No.78

(受理日:2020年5月8日)

ACC 車両が混在する交通流における運転者の漫然状態評価 Evaluation of Driver's Aimless State in Traffic Flow with Mixed ACC Vehicles

飯田 克弘 1, 淺田 真敬 2, 多田 昌裕 3, 澤田 英郎 4 Katsuhiro IIDA 1, Masanori ASADA 2, Masahiro TADA 3 and Hideo SAWADA4

わが国では、自動運転技術を搭載した車両の普及が進み、衝突回避ブレーキや ACC、LKA などのシステムを搭載する車両が急速に増加している。先行研究では、ACC に着目し、ACC 車両の混在により交通の円滑性が向上し、運転者のストレスが軽減されるという知見を得た。本研究では、過度なストレス軽減が漫然状態を誘発する可能性があるという考えのもと、ACC 車両が混在することによる運転者の漫然状態を評価した。その結果、視点移動と反応時間の分析により、ACC 車両が混在する状況では、一般車両運転時であっても漫然状態に陥っていることが確認された。反応時間の計測が容易でない ACC 車両運転時に関しては、瞬目の分析により覚醒水準低下を示すことができた。

Keywords: 自動運転技術, Adaptive Cruise Control, ドライビング・シミュレータ, 漫然状態

1. はじめに

わが国では、2020年までにSAEレベル2、2020年を 目途にSAEレベル3の自動運転の市場化を目標として いる1). それに伴い、衝突回避ブレーキや定速走行・車間 距離制御装置(ACC: Adaptive Cruise Control, 以下, ACC)、 車線維持支援機能(LKA: Lane Keep Assist, 以下, LKA) などのシステムを新車に搭載する車両が急速に増加して いる2). しかし、当面の間は、高速道路上の全ての車両に このようなシステムが搭載されることはなく、自動運転 技術を搭載した車両(以下,自動運転車両)が一般車両 と混在する状況が想定される.

自動運転車両と一般車両が混在する状況に関する既往研究はいくつか存在し、自動運転車両の混在が、一般車両の時間平均速度や車間距離、車線変更へ与える影響を把握したもの 3分、織り込み区間において容量低下を抑えられることを明らかにしたもの 4がある. しかし、これらの研究はシミュレーションを用いた調査であることから、運転者のストレスなどの心理的影響までは検討できていない.

一方,運転者の心理的影響に関する研究としては,ACC使用時に心拍数,瞬目,脳信号から運転者のストレス把握を試みたBrouwer et al.s)の研究が存在する.しかし,この研究のように,周辺車両が存在しない単独の走行で調査したものが多く,交通流の特性を踏まえて心理的影響を把握した研究は希少である.

このように、自動運転車両が一般車両の中に混在する 交通流を形成し、交通流だけでなく運転者への影響も同 時に把握している研究はほとんど見られない.

この課題に対し、筆者らの先行研究。では、自動運転技術のうち ACC を搭載した車両(以下、ACC 車両)に着目し、ACC 車両が一般車両と混在する交通流特性と、その交通流を走行することが運転者に及ぼす影響を調査した。その結果、交通流特性として、ACC 車両の混在比率が上昇することにより、道路線形に依らず急減速や急加速が緩和されるなど、交通の円滑性が向上するという知見を得た。また、ACC 車両を運転することにより、運転者のストレスが軽減されることが示唆された。さらに、上述の交通円滑性向上は、一般車両を運転する運転者のストレス軽減にも寄与するとの示唆を得た。しかし、先行研究。では運転者のストレス軽減を明らかにしただけで、ストレス軽減の程度とその是非には言及できていない。仮に、軽減されるストレスが過度であった場合、運転者の漫然状態を誘発する可能性を否定できない。

現在,わが国の死亡事故の原因は漫然運転が第一位(構成率16.7%)という現状っであり,交通事故死者数の減少を進めるうえでは運転者の漫然状態への対応は重要な課題となっている。もし,ACC車両が混在する交通流において運転者に漫然状態が見られる場合,上記の交通事故状況が助長される可能性が考えられる。よって,今後ACC車両の増加に伴い,道路上の安全性を向上させていくうえで,ACC車両混在状況時の運転者の漫然状態を明らかにしていく必要がある。以上を踏まえ,本研究では,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を通じて,ACC車両を運転するとき,あるいは,

