

車線変更時におけるドライバーの ストレス指標の時間変化と要因に関する研究

柳原 正実¹・近藤 はるな²・小根山 裕之³

¹正会員 東京都立大学助教 都市基盤環境学域 (〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1)

E-mail: yanagihara@tmu.ac.jp

²非会員 東京都立大学 都市環境学部 都市基盤環境コース (〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1)

E-mail: kondo-haruna@ed.tmu.ac.jp

³正会員 東京都立大学教授 都市基盤環境学域 (〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1)

E-mail: oneyama@tmu.ac.jp

運転はドライバーにとって少なからずストレスがかかる行為であり、無理な車線変更や急減速などの事故や渋滞の要因となり得る運転をするときドライバーのストレスは特に大きくなると予想される。したがって、ストレスの指標は、事故や渋滞の潜在的な要因を判別する一指標となり得ると考えられる。また、客観的な判断が困難なドライバーの認知・判断の状態を推察する指標としてもストレス指標が利用できると考えられる。本研究では、ドライバーの心電情報から得られるストレス指標の一つである LP 面積を用いて、比較的ストレスがかかりやすい行動であると考えられる車線変更行動時のストレス指標の時間推移と運転行動を比較分析した。このストレス指標の時間推移特性やストレスがかかる主な要因に関する結果より、運転時のストレス指標が持つ客観的な情報としての知見を得た。

Key Words: *driving behaviour, lane-changing, stress index, driving simulator*

1. 背景

運転をするときには自分の周りの車両にも気を付けながら運転をする必要がある。周りに常に注意を払う必要のある運転はドライバーにとって少なからずストレスがかかると考えられる。ストレスを感じることで焦りや疲労が出て、その結果スピードの出しすぎや無理な車線変更など事故の原因になる行動を起こす可能性がある。比較的ストレスがかかりやすい行動であると考えられる車線変更行動について、越ら¹⁾や牧野ら²⁾は交通渋滞や事故が発生しそうな臨界状態の交通流下で多発し、このことが直接的または間接的な渋滞の原因になっているとしている。このことから車線変更中のストレスと渋滞や事故につながる要因とに関連性があると考えられる。また運転中、常に一定のストレスがかかっているわけではなく、その大小にもむらがあると考えられ、大きなストレスがかかるタイミングなどに関する知見は少ない。

車線変更中はドライバーが多くの認知・判断・操作を行う必要性が生じると考えられる。具体的にはドライバーは周りの交通状況を認知することで現在の状況を認識する。その認識をもとに判断を下し、次にどのような行動をするのかという意図を形成し、その意図に従って車

線変更を行うという一連の運転行動を行っているであろう。このドライバーの運転に関する意図の推移などは、運転行動などからの推測することはできる可能性がある³⁾が、客観的なドライバーの観測から直接把握することはできない。しかしながら、既存の車線変更モデルでは、このようなドライバーの潜在的な認知・判断の過程を表現するものが多い。車線変更を表現するモデルとして、近藤ら⁴⁾は TTC や前方車両との相対速度に関する効用が閾値を超えたら車線変更が生じるモデルの構築を行っている。また、進入する Gap を選択するモデルとして、倉内ら⁵⁾は前方、直近、後方の車間から進入した Gap を選択させるモデルを構築しており、このモデルでは、Gap 選択結果が車線変更のおよそ 5 秒前で良好な結果を示すことが記述されている。Choudhury ら⁶⁾は隠れマルコフチェーンモデル (HMM) を応用し、潜在状態として車線変更要求や進入先 Gap 選択結果をもたせることで、選択行動に時間的な連続性をもたせ、一度決定した目的車線や進入先 Gap が一度決定されてからしばらく変化しない構造としている。これらのモデルと実際の車線変更時のドライバーの行動との整合性を確かめるためにもドライバーの運転に関する認知・判断の過程や意図を把握することが望まれる。したがって、車線変更時のドライ



図-1 DS 実験装置と実験風景

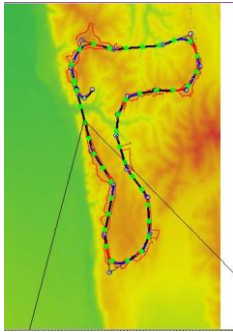


図-2 テストコースの平面線形図



図-3 DS 実験時の正面ディスプレイの映像例

バーの運転に依存する客観的な指標の一つとしてドライバーのストレスを把握することは、ドライバーの行動の把握に役立つと考えられる。

渋滞や事故の対策において車線変更の影響を無視することはできず、渋滞や事故の要因、車線変更時のドライバーの行動を把握するためにも、車線変更時のストレスとその要因を把握することが望まれる。そこで本研究では渋滞発生の原因であると考えられている車線変更行動

時のストレスの大きさを時系列に沿って把握し、運転行動との関係性についての知見を得ることを目的とする。具体的には、ドライビングシミュレータ (DS) 上での車線変更時のドライバーの心電情報からストレス指標の時系列変化を把握し、車線変更における運転操作などとの関連性について時系列を考慮した分析を行う。

