

〈一般研究課題〉 手首装着型センサを用いた
ドライバモニタシステムの開発
助成研究者 豊橋技術科学大学 秋月 拓磨



装着型加速度センサを用いた運転中の行動推定

秋月 拓磨
(豊橋技術科学大学)

Driver Activity Recognition Using Wrist-Worn Acceleration Sensors

Takuma Akiduki
(Toyohashi University of Technology)

Abstract :

To assist drivers in driving safely, we have proposed a measure for evaluating driver inattention based on hand activities and developed a detection algorithm for the activities. The proposed method detects the driver's hand activities as acceleration signals using inertial sensors attached to the wrists. Furthermore, we showed that the detected hand acceleration signals could be used to detect inattentive driving behaviors, i.e., visual/manual/cognitive distractions in driving, by applying machine learning methods. These results show it succeeded in the studies on developing the evaluation method for driver vigilance based on hand activities and its application to driver state estimation, which was the goal of this research project.

1. はじめに

交通事故の発生状況を要因別にみると、漫然運転や脇見運転などを含む安全運転義務違反による事故が依然多くを占めている。この割合は過去10年で見ても横ばいの状態がつづいており、事故削減にむけて、さらなる取り組みが継続して必要なもののひとつである。このうち、運転操作以外にドライバの視線や注意をそらす行動、たとえば、カーナビ操作やスマホ操作などは、ドライバの運転への意識低下を招き、前方不注意等の事故のリスクを高める。そのため、これら不安全運転行動の発生を検知し、ドライバに注意を促すことで、事故の未然防止や安全運転への意識向上を促すことが期待できる。



図1. 実験走行中に行う行動の実施例

ドライバの体動検知や行動内容を推定する従来研究では、カメラやシート型センサが主に用いられている。カメラを用いた手法では、窓からの直射日光や振動の影響などで、安定した計測が難しい場合がある。シート型センサでは、体幹の重心変化が微小な動きや手先の細かな動きの検知が難しい。これらの方法に対して、我々は、ドライバの手の動きに着目した行動推定

手法を提案する。この方法では、手の細かな動きや、素早い動きの変化を精度よく検知できる。このことから、装着型センサで検知した手先の動きからドライバの行動内容を推定することで、環境光や遮蔽物の影響を受けることなく、不安全運転行動の発生を安定して精度よく捉えられる可能性がある。そこで本研究課題では、手先の動きからドライバの行動内容を推定する最初のステップとして、両手首に加速度センサを装着してドライビングシミュレータを用いた計測実験を行い、取得した手先加速度のデータからドライバの行動内容をk最近傍法を用いて推定する。また、得られた推定結果より、装着型加速度センサで推定可能な行動内容とその精度について考察を行う。



図2. センサの装着レイアウトと軸の設定

2. 運転行動データの収集

わき見やナビ操作等のドライバの注意をそらす行動(不安全運転行動)と通常運転を含めた計8種類の行動を計測する実験をドライビングシミュレータを用いて行い、運転行動データを収集した。実施する行動は、NHTSAおよび、バージニア工科大にて実施された100-car Naturalistic Driving Studyプロジェクトにおける運転中の行動を参考に選定し、両手でステアリングを操作する模範的な運転操作を「通常運転」とし、これに加えて「体接触」「わき見」などの通常運転以外の行動7種を選定し、計8種の行動を実施した(図1)。

実験には、普通自動車免許を保有し日常的に運転を行なっている10名の健常成人(21-22歳、全員男性)が参加し、実験前に書面によるインフォームド・コンセントを得た。参加者には、ドライビングシミュレータ(Forum8社製UC-Win/Road)上に作成した高速道路を模したコース上で、運転操作を行いながら、実験実施者の指示するタイミングと順番で運転操作とは別の行動を30秒ずつ継続して行うよう指示をした。通常運転と後述するそれ以外の7種の行動の実施を1セットとし、計4セットの実験走行を行なった。実験参加者の両手首に小型多機能センサ(ATR-Promotions社

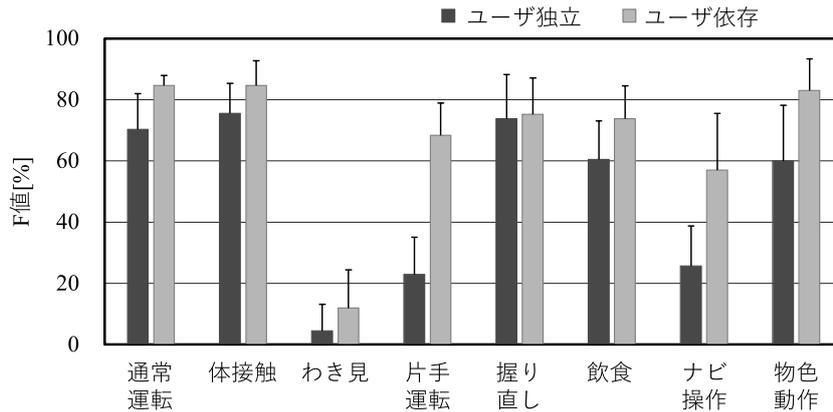


図3. 行動別の推定精度 (F値) の比較

製TSND151)を装着し(装着位置と各センサの軸の設定は図2参照), 加速度の測定レンジ±8 G, サンプルング周期1 msで手首部の3軸加速度をセンサ内蔵メモリに記録した。なお、本研究で実施する人を対象とした実験については、豊橋技術科学大学 人を対象とする研究倫理審査委員会の承認を得て、その規則に基づいて実施した(承認番号: 2020-07)

