

長時間運転時の高濃度酸素吸入による疲労軽減効果の定量分析*

Effect of the Fatigue Relaxation by Inhaling High Level of Oxygen in Long-time Driving *

浜岡秀勝**・柴田翔***

By Hidekatsu HAMAOKA**・Sho SHIBATA***

1. はじめに

長時間に及ぶ連続運転は、単調な運転動作や一定姿勢の保持が長時間続くため、疲労やストレスが蓄積し、ドライバーにかかる負荷が大きい。これにより、ドライバーの脳は酸欠状態となり、眠気の発生、集中力の欠如、反応速度の低下、危険な運転挙動の発生などを引き起こし、交通事故発生の危険性を高める。

既存の研究^{1),2)}では、長時間走行実験を行い、ストレスの測定に有用性を持つといわれている、RRI（心電図に表れるR波とR波の間隔）を用いて、長時間運転によってドライバーに発生する運転疲労の影響を分析している。しかし、これら研究は運転疲労の把握を目的としているが、運転疲労の抑制・解消にまで言及されていない。既存の研究より、長時間運転によって運転疲労の発生が確認されているため、この抑制や解消が重要である。

そこで本研究では、眠気の解消や集中力の向上などの効果を持つと言われている高濃度酸素の吸入を長時間運転中に継続的に行うことで、運転疲労の抑制・解消が可能と考えている。ゆえに、本研究では実走行実験を通じて、1) 運転中のRRI、車両挙動に表れる運転疲労発生と傾向の把握、2) ドライバーの高濃度酸素吸入による効果、の視点からドライバーへの影響についての分析・評価を目的とする。

2. 予備実験概要

ドライバーの運転疲労の発生、またその傾向を把握するため、自動車学校の教習コースにおいて予備実験を実施した。予備実験の概要を表-1に示す。教習コースにおける実験では、他の自動車の存在などの影響を受けないことから、長時間運転による疲労のみの把握が可能である。また、本実験を高速道路で実施することを踏まえた安全性の検討を行うことも可能である。

* キーワーズ：長距離運転、疲労、高濃度酸素吸入

** 秋田大学土木環境工学科

(秋田市手形学園町1-1、Tel:018-889-2974

e-mail: hamaoka@ce.akita-u.ac.jp)

*** (株)ユアテック

表-1 予備実験の概要

場所	秋田南自動車学校教習コース(乾燥状態)
実施日	2008年9月22日~12月8日
実施時間	4時間×2 休憩15分
被験者	20代男性2名
走行回数	酸素吸入時:3回 酸素非吸入時:2回
取得データ	心電計(RRI)
	セーフティレコーダ(加速度・GPSデータ)
	客観的身体疲労度・眠気(アンケート)

なお、本実験では高濃度酸素(約26%)を発生させる吸入器と、外見に違いがない通常の酸素濃度(約20%)を放出する吸入器を使用し、機器利用によるバイアスをなくすよう配慮した。

RRIを測定することで長時間運転中のドライバーの状態を把握できるため、心電計を用いた実験を行った。また、運転疲労が蓄積することで、眠気の発生や集中力・反応速度の低下により運転動作が荒くなり、車両挙動に影響を及ぼすと考え、車両の速度や加速度を測定できるセーフティレコーダを車両に搭載して実験を行った。

身体疲労度は、助手席同乗者がドライバーへのヒアリングにより把握した。身体(目・肩・腕・腰・足)に感じる疲労度と眠気、運転に対する嫌気をドライバーに5段階で客観的に評価してもらった。アンケートは実験開始から1時間ごとに実施した。

3. 予備実験における取得データの分析

(1) 時系列で示すRRIと減速度データ

予備実験において取得したRRI、車両挙動のデータから長時間連続走行による運転疲労の蓄積と傾向を把握する。

図-1に、教習コースにおける4時間連続走行時のRRIの変化と酸素吸入による効果を示す。この図から、酸素非吸入時の後半部のRRIが高い数値を示すことがわかる。眠気が発生するとRRIは上昇するとの報告もあり、運転疲労が眠気として生じたことを確認できる。酸素吸入時には終始安定した数値を示しており、酸素吸入による眠気の解消・抑制の効果が表れたものと考えられる。

