

車線変更時における 運転行動・運転意図とストレス指標の関係分析

近藤 はるな¹・柳原 正実²・小根山 裕之³

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

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

² 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

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

運転をするとき、運転者は周辺の状況から次の運転方針を決め、その考えに基づき運転行動を行う。つまり、運転行動は「周囲の環境を鑑みて運転意図を発し、実際の運転行動に移す」という流れをたどっていると考えられる。運転時に運転者は自身の運転だけではなく周囲の車両の挙動にも気を配る必要があるため、運転は少なからず運転者にストレスがかかる行為と言える。このストレスが運転意図や運転行動に影響を与える可能性も考えられる。

このように一連の運転行動を捉えるうえで「運転行動」「運転意図」「周囲の状況」「ストレス」はお互いに影響を与えていると考えられる。本研究ではこれら 4 つの行動が互いに与える影響について分析を行い、それらの関係性についての知見を得た。

Key Words: Driving behavior, Driving intention, Driving stress, Lane changing

1. 背景

運転をするとき、運転者は周辺の状況を踏まえて、例えば「そろそろ右車線に行こう」「もう少しスピードを上げよう」といった考えを持ち、その考えに基づき運転行動を行う。この考えを運転意図とすると、運転は「運転者が周囲の交通状況を考慮して運転意図を発し、実際の運転行動に移す」という流れをたどると考えられる。一方で運転行動は必ずしも運転者が行おうと思ったタイミングで行えるとは限らない。例えば車線変更をしようとしても、隣車線に自車が入れる空間がないと車線変更はできず、隣車線にいる別車両と位置をうまくずらす必要がある。同時に自車だけではなく周囲の車両との車間距離を十分に保ち、安全な運転を心掛ける必要もある。このように運転者は安全に運転行動をするために、周囲の車両の挙動にも気を配る必要があり、これは運転者に少なからずストレスがかかる行為であるといえる。

ストレスは日々の行動や環境、自身の精神状態に影響されるものであり、特に運転中に運転者にかかったストレスはタイミングによっては運転行動や運転意図に影響

を与える可能性もある。このように運転を考えるうえで「運転行動」「運転意図」「ストレス」「周囲の交通状況」はお互いに影響を与えていると考えられる。

日本では長距離ドライバーの疲労やストレスに注目が集まっていることから、「運転行動」と「ストレス」または「運転行動」と「運転意図」の関係を分析している文献は多い。「運転行動」と「ストレス」の関係は浜岡ら¹が先行車両が低速走行の場合にドライバーにかかるストレス状態の変化を確認、「運転行動」と「運転意図」の関係は柳原ら²がインタビュー調査を通じて外部刺激に対応した運転意図と運転挙動の変化を確認している。また「運転意図」と「生体反応」の関係は先行研究³で車線変更時の運転意図の発現と生体反応の間に何らかの関係があることを示唆している。しかし、「運転行動」「運転意図」「ストレス」「周囲の状況」をすべての要素の関係を示したものは少ない。

車線変更行動について、越ら⁴や牧野ら⁵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。

そこで、本研究では、比較的ストレスがかかりやすいと考えられる車線変更時において「運転行動」「運転意図」「ストレス」「周囲の状況」がどのように相互作用しているのかを把握することを目指す。

2. 使用データ

本研究では実験で得られた走行ログデータと生体反応データと運転意図データを用いた。被験者車両のみが必然的に車線変更を行う状況をドライビングシミュレータで作り実験を行った⁶⁾。具体的には、長距離の2車線単路上で被験者以外の追越車線の車両は95km/h~130km/hで走行し、走行車線の車両は初速を70km/h~110km/hで走行させた。このとき、走行車線の被験者の前方にいる車両は速度を徐々に減速させ、被験者に追い越すための

