

## 都市交通における協調的な運転行動の計算モデル化

宮澤 佑樹 服部 宏充  
 京都大学大学院 情報学研究所

### 1 はじめに

実世界での複雑な社会現象を分析・理解するための技術としてマルチエージェントシミュレーションが注目されている [1, 2]. 本論文は, 代表的な応用領域である交通に注目し, マルチエージェントに基づく都市交通シミュレーションのための運転行動モデルの構築手法を提案する. 本論文では都市交通を, 各車両が衝突する事無く走行を継続する事を目標に, 相互の状況観察に基づいて物理的に可能な行動を継続的に選択・実行する, 協調的な運転行動の集積による創発現象と定義し, 参加型のモデリング手法の援用に基づく協調的な運転行動の計算モデル化にアプローチする. 本論文では特に, 他車両との位置・速度の関係を能動的に大きく変化させる追い越し行動を模擬するモデルの構築について述べる.

### 2 運転者モデルのアーキテクチャ

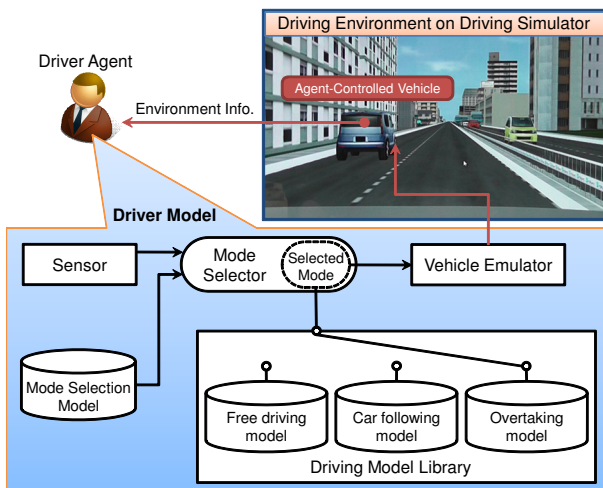


図 1: 運転者モデルの概要

図 1 に運転者モデルのアーキテクチャを示す. 本モデルは, 人間の連続的な運転行動は, 複数の異なる運転モード下での行動結果のシーケンスから成る事を仮定し, 適切な運転行動モデルの駆動を, 運転者に特有な運転モード切替モデル (Mode Selection Model) に基づきメタレベル制御 [4] する形態を取る. エージェントは, 複数の運転モードに各々割り当てられた行動モデルに従って走行する. 例えば図 1 に示すような複数の運転モードを, Mode Selector が状況に応じて切り替え, 個々のモデルに基づき, 自由速度での単独走行, 追従による車列形成, および追い越しを行う. 本論文で

フォーカスする追い越し行動を表すモデルでは, 運転者の行動を複数のフェーズに分割する. これは, 被追越車両との速度や位置関係によって異なる, 追い越しのための速度調整やハンドル操作を適切に表すためのアプローチであり, 既存の運転行動解析でも用いられている [3]. 具体的に, 本論文では, 追い越し行動を図 2 に示す 5 つのフェーズから成ると仮定する. すなわち, i) 追い越し前, ii) 回避, iii) 追い越し, iv) 復帰, および v) 追い越し後の 5 つのフェーズから一連の追い越し行動が構成される. 各フェーズにおける運転操作は個別のサブモデルで表現され, 追い越し運転行動モデルはそれらサブモデルの集合から成る. 追い越しの各フェーズにおいて, 特に被追越車両の挙動を考慮した運転操作, およびフェーズの遷移には運転者個々の特徴が現れると考えられる. 本論文では, そのような運転者の特徴を捉えた計算モデル化を試みる. 実世界の運転操作に関する意思決定は多種多様な要因に基づく複雑なものと考えられるが, 本論文では, 簡単のため, 追い越しに関する意思決定で考慮する車両を, 図 2 の A のように, 人間が最も強く意識すると思われる前方の被追越車両に限定し, 図 2 の B や C のように, 隣接車線上の前後を走行する車両については考慮しない事とした.