- 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 正会員,修士(工学),東日本旅客鉄道株式会社
- 3 正会員,博士(工学),近畿大学理工学部
- 4 正会員,修士(工学), TOE, 西日本高速道路エンジニアリング関西株式会社

ACC 車両が混在した交通流を一般車両で運転するときの、運転者の漫然状態を評価する。

2. 室内走行実験

2.1 実験概要

本研究では、2018年10月17日~30日、2019年11月20日~29日の平日18日間、1日あたり3名の計54名に対し実験を実施した。被験者は日常的に運転する32~50歳の男性54名(平均43.0歳)を一般募集した。

2.2 実験に用いた道路モデル

本研究では、先行研究 6と同様、走行結果の現況再現性が確認された複数の区間を、道路構造令・高速道路設計要領に準拠して設計した調整区間で結合した全長11.05kmの道路モデルを使用した(図1).

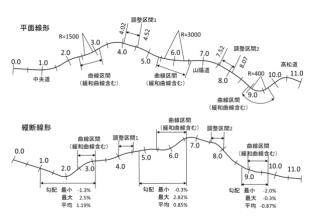


図 1 道路線形図

2.3 走行パターン

本研究では、被験者に、ACC 車両と ACC 機能を搭載していないマニュアル操作が必要な一般車両(以下、MD 車両)の2種類で走行してもらった。また、ACC 車両の混在比率は0%と50%とした。

自車両 (MD と ACC), および ACC 車両混在比率 (0% と 50%) の違いを組み合わせ, 表 1 に示すパターンで実験を行った. なお, 2018 年で行った実験では表 1 の全パターンを, 2019 年で行った実験では表 1 の M50 と A50 のパターンのみを実施した. 各パターンの被験者数も表 1 に示す. また, 本研究では, 先行研究ので構築した ACC 車両混在比率 0%と 50%の車列 (構成台数 50 台)を被験者車両前方に配置し,これに追従させた.

表1 走行パターン

パターン名	自車両	ACC車両混在比率	被験者数
М0	MD	0%	30
M50	MD	50%	54
A50	ACC	50%	54

2.4 周辺制御車両

本研究では、被験者の突発的な事象に対する反応を計測するため、DS に接続した PC (図 2 の赤丸) により、任意の周辺車両を制御した. 具体的には、各被験者に対し、隣接車線からの割り込み(以下、割り込み) や、前方車両の単独急減速(以下、急減速) を行った. なお、ACC 車両運転時は、急減速を行っても車間距離制御が働き、ブレーキペダルの操作が行われず、運転挙動の計測が困難と考えられたため、割り込みのみを実施した.



図2 DS に接続した PC

(1)割り込み・急減速を行う箇所

本研究では、**表1**に示した全パターンで割り込みを行うため、先に割り込みを行い、その後急減速を行った.

割り込みは中央道区間の0.8~2.0kpで行った.これは, 先行研究のにおいて,中央道区間の0.8~2.0kpでは,ACC 車両を運転することにより,運転者のストレス軽減が確認されているからである.

また、割り込みを 0.8~2.0kp で行うことで、周辺車両に対する運転者の警戒心が一時的に高まることを考慮し、急減速は山陽道区間(5.0~7.0kp)か高松道区間(8.5~10.0kp)で行うこととした。ここで、先行研究の結果から、高松道区間では「カーブ」に関する発話が多く、運転の注意力が高まっている可能性が示唆されている。よって、急減速は山陽道区間 6.0~7.0kp で行うこととした。

(2)割り込みの条件

先行研究 8のデータから,車線変更時後方ギャップ(以下,後方ギャップ)と車線変更車両と被験者が運転する後方車両(以下,自車両)の相対速度(図3)を算出し、それらを用いて,車線変更時のPICUD9を算出した.

- 車線変更時後方ギャップ d[m]
- 相対速度 v_r = v₀ v₁
 ただし、v₀: 車線変更車両速度
 v₁: 自車両速度

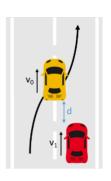


図3 車線変更時の後方ギャップと相対速度

ここで、PICUD が負値となり、かつ、自車両の運転者がブレーキペダルを踏んだケースを抽出し、この時の後方ギャップと相対速度の平均値を算出した(**表 2**).