0	1185	7	65	6	2	10	2	3
1	15	277	1	8	1	14		4
2	128		32					
3	12	17		112			19	
4	14	2			58	6		
5	20	5	2	1		127	5	
6	5		1	23		4	47	
7	8	2				4	2	144

図4. 行動別の推定精度 (F値) の比較

3. 行動推定モデルの構築

特徴抽出では、手先加速度のデータを一定の区間(フレーム)ごとに切り出し、フレーム毎に特徴量の算出を繰り返し行うSliding-Window法を用いた。フレーム長5 s・シフト幅3 s(フレーム間のオーバーラップ量60%)の条件で、フレーム毎に加速度波形の軸ごとの平均値と分散を算出し、特徴量とした(左右手首×3軸×2特徴量=12特徴量/フレーム)。

行動推定に用いるk最近傍法は、分類アルゴリズムとして単純であり、決定すべきハイパーパラメータが近傍数kのみであるため、本研究では、近傍数kを5とし、研究の最初のステップとしてベースラインとなる手法として採用した。

前述の推定モデルを用いてフレーム毎に行動内容の推定を行い、その結果を混同行列に整理する。その後、各行動に対する再現率・適合率を求め、さらにF値を算出して推定精度の評価指標とする。

4. 行動推定の結果と考察

行動毎のF値を以下の2つの方法で比較をする。

ユーザ依存モデル: 実験参加者毎にLeave-one-session-out法で各行動のF値を求めて、全実験参加者で平均した結果(学習とテストで同一ユーザのデータを用いる場合)。

ユーザ独立モデル: 全実験参加者のうち1名分を除いたデータで推定モデルを構築し、除外した1名分のデータで推定精度を求めるLeave-one-person-out法で行動毎のF値を求めた結果(学習とテストで異なるユーザのデータを用いる場合)。

図3より、ユーザ依存モデルの推定結果を行動別にみると、「通常運転」「体接触」「物色動作」のF値は約80%で比較的高く、次いで「握り直し」「飲食」が70%を超えている。一方、「わき見」はF値が約15%で他の行動にくらべて非常に低い。ここで、ユーザ依存モデルを用いた行動推定の参加者1名分の結果を、混同行列にして図4に示す。図4より、「わき見」(行動のクラス2)の計160フレームのうち128フレームが「通常運転」(行動のクラス0)に、残り32フレームが「わき見」(行動のクラス2)に分類されており、他の実験参加者でも概ね同様の傾向が見られた。このことから、「わき見」の動きは、手首の加速度に及ぼす影響が小さく、本論文で使用した平均・分散といった、手の空間的な動きを反映した特徴量のみでは、通常運転との見分けがつかないことが要因と考えられる。ただし、「わき見」のような前方からの注意が逸れた状況では、通常運転と比べて手先の動きが振動的になる傾向を著者らは明らかにしつつある[2]。文献[2]では、操舵の乱れの指標として、手首部で計測した加速度データを時間・周波数解析して、その結果得られるスペクトログラムの係数値を利用している。そこで、本論文で使用した加速度の平均・分散の特徴量のほか、時間・周波数解析を利用した特徴量を導入することで「通常運転」と「わき見」との差異を明確化でき、その結果、「わき見」の推定精度を改善できる可能性がある。

次に、図3のユーザ独立モデルの結果をみると、ユーザ依存モデルと比較して全体的にF値が低下している。ユーザ依存モデルと比較してユーザ独立モデルでF値が大きく低下した行動は、手先の動き方が個人間で顕著に異なる行動であることを示唆している。実際の運転では動き方が個人で異なるのは自然なことであり、個人差の影響を受けにくい特徴量の検討(たとえば、手先の位置情報[3]を特徴量として加えるなど)が今後の課題である。

5. おわりに

本研究課題では、加速度センサを両手首に装着し、ドライビングシミュレータを用いて8種類の運転中の行動を計測する実験を行い、計10名分のデータを収集した。さらに、取得したデータに対し、Sliding-Window法により特徴量を算出し、k最近傍法を用いてドライバの行動内容を推定した。その結果、ユーザ依存モデルで8種類のうち5種類の行動で推定精度(F値)が70%を超え、加速度センサから取得した手先の動きのみで、おおむね運転中の行動内容の把握が可能であることを示した。

今後は、本研究で得られた成果をベースラインとして、深層学習を含めたより高度な推定モデルの導入とその効果測定や、より自然な状況下での推定精度の検証と実走行環境への適用に向けた改善方策の検討を進めていく。

参考文献

- [1] 茅嶋, 秋月, 荒川, 高橋, 装着型加速度センサを用いた運転中の行動推定, 知能と情報, Vol. 34, No. 2, 544/549, 2022 .
- [2] R.Tanaka, T.Akiduki, H.Takanashi, Detection of Driver Workload Using Wrist-Worn Wearable Sensors: A Feasibility Study, Proc of IEEE SMC2020, 1723/1730, 2020.
- [3] 畠山, 秋月, 荒川, 高橋, 単一慣性センサを用いたドライバの手先位置の推定, ロボティクス・メカトロニクス講演会講演概要集, Paper ID: 2P3-J14, 2021.