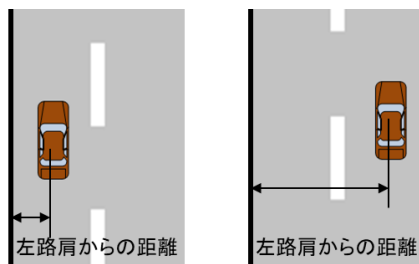
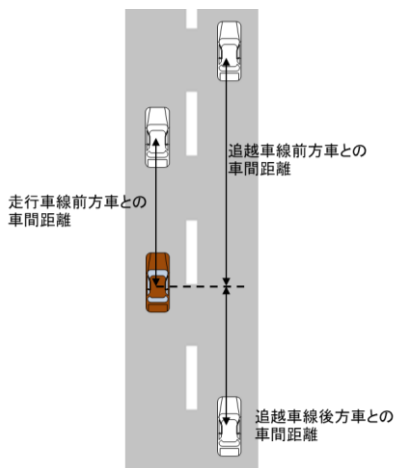


図-1 走行ログデータの模式図

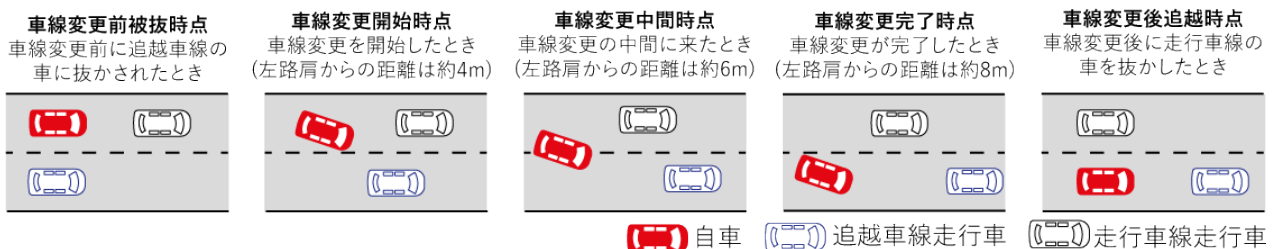


図-2 車線変更行動に関する基準時点

車線変更を促した。一方で追越車線の車両は高速で走行し、被験者の自由な車線変更を抑制する状況を作り出した。本研究では走行車線から追越車線への車線変更を対象として分析を行った。

(1) 走行ログデータ

走行ログデータとして、被験者の走行速度、左路肩からの距離、走行車線を走行する前方車との車間距離、走行車線を走行する前方車の走行速度、追越車線を走行する前方車との車間距離、追越車線を走行する前方車の走行速度、追越車線を走行する後方車との車間距離、追越車線を走行する後方車の走行速度を使用する。左路肩からの距離は被験者の車両の水平方向の位置を表す。(図-1)

(2) 生体反応データ

生体反応データとして、被験者の心電のデータを使用する。心電のデータは次章のストレス指標に変換してストレス指標として使用する。

(3) 運転意図データ

実験中にドライビングシミュレータの映像と被験者の運転の様子が分かるようにビデオ撮影をし、実験終了後に被験者にビデオを見てもらいながらその時の運転に関する気持ちをボタンキーを用いて記録した。ボタンには「加速したい・減速したい」「右に行きたい・左に行きたい」「現状維持」の5種類の運転意図があり、その時一番強く思っていた意図をボタンを押してもらい記録した。

(4) 車線変更行動における基準時点の設定

運転者によって車線変更に要する時間が異なるため、車線変更を行う際の運転者及びその周りの環境で同一状況を抽出するための5つの基準時点(図-2)を設定した。車線変更が始まる時点から終わる時点に加え、実験中に多く観測された、車線変更前に追越車線の車両に追い越された時点と車線変更後に走行車線の車両を追い越した時点

3. ストレス指標

(1) ストレスの定義⁷⁾⁸⁾⁹⁾¹⁰⁾

Walter Bradford Cannon は寒冷、運動、出血、低酸素、低血糖のようなストレスがホメオスタシス（生体恒常性;homeostasis）を乱し、生体に歪み strain を生じさせることを指摘し、刺激側をストレス、反応側をストレインと区別した。一方、Hans Selye はストレスを生体に対するあらゆる要求への非特異的の反応とし、刺激側のことをストレス因子（ストレッサー）、反応側をストレスと区別している。このように医学的にもストレスという言葉は定義があいまいである。そのため本研究におけるストレスの定義を「何らかの刺激によって引き起こされた生体反応」と定め、交感-副交感神経のバランスを示す LP 面積を用いた指標を本研究におけるストレス指標とする。また、「ストレスを誘発する外部からの刺激」をストレッサーと定義した。

