

ドライビングシミュレータを用いた 車線変更モデル

藤澤 竜治¹・柳沼 秀樹²・寺部 慎太郎³・康 楠⁴

¹学生非会員 東京理科大学大学院 理工学研究科土木工学専攻 (〒278-8510 千葉県野田市山崎2641)
E-mail:7616628@ed.tus.ac.jp

²正会員 東京理科大学講師 理工学部土木工学科 (〒278-8510 千葉県野田市山崎2641)
E-mail:yaginuma@rs.noda.tus.ac.jp

³正会員 東京理科大学教授 理工学部土木工学科 (〒278-8510 千葉県野田市山崎2641)
E-mail:terabe@rs.noda.tus.ac.jp

⁴正会員 東京理科大学嘱託助教 理工学部土木工学科 (〒278-8510 千葉県野田市山崎2641)
E-mail:kangnan@rs.tus.ac.jp

交通分野における新たな課題として自動運転導入時における手動・自動車両の混在期での渋滞解消効果や事故減少効果の計測、災害時におけるミクロな運転挙動と事故分析が挙げられる。これらを事前に把握するためには、交通マイクロシミュレーションによる分析が必須となるが、上記の分析に耐えうる仔細な車両挙動を再現するのは難しい状況にある。本研究では、次世代型のシミュレーション構築を念頭に、複雑な運転操作やドライバー間の相互作用が働く車線変更に着目したドライバーの運転挙動モデルの構築を試みた。具体的には、様々な状況での車線変更状況をドライビングシミュレータを用いて再現し、ドライバーの挙動データを蓄積した上で、離散選択モデルをベースとしたモデリングを実施した。その結果、車線変更時の危険回避距離が曲がる効用に対して有効かつ個人間では、熟練のドライバーは未熟なドライバーと比較して早い回避行動が見られることが判明した。

Key Words : roundabout, geometric structure, speed, image analysis ,driving behavior

1. はじめに

近年、交通・自動車分野では自動運転社会に向け運転支援システムの導入を試みている。そのため、今後予想される自動・手動運転の混在時における渋滞解消や事故減少等の効果を適切に評価するためには、各種の運転挙動が道路ネットワークに与える影響を理解する必要がある。そのためには、運転挙動を適切にモデリングして交通マイクロシミュレーションに実装し、評価を行うことが必須となる。

運転挙動はおおきく追従行動と車線変更行動に大別できる。交通工学分野において、追従行動のモデルは概ね完成していると考えられているが、車線変更時には様々な外的・内的要因が含まれるため未だモデルが確立されていない状況にある。そのため、具体的な車線変更要因を解明し、ドライバーの運転挙動を精緻にモデル化する必要がある。

車線変更は追従と比較して、他のドライバーから受ける影響が強く反映される現象であり、このようなドライバー間の相互作用が車線変更行動を複雑化している要因となる。そのため、モデリングを行う上で、これらを明示的に考慮することが必須となる。このような視点から既往研究を整理すると、喜多ら¹⁾はゲーム理論を用いて危険回避行動の推移を示している。ここで、ゲーム理論

とは、複数の合理的な意思決定主体が相互依存関係の下での規範的行動を記述する方法論である。具体的には、各プレイヤーが他者の行動を加味して利得を最大にするナッシュ均衡を選択すると仮定して分析する。ゲーム理論に基づく他の研究として、伊藤ら^{2,4)}は、相互作用を考慮した動的離散選択モデルを構築しており、カメラ画像から取得した車両データを用いてパラメータ推定を行っている。相互作用項として他車の選択確率を用いており、主体間の行動予測が意思決定に有意に影響を及ぼすことを明らかにしている。また、庄司ら^{3,6)}は伊藤のモデルと同様のモデルフレームを応用した離散連続型二次元車両挙動モデルを構築しており、米国の高速道路上の車両走行データを用いてパラメータ推定を行っている。

ところで、車両挙動データとしてビデオデータなどの観測データ (SP データ) を用いた分析が中心であるが、自動運転導入時や災害時などの現時点で存在しない状況を考慮した分析を行うことは難しい。そのため、仮想的状況でのデータ (SP データ) を用いることが望ましいと思われる。実車を用いたデータ取得は実験環境の設定・構築が困難であり、突発的な事故のリスクや費用面を加味すると割高である。そこで、ドライビングシミュレータ (以下 DS) を活用したデータ取得の可能が考えられる。

以上を踏まえて本研究では、次世代型のシミュレーション構築を念頭に、複雑な運転操作やドライバー間の相互作用が働く車線変更に着目したドライバーの運転挙動モデルの構築を試みた。具体的には、様々な状況での車線変更状況を DS で再現し、ドライバーの挙動データを蓄積した上で、離散選択モデルをベースとしたモデリングを実施した。

