

# 佐渡山亜兵

目的別テーマ：繊維製品の快適性評価に関する研究

## 研究テーマ

15-7-12：心身反応による快適性の計測と評価に関する研究  
-筋電図を用いた運転者の操縦安定性評価-

## ABSTRACT

*The relationship between driver's muscular activities and driving tasks was investigated to evaluate vehicle drivability by using driver's surface electromyogram (EMG). In a closed test course, the examination was carried out to examine the relations between driver's muscular activities and dicing tasks, with different 3 characteristics of vehicle dynamics. To make the different 3 characteristics of tires were installed on the same test vehicle. Driver's muscular activities of upper limbs (deltoid, biceps, triceps), neck (sternocleido-mastoid) and mandible (massetter) were measured by using surface EMG. In addition, driver's electrocardiogram (ECG), driving operations (steering angle and force) and vehicle dynamics were measured. On the slalom test, the activity of the one side of deltoid anterior grew concerning with steering operation, the activity of other side became smaller, so that alternation was found on the both side of deltoid anterior. On the other hand, the activity of masseter was obviously nonrelated to driving operations. This activity increased on the vehicle with lower stability and too much stability. Muscular activities of driver can be separated into two categories. One is the activities involved with driving operations. They are mainly applied to an evaluation of maneuverability and physical workload of driver, which is an analysis of intensity of pattern of EMG accompanying with driving operation. The other is the activities independent of driving operations. They are mainly applied to an evaluation of mental workload of drivers, which is an analysis of intensity or pattern of EMG independent of driving operation such as chewing or tense of drivers. EMG from drivers can be a good source for drivability analysis.*

## 研究目的

快適性を心身の反応によって計測する技術の開発を行う

## 5年間の研究内容と成果

### 1) 筋疲労センサー及び計測評価法の開発

多点電極の開発によって、隣接する3本の電極から、双極性に2チャンネルの筋電位信号を導出した。この2チャンネル筋電位信号の相互相関係数を計算することにより、相関係数の最大値から筋電位の時間差が求まる。この時間差は電極間距離から筋線維伝導速度に相当する。この筋線維伝導速度は筋疲労の進行に伴って低下することを明らかにした。実際のタイプ作業を実施し、僧帽筋のテスト収縮における筋線維伝導速度が作業前の5.5m/sから4.7m/sへと時間経過に伴って14%低下した。このとき主観的な疲労感が時間経過に伴って増加していたことから、筋線維伝導速度が筋疲労の指標になりうることを示された。作業後の休息によって、筋疲労感は速やかに回復したが、筋線維伝導速度は作業前の状態には戻らず、生理的な回復は30%にとどまった。

また、僧帽筋における筋疲労の回復に及ぼす入浴の効果について検討した。その結果、入浴によって感覚的な疲労感は速やかに減少し、作業終了の1時間後にはほぼ元の状態に回復した。入浴しない場合と比較して、有意に疲労感が取り除かれていた。他方、筋疲労の生理的指標である筋線維伝導速度は0.25m/sの回復にとどまった。入浴によって、主観的な疲労感は回復するにもかかわらず、筋肉の疲労が回復してまいることが明らかになった。このことから、作業の継続によって生じた肩などの筋疲労は、十分な休息時間が必要であることが示唆された。

### 2) 衣服圧迫や着衣重量が肩こりや疲労に及ぼす影響の検討

心電図の収縮期に同期した R 波のピークを検出し、R-R 間隔時間を計測する。この間隔時間が心拍変動に相当する。心拍変動のパワースペクトルを計算することにより交感神経、副交感神経の優位性を検知することができる。すなわち副交感神経優位であれば、0.15~0.5Hz の高い成分の割合が多くなり、安静かつ快の状態である。また、スペクトル全体のパワーに対する 0.05~0.15Hz の成分が増加すると交感神経優位となって、覚醒水準がたかまったり、不快な状態と相関が高くなる。こうした関係性を利用して、衣服圧迫による、自律神経系への影響を心拍動の揺らぎによって交感神経と副交感神経の優位性で表現できることを示した。