表 2 先行研究 ®のデータから算出した 後方ギャップと相対速度

後方ギャップ[m]	相対速度[km/h]
8.8	-9.7

表 2 を踏まえ,実験時に割り込みを行う際には,後方ギャップ 9.0[m],相対速度 -10.0[km/h]となるよう,車両を操作した.

(3)急減速の条件

急減速は、先行研究6のデータのうち、ACC 車両が混在していない(ACC 車両混在比率0%)データを参照した。具体的には、 $6.0 \sim 7.0$ kp で最も大きい減速(減速度最大値6.7[m/s2])が生じた車両の速度推移(図4)を参照し、実験時にはこれを急減速として再現した。

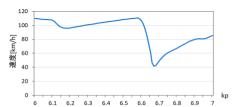


図4 最も大きい減速が生じた車両の速度推移図

2.5 実験手順

被験者には、まず個人情報の取り扱いや実験上の注意 事項を説明し、実験参加への同意書に署名・捺印頂いた. その後、DSの操作方法、走行コース、インストルメント パネルおよび以下のACC機能について説明を行った.

- ・ 前方車両が検知範囲内に存在しない場合,設定速度 を維持して単独走行となる (Cruising).
- ・ 前方車両が検知範囲内に存在し、その速度が設定速度よりも低ければ、車間距離を維持して前方車両に追従する (Following).
- ・ 運転者がアクセル・ブレーキを一定量以上踏み込ん でいる間は、ACC 機能よりも運転者の操作が優先 される (Override).

実験走行開始前の練習走行では、まず、DS操作に慣れてもらうことを目的とし、周辺車両が存在していない状況下で、被験者が慣熟したと申告するまでMD車両で走行してもらった。次に、周辺車両が存在する状況下で、再度MD車両で走行してもらった。この際、割り込みや急減速を発生させ、被験者に割り込みや急減速が走行中に起こりうるということを印象付けた。最後に、先述したACC機能の慣熟を目的として、周辺車両が存在する状況下で、ACC車両で走行してもらった。練習走行終了

後、視線を計測するアイカメラ(ナックイメージテクノロジー社製、EMR-9、以下、EMR)の装着を行った。その後、2018年で行った実験では表1に示した全パターンについて、2019年で行った実験では表1に示した M50と A50のパターンについて実験走行を行った。なお、走行順序に偏りが生じないよう、走行するパターンの順序は被験者ごとにランダムに入れ替えた。また、被験者の割り込みや急減速に対する警戒心を緩和させるため、割り込みや急減速を行わない走行を各パターンの間で実施した。実験走行開始前に、被験者に以下の条件を順守して走行するよう教示した。

- 前方車両の姿が見えなくなることがないよう,周囲の車両の流れに沿って追越車線を走行すること.
- ・ 側壁ガードレールや周辺車両に接触した場合は走行やり直しとなること.
- ・ 上記2点以外は、普段どおりの運転を心がけること.

3. 視点移動と反応時間による漫然状態評価

本研究では、同一被験者において、以下の比較条件で 漫然状態の評価を行う.

- ・ 自車両比較: M50 と A50 の比較
- 混在比率比較: M0と M50の比較

なお、ACC 車両の運転もしくは、ACC 車両が混在する状況でのMD車両の運転が漫然状態を誘発するか否かを把握することを目的としているため、自車両比較ではM50に対しA50のとき、混在比率比較ではM0に対しM50のときに漫然状態と判断できるかを確認する.

ここで、秋山らの既往研究10では、視点移動により漫然状態の可能性が見られる場合(3.1で詳述)で、かつ状況認識や危険回避などの運転パフォーマンスが低下(3.2で詳述)していれば漫然状態とすることができると示唆されている。本研究では、この既往研究の成果に準じて、上述した比較対で漫然状態の評価を試みる。

3.1 視点移動による漫然状態の可能性

既往研究10では、漫然状態を誘発させる目的で運転者にサブタスクを与えた結果、運転者の視点移動に以下のような傾向が見られることが確認されている.