2. DS 実験における車線変更

本研究では車線変更を多数回観測するために、条件を詳細に設定できるドライビングシミュレータを用いて模擬走行する実験を行った。実験の被験者は 20 代から 40 代の男性 30 名とした。使用する実験装置は図-1 のようなフォーラムエイト社の UC-win/Road ドライブシミュレータ Ver.11 を使用した。

(1) 実験道路空間

本実験で使用する道路空間は図-2 のような 1 周 19.9km、車線幅員 3.3m、縦断勾配 0.0% の片側 2 車線のテストコースである。このテストコースはカーブ地点が複数あり、約 10 分走行する 1 回の走行実験において、コースの線形による慣れが生じないようにした。この約 10 分の走行実験を 1 被験者あたり複数回、休憩をとりつつ行った。また、生体情報を観測する機器を付けたうえで、連続して比較的長い時間を走行するため、明部高速道路のような開放的な背景にし、極力被験者の実験時の負荷を減らすよう工夫した。また、ドライバーの視界は図-3 のように最大 400m 程度になるよう設定した。

(2) 走行車線走行車両

前方車両との相対速度は、運転者が車線変更したという意図を生じさせる大きな要因となる⁴⁾と考えられるので、前方車両の速度を変化させることで追従状態からの自然な車線変更が誘発されるように設定した。まず追従状態は 500m 間隔で走行車線に設定した車両発生点を通過する際に、500m 前方に被験者車両の速度に応じた速度で走行する車両を発生させる設定にした。さらに当該車両の前方に 2 台の先行車両を同時に発生させ、自然な車群に見えるよう工夫した。

前方に発生した車群は 500m あたり 5km/h の変化割合で減速させており、追従する被験者にとって長時間の追従は苦痛となり、最終的に車線変更せざるを得ない状況になるよう設定することで、追越車線への車線変更が必ず誘発される状況作り出した。発生する車両の詳細な条

表-1 走行車線前方車両の発生初期条件

車両発生点通過速度V	前方車両速度V1	車間距離
$V \leq 80\text{km/h}$	$V1=70\text{km/h}$	61.1m
$80\text{km/h} < V \leq 90\text{km/h}$	$V1=80\text{km/h}$	55.6m
$90\text{km/h} < V \leq 100\text{km/h}$	$V1=90\text{km/h}$	50.0m
$90\text{km/h} < V \leq 110\text{km/h}$	$V1=100\text{km/h}$	44.4m
$110\text{km/h} < V$	$V1=110\text{km/h}$	38.9m



図-4 生体情報観測機器

件を表-1に示す。追越車線への車線変更後は3台の車両を追い越した後、走行車線に戻ることで、再度、同等の状況が繰り返される設定とした。この時、走行車線に戻らない被験者に対しては、走行車線に十分なスペースがある場合、走行車線に戻るよう指示を行った。

(3) 追越車線走行車両

追越車線には被験者車両よりも速度の高い車両が多数後方から出現するよう設定した。この追越車線の車両は、130km/hもしくは105km/hの一定の速度で走行する2パターンと、130km/hから95km/hまで500mあたり1.5km/hから1km/hの変化割合で減速するパターンの3パターンを用意した。最初に減速するパターンの走行実験を行い、その時の被験者の平均的な自由走行速度がおおよそ100km/h以上の場合には130km/h定速のパターン、100km/h以下の場合には105km/h定速のパターンの走行実験を、その後の走行実験の設定とした。このように追越車線後方から複数の車両が追い上げてくる状況を作り出すことで、被験者に車線変更時に複数の車両との位置関係を把握する必要性を生じさせた。また、被験者車両の追越車線の走行中は、被験者車両の後方に発生した車両が追従する状態となるため、被験者が走行車線に戻る行動がある程度促されていたと考えられる。

(4) 車線変更に伴う運転意図

時々刻々変化する運転状況に応じてドライバーが持つ

自身の運転操作に対する意図（運転意図と呼ぶ）は運転者の潜在的な情報であり外部観測が難しい。本研究では、この運転意図を把握したうえで分析を行うために、各走行の直後に被験者に対しての調査を行った。調査では、被験者には、走行実験中に後方上部から撮影した動画を別室で見ながら、意図が変化した地点でその意図に対応するキーを押下すよう指示した。過去の運転意図を取得する実験⁴⁾では、本実験同様走行動画をみながら、被験者がその地点で何を考えていたかを直接聞くインタビューを行っていた。当該実験ではインタビューの簡略化が課題であるとされていた。本実験ではPCのキーを用いることで運転意図が生じた時刻を簡便な手法で取得した。加えて該当する意図がより強いものである場合はより長くキーを押下すよう指示した。

使用したキーの種類は、加速したい、減速したい、右（左）に車線変更したい、現状維持の5種類に対応するキーであり、主に矢印のテンキーを利用した。加速したい・減速したい・右（左）に車線変更したい、は車線変更する際に生じうる運転意図を大別したものであると考えた。現状維持は漫然と追従をする場合等に押下すよう指示した。

