

4. 超スマート社会にむけた高度安全運転支援に関する研究

機械工学系 教授 章 忠, 助教 秋月 拓磨, 新潟大学 准教授 今村 孝

4-1 はじめに

運転行動は認知・判断・操作の一連の要素からなる。このうち、運転操作の誤りによる事故は年間3万件以上発生し、とくに初心者や高齢者の割合が高い。その一因として、経験不足や加齢による身体機能の低下が挙げられる。そこで、ドライバが自身の運転や身体の特徴を自覚することが、運転操作の誤りを防ぐために重要であると考え。運転操作のうち、主要な操作の一つとして、ステアリング操作がある。ステアリング操作の結果は、たとえば、ステアリングに内蔵された角度センサの情報から把握できる。しかし、操舵角の情報だけでは、その要因となるステアリング操作中の手や腕の動きを知ることは難しい、すなわち、運転操作の特徴を測る上では、操作の結果だけでなく、その要因となるドライバの四肢の動きを把握することも重要と考える。そこで、本報告では、ドライバの四肢の動きに着目した運転操作の個人性の評価手法について、報告する。具体的には、運転中のドライバの身体動作を装着型の加速度センサで測定し、ステアリングの保持位置や持替えのタイミングなど、運転動作の情報を抽出し、その個人性を評価する方法を紹介する。

4-2 運転動作の計測

以下では、ドライビングシミュレータ内のコース上に設けた、図 4-2-1(a)に示す交差点左折時の運転動作を対象に解析を行う。

(1) 計測方法 運転動作の計測には小型無線の3軸加速度センサ(ATR-Promotions社製 TSND121; 以下センサ)を使用した。センサは図 4-2-1(b)に示すように被験者の両上腕と両手首の4箇所に取り付けた。各センサで3軸加速度を10ms周期で測定し、測定値をBluetooth通信でホストPCに送信して記録した。実験コースは一般車も走行する1周が約8.6kmの右折4回、左折5回を含む市街地コースとした。

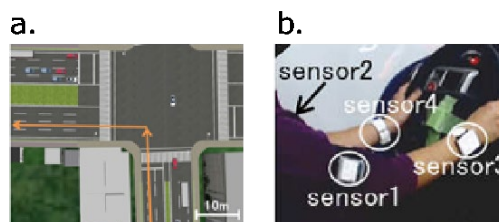


図 4-2-1 運転動作の計測

(2) 実験デザイン 1回に2周走行した結果を1試行とし、1日に3試行、3日をかけて計9試行を行った。実験参加者には、本学「人を対象とする研究規定」に基づき、インフォームドコンセントを行い、実験参加への同意を得た上で実施した。本実験では、免許取得後1年以上経過し、日常的に自動車を運転していることをすることを参加の条件とし、男性10名(平均年齢21.4歳)が参加した。

4-3 運転動作の個人性分析

(1) 計測データの分解 運転動作の計測データを、試行間・被験者間で比較することで、運転動作の個人性を定量化する。そこで、まず、計測データをベクトルに展開する。このベクトルは、計測データのサンプル値を縦一列に並べたもので、 \mathbf{a}^l とする。また、1試行分の計測データは、 S 個の変数から構成され、データ長は N で、すべての試行で一定とすると、 \mathbf{a}^l は NS 行1列となる。さらに、 \mathbf{a}^l を L 試行分を横に並べた行列 \mathbf{D} を作成する：

$$\mathbf{D} = (\mathbf{a}^1, \mathbf{a}^2, \dots, \mathbf{a}^L)$$

作成した行列 \mathbf{D} に対し、特異値分解は次式で表せる：

$$\mathbf{D} = \mathbf{U}\mathbf{\Sigma}\mathbf{V}^T$$

ここで、行列 $\mathbf{\Sigma}$ の対角成分 $\sigma_i (i=1, \dots, L)$ を特異値、行列 \mathbf{U} の各列ベクトル \mathbf{u}_i を左特異ベクトル、行列 \mathbf{V} の各列ベクトル \mathbf{v}_i を右特異ベクトルと呼ぶ。

(2) 計測データの再構成 先述の特異値分解の結果から、計測データを任意のモードを用いて再構成できる。具体的には、 γ 番目の試行の計測データを、第1から第 ω モードまでの要素で再構成する場合、

$$\mathbf{a}_\omega^\gamma = \sum_{i=1}^{\omega} \sigma_i v_{\gamma i} \mathbf{u}_i$$

