

先行車減速時における車両情報指標を用いた ドライバ特性の推定

柴田 千里^{1,a)} 入部 百合絵^{1,b)} 河中 治樹^{1,c)} 小栗 宏次^{1,d)}

概要: 本研究では、自車および先行車の車両情報を用いてドライバの運転特性を推定した。24名の被験者に対してドライビングシミュレータを用いた走行実験を行い、様々な速度・加速度変化の下で先行車減速時における車両情報を取得した。また、得られた車両挙動指標とドライバの運転特性に関する質問紙の回答値との関係を分析した。本稿では、ドライバ特性に相関の高い車両挙動指標を抽出し、その指標からドライバ特性を推定することを提案する。最後にその提案手法に基づいた推定結果を報告する。その結果、車両挙動指標のうち、TTCの最小値、THWの最小値および車間距離の最小値と、ドライバ特性の「慎重さ」に正の相関が見られ、ベイズの定理を用いて車両挙動から「慎重さ」を推定した。

キーワード: 車両挙動情報, ドライバ特性, 先行車追従走行, 相関分析

Driver characteristic estimation using vehicle behavior data while preceding vehicle decelerating

CHISATO SHIBATA^{1,a)} YURIE IRIBE^{1,b)} HARUKI KAWANAKA^{1,c)} KOJI OGURI^{1,d)}

Abstract: This Paper describes estimation method of the driver's operating characteristics using vehicle information on a self-vehicle and the preceding vehicle. We extracted self-vehicle's information from driving simulator to 24 subjects when preceding vehicle reduced speed through some experiment under various speed and acceleration. Some correlations between the vehicle information extracted by the experiment and the value of the questionnaire about the driver's characteristics were analyzed. We estimate some driver's characteristics from vehicle information with high correlation to driver's characteristics. Finally, we report the estimated results based on the proposed method. As a result, the TTC minimum, the THW minimum and the inter-vehicle distance minimum are positive correlation with "careful" of the driver characteristics observed, we estimated "careful" from the vehicle information by using the Bayes' theorem.

Keywords: Vehicle Information, Driver Characteristics, Preceding Vehicle Following Situation, Correlation Analysis

1. はじめに

運転支援システムの研究開発において、道路や車といった環境要因に加えて、ドライバの状態にも応じて運転を支

援するシステムの研究が進められ、一部は実用化されつつある。

ドライバの状態は、脇見、ディストラクション、覚醒度、体調、疲労、飲酒などのような一時的に変化する要因と、一時的には変化しにくいドライバ固有の要因とに分けることができる。後者のドライバ固有の要因に関しては、性別や年齢といった人口統計的な属性、運転経験年数などの運転キャリアに関する属性、運転スキルに関する属性、事故や違反につながりやすい行動傾向の属性などがあげられる。

¹ 愛知県立大学 大学院 情報科学研究科
Aichi Prefectural University, Nagakute-shi Aichi, 480-1198 Japan

a) c.shibata@bme.ist.aichi-pu.ac.jp

b) iribe@ist.aichi-pu.ac.jp

c) kawanaka@ist.aichi-pu.ac.jp

d) oguri@ist.aichi-pu.ac.jp

自動車安全運転センターの調査 [2] によると、ドライバ特性と交通事故や違反の発生には関係があると言われていた。ドライバ特性を踏まえた事故防止への取り組みとして、例えば三村ら [3] は生活道路における自動車の速度抑制のための空間構成を目的として、アンケート結果から事故や違反を起こしやすいと分類されたドライバに対しても速度抑制、注意喚起の効果が得られる整備はどのようなものか検証している。また、細川ら [4] はドライバ特性に応じた運転支援や運転者教育への応用を目的として、運転行動（ペダル操作）だけでなくドライバ特性も踏まえて運転者のタイプをクラスタリングした。

紀平ら [5] は、車両挙動からドライバの「不注意運転傾向」を推定している。高速道路での先行車追従走行での車両挙動に着目し、TTC の最小値を求めるモデルを対数正規分布に近似してモデルを構築している。そして、ベイズの定理を用いて「不注意運転傾向」の度合いの高低を推定したところ、被験者 12 名中 9 名が正しく推定された。しかし、速度・加速度の変化が一定のもとでデータ計測されているため、現実の運転のように様々な速度・加速度の変化の下でも同じようにモデルが適用できるとは限らない。また、「不注意運転傾向」以外のドライバ特性との分析が行われていないことが課題として考えられる。