3. ストレス指標

(1) DS 実験時の生体情報観測機器

本実験で測定した生体情報は図-4のような装置を模擬走行中に被験者に装着することで観測した。当該装置は装着時の違和感による車両挙動への影響を考慮するために、装着時と非装着時の走行実験を行った。取得した情報は、皮膚温度、発汗、呼吸数、心電、僧帽筋上部の筋電の5つである。

(2) ストレスの定義

本研究ではストレスを、本人の意思とは無関係に働く自律神経と呼ばれる神経系の作用の一部みなし、交換神経が活性化し副交感神経が非活性化した場合にストレスが大きくものと定義する。一般的に緊張時やストレスを感じた時は交感神経が優位に働くとされており、リラックスした状態では副交感神経優位に働くとされている。この交感神経が優位に働く状況では、発汗・呼吸数・心拍が上昇し、皮膚温度は低下する傾向がある。また、僧帽筋上部の筋電からは意識的な緊張状態が得られる可能

性がある。

(3) ストレス指標の算出

本研究では、得られた生体情報から得られる指標で、特にストレスの指標として、交通分野でも利用される LP 面積を対象にストレスの大小について検証する。LP 面積の値は大きいとストレスが小さく、値が小さいとストレスが大きいということが知られている。LP 面積は複数の心拍間隔 (RRI) から求める指標であるため、統計的に処理が可能な複数の心拍が得られる時間枠に対して一つの値が算出される。既往研究⁸⁹⁾では、その時間枠が 10 秒～数十分で算出されている例があり、本ストレス指標を用いた分析では時系列の変化を詳細に追うために 10 秒の時間枠で算出した LP 面積を対象に分析を行う。

4. 車線変更時の生体情報と運転意図

本実験は旧首都大学東京の倫理委員会の審査を受けたうえで、2018 年の 11 月から 12 月にかけて行い、1 被験者あたり十数回の車線変更を観測し、合計 293 回分の生体情報を同時に観測した車線変更のデータが得られた。

得られた車線変更は、走行車線前方車両に追従中か否か、1 台の追越車線後方車両が常に接近しているか否かで、状況が異なるものとなった。以降ではそれぞれの状況かのサンプルについてその特徴を述べる。

(1) 追従中・1 台の追越後方車両が接近している状況

前方車両に追従し、後方車両との距離が近い場合のときの一被験者の速度や前方・後方車両との位置関係、生体指標の状況を図-5、図-6 に示す。この状況下で動画調査において車線変更の意図を示していた例が多数存在し、同時に発汗が上昇した例や、呼吸数が上昇した例、心拍が上昇した例がみられた。この車線変更の意図と生体反応が同時にみられた場合では、追越車線後方車両との車頭距離がすべて 40m 以下であった。このことからストレスを感じやすい状況で、車線変更のタイミングを迷っていた可能性が考えられる。このことは、車線変更前に何度も車線変更意図が生じていることから示唆される。

(2) 追従中・追越後方車両と速度差がある状況

走行車線前方車両に追従し、追越車線後方車両との速度差が大きい場合のときを図-7、図-8 に示す。車線変更したいという意図が生じた例も複数存在し、追越車線後方車両に追い抜かれた場面に、発汗が上昇した例がある