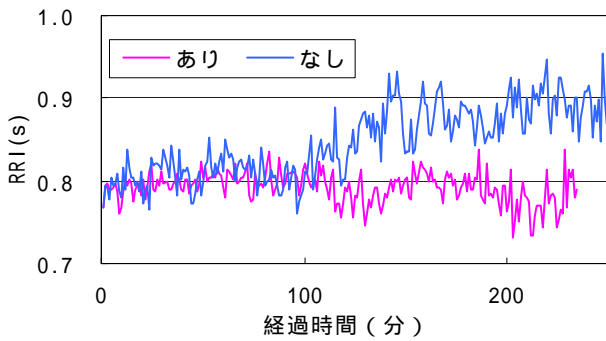


図 - 1 RRIの時系列変化

(2) RRI平均値

被験者2名のRRIを酸素吸入時と非吸入時でそれぞれ平均し比較した。その結果を図 - 2に示す。両被験者ともに酸素吸入時のRRIが小さい値を示した。これより、酸素吸入効果による眠気抑制効果を確認できた。また、酸素吸入によりRRIを抑制できる効果を各被験者で算出して平均したところ、RRIを約14.8%抑制する効果があることがわかった。

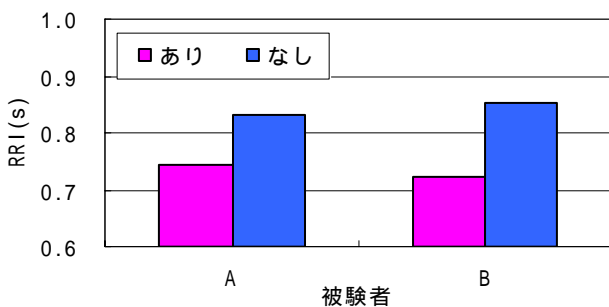


図 - 2 RRI平均値

(3) RRIと車両挙動との関係

長時間運転中において眠気が発生するとRRIが上昇することが、3 - (1)、(2)の分析により確認できた。そこで、眠気が発生するときの運転操作は、覚醒時と比較して安定性を欠くと考えられるため、眠気を反映するRRIと減速度の関係を散布図で表した。図 - 3に散布図を示す。RRIが大きいとき減速度も大きい値となっている。

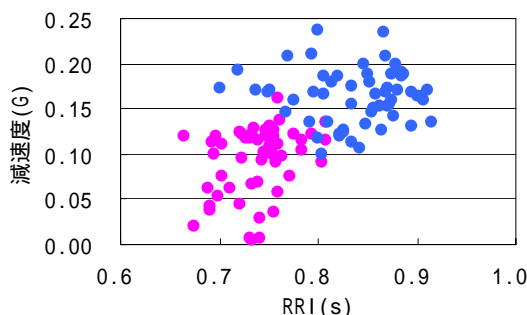


図 - 3 RRIと減速度の関係

これより、眠気が発生するときの運転動作の安定性の欠如を確認できた。また、酸素吸入時と非吸入時と比較すると、吸入時の方がRRI・減速度ともに小さい値を示し、酸素吸入による眠気の抑制、それに伴う運転動作の安定性向上効果を検証できた。

(4) 客観的身体疲労度

図 - 4に被験者Aの腰の疲労度を時系列で示す。この図より、時間経過に伴う身体疲労の蓄積を確認できる。他の身体部位も腰の疲労度と同じく身体疲労の蓄積が見られた。しかし、酸素吸入による身体疲労解消効果は見られなかった。