(2) ストレス指標の導出¹¹⁾

本研究では医学的なストレスの評価法の一つである LP 面積を採用した。LP 面積は心拍間隔から算出されるもので被験者の心電データをもとに作成した。LP 面積は土木分野、交通分野でもストレスを評価するために利用されており、その値が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 面積は複数の連続した心拍間隔の分散から求めるため、ある時間幅を持ったデータに対して一つの面積を求めることになる。既往研究¹²⁾¹³⁾¹⁴⁾¹⁵⁾¹⁶⁾ではその時間幅が 10 秒～数十分と研究内容によってさまざまであった。そこで、本研究では統計的に妥当な心拍間隔の分散値が得られる間隔として、時間幅を 10 秒間と設定した。

先行研究⁹⁾では、LP 面積の相違に関して車線変更以外の要因によるバイアスを取り除くために、基準時点からの変化量に基づいた式(1)に示すストレス指標を用いた。

$$\ln \frac{LPA(t)}{LPA(0)} \quad (1)$$

ここで $LPA(t)$ は基準時点からの時点 t ($-20 \leq t \leq 20, t \in Z$) における LP 面積であり、 $LPA(0)$ は基準時点における LP 面積である。この時点 t における LP 面積とは時点 $t-5$ から時点 $t+5$ までの 10 秒間の時間幅の LP 面積である。したがって、このストレス指標は基準時点の何倍の LP 面積であるのかを示す指標であり、個人間及び、その時々車線変更以外の要因によるバイアスを取り除いた値として用いている。

4. ストレス指標を考慮した交通状況と運転意図と運転行動の関係分析

(1) 運転中のストレスの影響

運転者は運転をするときに周辺の交通状況を考慮しつつ次に行いたい動きを決め、安全にその動きができると判断した時に運転を実行すると考えられる。図-3はこれらの運転者の考えや行動を模式化させたものである。ここで「交通状況」とは例えば前方車に追いつきそう、後方車が十分離れているから車線変更できそうといった周囲の車両の速度や車間距離によるその瞬間の交通環境のことである。また「運転意図」とは車線変更したい、加速したいといった運転者が近い将来の運転方針を決める考えのことである。「運転行動」とは例えば車線変更を実行するといった運転者が考えた「運転意図」に従って運転行動を起こすことである。この一連の運転行動において、それぞれ「ストレス」が運転者には発生し、そのストレスも何らかの影響を運転行動に及ぼしていると仮説を立てた。

本研究では「交通状況」には車線変更前被抜時点の走行車線前方車及び追越車線走行車の走行速度と被験者との車間距離、被験者の走行速度を、「運転意図」には車線変更前被抜時点の運転意図データ（加速・減速・左・右・現状維持）を、「運転行動」には車線変更開始時点から車線変更後追越時点の被験者の走行速度を、「ストレス」にはそれぞれの時点における、3章(2)節で示したストレス指標を要素として設定した。

(2) 運転行動のストレスへの影響

先行研究⁹⁾では、一連の車線変更行動とストレス指標の関係分析を行った。その結果、車線変更をする際に図-2のうち、車線変更完了時点から車線変更後追越時点の間で一番運転者にストレスが増加すること、またそのストレス要因は車線変更開始時点の前で生じている可能性があると示唆され、図-3の「運転行動」と「ストレス」の関係が明らかになっている。

