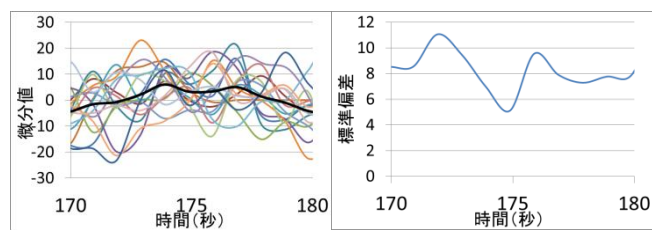


図 - 21 高速道路 a 微分値

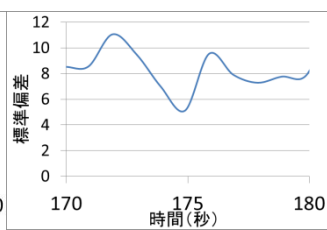


図 - 22 高速道路 a 標準偏差

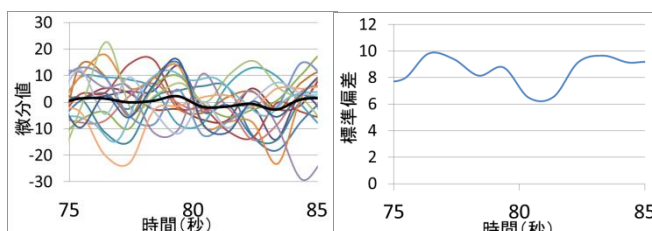


図 - 23 高速道路 b 微分値

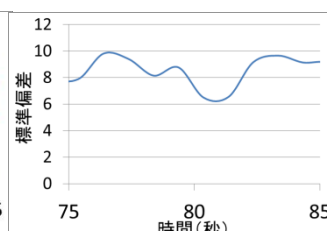


図 - 24 高速道路 b 標準偏差

ープ区間であり、警戒標識であるシェブロンマーカ
ーや道路に標示がある。直前で警戒標識等が視認で
きるようになったときに標準偏差は低くないものの
微分値は上昇しており、このカーブ区間に入ってか
らは下がっていることが分かる。このことから警戒
標識等はカーブに入る前は注目し集中が上がると思
われるが、カーブに入ってからあまり効果がないと
考えられる。シェブロンマーカは設置基準が設け
られておらず、乱雑に設置されているため景観面・
コスト面からもカーブ区間内後半では減らした方が
いいと考えられる。

6. 結論

本研究では脳波データを集中度として表し評価を
行った。集中度は人によってバラつきがあるが、変
化については場所によって似た変化を示すことが分
かった。街路については車の接近や交差点など、事
故に関するものに接近した時に集中度が上がるこ
とがわかった。またカーブでの見通しの悪さとい
った道路環境に関してより、交通面に関する交差
点の方に集中が向くことがわかった。このことか
ら街路では道路環境を集中度で評価するのは困難
だと考えられる。高速道路についてはトンネル区
間やカーブ区間での集中度の反応から評価がある
程度出来ることがわかった。トンネル区間では飽
きが生じる可能性があるため変化を付ける必要や
、カーブ区間ではシェブロンを減らす必要があ
ると考えられる。

また今回は動画中で集中度が上がる時にどこに
注目しているかを、独断で決めてしまっていたた
め、視線についてアイマークレコーダー等による
視線計測を併せて行う必要があると考えられる。

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：運転状況による生理反応パターン，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) 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，1977.
- 5) NeuroSky Inc：ホームページ，<http://www.neurosky.com/>.