

4. 安全運転支援のためのドライバ行動の計測・認識に関する研究

機械工学系 助教 秋月 拓磨, 広島工業大学 章 忠, 新潟大学 今村 孝

4-1 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続いており、事故削減の取り組みが継続して必要なものの一つであるといえる。その解決に向けて、本研究では、装着型のモーションセンサにより、覚醒度低下の兆候や注意力低下を招く運転中の不安全行動を精度よく検知するためのドライバセンシング技術の開発に取り組んでいる。このうち、本稿では手の動きから「ながら運転」のような注意力低下状態を検知する試みを紹介する。

4-2 研究内容

運転中のドライバの注意力状態を計測する方法には、車両の運転操作情報を用いる方法や、脳波などの生体情報を用いる方法が研究されている(図 4-2-1)。運転中に、運転操作以外の作業負荷が生じた状態、たとえば、ナビ操作や画面文字の読み上げなど、いわゆる「ながら運転」の状態になると、前方への注意が逸れて車両操作に遅れや乱れが生じる。このような認知的な負荷に伴うステアリング操作の乱れから、運転負担の度合いを評価する方法として、ステアリングエントロピー(SE)法¹⁾が知られている。一方で、車両を操作するドライバ自身の挙動を直接測定することでも、運転負担の変化を検知できる可能性がある。そこで本研究では、「ながら運転」のような認知的な負荷がドライバの手先挙動に及ぼす影響を調査し、運転負担推定への応用可能性を検証する。

提案手法		
		
方法	運転操作	身体挙動
特徴	操舵角の変化	手先加速度の変化
課題	車両やコースの制限	指標が未確立
		脳波計測
		周波数帯の変化
		ノイズやアーチファクトの混入

図 4-2-1 : 運転中の注意力状態計測手法の比較

(1) 手先挙動に基づく運転負担指標

運転操作において、手は基本的な役割を担っている。運転中の手の動きは、たとえば、装着型のモーションセンサ(加速度・角速度センサ)を用いることで、安定して精度よく検知できる。しかし、取得した加速度信号 $x(n)$ は手先挙動のほか、車両振動や重力加速度の影響を含む。そこで、短時間フーリエ変換による時間周波数解析を行い、得られたパワースペクトル密度値 $X_{psd}(n, k)$ のうち、人の身体挙動に由来する成分のみを抽出する。この PSD 値から次式を用いて挙動変化の指標値を算出する。

$$J_{hands} = \frac{Mean[X_{psd}(n, k)]}{StDev[X_{psd}(n, k)]} \quad (1)$$

ただし、 n, k は離散の時刻と周波数を表し、それぞれ $n_1 \leq n \leq n_2, k_1 \leq k \leq k_2$ の範囲で指標値を算出する。認知的な負荷が生じると、修正舵が頻発する。その結果、手先挙動が振動的になることで、指標値 J_{hands} 値は増大すると考えられる。この特性により、運転負担の変化を評価する。

(2) 運転行動計測実験

提案指標の妥当性を検証するために、二重課題法を用いて、運転負担が生じやすい状態を実験的に再現する。主課題にはドライビングシミュレータ(DS)を用いた単調運転作業を、副課題には記憶課題の一種であるNバック課題をそれぞれ用いる。

Nバック課題は実験参加者に自動音声により3秒間隔で一桁の数字をランダムに呈示し、現在呈示

されている数字が N 回前と同じか口頭で回答してもらう。

図 4-2-2(a)は、2 バック課題 ($N=2$) での様子を表し、 N によって課題の難易度（認知的な負荷の大きさ）を調整できる。DS 上には、高速道路を模した片側 3 車線で、1 周約 7.5 km の実験コースを作成し、1 走行 5 分の走行を計 12 回/人行う。認知的な負荷無し ($N=0$) と有り ($N=1,2$) の走行を交互に行う。図 4-2-2(b)に示すように、実験参加者の左右の手首部に小型のモーショセンサを装着して、手先挙動に伴う加速度値をサンプリング周期 5 ms で AD 変換してホスト PC にて記録する。