そこで、本研究では、安全運転自己診断 SAS1015[6] で診断されるドライバ特性を、自車と先行車の車両挙動から推定することを目的とする。

以下、第 2 章において安全運転自己診断 SAS1015 で診断されるドライバ特性について説明した後、第 4 章では、それらのドライバ特性のうちどの項目がドライバが運転する車両の挙動との関係性があるか調査するための、ドライビングシミュレータを用いたデータ計測の詳細を示す。第 5 章では、ドライバが運転する車両の挙動との関係性が高かったドライバ特性を推定する手法を提案し、DS による実験データを対象とした性能評価結果について述べる。最後に本研究をまとめる。

2. 安全運転自己診断

安全運転自己診断 SAS1015 は、ドライバ個人の行動傾向に根ざす意識や態度の測定から自動車運転行動の安全性の質や程度を測定するために全日本交通安全協会が開発した質問紙で、運転免許の更新時講習受講に利用されている。安全運転自己診断は、すべての運転者を適応対象として作成されており、運転者の常用車種、性別、年齢を問わず利用することができる。安全運転自己診断の質問紙は、28 個の質問からなり、それらの質問への回答（それぞれ、「はい」・「いいえ」の 2 択）から、6 種類の運転行動傾向（自己中心的、ながら、注意力不足、自信不足、慎重さ、強引）を検出するものである。

本研究においては、これらの行動傾向の度合いは、各行

表 1 安全運転自己診断の設問項目

要素	質問番号	設問項目
自己 中心的	1	後ろからクラクションを鳴らされると、腹が立つ。
	2	歩行者が道路をゆっくり横断していると、イライラする。
	3	渋滞時に、横から割り込まれると、損した気分になる。
	4	何度も信号で止められると、とてもいやな感じがする。
	5	歩行者や自転車に、自分のペースをみだされるのはいやだ。
ながら	6	カーナビや地図を見ながら運転することがある。
	7	運転中、身支度や飲食をすることがある。
	8	追い越しや車線変更をするほうだ。
	9	運転中、よくオーディオ、テレビの操作をする。
	10	長距離の運転も気にならない。
注意力 不足	11	前の車のブレーキランプに気づくのが遅れて、あわてることがある。
	12	脇見をしていて、ハッとすることがある。
	13	考え事をしていて、ハッとすることがある。
	14	夜、歩行者や自転車にハッとすることがある。
自信 不足	15	ちょっとしたことで、よくブレーキを踏む。
	16	どちらかといえば、運転に自信がないほうだ。
	17	右折待ちのとき、タイミングがうまくとれないことがある。
	18	ブレーキを踏むのが遅いと言われることがある。
	19	助手席に同乗者（成人）がいると、運転しやすい。
慎重さ	20	同乗者が全員シートベルトをするように注意している。
	21	夜間や悪天候のときは、運転しないようにする。
	22	走行中、携帯電話に着信があっても、受けない。
	23	初心者マーク、高齢者マークの車を意識して運転する。
	24	体調を整えてから運転する。
強引	25	人から運転が強引だと言われることがある。
	26	前方があいていると、ついスピードが出てしまう。
	27	信号が赤になる前に、急いで交差点に進入することがある。
	28	一時停止規制の交差点を、完全に止まらないで通過することがある。

動傾向の質問数のうち「はい」と回答した質問の数と定義する。表 1 に安全運転事故診断の各要素と設問項目を示す。

3. 先行車追従時における評価指標

3.1 評価指標の定義・特徴

本研究では、先行車 (PV:Preceding Vehicle) と自車である後続車 (FV:Following Vehicle) の関係を記号を用いて表記することで、ドライバのリスク指標を算出する [7]。自車の速度を v_f 、先行車の速度を v_p 、両車の車間距離を D とする。

3.1.1 THW(Time-Head Way：車間時間)

THW は現在の自車速度 v_f で現在の先行車位置に到達する時間を示す指標である。定義式を式 (1) に示す。

$$THW = \frac{D}{v_f} \quad (1)$$

先行車に対して定常的に追従する状況では、ドライバの追突リスク感覚は単に THW によって決まるという報告がある [8]。

3.1.2 TTC(Time-To-Collision：衝突余裕時間)

TTC は現在の相対速度 $v_f - v_p$ が維持されると仮定して、自車が先行車に衝突するまでの時間を示す指標である。定義式を (2) 式に示す。

$$TTC = \frac{D}{v_f - v_p} \quad (2)$$

先行車が停止している場合 ($v_r = v_f$) には、TTC は THW と同じ値になる。

3.2 先行車減速時における車両挙動指標の抽出

本研究では、先行車減速時におけるドライバの車両挙動に着目する。

先行車の減速開始時刻を 0 秒とし、時刻 t における自車の速度を v_{ft} 、先行車の速度を v_{pt} 、アクセル量を A_t 、ブレーキ量を B_t 、自車と先行車の車間距離を $D_t (= -x_{rt})$ 、車間時間を THW_t とする。また、先行車が減速してからアクセルを放した ($A = 0$) 時刻を p 、ブレーキを踏み始めた ($B > 10$) 時刻を x 、ブレーキ量が最大になったときの時刻を y とする。さらに、ブレーキを踏んだ回数を n とする。

