

## 遠隔運転におけるステアリングエントロピー法に基づく運転評価

岡田 瑛斗

指導教員：小栗 宏次

## 1 はじめに

自動運転システムが正しく動作しない環境下における補完技術として、遠隔運転が注目されている。遠隔運転は周囲の状況を自由に確認することができず、運転操作や映像には必ず遅延が発生するため、通常の運転とは異なった運転技術が必要となるが、その練習方法については議論されていない。

そこで本研究では、通常運転との違いが強く影響を及ぼす項目としてステアリング操作に着目し、ドライビングシミュレータを用いた模擬遠隔運転における運転評価指標の考案を目的とした。指標はステアリングエントロピー (SE) 法 [1] をもとに作成し、実験を通してその有効性を検証した。

## 2 運転評価指標

遅延なし運転を複数回行い、 $i$  回目の操舵角の時系列データ  $\phi_i(t)$  を走行距離でリサンプリングしたものを  $\Phi_i(l)$  とする。 $\Phi_i(l)$  の算術平均を基準データ  $\Phi_{base}(l)$  とし、 $\Phi_i(l)$  と  $\Phi_{base}(l)$  との差  $e(i)$  の度数分布を出力して 90% タイル値を  $\alpha$  とする。ドライバごとの運転特性を表す値として、この  $\alpha$  を用いて度数分布を  $P_1$  から  $P_9$  までの 9 つの領域に分け、各セルに入る割合を求める。そして、SE 値  $H$  を式 (1) によって算出する。

$$H = - \sum_{i=1}^9 P_i \log_9 P_i \quad (1)$$

続いて、 $e(i)$  の算出と同様にして、遅延あり運転時の舵角データ  $\Phi'_i(l)$  と  $\Phi_{base}(l)$  との差  $e'(i)$  および遅延なし運転によって求めた  $\alpha$  とセルに基づいて、遅延あり運転における SE 値  $H'$  を算出する。遅延がないときと同じような運転ができていれば  $H$  と  $H'$  は近い値を示し、反対に差があるときはその程度に比例して遠い値となるため、この値を比較することで評価を行う。

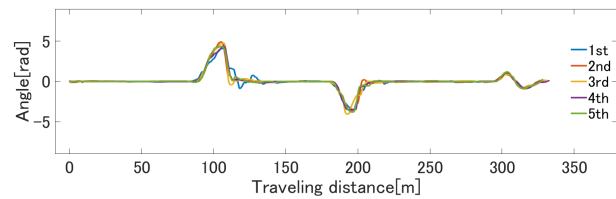
## 3 実験結果

図 1 のようにドライビングシミュレータを用いて遠隔運転を模擬し、健常な 20 代の男女計 20 名に対して実験を実施した。インフォームドコンセントを行った上で、状況を自動運転不可区間の遠隔運転と伝え、安全な運転を心掛けるよう事前に教示した。コースは路上駐車を避ける必要のある直線コースと右左折を各 1 回ずつ必要とする右左折コースの 2 種類を用意した。

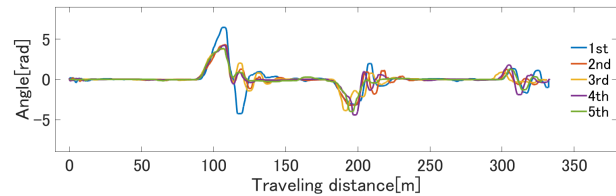


図 1: Experimental environment

右左折コースを遅延のある状態で運転したときのステアリング舵角データの例を図 2 に示す。この結果のように、遅延による影響でステアリング操作が乱れる被験者がほとんどだった一方で、遅延があっても安定した運転を見せる被験者も存在した。また、操作が乱れていた被験者にも、影響の度合いや表れ方に違いがあり、軽いふらつき程度の運転から道路をはみ出してしまう危険な運転まで見られた。さらに、遅延の影響の受け方は一定ではなく、同一被験者であっても回数ごとに不安定さが異なっている場合がほとんどだった。



(a) without delay (normal driving)



(b) under delay condition (remote control)

図 2: Steering angle data (Sub13)

図 2 に示した被験者のデータに対して、提案手法により算出した SE 値を表 1 に示す。結果から、遅延なし運転に比べ、遅延あり運転では SE 値が大きくなるのが分かった。これは他のすべての被験者も同様の結果であった。また、もっとも不安定な操作だった 1 回目の運転における SE 値は、他の回と比べ最大となっており、不安定さに比例して SE 値が大きくなることを確認した。このことから、SE 値の大小を用いた運転評価を行えることが示唆された。

表 1: Steering entropy for each trial (Sub13)

遅延	1 回目	2 回目	3 回目	4 回目	5 回目
なし	0.603	0.500	0.633	0.496	0.592
あり	0.903	0.795	0.781	0.775	0.767

## 4 おわりに

遠隔運転の安全度評価を目的に、SE 法に基づいた評価指標を提案した。その結果、運転の不安定さに応じて SE 値が変化することを確認した。今後の課題として、算出した SE 値から運転の安全性を評価する方法の検討などがあげられる。

## 参考文献

- [1] 中山沖彦ほか. “運転者負荷定量化手法ステアリングエントロピー法の開発”. 自動車技術会. 1999, vol. 45, p. 5–8.