

# VRシステムを用いた道路交通騒音影響評価に関する研究

中央大学	学生員	星野 修吾
中央大学	学生員	大橋 くるみ
中央大学	正会員	樫山 和男

## 1. はじめに

近年道路網の整備により、道路交通騒音が都市部の幹線道路の沿道地域を中心に大きな社会問題の一つとなっている。道路交通騒音の評価指標としては、等価騒音レベルが広く用いられている。しかし一般に騒音苦情では、規制基準等を超過していなくとも受忍限度を超え苦情者が苦情を申し立てることは多く、等価騒音レベルの理論がそのまま交通騒音の心理的影響に当てはまるわけではない。したがって道路交通騒音による心理的影響について生理学的観点から定量的に評価を行うことは重要と言える。

既往の研究では杉野ら<sup>1) 2) 3)</sup>により、常に一定の音場を再現することが可能なVR技術を用いた道路交通騒音のシミュレーションをVR空間上で行い、脳波計を用いた生体影響評価が行われてきた。しかし、呈示する騒音シミュレーションの条件が普通車1台のみといったものになっており、現実的なものでなかった。また音圧レベルと脳波との明確な相関も得られなかった。そこで本報告では、防音対策の心理的効果について検討するために、普通自動車、小型貨物車、中型車、大型車、バイクが連続的に走行する、より現実的な混合交通のシミュレーションモデルを用いて脳波の測定を行った。

## 2. 実験装置

### (1) 脳波

脳波とは、脳内の神経細胞の活動に伴って発生する活動電位を導出したものであり、脳の活動状態を表す客観的な指標として有用なものであると考えられている。波(0.5~4Hz)、波(4~8Hz)、波(8~12Hz)、波(13~30Hz)等周波数により分類されており、波より周波数の大きなものは速波(fast wave)、小さなものは徐波(slow wave)と

国際10-20法：世界標準とされている電極配置

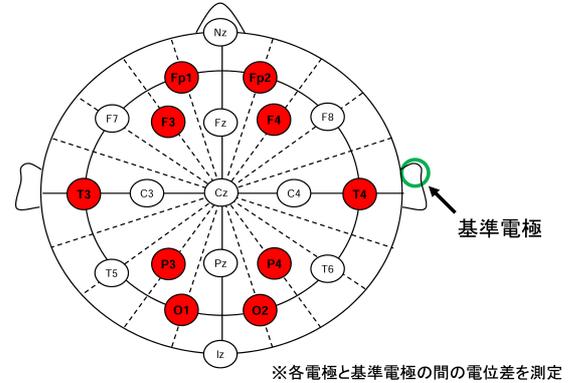


図-2 電極配置

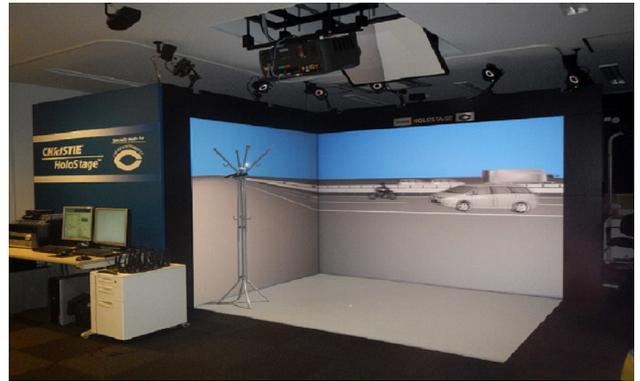


図-3 没入型VR装置 HoloStage

呼ばれている。速波は正常成人の覚醒時、入眠時、薬物使用時等、徐波は幼小児の脳波、睡眠時の脳波、脳機能障害の際に出現する傾向があると報告されている。このように健康状態をはじめ、精神的緊張や意識の程度により脳波の周波数成分は変動することが知られている。

### (2) 脳波計と解析手法

測定には、脳機能研究所製の脳波計(ESA-16Basic)<sup>4)</sup>(図-1)を用いる。電極配置は国際10-20法に基づく10チャンネル(Fp1, Fp2, F3, F4, T3, T4, P3, P4, O1, O2)(図-2)、右耳基準単極誘導により測定を行い、フィルタ設定はHPF(1.6Hz, 12dB/oct), LPF(30Hz, 24dB/oct), HUM(50Hz, 20Ord)、サンプリング周波数は200Hzを用いる。

得られた10チャンネルの脳波の解析においては、高速フーリエ変換(FFT)によりパワー値を求め、各周波数帯域ごとの帯域パワー含有率を求めた。対象とする周波数帯域は波(5~8Hz)、波(8~13Hz)、波(13~20Hz)の3つとした。



図-1 脳波計(ESA-16Basic)

KeyWords： 脳波，パワースペクトル解析，騒音，バーチャルリアリティ

連絡先： 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 TEL 03-3817-1815 E-mail s.hoshino@civil.chuo-u.ac.jp

### (3) 道路交通騒音評価システム

実験には、著者ら<sup>5)</sup>が開発したVR空間における道路交通騒音評価システムを用いる。このシステムは、幾何学音響理論(道路交通騒音予測モデル ASJ RTN-Model2008: 日本音響学会)に基づいた音響計算手法により、距離減衰、防音壁等による回折・反射、地表面による吸音効果等を考慮した道路交通騒音の解析を行い、その結果を没入型VR装置 HoloStage(CHRISTIE 社製)(図-3)を用いて音場を3次元的に再現することが可能である。没入型VR装置 HoloStage は道路周辺のCG映像と立体音響(可聴化)を用いて再現するものであり、前面・側面・底面の3面の大型スクリーン、高性能プロジェクター、および7.1ch音響システムに準ずるスピーカーで構成されている。

