

大規模言語モデルを活用した 熟練者の評価観点に基づく運転アドバイスシステム

佐藤能英瑠^{†1} 鳥居武史^{†1}

概要：ドライバが自身の運転技能を正確に把握し、改善策を得ることは安全性や快適性の向上につながるが、専門の運転指導者から常時フィードバックを得ることは時間的・空間的な制約から容易ではない。本研究では、自動車会社内の運転指導者が有する熟練者の評価観点を大規模言語モデル（Large Language Model: LLM）のプロンプトに組み込むことで、いつでも利用可能な具体的な運転アドバイスの自動生成を実現し、運転技能向上と社内の技能伝承に寄与するシステムを提案する。具体的には、(1) 基準データと実験参加者データの比較、(2) 熟練者の評価観点に基づく運転アドバイス生成、(3) 所定フォーマットでの整形の3段階のプロンプト設計を行った。非熟練者の走行動画を熟練者8名が評価した結果を用いて、操舵や加減速のタイミング、運転姿勢など熟練者に共通する評価観点を抽出し、これを LLM による運転アドバイス生成に反映させた。生成された運転アドバイスは実際の運転特徴と一致し、適切な運転アドバイスであることが確認された。運転技能向上効果の詳細な検証や、異なる走行条件やコース形状に適用する汎用化が課題である。

1. はじめに

自動車を取り巻く環境は急速に変化しており、先進運転支援システムの発展によって、ドライバの役割や必要とされる技能も多様化している。このような状況において、ドライバが自身の運転技能を適切に把握し、改善に役立つ具体的なフィードバックを得ることは、安全性や快適性の向上に直結する重要な課題である。

近年、大規模言語モデル（Large Language Model: LLM）の飛躍的な性能向上により、言語処理を介して複雑な専門知識を実用的なシステムに統合することが可能となってきた。専門家が行うような高度な判断や助言を、大量のテキスト情報から学習した LLM を用いて自動生成する手法は、多くの分野で注目を集めている。運転アドバイスにおいて、熟練者が有する知見を LLM に反映させることにより、いつでも適切な運転アドバイスを入手できる環境を実現できると期待される。特に、熟練者として自動車会社内の運転指導者の知見を用いることで、熟練者の評価観点やノウハウを新たな世代へ継承し、社内の技能伝承にも寄与することが可能となる。

本研究では、熟練者の評価観点を LLM へのプロンプトとして組み込むことで、自動車会社内の運転指導者が行うような具体的な運転アドバイスの自動生成を実現し、ドライバの運転技能向上と社内の技能伝承の促進を目指した。評価環境として、走行環境の統制が取れ、繰り返し訓練がしやすいドライビングシミュレータ（Driving Simulator: DS）を採用し、検証を行った。

2. 関連研究

2.1 運転技能に関する研究

運転技能評価には、操舵角の周波数特性[1]、操舵角標準偏差や総操舵量[2]、事故リスクに着目した日常運転傾向[3][4]など、様々な指標が用いられている。機械学習を活用した研究では、カーブ区間の走行データから熟練者と非熟練者の特性を抽出し、合成ジャークを用いた分類で技能差を示す手法が報告されている[5][6]。

2.2 DS を用いた研究

DS は安全な環境下で統一的な実験条件を確保しやすいため、様々な研究で広く活用されている。例えば、安全面から実車で困難な自動運転フェイル時の挙動解析[7]や省燃費運転支援[8]に利用されている。また、安価なシミュレーション環境として Assetto Corsa や rFactor2 が活用できる報告がされている[9]。

2.3 運転アドバイスに関する研究

運転アドバイスに関して、ドライバの性格特性に応じた褒め言葉を用いることで、運転行動を改善する運転支援エージェントに関する研究が報告されている[10]。

2.4 アドバイスに関連する LLM の研究

LLM を活用する研究として、特定のタスクの出力精度向上のため、人のフィードバックを反映して指示に従うように LLM を訓練する手法[11]や、LLM が複雑な推論問題に取り組む際に、思考プロセスを明示的に示すことで出力の質を向上させる手法[12]が報告されている。

3. 実験

本研究では、熟練者の評価観点を LLM に活用した運転アドバイスシステムを構築・検証した。熟練者は、自動車

^{†1} 株式会社SUBARU 技術研究所

メーカーにおいて車両開発に従事し、定期的にドライビングスキルと評価能力の向上訓練を受け、社内の運転指導を行っているエンジニアと定義した。

3.1 熟練者の評価観点収集

非熟練者の実車走行動画に基づくアンケート調査により、熟練者に共通する評価観点を抽出した。動画はドライバ行動や走行環境、加減速・操舵を可視化して提示し（図1）、熟練者8名にMicrosoft Forms上で回答を得た。



