

生活道路交差点における
車載カメラ映像に基づく車両挙動のモデル化とシミュレータの構築
Modeling and Simulation of Vehicle Behavior
on Neighborhood Street Intersections Using In-Vehicle Camera Data

杉本 拓海[†] 大倉 裕貴[‡] 河崎 隆文[‡] 岩本 健嗣[‡]
Takumi Sugimoto Yuki Okura Takafumi Kawasaki Takeshi Iwamoto

1. はじめに

住宅地内にみられる道路は生活道路と呼ばれ、見通しの悪さや道幅の狭さから、交通事故の発生リスクが高い道路環境である。こうした生活道路の安全対策として、一時停止標識や防護柵等の交通安全施設の設置が進められている。現状、これらの交通安全施設は経験に基づいて設置されているが、データと定量的な評価に基づく安全対策の支援について検討の余地があると考えられる。

本研究では、生活道路交差点における車両挙動を再現するシミュレータを実装する。観測が困難な交通事故に代わり、普段の運転における潜在的な危険性を再現するためシミュレータを用いる。幹線道路を対象とした同様の研究がみられる一方で、それが生活道路に適用できるかは明らかになっていない。そこで本研究では、生活道路特有の道路環境および運転を測定し、その特性をシミュレータに組み込むことを試みる。さらに、得られた実行結果を実環境と比較することでその妥当性を評価する。

2. 手法

本研究では、生活道路交差点における車両の動きを車両挙動と呼び、これを時系列的な車両中心位置の推移として表す。この車両挙動を、交差点の幾何学的特徴に基づいて再現するシミュレータを構築する。まず、シミュレータの概要を述べ、次にシミュレータを構築する上で設計した車両挙動に関するモデルについて述べる。

2.1 車両挙動シミュレータ

図 1 に実装したシミュレータの画面を示す。図中の左側は交差点を特徴づけるパラメータを入力するパネルであり、右側はその交差点における車両挙動を表示するパネルである。シミュレータは次のフローに従って実行される。

交差点の特徴の入力 ユーザが入力した交差点を特徴づけるパラメータを読み込む。このパラメータを特徴ベクトルと呼び、道路の交差角度や車道幅、停止線の位置、標識の有無など計 27 項目により構成される。

車両挙動の分布の推定 車両挙動を特徴づける変数を挙動ベクトルと呼び、特徴ベクトルから挙動ベクトルの確率分布を Random Forest を用いて推定する。これは事前に測定された車両挙動データに基づいて推定される。

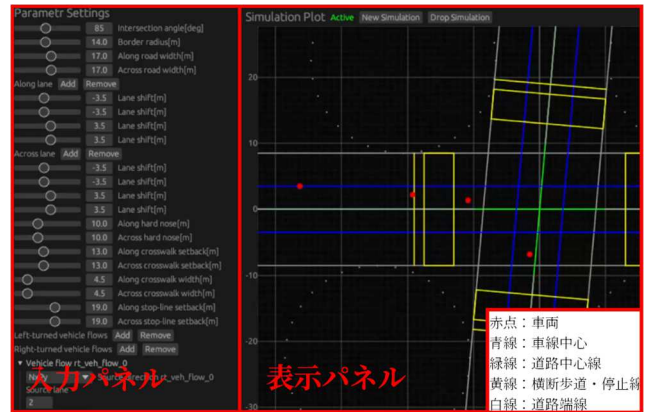


図 1 動作中のシミュレータの画面

車両挙動の計算と表示 分布をもとにサンプリングされた挙動ベクトルから、具体的な車両挙動を計算する。計算された結果は道路上における車両中心位置として図 1 の右側のパネルに表示される。

このフローを任意の交差点で実施することで、その交差点で起こりうる車両挙動を出力できる。これにより、道路環境の変化がもたらす影響を車両挙動の観点から定量的に評価できる。

