

# 交通シミュレータ FITS への 横断歩行者モデル導入法の提案と試作

渡辺裕太<sup>†1</sup> 今井敬太<sup>†1</sup> 影山旭<sup>†1</sup> 藤田純弥<sup>†1</sup> 鈴木才智<sup>†1</sup> 小林篤史<sup>†2</sup> 古市昌一<sup>†1,3</sup>

<sup>†1</sup> 日本大学 生産工学部 数理情報工学科 <sup>†2</sup> 日本大学大学院 生産工学研究科 数理情報工学専攻

<sup>†3</sup> 名古屋大学 未来社会創造機構

## 1. はじめに

少子高齢化の進行とともに高齢ドライバーの比率が高まっており、未来社会創造機構では“高齢者が自らの意思でいつでも・どこでも移動できる社会”の実現を目指した研究を行っている。この目的達成のためには、移動手段の検討に加えて交通法規の改正も含めた多面的な検討が必要となる。

そこで、我々が現在導入に向けて開発を進めているのが高齢者にも優しい小型電気自動車パーソナルモビリティ（以下 PM と呼ぶ）である。これまで、PM の導入による旅行時間短縮への効果を、商用ツールを用いたシミュレーションによる初期評価により確認した[1]。

その後、更に精度の高いシミュレーションを可能とするため、新規にマルチエージェントシミュレーション方式による交通シミュレータ FITS を開発し、高齢ドライバーの個別運転特性の再現及び交差点における歩行者とのインタラクション再現を目指している。本稿では、FITS への横断歩道での歩行者モデルの導入法及び試作結果を報告する。

## 2. 関連研究

PM とは個人の移動手段を提供する装置一般のことであり、本研究で検討の対象としているのは、1~2 人乗りの小型電気自動車である。一般乗用車と比べて車幅が狭いという特長を有するとともに、地域内でシェアリングする利用法を基本として検討している[1]。このような PM を導入することにより、近距離移動の利便性が向上することが期待されるが、普及のためには、例えば後述する新たな交通ルールの導入を含めて様々な検討及びその効果をわかりやすく示すことが必要となる。そこで、先行研究[1]では“Turn on Red (TOR)”の導入及び道路環境の整備を提案し、シミュレーションにより効果を示した。

TOR は米国の交通ルールの一つであり、交差

点において前方が赤信号でも一時停止をした後歩行者等が存在せず安全を確認した場合には、右折が可能である。PM 利用の付加価値向上のため、PM に限定して我が国の交通ルールに TOR を導入した場合の旅行時間の変化を、先行研究では商用のシミュレーションツール MATSim を用いて確認した[1]。しかし、MATSim では歩行者とのインタラクションを考慮しておらず、実用化に向けての検討のためには、交差点で道路を横断する歩行者モデルの導入が不可欠であった。また、高齢者による運転を想定した PM の場合、一般車両と比べて個別の運転者特性の幅が大きいと考えられる。そのため、今後我々は PM のシミュレータを用いた高齢ドライバーの運転特性取得を予定しており、その結果を交通シミュレーションに反映させる必要があるが、ドライバーの個性の MATSim への導入は困難であった。

## 3. FITS の概要

先述した課題を解決し、歩行者の導入及び運転者の個性導入を可能とするため、我々が別途開発した FUSE (Furu-lab Unified Simulation Environment)[2]を基盤として、マルチエージェント方式による交通シミュレータ FITS を試作した。

FITS は道路地図として Open Street Map(OSM)を用い、ドライバーモデルとしては Gipps の追従モデル[3]を用い、ドライバー毎に個性を持たせることで OSM に与えられている車線上の走行、車線変更、追い越し等を再現することができる(図 1)。



図 1 FITS による約 4x3km 領域表示例

## 4. 横断歩行者モデル

FITS の横断歩行者モデルとしては Social force model を採用し[4]、以下その詳細を述べる。なお、本モデルは一般歩道上の歩行者モデルを考慮し

A proposal and Prototyping of crossing pedestrians model to the traffic simulator FITS, Yuta Watanabe, Keita Imai, Akira Kageyama, Junya Fujita, Saichi Suzuki, Atushi Kobayashi, Masakazu Furuichi, NihonUniversity, College of Industrial Technology, Department of Mathematical Information Engineering

て開発しているが、本稿では交差点を横断する歩行者に限定して説明するため、横断歩行者モデルと呼ぶ。また、説明上以下歩行者モデルと略称する。

#### 4.1 歩行者同士及び障害物による反発力

図2に歩行者同士が衝突を回避するために互いに進路を変更する様子を図示する。この行動が Social force model の基本であり、(式1)は歩行者が進行方向上に別の歩行者や障害物が存在する場合に反発力に基づき回避行動を行う[4]。また、(式2)は歩行者同士がお互いに受ける反発力を示す。