図1 非熟練者の実車走行動画

3.2 運転アドバイスシステム

Assetto Corsa上で取得した速度、ヨーレート、前後加速度、操舵角、アクセル操作、ブレーキ操作のデータを基に波形を作成し、お手本である熟練者3名の基準データと比較した。LLM（Claude 3.5 Sonnet v2）へのプロンプトは、
(1) 基準データと実験参加者データの比較
(2) 熟練者の評価観点に基づく運転アドバイス生成
(3) 所定フォーマットでの整形

の3段階に分けた。非熟練者2名を対象とし、自動車会社内にあるテストコース（図2）を再現したコースの走行データを、運転アドバイス生成に使用した。計測環境を図3に示す。なお、計測は株式会社SUBARUの倫理審査委員会の承認を得て実施した。

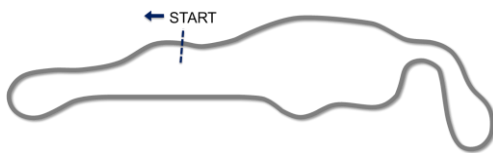


図2 コースの概要（全長約1.7 km）



図3 計測環境

4. 結果

4.1 熟練者へのアンケート調査結果

熟練者8名のアンケートより、非熟練者の走行動画への運転アドバイスを収集した。操舵の滑らかさや、視点・姿勢の安定性、アクセル・ブレーキ操作の滑らかさなどに関する運転アドバイスを得た。

4.2 熟練者に共通する評価観点

収集した8名分のアンケートデータを分析した結果、熟練者に共通する評価観点が抽出された。評価観点の例は以下である。

- 操舵はゆっくり滑らかに行う。急な修正舵は避ける。
- アクセル/ブレーキ操作は滑らかに行い、急激なON/OFFは避ける。
- 運転姿勢は安定させ、遠くを見る。
- 車線内の走行位置は中央に保つようにする。

4.3 運転アドバイスの生成

熟練者の評価観点に基づき、お手本である熟練者3名の基準データと実験参加者のデータを比較し、LLMで運転アドバイスを生成した。

非熟練者1：コーナー進入時の速度が速く不安定な走りになっているため、熟練者のように余裕を持った運転を目指し、早めの減速とアクセル・ブレーキの穏やかな操作を心がけましょう。

非熟練者2：コーナー手前での急激な減速と修正舵が目立つため、より滑らかな走行を目指し、コーナーの手前から早めに減速を開始し、一定のリズムで操作するよう心がけましょう。

4.4 運転アドバイスの指摘内容の検証

熟練者と非熟練者1の車速を比較した（図4）。非熟練者1は車速が高く、カーブ手前で大きな減速が必要な走行になっており、運転アドバイスで指摘されている内容と一致した。