2.2 シミュレータで用いる車両挙動のモデル化

2.2.1 車両挙動の移動モデル

車両挙動は車両中心位置の推移であるから、速度推移と進行方向推移、初期位置、初期進行方向によって表される。中村ら [1] は、速度推移を減速時と加速時でそれぞれ異なる三次関数、進行方向推移をクロソイド曲線によってモデル化した。本研究では、速度推移については同様に従う。一方で進行方向推移について、測定を行ったところ実測値がクロソイド曲線とは異なる結果を示した。そのため、これを生活道路で現れる旋回の特徴と考察し、進行方向推移は新たにシグモイド関数によってモデル化する。図 2 に正

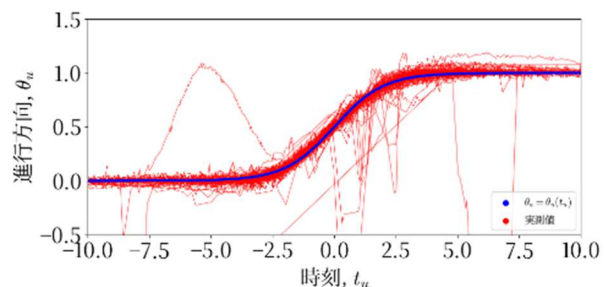


図 2 実環境における進行方向の推移

[†] 富山県立大学大学院 工学研究科 電子・情報工学専攻.
Graduate School of Engineering, Electrical and Computer
Engineering, Toyama Prefectural University.

[‡] 富山県立大学 情報工学部 情報システム工学科.
Faculty of Information Engineering, Department of
Information Systems Engineering, Toyama Prefectural
University.

規化した進行方向推移データとシグモイド関数を示す。図より、シグモイド関数によって進行方向推移が概ね適切に表現されていることが確認できる

2.2.2 車両挙動の分布モデル

道路環境を、車両挙動へ影響を与えて分布に偏りを生じさせる要因としてとらえ、特徴ベクトルから挙動ベクトルの分布を推定する。挙動ベクトルは具体的に三次関数とシグモイド関数の係数、初期位置、初期進行方向で表され、分布には正規分布を選ぶ。加えて、道路環境の類似性は車両挙動の分布に類似性を与えるとして、Random Forest を用いて適用範囲の拡大を図る。これにより部分的な車両挙動データから、未知の道路環境の車両挙動の分布の推定を可能にする。

3. 評価実験

車両挙動の移動モデルと分布モデルの妥当性、シミュレータの再現性について、実環境とシミュレータ上の速度推移、進行方向推移を比較して検証する。

3.1 車両挙動の測定

挙動ベクトルの分布を推定するには、事前に実環境における挙動ベクトルの測定が必要である。そこで本実験では、ドライブレコーダとして取り付けが容易な車載カメラを利用して走行映像の収集を行った。車載カメラの走行映像は SfM [2] とその関連手法を用いることにより、道路上における車両中心位置の推移を推定できる。

評価実験では、39 件の交差点で全 76 回行われた運転の測定結果を事前測定用、別の 3 件の交差点でそれぞれ 55 回ずつ行われた運転の測定結果を評価用に用いた。また、事前測定用は様々な交差点から収集されたものであり、39 件のうち 2 回以上同じ交差点で測定が行われたのは 13 件であった。

3.2 実験結果と考察

車両挙動の移動モデルの妥当性と既知の交差点におけるシミュレータの再現性を確認する。評価用データを事前測定データとして扱った場合において、実環境とシミュレータ上の車両挙動の比較を行った結果を図 3 に示す。これは、列ごとに異なる 2 つの交差点、行ごとに速度推移、進行方向推移を表す。速度推移には比較的高い類似性が認められた。一方で進行方向推移については、旋回開始直後の挙動を十分捉えられていないことが確認された。そのため、進行方向推移についてより適切な設計が必要と考えられる。