2. DS を用いた走行実験

(1) 実験概要

本研究ではHONDA製のドライビングシミュレータを用いて実験を行う。実験前には以下のような実験に関する教示を行った。① コース上における特定の車線変更箇所を説明、② 自然体で車線変更を行うため実験更箇所まで特別な指示を出さず、一定の距離を運転してもらいDS上での運転に慣れてもらう、③ DSのアナウンスがある場合はそれに従い、それ以外は直進である。

被験者は14人(平均年齢23.1歳 運転頻度3.75/月)となっており、図-1に運転頻度の分布を示す。サンプルが学生が中心であることから自動車を日頃から乗り慣れていないことが確認できる。

実験状況は図-2のように前方の停車している車両に対して任意のタイミングで車線変更を行う。また、今回の実験コースを図-3に示すとおりであり、

(2) 取得データの基礎分析

基礎分析として被験者の走行軌跡と操舵角の視覚化を行った。今回使用したデータは0.1秒ピッチで観測されている。操舵角はグラフ上で負の値をとる時、ハンドルを右に切り、正の値時左に切っている。ここでは1radはおよそ57°である(図-4, 5)。

結果を図-5に示す。走行軌跡に着目すると、車線変更時のタイミング(以下GAP)に差があることが確認された。すなわち、GAPが車線変更時に有効な要因となりうることを示唆される。また、GAPは運転頻度、免許取得年数との相関があり、熟練度の高いドライバーは停車している車両に対して回避行動が早くスムーズに車線変更を実行している。

3. 車線変更モデルの構築

(1) モデルの概要

本研究ではDSデータの適用可能性を検証するために、最もシンプルな車線変更の実施有無を二項ロジットモデルで記述する。多肢選択モデルや動的モデルの拡張は今後の課題としたい。

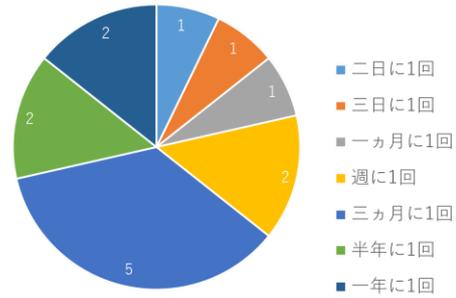


図-1 被験者の運転頻度分布



図-2 実験風景

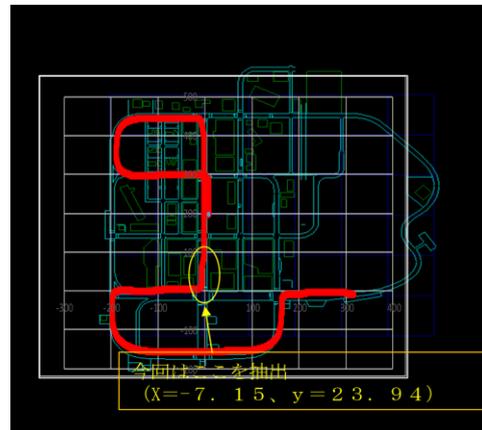


図-3 走行軌跡と抽出箇所



図-4 操舵角 45°



図-5 操舵角 90°

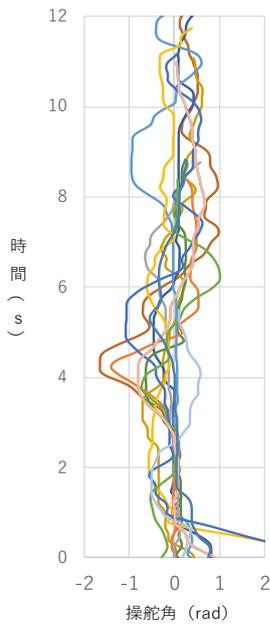


図-6 操舵角と時間

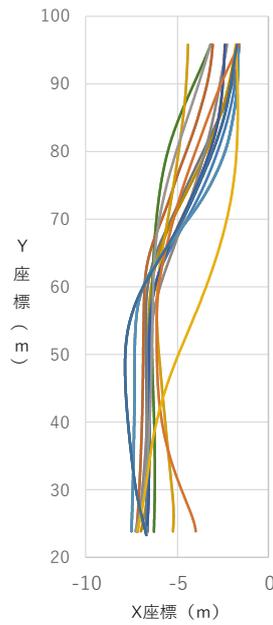


図-7 走行軌跡

効用関数の特定化については、直進時の効用関数を基準値としたため1とした。一方、車線変更時の効用関数は、ウィンカーの有無、速度、GAPに定数項を加えた。

(2) パラメータ推定結果

推定結果を表-1に示す。修正済み尤度比は0.832となっているためモデルとしての精度は高いと言える。また、t値はウィンカー、GAPで有意を示している。しかし、速度に関しては5%有意ではなかった。これは0.1秒ピッチでデータを取得し、かつ直線距離が短かったことで車速が出なかったことが原因として挙げられる。さらに、実際の車線変更場面では他車との相互関係が考えられるため速度のパラメータが小さく出た。

