

# 道路整備事業による 利用者のストレス低減効果の把握

村戸 伸行<sup>1</sup>・辻 大樹<sup>2</sup>・古谷 隆之<sup>3</sup>

<sup>1</sup>非会員 日本工営株式会社 大阪支店 技術第一部 (〒530-0047 大阪市北区西天満1-2-5)  
E-mail:a5954@n-koei.co.jp

<sup>2</sup>非会員 日本工営株式会社 大阪支店 技術第一部 (〒530-0047 大阪市北区西天満1-2-5)  
E-mail:a7476@n-koei.co.jp

<sup>3</sup>非会員 日本工営株式会社 インフラマネジメント事業部 都市・交通計画部  
(〒102-8539 東京都千代田区九段北1-14-6)  
E-mail:a7158@n-koei.co.jp

本研究は、道路整備による整備効果を評価する1つの指標として、ドライバーや歩行者などの道路利用者が感じるストレス低減効果の活用可能性を検討することを目的に、脳波計測機器を用いた脳波計測調査を行い、利用者の感じるストレス(β波出現率)を定量的に把握した。

具体的には、バイパス整備による線形不良区間の解消によるドライバーのストレス低減効果の把握を目的とした実走行調査、歩道新設による歩行者のストレス低減効果を把握することを目的とした歩行者脳波計測調査を実施し、各事業の実施により一定のストレス低減効果が観測されることを確認した。一方で、一部の被験者では、逆にストレスが増加するなど、ストレス低減効果が十分に確認されない状況も見られたため、脳波の活用可能性については今後も継続して検討していく必要があるといえる。

**Key Words** : brain waves, stress, effect of improving road

## 1. はじめに

道路整備がもたらす整備効果として、公共投資を行うことで生産活動を活発にし、原材料や労働力の需要の拡大や生産機会・雇用機会の創出等、経済活動を活性化させる短期的な効果(フロー効果)や、道路が整備され供用されることで、人流・物流の効率化、民間投資の誘発や観光交流、人口・雇用などを増加させ、長期にわたり経済を成長させる効果(ストック効果)などの多様な効果が挙げられる。また、道路事業整備に伴う効果として、走行時間短縮、走行経費減少、交通事故減少の3項目については、現時点における知見により十分な精度で計測が可能かつ金銭表現が可能であり、費用便益分析マニュアル<sup>1)</sup>において算出方法がとりまとめられている。

一方、道路事業整備により、走行性や快適性が向上することによる道路利用者のストレス低減効果も期待されるが、その効果を定量的に把握する事例は少ない。ストレスを定量化する方法としては、アンケートなどの意識調査等による主観データによる方法が存在するが、近年では、ストレスを定量的に計測可能な機器が目ざされ

つある。

ストレスを定量的に測定する方法のひとつとして、脳波計測が考えられる。

脳波計測による既存調査として、草柳ら<sup>2)</sup>は、都市や公園の動画と音声(交通音、鳥のさえずり、こどもの声、川のせせらぎ等)を視聴する際の脳波を計測し、自然や公園など音と景観がマッチした動画・音声を視聴する際に、β波が低下しストレスが低減することを確認している。また、佐藤ら<sup>3)</sup>は、路面電車軌道の緑化が快適性に及ぼす影響を評価する事を目的に、CVMによる支払意志額と脳波の変化パターンを比較することで、両者の間に一定の相関があることを確認している。また、鈴木ら<sup>4)</sup>は、自転車走行指導帯整備路線を走行する際の自動車ドライバーの脳波(α波出現率)を観測し、統計的分析を行った結果、自転車走行指導帯整備路線で運転時のストレス低減効果を確認している。

ここでは、脳波計測機器を用いたドライバーや歩行者の脳波計測調査を実施し、道路整備による利用者のストレス低減効果を観測した調査内容・結果について記載する。

## 2. 調査概要

### (1) 調査概要

道路整備事業の実施によりドライバー、歩行者が感じるストレス低減効果を把握することを目的に、表-1に示す2種類の方法で、ドライバーや歩行者の脳波を計測する脳波計測調査を実施した。

