

運転者の不安と不安全な運転状態との関連性 Relation between Driver's Anxiety and Unsafe Driving Conditions

飯田 克弘¹, 吉村 海斗², 蓮花 一己³, 多田 昌裕⁴, 高橋 秀喜⁵, 山本 隆⁶

Katsuhiro IIDA¹, Kaito YOSHIMURA², Kazumi RENGE³, Masahiro TADA⁴, Hideki TAKAHASHI⁵ and Takashi YAMAMOTO⁶

本研究では、潜在的な事故リスクの評価を目標として、運転者の不安と不安全な運転状態との関連性の分析を行った。ドライビング・シミュレータによる室内走行実験から、車両挙動に関するデータを収集した。さらに、毎走行後のヒアリングから、不安度に関するデータを収集した。不安度の変動は個人差が大きいため、不安度を基に行ったクラスター分析（Ward 法）から、被験者を分類した。分類結果を参考に、異なる道路の条件間において不安度が大きく変化していた被験者に着目した。その結果、ジャークの分散や、車両中心位置の車線中心からのずれの標準偏差から、不安と不安全な運転状態との関連性を確認した。さらに、最大加速度から、部分的ではあるものの、不安全な運転状態が不安全な行動の要因となる傾向を確認した。

Keywords: 不安, 不安全な運転状態, 不安全な行動, ジャーク

1. はじめに

わが国では、交通事故件数は減少傾向にあるものの、2018 年でも、未だに年間 43 万件以上発生しており、依然として高い水準にある。また、負傷者数は約 52 万人、死者数は約 3500 人に上っており、さらなる交通事故の削減が求められている¹⁾。現在の道路関係各機関における交通事故対策は、事故や危険事象が顕在化している箇所を中心とした事後的・対処療法的な対策が多い²⁾。これら対策の必要性は言うまでもないが、さらなる交通事故の削減のためには、建設段階から予防安全の観点からの交通事故対策の検討と実施が望ましい。

現在でも、ドライブレコーダーで収集したヒヤリ・ハットデータを活用することで、予防的な交通事故の削減を目指している^{3) 4) 5)}。しかし、ヒヤリ・ハットデータだけでは、引き起こされる可能性のある交通事故を想定するのが難しいことや⁶⁾、ヒヤリ・ハットデータ自体が、現状では調査エリアや調査対象が限定されているという問題が生じている⁷⁾。さらに、ヒヤリ・ハットは、既に事故リスクが顕在化していることから、十分な予防的な対策になっているかという点に関しては、検証されていない。

そこで、本研究では、交通事故やそれに関連するヒヤリ・ハットを引き起こすハザード（危険源）に着目した。

ハザードは分野によって様々な解釈が存在するが、本研究におけるハザードとは、不安全な運転状態や不安全な行動といった危険源と定義する。つまり、不安全な運転状態が不安全な行動の発現条件であり、不安全な行動が、交通事故やヒヤリ・ハットの発現条件だと解釈する。また、本研究では、不安全な運転状態を運転者の不安（以下、不安と略記）を指標として評価することを試みた。つまり、運転中に変動する不安が不安全な運転状態に関連付けられるのか。また、関連性が認められた場合、どのような不安全な行動の起源となっているのかを、ドライビング・シミュレータ（以下、DS）を用いた室内走行実験で取得した車両挙動データとヒアリングデータから考察する。上記の関連性が確認できれば、それに基づき交通事故やヒヤリ・ハットが生じる前に潜在的な事故リスクを評価することが可能となる。

2. 室内走行実験

2.1 実験概要

本研究では、2018 年 11 月 15 日および同 16 日、同 19 日から 22 日、同 26 日から 30 日、2018 年 12 月 3 日から同 7 日の 16 日間、1 日あたり 2 名の計 32 名の被験者に対し実験を行った。被験者として、日常的に運転する 30

-
- 1 正会員, 博士 (工学), 大阪大学大学院工学研究科
〒565-0871 大阪府吹田市山田丘 2-1 e-mail: iida@civil.eng.osaka-u.ac.jp Phone: 06-6879-7611
 - 2 学生会員, 学士 (工学), 大阪大学大学院工学研究科
 - 3 正会員, 博士 (人間科学), 帝塚山大学大学院心理科学研究科
 - 4 正会員, 博士 (工学), 近畿大学理工学部
 - 5 正会員, 博士 (工学), 中日本ハイウェイエンジニアリング名古屋株式会社
 - 6 正会員, 修士 (工学), 中日本高速道路株式会社

～50 歳の男性 32 名を一般募集した。

2.2 実験手法

本研究では、東京外かく環状道路（以下、東京外環）の中央 JCT の F ランプ（東京外環本線北行きから中央自動車道下り線へ向かうランプ）周辺を再現した道路モデル（図 1）を使用し、走行実験を行った。