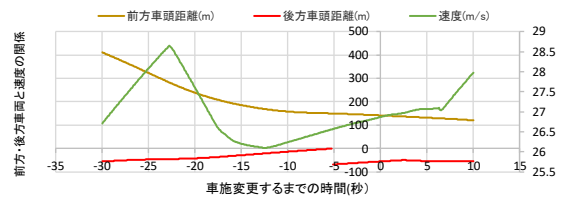


図-5 前方車両に追従中に 1 台の追越車線後方車両が接近している状況における周辺車両と速度

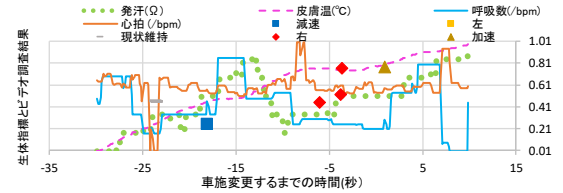


図-6 前方車両に追従中に 1 台の追越車線後方車両が接近している状況における生体情報と運転意図

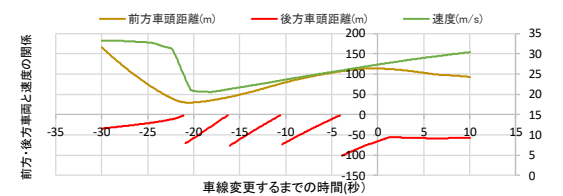


図-7 前方車両に追従中に追越車線後方車両が追い越していく状況における周辺車両と速度

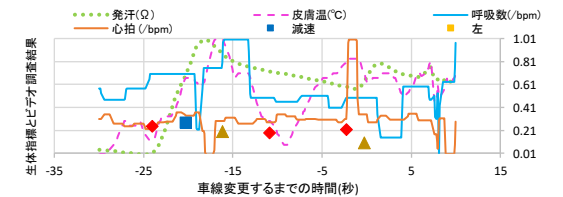


図-8 前方車両に追従中に追越車線後方車両が追い越していく状況における生体情報と運転意図

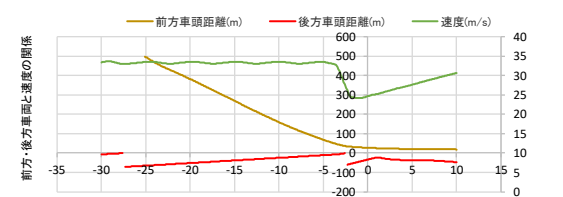


図-9 自由走行中に 1 台の追越車線後方車両が接近している状況における周辺車両と速度

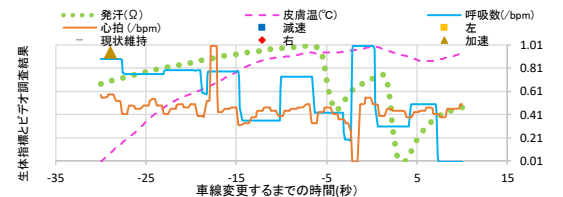


図-10 自由走行中に 1 台の追越車線後方車両が接近している状況における生体情報と運転意図

ことから、追越車線後方車両が原因でストレスを感じやすい状況であったと考えられる。

(3) 自由走行中・一追越後方車両が接近している状況

走行車線前方車両に追従せず、減速して後方車両を追い越させた場合のとき一例を図-9, 図-10 に示す。この例でも車線変更の意図は示されているが、追従している場合に比べて発汗が上昇する例が少なかったため、比較的刺激が加からなかったものと考えられる。

(4) 自由走行中・追越後方車両と速度差がある状況

前方車両に追従せず、後方車両との距離が十分にある場合の例を図-11, 図-12 に示す。このような状況の車線変更は多く観測され、車線変更 10 秒以内に意図が生じる例が多数を占めた。この例では常に車線変更可能な状況の中、走行車線前方車両を認識してすぐに車線変更を行った場合のデータであると考えられる。したがって、車線変更の際の意図の推移やストレスのかかる場面は少なかったものと推察される。

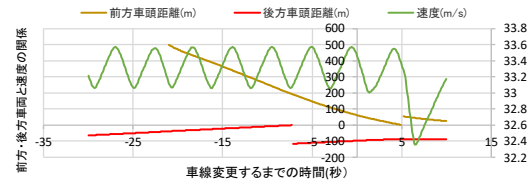


図-11 自由走行中に追越車線後方車両が追い越していく状況における周辺車両と速度

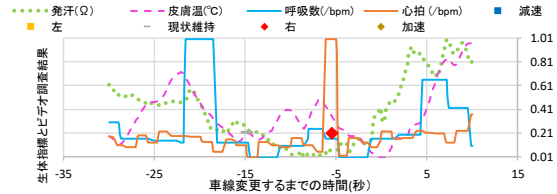


図-12 自由走行中に追越車線後方車両が追い越していく状況における生体情報と運転意図

表-2 走行車線前方車両の発生初期条件

基準時点	タイミング
車線変更前被追抜時点	車線変更前に追越車線の車に抜かされたとき
車線変更開始時点	車線変更を開始したとき (左路肩からの距離は約4m)
車線変更中間時点	車線変更の中間点 (左路肩からの距離は6m)
車線変更完了時点	車線変更が完了したとき (左路肩からの距離は約8m)
車線変更後追越時点	車線変更後に走行車線の車を抜かしたとき

5. 車線変更時のストレス指標の変化

(1) 車線変更行動に関する基準時点

ドライバーによって車線変更に使われる時間が違うため、車線変更における状況変化に対して表-2に示す5つの基準時点を設定した。この基準時点の前後におけるストレス値の変化を見ることで、車線変更に伴う状況変化が統一化されたものとして扱う。

基準時点は、車線を変更し始める時点と変更が完了する時点に加えて、その中間時点を設定した。また、実験中に多く観測された車線変更前に高速の追越車線の車両に追い越される状況と車線変更後に追い越しを行った状況を基準時点に加え、5つの基準時点の前後で分析を行った。

(2) 各基準時点における対数ストレス指標の変化

本実験におけるストレス指標の値は、運転中であったことから、平素の状態とは異なる被験者が多かったものと考えられる。ストレス指標であるLP面積の値の大きさは被験者による絶対値と変動の差が大きく、平均的な車線変更時の変化を分析するために、本研究では対数をとったストレス指標を分析に用いた。