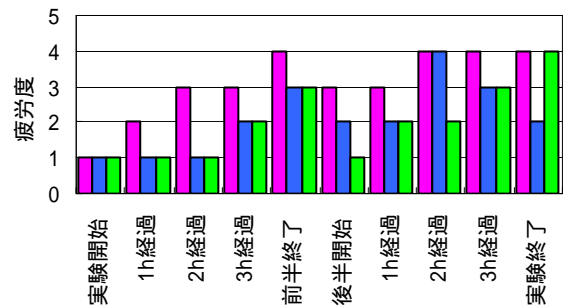


図 - 4 腰の身体疲労度

アンケートによる客観的な眠気も徐々に上昇する傾向にあったが、精神状態に左右されたことで、終了間際や休憩間際の眠気の度合いが減少していた。嫌気に関しては大きな上昇は見られず、眠気の影響に左右されている傾向にあった。眠気・嫌気ともに酸素吸入による効果は見られなかった。両被験者ともに計8時間の長時間運転に対して不慣れであることで、酸素の効果が発現化しにくいと考えられる。

4. 本実験概要

表 - 2と図 - 5に高速道路で実施した長時間走行実験の概要を示す。本実験では、高速道路において行うため、他交通の影響を受ける点で教習コースと異なる。

実験における走行速度は、走行区間の規制速度で設定し、2車線以上の区間では左車線を走行させた。これにより、被験者同士での追抜き回数や走行時間に差が生じにくくなる。また、設定した速度と実際の走行速度との差が大きいほど、安定性を欠いた運転であるため、設定速度と走行速度の速度差が運転疲労を表す指標になると考えている。

本実験での被験者は5名であるが、分析結果の newcomers を高めるため、各被験者とも、酸素吸入2回、酸素非吸入2回、の合計4回走行している。なお、休憩については平成元年の労働省の告示による「自動車運転者の労働時

間等の改善のための基準」を考慮して前半と後半の間に30分の休憩をとった。

表 - 2 本実験の概要

場所	秋田自動車道～東北自動車道 秋田 IC - 福島飯坂 IC 間 往復
実施日	2008年12月10日～12月23日
実施時間	4時間×2 休憩30分
被験者	20代男性4名、20代女性1名
走行回数	酸素吸入時：11回 酸素非吸入時：10回
取得データ	心拍計 (RRI)
	セーフティレコーダ (加速度・GPS データ)
	客観的身体疲労度・眠気 (アンケート)

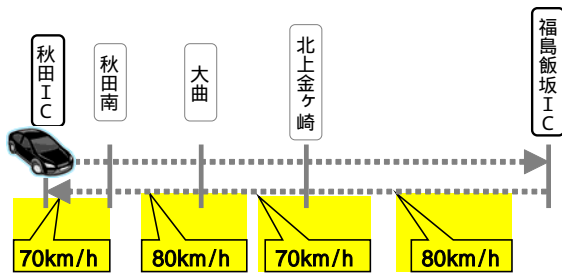


図 - 5 本実験概要と設定速度

5. 本実験取得データの分析

(1) 高濃度酸素吸入がRRIに及ぼす影響

図 - 6に、本実験における長時間連続走行における各被験者のRRI平均値と酸素吸入による効果を示す。

この図より、酸素吸入時の平均値が非吸入時の平均値を下回ることが確認できる。酸素吸入時が非吸入時をRRI平均値が上回る場合は微かな差であり、全体的に高濃度酸素吸入によるRRI抑制の効果が見られ、眠気抑制の効果があったことが確認できる。

また、各個人でRRIの大きさに違いが見られた。酸素吸入によりRRIを抑制できる効果を各被験者で算出し、その平均を求めたところ、約7.2%の抑制効果があることがわかった。

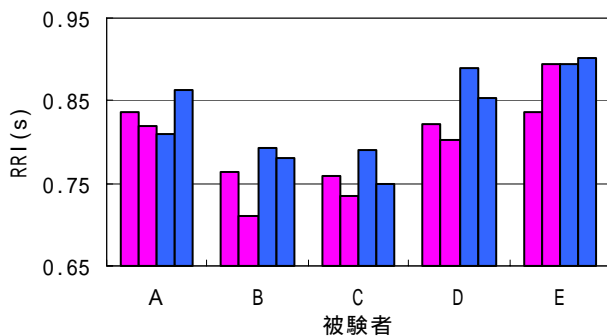


図 - 6 RRI平均値

(2) 酸素吸入による運転延長の可能性

眠気を反映するRRIは酸素非吸入時に比べて吸入時の方が上昇しにくいことを検証できた。そこで、酸素吸入によってドライバーに与えられる運転延長の可能性をRRIを用いて算出した。図 - 7に、算出のイメージを示す。酸素吸入時と非吸入時で4時間走行したときに非吸入時のRRIが上昇する値まで、吸入時のRRIが上昇する時間を酸素吸入による運転延長の可能性とした。また、図 - 8に、酸素吸入に運転延長の可能性を被験者ごとに示す。