先行車減速時から 20 秒間のデータを抽出し、表 2 に示すような車両挙動指標を算出した。車両挙動指標の抽出の様子を図 1 に示す。

ただし、データによっては先行車が減速する前からアクセルを放していた場合、先行車が減速して一度アクセルを放したものの再び踏まなかった場合、先行車が減速してからアクセルを一度も放さなかった場合、ブレーキを踏まなかった場合が見られ、その場合は p , x , y が得られないため、これらに関する指標は算出しなかった。

なお、ブレーキ量の最大値までの変化量 R_{xy} は、(3) 式を用いて算出した。

$$R_{xy} = \frac{B_y - B_x}{y - x} \quad (3)$$

4. データ計測

4.1 実験目的

本実験では、2 章で挙げた質問紙調査により得られたドライバ特性の度合いとそのドライバが運転する車両挙動との関係を、DS を用いたデータ計測により調査することを目的とする。なお、この実験において、被験者が運転す

表 2 先行車減速時における車両挙動指標の一覧と説明

記号	車両挙動指標の説明
$ p $	先行車が減速し始めてからアクセルを放すまでの時間
$ x $	先行車が減速し始めてからブレーキを踏むまでの時間
$ x - p $	アクセルを放してからブレーキを放すまでの時間
$ y - x $	ブレーキを踏み始めてからブレーキ量が最大になるまでの時間
B_y	ブレーキ量の最大値
R_{xy}	ブレーキを踏み始めてからブレーキ量の最大値までの変化量
n	ブレーキを踏んだ回数
D_t	時刻 t における車間距離 ($t = p, x$ の場合を算出)
$D_{\min}$	先行車が減速してから 20 秒間の車間距離の最小値
THW_t	時刻 t における車間時間 ($t = p, x$ の場合を算出)
$THW_{\min}$	先行車が減速してから 20 秒間の車間時間の最小値
$TTC_{\min}$	先行車が減速してから 20 秒間の TTC の最小値

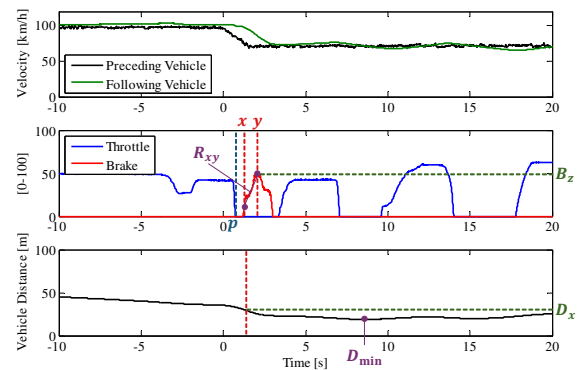


図 1 先行車減速時における車両挙動指標の抽出の例

る車が本研究における後続車 (FV:Following Vehicle) に相当し、被験者の追従する先行車両が本研究における先行車 (PV:Preceding Vehicle) に相当する。

4.2 実験方法

4.2.1 被験者情報

実験の被験者は文書によりインフォームドコンセントを取得した健康な被験者 24 名 (男性 18 名, 女性 6 名, 23.0 ± 2.7 歳) とした。

4.2.2 ドライビングシミュレータ

データ計測に用いた DS は図 2 に示すように実車 (トヨタ自動車「AQUA」) で作成されており、ハンドルやシート、ペダルなどは実車同様のものを使用している。大型 4 K の前方映像用モニター 3 画面に車両前方の模擬視界が、FullHD の後方映像用モニター 3 画面にドライバから見たバックミラー、サイドミラー (左右両方) の模擬視界が映し出される。図 3~6 に本実験で用いた DS の運転席から見た模擬視界の例を示す。



図 2 実験に使用した DS と前方の 4K モニター



図 3 運転席正面



図 4 バックミラー

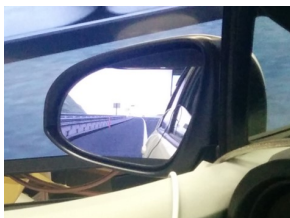


図 5 サイドミラー (左)