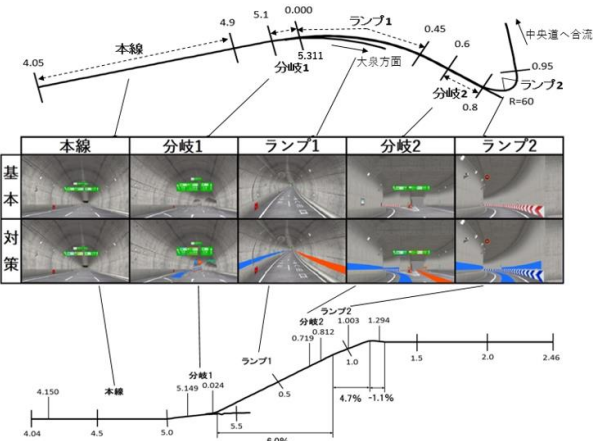


図 1 道路線形図

この道路モデルは、東京外環本線の 3 車線トンネル、本線から分岐する 2 車線ランプ、2 車線ランプから分岐し中央道本線へ向かう 1 車線ランプで構成されている。この道路モデルに対し、行き先案内情報のカラー連携標を導入したコース（以下、外環対策）とそうでないコース（以下、外環基本）の 2 つを用意した。ここでのカラー連携標とは、行先ごとに異なる色で標識、路面およびトンネル壁面を着色する案内方策のことである。また、東京外環の道路モデルを連続で走行することがないように、名神高速道路下り線から京滋バイパス上り線へ向かうランプを参考に作成した道路モデルも用意した。この区間を採用した理由は、図 1 に示した平面線形と類似した線形を有しているからである。この道路モデルに対し、分岐の 500m 手前、250m 手前、分岐直前に案内標識を設置したコース（以下、ダミー1）と分岐直前に案内標識を設置したコース（以下、ダミー2）の 2 つを用意した。なお、この道路モデルでの走行は分析に用いていない。

被験者一人に、4 回走行を行ってもらった。同じ道路モデルを走行することによって生じる不安の低下が、特定のコースに偏らないよう、以下のように走行順を設定した（表 1）。

表 1 走行順一覧

1走行目	2走行目	3走行目	4走行目	人数
外環基本	ダミー1	外環対策	ダミー2	4
外環基本	ダミー2	外環対策	ダミー1	4
外環対策	ダミー1	外環基本	ダミー2	4
外環対策	ダミー2	外環基本	ダミー1	4
ダミー1	外環基本	ダミー2	外環対策	4
ダミー2	外環基本	ダミー1	外環対策	4
ダミー1	外環対策	ダミー2	外環基本	4
ダミー2	外環対策	ダミー1	外環基本	4

DS により車両挙動データを取得し、各走行後には、ヒアリングによって不安度、注意度およびそのように判断した理由を取得した。取得データの詳細は 2.7 で後述する。

2.3 実験で使った DS

本実験で使用する DS は、PC および液晶プロジェクタ、多画面スクリーン、模擬運転台、音響装置から構成される（図 2）。多画面スクリーンは、正面が 120inch、左右が 150inch のスクリーンから構成されており、対応するプロジェクタから前景、左景、右景の映像が投影される。さらに、模擬運転台には、左右サイドミラーおよびルームミラーの役割を果たす液晶ディスプレイが設置されており、後方風景の映像が映し出される。

ドライバーの操作、すなわちハンドルおよびアクセル、ブレーキの使用量は、運転台により分解能 1°（ハンドルは左右それぞれ 160°、アクセル・ブレーキは 22°が最大値）で検出され、1/66 秒のフレームレートで PC へと送信される。このアクセル・ブレーキの使用量に基づき計算される加速度に、車両の走行地点における縦断勾配や空気抵抗、コーナリング抵抗による加速度を加えることにより、車両の加速度が算出される。

そして、これらの入力情報から、計算により車両の速度、位置、進行方向が決定され、これに応じた映像が映し出され、走行音が模擬運転台のスピーカーより再生される。この DS を使用した先行研究では、明かり部～トンネル進入部での走行速度推移や心拍数、注視率の再現性が高いこと⁸⁾、-3.2%から+3.7%の勾配変化のサグ部を含む区間において追従挙動を良好に再現する⁹⁾ことなど、走行結果の現況再現性が確認されている。

