

注意散漫状態の検出に向けたドライバ身体情報の分析 Driver Body Information Analysis for Distraction State Detection

佐藤 和人* 勝又 健太郎* 伊藤 桃代** 間所 洋和* 門脇 さくら***
Kazuhiro Sato Kentaro Katsumata Momoyo Ito Hirokazu Madokoro Sakura Kadowaki

1. まえがき

日本国内の交通事故による死亡者数が最も多いのは歩行者事故であり、平成 22 年度は、死亡事故全体の 32.5% を占めている¹⁾。また、自転車事故は死亡に至る割合は低いものの、年間 15 万人以上が死傷しており、死傷者全体の 20.9% を占めている²⁾。最近の調査結果でも死傷者数は減少傾向にはあるが、依然として深刻な状況が続いている³⁾。交通事故のほとんどがヒューマンエラー（人的事故要因）によるものではあるが、科学的なデータに基づいて、どのような場面で、どのような過程で、どのようにヒューマンエラーが発生し、事故に結びついているかの議論は比較的少ない。加えて、これまで検討が進められている交通事故を未然に防ぐ予防安全システムの機能や性能は、平均的なドライバには対応可能であるものの、個々のドライバの運転状態に即して、適応的に対応することができていない。

一方、ドライバが急ブレーキや急ハンドルといった回避操作を取った時の加速度をトリガとして、トリガ発生前後の車両前方映像、ドライバ映像、車速や加速度等の運転操作情報はヒヤリハットデータとして記録され、事故及び事故一歩手前の事例としてデータベース化が進んでいる。その中でも自動車技術会では、約 4 万件に及ぶ世界最大規模のヒヤリハットデータベース（HHDB）を構築している⁴⁾。更に興味深い点は、ヒヤリハットとドライバ行動特性の関連付けが行なわれ、ヒヤリハット遭遇時のドライバの心身状態として「焦り・イライラ」と「注意力低下（注意散漫）」が注目されている。

本研究では、運転タスクと暗算タスクを同時遂行する「注意散漫状態」を模擬した走行実験を行ない、交差点進入時に遭遇するヒヤリハットと運転状態の差異による安全確認行動の特徴を解明する。具体的には、ヒヤリハット遭遇前後における視線と顔向きの時系列変化に着目し、交差点進入時の注視行動と一時停止後の安全確認行動に時間区分した分析を通して、注意散漫状態を特徴付ける行動パターンを抽出し、危険運転予測モデルの構築に向けた知見の獲得を目指す。

2. 関連研究

事故統計によると、出会い頭事故が多く発生する無信号交差点では、出会い頭事故におけるヒューマンエラーの約 3/4 が認知性の注意散漫状態による安全不確認であることが指摘されている。ドライバの事故要因と検出指標を図 1 に示す。歩行者が死亡に至る事故要因の 35% は漫然運転で、ドライバの覚醒程度により「注意散漫状態」

と「疲労状態」に分類され、注意散漫状態の検出指標は、生理情報と身体情報の一部に限定される。ドライバの疲労状態の推定技術として、車載カメラで捉えた顔向きや顔の状態（瞬き・瞼開度）から注意力や覚醒度を検知する手法⁵⁾⁶⁾、車両挙動からドライバの覚醒度低下を検知する手法⁷⁾がそれぞれ実用化されつつある。最近では、わき見運転や注意散漫状態の予兆検出に向けて視線の動きを検知・利用する研究開発も精力的に進められている⁸⁾⁹⁾。また、運転時の表情変化を扱った研究事例としては、ドライバの疲労計測の試みの中で、疲労度と第三者による顔表情評定値との関係性を扱った研究¹⁰⁾¹¹⁾が報告されており、それぞれ顔表情評定との相関が高くなるような工学的工夫が試みられている。

認知性の注意散漫は、ドライバの内部状態に起因するため外部からの観測が困難で、その推定方法は未だ確立されていない。注意散漫の検出手法は数多く提案されており¹²⁾、計測するモダリティに基づいて 4 種類に分類される¹³⁾。ドライバの「主観評価」と「生理情報」は、ドライバの負担を考慮すると実際の運転状況への適用は現実的ではない。また、危険に直接的に関与するハンドルやブレーキ操作などの「操作情報」は、注意散漫状態を検出した後にドライバに通知しても、危険回避に間に合わない可能性を有する。本研究で扱う注意散漫状態とは、注意資源が分散している「考え事状態」、「ぼんやり状態」、時間的制約下の運転タスクによる「焦り・イライラ状態」である。考え事状態については阿部ら¹⁴⁾が、ぼんやり状態については本間ら¹⁵⁾が、それぞれの状態における実験的検証を進めており、周囲状況の変化の見落としや発見遅れが発生し易い特徴的な場面の存在を確認している。

以上の点を踏まえ、本研究では、ドライバへの負担が少ない「身体情報」の指標を採用し、非接触・非拘束的な計測手段で取得可能な身体情報（頭部姿勢・顔向き・表情・視線）の中でも顔向きと視線に着目する。交差点進入時に遭遇するヒヤリハットとドライバの運転状態の関係性を解明するために、ヒヤリハット遭遇前後における顔向きと視線の時系列変化に着目した注視行動と安全確認行動の分析を通して、注意散漫状態を特徴付ける行動パターンの抽出を試みる。

3. 実験手法

3.1 実験システム

人間の運転行動は多くの人が毎日行なっているが、環境における道路上での実際の行動から、個人の運転行動特性を明らかにするためには多くの困難が伴う。例えば、運転行動はその時の道路環境や交通状況によって変化するものであり、実際の道路上では、その環境条件や交通状況を一定に保ち再現することができない。そのため、例え行動がばらついていても、それが交通状況の違

* 秋田県立大学, Akita Prefectural University

** 徳島大学, Tokushima University

*** Smart Design 株式会社, Smart design Corp.

Cause of pedestrian fatal accidents / Detection index		Vehicle behavior	Operating information of driver	Physiological information of driver	Physical information of driver
Careless driving 35%	Distraction (Poor allocation of attentional resource) ・ Thinking-state ・ Blankly-state ・ Frustrated-state				
	Fatigue (Reduced state of arousal level) ・ Drowsiness ・ Snooze	Following distance Lane deviation Wobble	Brake Accelerator Handle	Pulse Heart rate EEG	Blink Eyelid opening Face orientation Head pose Facial expression
Inattentive driving 35%					Eye-gaze movements

Fig. 1 Detection metrics and factors of vehicle accidents.