表-1 調査概要

	調査1	調査2
事業内容	バイパス整備	歩道新設
期待される整備効果	線形不良区間（峠区間）の解消によるドライバーのストレス低減効果	歩道新設による歩行者のストレス低減効果
調査方法	線形不良区間（峠区間）と整備済区間を走行する際の助手席同乗者の脳波の比較	歩道なし区間（路肩）と歩道あり区間（歩道）における歩行者の脳波の比較
評価指標	助手席同乗者の脳波（β波出現率）	歩行者の脳波（β波出現率）
調査日	H27.11.28（土）日中	H28.1.26（火）AM
被験者数	8名	8名

### (2) 使用機器

今回は、脳波計測を行う機器として、「アルファテック（脳波測定機器）」を用いた。本機器は、脳の電氣的インパルスを外側から観測し分析するバイオフィードバック装置であり、アンテナ通信によりワイヤレスでの測定が可能である。額に取り付けたセンサーバンドで観測した電圧を、1秒単位で高速フーリエ変換することで、0~23HZの範囲で各周波数帯（1HZ単位）の電圧を集計し、1秒間の計測において最も強い（電圧が高い）周波数の脳波を、優勢脳波としてアウトプットする<sup>5)</sup>。



構成	無線伝送する送信機とこれを受信して処理する各種情報として表示する受信機から構成する。
電源	送信機 単4アルカリ乾電池2個 受信機(本体) USBバスパワー
特性	周波数特性 EEG部 4HZ~24HZ ±3dB(最大入力200μVp-P) EMG部 150HZ~800HZ ±3dB(最大入力500μVp-P) 最小入力レベル 2.5μVp-P CMMR 60dB以上 ハム除去比 60dB以上 サンプリング周波数 1024Hz 電圧分解能 10bit 入力インピーダンス 10MΩ
表示	1. 受信SIGNAL 2. 測定パネル 3. COM(PC接続)
入出力	1. アンテナ端子(送信機及び受信機) 2. センサーバンド入力(送信機) 3. USB端子(PCとの接続)

図-1 測定機器（アルファテック）<sup>5)</sup>



図-2 脳波測定状況

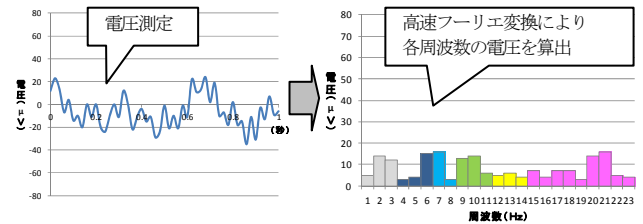


図-3 脳波算出イメージ

### (3) 評価指標

脳波は、周波数によりα波、β波、Δ波等に分類され、一般に人がリラックスしている時にはα波が、ストレスを感じている時にはβ波が、無意識状態の時にはΔ波が出現すると言われている<sup>5)</sup>。したがって、脳波測定器を用いてβ波の出現状況を測定することにより、ドライバー等が感じるストレスの定量化が可能であると言える。

上記を踏まえ、本調査では、β波（緊張、不安、イライラなどのストレス状態を表す波形）に着目し、「β波出現率（全体調査時間のうち優勢脳波としてβ波が出現する時間の割合）」を評価指標とした調査を実施する。

表-2 脳波の分類と本分析における分析対象

名称	周波数	意識状態	分析対象
β波 (ベータ波)	15~ 23Hz	緊張や不安、いらいらなどストレス状態を反映する波形	○
Fα波 (ファストアルファ波)	12~ 14Hz	緊張した意識集中状態でありゆとりがないときの波形	—
Mα波 (ミッドアルファ波)	9~11Hz	リラックスした意識集中状態で頭が冴えている	—
Sα波 (スローアルファ波)	7~8Hz	休息や眠る方向にしており、意識が低下している	—
θ波 (シータ波)	4~6Hz	浅い睡眠のときあらわれ、意識が働かない	—
Δ波 (デルタ波)	0.4~ 4Hz	深い睡眠のときあらわれる無意識状態	—

### 3. 線形不良区間の解消によるドライバーのストレス低減効果の把握 (調査 1)

#### (1) 目的

峠など幅員が狭小で急カーブ区間が連続するような線形不良区間を対象に、バイパス整備などによる線形不良区間の解消によるドライバーのストレス低減効果を把握することを目的とする。