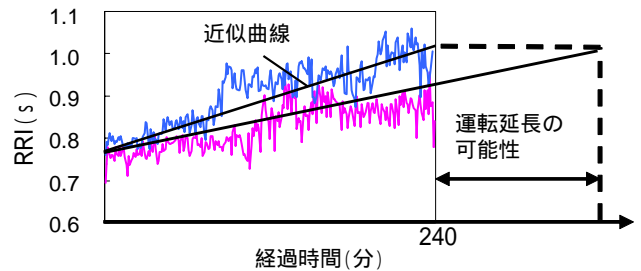


図 - 11 運転延長可能性の算出イメージ

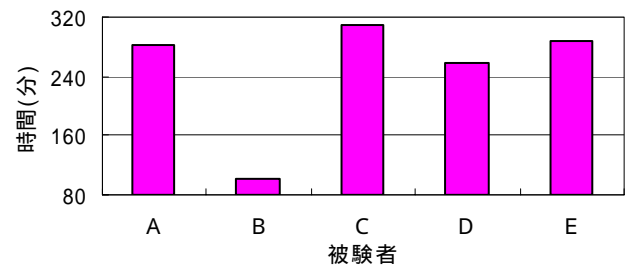


図 - 12 酸素吸入による運転可能時間の予測

この図より、被験者5名中4名に酸素吸入による効果がみられ、非吸入時より18.5%走行可能であることが分かる。しかし、この時間的価値はその分だけ4時間以上走行可能であるという価値ではない。平成元年の労働省の告示による「自動車運転者の労働時間等の改善のための基準」によると、長距離輸送車ドライバー向けに作られた基準が、4時間走行の間に10分以上かつ計30分の休憩が必要であると告示されており、4時間以上の長時間走行はドライバーにかかる負荷が大きいため控えるべきである。この時間的価値は、4時間走行においてその分だけ余裕を持った長時間走行が可能と考えられる。

(3) 高濃度酸素吸入が車両挙動へ及ぼす影響

運転疲労が蓄積していると運転操作が荒くなると考えられる。そこで車両のふらつきに着目し、 $\pm 0.15(G)$ 以上の横加速度発生割合を、酸素吸入時と非吸入時で被験者別に比較した。図 - 9に結果を示す。

この図より、酸素吸入時の方が非吸入時の発生割合を下回ることが確認できる。これより、酸素吸入時の車両挙動の方が非吸入時より安定しており、酸素吸入により

車両挙動を安定させ、安全性を向上させる効果が検証できたといえる。

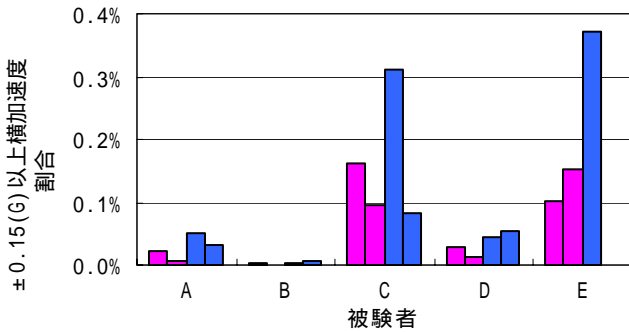


図-9 ±0.15以上横加速度発生割合

次に、実験時の設定速度とドライバーの走行速度との差に着目し、速度差の平均値を酸素吸入時と非吸入時で比較した。図-10に結果を示す。

全体的に見ると各被験者で差があるが、わずかに酸素吸入時の方が非吸入時より速度差が低い値を示している。明確な差が見られなかった原因として、速度差の大きなずれは局地的に発生するものであるため、平均値で示したことで明確な差が表れにくかったと考えられる。

