連続車両軌跡データを用いた煽り運転が運転挙動と事故リスクに与える影響に関する研究

野口　徹[1]・宇野　伸宏[2]・松中　亮治[3]・田中　皓介[4]

[1]学生非会員　京都大学大学院工学研究科（〒615-8540 京都府京都市西京区京都大学桂）
E-mail: noguchi.toru.25a@st.kyoto-u.ac.jp

[2]正会員　京都大学教授　工学研究科（〒615-8540 京都府京都市西京区京都大学桂）
E-mail: uno.nobuhiro.2v@kyoto-u.ac.jp

[3]正会員　京都大学准教授　工学研究科（〒615-8540 京都府京都市西京区京都大学桂）
E-mail: matsunaka.ryoji.3v@kyoto-u.ac.jp

[4]正会員　京都大学助教　工学研究科（〒615-8540 京都府京都市西京区京都大学桂）
E-mail: tanaka.kosuke.6k@kyoto-u.ac.jp

本研究では，車間距離不保持の状態を「煽り運転」と定義し，連続車両軌跡データを用いて，煽り運転が直前の車両の追従挙動や衝突リスクに与える影響について分析した．線形の追従モデルである Helly モデルに関して，後方の事故リスクを考慮可能な説明変数を加え，重回帰分析を適用し，パラメータを推定した．分析結果より得られた代表的な知見として，次の 2 点を挙げておく．1)被煽り車両については，ジャークが正に大きく，このことから煽られている場合，被煽り車両は加減速の変化が大きい．加えて，煽りを受けている場合，追従車の前方車との衝突リスクは小さいが，後方車とのリスクは相対的に大きい．2)Helly モデルの推定結果より，煽りを受けてはいるが先行車との車間に余裕があるケースでは，累積 back-PICUD の値が大きくなると加速する傾向が確認された．

Key Words: *tailgating, car-following behavior, collision risk, continuous vehicle trajectory data*

1. 研究の背景と目的

近年，2017年の東名高速道路における事故を発端として，煽り運転による死亡事故が相次ぎ，煽り運転が社会問題化している．また，ドライブレコーダーの普及[1)]により煽り運転の実態が世間に広く知られようになった．これを受けて2020年6月に道路交通法が改正され，煽り運転を含む危険な運転は妨害運転と位置付けられ，罰則も厳格化された．

しかし，煽り運転の代表的運転態様である車間距離不保持違反の取締まり件数は，2018 年から 2020 年においては毎年 1 万件を超えており，道路交通法改正後の 2021 年においては約 7 千件と減少はしているものの[2)]，依然として煽り運転に類する運転が多く存在している．

このような実態がありながら，車間距離不保持が事故リスクや運転挙動に与える影響を評価した研究は少ない．煽り運転被害の減少や対処法を示すためにも，煽り運転を工学的観点から分析することが重要である．

また，煽り運転のような車両追従の分析には，時空間的に連続なデータの利用が有効である．近年，画像観測によって車両位置を取得する方法が発達し，時空間的に連続な車両の走行軌跡データが入手可能となっている．この連続車両軌跡データの活用が，より正確な煽り運転の挙動や危険性の分析につながることが期待される．

以上の背景を踏まえ，連続車両軌跡データを用いて，煽り運転の抽出を行い，追突危険性を表すコンフリクト指標，例えばPICUD（急減速時追突危険性指標）等を用いた事故リスクの評価と，煽り運転を受けた時の運転挙動を明らかにすることを本研究の目的とする．

2. 煽り運転の現状と既往研究のレビュー

(1) 煽り運転の現状

一般に，「煽り運転」と呼ばれる行為に明確な定義は存在しないが，道路交通法第 117 条では煽り運転を含む危険な行為を「妨害運転」と位置付け，具体的には以下の 10 項目の行為があてはまる．

- 対向車線からの接近や逆走（通行区分違反）
- 不要な急ブレーキ（急ブレーキ禁止違反）
- 車間距離を詰めて接近（車間距離不保持）
- 急な進路変更や蛇行運転（進路変更禁止違反）
- 左車線からの追い越しや無理な追い越し（追越し違反）
- 不必要な継続したハイビーム（減光等義務違反）
- 不必要な反復したクラクション（警音器使用制限違反）
- 急な加減速や幅寄せ（安全運転義務違反）
- 高速道路などの本線車道での低速走行（最低速度違反（高速自動車国道））
- 高速道路などにおける駐停車（高速自動車国道等駐停車違反）