#### (2) 調査内容

バイパス整備事業が実施中の国道を対象に、未整備区間（幅員が狭小で急カーブ区間が連続する峠区間）と整備済区間（一定の幅員が確保され、直線区間が連続するバイパス整備済区間）を自動車で連続走行し、両区間を走行する際の脳波（β波出現率）を計測する。未整備区間と整備済区間の走行時の脳波（β波出現率）の違いを比較することで、未整備区間解消によるストレス低減効果を整理する。実走調査終了時には、被験者に対してアンケート調査を行い、走りやすさ等についての利用者意向についても確認を行った。

なお、今回の調査では、以下の理由により、ドライバーではなく助手席に乗車した同乗者を対象に脳波を測定した。被験者は、週1回以上自動車を運転する30～50代の一般ドライバー8名とした。運転は2名のドライバーで交代しながら実施した。

- ・峠区間での実走行調査であり、ドライバーに脳波測定器を装着することでドライバーの負荷が増加し、交通事故発生に繋がる懸念があるため、本調査では、安全性を重視し、助手席同乗者の脳波を測定。
- ・助手席の同乗者の脳波を測定することで、線形不良区間を走行する際の急カーブや加減速行動に伴う車両の揺れに起因する負荷・ストレスの計測は可能と考える。

走行コースを図-5に示す。道の駅を起点に整備済区間 L=4.3km、未整備区間（峠区間）L=4.0km、を走行し、折り返して同じルートを走行し、道の駅へ戻る往復約 21km、時間にして約30～40分のコースである。

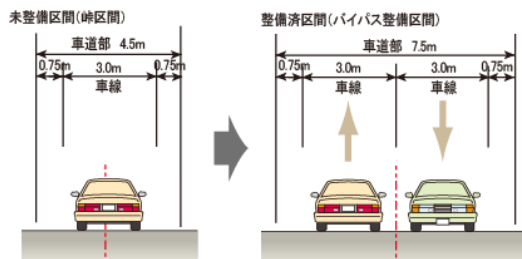


図-4 道路構造の比較 (事業実施前後)

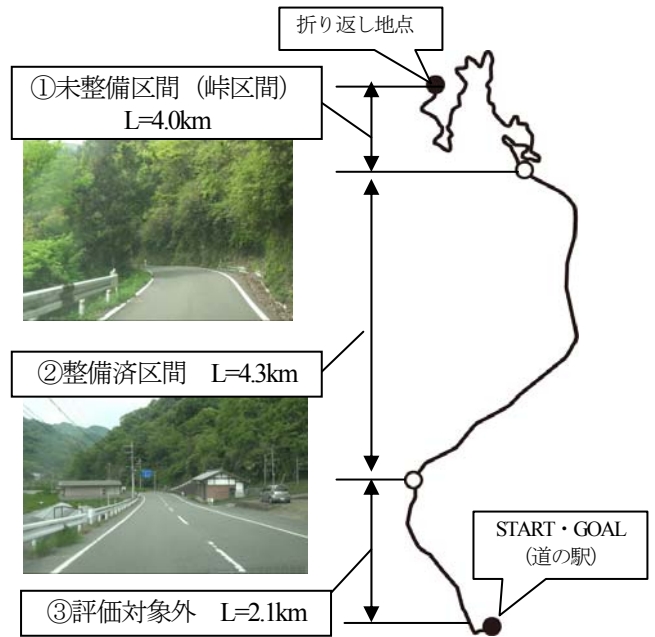


図-5 走行コース

未整備区間の中でも直線区間や見通しのよい区間などが存在し、このような箇所では十分なストレスが発生しない可能性があると考え、脳波（β波出現率）の比較は、以下に示す3条件で実施した。

#### a) 【条件1】 未整備区間（左）と整備済区間（右）の比較



#### b) 【条件2】 未整備区間（カーブ区間走行時）（左）と整備済区間（右）の比較



#### c) 【条件3】 未整備区間（すれ違い車両あり時）（左）と整備済区間（右）の比較



図-6 脳波計測の比較条件

(4) 調査結果

a) 【条件1】未整備区間と整備済区間の脳波比較

4名の被験者（約5割）は、未整備区間を走行することで整備済区間走行時と比べてβ波の出現率が増加しており、未整備区間（峠区間）を走行する際にストレスが増加しているといえるが、増加の幅は小さい。

