

## バス乗車時の感覚遮断条件における生体反応の研究

○坂本和義<sup>1)</sup>、小林こずえ<sup>2)</sup>、馬場健<sup>2)</sup><sup>1)</sup>電気通信大学, <sup>2)</sup>日野自動車 技術研究所1. はじめに

感覚情報の提示方法の研究は、バスの乗り心地や快適性、更には癒しなど人間にとってプラスの効果を求めることが可能と考えられる。

車両(バス)の“走行時”における“乗車者”について、感覚(視覚, 聴覚, 振動覚)の遮断・無遮断条件による生理学的項目(脈波と脳波)の反応を研究した。

脈波は、自律神経における交感神経活動状態(緊張状態)と副交感神経活動状態(弛緩状態)を評価する。脳波は、脳神経の周波数領域の活動レベルから緊張状態、集中状態、リラックス状態をそれぞれ評価した。

2. 方法2-1. 測定項目(測定機器)

脈波測定は、右手人差し指誘導により脈波の周波数解析を行い、交感神経と副交感神経を評価する指標 LF/HF を算出した(CCI 社製, BCUC0001)。

脳波測定は、前頭部(Fp1, Fp2) 双極誘導を行い接地電極(左耳朶)により脳波を検出し、周波数帯域解析から意識状態(緊張、集中、リラックス)をフェイススケール・スコア FSS により評価した(FUTEK 社製, BrainPro Light, FM-828)。

2-2. 測定条件と解析条件

バス乗車時において、(1)視覚条件(閉眼、開眼)、(2)聴覚条件(耳栓使用、耳栓不使用)、振動条件(悪路、良路)の3条件を組み合わせ、脳波と脈波を同時に測定した。バスの走行速度は40Km/h定速とした。聴覚条件における耳栓(円筒形; 直径 1.2cm, 長さ 3.2cm)使用時に音響の認知は、(1)実験者の指示は聞こえ、(2)車体の騒音を27dB 程度低減した。振動条件は良路ではアスファルト面走行で、悪路では砂利道走行であり、振動レベルは良路走行時よりも11%から15%大きい。脈波の測定時に悪路の影響を除く為に両手を組み、両大腿部間に脈波センサーを置いた。

脈波評価法: 自律神経機能評価値である LF/HF 値は、仰臥位における交感神経と副交感神経の境界値は2とされている(*Circulation*, 93, 1043-1065, 1996)。本研究において取った座位時の境界値を以下のように設定した。

LF/HF < 3 (副交感神経優位)

LF/HF ≥ 3 (交感神経優位)

脳波評価法: 脳波のα波を3分割しθ波とβ波を加えて、周波数帯域(帯域)を5帯域に分割して評価する。即ち、θ波(4.0~8.0Hz)、α1波(8.0~9.7Hz)、α2波(9.7~11.3Hz)、α3波(11.3から13.0Hz)、β波(13.0~30.0Hz)である。各帯域の意識状態は次のように知られている。θ波は眠気を、α1波はリラックスを、α2波は意識集中を、α3波は緊張集中を、β波は意識分散・緊張をそれぞれ表現する。

脳波測定時において、1秒間毎に5帯域の脳波電位の比率を計算して最大比率を示す帯域を優勢脳波帯域と定義する。そして、脳波測定時間全体(例、1分間)において各帯域の優勢脳波帯域の出現率を算出する。それら出現率の最大の出現率を脳波測定時間全体の優勢率と定義する。本研究では、意識状態を一次元的に表現する方法を提案している。各帯域に於ける優勢率を5段階に区分する。その5段階は、39%以下、40-55%、56-70%、71-86%、86%以上に設定されている。この様にすると、優勢率は5帯域・5段階に分類され、合計25の優勢率が得られる。そして、α2波を中心に数値化する。α2波で優勢率56-70%にゼロ点を付与し、α2波でこの優勢率より高い場合に正值を、低い場合に負値を付与する。全体の意識状態は25種考えられるので、各意識状態に4点刻みで点数を付与することを考えた。各意識状態に付与される点数をフェイススケール・スコア (Face Scale Score, FSS) と定義した。FSS 値と意識状態の関係を表1に示す。

表1. 意識状態とFSS 値範囲の関係

意識状態	FSS 値範囲
意識分散・緊張状態	+32 から +48
緊張集中状態	+12 から +28
意識集中状態	-8 から +8
リラックス状態	-28 から -12
眠気・まどろみ状態	-48 から -32

被験者は健常男性8名で、年齢は26.6歳 ± 3.5歳(19歳~30歳)であった。

3. 結果自律神経の結果:

図1において、例えば、A1は開眼で聴覚条件はB条件(耳栓の有無2条件)を含み、更に、C条件(悪路・

良路2条件)も含んだ場合におけるLF/HF値の統計量(平均値と標準偏差)を示している。

他の表示(A2, B1, B2, C1, C2)も以下に示したように評価される。

A(視覚条件); A1(開眼)、 A2(閉眼)

