

## D-12 模倣学習を用いた特定個人の運転挙動を再現した運転者モデルの構築

弥永将季\*, 松木裕二\*\*

(\*福岡工業大学大学院工学研究科, \*\*福岡工業大学工学部)

## 1. はじめに

交通事故の多くは人的要因に起因しており、その背景には個人ごとの行動特性の違いが存在している。したがって、個人の運転行動に潜むリスクを定量的に評価することは、事故防止において重要である。このような観点から、従来は強化学習を用いた運転者モデルの研究が進められてきたが、人間の機能的限界を超過した運転行動を取る可能性が懸念されている。この問題を回避するため、強化学習と模倣学習を組み合わせた手法も提案されているが、一般的な運転特性の再現に留まり、個人の癖や不適切な運転挙動までを再現することは困難であった。

そこで、本研究では、模倣学習のみを用いることで、特定個人の運転挙動を忠実に再現する運転者モデルを構築し、その再現性を検証することを目的とする。

## 2. 運転者モデルの構築

**2.1 データ取得手続き** データ収集のため、一直線の道路における追従運転環境をUnityで構築した。先行車はプログラム制御により一定速度で走行し、追従車は運転者がハンドル・ペダルコントローラを用いて運転した。運転開始時にはランダムな速度と車間距離を設定し、運転者は自分が好む車間距離を維持するよう運転を行った。計測は、2000フレームを1エピソードとし、合計100エピソード(約33分間)の運転データを収集した。観察項目は、自車速度・加速度、先行車速度、自車から見た先行車の相対速度、車間距離、車体角度、車線位置とした。また、モデル評価のため、初期条件を固定した運転データも5エピソード収集した。(車間距離50m, 速度50km/h)

**2.2 モデル学習手続き** 本研究では、Unity ML-Agents[1]が提供する模倣学習アルゴリズムを用いて運転者モデルを構築した。Behavior Cloning(BC)[2]とGenerative Adversarial Imitation Learning(GAIL)[3]を併用することで、人間の運転データ(デモンストレーションデータ)を高精度に模倣する。モデルへの入力観察項目と同一であり、出力はアクセル・ブレーキペダルの踏み量およびハンドル切り角とした。

## 3. 評価実験

**3.1 実験1:個人の運転再現** 本実験の目的は、特定の運転者のデモンストレーションデータを基に構築した運転者モデルが、実際の運転挙動をどの程度再現できるかを検証することである。

評価には2.1節で取得した運転データを用い、モデルと人間のペダル操作および車間距離を比較した。その結果、モデルは、開始直後の大きな加速や、その後の微調整といった特徴的なペダル操作パターン、さらにそれに伴う車間距離の推移を再現した。以上より、本手法によるモデル構築の妥当性が確認された。

**3.2 実験2:個人特性の比較** 本実験の目的は、個人ごとの異なる運転特性をモデルがどの程度再現できるかを検証することである。

2名の運転者(運転者A, 運転者B)のデモンストレーションデータを基に、それぞれ運転者モデル(モデルA, モデルB)を構築した。両モデルを用いて2.1節の方法に従い評価データを作成し、推論結果を比較した。

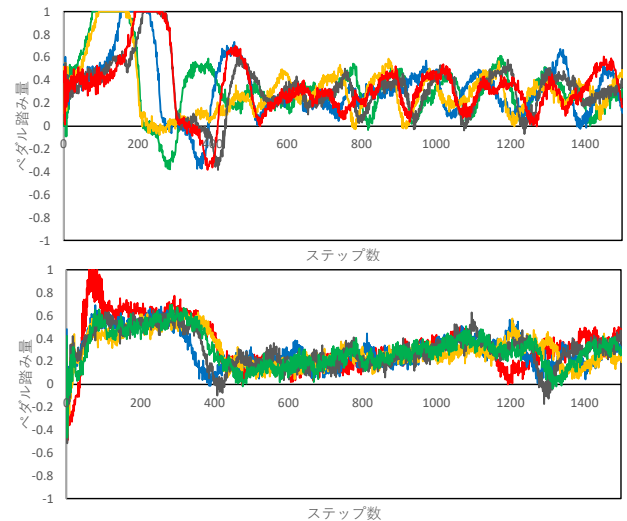


図1 (上)モデルA・(下)モデルBのペダル操作

図1にペダル操作の推論結果を示す。モデルAはペダル操作の変化が大きく積極的に速度調整を行う傾向を示し、運転者Aの特徴を再現した。一方、モデルBはペダル操作が滑らかで安定した走行を維持する傾向を示し、運転者Bの特徴を反映していた。これにより、本手法が運転者ごとの運転スタイルの違いを学習・再現できることが示された。

## 4. 考察

実験の結果、構築した運転者モデルは特定個人の運転行動を再現できることが確認された。一方で、モデルのペダル操作には人間よりも細かい変動が見られた。この要因として、ML-Agentsの確率的サンプリングの影響が考えられる。その対策として、行動項目のペダル操作量を絶対的な踏み量(変位)から、その時間微分である操作速度に切り替えることが有効であると推察される。さらに、本研究における評価はグラフの視覚的比較に基づいており、今後はGAILの識別器を用いるなど、モデル間の一致度を客観的かつ定量的に評価できる手法を導入する必要がある。

## 5. 結論

本研究では、模倣学習を用いて、特定個人の追従運転時の運転挙動を再現する運転者モデルを構築した。その結果、本モデルは、運転者ごとの運転スタイルの違いを反映でき、個人の運転リスク評価への応用可能性が示された。今後の課題としては、モデルの挙動のさらなる滑らかさの実現と、客観的かつ定量的な評価手法の確立が挙げられる。

## 参考文献

- [1] Juliani, Arthur et al, "Unity: A general platform for intelligent agents", arXiv preprint arXiv:1809.02627, 2020.
- [2] Bain, Michael and Sammut, Claude, "A Framework for Behavioural Cloning", 2000
- [3] Jonathan Ho, Stefano Ermon, "Generative Adversarial Imitation Learning", arXiv:1606.03476, 2016.