なお、本実験では、車両は普通乗用車を想定し、運転者の視点高さを路面から 1.1m としている。

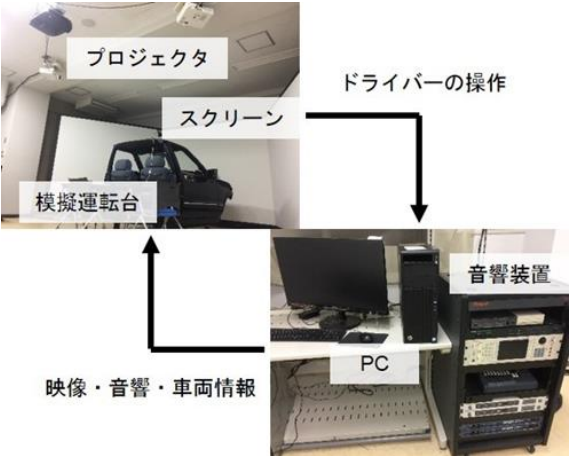


図2 DSの機器構成

2.4 分析区間

図1および表2に示すように、東京外環本線の一部(以下、本線)、東京外環本線から2車線ランプへの分岐部(以下、分岐1)、2車線ランプの一部(以下、ランプ1)、ランプ1終端から続く分岐部(以下、分岐2)、分岐2後の1車線ランプの一部(以下、ランプ2)の5つの区間を分析区間とした。なお、供用前のためkpは仮の数値である。

表2 分析区間

区間名	区間(kp)	構造要素	設計速度
本線	4.05~4.90	大トンネル	80km/h
分岐1	5.10~0.00	断面変化	80km/h
ランプ1	0.00~0.45	急勾配	40km/h
分岐2	0.60~0.80	分岐	40km/h
ランプ2	0.80~0.95	急カーブ	40km/h

2.5 走行条件

東京外環の本線にのみ、自律走行する周辺車両を配置した。具体的には、追い越し車線に目標速度90km/h、目標車間距離80mで自律走行する車列を配置した。また、第2走行車線では、自車両前方に目標速度85km/h、目標車間距離100mで自律走行する車列を配置した。走行開始時の自車両と同一車線前方の車両の車間は、100mとした。さらに、第2走行車線の自車両から150m後方には、自車両と衝突しないように、速度が自車両と同じになるように設定した車両を配置した。

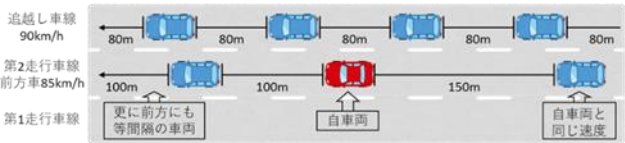


図3 実験開始時の周辺車両配置

第1走行車線については、自車両が中央道の下りに向

かうために、車線変更をする必要のある車線であり、周辺車両の配置によって被験者が車線変更をためらうのを防ぐため、周辺車両の配置は行わなかった。なお、周辺車両は車線変更を行わずに走行するものとした(図3)。

2.6 実験手順

はじめに、被験者に実験に関する注意事項や個人情報の取り扱いについての説明を行い、実験参加同意書に記名押印してもらった。その後、DSの操作方法についての説明を行った。

次に、心電や呼吸を計測する装置(キッセイコムテック社製マルチセンサー生理指標計測システム NeXus-10、ディスポーサル電極およびグランド、呼吸計測用バンド。以下、生理指標計測装置)を装着した。その後、DSの運転方法やトンネル内での運転感覚に慣れてもらうため、新東名高速道路下り線の新清水ICから新清水JCT周辺を再現した道路モデルを用いて、練習走行を2回行った。1回目は実験者から指示をしながらの走行で、2回目は被験者に自由に走行させた。また、このとき普段運転している車両と比較して、走行音量に違和感があれば調整した。さらに、カーブでの運転操作や感覚にも慣れてもらうため、名神高速道路上り線から新名神高速道路下り線に向かうランプ周辺を再現した道路モデルを用いて、練習走行を2回行った。1回目、2回目共に、走行中に実験者は、被験者に進行方向の指示のみ行った。

その後、視線を計測する装置(ナックイメージテクノロジー社製アイマークレコーダー EMR-9。以下、EMR)を装着し、表1のように走行を4回実施した。各走行の直前に、向かう方面の名称が書かれたフリップを見せ、方面に関しては案内標識や路面標示が参考にでき、道を間違えてしまった場合は走行をやり直す場合があることを教示した。具体的にどここの箇所での進路間違いがやり直しに該当するのかは教示しなかった。なお、分岐1において被験者が進路を間違えてしまった場合は、走行をやり直させたが、分岐2で進路を間違えてしまった場合は、やり直さなかった。また、走行の際には、走行速度の目安として、本線は80km/hとなっていること、壁や周辺車両に接触した場合は、走行やり直しになること、普段どおりの運転を心がけることも教示した。

毎走行後に、その走行に関するヒアリングを行った。

2.7 取得データ

(1) 車両挙動データ

走行開始からの経過時間[s]、走行車線、走行地点(kp)[km]、速度[km/h]、加速度[m/s²]、車線中心からのずれ[m](正值:進行方向右向き、負値:進行方向左向き)を、0.1秒ごとDSにより記録した。分析の際は、これらを線形補間により0.001kpごとのデータに変換した。