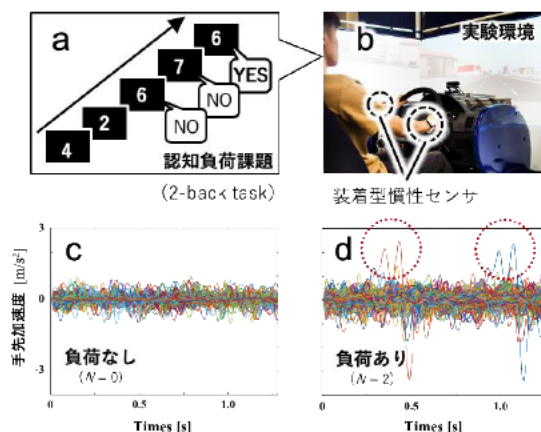


図 4-2-2 : 認知負荷による手先挙動の変化例

(3) 結果と考察

普通自動車免許を有する 20 代の男性 7 名を対象に実験を行った。 N バック課題の有無による手先挙動の変化を図 4-2-2(c)(d)に示す。認知負荷が加わると修正舵に伴う手先の挙動が大きくなり、波形が振動的になっていることがわかる。次に、式(1)により求めた J_{hands} 値、および従来研究で用いられているステアリングエントロピー値 (SE 値) ⁴⁾による評価結果を図 4-2-3 に示す。図の縦軸は各指標値で、横軸は N バック課題の N 値である。

いずれの被験者においても N が増加するにつれて、各指標値が有意に増加する傾向が確認できた (SE : $p < .01$, J_{hands} : $p < .01$)。

また、SE 値と J_{hands} 値の傾向を比較するため、実験参加者 7 名分の結果について相関分析を行った。その結果、SE 値と J_{hands} 値の間に高い正の相関が認められた ($r = .823$, $p < .001$)。このことから、従来指標と同様に提案する手先挙動の指標値により、ドライバの運転負担の変化を検出できる可能性を示した。

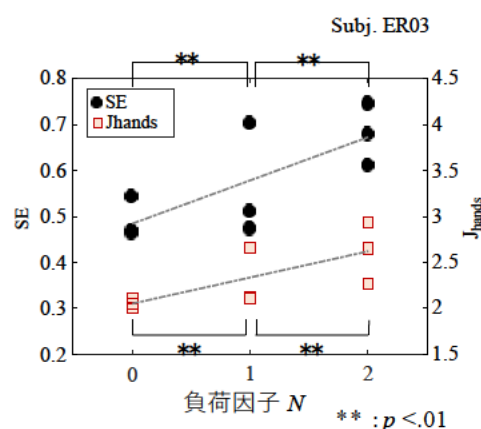


図 4-2-3 : 従来手法 (SE 値) と提案手法 (J_{hands} 値) の比較

4-3 おわりに

本報告では、「ながら運転」のような運転中の注意力低下状態を検知することを目的とし、手の動きに基づく運転負担推定のための指標値を提案した。ドライビングシミュレータを用いた検証実験の結果より、提案指標はドライバの認知的な負荷の増加を反映することを確認し、また、従来研究で用いられている SE 法の結果とも一致する傾向を確認した。

提案指標は、装着型のセンサにより手の動きを検知することで、車載センサやカメラを用いた従来手法と比べて、小型・安価な装備で算出できる。このことから、既存のスマートウォッチ等への実装や、ウェアラブル型のドライバモニタシステムによる安全運転支援サービスへの展開を期待できる。今後は、運転操作以外の手先挙動や車両振動が検知精度に及ぼす影響等、提案指標の実用化に向けた検討をすすめたい。

(参考文献)

- [1] E.R. Boer et al., Behavioral Entropy as an Index of Workload, Proc. of the 44th Annual Meeting of the Human Factors & Ergonomics Society, 44(17), 125/128, 2000.
- [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.