上記の 10 項目の中でも，車間距離不保持については道路交通法第 26 条で「車両等は，同一の進路を進行している他の車両等の直後を進行するときは，その直前の車両等が急に停止したときにおいてもこれに追突するのを避けることができるため必要な距離を，これから保たなければならない．」と定められている．

2,230 人を対象にチューリッヒ保険会社が行った煽り運転実態調査（2022 年 6 月実施）[3] によれば，約半数の人が煽り運転を受けた経験があり，煽り運転を受けた回答者のうち 75.0%が「自動車に激しく接近し，もっと速く走るように挑発してきた」という内容であった．

(2) 追従行動に関する研究

交通流を煽り運転の影響を考慮しつつ，ミクロな視点で分析するために，個別の車両の挙動に注目するが，その挙動の一つとして追従行動が挙げられる．追従行動とは，運転者が前方の車両，特に一台前方の車両の影響を受けながら運転する，というものである．そして，追従行動をモデル化した追従モデルや追従時の乱れの伝搬の安定性を含めて追従理論と呼ばれる．

次に追従モデルに関する既往研究をまとめる．Chandler et al.[4] は追従理論を数式化した追従モデルとして式（1）で表されるモデルを提唱した．

$$\ddot{x}_{n+1}(t+T) = \lambda\{\dot{x}_n(t) - \dot{x}_{n+1}(t)\} \qquad (1)$$

$\ddot{x}_{n+1}(t)$：追従車両の加速度(m/s^2)
$\dot{x}_n(t)$ ：前方車両の速度(m/s)
$\dot{x}_{n+1}(t)$：追従車両の速度(m/s)
λ ：推定パラメータ(1/s)
T ：反応時間(s)

このモデルでは，反応を感度と刺激の積で表している．前方車両の速度から追従車両の速度を引いた量（以下，前方車両との相対速度）が刺激となり，刺激に対する感度の大きさを表すパラメータであるλとの積で追従車両の加速度が表されている．以下，本研究では式（1）で表される追従モデルを単項式モデルと呼称する．

Helly[5] は，追従モデルとして線形関係で表される式（2）を提唱した．

$$\ddot{x}_{n+1}(t+T) = C_1[\dot{x}_n(t) - \dot{x}_{n+1}(t)] + C_2[x_n(t) - x_{n+1}(t) - D(t)] \qquad (2)$$

$D(t) = d_1 + d_2\dot{x}_{n+1}(t) + d_3\ddot{x}_{n+1}(t)$
C_1：推定パラメータ(1/s)
C_2：推定パラメータ(1/s^2)
$D(t)$：希望車頭距離(m)
d_1：推定パラメータ(m)
d_2：推定パラメータ(s)
d_3：推定パラメータ(s^2)

このモデルでは，単項式モデルと同様，反応を感度と刺激の積で表しており，追従車両の加速度を，前方車両との相対速度と，前方車両の進んだ距離から追従車両の進んだ距離を引いた量（以下，前方車両との相対距離）から希望車頭距離を引いた量で線形関係として表している．また，パラメータC_1，C_2はそれぞれ前方車両との相対速度に対する感度，前方車両との相対距離と希望車頭距離を意味するパラネータd_1，速度が希望車頭距離に与える影響を意味するパラメータd_2，加速度が希望車頭距離に与える影響を意味するパラメータd_3の線形和として表される．言い換えれば，速度により希望車頭距離が変化する，という基本的な関係が右辺第 2 項に組み込まれている．このモデルは Helly モデルと呼ばれる．

(3) 交通コンフリクト指標に関する研究

交通コンフリクトの客観的かつ定量的な指標としては Hayward[6] が提唱した TTC（Time To Collision）が代表的である．これはある車両が先行車に追従している時に，仮に現在の速度・進行方向を 2 台の車両が保った場合，衝突するまでに要する時間によりコンフリクトの程度を評価する指標である．一方，この定義では相対速度が正の場合，車間距離が小さい場合でも危険性を評価できない点が問題である．