図 6 サイドミラー (右)

4.2.3 計測プロトコル

運転する日によって運転行動が変化することを考慮して、データ計測は被験者ごとに 3 日間行った。

実験では、DS を用いて高速道路を運転してもらい、先行車を追従する運転タスクを約 10 分間行ってもらった。

被験者には実験に先立ち、DS の運転に慣れてもらうために、実験用シナリオと類似の練習シナリオにより、1 日目の計測前に 3 分間の練習走行を行ってもらった。その後、被験者に「先行車に対して速度を調節しながら追従走行して下さい」という指示を与えてから走行してもらい、車両操作情報、顔動画を記録した。また、各被験者は安全運転自己診断に回答した。

4.2.4 走行コースとシナリオ

先行車追従時における減速のデータを計測するために、本実験では東名高速道路を模擬した道路を使用した。走行コースは前長約 13 km であり、本実験での所要時間は 10 分間となる。図 7 に走行コースの概形を示す。なお、R は曲率半径を表す。

被験者には片側二車線の第一車線を走行し、車線変更は行わないように乗車前に指示した。第一車線には先行車が 1 台、第二車線には他車が数台 100 km/h で走行するように設定をした。先行車にはランダムなタイミングで、1 回の

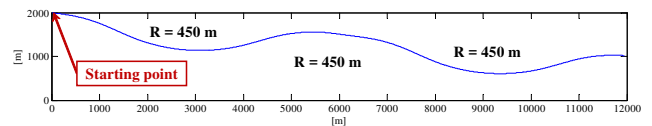


図 7 走行コースの概形

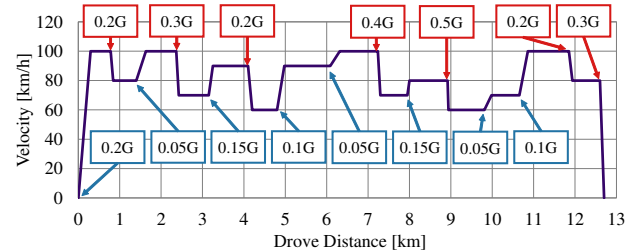


図 8 先行車の速度・加速度変化の一例

走行につき走行開始直後の加速と計測終了前の減速を除いて計 13 回の加減速を行わせた。先行車の走行速度は、60, 70, 80, 90, 100 [km/h] のいずれかであり、この速度に対して $\pm 10, 20, 30, 40$ の速度変化を 0.05G, 0.1G, 0.15G の加速度あるいは 0.2G, 0.3G, 0.4G, 0.5G の減速度で加えた ($G=9.8 \text{ m/s}^2$)。

なお、実験用シナリオは 3 種類用意し、計測する日ごとに実験用シナリオ (先行車の速度変化のタイミング) は異なるように設定した。また、使用する実験用シナリオの順番も被験者ごとに異なるように設定した。設定した実験用シナリオの一例を図 8 に示す。図 8 の横軸は先行車の走行距離 [km]、縦軸は先行車の速度 [km/h]、図中に書き込まれている青吹き出しが加速度、赤吹き出しが減速度を表している。

5. 実験結果

5.1 先行車減速時の自車の車両挙動の変化

本研究では、先行車減速時におけるドライバの車両挙動に着目した。先行車減速時における被験者の車両挙動の例を図 9 に示す。図 9 の横軸は先行車が減速し始めた時刻を 0 [s] としたときの時刻 [s]、縦軸は上段のグラフでは黒色が先行車の速度 [km/h]、緑色が自車の速度 [km/h]、中段のグラフでは青色がアクセル量 [0-100]、赤色がブレーキ量 [0-100]、下段のグラフでは黒色が TTC [s]、緑色が THW [s] を表している。図 9 から、先行車の減速に対応してドライバの車両操作が行われており、ドライバは先行車の減速に対応して、まずアクセルペダルを放し、ブレーキ操作を行っていることが確認できる。この間の TTC は、まず減少し、ある最小値を経て再度増加していることがわかる。