(2) 運転者挙動データ

EMR により注視対象物や、その注視時間を算出できる視線座標データを取得した。なお、既往研究¹⁰⁾を参考にし、注視とは、視線停留時間 0.165 秒以上、眼球移動速度 10deg/s 以下とした。また、生理指標計測装置により走行中の心電と呼吸のデータを取得し、安静時の心電を計測するため、練習走行前に安定座位心拍を記録した。

(3) ヒアリングデータ

毎走行後に、以下の質問項目（表 3）について区間ごとに回答してもらった。

表 3 質問項目・内容

質問項目	質問内容
不安度	どのくらい不安を感じたか（7段階評価） （1：全く感じなかった、7：とても感じた）
不安理由	不安度の選択理由（自由回答）
ヒヤリ	ヒヤリとしたことがあったか（YES/NO）
注意度	どのくらい注意をしたか（7段階評価） （1：全くしなかった、7：とてもした）
注意理由	注意度の選択理由（自由回答）

不安度を 7 段階評価で聞き取る際、不安の対象に関しては指定しなかった。

3. 分析対象とする被験者の選択

外環基本、外環対策各 5 区間の不安度を変数とした、クラスター分析（Ward 法）を用いて被験者の分類を試みた。距離の定義としては、ユークリッド距離を用いた。デンドログラムは図 4 のようになった。

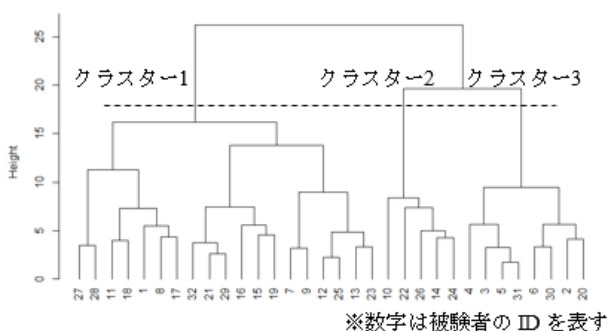


図 4 デンドログラム

クラスター数を 3 とした場合、最も分割結果を解釈しやすい分け方となった。各クラスターにおける全区間（本線～ランプ 2）の不安度平均（表 4）より、「カラー連携標示の有無にかかわらず不安度が低い被験者群（クラスター 1）・高い被験者群（クラスター 2）」「カラー連携によって不安度が低下した被験者群（クラスター 3）」の 3 群に分類されていると解釈できた。クラスター数を 2 にしてしまうと、平方和の増加量が大きいため、クラスター数が 3 の時と比べ、特徴が不明瞭になってしまった。ま

た、表 4 より、今回の結果では、不安度「3」あたりが一つの境界になっていると考えることができる。

本研究では同一被験者内の変化に着目した。そのなかでも特に、上述した通り、不安度「3」を境界と考え、外環基本における全区間の不安度平均が 3 より高く、外環対策における全区間の不安度平均が 3 以下だった被験者（以下、群 A）に着目し、コース間で比較を行った。なおこの比較だけでは、車両挙動の変化が不安によるものか、コースの特性によるものかが特定できないため、外環基本における全区間の不安度平均が 3 以下で、外環対策における全区間の不安度平均が 3 より高かった被験者（以下、群 B）においても、コース間で比較を行った。つまり、AB 両群を比べ、逆の車両挙動の変化が起こっていることを確かめることで、その変化が不安によるものと確かめることができると考えた。群 A は 10 名、群 B は 6 名であった。群 A における、全区間の不安度平均は、外環基本で 3.86、外環対策で 2.32 だった。一方、群 B における、全区間の不安度平均は、外環基本で 2.43、外環対策で 3.83 だった。以降の分析では、これら 16 名の被験者に着目した。

表 4 クラスターごとの全区間の不安度平均

外環基本における全区間の不安度平均		
クラスター 1 (n=19)	クラスター 2 (n=5)	クラスター 3 (n=8)
2.24	3.88	3.93
外環対策における全区間の不安度平均		
クラスター 1 (n=19)	クラスター 2 (n=5)	クラスター 3 (n=8)
2.42	4.56	2.15

4. 不安と不安な運転状態の関連性の把握

本章では、不安が変化した場合における、同一被験者内の、運転状態を表す指標の変化から、不安が不安な運転状態に関連付けられるのかを分析した。運転状態を表す指標には、後述する既往研究の知見に準じ、単位時間の加速度の変化率であるジャークの分散や、車両走行位置の車線中心からのずれ（以下、車線中心からのずれと略記）の標準偏差を用いる。