車線変更時のストレス指標の対数の変化を、それぞれの基準時点前後5秒の時間枠における対数ストレス指標

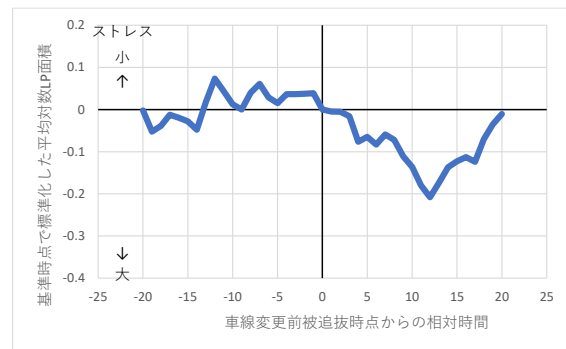


図-13 車線変更前被追抜時点の前後の対数ストレス指標変化

を0として、すべての観測された車線変更において平均化した値の変化を図-13から図-17に示す。図の横軸は時間枠の中央の時刻の基準時点からの相対的な時間である。

追越車線後方車両に抜かされた時点を目安にしたとき車線変更前被追抜時点の12秒後が、ストレスが一番大きい時点となった。0秒時点と12秒後時点には5%の有意差が確認された。車線変更開始時点を目安にした場合には、その10秒後にストレス指標が最も小さい値を示し、基準点と比較して1%の有意差がみられた。同様に車線変更中間時点を目安にした場合、ストレス指標が極小値と極

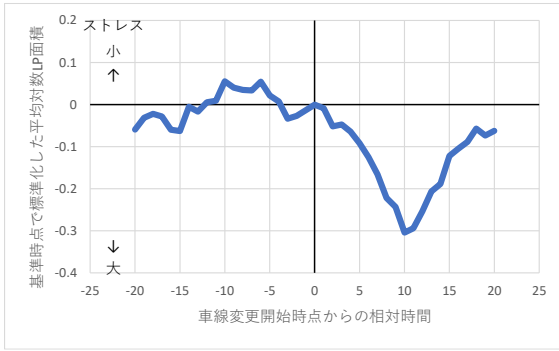


図-14 車線変更開始時点の前後の対数ストレス指標変化

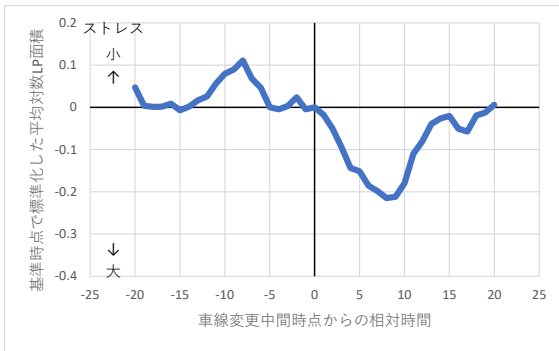


図-15 車線変更中間時点の前後の対数ストレス指標変化

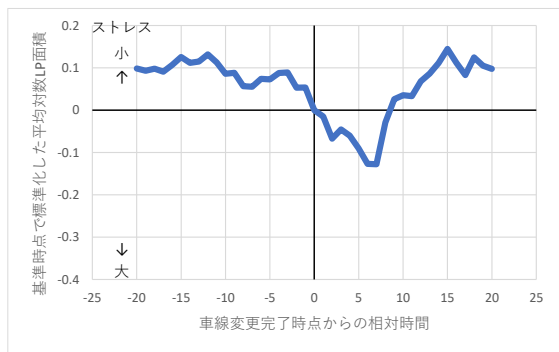


図-16 車線変更完了時点の前後の対数ストレス指標変化

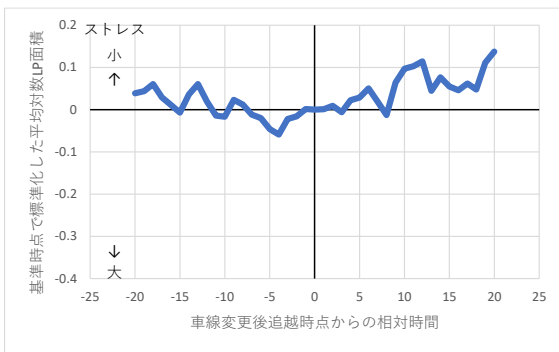


図-17 車線変更後追超時点の前後の対数ストレス指標変化

大値をとる2秒前と8秒後の時点で5%の有意差がみられた。また、車線変更完了時点を基準に3秒前時点と7秒後時点で1%の有意差がみられた。そして、車線変更後に追い越す車両と並んだ時点を基準にした場合は、その4秒前時点と12秒後時点で5%の有意差がみられた。

これらの結果より、車線変更直後で走行車線の前方にいた車両を追い越す前に時間枠の中央がきた時点でストレスが大きくなっていることがわかる。ただし、10秒という時間枠と、ストレスの要因が存在した時刻との関係について、ここでは考慮していない。