5.2 先行車減速時の車両挙動指標とドライバ特性の度合いとの相関

先行車減速時から 20 秒間の車両挙動に着目し、以下に示す車両挙動指標を抽出した。

安全運転自己診断で診断された運転特性の度合いと先行

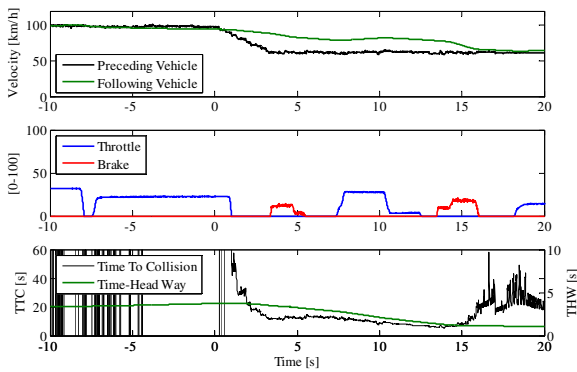


図 9 先行車減速時における車両挙動の例

車減速時における車両挙動指標との相関係数を表 3 に示す。なお、各相関係数の有意性の検定も行った。

表 3 から、最大ブレーキ量と「注意力不足」には 0.48 の相関が見られ、ブレーキを踏んだ回数と「慎重さ」に -0.56 の相関が見られ、注意力不足の傾向が強いほど先行車減速時にブレーキを強く踏む傾向が、慎重さの傾向が強いほど先行車減速時に対してブレーキを踏まずに減速行動を行っていることが言える。車間距離の最小値は「ながら」傾向と -0.48、「慎重さ」傾向と 0.49 の相関が見られ、「ながら」傾向が強い人ほど車間距離を詰める傾向が、「慎重さ」傾向が強い人ほど車間距離をとる傾向にあることが言える。同様に、車間距離を自車速度で除算した車間時間とも、「ながら」傾向と -0.48、「慎重さ」傾向と 0.50 の相関を得た。TTC の最小値にも「ながら」傾向と負の相関、「慎重さ」に正の相関が見られ、「ながら」傾向が強い人ほど衝突に対する余裕時間がない傾向が、「慎重さ」傾向が強い人ほど衝突に対する余裕時間がある傾向にあることが言える。

ブレーキを踏み始めたときの車間距離、車間時間は「自己中心的」「ながら」傾向と負の相関が見られ、「自己中心的」「ながら」傾向が強いドライバーは先行車との距離が比較的詰まった状態でブレーキを踏んでいると考えられる。

6. ドライバ特性の度合いの推定モデル

DS における実験結果に基づき、先行車減速時における車両挙動指標から、ドライバー特性を推定する方法を提案し、DS による実験データにおける推定性能を評価する。

6.1 「慎重さ」と TTC の最小値との関係性

先行研究 [5] で着目していた TTC_{min} においては、「慎重さ」の度合いとの相関係数が 0.51 で危険率 5% で有意であった。すなわち、「慎重さ」の度合いと TTC_{min} の平均の間に、危険率 5% で相関があるといえることがわかった。

以降は TTC_{min} に着目して分析を行う。「慎重さ」の度合いによる TTC_{min} の度数分布の違いを図 10 に示す。図 10 は被験者 24 名を、安全運転自己診断が定めた違反傾向

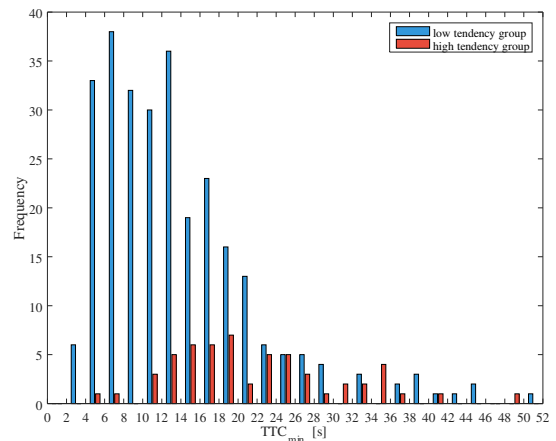


図 10 「慎重さ」の度合いによる TTC_{min} の度数分布

ありの基準に従って「慎重さ」が高い群と低い群の 2 群に分け、それぞれの群の被験者の TTC_{min} の度数分布を示したものである。ここで、「慎重さ」の高い群は、安全運転自己診断の「慎重さ」に関する質問の中で「はい」と回答した数が 4 以上の被験者 (4 名) とし、「慎重さ」の低い群は、3 以下の被験者 (20 名) とした。図 10 の横軸は、 TTC_{min} で例えば目盛が 2 から 4 の間は TTC_{min} が 2 s 以上 4 s 未満を表している。図 10 より、「慎重さ」の高い群のほうが、低い群よりも TTC_{min} が低い側に分布していることが分かる。

以上の結果から、ドライバーの「慎重さ」の度合いは、そのドライバーが運転する車両の TTC_{min} の分布と関係が見られ、 TTC_{min} は「慎重さ」の度合いが高いほうが大きい側に分布する傾向があることが確認された。