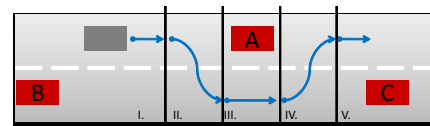


図 2: 追い越し運転行動の分割

### 3 運転行動データの収集・分析プロセス

都市交通では, 道路線形のみならず, 周辺を走行する他の車両の挙動を考慮し適切な行動を選択する, 協調的な振る舞いに運転者の特徴が表れると考えられる. 運転者固有の特徴を把握するため, 文献 [1] で述べられている参加型のモデリング手法を援用する. 既存の研究として, 認知心理学の手法であるプロトコル分析を用いて, 任意の行動にいたる運転者の意思決定過程を理解する研究がなされている [5]. 本研究でも同様に, インタビューを実施し, 個々の意思決定要因に関する情報を被験者から直接獲得する. 以下に示す手順で運転行動データの収集と分析を実施する.

#### 1. 事前インタビュー

対象とする交通場面を表す模型を用い, 被験者に運転行動を説明させる. 熟考可能な環境で自身の走行, 特に追い越し時の運転方法の確認を促すと共に, 意思決定時に考慮する車両について調査する.

#### 2. 走行シミュレーション

Modeling Cooperative Driving Behavior in Urban Traffic  
 Hiroki MIYAZAWA(miyazawa@ai.soc.i.kyoto-u.ac.jp)  
 Hiromitsu HATTORI(hatto@i.kyoto-u.ac.jp)  
 Graduate School of Informatics, Kyoto University  
 Yoshida-Honmachi, Kyoto 606-8501, Japan

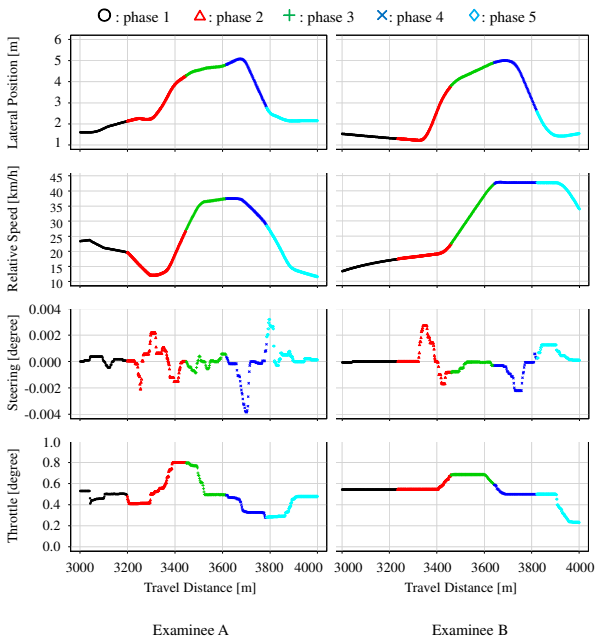


図 3: 被験者 A と B の結果

ドライビングシミュレータ (図 1 参照) を用いた走行実験を行い、運転操作 (アクセル、ハンドル操作量) や車両の状態 (位置、速度、進行方向等) を記録する。

3. 事後インタビュー

被験者にシミュレーション時の映像を示し、行動についての説明を求めることで、潜在的な意思決定要因について、確認・調査する。

(1)~(3) の各手順で獲得された情報を基に、個々の運転者の特徴を把握し、モデルの構築に利用する。

図 3 は、走行シミュレーションによって収集されたデータとして、被験者 A と B から得た、車両の横方向の位置 (道路左側からの距離)、前方車両との相対速度、ハンドルの使用量、アクセルの使用量を示している。2 節で述べた通り、本論文では追い越しの 5 つのフェーズそれぞれに関するサブモデルを構築するため、走行データを、各フェーズに対応する部分に分類する必要がある。そこで、クラスタ数を 5 として k-means 法によるクラスタリングを行った。図 3 にクラスタリング結果も併せて示す。図 3 から、まず、各フェーズ毎の運転操作の相違が確認できる。例えば、フェーズによってアクセルの踏み込み度合いは違いがある。また、被験者間での運転操作の相違も確認できた。例えば、相対速度の調整の仕方は A と B は異なっており、インタビューからも「相対速度を 0 に近づけてから追い越す」「相対速度を増加させながら追い越す」という説明が得られた。