また、衣服重量と筋負担との関係においては、僧帽筋の筋電図を計測することにより、衣服重量の増加に伴って僧帽筋の筋活動が増加することが明らかになった。また、肩の筋が疲労することにより筋線維伝導速度が低下することを示した。これらの知見から筋電図が負担の評価や筋疲労の目安になることを明らかにし、評価指標としての有効性を示した。

### 3) 自動車タイヤの操縦安定性の計測と評価

自動車タイヤの操縦安定性を評価するために左右の三角筋と咬筋の活動を調べた。タイヤの特性が固すぎたり柔らかすぎたりすると、ドライバーのステアリング操作が思い通りに操作できず、左右の三角筋の活動が相反性にならず、相関係数が低下することが明らかになった。左右の三角筋の同期的活動に着目することで新たな視点から操作性を評価できることが示唆された。

また、操縦の安定性が低下するに伴って、ステアリング操作や姿勢保持動作に関係しない咬筋の活動に注目し、車両運動特性と咬筋の活動との関連性を調べた。その結果、特定の車両運動特性において咬筋の活動頻度が高まること、筋活動の大きさと運転のしやすさの主観評価との間に負の関係が認められることが明らかになった。さらに、これらの結果は、車両運動特性に基づく操縦安定性の評価を裏付けるものであった。すなわち、咬筋の筋活動によって自動車のステアリング操作時におけるドライバの力みをとらえることと、力みの大きさによって運転のしやすさを評価しうることが明らかになった。

実車実験によってドライバのステアリング操舵に伴う筋活動と運転のしやすさとの関係を調べた。レーンチェンジにおける左右三角筋前部の筋活動のパターン解析によって得られた同期的活動の大きさは、主観的なライントレース性の良さとの相関関係をしめした。また、三角筋活動の同期的活動の大きさと左右三角筋前部の筋負担の大きさ比は、車両のヨーイング共振周波数と負の相関を示し、車両運動特性に基づく操縦安定性の評価を裏付けた。

### 4) 感性形成を目指した笑顔の仕組みと形成

笑顔のデザインには、笑顔を構成する表情筋の活動パターンと笑顔の持つ幾何学的特徴を明らかにすることが必要である。そこで筋電図を用いたバイオフィードバック手法を笑顔のデザインのためのトレーニング手法として提案し、その可能性を視野に入れた笑顔の機能と意匠の分析と解明を行った。

随意収縮が容易な大頬骨筋に筋電図バイオフィードバック手法を適応し、筋活動水準を調節することにより4段階の笑顔と2種類の笑顔を生成することに成功した。合計して8つの異なる笑顔において、眼輪筋、上唇挙筋、口輪筋、笑筋、下唇下制筋の表情筋活動と皮膚の3次元歪みを同時計測した。また、8つの笑顔画像に対する笑顔認識アンケート調査を行い、笑顔形成の優劣と表情筋活動の関係を明らかにした。筋活動計測の結果、スマイルでは笑筋が、グリンでは笑筋と下唇下制筋の活動が顕著であった。また皮膚歪みの計測により、笑顔の特徴である眼裂の縮小が眼輪筋の収縮による要因だけでなく、大頬骨筋の筋収縮に伴う眼裂下部の圧縮が関係していた。笑顔の認識調査と表情筋活動計測から、笑顔の形成には個人差が大きく、笑顔の形成の優劣に応じた表情筋活動パターンが存在していた。個人対応でのフェイシャル・エクササイズが必要であることを示す結果が得られ、笑顔のメカニズムの共通項と個人差を明らかにした。

笑顔の意匠について、笑顔の魅力部位に関するアンケート調査を実施し、目と口の重要性を指摘した。そこから眼と口を含む単純な幾何学図形である矩形(表情矩形)を仮定し、その矩形のアスペクト比を調査した。その結果笑顔に表れる表情矩形は、アスペクト比が1.63という黄金比(1.618)の近似値となることがわかった。また無表情の表情矩形アスペクト比は1.40というシルバー比(1.414)の近似値となった。さらに笑顔の写真撮影を考え、複数枚の笑顔写真を撮り、個人が選ぶワーストスマイルとベストスマイルについて同様の表情矩形アスペクト比を算出した。その結果、ワーストスマイルのアスペクト比は1.56となりベストスマイルのアスペクト比は1.60となった。魅力度の高い笑顔にのみ黄金矩形が表れることがわかった。