4.1 ジャークの分散

田中らは、5 段階の尺度指標（2：非常に安心、0：どちらでもない、-2：非常に不安）で個人の安心感／不安感を捉え、その値と初期加加速度（Impression Jerk, 以下、IJ）との相関を分析した結果、値に個人差はあるものの、不安と安心の境界となる IJ の値が存在することを確認した¹¹⁾。IJ は、最大減速度の値を、ブレーキを踏み始めてから最大減速度に達するまでの時間で除したものであり、これはある時間におけるジャークと捉えることが出来る。以上の知見に準じ、ジャークが不安と関連性のある指標であると考え、本研究では 0.001kp ごとの加速度の変化

(Δa)を時間変化(Δt)で除すことでジャークを算出した。そして、0.001kpごとに算出したジャークから、被験者ごとの、各コース全区間の分散を算出した。ジャークの分散を算出する理由は、被験者が車両操作を滑らかに行っているかの指標としてジャークの不連続性に着目したからである。ジャークの分散が大きい状態は、連続性が失われやすく、滑らかな加減速が行えていない状態と解釈ができる。表5に群A、表6に群Bにおける被験者ごとのジャークの分散およびF検定の結果を示す。

表5 群Aにおけるジャークの分散および検定結果

		分散	F検定の結果
ID2	外環基本	0.049	$p < 0.001$
	外環対策	0.030	
ID3	外環基本	0.240	$p < 0.001$
	外環対策	0.144	
ID4	外環基本	0.038	$p < 0.001$
	外環対策	0.055	
ID5	外環基本	0.080	$p < 0.001$
	外環対策	0.020	
ID6	外環基本	0.472	$p < 0.001$
	外環対策	0.220	
ID11	外環基本	0.135	$p < 0.001$
	外環対策	0.262	
ID17	外環基本	0.042	有意差なし
	外環対策	0.044	
ID18	外環基本	0.090	$p < 0.001$
	外環対策	0.075	
ID30	外環基本	0.063	$p < 0.001$
	外環対策	0.024	
ID31	外環基本	0.077	$p < 0.001$
	外環対策	0.066	

表6 群Bにおけるジャークの分散および検定結果

		分散	F検定の結果
ID8	外環基本	0.101	有意差なし
	外環対策	0.106	
ID10	外環基本	0.072	$p < 0.001$
	外環対策	0.132	
ID12	外環基本	0.053	$p < 0.001$
	外環対策	0.160	
ID13	外環基本	0.047	$p < 0.001$
	外環対策	0.097	
ID22	外環基本	0.172	$p < 0.001$
	外環対策	0.088	
ID23	外環基本	0.297	$p < 0.001$
	外環対策	0.452	

表5より、コース間の有意差が見られた9名中7名に不安度の高い外環基本で分散が大きくなっていることが確認できる。表6より、有意差が見られた5名中4名に不安度の高い外環対策で分散が大きくなっていることが確認できる。以上より、不安を強く感じている状態ではジャークの分散が大きくなると考えられる。

4.2 車線中心からのずれの標準偏差

Beede and Kass¹²⁾は、車線中心からのずれの標準偏差(単位[m])を評価指標として、携帯電話の使用による注

意の分散が車両挙動に与える影響を調査した。そのなかで、注意が分散しているときに発生する、好ましくない傾向の一つとして、車線中心からのずれの標準偏差が小さくなることを明らかにしている。また、他の好ましくない傾向として、反応遅れや一時停止無視の違反の増加があった。これらのことを、筆者は、注意が分散している状態では、周辺への注意タスクを放棄することで、車線中心からのずれが少ない走行に専念するものと解釈している。この走行状態が、事故リスクを高めているのは明らかである。この結果に準拠し、本研究では、ランプ1における車線中心からのずれの標準偏差を分析した。本線、分岐1は車線変更が必要であるため分析対象外とした。また、分岐2、ランプ2は、平面線形の変化が激しく、必然的にハンドル操作が必要となり、不安よりも形状に合わせて適切に運転するというハンドル操作技術による差が大きいと考えられるため、分析対象外とした。さらに、ランプ1で車線変更を行った5名(群A:2名、群B:3名)は、分析対象外とした。表7に群A、表8に群Bの被験者ごとの車線中心からのずれの標準偏差[m]とF検定の結果を示す。

表7 群Aにおける車線中心からのずれの標準偏差と検定結果

		標準偏差	F検定の結果
ID3	外環基本	0.163	$p < 0.01$
	外環対策	0.187	
ID5	外環基本	0.171	$p < 0.05$
	外環対策	0.155	
ID6	外環基本	0.160	$p < 0.001$
	外環対策	0.228	
ID11	外環基本	0.163	有意差なし
	外環対策	0.171	
ID17	外環基本	0.173	$p < 0.001$
	外環対策	0.134	
ID18	外環基本	0.172	$p < 0.001$
	外環対策	0.121	
ID30	外環基本	0.090	$p < 0.001$
	外環対策	0.178	
ID31	外環基本	0.114	有意差なし
	外環対策	0.117	

