

ドライバの状態推定を目的とした頭部姿勢の時系列解析

Analysis of Time-Series changes of Head Posture for Estimation of Driver's States

伊藤 桃代†
Momoyo Ito

佐藤 和人‡
Kazuhito Sato

福見 稔†
Minoru Fukumi

1. はじめに

ドライバの運転行動を用いた安全運転支援に関する試みとして、車両の挙動や、運転操作量を解析対象とし、安全運転や模範的な運転からの逸脱度を解析する研究が報告されている⁽¹⁾⁻⁽³⁾。一方、交通事故の発生要因の半数以上はドライバの安全運転義務違反とされており⁽⁴⁾、中でも漫然運転がその上位を占める。さらに、事故の発生場所としては、交差点内や交差点付近が多くを占めている⁽⁴⁾。すなわち、交差点における安全確認行動に着目することで、ドライバの漫然運転状態を検出できる可能性がある。

本研究では、最終的にドライバの運転行動(頭部姿勢の3次元情報、顔向き、表情、視線)から危険運転を引き起こすきっかけとなる平常状態からの継続的逸脱を検出するシステムの構築を目指している。特に、見通しの悪い無信号交差点における一時停止行動を含む安全確認行動に着目することで、ドライバ自身が自覚困難と考えられる「漫然運転状態」を検出可能と考えている。

漫然運転とは、心理的・生理的な要因によって注意が散漫になった状態(以下、注意散漫状態と記す)で運転することを指す。その結果、危険を発見できないことや、発見が遅れる事態が生じる。注意散漫状態とは、運転行動に集中せずに注意資源が分散している状態(以下、考え事状態、ぼんやり状態と記す)であり、事故を引き起こす重大な危険要因であることが指摘されている⁽⁵⁾。考え事状態については阿部ら⁽⁶⁾が、ぼんやり状態については本間ら⁽⁷⁾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。交通事故予防の観点から、ドライバの運転行動を予測することは有効である。

しかしながら、ドライバの特性には個人差があり、常に一定ではなく、精神的負担などにより誘発される精神状態(感情ストレス)によって大きく影響される。感情ストレスは交通事故の重要ファクターの一つであり、焦り・イライラの感情状態は狭い車間距離、急激な加減速、高速走行など、危険運転行動を誘発する。また、過度な不安感情は、認知的処理過程と干渉し、見落としや不注意の状態を発生させる。したがって、ドライバの個人差(ドライバ特性)や、個人の状態変化を踏まえた運転支援が必要と考えられる。筆者らはこれまでに、交差点における安全確認行動について、同じ注視対象を確認する場合でも、運転者の頭部姿勢の時系列変化には運転者固有の動きや癖が存在することを確認している⁽⁸⁾⁽⁹⁾。

本研究では、ドライバの運転行動を用いた危険予測モデルの作成を目指し、その基礎的検討として、見通しの悪い無信号交差点を対象とし、交差点における安全確認行動を構成する頭部姿勢の時系列変化について考察する。

ここで、ヒヤリハットイベントはドライバに対し感情ストレスを引き起こし、その感情ストレスはドライバの安全確認行動に変化を与えることが予想できる。本稿では、これまでに提案した2種類の教師なしニューラルネットワークをハイブリッド化した頭部姿勢定量化手法⁽¹⁰⁾を用い、ヒヤリハットイベントが安全確認行動の時系列変化に与える影響を解析する。特に、ドライビングシミュレータ環境において、ヒヤリハットが生じなかった場合と生じた場合の安全確認行動時の頭部姿勢カテゴリズ結果についてその時間的な変化を考察する。

2. データ取得用ドライビングシミュレータ実験

2.1 実験方法

ドライビングシミュレータ上に、見通しの悪い無信号交差点を含む走行コースを図1に示すように設計した。見通しの悪い無信号交差点では、一時停止が必要であり、ヒヤリハットイベントの生じる場合がある。被験者はどのタイミングでヒヤリハットイベントが生じるのかは知らされていない。被験者には、時速40kmを最高速度として走行コースを右周りに2周走行すること、一時停止では一時停止をすること、および普段通りの走行を心がけることを依頼した。本実験では、同一の見通しの悪い無信号交差点において、ヒヤリハットイベントが生じなかった場合と、生じた場合とで安全確認行動にどのような変化が生じるかを解析し、ヒヤリハットイベントが安全確認行動に与える影響を分析することを目的とする。

