

混合交通流のシミュレーションに向けた自転車モデル構築

栃木 祐太郎[†] 荒井 幸代[†]

千葉大学大学院工学研究科[†]

1. はじめに

自転車事故は平成 26 年には 10 万件を超えており非常に高い水準である。特に、対自動車の事故発生件数が 84% と多い。そのため、事故対策は喫緊の課題である。事故対策のために発生原因を見つける方法としてシミュレーションを用いた方法がある。しかし、自転車を含んだ混合交通流シミュレーションは少ない。

本研究では、自転車と自動車の混合交通流シミュレーションを実現する自転車モデルを構築することを目的とする。実際の自転車の走行データを収集し、そのデータから自転車走行モデルを構築する。そのモデルを実際の交通流シミュレータ MATES 上で動作させることで自転車の交通事故を再現する。

2. 実走行データ収集

本田技研工業株式会社の自転車走行シミュレータ [1] を用いて実際の走行データを収集する。このシミュレータは内部に 4 つのコースが存在しており、コースによって幹線道路沿いや通学区等の実際の道路状況を再現している。

2-1. 実験方法

本実験の被験者は 10 代から 30 代の男女 24 人である。シミュレータ実験では各被験者のコースごとに走行データとして時間、座標、舵角、前後ブレーキ、速度を 0.03 秒ごとに記録される。また、走行時は周囲の状況は記録されないため、実験時に被験者の挙動を録画していた映像データから走行状況を読み取る。

2-2. 実験結果

全体で 51 件の事故が発生した。対自動車の事故に絞った場合、交差点内、直進時に駐車場から車の飛び出し、歩道から車道への車線変更時に特に事故が多く見られた。

また、被験者によって明確な走行の違いや事故発生数の違いが表れ、これらの走行データと映像データをもとに自転車走行モデルを構築する。

3. 自転車モデルと混合交通シミュレーション

3-1. ベースシミュレータ

今回の混合交通流シミュレーションのベースとしてすでに自動車モデルが実装されている交通流シ

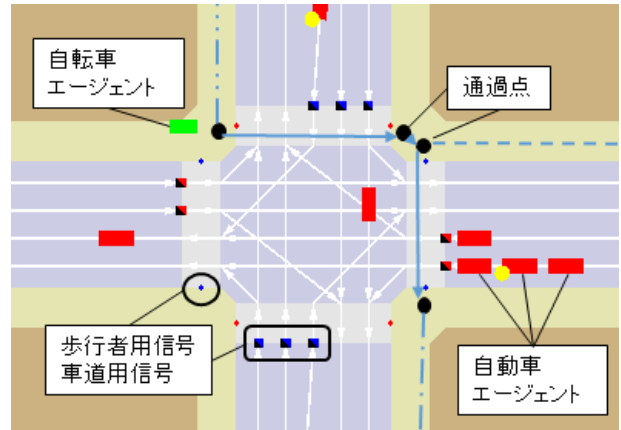


図 1 交差点内のエージェント通過点

ミュレータ MATES (Multi-Agent based Traffic and Environment Simulator) [2] を利用する。MATES では交通主体はエージェントとしてモデル化され、交通空間は環境として定義される。環境は道路や信号、自分以外のエージェントのことを指し、エージェントは環境から情報を取得し、判断して行動することで環境に影響を与える。エージェントと環境が相互に影響しあうことで混合交通流を再現する。

3-2. 自転車の道路環境の定義

MATES の自動車エージェントは車線に相当する仮想走行レーン上を走行する。また、MATES は交差点の接続状況をネットワークで表現している。MATES 内に存在するエージェントは通過する交差点のルートを保持しており、その次に向かう交差点によって行動が決定される。対して、自転車は自身の座標を更新することで走行を再現する。図 1 は交差点内部のシミュレーションの様子を表しており、左上の長方形が自転車を表現している。黒丸が通過点を示しており、交差点の信号の手前に存在する。交差点を横断する際は対岸の通過点を指し、二段階右折するエージェントは横断動作を二度することになる。交差点内を通過したエージェントは次の交差点にある通過点を指す。

3-3. 自転車の属性

シミュレータ上で自転車エージェントは縦 0.4m 横 1.2m の長方形で表現される。また、自転車エージェントの持つ属性を表 1 に示す。各エージェントは生成されたときに最高速度 v_{max} とゴールまでのルートの 2 属性をもつ。最高速度は、個々の自転車エージェントによって違い、モデルとなった被験者の最高速度にもとづいて決定される。また、行動の結果変化する属性として座標 (x, y) 、速度 v 、向きを表

Construction of Bicycle Operation Model for Mixed Traffic Simulation of Vehicles and Bicycles

[†]Yutaro TOCHIGI, [†]Sachiyo ARAI

[†]Graduate school of Engineering, Chiba University

表1 自転車エージェントの属性

変化しない属性	ルート,最高速度 v_{max}
変化する属性	座標 (x, y) ,速度 v ,向き (p, q)
認知属性	信号,信号までの距離,車両
行動	加速度 a ,角度 θ