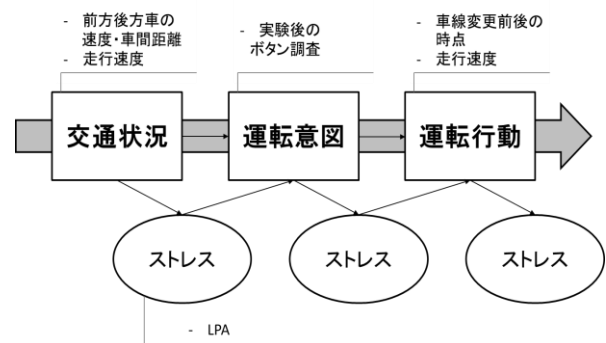


図-3 運転中のストレスの影響の模式図

(3) 交通状況とストレスの運転意図への影響

先行研究¹⁷⁾で、「交通状況」と「ストレス」から「運転意図」の関係を正準判断分析を用いて分析を行った。その結果、「交通状況」と「ストレス」は「運転意図」に影響を与えていることを確認した。

(4) 交通状況とストレスの運転意図への影響

「交通状況」と「運転意図」と「運転行動」と「ストレス」の関係を共分散構造分析を用いて判断する。共分散構造分析は複数のデータ間の因果関係を分析する手法の1つで、回帰分析や因子分析を組み合わせたモデルの計算が可能である。他にもデータ間の複雑な関係をパス図と呼ばれるフローチャートのようなものを用いて表現できる。直接観測できない変数も潜在変数として組み込むことができるなどの特徴がある。パス図上では観測変数は四角で、潜在変数は楕円で囲み、因果関係を示す片矢印か相関関係を示す両矢印で変数間を結ぶ。本研究では図-3の模式図をもとに複数のパス図を作成し、モデル適応度指標をもとにモデルの検証と最適なモデルの選定、そして各変数間の関係の分析を行った。使用したモデル適応度指標は表-1の通りである。

本研究では車線変更を始める時点に着目しているため、図-2の基準点のうち車線変更開始時点を基準として分析を行った。車線変更開始時点を $t=0$ とし、基準時点の20秒前から0秒までのデータを使用した ($-20 \leq t \leq 0, t \in \mathbb{Z}$)。データは1秒ごとに記録され、1回の車線変更につき最大20の時系列データを使用した。

まず、最適な共分散構造分析のモデルを考える。図-4と図-5のような2つのモデルを作成し分析を行った。なお、モデル2における「ストレス①」は「交通状況」をストレスサとしてしたストレス、「ストレス②」は「運転意図」をストレスサとしてしたストレスである。ストレスの計算は式1に示した式で行ったが、「ストレス①」と「ストレス②」で計算する時間帯が異なるため、ストレス指標の値も異なっている。図-4に示す、モデル1は計

算が収束しなかった。一方でモデル2は計算が収束し、モデル適応度指標は表-2のような結果になった。適合度指標である GFI と AGFI、基準比較である CFI の結果はおおむね良いとの結果になったが、基準比較の RMSEA や情報量基準の AIC の値は大きく、必ずしも当てはまりのよい結果とは示されなかった。