これを受けて，宇野ら [7] が導入した指標が$PICUD$（Possibility Index for Collision with Urgent Deceleration, 急減速

時追突危険性指標）である．この指標は前方車両が仮に急減速を行うとしたとき，後続車が反応遅れ後に急減速して，両車が停止した時の相対的な位置を表す指標である．

$$PICUD = \frac{{V_1}^2}{-2a} + s_0 - (V_2 \cdot \Delta t + \frac{{V_2}^2}{-2a}) \quad (3)$$

V_1：前方車の減速開始時の速度(m/s)
V_2：前方車の減速開始時の後続車の速度(m/s)
s_0：前方車減速時の車間距離(m)
Δt：前方車ブレーキ開始から後続車ブレーキ開始までの時間，反応遅れ時間(s)
a：減速時の加速度(m/s^2)

$PICUD$が 0 以下の値を示す状況は，前方車が突然急減速することにより，後続車が同じく急減速しても衝突を回避できない可能性を示唆する．

(4) 本研究の特徴

これまで車両追従に関する研究は数多く行われてきたが，それらは前方の車両から受ける影響のみを考慮したものであり，後続車の影響を加味した車両挙動の研究は少ない．また，実際の連続軌跡データを用いた，煽り運転の実態や事故リスクに与える影響の分析をした研究は少ない．

そこで，本研究ではこれらの点を踏まえ，画像観測データにより作成された連続車両軌跡データを用いて，煽り運転の判定および，煽り運転を受けることによる事故リスクと運転挙動に与える影響を明らかにする．事故リスクについては，衝突リスクを表現することができる PICUD（急減速時追突危険性指標）を用いる．また，車間距離と相対速度で追従挙動を表現できる Helly モデルを基本としたモデルで，煽り運転の影響を考慮した追従挙動について分析する．

3. 分析データの整備

(1) データ概要

本研究では，阪神高速道路株式会社提供の Zen Traffic Data[8]（以下 ZTD と示す）用いて分析をする．ZTD は，約 40m 間隔で立っている照明柱の高さ約 10m の位置より得られたビデオ画像を元に生成された連続車両軌跡データである．また，ZTD は車両軌跡情報（キロポスト，車線等），車両属性情報（車種，車長），路面線形情報（縦断・横断勾配，曲率等）で構成されており，本研究では車両軌跡情報を用いて分析を行う．車両軌跡情報には 0.1 秒間隔の車両の位置情報が各日，約 1 時間収集されており，例えば池田線のデータでは，5 日間（1，2 日目：午前 7 時より午前 8 時，3，4 日目：午後 3 時より午後 4 時，5 日目：午前 10 時より午前 11 時）のデータが公開されている．

(2) 指標の算出

ZTD のデータベースにある緯度経度，各車両の長さをもとに 0.1 秒ごとの前後の車間距離を算出した．また，1 秒前と 1 秒後の速度の差を時間差 2 秒で除して速度の変化率を求めることで加速度（の近似値）を，さらに 1 秒前と 1 秒後の加速度の差を 2 秒で除して加速度の変化率を求めることで，ジャーク（の近似値）を算出した．ジャークとは，加速度の時間変化であり，この値が大きいほど加減速の変化が大きく車両挙動が不安定であることを示す．

また，本研究では前後の車両のデータを利用するため，区間走行中に前後に車両がある状況がない車両データについては分析対象データから除外した．

4. 煽り運転の判定と車間距離不保持による事故リスクの評価

(1) 煽り運転の定義

本研究では，煽り運転の中でも車間を詰める行為である，車間距離不保持の状態に着目する．なお，煽り運転を受けた際の運転挙動を分析対象としたいため，定義は煽られている側を基準とする．

具体的には以下の 3 つの条件を満たす状態を「煽られている瞬間」と判定し，走行中に一部でも「煽られている瞬間」がある車両を「煽られた車両」と定義する．

1. 後方車両との車間距離が 10m 以下
2. 時速 40km/h 以上
3. 1，2 の状況が 10 秒以上続いている

条件 2. を設けた理由は，渋滞状況を除外するためであり，条件 3. を設けた理由は，一時的な接近を除外し，継続的に車間距離が近い状況を抽出するためである．

対象データに含まれる車両は全部で 16,570 台であり，そのうち，上記の 3 条件を満たし，煽られたと判定される車両は 485 台（全車両の 2.9%）であった．

