

ドライバの操舵行動の安全性評価手法の検討

田中 義弘† 宮島 千代美†

大同大学 大学院情報学研究科†

1. はじめに

カーブでは車速の2乗に比例し遠心力が働くため、重大事故に繋がりやすく、カーブでの死亡事故の割合は、全事故に対するカーブ事故の割合の約4倍に上ると報告されている¹⁾。このことから、私はカーブにおける運転行動の分析・評価が重要と考え、ドライバの操舵行動の安全性の評価手法について検討する。我々はこれまで、カーブ走行時に観測される運転信号（アクセル、ブレーキ踏力、速度、加速度など）を基に、クラス分析によりドライバをタイプ分類することで、カーブ走行が危険な傾向にあるドライバを発見する方法について研究を行ってきた²⁾。しかし、危険傾向にあるドライバの選び方に客観的な指標がなく、分類結果の妥当性を検証する必要があったと考えた。

そこで、本研究では、国が定める道路の設計基準や、加速度の動的変化の大きさといった、より客観的な指標を用いてドライバの操舵行動の安全性を定量化する手法についても検討するとともに、安全な運転の模範と考えられる自動車学校の教習員と一般ドライバとの評価結果を比較することで、評価手法の妥当性を検証した。

2. ドライバ操舵行動の客観的な安全性評価

操舵行動の客観的な安全性評価手法として、ここでは、道路構造令に基づく評価手法と、左右方向加速度の動的変化（ジャーク）に基づく評価指標を提案し、主に速度と左右方向加速度を用いてドライバの操舵行動を評価する。

<2・1>道路設計基準による操舵行動の安全性評価
道路構造令第15条³⁾は道路を設計するうえで、走行速度に対して必要なカーブの最小半径を示した基準であり、この基準を用いた操舵行動評価手法が提案されている⁴⁾。この評価手法では、設計基準を超過した速度の頻度（割合）によって、ドライバの操舵行動の危険性を評価する手法である。しかし、速度超過頻度の割合のみを考慮しており、速度超過の度合いは考慮されていなかった。そこで、本研究では、速度超過頻度の割合のみではなく、速度超過の度合いも考慮した操舵行動評価指標を提案し、速度超過危険度と名付け、ドライバの操舵行動の評価を行う。まず、カーブ走行が等速円運動であると仮定し、速度 v [m/s] と左右方向加速度 a [m/s²] から、走行時の曲率半径 $R = v^2/a$ [m] を推定する。次に、速度と推定された曲率半径の関係を、表1に示す道路

構造令第15条で定められた道路設計速度とカーブの最小半径の関係と比較し、基準を越える速度で走行した頻度を求める。そこに超過した速度の平均値を重み付けすることで、速度超過の度合いも考慮した速度超過危険度として操舵行動の安全性を評価する。

表 1. 道路構造令第15条による道路設計速度の基準

道路設計速度 [km/h]	20	30	40	50	60	80	100	120
カーブの最小半径 [m]	15	30	60	100	150	280	460	710

<2・2> ジャークに基づく操舵行動評価

次に、操舵時の左右方向加速度の動的変化に着目する。加速度の1次微分をジャークと呼び、このジャークの大きさの2乗平均を求めることで、操舵の荒さを評価する。ジャークを用いることで加減速や操舵など運転行動の荒さを評価することができ、先行研究では前後方向ジャークを用いて加減速の荒さの評価が行われている⁵⁾。本研究では、操舵行動の荒さの評価を行うため、左右方向ジャークを用いる。

3. 実験と結果

実験には、図1に示した名古屋高速（総距離約21.7km）にて収録された一般ドライバ38名、教習員6名の計44名の走行データ（NUDriveデータ）を用いた⁶⁾。なお、年齢は22～56歳で運転歴は3～38年であり、年齢差が見られるものの、初心者および高齢者のドライバは存在しない。



図 1. 走行ルート

まず、図2に曲率半径と速度の分布の例を示す。図2(a)は道路設計基準に基づく評価において、操舵行動が安全と評価された教習員、図2(b)は最も安全性が低いと評価された一般ドライバの結果であり、グラフの1つの点（○：左、+：右方向）は5秒ごとの左右方向加速度の絶対値の最大値とその瞬間の速度の関係を表している。これらの点が曲線で示された道路設計基準の基準線の内側に分布すれば安全、より外側に多く分布すれば危険と考えられる。これら2名のドライバの速度超過危険度はそれぞれ、(a)0、(b)1.29であった。

A study on safety evaluation of driver steering behavior

†Yoshihiro Tanaka, Chiyomi Miyajima

†Graduate School of Informatics, Daido University

続いて図 3 に、従来手法と提案手法における全ドライバの危険度分布を示す。図 3(a)の速度超過頻度の割合のみを考慮した従来手法と図 3(b)の速度超過の度合いも考慮した提案手法を比較すると、教習員がより安全傾向の方に分布し、カーブ走行が極端に危険なドライバが明確になった。