いによるばらつきなのか、個人の中でのばらつきなのかを明確に区別することはできない。本研究では、運転行動に影響を与える道路環境や交通状況を自由に設定して、それに対する運転行動を計測可能なドライビングシミュレータ(Driving Simulator: 以後 DS と略記する)を用いる。図 2 に実験システムの構成を示す。実験で用いた DS は、普通車と同程度の操作機器を具備したコンパクトで 6 軸モーション対応のプラットフォーム (SUBARU 型) で、キャビン前方にカラー液晶モニタ 3 画面を有し、水平視野角を自由に設定可能な疑似運転環境が再現できる機能を有する。また、図 2 に示すように、ドライバの身体を拘束せずに頭部・顔向き・視線を計測するために、キャビン前方中央の液晶モニタの左右にカメラヘッドを、キャビン前方計測器の上部に赤外線ポッドを設置した。ここで、左右のカメラヘッドと赤外線ポッドは、頭部・視線追跡装置 (FaceLAB) の入力系センサである。なお、複数の被験者による予備試験走行を通して、ステレオカメラヘッド及び赤外線ポッドの設置が運転時の視認性の妨げにならないことを確認している。さらに、ドライバの表情を撮影するために、キャビン前方中央の液晶モニタの上部に USB カメラ (Xtion pro Live) を設置した。

3.2 実験プロトコル

運転集中状態とは、運転タスクのみを遂行する運転状態を表す。一方、注意散漫状態とは、運転タスクと簡単な暗算タスクを同時遂行する考え事状態を模擬した運転状態と定義する。実験で用いた暗算タスクは、安部ら¹⁴⁾が実施した実験内容を参考に一桁同士の足し算を 3 秒間隔でドライバに提示し、暗算結果は口頭で回答するように教示した。なお、走行中、各暗算に対する正誤結果については、ドライバに通知しないこととした。初めに、各被験者の個人特性として、運転に取り組む態度、志向、考え方を運転スタイルチェックシート¹⁶⁾、どのような種類の運転負担を強く感じるかを運転負担感受性チェックシート¹⁷⁾を用いて質問紙方式の検査を実施する。1 回の走行実験は、生体情報として心拍計 (RS800CX) を被験者に装着し、事前に平常時における 1 分間の瞬時心拍数を計測する。次に、被験者の顔向きと視線の計測精度を向上させるために頭部・視線追跡装置 (FaceLAB) のカメラ校



Fig. 2 Experimental system for measuring driver behaviors.

正を行なう。なお、被験者の表情を撮影するための USB カメラ (Xtion pro Live) で運転時の顔動画を同時に記録する。これら事前準備の後、各計測装置の時間軸を同期させて、3.3 で後述する走行シナリオに沿ってコースを 3 周する。最後に、交差点で発生する事象に着目した問診表を用いて、ヒヤリハットに遭遇した際の主観評価 (4 段階評価) も実施した。なお、全ての被験者に対して、秋田県立大学研究倫理審査会の承認を得た後、事前に実験内容を十分説明し、被験者の自由意志により書面により実験参加の同意を得た。特定の被験者からは、実験参加の同意と併せて顔画像掲載の許諾に関する同意も得ている。

3.3 ヒヤリハットと走行シナリオ

走行ルートと自転車の飛び出しを想定したヒヤリハットの定義を図 3 に示す。走行ルートは、共同研究を実施している徳島大学常三島キャンパス周辺の無信号交差点を模擬した周回コースを作成し、図中の交差点 1 及び交差点 2 を対象に、2 種類の自転車の飛び出しルートを設定した。交差点 1 では、自転車が自車の前方右側から出現し、左側へ横断するルート (以後ルート 1 と定義する) に設定した。交差点 2 では、自転車が自車の前方左側から出現し、自車の進路を妨害するように右側へ横断するルート (以後ルート 2 と定義する) に設定した。走行ルートは、キャンパス正門をスタートに交差点 1 から交差点 5 の順に走行する。なお、交差点 1 及び交差点 2 は、見通しの悪い無信号交差