(2) 評価指標

(a)運転挙動の評価指標

運転挙動の評価指標として 3 章で算出した「加速度」と「ジャーク」を用いる．ジャークとは加速度を時間微分した値であり，加加速度や躍度とも呼ばれる．“jerk”は日本語で「急に動く」という意味であり，その名の通り急な加減速を表す指標である．ジャークが正に大きい

ほど，急なアクセルを踏んでおり，負に大きいほど，急ブレーキをかけているといえる．逆にジャークが 0 に近い運転は加減速の変化の少ない安定した運転といえる．

(b)事故リスクの評価指標

事故リスクの評価指標としては，2. (3) で示した PICUD を用いる．本研究では，自車の前方および後方の両方の事故リスクを比較するため，前方の PICUD を front-PICUD，後方の PICUD を back-PICUD と定義する．front-PICUD が小さいほど前方車両との衝突リスクが高く，back-PICUD が小さいほど後方車両との衝突リスクが高いことを表す．

(3) 煽りの有無と車両挙動

(a)分析対象データ

煽られた車両（A）ごとに，煽られている瞬間（a）と煽られていない瞬間（a’）に分類し，潜在的な事故危険性を含む車両挙動特性指標（加速度，ジャーク，front-PICUD，back-PICUD）の平均値を算出した．同様に，煽られていない車両（B）の 40km/h 以上の瞬間（b）について，各指標の平均値を算出した．上記の 3 群（a,a’,b）を 4. (3) の分析対象データとする（図-1）．

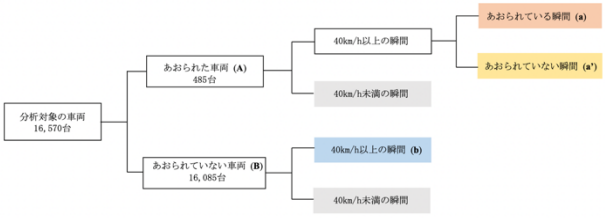


図-1　分析対象のツリー

(b)検定手法

各群の各指標についてシャピロウィルク検定を行ったところ，全てのデータに関して，正規性がみられなかった．よって検定手法としては，多重比較のうち Steel-Dwass 法を用いる．ここで帰無仮説は「煽りの有無で各指標に差がない」，対立仮説は「煽りの有無で各指標に差がある」とする．

(c)検定結果

Steel Dwass 法による多重比較を行なった結果，加速度について平均順位を比較すると，帰無仮説が棄却されたため，煽られている瞬間（a）は煽られていない瞬間（a’，b）に比べて有意に小さいことが示された(表-1)．また，ジャークについて平均順位を比較すると，帰無仮説が棄却され，煽られている瞬間（a）は煽られていない瞬間（a’,b）に比べてジャークが有意に大きいことが示された(表-2)．

また，煽られている瞬間(a)は煽られていない瞬間(a’,b)に比べ，加速度が正負に大きくばらつき，ジャークは正に大きいことが示された（図–2, 図-3）．このことから煽られている瞬間は加減速の幅が大きく，急加速が増えるというように，運転挙動が不安定になっていると考えられる．また，煽られている瞬間(a)は，後方の事故リスクが大きく増加していることが示された(図-4，表-3）．