- 傾向1:視点移動が頻繁になる
- 傾向2:傾向1が認められた後、視点移動が徐々に 減少していく

したがって、本研究でも上記と同様の傾向が見られるかを、室内走行実験で得られた視線データを用いて確認する。まず、0.8~2.0kpのうち、割り込み発生前までの区間で、停留点回数分布、停留点時間分布、停留時間頻度分布を作成し、それぞれの比較条件で傾向1が見られるかを確認する。傾向1が見られた被験者に対し、2.0~7.0kpの停留点回数分布、停留点時間分布、停留時間頻度

分布を 1.0kp 刻みで作成し、2.0kp 以降で傾向 2 が見られるかを確認する. なお、本研究における傾向 1、2 の判断方法を以下に記す.

傾向1に関しては、停留点回数分布と停留点時間分布の領域が増加する場合、あるいは、停留点回数分布と停留点時間分布の領域はほとんど変わらないが、停留時間頻度分布において、短い停留時間の割合が増加する場合、傾向1が見られると判断する.一方、傾向2に関しては、停留点回数分布と停留点時間分布の領域が一つ前の区間と比べて減少する、あるいは、ほとんど変わらない場合、傾向2が見られると判断する.

また,停留点回数分布と停留点時間分布の領域の増加・減少の評価は, x 方向の場合, 7.8[deg]を閾値として, 7.8[deg]以上の増加・減少が見られる場合, x 方向に増加・減少していると判断する. 一方, y 方向に関しては, 5.8[deg]を閾値として, x 方向と同様の方針で判断する.

上記の方針で視点移動の分析を行い、漫然状態の可能 性が見られた被験者を表3に示す.

以下では、視点移動の分析例として、ID18の自車両比較の結果を紹介する。図5は0.8~2.0kpの停留点回数分布、停留点時間分布、停留時間頻度分布、図6は0.8~2.0kpと1.0kp刻みにした2.0~7.0kpのA50の停留点回数分布を示している。表4は停留点回数分布の領域を、一つ前の区間と比較した結果を示している。なお、領域の増加・減少がほとんど見られない場合は、表4の「増加/減少」列に「一」を表示している。

図 5 から、M50 に対し A50 のときに停留点回数分布と停留点時間分布の領域が x 方向に 11.7[deg]増加しており、M50 に対し A50 のときに視点移動が頻繁になっていることが確認できたため、傾向 1 が見られると判断した.

次に、図6と表4から、2.0~3.0kp、3.0~4.0kp、5.0~

表 3 視点移動分析の結果

	自車両比較	混在比率比較	
漫然状態の 可能性が 見られた 被験者	16名 (ID7, 12, 18, 20, 22, 23, 28, 34, 35, 37, 38, 40, 43, 47, 49, 51)	4名 (ID2, 4, 20, 21)	
全被験者数	54名	30名	

表 4 停留点回数分布の領域比較結果 (自車両比較 ID18)

	×方向	y方向	増加/減少
2.0~3.0k	p -11.7	±0	減少
3.0~4.0k	p -7.8	±0	減少
4.0~5.0k	р 3.9	±0	-
5.0~6.0k	p -15.6	±0	減少
6.0~7.0k	p 11.7	2.9	増加

※x, y方向の単位は[deg]

6.0kp では領域の減少が見られる. また, 4.0~5.0kp では 領域はほとんど変わらない. 6.0~7.0kp では領域の増加 が見られるものの, 2.0~6.0kp では, 視点移動が徐々に減 少していることが確認できたため, 傾向 2 が見られると 判断した.

3.2 反応時間による運転パフォーマンス評価

川喜田らの既往研究 II)では、漫然状態を誘発させる目的で暗算タスクを負荷させたとき、通常運転時と比べ、ブレーキランプに対する反応時間が 0.25 秒以上増加したと示唆している。この結果に準拠し、本研究では、それぞれの比較条件でブレーキペダルを踏むまでの反応時間(以下、ブレーキ反応時間)が 0.25 秒以上遅れた場合、反応遅れとみなすこととした。

(1)自車両比較

A50 のときは急減速を発生させていないため、自車両 比較では割り込みに対するブレーキ反応時間のみを算出

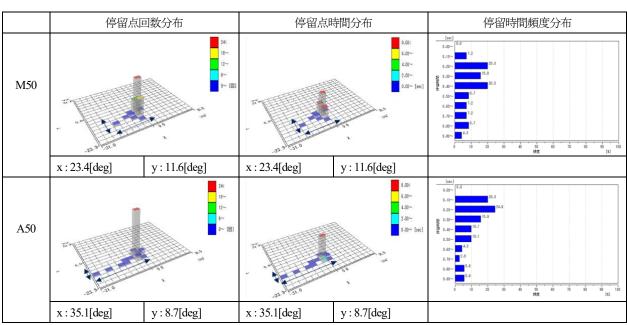


図 5 0.8~2.0kp の停留点回数分布,停留点時間分布,停留時間頻度分布(自車両比較 ID18)