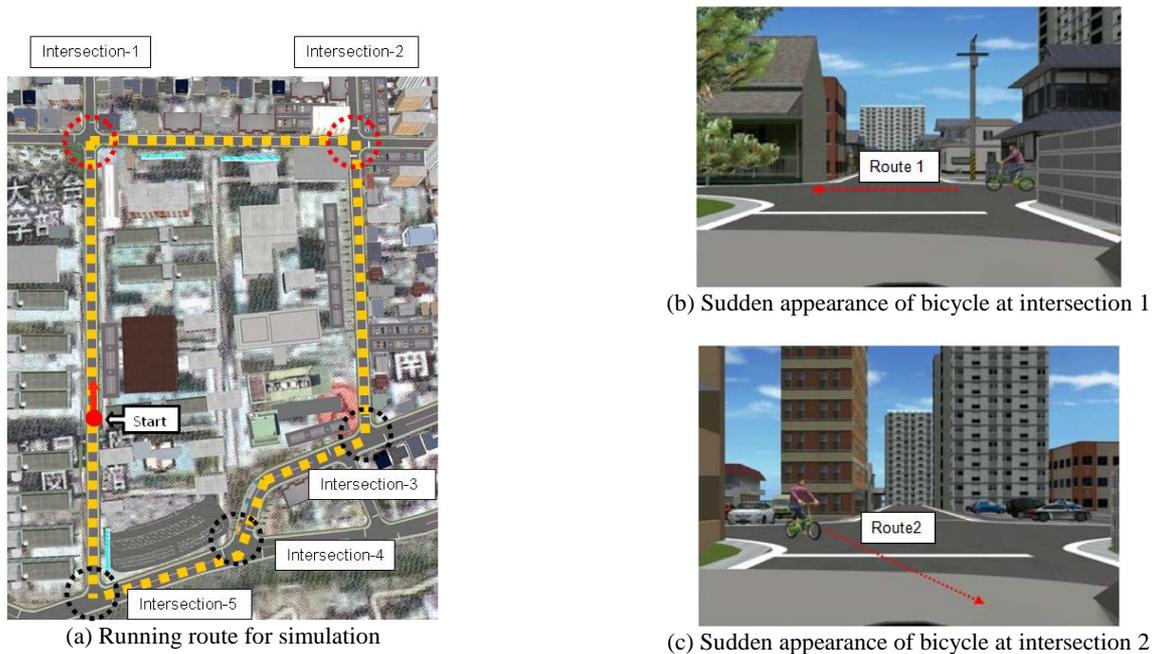


Fig. 3 Simulation course with near-miss events of two types (Route 1 / Route 2).

点である。

次に、走行シナリオの概要を以下に示す。基本の走行シナリオは、前述した走行ルートを3周するもので、1周目と3周目はヒヤリハット無し、2周目は交差点1でルート1の自転車の横断が発生し、交差点2でルート2の自転車の飛び出しが発生するようにヒヤリハットの制御を行った。その他の交通流として、交差点1で対向車の直進、交差点2と交差点3では自転車前方を自動車横断するように交通流を制御した。前述の基本走行シナリオをベースに、天候(晴れ/雨)と時間帯(昼/夜)をそれぞれ変化させ、晴れ昼/雨昼/晴れ夜/雨夜の4種類の走行環境を用意した。

4. 実験結果と考察

走行実験では、運転タスクのみを遂行する運転集中状態と運転タスクと暗算タスクを同時遂行する注意散漫状態の2種類を実施した。3.3で記述した走行シナリオをベースに、天候と時間帯を変化させた4種類の走行環境について、1つの走行環境で同じ走行ルートを3周する実験を行った。また、走行環境は、晴れ昼/雨昼/晴れ夜/雨夜の順に変更し、すべての被験者に対して同一とした。被験者は、すべて普通自動車第一種運転免許を有する本学の学生で、その内訳は、男子学生10名(C, D, E, H, I, J, K, L, M, N)、女子学生2名(F, G)である。なお、走行実験に際しては、一時停止など道路交通法に基づく交通ルールと制限速度を守って運転するよう指示を与えた。

4.1 ヒヤリハットの間診結果と心拍変動の分析

ヒヤリハットに対する間診結果に注目すると、ルート1として定義した「自転車の横断」に対する驚きの程度は低いが、ルート2として定義した「自転車の飛び出し」に対する驚きの程度は高い値を示している。ルート1の結果

は、交差点に進入し右折しようとする自転車と自転車の横断するタイミングの微妙なズレが影響しているものと考えられる。すなわち、右折行動に入る前に自転車の横断を視認できているため、驚きの程度が低くなったものとする。一方、ルート2の結果は、交差点に進入し右折しようとする自転車の進路を妨害するルートで自転車の飛び出しが発生するため、各被験者共に驚きの程度が高い値を示したものとする。

正常時における心拍間隔(RRI: R-R Interval)は周期的に変動していることが知られており、様々な生体のフィードバックメカニズムが関係している。ここでは、無信号交差点で遭遇するヒヤリハットが、ドライバーの心理状態にどのように影響しているかをRRIの観点から定量的に分析する。すなわち、3.3で定義した2つのルートの自転車の飛び出しが、ドライバーの緊張状態を反映している自律神経系(心臓交感・副交感神経)の活動バランスに対して、どのように影響を与えているかを解析する。被験者CのRRI時系列を周波数解析したパワースペクトルについて、心臓交感・副交感神経の活動バランスの分析観点から0.15~0.40[Hz]の高周波成分(HF: High Frequency)と0.04~0.15[Hz]の低周波成分(LF: Low Frequency)に着目する。副交感神経活動の指標として多くの研究で利用されているHF値は、1周目に比べて、ヒヤリハット遭遇時の2周目の値が交差点1及び交差点2共に減少傾向が見られた。そこで、RRIから得られる複数の指標であるHF値、LF値、LF/HF値、及びRRIの変動係数(CV: Coefficient Variation)値に関して、交差点毎に纏めたものを表1に示す。RRIの変動係数であるCV-RRIは、ストレスや緊張感が高まると値が小さくなる研究が報告されている¹⁸⁾。交差点1の自転車の横断(ルート1)では、1周目のCV-RRI値が0.058、2周目のCV-RRI値が0.057と変化が確認できない。一方、交差点2の自転車の飛び出し(ルート2)では、1周目のCV-RRI値が0.096、

Table 1 Frequency analysis and coefficient of RRI variation
(Subject C : daytime on a sunny day).

