

早島未来\*, 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

本研究の目的は、運転者の視覚および認知特性を反映した運転者モデルを構築し、シミュレーションにより衝突確率を算出することで運転の危険性を評価することである。警察庁[1]の調査によれば、交通事故原因の約60%が安全運転義務違反に起因しており、運転者の行動特性が交通事故発生に大きく影響している。したがって、運転行動をモデル化するためには、運転データに加え、人間に特有の視覚および認知特性を考慮する必要がある。

早島ら[2]は、これらを取り入れた統合的運転者モデル(Integrated Driver Model, IDM)を提案し、内部で危険性評価指標であるPNC(Probability of No-intervention Collision)を算出して機械学習モデルに利用する枠組みを示した。

しかし、従来のIDMは運転者の運転行動を単純化しており、高精度な予測を行うためには、IDMの出力を現実的な値に設定する必要がある。このとき、PNCは交通状況に強い制約を設けて算出されるため、危険性評価指標としては不十分となる可能性がある。

そこで、本稿では、IDMの精度向上を目的としてPNCの改良を行う。

## 2. 危険性評価指標PNCの改良

文献[2]で提案したPNC(従来PNC)は、他物体位置の将来予測を観測時刻の物理量のみに基づいて算出している。そのため、値が観測時刻の物理量に依存し、他物体の不確実性により自車と衝突軌道に入る可能性を考慮できていない。

そこで、本研究では、PNCの導出にあたり、「他物体は自車と必ず衝突する速度で移動するもの」と仮定した(提案PNC)。すなわち、将来予測に用いる他物体の速度は、観測時刻の値ではなく、自車と衝突する条件を満たすように算出された速度とした。

## 3. 実験

3.1 目的 本実験の目的は、従来PNCと提案PNCを危険性評価指標として用いた場合のモデルの性能を比較し、IDMに適した指標を明らかにすることである。

3.2 方法 本実験には、普通自動車免許を持つ50代男性1名が参加した。実験にはアクセル・ブレーキペダルを備えたドライビングシミュレータを用い、走行環境および映像呈示は文献[2]と同様とした。

実験参加者には、最初にアクセルペダルを踏んで車両を加速させ、歩行者の飛び出しを視認次第、ブレーキペダルを踏んで衝突を回避するよう指示した。この際、車両が完全に停止するまでブレーキを踏み続けることが求められた。この一連の流れを1試行とし、全部で60試行実施した。各試行では、自車及び歩行者の位置・速度、実験参加者の視線方向、アクセル・ブレーキペダルの操作量を60Hzの時系列データとして記録した。

得られたデータは、学習:検証:推論の比が7:1:2となるよう分割され、後続のモデル学習および推論に用いられた。

3.3 学習手続き 本実験では、アクセル操作量、ブレーキ操作量、垂直視線角度、水平視線角度を予測するモデルを

表1 各モデルの推論の評価値

Model Name		SMAPE [%]
Accel	Conventional	69
	Proposed	67
Brake	Conventional	151
	Proposed	151
Vertical Gaze	Conventional	21
	Proposed	21
Horizontal Gaze	Conventional	49
	Proposed	37

それぞれ構築した。アクセル・ブレーキ操作量はそれぞれ0~1、垂直・水平視線角度はそれぞれ-90~90°の範囲をとる。

モデルにはLSTMネットワークを採用し、1つのLSTMブロックと1層の全結合層から構成した。入力には、自車の位置及び速度、歩行者の位置、アクセル・ブレーキペダル操作量、視線角度(水平・垂直成分)を用い、これを10フレーム窓で与えた。モデルは、入力直後のフレームにおける運転行動を予測する。

各予測項目において、危険性評価指標に従来PNCを用いるモデル(Conventional)と提案PNCを用いるモデル(Proposed)の2種類を構築した。

3.4 推論手続き 本実験では、12試行のデータを用いてモデルの推論をおこなった。評価指標にはSMAPE(Symmetric Mean Absolute Percentage Error)を採用し、ConventionalモデルとProposedモデルの性能を比較した。

## 4. 結果と考察

推論結果を表1に示す。AccelモデルおよびHorizontal Gaze(HGaze)モデルにおいて、提案PNCを用いた場合にSMAPEの減少が確認された。一方、BrakeモデルおよびVertical Gazeモデルでは両者に差は見られなかった。特に注目すべきは、HGazeモデルの結果である。PNCは運転者の注視方向に応じて衝突危険性を動的に変化させる指標であるため、注視方向は運転行動を決定する重要な変数となる。特に、本実験環境では道路の左右に歩行者が配置されているため、運転者の注視方向は主に水平方向に表れる。したがって、水平方向の推論精度が向上したことは、実験参加者の注視行動を的確に再現できていることを示している。

以上より、IDM内部で算出する危険性評価指標に提案PNCを用いることで、運転者の運転行動の予測精度が向上することが確認された。

## 参考文献

- [1] 警察庁, “令和6年中の交通事故の発生状況”, e-Stat, <https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?tclass=000001020602&cycle=7&year=20240>, 参照Aug. 5, 2025.
- [2] M. Hayashima, Y. Matsuki, “Developing an Integrated Driver Model for Risk Assessment - Reproduction of driver's Visual and Cognitive functions -,” Proc. 2025 JSAE Annual Congress (Spring), 28-25, no.20255126, pp.1-6, Kanagawa, Japan, May, 2025.