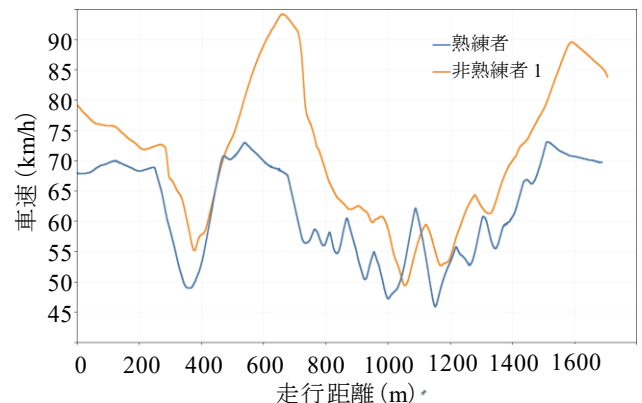


図4 熟練者と非熟練者1の車速比較

熟練者と非熟練者2の操舵角を比較した(図5)。非熟練者2はコーナー前後での修正舵が熟練者よりも多く、運転アドバイスで指摘されている内容と一致した。

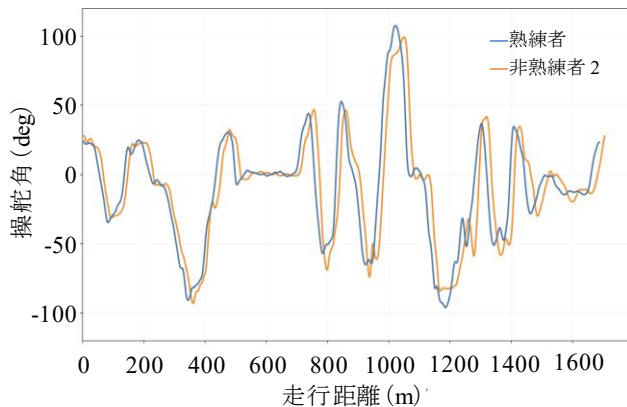


図5 熟練者と非熟練者2の操舵角比較

5. 考察

本研究では、熟練者の評価観点に基づく運転アドバイスを生成するため、LLMへのプロンプトを役割ごとに分割し、熟練者の評価観点をプロンプトに組み込む手法を検討した。具体的には、(1) 基準データと実験参加者データの比較、(2) 熟練者の評価観点に基づく運転アドバイス生成、(3) 所定フォーマットでの整形の3段階のプロンプト設計を行った。その結果、熟練者の評価観点に基づく運転アドバイスを生成できることを確認した。さらに、生成された運転アドバイスと実際の走行データを比較したところ、運転アドバイスは実験参加者の運転特性を反映しており、実際の問題点を指摘していることが示唆された。これらの結果は、本手法が熟練者の知識や判断基準を反映する有効なアプローチである可能性を示すと考える。

6. まとめ

DSによるワインディングロード走行を対象に、熟練者の評価観点をLLMに活用した運転アドバイスシステムを構築・検証した。その結果、生成された運転アドバイスは実験参加者の運転特性を反映しており、熟練者の評価観点に基づく改善指針を提示できることが示唆された。今後は、本システムによる運転技能向上効果の詳細な検証や、異なる走行条件やコース形状に適用する汎用化を検証することで、本システムの実用性を高める。

参考文献

- [1] 磯村有宏, 原徹, 他. ドライバのハンドル操作におけるヒューマンファクタ. 自動車技術会論文集. 1994, 27 (1), p. 122-126.
- [2] 竹原昭一郎, 須田義大, 他. 操舵行動におけるドライバ個人特性解析に関する研究. 自動車技術会論文集. 2009, 40 (3), p. 899-904.
- [3] Hong, J.; Margines, B.; et al. A smartphone-based sensing platform to model aggressive driving behaviors. CHI '14: Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems.

2014, p. 4047-4056.

- [4] 金子敬行. テレマティクスを活用した自動車保険. IATSS Review. 2019, 43 (3), p. 171-180.
- [5] 李曙光, 山邊茂之, 他. 機械学習手法を用いたカーブ走行時の運転熟練/未熟練の特徴差抽出に関する研究. 日本機械学会交通・物流部門大会講演論文集. 2012, 21st, p. 225-228.
- [6] Murphey, Y. L., Milton, R. et al. Driver's style classification using jerk analysis. 2009 IEEE Workshop on Computational Intelligence in Vehicles and Vehicular Systems. 2009.
- [7] 鈴木裕也, 安部正人, 山門誠, 狩野芳郎. ドライビングシミュレータを用いた自動運転システムフェイル時のドライバ挙動に関する研究. 自動車技術会 2016 年秋季大会学術講演会講演予稿集, 2016, p. 461-465.
- [8] 平岡敏洋, 野崎敬太, 高田翔太, 塩瀬隆之, 川上浩司. エコドライブ支援システムにおける能動的工夫の余地が運転技能の習熟に与える影響. ヒューマンインタフェース学会誌, 2013, Vol. 15, No. 2.
- [9] Santiago Higuera de Frutos, María Castro. Assessing sim racing software for low-cost driving simulator to road geometric research, Transportation Research Procedia, 2021, vol. 58, pp. 575-582.
- [10] 西尾駿一, 澁江樹, 宮本友樹, 片上大輔, 吉原佑器, 金森等, 田中貴紘. ドライバの性格特性に応じたほめにより運転行動改善を促進する運転支援エージェント. HAI シンポジウム 2024, 2024, P-80.
- [11] Ouyang, L. et al. Training language models to follow instructions with human feedback. arXiv:2203.02155, 2022.
- [12] Wei, J. et al. Chain-of-Thought Prompting Elicits Reasoning in Large Language Models. arXiv:2201.11903, 2022.