	Intersection-1			Intersection-2		
	First round	Second round	Third round	First round	Second round	Third round
CV-RRI	0.058	0.057	0.043	0.096	0.060	0.058
HF (ms ²)	10,667	7,040	8,782	16,908	8,440	8,815
LF (ms ²)	138,548	143,688	137,144	139,233	141,548	141,791
LF/HF	12.99	20.41	15.62	8.23	16.27	16.09

HF (High Frequency): 0.15~0.40 [Hz]
 LF (Low Frequency): 0.04 ~ 0.15[Hz]
 CV-RRI (Coefficient of variation - RRI)

2周目の CV-RRI 値が 0.060 と僅かではあるが減少が認められる。更に、交感神経活動を反映する指標として一般的な LF/HF 値に着目すると、交差点 1 では 1 周目が 12.99、2 周目が 20.41、交差点 2 では 1 周目が 8.23、2 周目が 16.27 であり、交差点 1 及び交差点 2 共にヒヤリハット遭遇前後で明確な上昇が確認できる。LF/HF 値は、一般的にストレスや緊張感が高まると値が増加することが報告されている研究¹⁹⁾と、一方で、違いは認められるものの個人差が大きいため利用には慎重な対応が必要であるとの報告も有る²⁰⁾。

次に、交差点 1 と交差点 2 の問診結果を基に全被験者を「驚いた群」と「驚かなかった群」に分類し、運転集中状態と注意散漫状態における心拍変動の分散分析を試みた。その結果、交差点 1 及び交差点 2 共に、各運転状態における CV-RRI と LF/HF 値に優位差は認められなかった。ヒヤリハットの問診結果と心拍変動に相関が認められなかった主な理由として、ヒヤリハットに対する生体反応は個体差が大きく、かつドライバ個々の運転特性や負担感受性に左右され易いためと推察する。

4.2 視線と顔向きの散布図による運転状態の分析

図 4 及び図 5 は、交差点 2 で発生するヒヤリハット（自転車の飛び出し）遭遇時における視線と顔向きの散布図を示している。なお、散布図の位置情報は、キャビン前方に設置したカラー液晶モニタ 3 画面を 1 つのスクリーンとした 2 次元座標系 (X, Y) で表現されており、スクリーンの中央を原点 (0, 0) にメートル単位で表示している。図 4 は運転集中状態における散布図、図 5 は暗算タスクを同時遂行するよう指示した注意散漫状態での散布図である。図中の (a) と (b) は交差点進入から一時停止までの区間（区間 1）、(c) と (d) は一時停止から右折完了までの区間（区間 2）の結果である。区間 1 の散布図からは交差点進入時の特徴的な注視行動、区間 2 の散布図からは交差点における特徴的な安全確認行動を分析できる。注視行動を特徴付ける区間 1 の結果に着目する。図 4-(a) の運転集中状態では、自車の進路前方左側から飛び出した自転車を視認し、その後自転車の進路を追跡する様子が、視線の散布図がスクリーン中央から右側に連続した軌跡を形成している点から読み取れる。一方、図 5-(a) の注意散漫状態では、視線の散布図がスクリーン中央部に集中し、局所的に形成されているに過ぎない。また、この散布図か

らは、ドライバが自転車の飛び出しを視認し、追跡する様子を確認できない。すなわち、交差点進入時に暗算タスクを同時遂行することにより、自転車の飛び出しに対する視認遅れが発生したためと推察する。

次に、安全確認行動を特徴付ける区間 2 の結果に着目する。図 4-(d) の運転集中状態では、一時停止後の安全確認行動が自転車の飛び出しが発生した交差点の左側に集中している様子が、顔向きの散布図がスクリーン中央に集中しつつ左側に連続した軌跡を形成している点から読み取れる。一方、図 5-(d) の注意散漫状態では、一時停止後の安全確認行動が交差点の左側だけでなく、右側へも集中している様子が、顔向きの散布図がスクリーン中央から左右に連続した軌跡を形成している点から読み取れる。この結果は、図 4-(d) の運転集中状態の安全確認行動より入念に安全確認を行っていることを示唆している。なお、この走行実験では、自転車の飛び出しに対する発見遅れから、自転車との接触事故が発生している。すなわち、区間 1 における接触事故を契機に、注意散漫状態から運転集中状態に無意識に移行した結果、区間 2 における左右の安全確認行動がより入念に遂行されたものと考えられる。なお、接触事故後の当該交差点における暗算タスクの回答率が著しく低下していたことから、一時的に運転タスクに集中したものと推察する。

更に、自転車の飛び出しに関する時間軸をミクロ的観点から絞り込み、飛び出しの視認開始から追跡終了までの視線と顔向きの時間関係性を分析する。運転集中状態における視認開始から追跡終了までの視線と顔向きの散布図を図 6 に示す。顔向きの散布図に比べて視線の散布図が広範囲に点在しており、顔向きに先行して視線を制御し注視対象を探索の様子が視える。そこで、視認開始から追跡終了までの時間軸を細分化し、視線と顔向きが散布図にプロットされるタイミングに着目して分析した。視線のみが先に散布図上に現れた結果を図 7 に、視線と顔向きが同時に現れた結果を図 8 に示す。なお、図中 (a) は自転車の飛び出しシーンの映像、(b) は対象シーンにおける視線の散布図、(c) は顔向きの散布図である。図 7 から理解できるように、自転車の飛び出しが最初に視認されたと考えられるタイミングでは、顔向きの散布図に変化が見られない。その後、図 8 では、視線と顔向きが一致した散布図が確認されており、このタイミングで初め