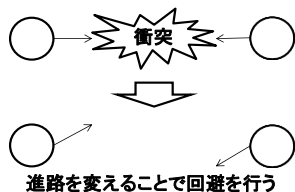


図2 歩行者同士の衝突回避行動

$$f_i(t) = \sum_{j(\neq i)} [f_{ij}^{soc}(t) + f_{ij}^{att}(t)] \quad (式1)$$

$$f_{ij} = \left\{ A_i \exp \left[ \frac{(r_{ij} - d_{ij})}{B_i} \right] + k\theta(r_{ij} - d_{ij}) \right\} n_{ij} + \kappa\theta(r_{ij} - d_{ij}) \Delta v_{ij}^t t_{ij} \quad (式2)$$

( $A_i, B_i$ :パラメータ,  $d_{ij}$ : $i$ と $j$ の距離,  $r_{ij}$ : $i$ と $j$ の影響範囲の和,  $n_{ij}$ : $i$ から $j$ 方向の単位ベクトル)

また、FITS では車道と同様に歩道に幅を保持し、路側を障害物と同様に扱うことによって歩行者は歩道上を歩行する。

#### 4.2 歩行者の視野

一般に歩行者は前方に対する注意基準が異なるが、FITS では図3に示すように視野を導入することによってこれを実現している。視野の範囲内に他の歩行者または障害物が入った場合に回避行動を行う。

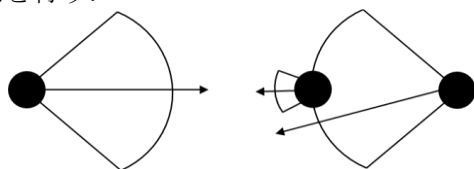


図3 歩行者により異なる視野と回避行動例

なお、各歩行者の歩行速度は一定の範囲内でランダムに異なる速度を与えることによって現実の動作に近づけるようであり、分布については評価時に変更可能である。

### 5. 試作及び評価

上述した横断歩行者モデルの FITS への実装を Java で行い、歩行者同士のインタラクションを動作確認した例を図4に示す。図上の黒い三角形は

歩行者を示しており、線は歩道を示している。



図4 歩道上の歩行者モデル動作例

車両とのインタラクションについては試作を継続中で、図5に示す大学付近の十字路(横断歩道幅は3.3m)を対象として以下のような再現実験による評価を目標としている。実験にあたり、歩行者の横断交通比は現地でのビデオ撮影により求めた(2015年12月21日, 16~17時)。図中A,B~Hは各横断歩道の終点を示し、記号下部の数字は、各横断歩道の始点からその終点に達した歩行者の割合を示す。

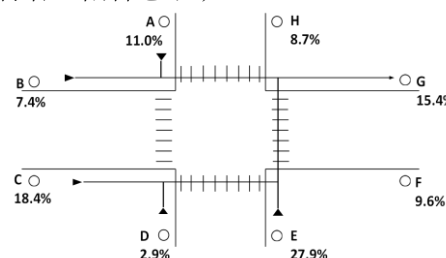


図5 評価対象交差点

### 6. おわりに

本稿ではマルチエージェント方式による交通シミュレータ FITS の概要を述べるとともに、横断歩行者モデルの導入法について詳述した。今後車両モデルと横断歩行者モデルとのインタラクション部分を完成させ、評価対象の交差点での実測例の比較により妥当性確認を実施する。その次に、PMを導入した場合の効果評価を実施予定である。

なお、本研究実施に際して多くのアドバイスをいただいた名古屋大学未来社会創造機構の研究メンバ各位に深謝する。

#### 参考文献

- [1] 鈴木才智, 小野瀬翔太, 古市昌一: “少子高齢化時代におけるパーソナルモビリティの導入法及びシミュレーションによる評価”, 情報処理学会第77回全国大会論文誌 pp. 3-411,412(2015)
- [2] Kensuke Kuramoto, Masakazu Furuichi: “FUSE: A MULTI-AGENT SIMULATION ENVIRONMENT”, Winter Simulation Conference, p.3982-3983(2013)
- [3] P.G. Gipps, “A Behavioral Car-Following Model For Computer Simulation”, Transportation Research Part B: Methodological, Volume 15, Issue 2, April 1981, pp. 105-111, (1981)
- [4] 磯崎勝吾, 中辻隆: “Social force model を基にした歩行者の避難シミュレーションモデルに関する研究”土木学会北海道支部論文報告集第6号 D-3 (2010)
- [5] D. Helbing, I. Farkas, P. Molnár, T. Vicsek: “Simulation of Pedestrian Crowds in Normal and Evacuation Situations”, In Pedestrian and Evacuation Dynamics, pp. 21-58(2002)