### 3. 実験概要

実験には、前節で述べた脳波計(ESA-16Basic)と道路交通騒音評価システムを用いた。遮音壁による道路交通騒音軽減の影響を評価するため、遮音壁を建設しない場合と建設した場合における走行映像の呈示を行った。それぞれの音圧レベルについては図-4に示す。また、比較のためにrest(刺激を与えない状態)と呼ばれる道路映像のみの呈示の場合についても脳波の測定を行った。走行映像については普通自動車、小型貨物車、中型車、大型車、バイクが連続的に走行する混合交通とし、与えた刺激の組み合わせを以下のように設定した。

- (i) rest : 道路映像のみ
- (ii) 遮音壁なし : 道路映像 + 走行映像
- (iii) 遮音壁あり : 遮音壁 + 道路映像 + 走行映像

交通シミュレーション条件として、自動車の走行速度100km/h、長さ400mの排水性舗装の直線道路、舗装施工後経過年数10年、遮音壁の高さは5mとした。またVR空間上での被験者の位置は道路の中心線から水平距離10mとした(図-5)。なお、車間距離についてはランダム関数を用いることで不定となるよう設定されている。(i)~(iii)の各条件における呈示時間はそれぞれ1分とし、次の呈示へ移る際は10秒間の休憩を設けた。呈示の流れは図-6に示す。

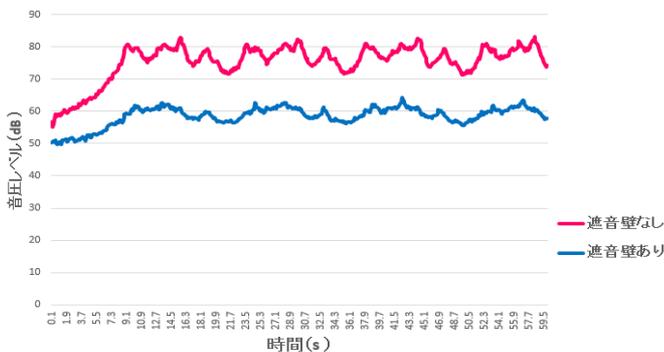


図-4 音圧レベル

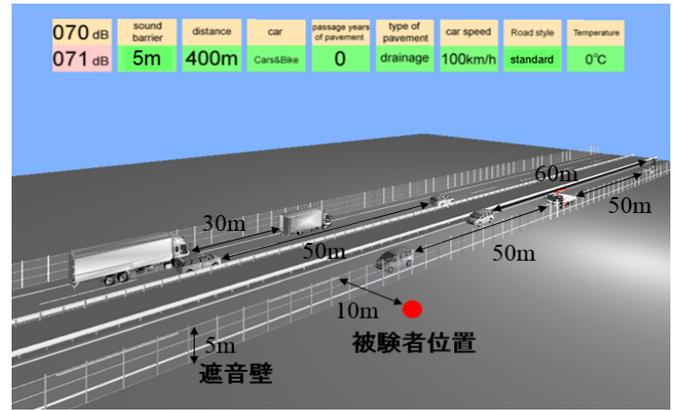


図-5 道路交通騒音の再現状況



図-6 実験の流れ

被験者は21~25歳、右利きの男性で行った。以上より得た脳波データにパワースペクトル解析を施し、波(5~8Hz)、波(8~13Hz)、波(13~20Hz)の3つの周波数帯域の含有率を求め、(i)rest (ii) 遮音壁なし (iii) 遮音壁ありについて比較を行った。なお、本実験の結果および考察は発表時に示す。

### 4. おわりに

本報告では道路交通騒音における防音対策を施した際の心理的效果について検討するために、VR技術に基づく道路交通シミュレーションシステムを用いて脳波測定を行った。今後の課題としては、被験者数を増加させより精度の高い検証を行うとともに、被験者にアンケート調査を実施し脳波解析の結果との相関性について検証する。

謝辞：本研究を進めるにあたり、中央大学理工学部人間総合理工学科 応用認知脳科学研究室 檀一平太教授にご助言賜りました。ここに感謝の意を表します。

### 参考文献

- 1) 加瀬美佳：感性スペクトル解析を用いたVR空間における道路交通騒音評価に関する研究，土木学会関東支部 第38回技術研究発表，2010。
- 2) 高橋歩：VR環境における道路交通騒音の脳への影響評価に関する研究，土木学会関東支部 第39回技術研究発表，2011。
- 3) 杉野麻沙美：VRシステムを用いた道路交通騒音の感性解析に関する研究，土木学会関東支部 第41回技術研究発表，2013。
- 4) 株式会社脳機能研究所：脳波による新たな感性解析法
- 5) 谷川将規，守屋陽平，江嶋孝，檜山和男，志村正幸：VR技術を利用した道路交通騒音評価システムの立体音響化と現実感向上に関する研究，土木学会論文集 A2 特集号(応用力学論文集)，Vol.16, I-155-162, 2013。