

博士（人間科学）学位論文 概要書

心拍変動解析の運転シミュレーター研究への応用

Applications of heart rate variability analysis
to driving simulator research

2008年1月

早稲田大学大学院 人間科学研究科

三品 誠

Mishina, Makoto

研究指導教員： 石田 敏郎 教授

研究の社会的背景

プロジェクターや大型液晶ディスプレイなど、表示面積の大きい映像装置が一般化している。また、個人用録画装置が普及し、コンピュータグラフィクス (CG)、バーチャルリアリティ (VR)、3Dゲーム、シミュレーション技術なども広く利用されている。このような技術により、大きな没入感が感じられるようになり、動きや輝度変化の早い映像、手ぶれ映像を見る機会も増えている。CGによるシミュレーター訓練は、航空機などの限られた利用から、一般人が運転免許取得時に体験する運転シミュレーターへとその用途を広げている。このような中で、乗り物酔いに類似した映像酔い・シミュレーター酔いなどの不快な症状が指摘されるケースも多くなっている。またそれに伴い、高い教育効果を持つとともに酔いにくいシミュレーターが求められている。

先行研究の現状

主観的な不快感が主な症状である酔いをモニターし、時系列的に評価する手段として心拍変動などの生理指標による方法が提案されている。しかし、シミュレーター運転や映像視聴では、「酔い」と無関係な精神生理学的反応が誘発される場合もある。「酔い」症状だけに選択的反応を示し、軽症から重篤な症状まで測定可能で、個人差も少ない単独指標は見出されていない。さまざまな指標と、「酔い」および交感神経系・副交感神経系活動度の関連に関する基礎的な知見が求められている。

本研究の対象と目的

本研究の長期目標は、擬似環境を利用する運転者教育システムにおいて、高い教育効果と利用の快適性を両立させることである。この長期目標を踏まえて、本論文は心拍変動解析の運転シミュレーター研究への応用、特にシミュレーター酔いへの応用について述べる。運転シミュレーターによる「酔い」を評価し、その軽減可能性を探り、心拍変動と酔いの相関を明らかにすることが本研究の目的である。「酔い」と相関が高い生理指標を明らかにするとともに、逆に「酔い」から影響されにくい運転場面依存の自律神経系活動度指標を明らかにする。また、シミュレーター酔いの研究で用いた心拍変動解析手法が、実際の交通環境における運転時にも適用可能であることを示す。これは、擬似環境による教育の積極的な効用である「身体反応のリアルさ」を心拍変動で検討するための基礎研究である。

生理指標分析システムの構築

本論文は、まずこのような要求のために開発した生理指標の分析システムに言及する。従来から用いられている心拍変動の周波数分析による指標に加えて、瞬時心拍間隔 (RRI) と呼吸との相互相関、ならびに RRI と脈波伝播時間との相互相関を算出することを可能とした。さらにこれら全ての指標を時系列的に分析する機能を有する。

シミュレーター酔いに関する研究

上記分析システムを運転シミュレーターによるシミュレーター酔いの研究に適用した。シミュレーター酔いを主観尺度と生理指標で同時評価することにより、生理指標と酔いの関連を示した。「心電波形の基線変動と酔いが相関する」との先行研究を支持する結果が得られ、特に「吐き気」指標との相関が大きかった。また、呼吸と心拍の相互相関が「酔い」から影響されにくく、運転場面に対する依存が大きな指標であることが示された。「酔い」の対策に関して、画面上に設けた縞状フィルターの効果が認められた。これは「画面内の静止参照枠が有効」との先行研究を支持する結果であった。

実車運転中の呼吸・心拍・脈波同時測定

さらに、この分析システムを用いて実車運転中の生理データを分析した例を示す。これは、実際の自動車運転中とシミュレーションや映像視聴中の生理反応を検討することにより、それら映像技術を利用した場合の「リアルさ」を自律神経系の活動度によって評価して比較する試みへの第一段階である。「リアルな擬似環境による教育は効果が高い」という仮説を検証することを通して、より教育効果の高い運転者教育システムを開発する取り組みへの一環である。交感神経系・副交感神経系の活動度を独立に評価するために呼吸・心拍・脈波の間の相関分析が有用であることが示唆された。

総合的な考察と課題

自律神経系活動度の推定などに利用できる心拍呼吸脈波同時測定による生理指標分析システムを構築した。これを用いてシミュレーター酔いの現状と予防可能性、酔いと生理指標との相関に関する知見を得た。酔いに相関する生理指標と、酔いから影響されにくい運転場面依存の生理指標を明らかにし、さらに画面内静止参照枠による酔い軽減効果を示したことにより、酔い防止研究へ向けた基礎付けを行った。またこの生理指標分析システムの構築により「リアルさ」評価へ向けた環境が整備され、教育効果に関する研究の体勢が整った。今後の課題はこれらの基礎成果を応用した、より実践的な研究を通して効果的で快適な教育方法を実現することである。