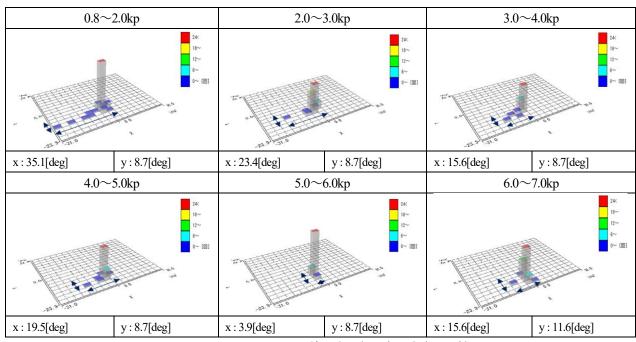


図 6 0.8~2.0kp と 2.0~7.0kp の停留点回数分布(自車両比較 ID18)

する. なお, 漫然状態の可能性が見られた 16 名のうち, 8 名の被験者 (ID7, 12, 18, 22, 23, 28, 37, 40) に関しては, ACC 車両運転, あるいは, MD 車両運転いずれかの場合で割り込みに対しブレーキペダルを踏まなかった. 表5では, ACC 車両, MD 車両の両方の運転時において, 割り込みに対しブレーキペダルを踏んだ 8 名の被験者 (ID20, 34, 35, 38, 43, 47, 49, 51) のブレーキ反応時間を示す.

表 5 から, 2 名の被験者 (ID38, 43) に割り込みに対する反応遅れが見られる. よって, ACC 車両を運転することによって, 漫然状態に陥っていると考えられる被験者はわずかではあるが確認された.

また、本研究では反応遅れとはみなされなかったが、M50 に対し A50 のときに反応時間の遅れが見られる被験者が 3 名(ID35, 47, 49)存在した.

一方,割り込みに対してブレーキペダルを踏まなかった8名の被験者に関しては,ACC 車両運転時の漫然状態を明らかにすることができなかった。これら8名の被験者に対し、ブレーキ反応時間に替わる新たな評価指標を確立する必要があり、4章でこれを検討する.

表 5 割り込みに対するブレーキ反応時間[s] (自車両比較)

	ID20	ID34	ID35	ID38
M50	1.38	1.51	1.47	1.28
A50	1.22	0.91	1.64	1.91
反応遅れ時間	-0.16	-0.60	0.17	0.63
	ID43	ID47	ID49	ID51
	1.10	1.27	1.45	1.85
	1.41	1.49	1.66	1.32
	0.31	0.22	0.21	-0.53

(2)混在比率比較

表6に割り込みに対するブレーキ反応時間,表7に急減速に対するブレーキ反応時間を示す.なお,表6では,割り込みに対してブレーキペダルを踏まなかった場合,「一」を表示している.

表6から、1名の被験者(ID21)のみ割り込みに対する反応遅れが見られた.一方、表7から、4名の被験者全員(ID2,4,20,21)に急減速に対する反応遅れが見られた.以上より、ACC車両が混在する状況では、MD車両運転時に、一定数が漫然状態に陥っていることが確認された.

表 6 割り込みに対するブレーキ反応時間[s] (混在比率比較)

	ID2	ID4	ID20	ID21
M0	-	-	1.54	1.96
M50	-	-	1.38	2.35
反応遅れ時間			-0.16	0.39

表7 急減速に対するブレーキ反応時間[s] (混在比率比較)

	ID2	ID4	ID20	ID21
M0	1.81	2.58	3.43	1.57
M50	2.51	3.47	3.95	1.83
反応遅れ時間	0.70	0.89	0.52	0.26

4. 瞬目による漫然状態評価の可能性検討

本章では、ブレーキ反応時間に替わる新たな指標として、漫然と近い概念である覚醒水準低下に着目し、この指標でかつ、既往研究が存在する瞬目を用いて漫然状態を評価可能か検討する.