次に、車両挙動の分布モデルの妥当性と未知の交差点におけるシミュレータの再現性を確認する。実環境とシミュレータ上の車両挙動の比較を行った結果を図 3 と同様に図 4 に示す。交差点 A に対しては比較的高い類似性がみられた。一方で、その他の交差点において類似性に乏しい結果を示した。原因は学習用データが不足している点にあると考えられ、少ないデータをより広い範囲で活用する設計が必要と考えられる。

4. おわりに

本研究では、生活道路交差点における幾何構造や設置物の変化が車両挙動に及ぼす影響の定量的な評価を目的とした。そのうえで、実環境に基づいて車両挙動を確率的に生成するシミュレータの構築を行った。車両挙動のモデル化

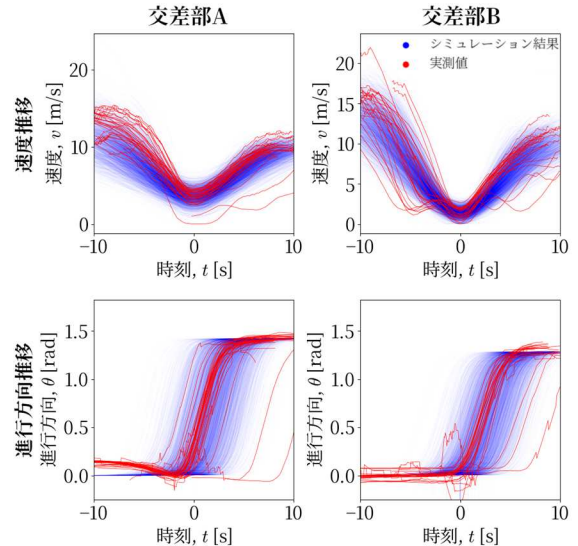


図 3 既知の交差点における比較

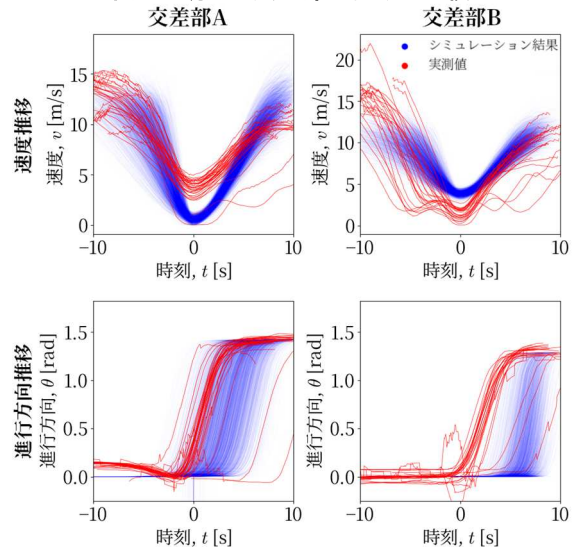


図 4 未知の交差点における比較

において、速度推移と進行方向推移を関数として表現した。特に、生活道路特有の右左折挙動に着目し、進行方向推移をシグモイド関数で表現することで、クロソイド曲線では捉えきれない挙動の再現を試みた。また、道路環境と車両挙動の関係性を仮定し、様々な交差点で適用可能なシミュレータの構築を目指した。

今後の課題として、進行方向推移の設計の改善や未知の交差点における再現性の向上が考えられる。また、交通安全において複数車両の相互作用、歩行者の移動は考慮すべき問題であり、モデルの改善が求められる。本研究の成果が、将来的に生活道路における安全対策の効果予測や設計最適化への応用、車載カメラ映像を活用した低コストな交通のシミュレーション手法として今後の研究や実務への貢献となることを期待する。

参考文献

- [1] 中村 英樹, 井料 (浅野) 美帆, 鈴木 弘司, 浜岡 秀勝, “改良対策立案のための交差点安全性評価シミュレータの研究開発”, 道路政策の質の向上に資する技術研究開発成果報告レポート (2015)
- [2] Schonberger, Johannes Lutz and Frahm, Jan-Michael, “Structure-from-Motion Revisited”, Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR) (2016).