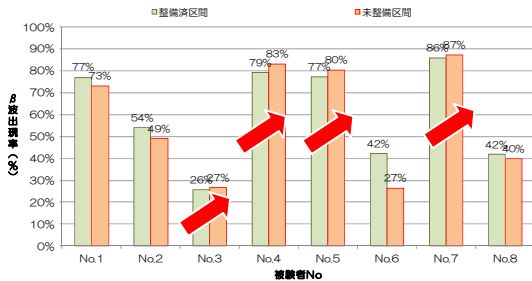


図-7 β波出現率の比較 (条件1)

b) 【条件2】未整備区間（カーブ区間走行時）と整備済区間の脳波比較

6名の被験者（約8割）は、未整備区間（カーブ区間）を走行することで整備済区間の走行時と比べてβ波の出現率が増加しており、未整備区間（峠区間）を走行する際にストレスが増加しているといえるが、増加の幅は小さい。

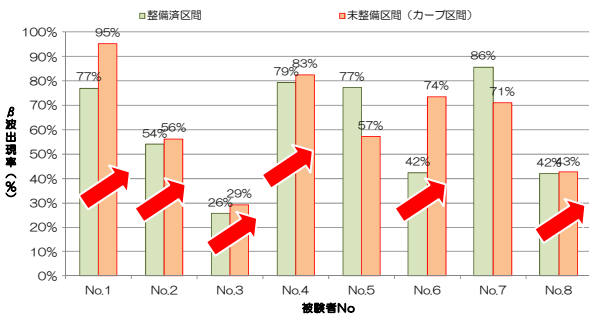


図-8 β波出現率の比較 (条件2)

c) 【条件3】未整備区間（すれ違い車両あり時）と整備済区間の脳波比較

4名の被験者（約5割）は、未整備区間（車両すれ違い時）を走行することで、整備済区間（車両すれ違い時）走行時と比べてβ波の出現率が増加しており、未整備区間（峠区間）を走行する際にストレスが増加しているといえる。また、増加の幅も大きい。

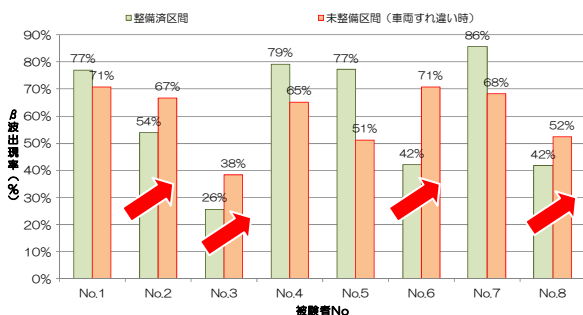


図-9 β波出現率の比較 (条件3)

d) アンケート調査結果

走行調査終了時に被験者に対して実施したアンケート調査の結果を以下に示す。

全被験者が、未整備区間（峠区間）は走りづらい、危ないと感じている。走りづらいと感じる主な理由としては、「視界が悪い」、「道幅が狭い」、「ガードレールがない」、「対向車が不安」、危ないと感じる主な理由としては、「対向車とのすれ違い」、「ガードレールがない」、「落石注意の看板」などがあげられる。

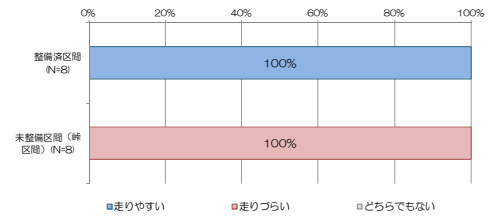


図-10 走行性 (走りやすさ)

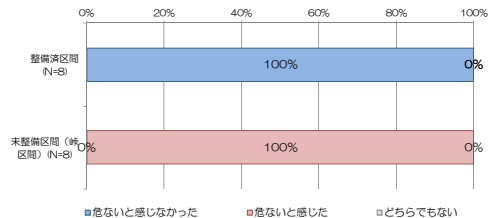


図-11 安全性 (危ないと感じたか)

e) まとめ

線形不良区間を走行する自動車の助手席同乗者を対象に、ストレスを表すβ波出現率を観測し、3条件で未整備区間と整備済区間での脳波出現率を比較した。

いずれの条件においても、5割以上の被験者が未整備区間を走行することでβ波出現率が増加している。特に、すれ違い時を比較した場合（条件3）に、β波出現率が増加する幅が大きく、幅員が狭く見通しが悪い未整備区間ですれ違う際に、ストレスを感じる傾向が高いことが伺える。