で表せられる。また、上式より、左特異ベクトル u_i は第 i モードの運動の特徴を、右特異ベクトルの成分 $v_{\gamma,i}$ は γ 番目の試行に対する第 i モードの影響の大きさを、特異値 σ_i は第 i モードの試行に依存しない影響の大きさを、それぞれ表していると解釈できる。

4-4 個人性の分析結果

4-2 節で収集した運転動作データに対して特異値分解を適用し、試行間での類似成分と差異成分とを抽出した。ここで、 $L=(被験者数8) \times (試行数8)=64$, $S=(センサ数4) \times (軸数3)=12$, また、すべての時系列データの長さをスプライン補間によって、 $N=2193$ 点に揃えて、行列 D を作成し、特異値分解した。

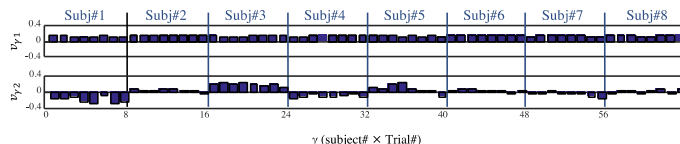


図 4-4-1 右特異ベクトルの値

(1) 運転動作の類似成分と差異成分
試行に対するモードの影響を表す右特異ベクトル $v_{\gamma,i}$ に着目し、類似成分と差異成分を確認する。右特異ベクトルの第 1, 2 モードの値を棒グラフで表したものを図 4-4-1 に示す。第 1 モードの値を見ると、全試行においてほぼ一定の値を示している。一方、第 2 モード以降は試行ごとに値が異なる。このことから、第 1 モードは全試行に共通する動作の類似成分を、第 2 モード以降は試行ごとに異なる動作の差異成分の情報をそれぞれ含んでいることを示唆する。

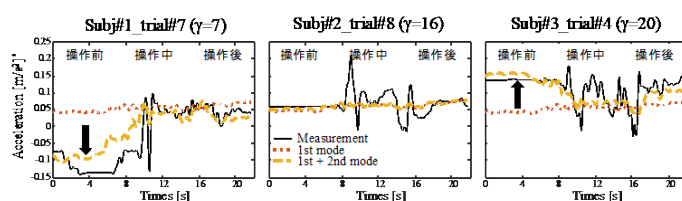


図 4-4-2 計測データと再構成データとの比較



図 4-4-3 特徴的な運転動作の例

(2) 差異成分と運転動作との対応 計

測データと各モードの再構成データとの平均二乗誤差 (MSE) の観点から、各モードの動作の特徴を顕著に表すセンサ軸を選定した。また、選定したセンサ軸に着目して各モードが表す動作の内容を考察した。図 4-4-2 に示すよう、第 1 モードから第 2 モードまでを加えて計測データを再構成すると、左手首の Y 軸 (Sensor4-Y) の計測データとよく一致する傾向にあった。とくに、操作前のタイミングにおいて計測データとの差が小さくなる傾向にあった。このことから、第 2 モードは、左折動作におけるステアリング操作前の左手の位置の特徴を表すといえる。また、図 4-4-3 に示すように、第 2 モードの右特異ベクトルの値 $v_{\gamma,2}$ が負に大きい場合はステアリングの保持位置が平均的な保持位置よりも下方に、正に大きい場合は平均的な保持位置よりも上方に、そして、ゼロに近い場合は平均的な保持位置にあることをビデオ観察の結果と照らし合わせて確認した。

4-5 おわりに

本稿では、運転動作の個人性評価を目的とし、左折動作の計測データを対象に、全試行で共通する動作と試行ごとに異なる動作の成分を特異値分解を用いて抽出した。また、計測データと再構成データとの比較から、抽出した成分がどのような動作を意味するかを考察した。今後は、模範的な運転動作との比較や、また、どの部位にどのような動きの違いが生じたかを評価するなど、提案手法の技能教育支援への活用について検討したい。

(参考文献)

小林一夢・秋月拓磨・高橋弘毅・章忠, 「加速度センサを用いた交差点左折時における運転操作の個人特徴に関する検討」, 第 61 回自動制御連合講演会, pp.887-892, 2018.11.17-18.