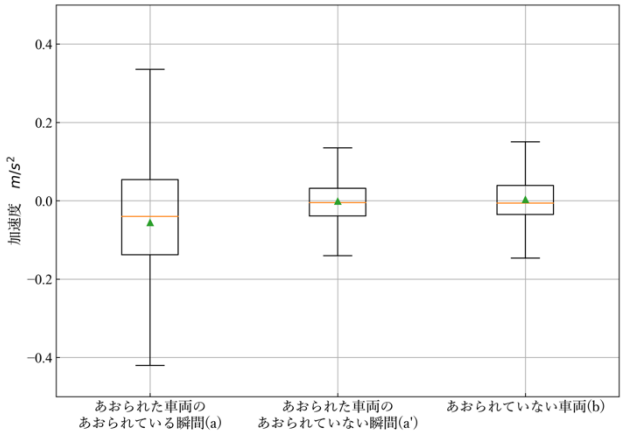


図-2　加速度の箱ひげ図

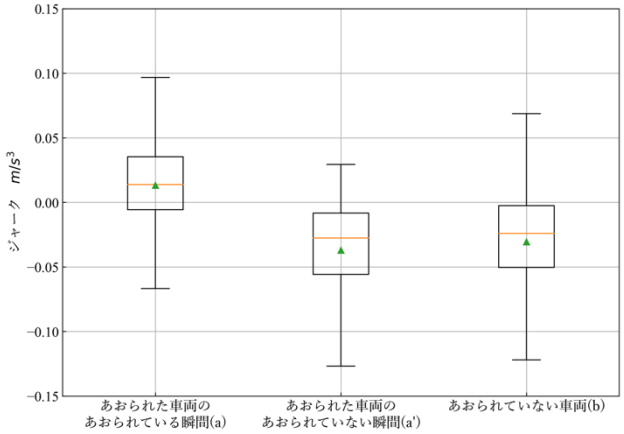


図-3　ジャークの箱ひげ図

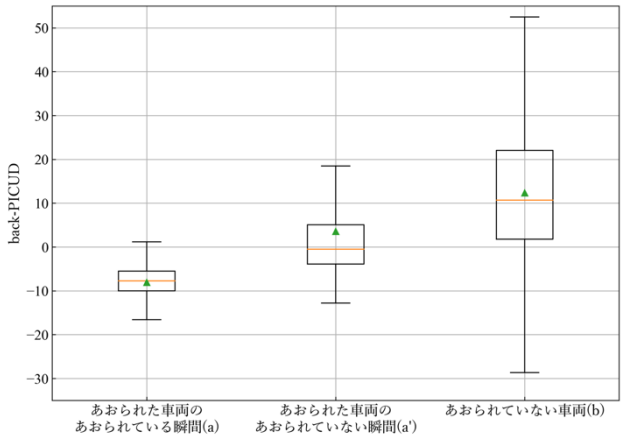


図-4　back-PICUD の箱ひげ図

表-1　加速度の検定結果

加速度	a	a'	b	データ数
「あおられた車両の あおられている瞬間」 a				485
「あおられた車両の あおられていない瞬間 」a'	0.001			485
「あおられていない車両」 b	0.001	0.525		16085

表-2　ジャークの検定結果

ジャーク	a	a'	b	データ数
「あおられた車両の あおられている瞬間」 a				485
「あおられた車両の あおられていない瞬間 」a'	0.001			485
「あおられていない車両」 b	0.001	0.001		16085

表-3　back-PICUD の検定結果

back-PICUD	a	a'	b	データ数
「あおられた車両の あおられている瞬間」 a				485
「あおられた車両の あおられていない瞬間 」a'	0.001			485
「あおられていない車両」 b	0.001	0.001		16085

(4)　前方車間距離に着目した被煽りの分類と車両挙動および事故リスクの分析結果

(a)分析対象データ

前方車間距離の大きさによって，煽られた時の影響の受け方に差があると考えられるため，本節では煽られている瞬間（a）を以下の 2 群へ分類し，分析対象とする（図-5）．

・煽られている瞬間（a）のうち前方車間距離の平均が 25m より大きい
→前方余裕あり（ⅰ）
・煽られている瞬間（a）のうち前方車間距離の平均が 25m 以下
→前方余裕なし（ⅱ）