一方、中には、線形不良区間走行時にβ波出現率が減少する（ストレスが低下する）など、アンケート調査結果と比べても整合がとれない被験者も見られる。一つの要因として、今回の調査ではドライバーでなく助手席同乗者の脳波計測をしたことが考えられ、実際に自身で運転していないと、ストレスが顕著に表現されないことが想定される。また、カーブ区間や車両すれ違い時など数秒単位の短い時間帯を対象にβ波出現率を計測したが、短い時間では瞬間的にストレスが発生しないなどの理由も考えられる。上記理由により、調査環境などについては、今後も検討が必要だと考える。

#### 4. 歩道新設による歩行者のストレス低減効果の把握（調査2）

##### (1) 目的

歩道がない国道を対象に、歩道新設（交差点改良）による歩行者のストレス低減効果を把握することを目的とする。

##### (2) 調査内容

歩道新設の交差点改良事業を実施している国道交差点において、歩道部（既存の歩道整備済箇所）、路肩部に立っている状態の歩行者の脳波を計測し、両者の脳波（β波出現率）の違いを比較することで、歩道新設による歩行者のストレス低減効果を整理する。

歩行者は、動いたりせずその場で立っている状態で脳波を測定する。脳波測定は、一定の交通量が通過する間測定することとし、信号現示が2サイクルまわる約3～6分間を計測対象とした。約3～6分間の間に、20～60台の車両が通過し、車両が近接する国道を通行した時間のみを評価の対象とした（車両が通過していない時間帯は評価対象外）。被験者は、30～60代の男女8名とした。

また、調査終了時には、被験者に対してアンケート調査を行い、車両が近くを通行する際の恐怖感や安全性について意見を確認した。

##### ・歩道部（左）と路肩部（右）の脳波比較



図-12 脳波計測の比較条件

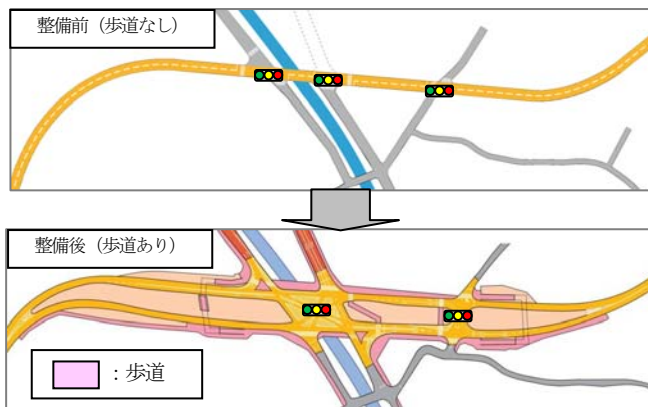


図-13 交差点改良イメージ図（歩道新設）

#### (4) 調査結果

##### a) 歩道部と路肩部の脳波比較（通過車両あり時）

歩道部と路肩部で、近接する国道を車両が通行した際の歩行者の脳波（β波出現率）を測定した結果を以下に示す。通過車両がある状態では、7名の被験者（約9割）は、路肩部で感じるストレス（β波出現率）が歩道部と比べて高いといえる。

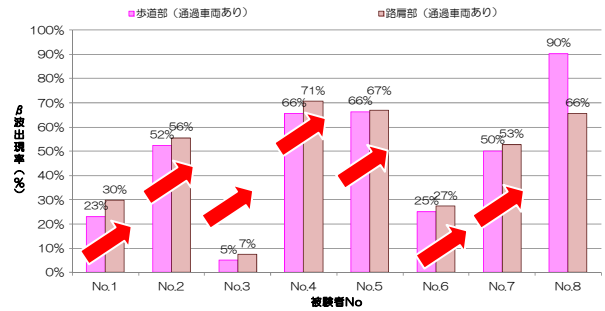


図-14 β波出現率の比較

##### b) アンケート調査結果

歩道部（歩道あり）では約4割（3名）、路肩部（歩道なし）では全員（8名）が危ないと感じている。特に、路肩部（歩道なし）では、特に大型車通行時などに危ないと感じる場面が多くみられた。