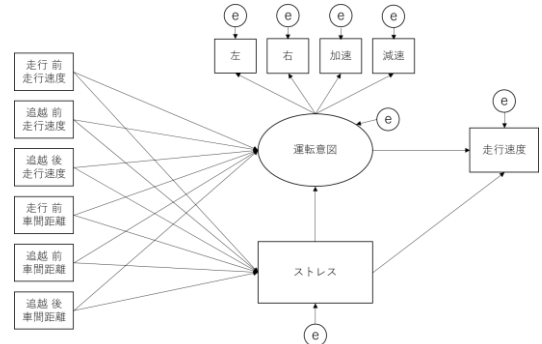


図4 モデル1

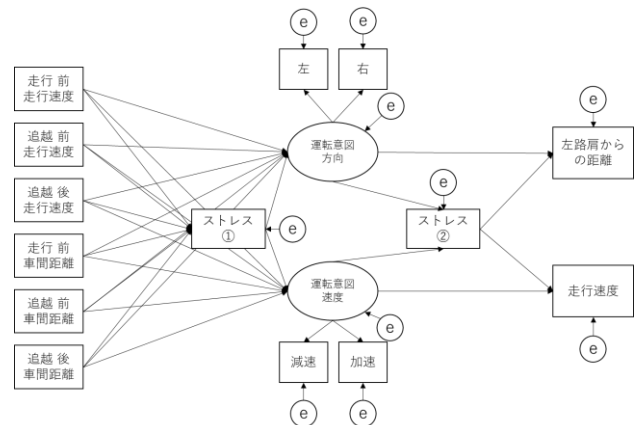


図5 モデル2

表-2 モデル2のモデル適応度指標

CMIN	GFI	AGFI	CFI	RMSEA	AIC
2395.134	0.929	0.841	0.755	0.117	2511.134

表-1 モデル適応度指標

分類	名称	説明
χ^2 検定	CMIN	因果モデル全体が正しいかの検定
適合度指数	GFI	モデル説得力の目安 0から1の値をとり、1に近いほど説明力のあるモデル Goodness of Fit Index; GFI 適合度指数
	AGFI	値が1に近いほうがデータへの当てはまりが良い GFIに比べてAGFIが著しく低下するモデルはあまり良くない Adjusted Goodness of Fit Index; AGFI 修正適合度指数
基準比較	CFI	作成したモデルが独立モデルから飽和モデルの間のどこに位置するかを表現 1に近いほどデータの当てはまりが良い Comparative Fit Index; CFI
	RMSEA	モデルの分布と真の分布との乖離を1自由度当たりの量として表現した指標 一般的に0.05以下だと当てはまりが良い、0.1以上だと当てはまりが悪いと判断 Root Mean Square Error of Approximation; RMSEA
情報量基準	AIC	複数モデルの比較を行う Akaike's Information Criterion; AIC 赤池情報量基準

次にモデル2を用いて、運転者が周辺車両との速度差や車間距離を把握してから運転意図発現までの時間差 Δt と、ドライバーが運転意図を発現してから実際の車線変更を開始するまでの時間差 ΔT 、ドライバーが周辺車両との速度差や車間距離を把握してからストレスが発現するまでの時間、ドライバーが運転意図を発現してからストレスが発現するまでの時間 ΔT の検討をする。図-6は Δt と ΔT の時間を模式化させたものである。各行動からストレス発現までにかかる時間は同じと考えた。また Δt と ΔT の値は先行研究¹⁷⁾の結果より10秒以下に設定した。 Δt と ΔT の値を $1 \leq \Delta t \leq 10$, $0 \leq \Delta T \leq 10$ ($\Delta t, \Delta T \in \mathbb{Z}$)で変化させ、110通りのモデルを作成し、そのモデル適応度指標の比較を行った。表-3はモデル適応度指標の比較の結果である。太字のモデルは同一の Δt の中で最も良い結果になったモデルである。太字のモデルを中心にパス係数の有意性、変数間の総合効果と直接効果と間接効果の比較を行い、最適な時間差を検討した。その結果、 $\Delta t = 1$, $\Delta T = 5$ が最適な時間差となった。ある行動がストレスサーとなってストレスに影響を与えるまでには時間差があるが、ある行動から次の行動へ移る際にはあまり時間がかからないことが分かった。次の行動へ移る際にあまり時間がかからないのはドライバーが周辺の状況を見て瞬時に判断を下しているためとみられる。図-7は $\Delta t = 1$, $\Delta T = 5$ のときのモデル2のパス図

を、表-4はそのときの総合効果、直接効果、間接効果を示している。なおパス係数は5%有意の結果になったもののみを示している。

「追越前_走行速度」「追越後_走行速度」から「運転意図_方向」への直接効果はすべて負の値であることがわかる。ここから追越車線を走行する車両の速度が大きくなると「運転意図_方向」は負に大きい値となり、右に行きたいという気持ちが小さくなる、つまり高速で走る車両が過ぎ去ってから車線変更しようと考えたものと