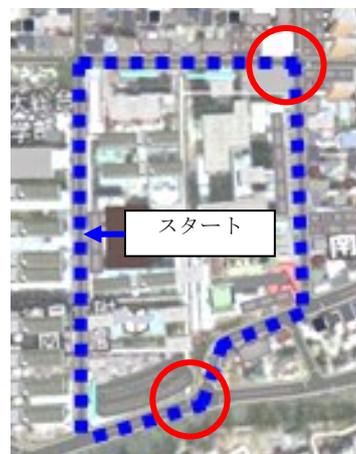


図1 実験用コース (円で示したのは実験対象交差点)

†徳島大学大学院ソシオテクノサイエンス研究部

‡秋田県立大学システム科学技術学部

2.2. ヒヤリハットイベント

ヒヤリハットイベントとして、交差点進入時に自車の進行方向を横切るように自転車車が飛び出すイベントを設定した(図 2 参照)。ヒヤリハットイベントの発生タイミングは、交差点から一定距離に自車が近づいたときに発生するよう調整をした。なお、ヒヤリハットイベントが安全確認行動へ与える影響を調査するため、安全確認行動を解析する対象交差点はヒヤリハットイベントの生じた次の交差点とする。

2.3. 被験者

本実験では、20 代男性 1 名に協力を得た。被験者には実験開始前に実験に関する説明を十分に行い、書面によるインフォームドコンセントを得ている。また、この被験者は日常的に自動車を運転しており、運転には慣れていると考えられる。なお、実験開始前にドライビングシミュレータでの走行に慣れるため、被験者は実験コース以外の練習用コースを複数回運転した。

2.4. 取得データ

実験データとして、ドライビングシミュレータ走行中のドライバの上半身が含まれる動画を撮影する。画像サイズは 640×480 画素、フレームレートは 30 fps である。また、運転行動と運転時の車両前方の状況の対応関係を考慮する必要があるため、3 画面あるドライビングシミュレータの画面の内、中央の画面の映像を記録した。

3. 頭部姿勢時系列データの解析実験

3.1. 頭部姿勢分類法

頭部姿勢の時系列変化を解析するに当たり、運転行動における頭部姿勢の分類を行う。特に今回は安全確認動作に着目する。安全確認動作には、ドライバ個人ごとの動きの特性(癖)が含まれており、集中力の低下や精神状態の変化が動きの特性にも現れると予想される。すなわち、個人の動きの特性を含めた頭部姿勢の定量化手法が必要となる。全ての人に共通して使用できるモデル(カテゴリの種類と数)では、個人特有な動作をカテゴリライズすることは困難である。本研究では、個人ごとに異なるカテゴリ数を自動的に決定し、分類可能な手法を検討してきた⁽⁸⁾⁻⁽¹⁰⁾。ここで、頭部姿勢はカテゴリ数が未知な問題として扱い、2 つの教師なしニューラルネットワーク Self-Organizing Maps (SOMs)⁽¹¹⁾と Fuzzy Adaptive Resonance Theory (ART)⁽¹²⁾のハイブリッド化による頭部姿勢の分類手法(以下、提案手法と記述する)を提案する。

提案手法の特徴は以下の通りである。初めに SOMs を用いて、画像の位相情報から頭部姿勢を 1 次元空間 (Mapping Unit) へ写像する。SOMs は近傍学習を実現するため、姿勢の似通った Unit ほど近くに分類される。次に、Fuzzy ART を用いて SOMs の分類結果を統合し、最終的な頭部姿勢のカテゴリを形成する。Fuzzy ART は、時間的な連続性(本研究では、姿勢が似ているほど連続していると考えている)を考慮したカテゴリ分類を行うため、SOMs で類似した Unit 同士を並べておくことで、その隣り合う Unit 同士が似ていると判断されれば、カテゴリの統合を行うことができる。つまり、本手法では、カテゴリ数の未知な安全確認動作について、個人の動作に合わせたカテゴリ