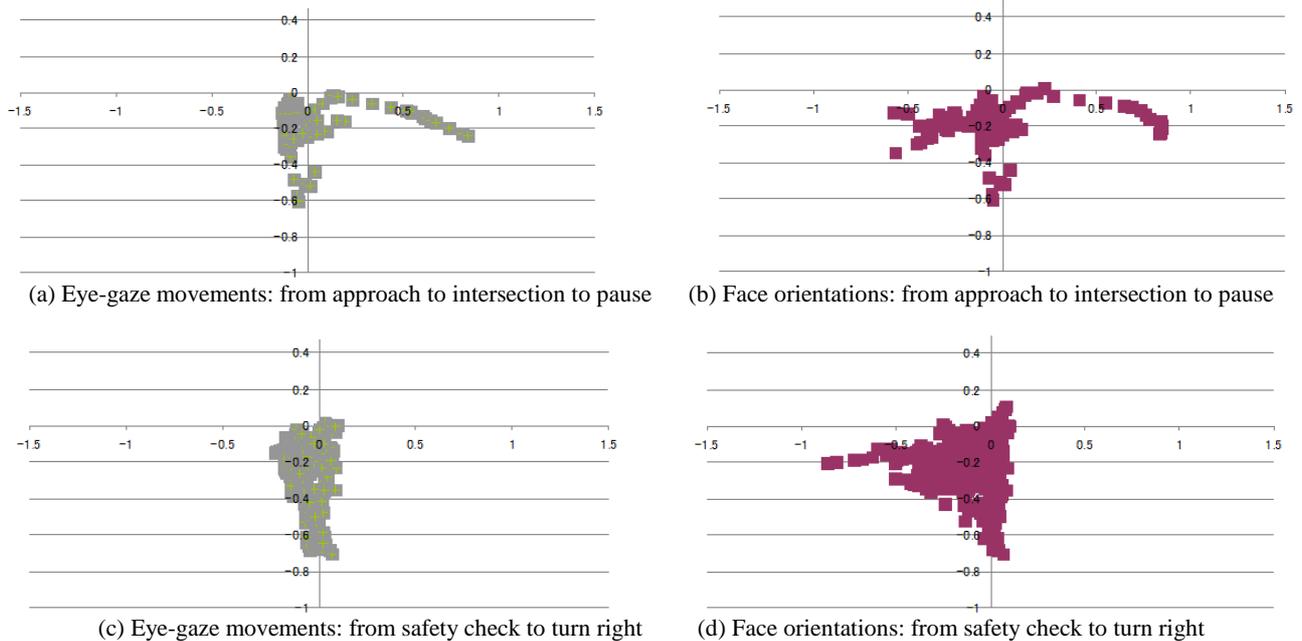


Fig. 4 Sudden appearance of bicycle at intersection 2 in concentration state on driving (daytime on a sunny day).

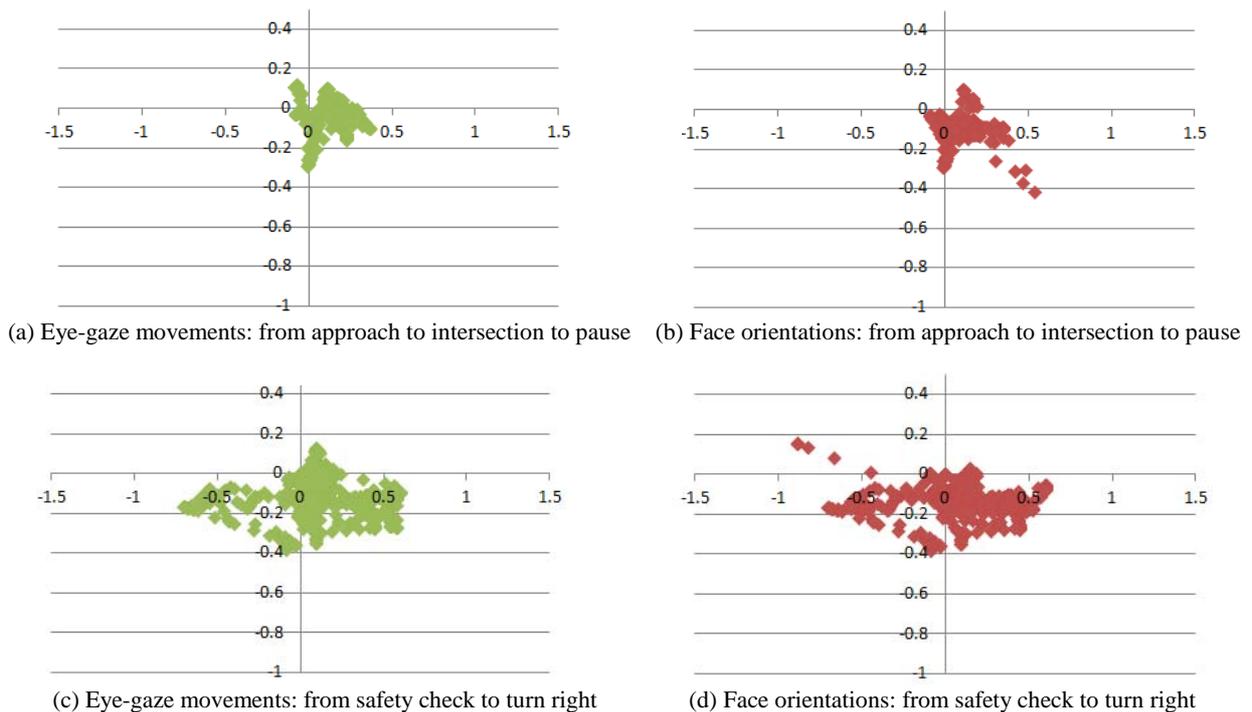


Fig. 5 Sudden appearance of bicycle at intersection 2 in distraction state on driving (daytime on a sunny day).

て自転車の飛び出しに注視し追跡しているものと考えられる。

4.3 視線の時系列変化による運転状態の分析

図 9 及び図 10 は、交差点 2 で発生する自転車の飛び出しに遭遇した際の視線の時系列変化を示している。図 9 は運転集中状態における視線の時系列変化、図 10 は注意散

漫状態での視線の時系列変化である。ここでは、4 種類の走行環境の中で視認性が最も良い「晴れ昼」と視認性が最も悪い「雨夜」に着目した。図中の(a)は晴れ昼の区間 1、(b)は雨夜の区間 1 の結果で、何れも交差点進入時における注視行動の時系列変化を表現している。図 9 の運転集中状態と図 10 の注意散漫状態を比較すると、運転タスクの

