

京都大学工学部 学生員 ○宮崎 智博  
 京都大学大学院工学研究科 正会員 原田 英治  
 京都大学大学院工学研究科 正会員 後藤 仁志

1 はじめに

本研究では再現性の高い交通シミュレータの開発を目的に、自歩行者混在交通流において自転車の回避挙動の観測映像の解析を実施し、解析結果を基に個別要素法型群集行動シミュレータ<sup>1)</sup>の一部を構成する自転車モデルの回避挙動モデルを改良した。

2 自転車の回避挙動解析

(1) 観測対象および観測領域

自転車交通の多発する歩道(図-1)において、自歩行者交通を撮影した映像から「自転車」と「自転車」もしくは「自転車」と「歩行者」が他の影響を受けない1対1の対面回避挙動を抽出した。その結果、解析対象のサンプル数は「自転車」対「自転車」で29、「自転車」対「歩行者」で33となり図-2,3のような軌跡が得られた。なおこの軌跡は回避対象に対する自転車の相対軌跡を描いており相対x座標が負:回避以前,0:回避時,正:回避後の挙動を示す。回避挙動は走行自転車が対向の自転車または歩行者と影響し合う区間であることから、本研究では、自転車または歩行者の回避挙動の解析は相対x座標がゼロ以下の区間とした。

(2) 解析結果

式(1)に示す、進行方向の変化度を示す値 $p(t)$ を導入した。

$$p(t) = \Delta \arctan\left(\frac{\Delta y(t)}{\Delta x(t)}\right) \quad (1)$$

$p(t)$ は、ある時刻 $t$ の0.5秒前からの軌跡の水平方向に対する傾きと0.5秒後のそれに対する軌跡の傾きの変化率である。回避以前において $p(t)$ が最大となる位置を回避開始地点として定義した。その結果、「自転車」対「自転車」の対面回避行動の回避開始地点は互いの距離が平均8.71mの地点であり、「自転車」対「歩行者」の対面回避行動の回避開始地点は互いの距離が平均7.90mの地点であった。

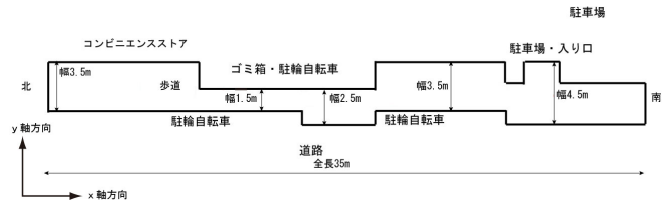


図-1 観測対象領域

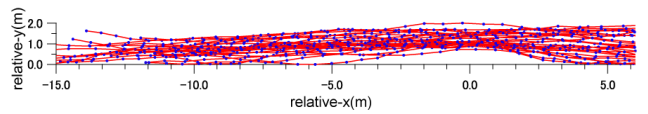


図-2 「自転車」対「自転車」の対面回避挙動の軌跡

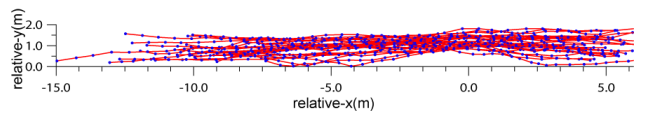


図-3 「自転車」対「歩行者」の対面回避挙動の軌跡

また、回避時の側方間隔を計測した結果、「自転車」対「自転車」の対面回避では平均1.18m、「自転車」対「歩行者」の対面回避では平均1.20mであった。また回避開始地点から回避時において自転車の速度に顕著な変化は見受けられなかった。

3 自転車回避モデルの改良

(1) 再現性を確認するための手法

図-1に示した相対的な軌跡において、軌跡から回避挙動区間(回避開始から対向する自転車あるいは歩行者とすれ違うまで)を抽出し、回避開始時の相対y座標の違いによる軌跡の傾向を確認するため、まず回避開始時の相対y座標に応じて軌跡を次の3つの領域:領域1:0.0[m] ≤ relative-y < 0.3[m], 領域2:0.3[m] ≤ relative-y < 0.6[m], 領域3:0.6[m] ≤ relative-y)に分ける。各領域における平均的な軌跡を求める。次に、回避開始時からの回避挙動をみるため、それぞれの回避挙動に対して回避開始時の両者の相対距離Rで規格化する。以後、この結果をシミュレーション結果の再