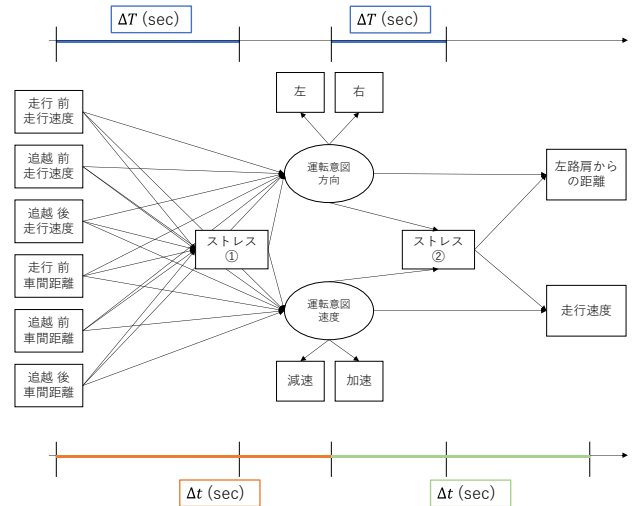


図-6 Δt と ΔT の時間の模式図

表-3 モデル適応度指標の結果 (上: GFI 下: AGFI)

GFI		ΔT										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Δt	1		0.952	0.953	0.953	0.953	0.954	0.954	0.955	0.955	0.955	0.955
	2	0.952	0.952	0.952	0.952	0.953	0.953	0.954	0.955	0.955	0.955	0.955
	3	0.947	0.947	0.947	0.947	0.947	0.948	0.948	0.948	0.948	0.948	0.948
	4	0.941	0.941	0.941	0.941	0.941	0.941	0.941	0.94	0.94	0.939	0.938
	5	0.935	0.935	0.921	0.923	0.925	0.926	0.927	0.926	0.925	0.923	0.919
	6	0.921	0.925	0.928	0.93	0.932	0.933	0.934	0.933	0.93	0.927	0.924
	7	0.928	0.931	0.934	0.935	0.937	0.937	0.938	0.936	0.933	0.93	0.926
	8	0.932	0.934	0.936	0.938	0.938	0.938	0.938	0.936	0.934	0.93	0.926
	9	0.933	0.935	0.936	0.938	0.939	0.938	0.937	0.935	0.932	0.929	0.925
	10	0.932	0.934	0.935	0.936	0.937	0.937	0.935	0.933	0.93	0.926	

AGFI		ΔT										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Δt	1		0.894	0.894	0.894	0.895	0.897	0.898	0.899	0.899	0.9	0.9
	2	0.894	0.894	0.894	0.894	0.895	0.896	0.897	0.899	0.9	0.9	0.9
	3	0.882	0.882	0.882	0.882	0.883	0.883	0.884	0.884	0.884	0.884	0.883
	4	0.868	0.868	0.868	0.867	0.867	0.867	0.867	0.867	0.865	0.863	0.862
	5	0.854	0.854	0.823	0.829	0.832	0.836	0.837	0.836	0.831	0.827	0.82
	6	0.824	0.833	0.84	0.844	0.848	0.851	0.852	0.849	0.844	0.838	0.83
	7	0.839	0.847	0.852	0.856	0.858	0.86	0.86	0.857	0.851	0.844	0.836
	8	0.848	0.853	0.857	0.861	0.862	0.863	0.862	0.858	0.851	0.844	0.835
	9	0.85	0.854	0.858	0.861	0.863	0.862	0.859	0.855	0.849	0.841	0.832
	10	0.849	0.853	0.856	0.858	0.859	0.859	0.855	0.85	0.843	0.835	