なお各データ数は前方余裕あり（ⅰ）が 173 個，前方余裕なし（ⅱ）が 312 個であった．

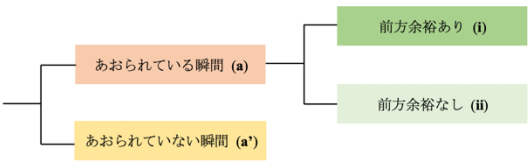


図-5

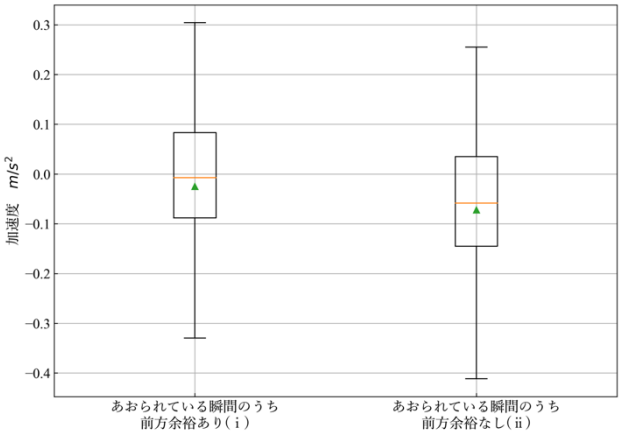
(b)検定手法

各群の各指標についてシャピロウィルク検定を行ったところ，全てのデータに関して，正規性がみられなかった．よって検定手法としては，マンホイットニーのU検定を用いる．ここで帰無仮説は「煽りの有無で各指標に差がない」，対立仮説は「煽りの有無で各指標に差がある」とする．

(c)検定結果

結果として，煽られている瞬間で前方車間距離に余裕がある場合(ⅰ)は帰無仮説が棄却されたため，加速度が有意に正に大きく（表-4），前方車間距離に余裕がない場合(ⅱ)はジャークの分散が大きいことが示された（図-6, 図-7）．このことから前方に余裕がある場合(ⅰ)は，後方を詰められたときに加速する傾向があることがわかり，前方に余裕がない場合(ⅱ)は，急な加減速が増え不安定な運転となっていることが明らかになった．

また，前方に余裕がない場合(ⅱ)は，front-PICUD が有意に小さく，前方の事故リスクが大きく増加していることが示された（図-8，表-5）．



図–6　加速度の箱ひげ図-

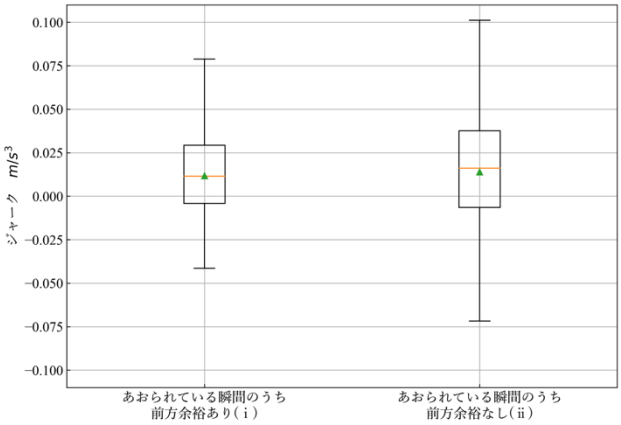


図-7　ジャークの箱ひげ図

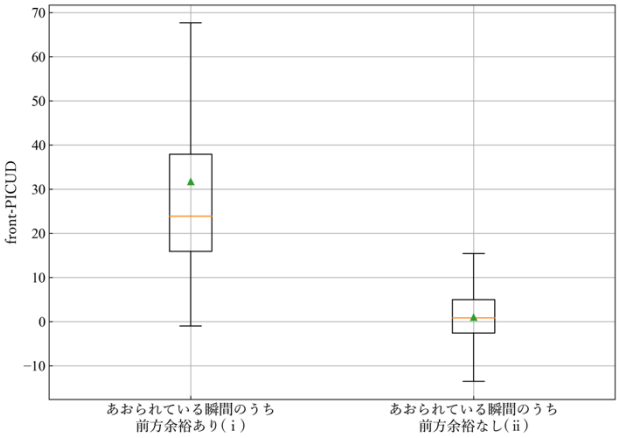


図-8　front-PICUD の箱ひげ図

表-4　加速度とジャークの検定結果

	統計量	p値
加速度	32439.0	0.0002
ジャーク	25158.0	0.2159

表-5　front-PICUD と back-PICUD の検定結果

	統計量	p値
front-PICUD	52725.0	0.0000
back-PICUD	24579.0	0.1033

5.　後方車両の影響を考慮した車両挙動の分析

(1)　後方の事故リスクと考慮した車両追従モデルの定義

(a)累積 back-PICUD の定義

煽り運転の影響を分析するにあたって，以下の 2 点を考慮する必要がある．

・分析対象車両の後方において，短い車間距離で連続的に走行する車両が存在し（いわゆる，後ろにベタ付けされ）ている時間が長くなるほど，分析対象車両のドライバーは，煽られていると認識する．