すベクトル (p, q) の3属性を持つ。周囲の状況は信号, 信号までの距離, 周囲の車両を認知することができる。行動は加速度と角度の2つである。角度とは目的地に対する相対角度の決定である。これらのほかに与えられた状況に対して行動するための知識を保持する。

3-4. 自転車エージェントの行動

交通における人間の動作は認知, 判断, 操作の繰り返しであり, このいずれかにエラーが存在したときに事故が発生する。自転車エージェントも同様に認知, 判断, 操作の3つを行動として行う。

◇ 認知

周囲の状況を取得するフェーズである。HONDAの実験をもとに, 次の交差点の信号, 交差点までの距離, 前方の車両, 左右方の車両の情報を取得する。自転車エージェントが車両を認知できる範囲を図2に示す。前方の車両は特に直前の車両の存在を表す属性である。左方の車両は前方の交差する道路内で, 左方から走ってくる車両を, 右方の車両は自転車エージェントと並行して走っている車両の存在を表す。

◇ 判断

自身の持つ属性と外部から取得する属性から自身の持つ知識をもとに加速度 a と角度 θ を決定するフェーズである。どのような行動をするかは HONDA 自転車走行シミュレータ実験での同様の状況の時の被験者の行動にもとづいて決定される。認知情報によって, どのように行動していたかを記録する。欠損値の存在する場合はモデルとなる被験者と似た行動をとる被験者の値を用い補完する。これを知識として各エージェントが保持し, 認知した状況と照合しエージェント自身のとる行動を決定する。

◇ 操作

操作は判断した結果得られた加速度 a と角度 θ から実際に速度と向きを決定, 座標を更新するフェーズである。ステップ t のパラメータは前ステップ $t-1$ のパラメータの影響を受ける。

式(1)によって速度 v を, 式(2)(3)によって向き (p, q) を決定し, 式(4)(5)によって座標 (x, y) を更新する。このとき x_{pass} , y_{pass} は次の通過点の座標を表す。また1ステップは0.1秒である。

$$v_t = v_{t-1} + a \quad (v_t < v_{max}) \quad (1)$$

$$\begin{pmatrix} p_{temp} \\ q_{temp} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_{pass} \\ y_{pass} \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} x_{t-1} \\ y_{t-1} \end{pmatrix} \quad (2)$$

$$\begin{pmatrix} p_t \\ q_t \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} p_{temp} \\ q_{temp} \end{pmatrix} \quad (3)$$

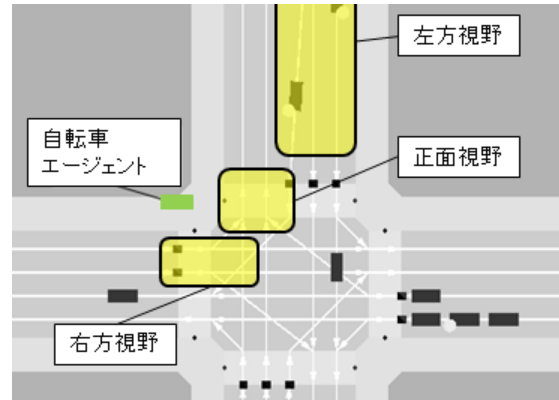


図2 自転車エージェントの認知範囲



図3 交差点内の接触シーン

$$x_t = x_{t-1} + v \cdot \cos(\tan^{-1} \frac{q_t}{p_t}) \quad (4)$$

$$y_t = y_{t-1} + v \cdot \sin(\tan^{-1} \frac{q_t}{p_t}) \quad (5)$$

3-5. 車両との接触

図3は自転車エージェントが車両と接触したシーンである。左折車両に認知されていない自転車エージェントが横断しようとして接触した。車両が認知できる場所に存在していても与えられた知識によっては接触をする。認知範囲内の車両は完全認知かつ操作フェーズで乱数による揺らぎを設定していないため, 判断エラーによる事故の発生を再現できる。

4. まとめ

実際の走行データを用いることで自動車の影響を受ける自転車モデルの構築を行った。そして対自動車の事故を再現した。

本研究の検証例は基本的なネットワークだけを用いているが, 実際の交差点に即したネットワーク内に適用することも可能である。将来このシミュレータを用いて走行特性から事故の起こりやすさ等を事前評価することで交通事故対策の施策決定に役立つことを目標としている。

謝辞

本研究を進めるにあたり, 株式会社本田技術研究所の多大なご協力を得ています。この場を借りて深くお礼申し上げます。

参考文献

- [1] 本田技研工業株式会社 自転車シミュレーター, <http://www.honda.co.jp/safetyinfo/simulator/bicycle/> (2016.01.05)アクセス
- [2] S.Yoshimura : MATES:Multi-Agent Based Traffic and Environment Simulator Theory, Implementation and Practical Application , Computer Modeling in Engineering and Science 11(1), pp.17-25, 2006