

令和元年6月18日現在

機関番号：12401

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2016～2018

課題番号：16K14296

研究課題名（和文）道路橋に起因する環境振動の評価への客観的ストレス評価法適用に関する基礎的研究

研究課題名（英文）Fundamental investigation of the applicability of stress evaluation based on brain waves to the assessment of environmental vibration caused by road bridges

研究代表者

松本 泰尚（Matsumoto, Yasunao）

埼玉大学・理工学研究科・教授

研究者番号：90322023

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,800,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、環境振動に対する人の主観的な判断に客観的な裏付けを与える基礎的な知見を得ることを目的に、簡易脳波計によって計測された脳波を利用した評価方法の環境振動評価への適用性を実験的に検討した。その結果、脳波を利用した評価方法により、振動に対する心理的応答を評価できる可能性が示唆されたが、その実験結果には個人差が大きく認められ、脳波計測の方法や精度など、現時点では環境振動評価への適用に課題が多いことがわかった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

環境振動問題は、建物の居住者による心理的・主観的な判断により顕在化することから、その評価指標には主観的判断を用いることが自然である。一方で、心理的応答は、回答者が恣意的に応答を決定できる。そこで本研究は、環境振動の評価指標に可能な限り客観的な裏付けを与えることを目的に、より客観的な計測が可能な脳波による評価の適用性を検討したものである。結果としては、一般の居住環境下でも利用可能な簡易脳波計による計測では、現時点で環境振動評価に適用可能と判断できる結果は得られなかった。

研究成果の概要（英文）：The objective of the present study was to accumulate fundamental knowledge about the applicability of stress evaluation based on brain waves measured by a portable electroencephalograph to the assessment of environmental vibrations. The experimental results implied that the evaluation based on brain waves might be related to subjective responses to vibration. However, there was significant inter-subject variability in the experimental results, which might be caused by various factors, including the method and accuracy of the measurement of brain wave with portable electroencephalographs.

研究分野：環境振動，構造力学，人体振動

キーワード：環境振動 振動評価 脳波

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

道路橋に車両通行によって生じる振動は、周辺地域における環境振動問題の原因となり得る。環境振動問題は建物等が密集する都市域を中心に国内外を問わず生じているが、木造建物が多い日本では特に顕著であり、それに関する研究も国外に比して数多く行われている。環境振動問題は、建物の居住者や利用者が受ける不快感やアノイアンスなどの主観的な判断により顕在化することから、環境振動に関する評価指標には、精神物理学の分野で発展した心理学的測定法により測定し得るそれらの主観的な判断を用いることが自然である。これまでに行われてきた実験室内での実験や実際の居住空間を対象とした社会調査に基づく研究でも、振動に対する人の知覚や不快感、気になっている度合い、悩まされている度合いなど心理的応答に基づく振動評価を用いた研究が行われてきた。一方で、心理学的測定法は心理的応答を直接測定できる利点を持つものの、被験者が恣意的に応答を変化させることも不可能ではない。環境振動評価に対する橋梁の設計や対策に影響を与える評価指標は、可能な限り客観的なものであることが望ましい。

ここで、作業環境などにおける振動など、大振幅の振動や長時間継続する振動が及ぼす人への健康影響に関する研究においては、振動に対する人の応答を測定する方法として、生理的指標に着目した方法が用いられている例もある。心拍数といった心臓 - 循環器系機能に関する指標や、呼吸数といった呼吸機能に関する指標などが用いられている。それらの研究の知見によれば、これらの指標の多くは、本研究で対象とする環境振動より振幅や継続時間が顕著に大きい振動に対しては変化が見られることが示されているが、環境振動程度の条件の振動に対して変化することは期待できない。しかしそれら生理的指標のうち、脳波については、環境振動程度の振幅、継続時間の振動に対して変化する可能性がある結果も見られる。

### 2. 研究の目的

本研究では、環境振動に対する人の主観的な判断に客観的な裏付けを与える基礎的な知見を得ることを目的に、医学系の分野などで近年検討が進められている生理的指標を用いた心的ストレス評価法の、環境振動評価への適用性を検討することとした。生理的指標を用いた心的ストレス評価法は各種検討されているが、本研究では、一定の測定精度を持ちかつ比較的安価な測定器が開発され工学的な応用も現実的となった、非侵襲的方法である脳波を用いた心的ストレス評価法の、環境振動評価への適用性を明らかにすることを目的とした。