表8 群Bにおける車線中心からのずれの標準偏差と検定結果

		標準偏差	F検定の結果
ID8	外環基本	0.148	$p < 0.001$
	外環対策	0.121	
ID12	外環基本	0.115	$p < 0.01$
	外環対策	0.101	
ID22	外環基本	0.210	$p < 0.001$
	外環対策	0.136	

表7より、コース間の有意差が見られた6名中3名に、不安度の高い外環基本で標準偏差が小さくなっていることが確認できた。表8より、有意差が見られた全員に、不安度の高い外環対策で標準偏差が小さくなっているこ

とが確認できた。以上より、不安を強く感じている状態では車線中心からのずれの標準偏差が小さくなると考えられた。しかし、群 A で確認された「不安を強く感じている状態では、車線中心からのずれの標準偏差が小さくなる」という傾向が 6 名中 3 名と該当する被験者数が少なく、また半分は反してしまっているため、被験者数を増やすことや他の指標との関連をみることなどが今後必要である。

4.3 ジャークの分散と車線中心からのずれの標準偏差との関係

4.1, 4.2 で確認された「不安を強く感じている状態では、ジャークの分散が大きくなる」「不安を強く感じている状態では、車線中心からのずれの標準偏差が小さくなる」という安全運転の観点からは好ましくない状態である 2 つの傾向が同一の被験者で発生しているのかを分析した。同一被験者の、不安度が高い状態における、「ジャークの分散」「車線中心からのずれ」の状態を表 9 にまとめた。

表 9 同一被験者におけるジャークの分散と車線中心からのずれの標準偏差の状態

不安度が高い状態において				
n=16	ジャークの分散が大きい	ジャークの分散が小さい	ジャークの分散に有意差なし	
ずれの標準偏差が小さい	4	1	1	
ずれの標準偏差が大きい	2	0	1	
車線変更を行った	4	1	0	
ずれの有意差なし	1	1	0	

表 9 より、4 名（25%）において、両方の傾向が確認された。また、13 名（81.25%）において、どちらかの傾向が確認された。両方の傾向に反している被験者は 0 名であった。以上より、不安を強く感じている状態では、少なくとも片方の傾向が発生すると考えることができる。つまり、安全運転の観点からは好ましくなく、不安な運転状態になっていると言える。したがって、運転中に変動する不安が、不安な運転状態に関連付けられることが示された。

5. 不安な運転状態による不安な行動の把握

本章では、前章で確認された不安な運転状態が、不安な行動の起源となっているのかを分析した。

5.1 区間平均速度

0.001kp ごとの車両挙動データを用いて、被験者ごとに、分析区間ごとの区間平均速度を算出した。その区間平均速度を基に、分析区間ごとの区間平均速度と標準偏差を算出した。表 10 に群 A、表 11 に群 B の区間平均速度と標準偏差を示す。

表 10 群 A の区間平均速度の平均と標準偏差

外環基本（不安高い）	区間	本線	分岐1	ランプ1	分岐2	ランプ2	全区間
区間平均速度 [km/h]	平均	88.62	91.10	82.86	77.22	62.78	84.75
	標準偏差	6.44	4.97	8.29	9.75	11.06	6.47
外環対策（不安低い）	区間	本線	分岐1	ランプ1	分岐2	ランプ2	全区間
区間平均速度 [km/h]	平均	85.67	87.31	81.17	77.77	63.66	82.91
	標準偏差	5.46	10.88	10.05	9.71	9.10	7.20

表 11 群 B の区間平均速度の平均と標準偏差

外環基本（不安低い）	区間	本線	分岐1	ランプ1	分岐2	ランプ2	全区間
区間平均速度 [km/h]	平均	88.29	86.75	72.75	61.98	51.76	78.55
	標準偏差	4.91	8.00	11.14	13.16	11.06	6.88
外環対策（不安高い）	区間	本線	分岐1	ランプ1	分岐2	ランプ2	全区間
区間平均速度 [km/h]	平均	87.25	88.33	77.60	71.96	54.31	81.36
	標準偏差	6.46	9.40	15.04	15.36	9.86	9.57

区間ごとに、コース間で母分散の差の検定（F 検定）を行い、有意差がなければ、Student の t 検定、有意差があれば、Welch の t 検定で母平均の差の検定を行った。

表 12 に群 A、表 13 に群 B の検定結果を示す。

表 12, 13 より、有意差が見られる区間は存在しなかった。これより、不安な運転状態と速度には関連が少なかったことが示唆される。

表 12 群 A の区間平均速度の検定結果

区間	本線	分岐1	ランプ1	分岐2	ランプ2	全区間
検定方法	Student	Welch	Student	Student	Student	Student
有意確率	0.309	0.359	0.700	0.906	0.855	0.575