6.2 推定手法

観測された TTC_{min} の値から、ドライバーが「慎重さ」の高いドライバーであるか否かを、ベイズの定理に基づく式 (5) を用いて推定する。

$$P(B|TTC_{min}) = \frac{P(B)P(TTC_{min}|B)}{P(TTC_{min})} \quad (4)$$

$$P(TTC_{min}) = P(B)P(TTC_{min}|B) + (1 - P(B))P(TTC_{min}|\bar{B}) \quad (5)$$

ここで、 TTC_{min} は TTC_{min} の観測値を、 B は「慎重さ」の高いドライバーであるという仮説を、 $P(B)$ は「慎重さ」の高いドライバーである確率を示す。 TTC_{min} を観測することにより、「慎重さ」の高いドライバーである確率 $P(B)$ は、式 (5) により、事後確率 $P(B|TTC_{min})$ に更新される。以後、 TTC_{min} を観測する毎に、先の事後確率 $P(B|TTC_{min})$ を事前確率 $P(B)$ とし、式 (5) を繰り返し適応することにより、「慎重さ」の高いドライバーである確率を推定する。

次に、式 (5) に必要となる確率分布 $P(TTC_{min}|B)$ 及び

表 3 安全運転自己診断で診断されたドライバ特性の度合いと先行車減速時における車両挙動指標との相関係数

	自己中心的	ながら	注意力不足	自信不足	慎重さ	強引
$ p $	-0.27	-0.48*	0.18	-0.07	0.10	-0.19
$ x $	-0.01	-0.20	-0.29	-0.20	0.14	0.14
$ x - p $	0.02	0.02	-0.44	-0.19	0.18	0.39
$ y - x $	-0.14	0.02	0.16	-0.13	0.07	0.03
B_y	0.38	0.36	0.48*	0.35	-0.29	0.22
R_{xy}	0.21	0.28	-0.07	0.37	-0.18	0.04
n	0.24	0.40	0.22	0.14	-0.56**	0.16
D_p	-0.40	-0.43*	-0.12	-0.20	0.48*	-0.14
D_x	-0.76**	-0.51*	-0.15	-0.12	0.31	-0.40
$D_{\min}$	-0.36	-0.48*	-0.02	-0.18	0.49*	-0.17
THW_p	-0.39	-0.43*	-0.13	-0.20	0.49*	-0.14
THW_x	-0.79**	-0.51*	-0.02	-0.06	0.29	-0.33
$THW_{\min}$	-0.38	-0.48*	-0.02	-0.19	0.50*	-0.18
$TTC_{\min}$	-0.35	-0.46*	-0.13	-0.18	0.51**	-0.13

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

$P(TTC_{\min}|\bar{B})$ の定め方について説明する．まず，実験で得られた $TTC_{\min}$ の測定データに基づき， $P(TTC_{\min}|B)$ 及び $P(TTC_{\min}|\bar{B})$ の分布を表現する関数形式について検討する．その後，測定データに基づいて $P(TTC_{\min}|B)$ 及び $P(TTC_{\min}|\bar{B})$ のモデルを作成する．

実験で得られた $TTC_{\min}$ の度数分布について，対数正規分布を候補として表現形式の妥当性を検討した．1 標本コルモゴロフ・スミルノフ検定の結果， $p < 0.05$ において，実験で得られた $TTC_{\min}$ の分布は，対数正規分布とは有意差が見られない（危険率 5% で対数正規分布とみなしても誤りとは言えない）と判定された．この結果から， $TTC_{\min}$ の分布を対数正規分布の関数形式で表現することとした．

$$P(TTC_{\min}|B) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_B TTC_{\min}} \exp \left\{ -\frac{(\ln TTC_{\min} - \mu_B)^2}{2\sigma_B^2} \right\} \quad (6)$$

$$P(TTC_{\min}|\bar{B}) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_{\bar{B}} TTC_{\min}} \exp \left\{ -\frac{(\ln TTC_{\min} - \mu_{\bar{B}})^2}{2\sigma_{\bar{B}}^2} \right\} \quad (7)$$

実験データから求めた $P(TTC_{\min}|B)$ 及び $P(TTC_{\min}|\bar{B})$ のモデルを図 11, 12 に示す．図 11, 12 において，横軸は $TTC_{\min}$ を，縦軸は $P(TTC_{\min}|B)$ 及び $P(TTC_{\min}|\bar{B})$ を示す．なお，図 11 の棒グラフは「慎重さ」の高い群の度数分布を，図 12 の棒グラフは低い群の度数分布を示している．