### 3. 研究の方法

以下に示す本研究で実施した3つの実験は、埼玉大学工学部実験棟内の実験室に設置された加振装置を用いて行った。また、脳波の計測には、研究実施時に入手可能だった簡易脳波計のうち、脳波の時刻歴データを出力できるものを用いた。図1に、加振装置および実験中の脳波計の装着状況を示す。

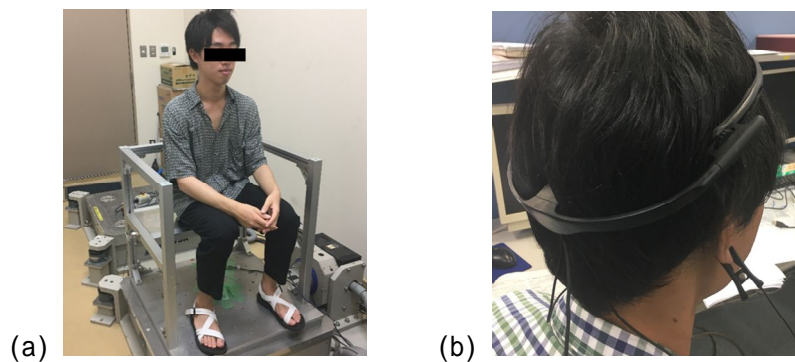


図1 加振装置(a)と脳波計装着状況(b)

(1) 実験1では、脳波に基づく心的ストレス評価法に関して、振動による脳波の変化の基本的な特性を把握すること、および脳波計測データの分析方法を検討することを目的とした予備的な実験を行った。実験参加者は、男女を含む6名で、すべて埼玉大学学生とした。実験に用いる提示振動の条件は、振動が及ぼす脳波への影響を把握するために、実際の環境振動の条件のうち振幅の大きい範囲で設定した。提示振動には水平方向の正弦振動を用い、振動数 5Hz、継続時間 3秒、6秒、12秒、24秒、最大加速度 12.5gal、25gal の8種類の振動に、振動無提示 30秒を加えた合計9種類を提示することで、振動の継続時間、最大加速度をパラメータとした検討を行った。

(2) 実験2では、正弦振動を提示振動とする実験を実施し、実験1で検討した脳波計測データの分析方法を踏まえた心的ストレス評価法による評価を行った。実験参加者は、男女各5名ずつの合計10名で、すべて埼玉大学学生とした。提示振動は、環境振動で想定される条件の範囲内で、振動加速度レベル 61dB、73dB、85dB (最大加速度 1.6gal、6.3gal、25gal) の3種、振

動継続時間を3秒、6秒、12秒、24秒の4種、振動数を4Hz、8Hzの2種の計24条件の水平振動とした。これらの振動に対する実験参加者の応答を、脳波に基づく心的ストレス評価法、および比較のために心理学的測定法も用いて測定した。心理学的測定には、振動の感覚的な大きさ、気になり具合、不快感を対象とした評定尺度法を用いた。

(3) 実験3では、実際の戸建て住宅で計測された振動に基づいて提示振動を設定した実験を実施した。実験参加者は男性5名、女性10名の合計15名とした。提示振動は全て水平方向であり、戸建て住宅で計測された振動源の異なる14種類の40秒間の実振動波形を2段階の振幅に調整した全28種類の振動とした。さらに、比較のため、振動数を4Hzと8Hzの2種類、振動継続時間を1秒、2.5秒、8.5秒の3種類とした正弦振動18種類も用いた。これらの提示振動の条件は、一般的な居住環境での環境振動として想定される範囲内で設定した。各振動の振幅の設定には、既往の研究で心理的応答に対する相関が良いことが示されている Vibration Dose Value (VDV) を用い、 $0.007\text{m/s}^{1.75} \sim 0.083\text{m/s}^{1.75}$  の範囲で定めた。実験で用いた実振動波形に基づく提示振動の例を図2に示す。図には、鉄道に起因する振動を  $0.010\text{m/s}^{1.75}$  の大きさになるように調整した波形を示しており、参考のため、対応する振動レベルの時刻歴も示している。これらの振動に対する実験参加者の応答を、脳波による心的ストレス評価法によって評価し、さらに心理学的測定法による結果と比較した。心理学的測定には、実験2と同様に、振動の感覚的な大きさ、気になり具合、不快感を対象とした7段階のカテゴリーによる評定尺度法を用いた。