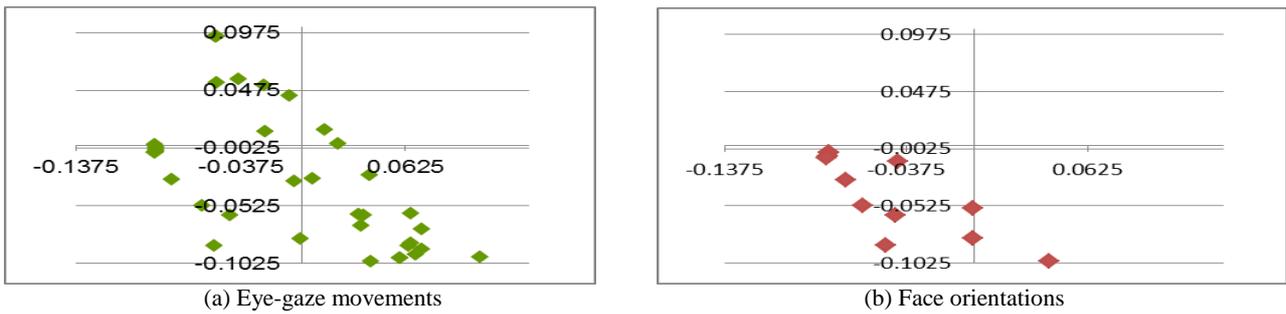


Fig. 6 Scatter diagram of the section ranging from detection to gaze-tracking of sudden appearance of bicycle.

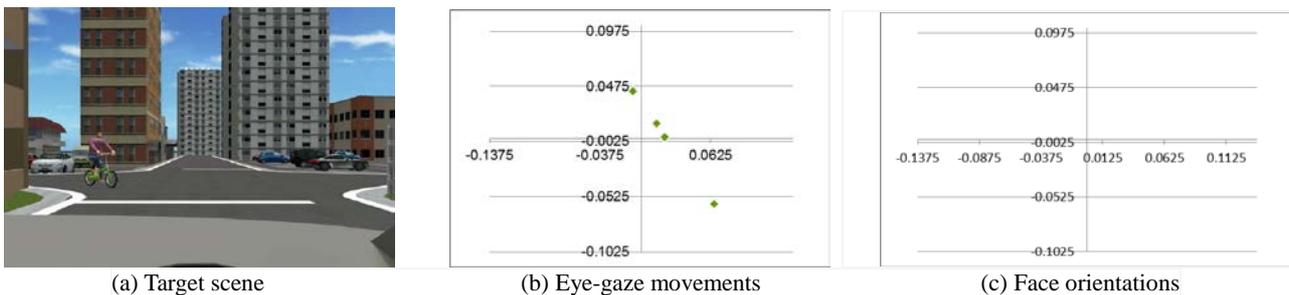


Fig. 7 Detection case of sudden appearance of bicycle for the first time.

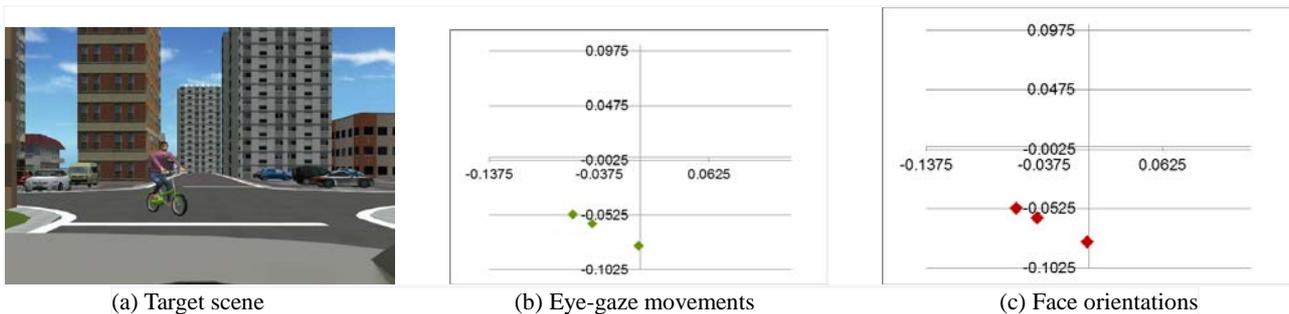


Fig. 8 Case in which eye movements and face orientations were plotted concurrently.

みを遂行する集中状態では、ドライバの視線が上下左右に小刻みに変化している。一方、暗算タスクを同時遂行するよう指示された注意散漫状態では、ドライバの視線が上下左右の大まかな時間変化に留まっている。図 9 の結果は、ドライバの注視行動が交差点進入時のシーン映像に追従して上下左右に変化したことを示唆している。それに反して、図 10 の結果は、シーン映像の変化に対して局所的な特定箇所に滞留していたことを示唆する時系列変化として捉えられる。すなわち、暗算タスクの遂行に注意資源が割かれた結果、本来在るべき注視行動に変化が現れたものと考えられる。

次に、視認性の影響について(a)の晴れ昼と(b)の雨夜の結果を考察する。運転集中状態における図 9 の(a)と(b)を比較した場合、交差点に進入する前半部分では「晴れ昼」の振幅変化に比べて「雨夜」の振幅変化が小さく、後半部分でその傾向が逆転している。また、注意散漫状態における図 10 の(a)と(b)を比較した場合、交差点進入時の全ての区間で「晴れ昼」の振幅変化に比べて「雨夜」

の振幅変化が小さい。夜間で雨が降っている走行環境では、一般的に有効視野が狭くなると共に同一箇所の注視時間が長くなることが予想される。特に、運転集中状態の「晴れ昼」(図 9-(a))と注意散漫状態の「雨夜」(図 10-(b))でその傾向が顕著に現れている。