図 2 ヒヤリハットイベントの例

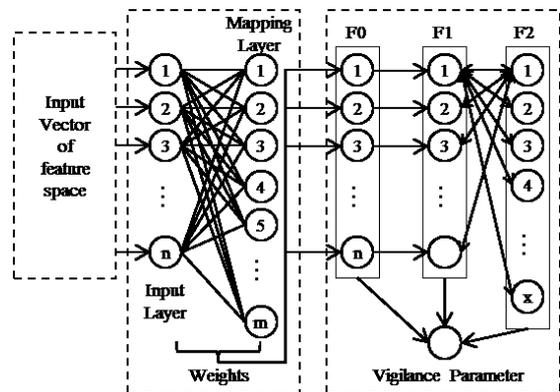


図 3 頭部姿勢分類手法のネットワーク構成

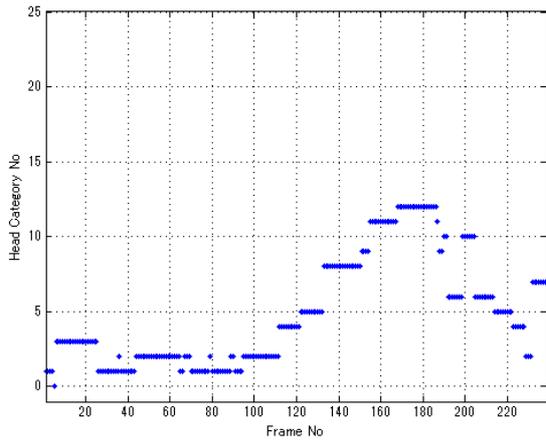
数の決定が可能となる。提案手法のネットワーク構成を図 3 に示す。

個人の安全確認動作の特性を独立した頭部姿勢として抽出するために、SOMs の写像空間の大きさ (Mapping Unit 数) を最適化し、安全確認動作の分類に必要なカテゴリ数を決定する。次に、Fuzzy ART の粒度パラメータの調整機能を用いて、個人の安全確認動作を特徴付ける頭部姿勢のカテゴリを形成する。ここでは、最終的な個人の頭部姿勢のカテゴリ数が決定されるが、その数はカテゴリをどの程度の粒度で統合するかを左右する Vigilance パラメータの値に左右される。

3.2. 実験データ

今回はドライバの画像データの内、見通しの悪い無信号交差点における安全確認行動中のデータを解析する。今回は 2 箇所の交差点(以下、交差点 A、交差点 B と表記する)において、それぞれヒヤリハットイベントが生じなかったとき、生じたときのデータ、計 4 データを解析対象とした。

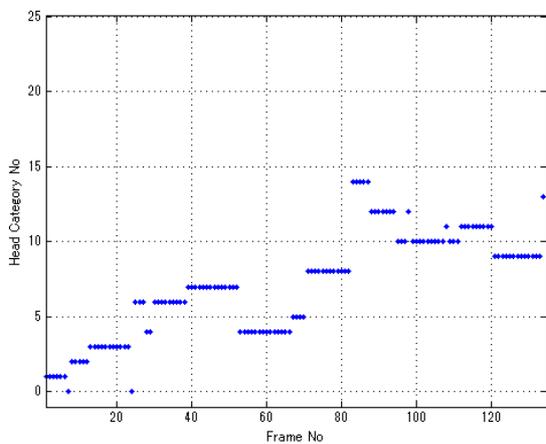
画像サイズは 640×480 画素を 320×240 画素にリサイズし、カラー画像をグレースケール画像に変換した。対象動画の画像中心から 240×240 ピクセルのサイズで切り出しを行い、ドライバの頭部の含まれる領域を関心領域として設定した。関心領域に対し、Gabor Wavelets 変換を施す。Gabor Wavelets 変換後の画像において 10×10 ピクセルを 1 ピクセルに圧縮することで、 24×24 ピクセルの粗視化画像を得る。この粗視化画像を SOMs の入力とし、頭部姿勢空間のカテゴリライズを行った。すなわち、図 3 における



(a) 頭部姿勢時系列変化 (ヒヤリハットなし)



(b) 頭部姿勢カテゴリ分類結果 (ヒヤリハットなし)



(c) 頭部姿勢時系列変化 (ヒヤリハットあり)



(d) 頭部姿勢カテゴリ分類結果 (ヒヤリハットあり)

図4 交差点Aにおける安全確認行動中の頭部姿勢の時系列変化

InputLayer の n は、576 となる。なお、SOMs の Mapping Unit 数は、事前に行った予備実験の結果を踏まえ、本実験では 25 とした。また、Vigilance Parameter の値は 0.98 とした。

4. 実験結果

本実験では、ヒヤリハットの有無による運転行動の差異について、時間的な変化を分析することを目的とする。そのため、頭部姿勢分類結果について、交差点進入時の初期画像 (1 枚目) を基準とし、分類後の各カテゴリについて相関係数を算出し、その値の小さい順に頭部姿勢の覚醒度 (どの程度基準画像から離れているか) を設定した。ここでは、その頭部姿勢の覚醒度に基づき、交差点進入から安全確認行動を行い、右折動作を完了するまでのデータについて解析を行う。

図4に交差点Aにおける実験結果を、図5に交差点Bにおける実験結果を示す。図4, 5において、(a), (b)はヒヤリハットの生じなかった場合、(c), (d)はヒヤリハットの生