空欄 計測不可
太字 同一 Δt の中で最も良い結果になったモデル

とらえられる。一方「追越前_走行速度」から「ストレス①」への直接効果と「追越後_走行速度」から「ストレス①」への直接効果の符号が反対となった。「追越後_走行速度」から「ストレス①」へは負の値、つまり追越車線後方車の走行速度が大きくなるとストレス①の値が小さくなる（ストレスが大きくなる）と読み取れ、車線変更時に追越車線後方車の速度がそのままドライバーに影響を与えているととらえられる。一方で「追越前_走行速度」から「ストレス①」へは正の値、つまり追越車線前方車の走行速度が大きくなるとストレス①の値が大きくなる（ストレスが小さくなる）と読み取れ、追越車線前方車がドライバーよりも高速で走行し車間距離が大きくなるとより安全にまたドライバーが車線変更を行いたいと思うときに車線変更をしやすくなると考えられる。これは「追越前_車間距離」から「ストレス①」への直接効果も正の値であることから読み取れる（追越車線前方車との車間距離が大きくなると、ストレス①は大きくなりストレスが小さいと表現でき、追越車線前方車との車間距離が大きいとドライバーに過度なストレスを与えないと考えられる）。

「追越前_走行速度」と「追越前_車間距離」から「運転意図_方向」への間接効果は正の値となった。これらそれぞれの値が大きくなる（追越車線前方車とドライバーの間に距離ができる）とドライバーは車線変更できると考え、車線変更をしたいと思う気持ちが大きくなるものと考えられる。一方で「追越後_走行速度」から「運転意図_方向」への間接効果は負の値となり、追越車線後方車の速度が大きくなるとドライバーは車線変更したいという気持ちが小さくなるのが表現できている。

「ストレス①」から「運転意図_方向」、「運転意図_速度」への直接効果はどちらも正の値となり、ストレス①の値が大きくなると「右に行きたい」「加速したい」という気持ちが大きくなると考えられる。「追越前_走行速度」「追越前_車間距離」から「ストレス②」への間接効果は正の値に、「追越後_走行速度」から「ストレス②」への間接効果は負の値となり、ストレス①のときと同じ結果となった。「運転意図_方向」「運転意図_速度」から「ストレス②」の直接効果は正の値になり、「右に行きたい」「加速したい」という気持ちが大きくなるとストレス②の値も大きくなるのが表現できた。

「運転意図_速度」から「走行速度」への直接効果の値がほかの項目間の直接効果の値よりも大きい結果になった。ここから特に「加速したい」という気持ちと実際の行動が伴っていることが多いのではないかと考えられる。

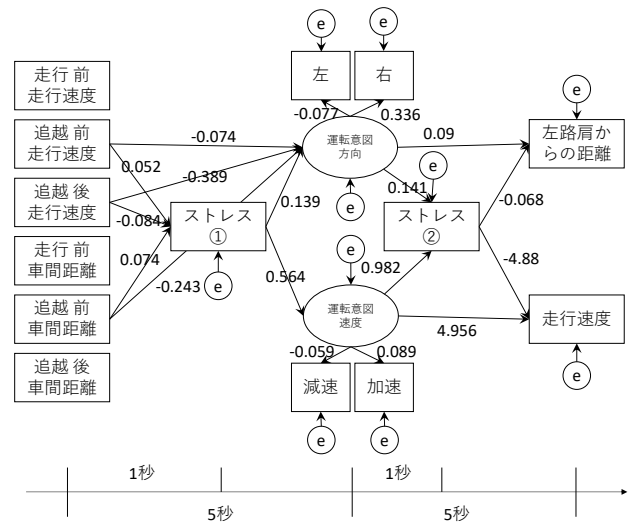


図7 モデル2の結果

表4 モデル2の総合効果, 直接効果, 間接効果

A46	追越後_車間距離	追越後_走行速度	追越前_車間距離	追越前_走行速度	走行前_車間距離	走行前_走行速度	ストレス①	運転意図_方向	運転意図_速度	ストレス②
ストレス①	0.004	-0.084	0.074	0.052	0.031	-0.028	0	0	0	0
運転意図_方向	-0.015	-0.389	-0.243	-0.074	-0.577	-0.34	0.139	0	0	0
運転意図_速度	0.018	-0.019	0.047	0.021	0.115	0.032	0.564	0	0	0
ストレス②	0.016	-0.075	0.014	0.012	0.032	-0.017	0.573	0.141	0.982	0
左路肩からの距離	-0.002	-0.031	-0.022	-0.007	-0.054	-0.03	-0.027	0.08	-0.067	-0.068
走行速度	0.013	0.272	0.168	0.05	0.413	0.241	-0.002	-0.687	0.166	-4.88
右	-0.005	-0.134	-0.078	-0.022	-0.192	-0.115	0.047	0.336	0	0
左	0.001	0.031	0.018	0.005	0.044	0.026	-0.011	0	-0.077	0
加速	0.002	-0.002	0.004	0.002	0.01	0.003	0.05	0	0.089	0
減速	-0.001	0.001	-0.003	-0.001	-0.007	-0.002	-0.033	0	-0.059	0

