

[研究助成 (A)]

擬似心拍フィードバックを用いた運転者の焦燥感低減技術の開発

Development of Technology for Suppressing Driver Frustration Using False-Heart Rate Feedback

2221025



研究代表者

名古屋大学 大学院工学研究科

准教授

藤原 幸一

[研究の目的]

本研究では、あおり運転の防止のために運転中のフラストレーションを抑止するための新しい手法を開発し、その有効性を検証することを目的とした。

交通事故の主な原因の1つとして、運転中のドライバーのフラストレーションや怒りが挙げられる。これらの負の感情は、他のドライバーに対する危険な接近や怒鳴るなどの攻撃的な運転行動、いわゆるあおり運転につながる可能性がある。いわゆるあおり運転は重大な事故を引き起こす可能性が高い運転行動であるため、事故防止のためには運転中のフラストレーションの軽減が重要である。

本研究では、擬似心拍フィードバック(fHR)に着目し、これを用いた運転中のフラストレーション制御手法を提案した。fHRフィードバックとは、実際の心拍数よりも意図的に操作された心拍情報を提示することで、人の感情を変化させる心理学的方法である。提案手法では、運転中のドライバーに対し、実際の心拍数よりもテンポの遅い心拍音を提示する。これにより、ドライバーのフラストレーションを軽減する。

提案手法の有効性を検証するため、本研究ではドライビングシミュレータ(DS)を用いた実験を行った。実験では、異なるテンポのfHRフィードバックパターンを比較し、運転

中のフラストレーション軽減効果を評価した。

[研究の内容、成果]

・研究方法

本研究では、擬似心拍フィードバック(fHR)を用いた運転中のフラストレーション抑止手法の有効性を検証するため、ドライビングシミュレータ(DS)を用いた実験を行った。

実験参加者は、少なくとも1年の運転経験を有する非専門家ドライバー51名(男性40名、女性10名、平均年齢22.5歳)である。参加者は2日間にわたり、異なる組み合わせのfHRフィードバック条件(FB)と対照条件(CTL)、および2種類のフラストレーションありコース(FC)とフラストレーションなしコース(NFC)のもとでDSによる運転を行った。本実験で用いたDSを図1に、またFC、NFC



図1 ドライビングシミュレータ

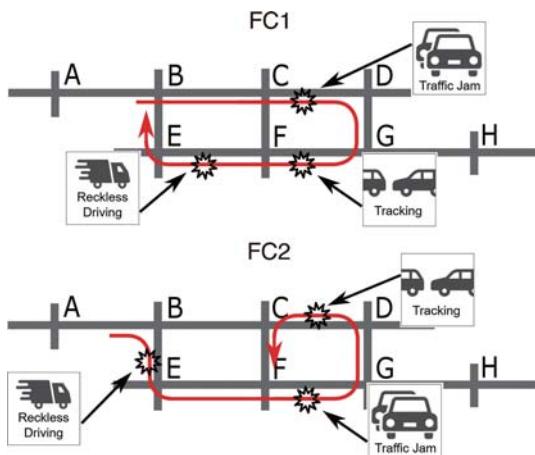


図2 フラストレーションありコース (FC)

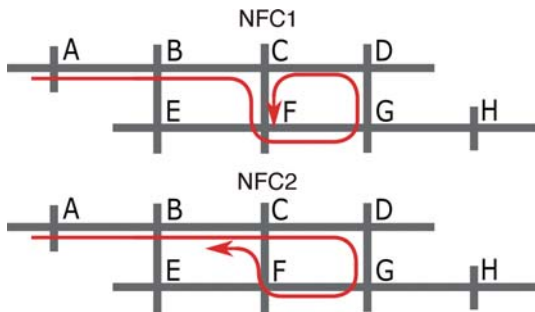


図3 フラストレーションなしコース (NFC)

コースを図2, 3に示す。

実験では、5つの異なる fHR フィードバックパターンを用いた。FB-A (実際の心拍数より 10 bpm 遅い), FB-B (20 bpm 遅い), FB-C (実際の心拍数と同期), FB-D (10 bpm 速い), FB-E (一定の 50 bpm) である。参加者は運転中、車両の走行音に加えて、これらのパターンに従った心拍音を提示された。システムの概要を図4に示す。

各運転セッション後、参加者は NASA Task Load Index (NASA-TLX) に回答した。NASA-TLX は、メンタルワークロードの様々な種類を測定するための一般的なアンケートで