・バックミラーを常に見ていない可能性も考えられるため，煽りの認知に要する時間にはばらつきがあり，確率的に分布する．

この2点を表す指標として，累積した *back-PICUD* を表す *A-back-PICUD（A: Acccumulated）* を定義する（式 4）．

$$A\text{-}back\text{-}PICUD(t) = \sum_{t=t_0}^{t} back\text{-}PICUD' \qquad (4)$$

$$back\text{-}PICUD' = \begin{cases} -back\text{-}PICUD + \alpha & (back\text{-}PICUD < \alpha) \\ 0 & (back\text{-}PICUD \geq \alpha) \end{cases}$$

t_0：煽られ始めた時間

α：基準となる *back-PICUD*

なお，*back-PICUD'* が 0 になった場合（$back_PICUD \geq \alpha$），煽り運転が終了した，または一時的に中断されたものとして累積 *back-PICUD* は 0 とする．

α は煽り運転を知覚する基準となる *back-PICUD* であり，α より大きい *back-PICUD* は知覚していないことをあらわす．また，*back-PICUD'* は正に大きいほど危険で，累積 *back-PICUD* も正に大きいほど危険であることを示す．

(b)提案モデル

2. (2) で示した Helly モデルは前方車との車間距離，ならびに，前方車との相対速度を説明変数としたモデルである．これに 5. (1)項で定義した累積 *back-PICUD* を加え，後ろの影響を加味したモデルを提案モデルとする（式 4）．

$$\begin{aligned} \ddot{x}_{n+1}(t+T) = {} & C_1\left(\dot{x}_n(t) - \dot{x}_{n+1}(t)\right) \\ & + C_2\left(x_n(t) - x_{n+1}(t)\right) \\ & + C_3(A\text{-}back\text{-}PICUD(t)) \end{aligned} \qquad (4)$$

(2)　分析対象データ

4 章で定義した，煽られている瞬間かつ前方余裕あり（ⅰ），煽られている瞬間かつ前方余裕なし（ⅱ），煽られてない車両（B）を用い，分析対象は以下の 3 群とする．

Ⅰ：煽られている瞬間かつ前方余裕あり（ⅰ）の状況を含む車両

Ⅱ：煽られている瞬間かつ前方余裕なし（ⅱ）の状況を含む車両

Ⅲ：煽られてない車両（B）

(3)　提案モデルを用いた重回帰分析結果

5. (1) で定義した提案モデルを用い，重回帰分析を行った（表-6）．なお，*back-PICUD* の基準となる α は，$\alpha = 0$，5，10 を想定して，それぞれ重回帰分析を行い，前方に余裕がある煽られた車両（Ⅰ）の補正済み決定係数が最も大きかった $\alpha = 5$ の結果を示す．

表-6 より前方に余裕がある煽られた車両（Ⅰ）は C_3 が有意に大きく，加速度が累積 *back-PICUD* の影響を受けていることがわかる．一方で前方に余裕がない煽られた車両（Ⅱ）は C_3 が有意ではなく，追従挙動自体は累積 *back-PICUD* から直接の影響を受けているとはいえない．煽られていない車両は，C_3 が有意ではあるものの，係数が小さいためほとんど影響を受けていない．

以上のことから前方に余裕がある煽られた車両は，後

方の危険な状態が維持されるほど，加速する傾向がある　ことが示された．

表-6　速度を目的変数とした提案モデルによる重回帰分析結果

累積PICUD	R2(自由度調整済)		偏回帰係数	t値	p値
Ⅰ 前方に余裕がある あおられた車両	0.256	C1(前との相対速度)	0.4986	217.052	0.000
		C2(前方の車間距離)	0.0195	8.511	0.000
		C3(累積back-PICUD)	0.0405	17.833	0.000
Ⅱ 前方に余裕がない あおられた車両	0.275	C1(前との相対速度)	0.5058	309.078	0.000
		C2(前方の車間距離)	0.1057	64.35	0.000
		C3(累積back-PICUD)	-0.0018	-1.086	0.277
Ⅲ あおられていない車両	0.255	C1(前との相対速度)	0.4996	2102.44	0.000
		C2(前方の車間距離)	0.0628	264.381	0.000
		C3(累積back-PICUD)	-0.0046	-19.267	0.000