(3) 時系列を考慮した対数ストレス指標変化要因分析

ストレス指標が変化する要因が存在した時点を、対数ストレス指標を対象とした、車線変更時の速度や周辺車両との車間距離などを用いた回帰の結果より把握することを試みる。以下の式(1)を回帰式として分析を行う。

$$\ln \frac{LP_i(t, t+T)}{LP_i(0, T)} = \sum_j \beta_j x_{ij}(\tau) + \varepsilon_i \quad t \neq 0 \quad (1)$$

ただし、 $LP_i(t, t+T)$ は、ある観測された車線変更*i*の基準時点を0とした時の時刻*t*から時刻*t+T*までを時間枠として算出したLP面積 ($T = 10\text{sec}$)、 $x_{ij}(\tau)$ は基準時点を0とした時の時刻*τ*における説明変数*j*であり、 β_j はその偏回帰係数である。非説明変数の値は

なお、前節で評価した対数ストレス指標の値は式(2)で表現される値である。

$$\ln \frac{LP_i(t - T/2, t + T/2)}{LP_i(-T/2, T/2)} \quad (2)$$

説明変数*j*には、被験者車両の速度、走行車線前方車両の速度と相対距離、追越車線の前(後)方車両の相対速度、追越車線の前(後)方車両の後(前)方ギャップまでの相対距離とした。追越車線の前(後)方車両の後(前)方ギャップまでの相対距離は、追越車線前方車両との相対距離が30m以上となるために必要な相対的な移動距離である。これらの説明変数は絶対値がストレスへの影響度と比例することを想定して設定している。

ここで式(1)における、時刻*t*と時刻*τ*との関係を回帰結果に基づいて考察する。図-18から図-22はそれぞれの基準時点をとったときの、回帰の決定係数を示すヒートマップである。縦軸がストレス指標の変化時間*t*を表し、横軸が説明変数を参照する時刻*τ*を表す。変化時間*t*が0である場合は算出されていない。なお、LP面積のための時間枠以降にストレスの要因が出現することはない

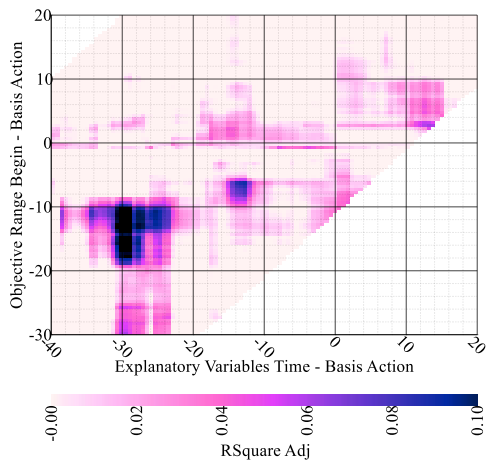


図-18 車線変更前被追抜時点を基準とした対数ストレス指標変化の回帰結果決定係数

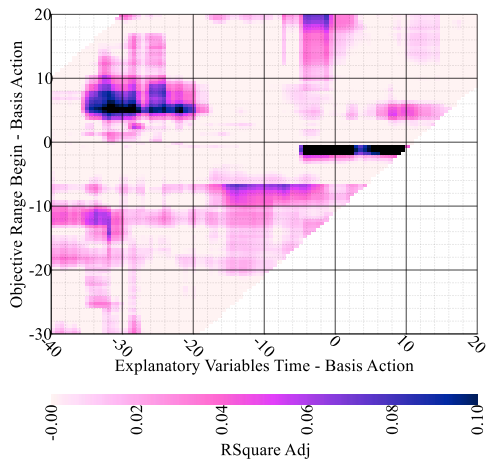


図-19 車線変更開始時点を基準とした対数ストレス指標変化の回帰結果決定係数

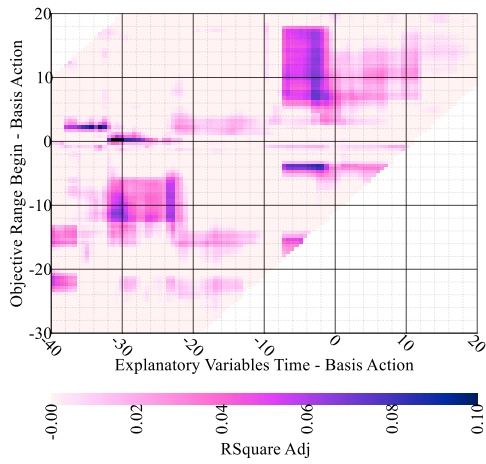


図-20 車線変更中間時点を基準とした対数ストレス指標変化の回帰結果決定係数

め、説明変数の時刻 τ は式(3)で示される範囲のみを対象にしている。

$$t + T - 1min \leq \tau \leq t + T \quad (3)$$

図-18から図-22において、同一のストレス指標に対する結果は横に並び、同一の説明変数に対する結果は縦に並ぶため、一部の指標や変数に対する相関が高い場合、決定係数が高い組み合わせは縦または横に広がる。また、説明変数を参照する時刻とLP面積の計算時間枠との置換差が同一の組み合わせは右上がりの直線となり、計算されている範囲の右の右上がりになっている末端は、LP面積の計算時間枠の最終時刻と説明変数を参照する時刻が一致する場合であり、この場合の結果に関しては、説明変数がストレス指標の変化要因になっているという