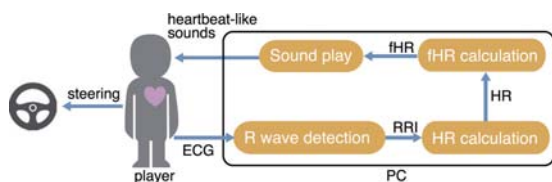


図4 システム概要

ある。本研究では、NASA-TLX のスコアを用いて、fHR フィードバックが運転中のフラストレーションに与える影響を評価した。運転中の参加者の心拍数と運転データが DS に記録され、分析に用いられた。運転データからは、操舵エントロピー (SE) を算出し、運転中のワークロードを推定した。

実験デザインは、被験者間要因として fHR フィードバックパターン (FB-A~FB-E, CTL), 被験者内要因としてコースタイプ (フラストレーションコース, フラストレーションなしコース) の2要因混合計画を採用した。

統計解析には、2 要因分散分析 (ANOVA) を用い、fHR フィードバックパターンの違いが運転中のメンタルワークロードに与える影響を評価した。事後検定には Tukey 法を用い、有意水準は 5 % とした。

・結果

本研究では、ドライビングシミュレータ (DS) を用いた実験により、疑似心拍数フィードバック (fHR) を用いた運転中のフラストレーション軽減手法の有効性を検証した。実験の結果、以下の知見が得られた。

まず、コースについて FC と NFC では、運転中のトータルワークロード (TW) に有意に差が確認された (図5)。このことから、設計した FNC は想定通りに、FC と比較してドライバに運転中に不可を与えていたことが確認された。

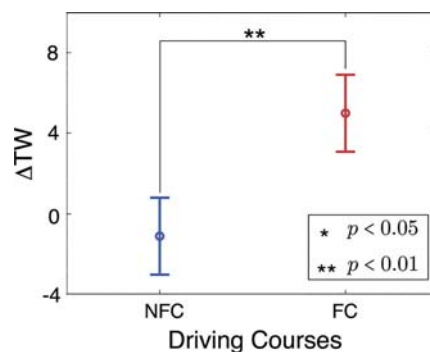


図5 FC と NFC の比較

次に、NASA-TLX の分析から、FB-B（実際の心拍数より 20 bpm 遅い fHR フィードバックパターン）が、参加者の運転中の TW を軽減できることが示された（図 6）。

NASA-TLX の下位項目を解析したところ、自己評価（OP）、フラストレーション（FR）を有意に軽減することが確認された（図 7, 8）。一方、FB-A（10 bpm 遅いパターン）には効果が見られなかった。このことから、運転中のフラストレーション軽減には、適切な fHR フィードバックパターンが存在することが示唆された。

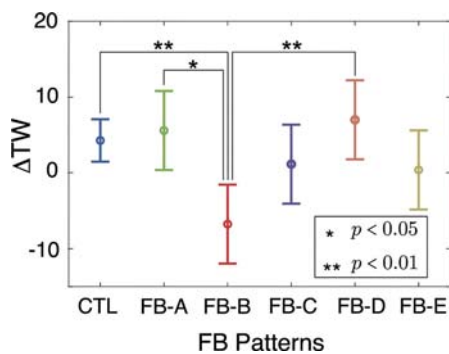


図 6 フィードバックパターンによる TW の変化

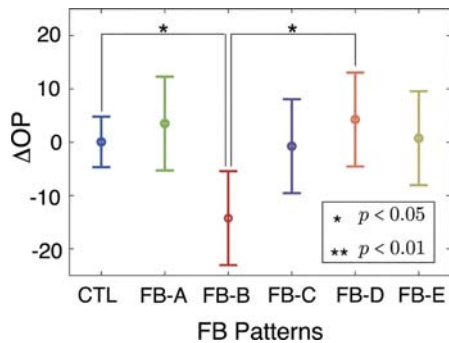


図 7 フィードバックパターンによる OP の変化

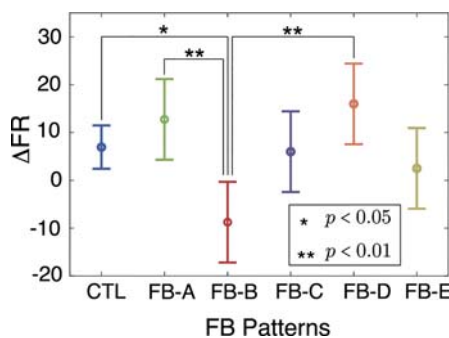


図 8 フィードバックパターンによる FR の変化

NASA-TLX 以外の評価項目解析したところ、fHR フィードバックは、参加者の実際の心拍数や操舵エントロピー（SE）に影響を与えなかった。つまり、fHR フィードバックは参加者の生理的反応や運転操作を変化させることなく、主観的なメンタルワークロードを軽減することが示された。