4 追い越しを行う運転行動モデルの構築

人間の行動に何らかの因果関係が存在する場合でも、その行動には揺らぎがあると考えられる。そこで本論文では、ベイジアンネットワークに基づく運転行動モデルを構築した。図 4 にモデルの概要を示す。本モデルでは、自車両の

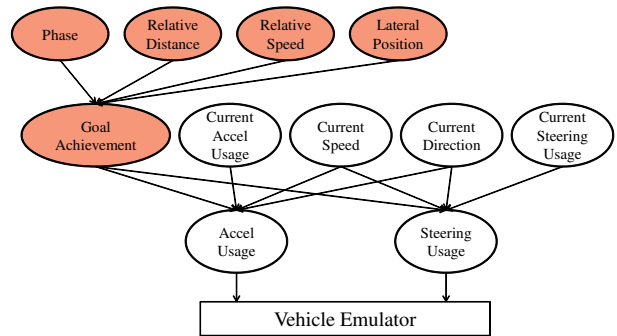


図 4: 追い越しを行う運転行動モデル

状態を表す変数として、速度、および進行方向を用い、他車両との関係を表す変数として、前方車両との相対距離、相対速度、および横方向の位置を用いる。他車両との関係、および現在のフェーズを条件とし、各フェーズにおける運転者の目標の充足度が計算される。目標の充足度、車両の状態、および現在のアクセルとハンドルの操作量から、次の操作量が決定される。目標充足度が低ければ操作量が大きくなる確率が高く、そうでなければ操作量が小さくなる確率が高くなる。

フェーズ 1 (追い越し前フェーズ) の走行について、具体例を示す。インタビュー結果から、ある被験者が相対距離、相対速度を意識して運転をしていることが分かった。そこで、これらの値が特定の範囲内にあると目標達成度が高くなり、行動毎のアクセルの操作量が小さくなる。設定の範囲は収集データのクラスタリング結果を基に、フェーズの遷移前後の値を利用する例えば、図 3 の被験者 A は、相対速度が 0 に近くなるに従い、アクセルの操作量が小さくなる。

5 まとめ

本論文では、都市交通を生み出すマルチエージェントシミュレーション実施において必要となる運転行動モデルの構築手法を提案した。

謝辞

本研究は日本学術振興会科学研究費若手研究 (B)(21700161, 平成 21 年度~23 年度) の補助を受けて行われた。

参考文献

[1] H. Hattori, Y. Nakajima, and T. Ishida. Learning from Humans: Agent Modeling with Individual Human Behaviors. IEEE Transactions on SMC-Part A: Systems and Humans, vol. 41, no. 1, pp. 1-9, 2011.

[2] P. Vytelingum, T. D. Voice, S. D. Ramchurn, A. Rogers, and N. R. Jennings. Agent-based micro-storage management for the smart grid. Proc. of AAMAS-2010, pp. 39-46, 2010.

[3] 鈴木達也, “ハイブリッドシステムモデルに基づく行動情報処理,” 計測と制御, Vol.44, No.7, pp.452-457, 2005.

[4] 山根昇平, 石田亨, “大規模マルチエージェントシステムのためのメタレベル制御機構,” 情報処理学会論文誌, Vol. 47, No. 5, pp. 1363-1370, 2006.

[5] 吉川聡一, 高木修, “プロトコル法による運転行動の意思決定過程の研究,” 社会心理学研究, Vol.14, No.1, pp.31-42, 1998.