総合効果
直接効果
間接効果

5. 最後に

本研究では車線変更前の周囲の交通状況と運転者のストレスと運転意図と運転行動の関係について共分散構造分析を用いて確認した。追越車線で高速で走る車両がいるときに運転者は特に追越車線後方車の車両を注視していることをパス図を用いて表現することができた。また、各行動とストレス発現までの時間と各行動間の時間差はそれぞれ1秒と5秒ののときが最適であるという結果を得られた。ただし、これはストレス指標を算出するときのLP面積の時間幅が10秒である、時間差を1秒単位で算出したなどの条件下での結果である。

今後は走行車線から追越車線への車線変更行動だけで

はなく、様々な状況での行動の分析も同じように行うことで運転行動とストレスの関係がより明らかになると考えられる。

参考文献

- 1) H. HAMAOKA, C. NEMOTO, K. SHIMIZU, "A study on the stress and driving behavior of drivers forced to travel at low speeds," *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, vol.6, 2005.
- 2) 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," *交通工学論文集第 1 巻第 2 号*, 2015.
- 3) 近藤はるな, 柳原正実, 小根山裕之, 相川太良 "車線変更に伴うストレス指標の時間変化に関する分析," 第 75 回年次学術講演会, 土木学会, 2020, 9.
- 4) 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," *土木学会論文集 No.458*, 1993.
- 5) 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," *土木学会論文集 Vol.71No.5*, 2015.
- 6) 柳原正実, 近藤はるな, 小根山裕之, "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," *土木計画学研究発表, Vol.62, 2020, 11*
- 7) 厚生労働省, "ストレスって何?," https://www.mhlw.go.jp/kokoro/first/first02_1.html.
- 8) 尾仲達史, "ストレス反応とその脳内機構," 2005.
- 9) 阿部恒之, *ストレスと化粧の社会生理心理学*, フレグランスジャーナル社, 2002.
- 10) 田中美吏, 瓜本健助, 村山孝之, 関矢寛史, "プレッシャーが全身協応運動に及ぼす影響," *スポーツ心理学研究第 36 巻第 2 号*, 2009.
- 11) 三宅晋司, *生理計測とデータ解析ノウハウ*, 日本人間工学会 PIE 研究部会編, 2017
- 12) 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 69 巻 5 号*, 2013.
- 13) 石田真二, 武田超, 白川龍生, 鹿島茂, "鉄道サービスにおけるストレス軽減効果の検証," *運輸政策研究 15 巻 2 号*, 2012.
- 14) 石田真二, 鹿島茂, "心拍変動を用いた車いす使用者のストレス計測に関する研究," *福祉のまちづくり研究 18 巻 2 号*, 2016.
- 15) 鈴木, 伊藤, "東京オリンピック・パラリンピック競技会場周辺地域の立ち寄りやすさの定量的評価," 2018.
- 16) 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 4 巻 1 号*, 2018.
- 17) 近藤はるな, 柳原正実, 小根山裕之 "ストレス指標を考慮した車線変更時における運転意図と運転行動の関係分析," 第 64 回土木計画学研究発表会, 土木学会, 2021, 11.

(2022.?? 受付)

ANALYSIS OF THE RELATIONSHIP AMONG DRIVING BEHAVIOR, DRIVERS' INTENTION AND DRIVERS' STRESS DURING LANE CHANGE

Haruna KONDO, Masami YANAGIHARA and Hiroyuki ONEYAMA