一方で、運転行動の傾向を評価する Driving Style Questionnaire (DSQ) の結果と、fHR フィードバックによるフラストレーション軽減効果との間に関連は見られなかった。このことから、fHR フィードバックによるフラストレーション軽減手法は、運転行動の傾向に関わらず適用可能であることが示唆された。

さらに、参加者の性別と fHR フィードバックの効果にも、有意な関連は見られなかった。したがって、提案手法は男女ともに適用可能であると考えられる。

[考 察]

本研究では、あおり運転防止のために fHR フィードバックを用いてドライバーのフラストレーションを軽減する手法を提案した。DS を用いた実験により、5 種類の fHR フィードバックパターンの効果を比較した結果、実際の心拍数よりもかなり遅い fHR（HR-20 bpm）が運転中のフラストレーション抑制に最も効果的であることが示された。

このことは、心拍数の変化量をドライバー個人に合わせて調整する必要がないことを同時に示唆している。すなわち、fHR フィードバックシステムがシンプルな構成で実現できるという利点がある。

ドライバーの心拍数は、FB または CTL のいずれの条件でも変化しなかった。したがって、fHR フィードバックは参加者の実際の生理的反応に影響を与えず、フラストレーション軽減は生理的反応の変化とは関連していなかった。

さらに、いずれの fHR フィードバックパ

ターンにおいても、SE に有意な差は確認されなかった。遅い fHR フィードバックは主観的には運転中のメンタルワークロードを改善するが、客観的な運転操作は変化しなかった。このことは、fHR フィードバックが運転を妨げないことを示唆している。

ドライバのパーソナリティは、あおり運転などの攻撃的な運転行動と関連している (Shamoa-Nir (2023))。さらにこれまでの研究では、強迫観念や自己評価の低さなど、特定の傾向を持つ人は疑似フィードバックの影響を強く受けることが指摘されている (Lazarov et al. (2012); Ezrati et al. (2019) など)。つまり、特定の傾向を持つ参加者が fHR フィードバックの影響を受ける可能性があることを示唆している。本研究では、DSQ で評価されたドライバの傾向と fHR フィードバックの効果との関係を調査したが、DSQ のどの要素も fHR フィードバックによるフラストレーション緩和とは関連していなかった。このことは、遅いテンポの fHR フィードバックによるフラストレーション軽減が、ドライバ個人の運転傾向に関係なく使用できることを示しているが、この点については今後さらに検討する必要がある。なお、本実験では全ての参加者が健康であり、何らかの精神的障害を罹患している患者は含まれていないことを確認している。

本研究では、男性と女性の参加者の数がそれぞれ 39 名と 12 名であった。つまり、参加者の男女比はアンバランスであった。fHR の効果に男女差があるかどうかを確認したが、男女差は fHR の効果を有意に変えなかった。Ogawa らは、ビデオゲームに関する実験で fHR フィードバックに男女差がなかったことを報告しており (Ogawa et al. (2022))、これは本研究の分析結果と一致している。このように、運転中のフラストレーション軽減のための fHR

フィードバックシステムは、男女両方に適用できる可能性がある。

ある種の音や音楽は人に眠気を誘発することがよく知られている (Lee et al. (2019); Cordi (2021); Saeda et al. (2022))。実験後、数名の参加者が心拍音のような音により運転中に眠くなったとコメントした。本実験では運転中の眠気を評価しなかったため、眠気と心拍音の関係は不明である。このことから、居眠り運転防止の観点から、fHR フィードバックに使用する音は慎重に選択する必要があるといえる。

大きな車両走行音や環境音が fHR フィードバックによって生成される音を妨げる場合は、聴覚フィードバックは常に効果的であるとは限らない。さらに、他の乗客が車内にいる場合は聴覚フィードバックの使用が難しい可能性がある。このようなときは、fHR フィードバックの他のモダリティを使用する必要がある。すでに触覚 fHR フィードバックデバイスが開発されており (Ueoka et al. (2015))、触覚は fHR フィードバックの候補モダリティの 1 つになるだろう。

本研究では、若い日本人を対象としており、年間の運転距離は不明であることや、DS を用いた実験環境であることなどの限界がある。今後は多様なバックグラウンドのドライバを対象として、実運転環境での検証を進める必要がある。

[成果の発表、論文など]

K. Ota, K. Fujiwara, T. Hiraoka: Frustration Control during Driving Using Auditory False Heart Rate Feedback for Road Rage Prevention, Transportation Research Part F: Psychology and Behaviour, 101, 375-386 (2024)