* $p < 0.10$, ** $p < 0.05$

表 13 群 B の区間平均速度の検定結果

区間	本線	分岐1	ランプ1	分岐2	ランプ2	全区間
検定方法	Student	Student	Student	Student	Student	Student
有意確率	0.781	0.780	0.576	0.296	0.709	0.606

* $p < 0.10$, ** $p < 0.05$

5.2 区間最大加速度

0.001kp ごとの車両挙動データを用いて、被験者ごとに、分析区間ごとの区間最大加速度を算出した。その区間最大加速度を基に、分析区間ごとの区間最大加速度の平均と標準偏差を算出した。表 14 に群 A、表 15 に群 B の区間最大加速度と標準偏差を示す。

表 14 群 A の区間最大加速度の平均と標準偏差

外環基本（不安高い）	区間	本線	分岐1	ランプ1	分岐2	ランプ2	全区間
区間最大加速度 [m/s ²]	平均	0.45	0.14	0.15	0.09	-0.01	0.46
	標準偏差	0.18	0.17	0.11	0.06	0.26	0.16
外環対策（不安低い）	区間	本線	分岐1	ランプ1	分岐2	ランプ2	全区間
区間最大加速度 [m/s ²]	平均	0.49	0.11	0.21	0.07	-0.01	0.50
	標準偏差	0.26	0.11	0.11	0.09	0.13	0.24

表 15 群 B の区間最大加速度の平均と標準偏差

外環基本（不安低い）	区間	本線	分岐1	ランプ1	分岐2	ランプ2	全区間
区間最大加速度 [m/s ²]	平均	0.37	0.14	0.13	0.06	0.16	0.38
	標準偏差	0.06	0.09	0.11	0.04	0.23	0.07
外環対策（不安高い）	区間	本線	分岐1	ランプ1	分岐2	ランプ2	全区間
区間最大加速度 [m/s ²]	平均	0.53	0.07	0.16	0.10	0.02	0.53
	標準偏差	0.16	0.16	0.15	0.08	0.15	0.16

区間平均速度と同様の検定を行った。表 16 に群 A、表 17 に群 B の検定結果を示す。

表 16 群 A の区間最大加速度の検定結果

区間	本線	分岐1	ランプ1	分岐2	ランプ2	全区間
検定方法	Student	Student	Student	Student	Student	Student
有意確率	0.723	0.715	0.306	0.592	0.976	0.709

* $p < 0.10$, ** $p < 0.05$

表 17 群 B の区間最大加速度の検定結果

区間	本線	分岐1	ランプ1	分岐2	ランプ2	全区間
検定方法	Student	Student	Student	Student	Student	Student
有意確率	0.057*	0.422	0.704	0.298	0.295	0.079*

* $p < 0.10$, ** $p < 0.05$

表 16 より、有意差が見られる区間は存在しなかった。しかし、表 17 より、本線と全区間において、有意傾向が確認できた ($p < 0.10$)。部分的ではあるものの、不安度の高いコースのほうが、最大加速度が大きい傾向が認められた。

5.3 最大減速度

0.001kp ごとの車両挙動データを用いて、被験者ごとに、分析区間ごとの区間最大減速度を算出した。その区間最大減速度を基に、分析区間ごとの区間最大減速度の平均と標準偏差を算出した。表 18 に群 A、表 19 に群 B の区間最大減速度と標準偏差を示す。

表 18 群 A の区間最大減速度の平均と標準偏差

外環基本（不安高い）	区間	本線	分岐1	ランプ1	分岐2	ランプ2	全区間
区間最大減速度 [m/s ²]	平均	0.41	0.26	0.62	1.20	1.22	1.59
	標準偏差	0.41	0.19	0.44	0.52	0.63	0.49
外環対策（不安低い）	区間	本線	分岐1	ランプ1	分岐2	ランプ2	全区間
区間最大減速度 [m/s ²]	平均	0.63	0.25	0.45	1.14	0.97	1.26
	標準偏差	0.44	0.32	0.35	0.51	0.41	0.43

表 19 群 B の区間最大減速度の平均と標準偏差

外環基本（不安低い）	区間	本線	分岐1	ランプ1	分岐2	ランプ2	全区間
区間最大減速度 [m/s ²]	平均	0.60	0.43	1.00	0.84	1.03	1.35
	標準偏差	0.47	0.49	0.48	0.53	0.43	0.30
外環対策（不安高い）	区間	本線	分岐1	ランプ1	分岐2	ランプ2	全区間
区間最大減速度 [m/s ²]	平均	0.44	0.56	0.75	1.28	1.19	1.60
	標準偏差	0.34	0.48	0.47	0.55	0.41	0.14