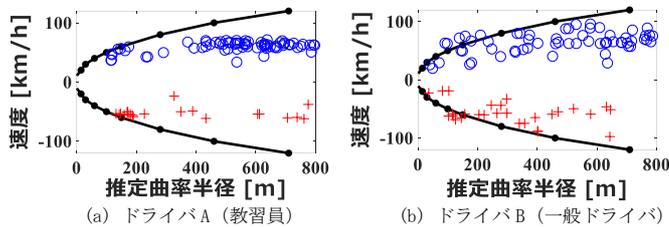


図 2. 推定曲率半径と速度の分布

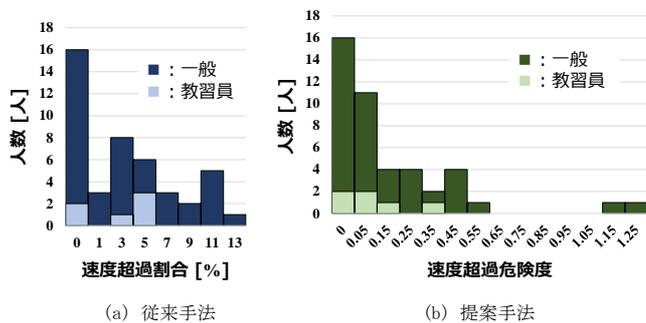


図 3. 従来手法と提案手法の危険度分布

また、図 4 に図 2 と同じ 2 名のドライバの前後・左右方向のジャークの分布を示す。グラフの横軸が左右方向加速度の動的変化の大きさに相当し、このジャークの分布の横方向の広がり操舵行動の荒さを表すと考えられる。なお、この 2 名の左右方向ジャークの二乗平均は、(a) が 2.89×10^{-4} 、(b) が 7.23×10^{-4} であった。このことから、ジャークの観点からでもこの一般ドライバは危険傾向なカーブ走行であることが確認できた。

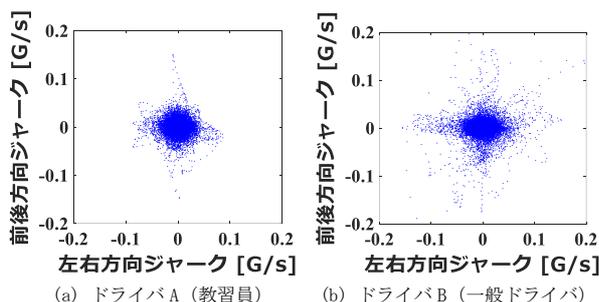


図 4. 前後・左右方向ジャークの分布

続いて、図 5 に全ドライバのジャークの分散を示す。ジャークの分散で見ても、教習員は安全傾向の方に偏っており、一般ドライバよりも安全傾向でスムーズなカーブ走行をしていると言える。また、教習員の中で速度超過危険度が高いと評価されたにも関わらず、ジャークの分散の値は小さいと評価された教習員がいた。つまり、カーブを高い速度で走行する傾向にあるドライバであっても、ジャークによ

る評価からは操舵行動がスムーズと判断される場合もあることが分かった。

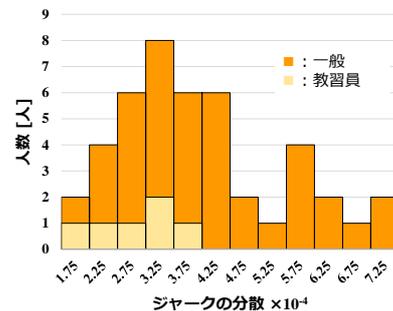


図 5. 左右方向ジャークの分散の分布

これらの実験結果から、客観的な危険度のスコアについて、個人差はあるものの、一部を除き、教習員は一般ドライバに比べ安全傾向にあることが分かった。安全運転の模範である教習員が全体的に安全傾向であると評価されており、評価手法が妥当であることが示唆された。

4. おわりに

本研究では、ドライバの操舵行動の安全性を評価するために、道路の曲率と超過速度の関係を用いた評価手法、左右方向ジャークを用いた評価手法について検討した。また、評価手法の妥当性を検証するため、自動車学校の教習員と一般ドライバとの評価結果を比較した。その結果、教習員の操舵行動は全体的に安全傾向にあるという評価結果を得た。また、複数の評価手法を用いることで、例えば、カーブを比較的高速に通過する傾向にあるが、操舵行動自体は滑らかである、といった様々な観点からの評価ができることも分かった。

今後は、これらの定量化手法と、これまで行ってきたクラスタ分析による評価手法結果を比較し、その妥当性を検証する。また、一般道の交差点やカーブにおける操舵行動の評価手法についても検討する予定である。

参考文献

- 1) カーブ走行の落とし穴, 東京海上日動火災保険(株) <http://www.meiwains.com/anzennews/anzennews2111.pdf> (2021/1/6 参照)
- 2) 田中他, “カーブにおけるドライバの運転行動の分類,” 東海支部連合大会, Po1-28, 2019.
- 3) 道路構造令第 15 条, e-Gov 法令検索 <https://elaws.e-gov.go.jp/> (2021/1/6 参照)
- 4) H. Amata, et al., “Abrupt Steering Detection Based on the Road Construction Ordinance and Vehicle Acceleration Captured with Drive Recorders,” Proc. ICICIC 2008.
- 5) Y. L. Murphey, et al., “Driver’s style classification using jerk analysis,” IEEE- CIVVS 2009, 23-28.
- 6) K. Takeda, et al., “International large-scale vehicle corpora for research on driver behavior on the road,” IEEE Trans. ITS, 12(4), 1609-1623.