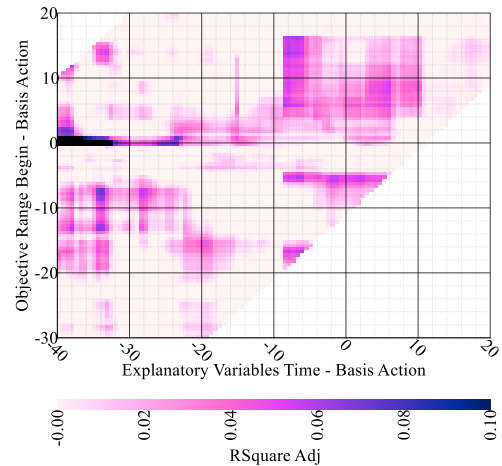


図-21 車線変更完了時点を基準とした対数ストレス指標変化の回帰結果決定係数

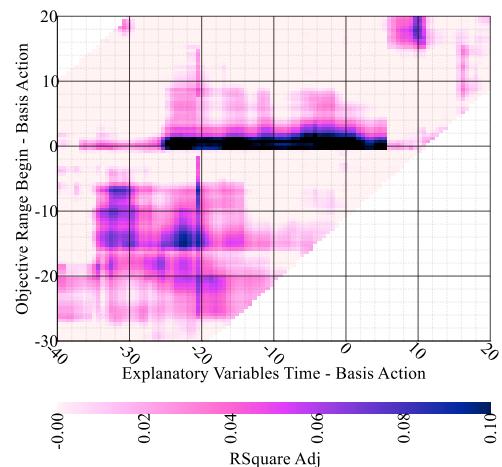


図-22 車線変更後追越時点を基準とした対数ストレス指標変化の回帰結果決定係数

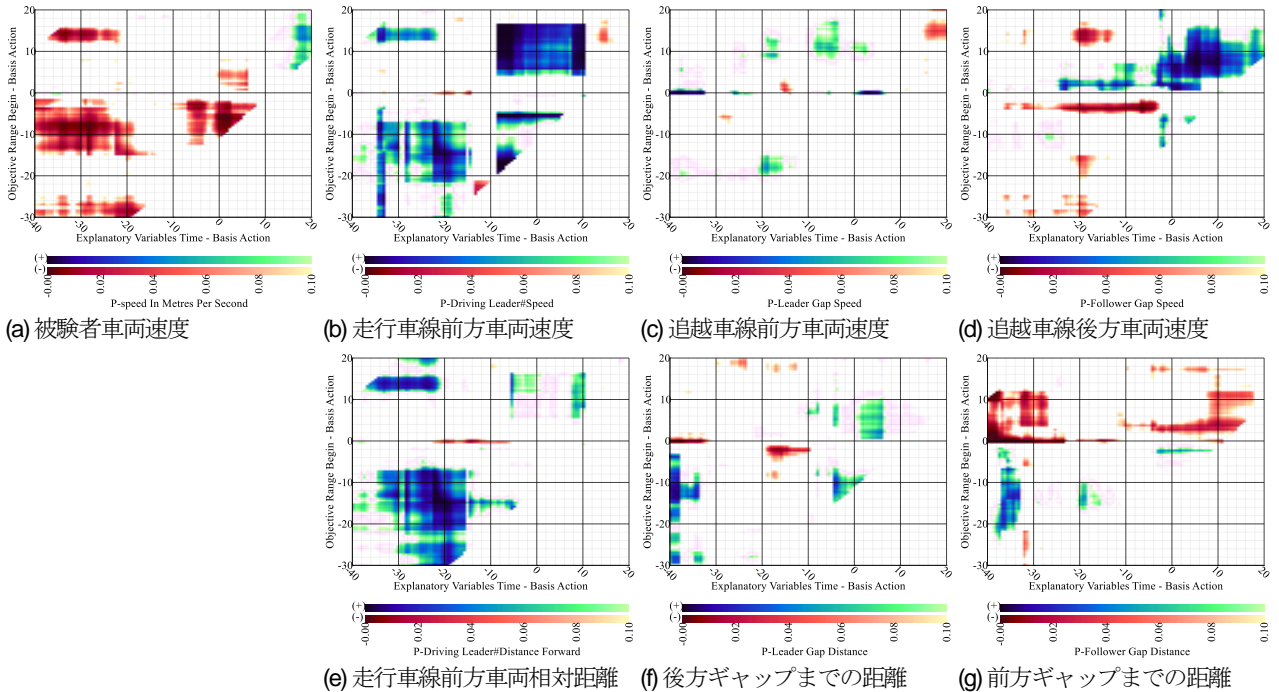


図-23 車線変更完了時点を中心とした対数ストレス指標変化の回帰結果における各偏回帰係数のt検定結果のP値（パラメータ値の正負によって色分け）

因果を反映していない関係にあるといえる。

最もストレスがかかると考えられる車線変更後、追越時点直前の結果は、図-21の縦軸0から10秒時点、図-22の縦軸の-10秒時点前後である。この時の決定係数が大きくなる範囲は、横軸の説明変数参照時刻が縦軸より、5~10秒程度小さい範囲以前に存在する。他の基準時点の場合に関しても、決定係数が大きくなる範囲は同一の条件を満たしている。この結果から、対数ストレス指標変化に影響する要因は、LP面積の計算時間枠の開始時点の5~10秒前までに出現する可能性が高いことがわかった。これは、車線変更直後のストレス指標の増加が、車線変更前の状況を反映した結果であることを意味する。

図-23には回帰結果のそれぞれの偏回帰係数のt検定結果のP値をヒートマップで示した。偏回帰係数が正の場合と負の場合でP値の階級色を区別している。各偏回帰係数の縦横軸は図-18から図-22と同一である。上述した決定係数が大きくなる範囲の部分では、走行車線の前方車両、および追越車線の後方車両の速度変数(b)(d)が特に大きな影響を与えている可能性が高いことがわかる。車線変更前は追従している車両と、後方から追越車線を追い上げてくる車両に特に注意する必要があるため、その影響がストレス指標にも表れていることが推察される。

6. まとめ

本研究では生体情報を取得しつつ車線変更を誘発させる設定のDS実験を行い、多数の車線変更挙動とそれに伴う生体情報や運転意図のデータを得た。また、得られたデータより車両の走行環境と生体情報の関係を確認し、ストレス指標としてのLP面積と車線変更過程との間の関係の分析を行った。その結果、ストレス指標は車線変更後、前方車両を追い越す段階でストレス増加することを示すが、そのストレス要因は車線変更前の段階で生じている可能性が示唆された。また、車線変更前に追従している前方車両と、後方から追越車線を追い上げてくる車両の接近速度は、特に着目すべきストレス要因であることが分かった。

本研究で明らかになった車線変更時のストレス増加と、一般的に知られている車線変更時の事故リスクの増加を踏まえると、ドライバーにストレスを与える要因は、同時に事故リスクになっている可能性が高いと考えられ、ストレス指標のモニタリングが事故要因などの把握の一助につながる余地があると考えられる。