6.3 推定結果

提案した推定手法を実験で得られた測定データを用いて評価した．評価では，「慎重さ」が 4 以上の被験者（計 4 名）を高い群の被験者，「慎重さ」が 3 以下の被験者（計 20 名）

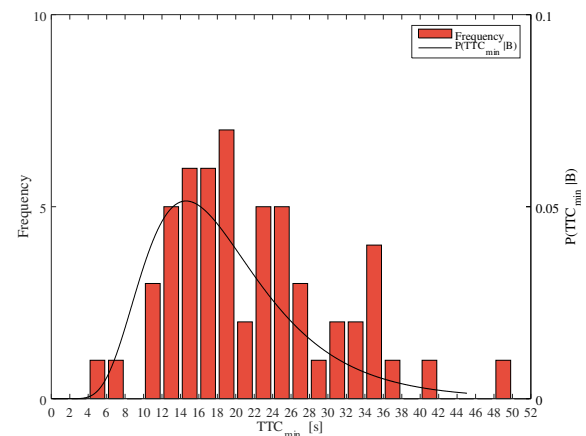


図 11 「慎重さ」の高い群を表す確率モデル

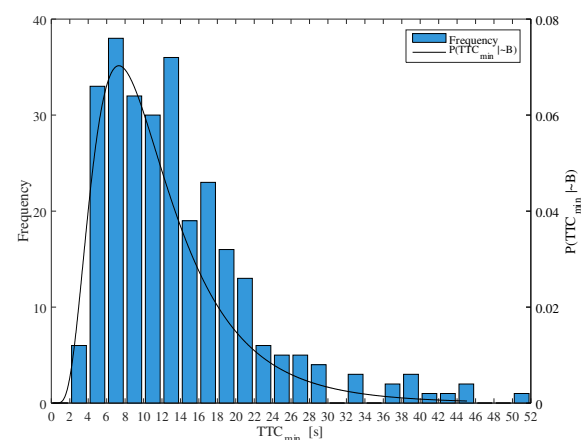


図 12 「慎重さ」の低い群を表す確率モデル

表 4 安全運転自己診断の結果

[人]	自己 中心的	ながら	注意力 不足	自信 不足	慎重さ	強引
0 点	1	0	7	3	2	2
1 点	5	2	5	12	4	7
2 点	12	7	6	7	10	8
3 点	3	5	5	2	4	5
4 点	1	6	1	0	4	2
5 点	2	4	-	0	0	-

表 5 各ドライバ特性に対する高い群と低い群の人数

[人]	自己 中心的	ながら	注意力 不足	自信 不足	慎重さ	強引
基準	2 点 以上	3 点 以上	2 点 以上	2 点 以上	3 点 以下	2 点 以上
低い群	6	9	12	15	20	9
高い群	18	15	12	9	4	15

を低い群の被験者とした。推定性能の評価は、leave one out cross validation 法により行った。すなわち、24 名から 1 名を除いたデータを用いて $TTC_{\min}$ の分布のモデルのパラメータを求め、このモデルと式 (5) を用いて、除いた 1 名のデータをテストすることを。計 24 回繰り返した。なお、事前確率 $P(B)$ は 0.5 とした。

被験者 24 名についての推定結果をまとめると、24 名中 18 名について、「慎重さ」の高いドライバであるか否かを正しく推定できている。24 名中の 4 名については誤った推定結果となり、また 2 名については推定確率が 90% 以上及び 10% 以下となることがなかった。推定誤りの原因としては、 $P(TTC_{\min}|B)$ 及び $P(TTC_{\min}|\bar{B})$ のモデルの誤差などが考えられる。

6.4 他の指標を用いた推定結果

安全運転自己診断の結果を表 4 に示す。表 4 に示す数字は、各ドライバ特性に対する点数ごとの人数を表している。例えば、「自己中心的」において 0 点であった被験者は 1 人であったということを表している。

本研究では、安全運転自己診断において「違反傾向である」基準の点数に基づいて各ドライバ特性に対して高い群と低い群に分類した。違反傾向である点数の基準と低い群、高い群に分類された人数を表 5 に示す。

前節では、 $TTC_{\min}$ を用いて「慎重さ」の高いドライバであるか推定を行った。 $TTC_{\min}$ 以外にも相関係数の高かった D_x , $D_{\min}$, THW_x , $THW_{\min}$ を用いて、各ドライバ特性の推定を行った。推定結果（一致率のみ）を表 6 に示す。