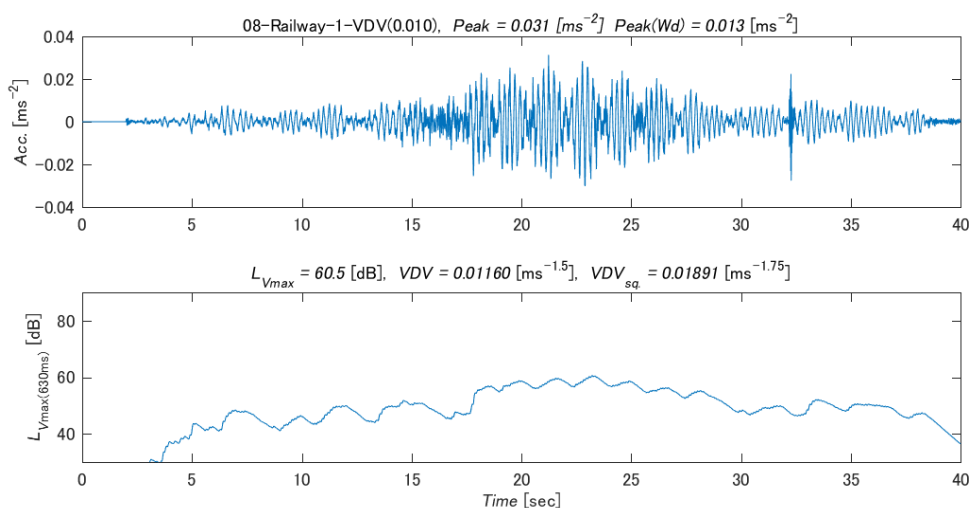


図2 提示振動の例（上：加速度時刻歴；下：振動レベル時刻歴）

#### 4. 研究成果

(1) 実験1で得られた脳波の計測データを周波数分析し、アルファ波(8~13Hz)、ベータ波(13~30Hz)等の種類ごとの大きさを求め、それらの間の相対的な大きさを利用した複数の評価法で得られた評価値と、振動の振幅や継続時間との関係を検討した。その結果、この実験の条件の範囲内では、脳波をフーリエ変換し、8~13Hzの範囲の積分値を、8~13Hzおよび20~25Hzの範囲の積分値で除した値で評価する方法で、最も安定した評価が得られた。以降の実験では、この評価方法を採用して脳波を評価することとした。

(2) 図3は、実験2で用いたすべての正弦振動に対し、上述の評価方法で脳波を評価した結果（図中の「ストレス評価値」）を、全実験参加者の平均値で示したものである。この結果では、本実験の条件の範囲内では、振動振幅が大きくなると評価値が下がる（アルファ波の成分の大きさが相対的に小さくなる）傾向が見られたが、振動継続時間が長くなることによる影響は明確には認められなかった。比較のために測定した心理的応答でも、継続時間の影響は振幅の影響に比べて小さく、脳波による評価と同様であった。例として図4に、不快感に対する結果を示す。一方、脳波による評価と心理的応答との対応は、実験で用いたすべての条件で確認できた訳ではなかった。例えば、図3と4の比較でわかるように、振幅の影響は、心理的応答では4Hzと8Hzで同程度であるのに対し、脳波による評価では8Hzの方が4Hzより明確に認められた。

(3) 図5は、実験3で用いた実測された環境振動に基づく入力振動と正弦振動すべてに対し、脳波による評価と心理的応答（不快感）を比較した結果を、実験参加者ごとに示したものであり、例として2名の実験参加者の結果を取り上げている。ここで、前出の図4では、心理的応答評価の際に、実験で得られた序数尺度による値を間隔尺度に変換したものを示していたが、図5では7段階の序数尺度による回答そのものを示している。また、脳波によるストレス評価