B(聴覚条件); B1(耳栓無し)、B2(耳栓有り)

C(振動条件); C1(良路)、 C2(悪路)

分散分析の結果は、聴覚条件(因子B)において、LF/HFの分散値に危険率5%の有意差が認められた。つまり、耳栓の有無によって分散値に有意差が認められた。

#### 脳神経の結果:

脳波は図2の結果を得た。FSSの平均値は-7から+10の間にあり、意識状態は、意識集中状態を示していた。

#### 4. 考察

条件におけるLF/HF値間の平均値の差異は、平均値の検定(多重比較)の結果は、危険5%でいずれの2条件間のLF/HFの平均値に有意差は認められなかった。しかし、各条件におけるLF/HF値間の分散値(バラツキ)の差異は、分散分析を行った。感覚の種類は3種(A(視覚)、B(聴覚)、C(触覚・振動覚))あり各2条件(開眼・閉眼、耳栓の有無、路面2種)あるので3元配置(水準2)の分散分析を実施した。結果は、条件B(聴覚条件)が危険率5%で有意差を認める。この結果は、聴覚の条件、つまり、耳栓の有無がLF/HF値の分散に影響を与えることを示している。更に、B1条件(耳栓無し)の平均値LF/HFは、他の条件(A1,A2,B2,C1,C2)の平均LF/HF値より大きい(図1)。そして、分散分析の結果から条件B1(耳栓無し)と条件B2(耳栓有り)の分散に差異が認められた。また、条件B1の平均LF/HF値は3以上であり、交感神経機能優位と考えられる。聴覚に刺激があるとLF/HF値は大きく、交感神経が有意に働く傾向があると考えられる。“自律神経”においては、“聴覚情報”(条件B1、B2)が、LF/HF値に大きく寄与していることを示していた。

FSS値の分散分析の結果は、条件A(視覚条件)に危険率1%で有意差が認められた。つまり、条件B(聴覚条件)と条件C(振動条件; 道路状態)の如何によらないで、視覚の条件(開眼か閉眼か)によって、FSS値の分散値(バラツキ値)に有意差が認められた。更に、条件A(視覚条件)と条件C(振動条件)の相乗効果(交互作用)も危険率5%で有意差を示している。この結果、脳神経は聴覚条件に関係なく視覚条件と触覚・振動覚条件によりFSS値の分散が影響を受けることを示している。“脳神経”においては“視覚情報”が意識

#### LF/HF (平均値)

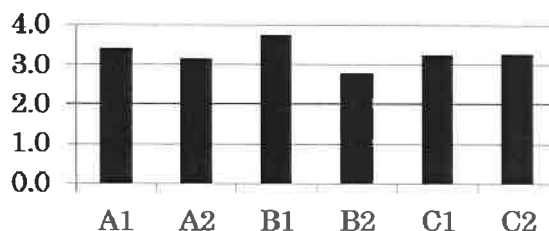


図1. 測定条件毎のLF/HF値(自律神経機能評価値)

#### FSS(平均値)

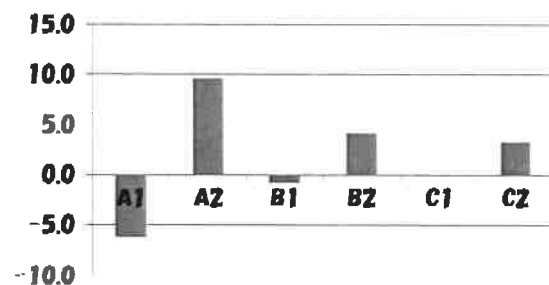


図2. 測定条件毎のフェイススケールスコア(FSS)値(脳神経機能評価値)

レベルに大きく関与していることを示している。更に、“視覚条件と振動条件の相乗効果(交互作用)”も意識レベルに関与している。

#### 5. 結論

自律神経においては、“聴覚情報”がLF/HF値に大きく寄与していることを示した。聴覚遮断されていない状態(耳栓無し)の方が聴覚遮断状態(耳栓有)よりもLF/HF値が高く交感神経機能が優位になる。一方、その逆の状態である聴覚遮断状態(耳栓有)の場合は副交感神経機能が優位になる。従って、バスの乗り心地を自律神経機能の面から高める方法としては、耳栓使用(耳栓有)は推奨される。

脳神経においては、“視覚情報”が意識レベルに大きく関与していることを示している。従って、バス乗車時に意識集中状態高める方法としては、閉眼は推奨される。

----- << 連絡先 >> -----

坂本和義  
電気通信大学 産学官連携センター  
〒182-8585 調布市調布ヶ丘 1-5-1  
電話 0424-43-5725  
FAX 0424-43-5726  
E-mail: sakamoto@crc.uec.ac.jp