ここで、瞬目には個人差があり、時間に伴う変動が大

きいため、既往研究に準拠し12,評価指標には各被験者の基準瞬目回数を用いて基準化した瞬目率を使用する. 以下に定義を示す.

- 瞬目回数(回/30 秒): 走行中 30 秒間における瞬目
 回数
- 基準瞬目回数(回/30秒):各被験者1走行目の走行 開始から30秒間の瞬目回数
- 瞬目率: (瞬目回数) / (基準瞬目回数)

なお,瞬目率が大きくなると覚醒水準が低下すること が示唆されており 13,本研究もその考えに基づくものと する.

瞬目により漫然状態評価を行うために、まず、視点移動と反応時間に基づく漫然状態評価と瞬目に基づく覚醒水準評価の関連性を混在比率比較(M0と M50の比較)データを用いて考察する.

4.1 漫然状態である運転者の覚醒水準評価

前章で混在比率比較において漫然状態が確認された 4 名の被験者 (ID2, 4, 20, 21) を対象とし、瞬目により 覚醒水準低下が見られるかを確認する。まず、各被験者 の走行を 30 秒単位の時間区分に分割し (今回は 15 の時間区分に分割), それぞれの時間区分で瞬目率を算出した. 本研究ではこれ以降、それぞれの比較条件で、瞬目率を 算出した 15 時間区分のうち、3 分の 2 (10 時間区分) 以上、瞬目率が大きくなる場合を覚醒水準低下とする.

上述の基準で判定した結果, 3 章で漫然状態が確認された被験者4名のうち3名 (ID2, 4, 21) について, M0 に対しM50 の場合に, 覚醒水準の低下が見られた. 図7 は ID2 の瞬目率推移を示している. この結果から, 漫然状態であるならば, 覚醒水準が低下するという関係性が示唆されたと考える.

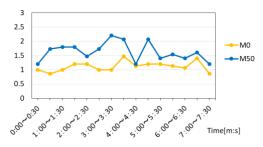


図7 混在比率比較における ID2 の瞬目率推移

4.2 覚醒水準が低下する運転者の漫然状態評価

本節では、瞬目に基づき覚醒水準が低下していると評価された場合、漫然状態と判断できるのかを考察する.まず、M0と M50の全被験者30名を対象として、15時間区分瞬目の分析を行ったところ、8名の被験者(ID2、4、5、17、19、21、25、30)に関して、M0よりも M50の時に覚醒水準が低下することが確認された.次に、この8名の被験者に対し、視点移動により漫然状態の可能性が見られるかを確認する.

ここで,各被験者,視点移動分析を行う範囲を決めるにあたり,範囲の起点・終点となる時間区分を以下のように定める.

- ・ 起点:瞬目率が一つ前の時間区分から減少し,一つ 後の時間区分で増加する点の中で,最も瞬目率が大 きい点とする.
- ・ 終点:起点以降を対象とし、瞬目率が一つ前の時間 区分から減少し、一つ後の時間区分で増加する点の 中で、起点に最も近い点とする.

なお,ID2 (**図7**) では,起点が $2:00\sim2:30$,終点が $4:00\sim4:30$ の時間区分となる.範囲設定後,起点となる時間区分で傾向 1,起点の次の点から終点までの時間区分で傾向2 が見られるかを確認する.

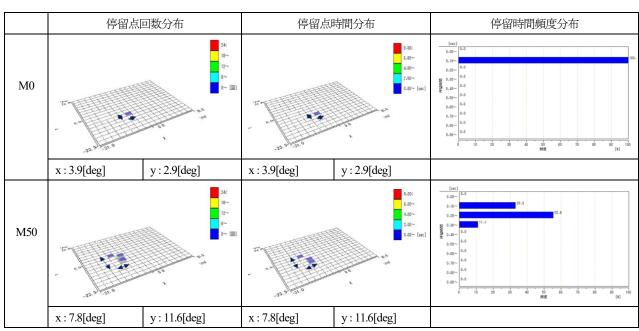


図8 起点となる時間区分の停留点回数分布. 停留点時間分布. 停留時間頻度分布(混在比率比較 ID2)