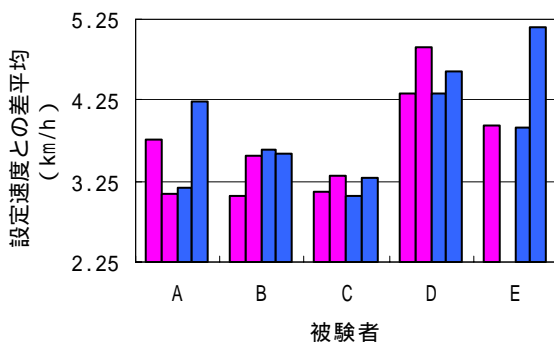


図-10 設定速度と走行速度の速度差平均値

(4) RRIと車両挙動との関係

眠気が発生しているときの運転操作は覚醒時と比較して安定性を欠くことが確認できたことより、眠気を反映するRRIと車両挙動の関係を散布図で表した。車両挙動には、設定速度と車両速度の速度差を用いた。図-11に散布図を示す。

酸素吸入時と非吸入時で、分布に明確な差は表れなかったが、RRIが大きいときの大きい速度差での分布が、酸素非吸入時のみで見られた。これより、RRIが高く眠気が発生しているときの車両挙動は安定性を欠くことが分かり、酸素吸入時には表れなかったことから、酸素吸入により車両挙動の安定性が向上したと言える。

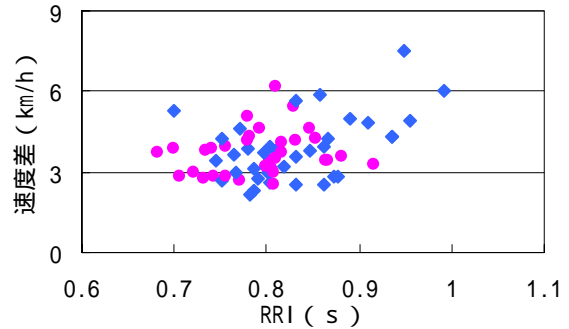


図-11 速度差とRRIの関係

6. 本研究のまとめ

本研究では、ドライバーの長時間運転において発生する運転疲労の把握、また、高濃度酸素吸入による運転疲労の抑制・解消効果の検証を目的としてきた。これらを検証するため、自動車学校における予備実験と秋田自動車道-東北自動車道の高速度道路における本実験により得られたデータを用いて分析を実施した。

その結果、本研究における走行実験において、長時間運転によるRRI上昇、これに伴う車両挙動の安定性低下を把握できた。また、高濃度酸素の吸入効果は、RRIの上昇を抑制する効果があることを検証できた。RRIが上昇するほど眠気が大きく、ドライバーの運転の安定性が失われることから、RRIの上昇を抑制することで、長時間運転の安全性を高めることができるといえる。

今後の課題として、本実験の酸素吸入時の吸入方法は、実験開始から終了まで継続的に酸素を吸入する方法を取ったが、他の吸入方法で実験を行うことで、眠気を抑制できる効果に差が出ると考えられる。また、癒し効果があると言われる匂いや色彩による酸素以外での疲労軽減方法の考案が必要と考える。

なお、本研究は、高速度道路関連社会貢献協議会による研究助成を得て実施したものである。

参考文献

- 1) 土川 奏、岩倉 成志、安藤 章：心拍間隔指標を用いた長距離運転時のストレス計測実験と解析 - AHSの需要予測にむけて -、土木学会第57回年次学術講演会講演概要集 425、2002
- 2) 河田 健、村上 佳孝、中山 晴幸：長時間運転とドライバーの運転疲労との関係について、平成16年度日本大学理工学部社会交通工学科 卒業論文概要集
- 3) 国土交通省自動車交通局：自動車運送事業に係る交通事故要因分析報告書、p.8、2003