(3) 推定結果の考察

本稿では、これまで行ってきた交通ネットワークに関する研究をさらに前進めるために車線変更時の運転挙動についてモデリングを行ってきた。その結果、速度に関する

表-1 パラメータ推定値

変数	MNL	
	推定値	t値
ウィンカーダミー	2.487	3.487
速度	0.086	0.978
Gap (車間距離)	-0.209	-3.817
定数項	0.605	0.176
初期尤度	-274.5	
最終尤度	-42.09	
修正済み尤度比	0.832	

るパラメータは0.086と小さく、車線変更時においてはほとんど速度の影響はないと言える。しかし、これはドライバーが停車車両しか考慮せず、車線変更を行ったため常識的に考えれば速度は大きく出るはずである。また、GAPに関しては基礎研究の段階で熟練度の高い被験者は障害物に対して早い回避行動が見られ、実際推定値でも-0.209とGAPが上昇するにつれて曲がる効用が減少しており、またパラメータの正負の妥当性からモデルとしての精度は高いと考えられる。しかし、課題がいくつか残っており、変数として何を組み込むかを検討する必要がある。現在は変数としてGAP、速度、ウィンカーの三つで行っているが、ウィンカーのパラメータが大きく出たてしまい影響が大きくなってしまっているため今後、変数として外す必要がある。さらに、既往研究から他車との相互作用を踏まえ、混雑・非混雑等の交通状況によって、またドライバー性質がもたらす時間帯や地域の違いにより大きく差異があることを踏まえ検討し、モデルに組み込む必要がある。

それらを踏まえ今後、図-8のような現在の静的な解析から結果から逆算的に対象となる問題を複数の部分問題に分割し、部分問題の計算結果を記録し条件付けを行い、時間軸を考慮し物事を一連の流れとして解いていく手法である動的計画法による解析によって、現在の静的な解析から拡張することで比較検討を行う必要がある。

5. まとめと今後の課題

今回は時間の都合上、試験的な実験としてDSのみを用いて車線変更時の運転挙動について二項ロジットモデルをベースにモデリングを行った。しかし、被験者が研究室の学生ということもあり運転が身近でないことやサンプル数も14人という少人数であることから、今後精度上昇のためにはサンプル数を増やし、また実験状況におけるシナリオ作成を行い、相互関係を含んだ車線変更挙動を実験する必要がある。さらに、今後は実車に加速度計、

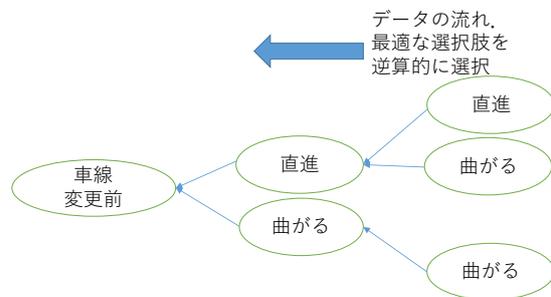


図-8 動的計画法のアルゴリズム

GPSを用いて検証することで実車でのモデル作成を行い、DSでのモデル精度を確認が必須であり、現状の解析においても時間軸を考慮しない静的な解析を行っているが、時間軸を考慮した動的計画法による解析を行い、二つのモデルを比較検討する必要がある。

参考文献

- 1) 喜田秀行・谷本圭史：ドライバーの交通ルール認識と危機回避行動の推移に関するモデル分析， IATSS Review Vol. 26, No. 1, 2000年
- 2) 伊藤篤志・羽藤英二：構造推定を用いた高速道路上の相互運転挙動分析-実測値とドライビング・シミュレータによる融合データを用いて-東京大学大学院修士論文，2014
- 3) 伊藤篤志，柳沼秀樹，羽藤英二：構造推定を援用した車線変更相互作用モデルの推定，交通工学研究発表会・論文集，Vol.34, 2014.
- 4) 伊藤篤志，柳沼秀樹，羽藤英二：構造推定を援用した動学的車線変更相互作用モデルの推定，土木計画学・講演集，2014.11.
- 5) 庄司惟・羽藤英二：離散連続二次元挙動モデルの構築とドライバー間の相互作用に起因する車線変更の劣均衡状態 東京大学卒業論文，2015
- 6) 庄司惟，北澤俊彦，柳沼秀樹：ドライバー間相互作用を考慮した二次元車両挙動モデルの構築，土木計画学・講演集，Vol.53, 北海道大学, 2016.5.
- 7)

Lane change model using driving simulator

Ryuji FUJISAWA, Hideki YAGINUMA, Shintaro TERABE, ,Nan KANG