は、上述の方法で得られた評価値を、心理的ストレスの度合いが大きいほど値が大きくなるように換算した値を用いている。図5中の右図に示した実験参加者4の結果では、心理的応答と脳波による評価の対応が比較的良好ののに対し、左図に示した実験参加者3の結果では、心理的応答が変化しても、脳波による評価に明確な変化は認められない。他の実験参加者の結果にも、このような個人差が見られた。

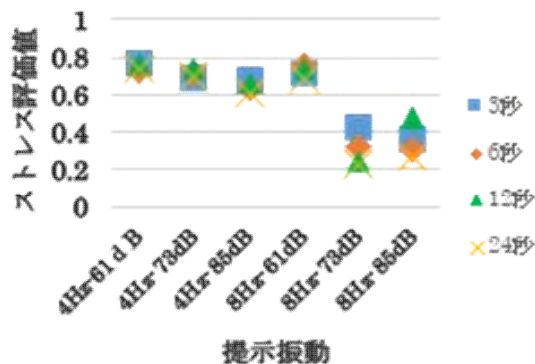


図3 脳波による評価

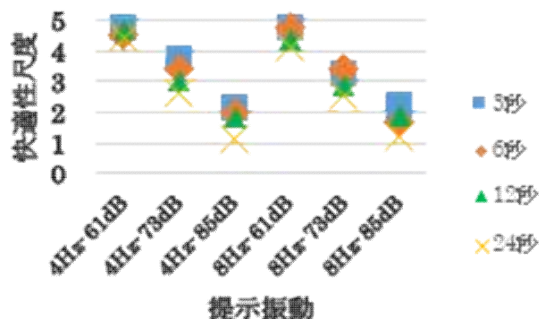


図4 快適性尺度による評価

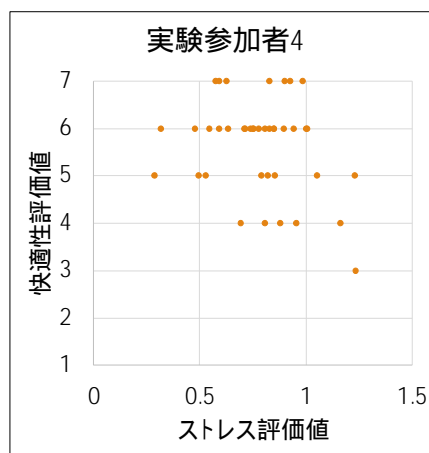
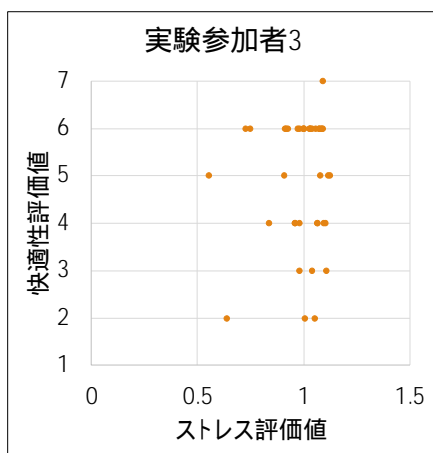


図4 脳波による評価と快適性尺度による評価との対応の個人差

(4) 本研究により、簡易脳波計によって計測された脳波を利用した評価方法により、心理的測定法を介すことなく、振動に対する心理的応答を評価できる可能性が示唆された。しかし、その結果には個人差が大きく認められ、また、脳波による評価と心理的応答の評価の間の相関は必ずしも高くなく、特に環境振動のように振幅が比較的小さい範囲の振動への脳波による評価への活用は、現時点では課題が多いと言える結果が得られた。今後、簡易脳波計による計測の方法改良や精度向上が実現されれば、本研究より良い結果が得られる可能性は残されている。また、脳波の分析方法も、さらに検討する余地がある。

#### 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 0 件)

〔学会発表〕(計 0 件)

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)

取得状況 (計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等 (なし)

今後、学会発表を行う予定である。

#### 6. 研究組織

(1) 研究分担者 なし

(2) 研究協力者 なし

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。