4.4 視線のヒートマップによる運転状態の分析

図 11 及び図 12 は、4.3 と同一条件下の「晴れ昼」と「雨夜」に着目した視線の集中度合いをヒートマップで表現したもので、赤い領域ほど視線の集中度合いが高いことを意味する。図 11 は運転集中状態における視線のヒートマップ、図 12 は注意散漫状態での視線のヒートマップである。図中の(a)は晴れ昼の区間 1、(b)は雨夜の区間 1 の結果で、何れも交差点進入時における注視度合いの 2 次元空間分布を表わしている。図 11 の運転集中状態と図 12 の注意散漫状態を比較すると、運転集中状態の晴れ昼(図 11-(a))では、視線の集中度合いの高い領域(赤い領域)が広範囲に点在するのに対し、注意散漫状態の雨夜

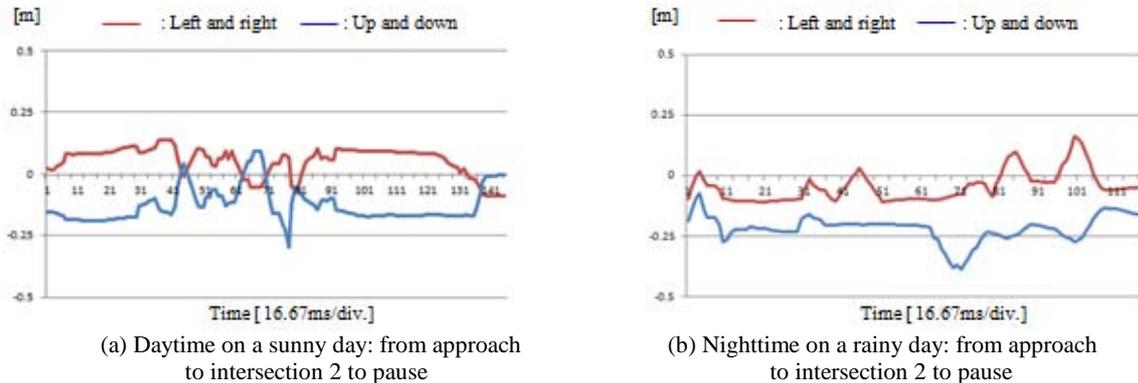


Fig. 9 Time-series changes of eye-gaze movements in concentration state on driving.

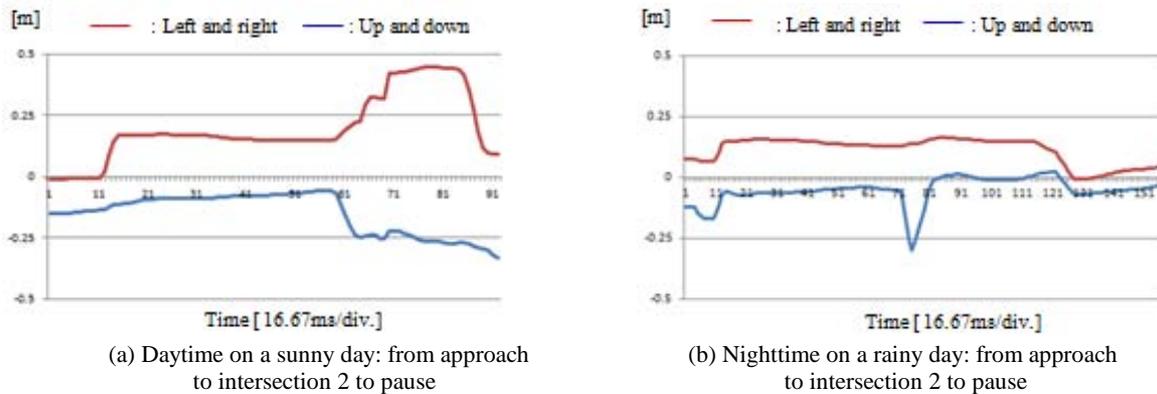


Fig. 10 Time-series changes of eye-gaze movements in distraction state on driving.

(図 12-(b)) では、集中度合いの高い領域 (赤い領域) が局所的に偏在している。すなわち、運転タスクに集中した状態で交差点に進入する場合、運転シーンの変化に対する注意資源を確保した注視行動が取られているが、注意散漫状態では、暗算タスクへ注意資源が割かれた結果、運転シーンの変化に対応しきれない注視状況を表わしたものと考える。

5. まとめ

ヒヤリハット遭遇前後における視線と顔向きの時系列変化に着目し、交差点進入時の注視行動と一時停止後の安全確認行動に時間区分した分析を通して、注意散漫状態を特徴付ける行動パターンを抽出し、工学的モデル化に有効な知見の導出を試みた。その結果、以下の点が明らかとなった。

- ・注意散漫状態を特徴付ける行動パターンは、交差点進入時の「注視行動」と一時停止後の「安全確認行動」に分類した取扱いが有効である。
- ・交差点進入時の「注視行動」を特徴付ける視線の散布図、ヒートマップ及び時系列変化には、運転集中状態と注意散漫状態で明確な違いが存在する。

今後は、視線と顔向きの時系列変化を機械学習することにより、危険運転予測モデルの構築を目指したい。

参考文献

- (1) 交通事故総合分析センター：イタルダ・インフォメーション No.83, 2010.
- (2) 警視庁：自転車事故関連の状況, http://www.npa.go.jp/koutsuu/kikaku/bicycle/pdf/2_shousai.pdf
- (3) 警察庁交通局:平成 24 年中の交通事故の発生状況, <http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/List/>
- (4) 自動車技術会 他, 交通事故ゼロを目指して新たな取り組みへ-ヒヤリハットデータベースの紹介-, Press Information PR-08020 (2009) <http://www.jsae.or.jp/PR/>
- (5) T. Ranney et al., Determining Driver Visual Attention with One Camera, IEEE Trans. on Intelligent Transportation Systems, Vol.4, No.4, pp.205-218 (2003)
- (6) Y. Dong et al., Driver inattention monitoring system for intelligent vehicles: a review, IEEE Trans. on Intelligent Transportation Systems, Vol.12, No.2, pp.596-614 (2011)
- (7) 田中他, 車両挙動に基づくドライバの異常状態推定技術の開発, 自動車技術会 学術講演会前刷集, No.95-12 (2012)
- (8) K. Kircher et al., Comparison of Two Eye-gaze based on Real-time Driver Distraction Detection Algorithms in a Small-scale Field Operational Test, Proc. 5th Int. Symposium on Human Factors in Driver Assessment, Training and Vehicle Design, pp.16-23 (2009)
- (9) R. Yonetani et al., Mental Focus Analysis using the Spatio-temporal Correlation between Visual Saliency and Eye

