

# 多階層歩行者モデルを用いた歩車混合交通シミュレーション

## Mixed Traffic Simulation of Vehicles and Pedestrians Using Multilevel Pedestrian Model

藤井 秀樹  
Hideki Fujii

吉村 忍  
Shinobu Yoshimura

東京大学  
The University of Tokyo

Thinking about a “low-automobile” society, pedestrians have great importance because many people walk in the neighborhood and they are also the users of public transportation systems. But there are very few traffic simulators including detailed pedestrian models. In this research, we construct a new simulation method where coexistence of pedestrians and vehicles can be expressed. In addition, we propose a multilevel pedestrian model to achieve pedestrian's collective behavior as well as its interaction with vehicles, and verify the performance.

### 1. 緒言

これまでの交通工学では、渋滞の解消や交通事故の低減を目的として対策が議論されてきた。また新たな問題として地球温暖化問題が自動車交通と切り離せなくなってきており、加えて過度に自動車に依存した社会構造および都市構造が、自動車を運転できないというだけで人々の豊かな生活や文化的活動を制限してしまっている(モビリティディバイド)。

このような新たな問題を含めた交通問題の解決策の1つは、社会の自動車への依存度を抑え、人と環境にやさしい新たな交通体系を構築することである。ここで提案される新たな交通像は「脱自動車社会」などとも呼ばれる。

脱自動車社会の中では、乗り継ぎ交通や末端交通としての歩行者の存在がより重要となる。ところが、既存の交通流シミュレータにおいて、歩行者に主体性を置いた上での歩車混合交通を広く再現した例は非常に少ない。

本研究では、我々の研究室で開発しているマルチエージェント型交通流シミュレータ MATES(Multi-Agent Based Traffic and Environment Simulator) [吉村 04][Yoshimura 06][藤井 06]をもとに、街中を大域的に歩き回る歩行者と自動車との混在を可能とするシミュレーションシステムを構築する。さらに歩行者の集団的挙動と自動車との相互作用を実現するための新たな歩行者モデルを提案し、その性能を検証する。

### 2. シミュレーション手法

#### 2.1 混合交通のモデル化

自動車、歩行者のモデル化にはそれぞれ独立した既存モデルを利用する。本研究では自動車交通に GFM (generalized force model) [Helbing 98], 歩行者交通に SFM (social force model) [Helbing 95]を採用した。自動車系、歩行者系を分離して扱っており、モデルの取り替えは比較的容易である。

シミュレーションの時間刻み幅は 0.1[sec]とした。各タイムステップにおいて歩行者エージェント、自動車エージェントは周囲の状況を認知し、GFM または SFM を用いて加速度を決定する。

#### 2.2 多階層歩行者モデル

SFM を含む微視的な歩行者モデルを用いたシミュレーションでは、高密度状況下で現実には見られないような滞留が発生することが報告されている。現実の歩行者は自身とその周りの状況だけを考慮して進路を決めているとは考えにくく、歩行者の「流れ」を観察した上で、歩行者流がある程度円滑となるように進路を決定し、滞留を回避していると考ええる。

そこで、エージェントがどのような視点で自分以外のエージェントを認知しているかという観点から歩行者をモデル化する多階層歩行者モデル (multilevel pedestrian model) を提案する。

本モデルでは、相互作用の相手の粒度にあわせて歩行者をグループ化することを考え、構築されたグループを仮想エージェントとしてシミュレーションに組み込む。グループを構成する個々の歩行者エージェントは仮想エージェントを通じて周囲の状況を認知し、意思決定を行う。

本研究では歩行者隊列エージェントと歩行者集団エージェントの2つを導入した。歩行者隊列エージェントは歩行者の集団的挙動を制御するための仮想エージェントであり、歩行者集団エージェントは歩行者と自動車との相互作用の制御に関与する仮想エージェントである(図1)。SFM は歩行者に仮想的な外力を与えることで加速度を決定するモデルであるが、多階層歩行者モデルもこれに倣い、仮想エージェントの影響は外力として伝達される。

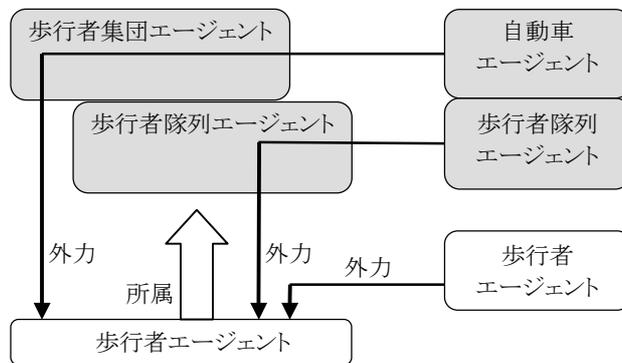


図1 多階層歩行者モデル

連絡先: 藤井秀樹, 東京大学 人工物工学研究センター  
 価値創成イニシアティブ(住友商事) 寄付研究部門,  
 〒277-8568 千葉県柏市柏の葉 5-1-5, 04-7136-4275,  
 h-fujii@race.u-tokyo.ac.jp

### 3. 結果

#### 3.1 相互作用の確認

モデルの挙動確認のため、渋谷駅ハチ公前交差点をモデル化し、スクランブル交差点における歩車混合交通のシミュレーションを行った。アニメーションを通じ、歩行者・自動車のミクロな相互作用を定性的に確認することができる。図 2 にシミュレーション実行時のスクリーンショットを示す。図中の赤・青の長方形が自動車であり、緑の点が歩行者を表す。歩行者を結ぶ線分は隊列の形成を意味する。