本研究では DS によるデータを用いてドライバ特性を推定しているため実車の場合でも同様に適用にできるとは限らない。しかし、様々な速度、加減速で減速行動を行っているため、先行研究 [5] と比較すると複雑な条件下でももので計測を行っている。したがって、本実験は DS での限定

表 6 車両挙動指標を用いたドライバ特性の推定結果

	自己 中心的	ながら	注意力 不足	自信 不足	慎重さ	強引
D_x	38%	19%	—	—	24%	10%
$D_{\min}$	33%	58%	—	33%	75%	13%
THW_x	38%	23%	—	—	24%	10%
$THW_{\min}$	29%	58%	—	38%	75%	13%
$TTC_{\min}$	21%	54%	—	38%	75%	8%

された条件下であるものの、この結果から車両挙動指標からドライバ特性を推定できる可能性が示唆されたものと考えられる。

7. おわりに

本研究では、質問紙調査により得られたドライバ特性の度合いとそのドライバが運転する車両挙動との関係を、DS を用いたデータ計測により調査した。24 名の被験者に対し、高速道路での先行車追従走行時での車両挙動データを収集し、抽出した車両挙動指標とドライバ特性の度合いの相関を求めたところ、有意差 5% 未満で先行車減速時から 20 秒間の TTC の最小値の平均と安全運転自己診断による「慎重さ」の度合いとに 0.51 の相関係数が得られた。この結果に基づき、先行車減速時における先行車に対する自車の TTC の最小値から、自車ドライバが「慎重さ」の高いドライバであるか否かを推定した。ベイズの定理を用いて 24 名の DS 実験データについて評価した結果、18 名について TTC の最小値の観測で正しく推定された。本研究の結果は車両挙動からドライバの運転特性の度合いを推定できる可能性を示したものとして、意義あるものと考えられる。本研究においては、先行車減速時における車両挙動指標を抽出して相関係数を調べ、その結果相関の高かった指標の 1 つである TTC の最小値を指標とした。ドライバ特性を質問紙への回答から推定する方法に比べ、本研究のように車両挙動から推定する方法はより客観的な評価ができると考えられる。また、車両挙動からドライバ特性の度合いを推定することができれば、事故防止のための運転支援や教育に利用できる可能性がある。今後、他の推定手法との比較を行ったり、複数の車両挙動指標を用いてドライバ特性を推定することが課題として挙げられる。

参考文献

- [1] 田中宏明, “知覚運転支援システムによる安全性向上技術”, 自動車技術, Vol.58, No.5, pp.88-94, 2004.
- [2] 自動車安全運転センター, “ドライバーの運転意識とヒヤリハット体験との関連に関する調査研究 (3)”, 1997.
- [3] 三村泰広, 安藤良輔, 稲垣具志, 太田勝敏, “運転者の安全意識からみた生活道路入口部の空間構成に関する研究”, 土木学会論文集, 2015.
- [4] 細川崇, 橋本博, 田川傑, 吉田傑, 新田茂樹, “高齢者の運転特性抽出のための分類に関する研究”, 自動車技術会論文

- 集, 2009.
- [5] 紀平和俊, 山田啓一, “車両挙動からの後続車両ドライバの不注意運転傾向の推定”, 電気学会論文誌 C, Vol.130, No.6, pp.1003-1009, 2010.
 - [6] 全日本交通安全協会, “安全運転自己診断 SAS1015”, 2015.
 - [7] 丸茂喜高, 北島創, 平岡敏洋, 伊藤誠, “先行車に対するドライバのリスク認知評価指標”, 自動車技術, Vol.62, No.12, pp.59-64, 2008.
 - [8] 近藤崇之, 山村智弘, 北崎智之, “先行車接近時におけるリスク感の定量化に関する研究”, 自動車技術会学術講演会前刷集, No.90-05, pp.23-26, 2005.
 - [9] 森田和元, 関根道昭, 岡田竹雄, “運転支援システムのためのドライバのブレーキ操作タイミングに関する要因の解析”, 計測自動制御学会論文集, Vol.44, No.2, pp.199-208, 2008.
 - [10] 伊佐治和美, 津留直彦, 和田隆広, 今井啓介, 土居俊一, 金子弘, “前後方向の接近に伴う危険状態評価に関する研究(第1報): ドライバ操作量に基づく接近離間状態評価指標の提案”, 自動車技術会論文集, Vol.38, No.2, pp.25-30, 2007.
 - [11] 北島創, 久保登, 荒井紀博, 片山硬, “映像記録型ドライブレコーダによる追突事故発生メカニズムの解析”, 自動車技術会論文集, Vol.38, No.4, pp.191-196, 2007.