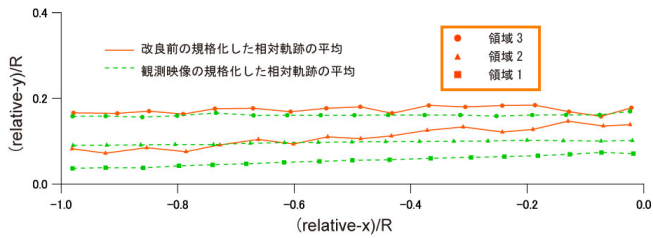


図-4 「自転車」対「歩行者」の指標軌跡の比較

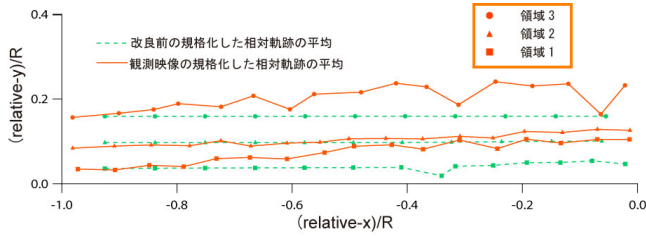


図-5 「自転車」対「自転車」の指標軌跡の比較

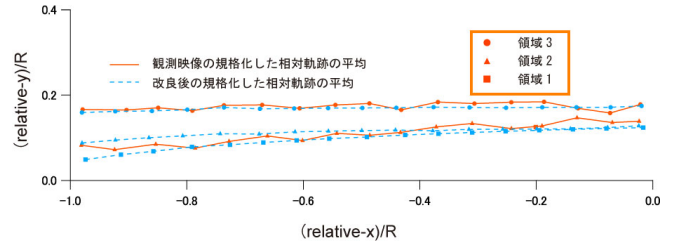


図-6 「自転車」対「歩行者」の指標軌跡の比較

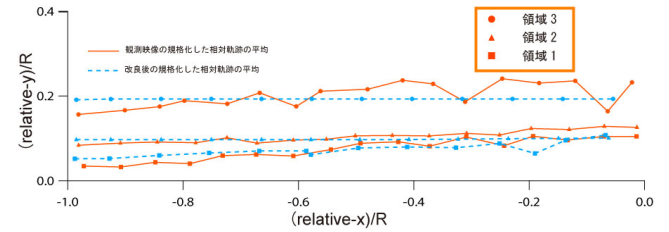


図-7 「自転車」対「自転車」の指標軌跡の比較

現性を確認するための指標軌跡とする。

### (2) 回避パラメータの調整

既存の回避モデルによる自転車回避挙動の平均的な軌跡と観測結果との比較を示す。なお、既存の自転車モデルの回避パラメータは回避対象（自転車あるいは歩行者）に依らず回避主体が自転車であれば  $\alpha=0.0001$  を使用していた。シミュレーションによる平均的な軌跡は、観測と同じ回避開始点を与えたシミュレーションによる平均軌跡であるが、特に領域 1 および 2 の平均的な軌跡に観測結果からの乖離が認められる。（図-4,5 参照）

回避パラメータが回避挙動に影響することは、現在の回避力の式<sup>2)</sup>から確認できる。ここで、回避時の側方間隔の距離が観測結果を良好に再現するように  $\alpha$  の値を調節すると、「自転車」対「歩行者」の場合、 $\alpha=2.89 \times 10^{-2}$ 、また、「自転車」対「自転車」の場合、 $\alpha=2.15 \times 10^{-2}$  が最適値であることが分かった。既存の自転車回避モデルで採用していた  $\alpha$  の値は、回避対象が「自転車」か「歩行者」によって変えていなかったが、以上の結果より、対象によって  $\alpha$  の値を変更することとした。

### (3) 再現性の確認

図-6,7に  $\alpha$  の値を回避対象に応じて変更する改良後の回避モデルを用いたシミュレーション結果と観測結果の平均的な軌跡を示す。「自転車」対「歩行者」および「自転車」対「歩行者」の双方に、既存のモデルと比較して再現性の向上が確認できる。

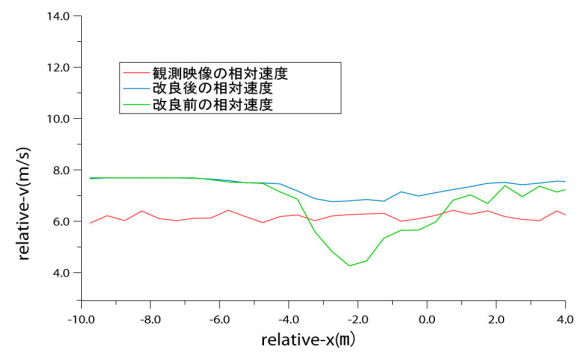


図-8 相対速度の比較

図-8に相対速度の推移を示す。観測結果には顕著な速度変化は示されないが、改良前のモデルの結果には、回避手前 ( $\text{relative-x} > 4.0[\text{m}]$ ) から顕著な速度変化が現れる。一方、改良後の結果にはそのような速度変化は示されず、モデル改良の結果が確認できる。

## 4 おわりに

本稿では著者が所属する研究室で開発されてきた個別要素法型の自転車モデルの再現性を図るため、自転車モデルに導入されている回避挙動を制御するパラメータの改良およびキャリブレーションを実施し、観測映像との比較から改良モデルの妥当性を示した。

## 5 参考文献

- 1) 山形佑：群集歩行シミュレータのための自転車モデルの開発, 京都大学工学部, 地球工学科, 卒業論文, 2011.
- 2) 安藤栄祐：群集行動シミュレーションにおける歩行行動モデルの改善, 京都大学工学部地球工学科, 卒業論文, 2010.