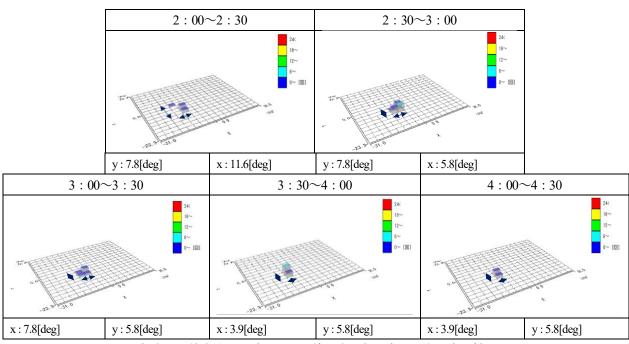


図 9 起点から終点までの時間区分の停留点回数分布(混在比率比較 ID2)

上記の方針で分析を行ったところ、漫然状態の可能性が見られた被験者は4名 (ID2, 4, 17, 21) であった. 図8に ID2 の起点における停留点回数分布、停留点時間分布、停留時間頻度分布を示し、図9に同じく ID2 の起点から終点までの時間区分における M50 の停留点回数分布を例示する. また表8に停留点回数分布の領域を、一つ前の時間区分と比較した結果を示す.

図8から、M0に対しM50のときに停留点回数分布と停留点時間分布の領域が x 方向に $3.9[\deg]$, y 方向に $8.7[\deg]$ 増加していることから、傾向 1 が見られると判断した。また、図9と表8から、 $2:30\sim3:00$ の時間区分では領域の減少が見られるが、 $3:00\sim4:30$ のいずれの時間区分も領域はほとんど変化しなくなる。したがって、視点移動が徐々に減少しており、傾向 2 が見られると判断した。

最後に, 4名の被験者 (ID2, 4, 17, 21) に対し, 運転パフォーマンスの評価を行う. なお, 4名の被験者とも,

表 8 停留点回数分布の領域比較結果 (混在比率比較 ID2)

	x方向	y方向	増加/減少
2:30~3:00	±0	-5.8	減少
3:00~3:30	±0	±0	-
3:30~4:00	-3.9	±0	-
4:00~4:30	±0	±0	-
※x, y方向の単位は[deg			

表 9 急減速に対するブレーキ反応時間[s] (混在比率比較)

	ID2	ID4	ID17	ID21
M0	1.81	2.58	0.49	1.57
M50	2.51	3.47	2.25	1.83
反応遅れ時間	0.70	0.89	1.76	0.26

傾向 1,2 が見られた時間区分範囲内で急減速が行われていたことから、急減速に対するブレーキ反応時間を算出する (表 9).

表9から、4名の被験者全員に反応遅れが見られた. よって、覚醒水準の低下が見られた被験者8名中4名で、 漫然状態であることが確認された.

以上の結果から、覚醒水準が低下している場合、漫然 状態に陥っているという関係、つまり 4.1(1)で示した関 係の逆についても、ある程度示すことができたと考えら れる.しかし、瞬目で漫然状態が評価できると判断する には、サンプルを追加した上で、精査が必要である.

5. 瞬目による ACC 車両運転時の覚醒水準低下の評価

本章では,自車両比較 (M50 と A50 の比較) において, 全被験者 54 名を対象として,瞬目の分析により,覚醒水 準低下の評価を行う.

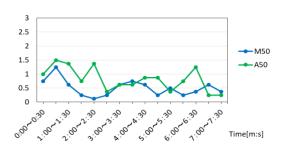


図 10 自車両比較における ID22 の瞬目率推移

分析の結果,全 15 時間区分のうち 3 分の 2 以上の時間区分で M50 に対し A50 のときに瞬目率が大きくなった被験者は 24 名(ID1,2,4,7,11,12,19,21,22,23,24,29,32,33,34,35,36,37,39,40,41,46,

47, 50) であり、44%に覚醒水準の低下が見られた. **図** 10 に ID22 のケースを例示する.

4 章で述べた通り、瞬目によって示される覚醒水準低下は漫然状態に繋がる可能性が高い. 本章の結果と併せて考えれば、ACC 車両運転時には、漫然状態に陥ってしまう可能性が高いことが示唆されたと考えられる.

6. 結論

本研究では、ACC 車両を運転するとき、あるいは、ACC 車両が混在した交通流を一般車両で運転するときの、運転者の漫然状態の把握を試みた. 以下に、本研究で得られた成果を示す.

