

論文審査の結果の要旨

氏名 有光 知理

本論文は、「眼球運動センシングによる自動車運転時の眠気評価と覚醒刺激に関する研究」と題し、眼球運動の変化から運転者の眠気を検出する手法と、運転者を効果的に覚醒させる刺激に関する基礎研究をまとめたものであり、全5章から成る。

第1章「序論」では、自動車運転者の眠気評価法に関する既存研究を、運転操作に着目した方法と運転者の生体情報に着目した方法に分類することにより分析し、各手法の有効性を比較した例が少ないこと、および運転者を覚醒させる刺激法を含めた総合的な評価が行われていないことを指摘している。これらの議論を踏まえ、居眠り運転を予防するシステムを確立することを目指し、眠気評価手法の構築および有効性の比較、および人間の感覚機能に基づく刺激の分類および覚醒効果の比較を研究目的としている。

第2章「居眠り運転計測の実験環境」では、睡眠状態の計測方法や睡眠状態を示す生理学的知見の調査を行い、居眠り運転防止システムの開発に向けた実験環境の要求仕様を明らかにした上で、実験装置の設計と構築について述べている。実験装置の中心となるドライビングシミュレータにおいては実車の部品を多用して臨場感を高めるとともに、被験者の眠気を誘発しやすい単調な高速道路運転を模擬した映像を用いている。さらに実験中の被験者の心電図や脈波等の生体信号および顔画像を記録する装置を設置し、覚醒刺激としてシートベルトに振動を与える駆動機構と首筋へ冷風を吹き付ける空調設備を組み込んでいる。

第3章「眠気評価手法」では、運転者の眠気を評価する方法として、走行位置ずれ量・運転者の主観・運転者の顔表情・なだらかな眼球運動・眼球運動の周波数解析結果に着目した5種類の手法について述べている。

顔表情からの評価手法では、「眼の開閉度」に対する6段階の評価と「瞬きの速度」に対する2段階の評価の組合せによって、1:全く眠くなさそう、2:やや眠そう、3:眠そう、4:かなり眠そう、5:非常に眠そう、6:眠っている、という6段階の眠気評価を行う判定手法を開発している。本手法は独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)から公表されている眠気判定手法に基づいているが、実際に判定を行っている検査者の判断を詳細に分析し、従来の判定基準をより具体的かつ客観的な判定基準に改定したものであり、眠気判定法をフローチャートとして完成させている。本手法の開発により検査者の個人差を縮小することに成功している。

眼球運動パターンによる評価手法は、眠気の増加とともにEOG法によって取得した眼球運動になだらかな眼球運動波形が出現するに着目した新しい眠気評価手法である。被験者40名の眼球運動を分析した結果、眼球回旋角約 12° 以上、平均角速度約 $23^\circ / \text{s}$ 以下の眼球運動を検出することにより、顔表情評価による「3:眠そう」から「6:眠っている」と評価される段階の眠気検出が可能であることを示している。

眼球運動の周波数解析による評価においては、眠気の増加に伴う眼球運動の高周波成分が低周波成分に対して相対的に低下する徐波化に着目した眠気検出法を採用した。運転シミュレータにおいて脈拍数・心電図 (LF)・体温・皮膚抵抗・呼吸数との同時計測を行った結果、眼球運動の徐波化が走行位置ずれ量の変化との相関が最も高いという実験結果を得ている。

これら複数の眠気評価手法による同時計測結果から、眠気は顔表情に最も早く表れ、続いて眼球運動、車線ずれの順で眠気の増大を検出できることを示している。

第4章「覚醒刺激」では、覚醒刺激を人間の感覚器や動作に基づいて分類し、被験者の主観評価に基づく覚醒持続時間から、各刺激の覚醒効果を比較している。覚醒刺激を「受動的刺激」と「能動的刺激」の2種類に分類し、眠気の増加が検出された被験者に対して、音、光、シートベルト振動、冷風、等、さまざまな覚醒刺激を与える実験を行っている。その結果、同じ感覚器官を刺激する場合でも、音楽や送風のように情動や快適性に変化を与える刺激の方が、警告音や振動のように単調な刺激と比較して覚醒効果が高い。また、全体的な傾向として、被験者自身が体の一部を動作させる能動的刺激の方が、受動的刺激よりも覚醒持続時間が長いことを示している。

第5章「結論」では本研究の成果をまとめて総括するとともに今後の展望について述べている。

なお、本論文4章は佐々木健、保坂寛、板生清、廣田輝直、中川剛、河内泰司との共同研究であるが、論文提出者が主体となって実験計画および分析と検証を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

本研究で確立した眼球運動を用いた自動車運転者の眠気評価の基本技術と、覚醒を促す各種刺激の総合評価は、居眠り運転防止システムの実用化における重要な知見となる。したがって、博士（環境学）の学位を授与できると認める。