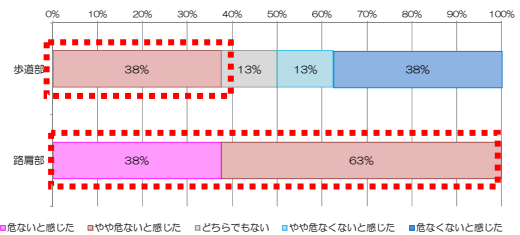


図-15 安全性（危ないと感じたか）

##### c) まとめ

歩道部と路肩部における歩行者の脳波計測を行うことで、歩道新設による歩行者のストレス低減効果について観測を行った。

路肩部で感じるストレスは歩道部と比べて高い傾向にあり、歩道の新設することで、これらのストレスが低減することが期待される。しかしながら、歩道部と路肩部で感じるβ波出現率には大きな差はみられず、また、中には路肩部のほうがストレスが低下する被験者も見られるなど、アンケート結果と比べても、整合が取れない部分も見られる。こちらについても、車両すれ違い時など短い時間帯でβ波出現率を計測したが、タイムラグなどにより短い時間で瞬間的にストレスが発生しないなどの理由が考えられる。

## 5. 結論

道路整備事業（バイパス整備，歩道新設）による利用者のストレス低減効果を把握するため，脳波計測調査を実施し，道路整備の実施により，過半数の利用者はストレス低減効果（ $\beta$ 波出現率低減）が観測されることを確認した。

一方で，一部の被験者では，ストレス低減効果が十分に確認されない状況（逆にストレスが増加する，ストレス低減効果が軽微など）も見られ，アンケート調査などと比べても，結果に整合がとれない場面もみられた。

上記を踏まえ，脳波の活用可能性については，計測の対象とする挙動（瞬間的な事象などはタイムラグなどにより適切な評価が困難と想定される）や，他の評価指標の活用可能性（ $\alpha$ 波など他の脳波，心拍数，発汗量等），被験者数（十分なサンプル数を確保したうえでの統計的分析の実施等）などについて精査を行い，今後も検討し

ていく必要がある。

## 参考文献

- 1) 国土交通省道路局 都市・地域整備局，費用便益分析マニュアル，2008
- 2) 草柳満，上金祐，皆川 勝： $\beta$ 波を用いた都市公園景観によるストレス変化の評価，土木学会第 66 回年次学術講演会，2011
- 3) 佐藤徹治，清水健太，谷海児，脳波測定装置を用いた都市・交通施策による快適性変化の評価手法，土木計画学研究・講演集（CD-Rom），Vol.42，206，2010
- 4) 鈴木聡士，金子選，中村紘喜：脳波を活用した実走行環境下における自動車運転ストレスの定量化，第 52 回土木計画学研究発表会・講演集，2015
- 5) 株式会社能力開発研究所ホームページ：<http://www.alphacom.co.jp/>

(2016. 7. ?? 受付)

## THE STUDY OF A METHODOLOGY FOR GRASPING AN EFFECT OF STRESS REDUCTION FOR CAR DRIVERS BY ROAD MAINTENANCE AND IMPROVEMENT

Nobuyuki MURATO, Hiroki TSUJI and Takayuki FURUYA

This study is intended to grasp the possibility of utilizing an effect of stress reduction for car drivers as an index for the benefits of road maintenance and improvement. In this study, we measured brain waves of car drivers with brain waves metering equipment and grasped stresses ( $\beta$ -wave incidence rate) that the road user felt quantitatively.

In detail, We conducted two surveys. The first one is the survey for the car drivers. Second one is the survey for the walker. In these surveys, we measure the brain waves for the purpose of grasping the stress reduction by the road maintenance and improvement. Finally, we confirmed that the stress reduction of the road users by road maintenance and improvement. On the other hand, some subjects were seen a few stress reduction and seem to obtain an effect not enough. It is necessary that we continue to study and examine about the possibility of utilizing an effect of stress reduction by brain wave.