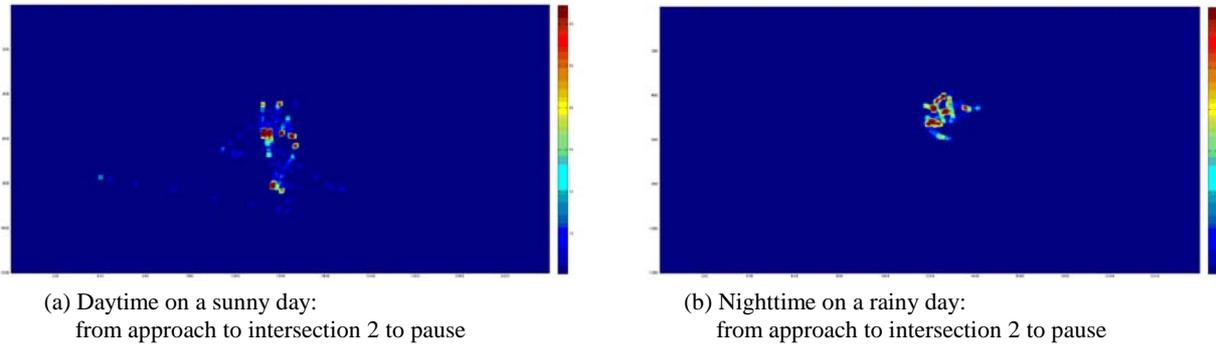


Fig. 11 Heat maps of eye-gaze movements in concentration state on driving.

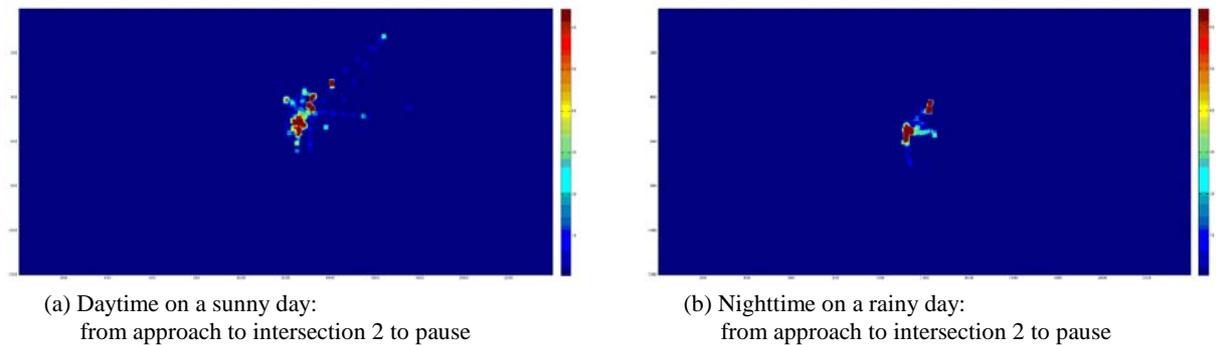


Fig. 12 Heat maps of eye-gaze movements in distraction state on driving.

Movements, Journal of Information Proc., Vol.20, No.1, pp.267-276 (2012)

- (10) 土田他, 顔表情からの眠気評定特性を考慮した被験者に依存しないドライバ状態分類, 電子情報通信学会技術研究報告, ITS 111(441), pp.251-256 (2012-02-13)
- (11) 大見拓寛, 運転者の居眠り状態評価の画像センサ, 人工臓器 42 巻 1 号, pp.99-103(2013)
- (12) Y. Dong et al., Driver inattention monitoring system for intelligent vehicles: a review, IEEE Trans. on Intelligent Transportation Systems, Vol.12, No.2, pp.596-614 (2011)
- (13) T. Hirayama, K. Mase, and K. Takeda, Timing Analysis of Driver Gaze under Cognitive Distraction toward Peripheral Vehicle Behavior, The 26th Annual Conference of the Japanese Society for Artificial Intelligence, pp.1-4 (2012)
- (14) 阿部他, ドライバの視覚的な注意に対する認知負荷の影響, 日本機械学会論文集(C編), Vol.76, No.767, pp.14-20 (2010)
- (15) 本間他, 低覚醒時におけるドライバの視認行動特性, 自動車技術会論文集, Vol.42, No.5, pp.1217-1222 (2011)
- (16) 石橋基範, HQL 式運転スタイルチェックシート解説書 (Driving Style Questionnaire : DSQ) 社団法人人間生活工学研究センター(2003)
- (17) 石橋基範, HQL 式運転負担感受性チェックシート解説書 (Workload Sensitivity Questionnaire : WSQ) 社団法人人間生活工学研究センター(2003)
- (18) 林博史編集, 心拍変動の臨床応用—生理的意義, 病態評価, 予後予測—, 医学書院 (2007)
- (19) 茂吉雅典, 横山清子, 吉岡貴芳, 高速道路の長時間運転

における心電図 R-R 間隔時系列の経時変化, 自動車技術会論文集 Vol.27, No.3, pp.107-112 (1996)

- (20) 土川奏, 岩倉成志, 安藤章, 心拍間隔指標を用いた長距離運転時のストレス計測実験と解析—AHS の需要予測に向けて—, 第 26 回土木計画学研究発表会・講演集, No.298 (2002)