本研究において取得した運転意図や個人属性を踏まえた、さらなるストレスと車線変更との関係を分析が望まれる。特に得られたストレス指標は個人間の差が激しく、統計的な結果が判別しにくい傾向にあったが、個人間の

バイアスをうまく扱う手法を構築することで、知見の応用範囲を広げられると考えられる。

参考文献

- 1) 越正毅, 桑原正夫, 赤羽弘和 : 高速道路のトンネル, サグにおける渋滞現象に関する研究, pp.65-71, 土木学会論文集 No.458, 1993.
- 2) 牧野浩志, 鈴木一史, 鹿野島秀行, 山田康右, 堀口良太 : 車線変更行動に着目したサグ部渋滞発生要因の分析と渋滞対策アプローチ, pp.I1001-I1009, 土木学会論文集 Vol.7 No.5, 2015.
- 3) 柳原正実, 宇野伸宏, 中村俊之 : 運転意図に基づく外部刺激の影響分析手法—模擬走行実験における合流支援情報を例に, 交通工学論文集, No.1, Vol.2, pp.A207-A216, 2015.
- 4) 近藤啓介, 鈴木高宏, 桑原雅夫 : 他車両との相互作用を取り入れた横方向運転行動モデルの同定, 第 5 回 ITS シンポジウム, 2006.
- 5) 倉内文孝, 丸尾香菜子, 宇野伸宏, 高木朗義 : 画像データを用いた高速道路合流部の車線変更挙動のモデル化, 交通工学研究発表会論文集, No.29, pp.77-80, 2009.
- 6) Choudhury, C. : Thesis. Modeling Driving Decisions with Latent Plans', Department of Civil and Environmental Engineering, MIT, 2007.
- 7) Choudhury, C. F., Ben-Akiva, M., Abou-Zeid, M. : Dynamic Latent Plan Models', Journal of Choice Modelling, Vol.3, No.2, 2010.
- 8) 鈴木弘司, 加藤明里, 山口佳起 : 二段階横断施設における歩行者の心的負担と車両の譲り挙動に関する実証分析, 交通工学論文集, No.4, Vol.1, pp.A252-A257, 2018.
- 9) 鈴木弘司, 今井克寿, 藤田素弘 : 心拍変動を用いた自転車利用者の幹線街路評価に関する研究, 土木学会論文集 D3, No.69, Vol.5, pp. I857-I867, 2013.

AN ANALYSIS ON CHANGES IN DRIVER STRESS INDICES DURING LANE CHANGING

Masami YANAGIHARA, Haruna KONDO and Hiroyuki ONEYAMA