6.　おわりに

本研究では，煽り運転の定義を行い連続車両軌跡データから煽られた車両を抽出し，運転挙動と事故リスクの指標を用いて，煽られている瞬間と煽られていない瞬間を比較し，煽られることによる影響を明らかにすることを試みた．その後，煽られている瞬間において前方車間距離を用いて分類し，煽られた時の影響の違いを分析した．また，Helly モデルに後方の事故リスクを考慮した説明変数を加えたモデルを提案し，重回帰分析を行い，後方の事故リスクが車両挙動へ与える影響を分析した．本研究により得られた知見を以下にまとめる．

・煽られている瞬間は煽られていない瞬間に比べ，加速度のばらつきが大きく，ジャークが正に大きく，車両挙動が不安定である傾向が示された．また後方の事故リスクが高い．

・煽られている瞬間で前方に余裕があるときとは，前方に余裕がない時に比べ加速度が正に大きい．

・煽られている瞬間で前方に余裕がないときは，前方に余裕がある時に比べ，ジャークの分散が大きい．

・前方に余裕がある煽られた車両は累積 back-PICUD が増加するほど加速する傾向がある．

REFERENCES

1)　ソニー損保「2022 年全国カーライフ実態調査」https://from.sonysonpo.co.jp/topics/pr/2022/07/20220728_01.html（2023.1.4 時点）．

2)　警察庁「交通事故統計」https://www.npa.go.jp/publications/statistics/koutsuu/toukei-hyo.html（2023.1.4 時点）．

3)　チューリッヒ保険会社「2022 年あおり運転実態調査」https://www.zurich.co.jp/-/media/jpz/zrh/pdf/pr/2022/News-Release_20220714_ZurichInsuranceCompanyLtd.pdf?rev=681c4e6e813546c1b8eddf8945f03d03（2023.1.4 時点）．

4)　Chandler，R. E.Herman，R.and Montroll, E. W.: Traffic dynamics: studies in car following，Operations Research，Vol.6，pp.165-184，1958.

5)　Helly，W.: Simulation of bottlenecks in single-lane traffic flow, In Proceedings of the Symposium on Theory of Traffic Flow, Research Laboratories，General Motors，pp.207- 238，1959.

6)　Hayward，J. C.: Near-miss determination through use of a scale of danger．Highway Research Record，No.384，pp.24-34，1972.

7)　宇野伸宏，飯田恭敬，安原真史，& 菅沼真澄.一般道織込み部における客観的コンフリクト分析と速

度調整モデルの構築. 土木計画学研究・論文集, 2003, 20: 989-996.
8) 阪神高速道路株式会社, “Zen Traffic Data データ生成 ,” Available: https://zen-traffic-data.net/generate/ , （2023.1.4 時点） Shepard, F. P. and Inman, D. L.: Nearshore water circulation related to bottom topography and wave refraction, *Trans. AGU.*, Vol. 31, No. 2, 1950.

(Received July 1, 2022)
(Accepted November 1, 2022)

INFLUENCE OF TAILGATING ON DRIVING BHAVIOR AND COLLISION RISK USING CONTINUOUS VEHICLE TRAJECTORY DATA

Toru NOGUCHI, Nobuhiro UNO, Ryoji MATSUNAKA, and Kousuke TANAKA

This study defined the state of not maintaining a safe following distance as "tailgating" and analyzed its impact on car-following behavior of the preceding vehicle and collision risk using continuous vehicle trajectory data. This study extended the linear following model, known as Helly model, by adding explanatory variables that account for the risk of rear-end collision. A multiple linear regression analysis was applied to estimate the model parameters. Two key insights emerged from our analysis. Firstly, for tailgated vehicles, jerk (rate of change of acceleration) is significantly positive. This suggests that when tailgating occurs, the following vehicle experiences pronounced acceleration and deceleration. Additionally, when tailgating is present, the collision risk with the preceding vehicle is relatively low, but the risk with the following vehicle is relatively high. Secondly, From the estimation results of the Helly model, it was observed that in cases where tailgating is occurring but there is still ample following distance with the leading vehicle, there is a tendency for acceleration when the cumulative back-PICUD value becomes large.