区間平均速度と同様の検定を行った。表 20 に群 A、表 21 に群 B の検定結果を示す。

表 20 群 A の区間最大減速度の検定結果

区間	本線	分岐1	ランプ1	分岐2	ランプ2	全区間
検定方法	Student	Student	Student	Student	Student	Student
有意確率	0.292	0.943	0.382	0.800	0.330	0.149

* $p < 0.10$, ** $p < 0.05$

表 21 群 B の区間最大減速度の検定結果

区間	本線	分岐1	ランプ1	分岐2	ランプ2	全区間
検定方法	Student	Student	Student	Student	Student	Student
有意確率	0.539	0.692	0.425	0.225	0.565	0.116

* $p < 0.10$, ** $p < 0.05$

表 20, 21 より、有意差が見られる区間は存在しなかった。これより、不安全的な運転状態と最大減速度には関連が少ないことが示唆される。

6. 結論

本研究では、同一被験者内の変化に着目することで、運転中に変動する不安と不安全的な運転状態、および不安全的な運転状態と不安全的な行動の関連性の把握を試みた。以下に、本研究で得られた成果を示す。

- 本研究の実験条件においては、7段階で不安を聞き取りした場合、不安度「3」が、不安の高低の境界になっているという示唆を得た。
- 「ジャークの分散が大きくなる」「車線中心からのずれの標準偏差が小さくなる」という傾向は安全運転の観点から好ましくない状態であり、少なくとも、いずれかが不安を強く感じている状態で発生することを確認した。つまり、運転中に変動する不安と不安全的な運転状態の関連性が示されたと考える。
- 不安度が高い、つまり不安全的な運転状態において、最大加速度が大きくなっていることから、部分的ではあるものの、不安全的な運転状態が不安全的な行動の起源となっている傾向を示すことができたと考えられる。しかし、不安全的な運転状態が不安全的な行動の起源となっていることは、部分的にしか示すことができなかった。また、運転者挙動データに関しては、分析を試みたが、不安よりも個人差による影響が非常に大きく、有用な知見を得ることができなかった。不安全的な運転状態と不安全的な行動の関連性を見出すためには、道路モデルや周辺車両の配置状況といった実験条件を変えることが必要であると考えられる。これらは今後の課題である。

謝辞

本研究は、中日本高速道路株式会社東京支社交通情報サービス研究会交通心理学部会で実施した実験データの一部を使用した。記して謝意を表す。

参考文献

- 警察庁：H30 年中の交通死亡事故者数について、<https://www.e-stat.go.jp/stat-search/file-download?statInfId=000031782696&fileKind=2>, 2019. (2019 年 2 月 8 日 閲覧)
- 大崎頌太・桂謙吾・中原圭太・小林秀典・赤星綾香：交通事故を未然に予防するための潜在リスク検証に

- 基づく新たな事故対策事業の提案，土木計画学研究・講演集（CD-ROM），vol.48，163，2013.
- 3) 社団法人 交通事故総合分析センター，2009 年度 交通事故例調査・分析報告書
 - 4) 長谷川卓・浦井芳洋：交通事故データを用いた Collision Mitigation Brake System の効果予測，自動車技術会秋季学術講演会前刷集，No.20095539，pp.25-30，2009
 - 5) 社団法人 自動車技術会，ヒヤリハット分析による予防安全対策の効果予測等の検討調査報告書，2007
 - 6) ヒヤリハット情報を活用してヒューマンファクター分析を効率よく行う
<https://bunken.rtri.or.jp/PDF/cdroms1/0004/2017/0004006669.pdf>，2017.（2019 年 1 月 31 日閲覧）
 - 7) 國行浩史・伊藤慧祐・滝沢颯太・菅翔一：市場における自動車安全装備の効果推定手法のレビュー，自動車技術会論文集，Vol.49，No.3，pp.630-635，2018
 - 8) 飯田克弘・森 康男・金 鍾旻・池田武司・三木隆史：ドライビングシミュレータを用いた室内実験システムによる運転者行動分析-実験データの再現性検討と高速道路トンネル坑口の評価-，土木計画学研究・論文集，No.16，pp.93-100，1999.
 - 9) 大口敬・金子哲也・飯田克弘・渡邊亨：ドライビング・シミュレータを用いた道路線形と追従挙動特性に関する研究，土木計画学研究・講演集，No.24(2)，pp.649-652，2001.
 - 10) 福田亮子・佐久間美能留・中村悦男。福田忠彦：注視点の定義に関する実験的検討，人間工学，vol.32，No.4，pp.197-204，1996.
 - 11) 田中裕章・竹森大祐・宮地智弘・入部百合絵・小栗宏次：自動車の制動時の安心感に関する研究，DENSO TECHNICAL REVIEW，vol.21，2016.
 - 12) Kristen E.Beede，Steven J.Kass：Engrossed in conversation: The impact of cell phones on simulated driving performance，Accident Analysis & Prevention，vol.38，Issue 2，pp.415-421，2006.