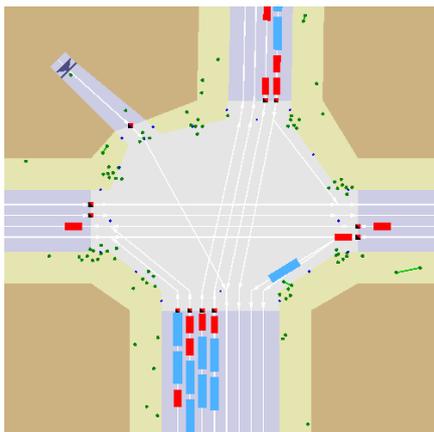


図 2 シミュレーションの実行画面

#### 3.2 モデルの検証

次に、歩行者隊列エージェントについて、導入前後を比較することでその効果を測定した。歩道上を単一方向に進む歩行者のシミュレーションを実施し、得られた歩行者密度と交通流量との関係、および同様の条件での観測値[交通工学研究会 84]を図 3 に示す。歩行者隊列エージェントの導入前後で歩行者流に明らかな差異が確認された。これは当初の目的の通り、歩行者が隊列を意識することによって過度の滞留を回避できたことを意味する。

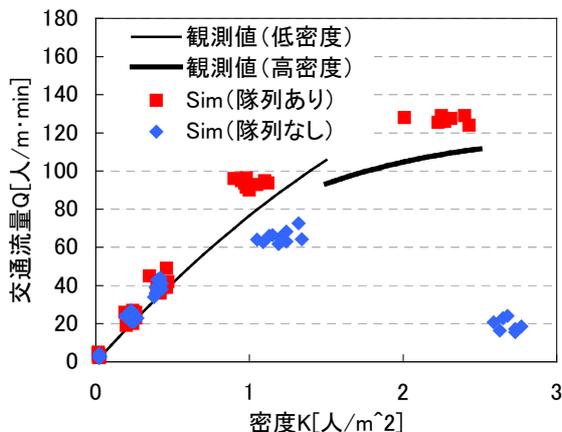


図 3 歩行者密度と交通流量との関係

続いて歩行者集団エージェントの機能を検証するため、信号付きの十字路交差点において、左折しようとする自動車が歩行者交通流にブロックされる状況のシミュレーションを実施した。

車両発生台数を 500, 1000, 2000, 3000[台/h]とし、発生した車両の 3 分の 1 が左折を試みるものとした。図 4 に結果を示す。横軸は設定した歩行者交通量、縦軸は交差点を左折できた自動車の台数を表す。国内で広く用いられる飽和交通流率の理論式[交通工学研究会 84]と定量的によく一致する結果が得られたといえる。

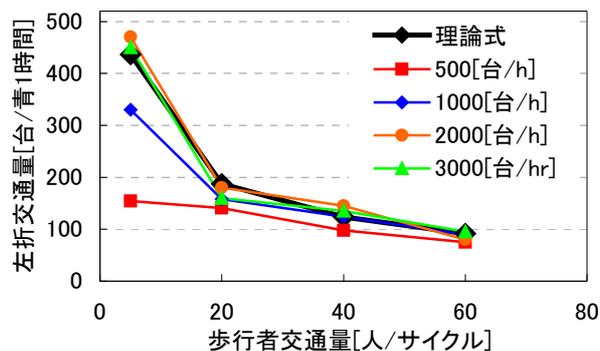


図 4 左折自動車交通に対する歩行者交通の影響

### 4. 結言

本研究では既存の自動車交通流、歩行者交通流モデルを組み合わせ、さらに多階層歩行者モデルを追加することによって新たな歩車混合交通シミュレータを作成し、その挙動を検証した。

混合交通シミュレータを利用することで、これまでに実施できなかった歩行者視点からの道路交通施策の評価が可能となる。さらに交通手段の選択や交通機関の乗り換え挙動を追加することで、本シミュレータがより一般的な意味での脱自動車社会のシミュレーションに寄与できると考える。

#### 参考文献

[吉村 04] 吉村忍, 西川紘史, 守安智: 知的マルチエージェント交通流シミュレータ MATES の開発, シミュレーション, Vol.23, No.3, pp.228-237 (2004).

[Yoshimura 06] S. Yoshimura: MATES: Multi-Agent Based Traffic and Environment Simulator - Theory, Implementation and Practical Application, Computer Modeling in Engineering and Sciences, Vol.11, No.1, pp.17-25 (2006).

[藤井 06] 藤井秀樹, 仲間豊, 吉村忍: 知的マルチエージェント交通流シミュレータ MATES の開発(第二報:歩行者エージェントの実装と歩車相互作用の理論・実測値との比較), シミュレーション, Vol.25, No.4, pp.274-280 (2006).

[Helbing 98] D. Helbing, B. Tilch: Generalized force model of traffic dynamics, Physical Review E, No.58, No.2, pp.133-138 (1998).

[Helbing 95] D. Helbing, P. Molnár: Social force model for pedestrian dynamics, Physical Review E, Vol.51, No.5, pp.4282-4286 (1995).

[交通工学研究会 84]交通工学研究会編: 交通工学ハンドブック, 技報堂出版 (1984).