- ・ 既往研究 100成果に準じた視点移動と反応時間の分析により、ACC 車両が混在する状況では、一般車両運転時であっても漫然状態に陥っていることが確認された.一方、ACC 車両運転時に関しては、割り込み時にブレーキペダルを踏まなかった被験者が多数存在したこともあり、上述の方法では、漫然状態を明らかにすることができなかった.
- ・ 反応時間に依らず漫然状態を評価する指標として、 漫然と近い概念である覚醒水準低下に着目し、この 指標でかつ、既往研究が存在する瞬目を用いて漫然 状態を評価可能か検討した。結果として、漫然状態 であるならば、覚醒水準が低下するという関係性を 示すことができた。一方、覚醒水準低下であるなら ば漫然状態であることを評価するためには、サンプ ルを追加した上で精査が必要である。
- ・ 瞬目に基づく覚醒水準低下を評価した結果,ACC 車 両運転時に覚醒水準低下が起こる場合が多いこと が確認された. 瞬目によって示される覚醒水準低下 は漫然状態に繋がる可能性が高いことと併せて考 えれば,ACC 車両運転時には,漫然状態に陥ってし まう可能性が高いことが示唆されたと考えられる.

参考文献

- 1) 首相官邸:官民ITS 構想・ロードマップ 2019, 2019.
- 2) 国土交通省:運転支援技術・自動運転技術の進化と普及, http://www.mlit.go.jp/common/001213451.pdf (2020.01.15 アクセス)
- 3) 西村友佑・藤田敦・廣森聡仁・山口弘純・東野輝夫・ 諏訪晃・浦山博史・竹嶋進・高井峰生:自動運転車 両と従来車両の混在が相互の走行にもたらす影響の

- 検討, 情報処理学会研究報告, ITS-68(3), 2017.
- 4) 寺嶋修平・田中伸治・白石智良・中村文彦・三浦詩乃: 手動運転と自動運転が混在する状況を想定した織り込み区間における車両制御アルゴリズムの開発, 土木学会論文集 D3 (土木計画学),73(5),p.1_1065-1 1072,2017.
- 5) A-M. Brouwer, A. Snelting, M. Jaswa, O. Flascher, L. Krol, T. Zander: Physiological Effects of Adaptive Cruise Control Behaviour in Real Driving, BCIforReal '17: Proceedings of the 2017 ACM Workshop on An Application-oriented Approach to BCI out of the laboratory, p.15-19, March 2017.
- 6) 飯田克弘・淺田真敬・多田昌裕・筑後智弘・西田将 之・安時亨・澤田英郎: ACC 車両が混在する高密度 交通流の挙動と運転者挙動への影響, 交通工学論文 集, 5(2), A 80-A 89, 2019.
- 7) 警察庁: 平成30年中の交通死亡事故の発生状況及び 道路交通法違反取締り状況等について,2019.
- 8) 飯田克弘・和田崎泰明・多田昌裕・筑後智弘・安時 亨・澤田英郎・紀ノ定保礼: ACC 車両の混在比率が 異なる交通流の安全性・円滑性評価, 交通工学論文 集, 4(1), A 238-A 245, 2018.
- 9) 飯田恭敬・宇野伸弘・井坪慎二・菅沼真澄:織込み 部におけるコンフリクト分析と車線変更のモデル化, 土木計画学研究・講演集,24(1),p.305-308,2001.
- 10) 秋山知範・稲垣敏之・古川宏・伊藤誠: 視点移動の 解析によるドライバの漫然状態検出, ヒューマンイ ンターフェスシンポジウム論文集, 1, p.345-350, 2005.
- 11) 川喜田英士・阿部喜・宮武秀樹・小栗宏次:ドライビングシミュレータを用いた追従走行時における暗算タスクがドライバの生体信号及びペダル操作に及ぼす影響評価,電子情報通信学会技術研究報告.ITS, 107(556), p.53-58, 2008.
- 12) 飯田克弘・小川清香・Dao QuynhAnh: 高速道路工事 規制区間における運転者の前方不注視と走行環境・ 車両挙動との関連性分析, 土木計画学研究・論文集, 26, p.847-854, 2009.
- 13) 桶谷哲也・加藤光博・高野博史・中村清実: 瞬きと 脳波および皮膚電位との相関解析による居眠り判定 基準の検討,電子情報通信学会技術研究報告.MBE, 107(72), p.17-20, 2007.