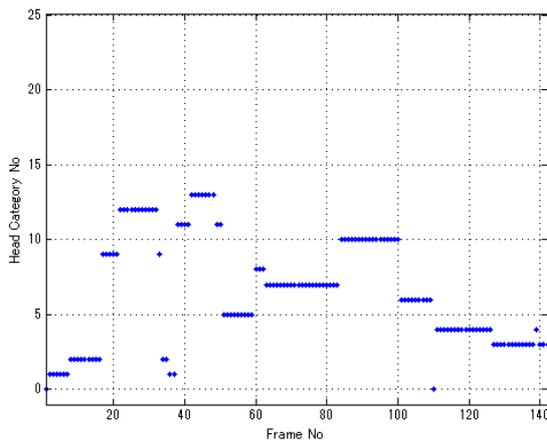
じた場合の結果である。実験の結果、これらのデータのみからはヒヤリハットの有無に関する傾向は認められなかった。今後、今回の実験結果を用いて隠れマルコフモデルによる時系列解析を行うことで、安全確認行動区間の同定とヒヤリハットイベントによる行動の変化が解析可能と考える。

5. まとめ

本研究では、ドライバの運転行動モデル化を目指し、その基礎的検討として見通しの悪い無信号交差点における安全確認行動の解析を行った。今後は今回の実験結果を用いた時系列解析を行う予定である。

参考文献

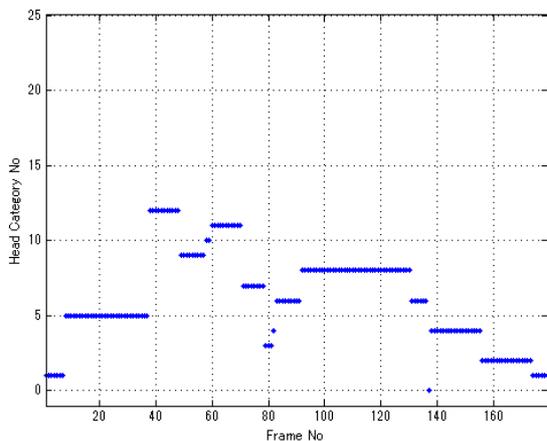
- (1) 天田英臣, 宮島千代美, 西野隆典, 北岡教英, 武田一哉: 交差点進入時の運転行動の推定, 信学技報, Vol. 109, No. 374, p.213-218 (2010)



(a) 頭部姿勢時系列変化 (ヒヤリハットなし)



(b) 頭部姿勢カテゴリ分類結果 (ヒヤリハットなし)



(c) 頭部姿勢時系列変化 (ヒヤリハットあり)



(d) 頭部姿勢カテゴリ分類結果 (ヒヤリハットあり)

図5 交差点Bにおける安全確認行動中の頭部姿勢の時系列変化

- (2) 赤松幹之, 倉橋哲郎, 坂口靖雄, 大桑 政幸: 運転行動の通常からの逸脱度を用いた運転リスクの評価, 信学技報, Vol. 104, No. 76, p.23-26 (2004)
- (3) 伊賀広章, 畠山豊, 董芳艶, 高橋宏, 廣田薫: ページアンネットに基づくドライバモデルを利用した危険度推定システム, 日本知能情報ファジィ学会誌, Vol. 20, No. 3, p.357-368 (2008)
- (4) 警察庁統計: 安全・快適な交通の確保に関する統計等, 交通事故統計 (平成26年2月末) (2014)
- (5) M. Regan et al.: Defining driver distraction, in Driver Distraction: Theory, Effects, and Mitigation. CRC, ch.4, p.42-54 (2008)
- (6) 阿部ほか: 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, p.14-20 (2010)
- (7) 本間ほか: 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, p.1217-1222 (2011)
- (8) Momoyo Ito, Kazuhito Sato, Hirokazu Madokoro, Koji Kashihara and Minoru Fukumi: Basic Studies for Estimation of

- Driver's Internal States Using Head Positions, Proc. of ISABEL 2011 (2011)
- (9) Momoyo Ito, Kazuhito Sato and Minoru Fukumi: Optimization of Categorizing Driver's Head Motion for Driving Assistance Systems, Proceedings of SICE Annual Conference 2012, p.471-474 (2012)
- (10) Momoyo Ito, Kazuhito Sato and Minoru Fukumi: A Study of Safety Driving Support System focusing on Driver's Head Posture Categorization, International Journal of Engineering Research & Technology, Vol.2, No.9, p.2702—2711 (2013)
- (11) T. Kohonen: Self-organized formation of topologically correct feature maps, Biological Cybernetics, vol.43, no.1, p.59-69 (1982)
- (12) G.A Carpenter, S. Grossberg, and D.B. Rosen: Fuzzy ART: Fast stable learning and categorization of analog patterns by an adaptive resonance system, Neural Networks, No.4, p.759-771 (1991)