

曲がり角におけるパーソナルスペースを用いた歩行者モデルの構築に関する研究

九州大学 学生会員 西元隆雄
 九州大学 正会員 大枝良直
 九州大学 正会員 外井哲志

1. 研究の背景と目的

複数の歩行者が関わる事故として、平成13年の「明石花火大会歩道橋事故」のような群集事故が起きている。こうした事故を繰り返さないためには適切な歩行空間の設計が必要である。その設計の際には実測が難しい群衆流動をシミュレーションで仮想的に再現する手法が取られることがあり、現在シミュレーションの形態として様々なものが提案されている。その中で、我々はいくつかのシミュレーションでみられる空間上を個人の歩行領域に分割をせず、歩行者間相互の影響を考慮できるパーソナルスペース（以下PS）を用いたシミュレーションモデルを構築してきた。

さて、現在まで構築してきたPSを用いたシミュレーションでは、直線通路や交差点を真っ直ぐに進入するモデルのみ考えられており、歩行者の曲がり方については考慮されていない。そのため現状のシミュレーションでは、曲がり角を含むシミュレーションを定義できないという問題点がある。それを踏まえて、この研究では歩行者の曲がり方を実験によって確かめ、PSを用いたシミュレーションに組み込み、適用範囲を拡張することを目的としている。

2. PSと曲がりのモデル

このモデルにおけるPSとは歩行者が他者とある程度の距離を維持しながら歩行していることを説明するために想定された目に見えない空間のことである¹⁾。これは図-1のように前方に長く、後方に短い卵型の領域であると仮定している。この長軸aと短軸bの値は劉¹⁾の論文から引用している。

曲がり方のモデルについては図-2のように「スタート地点」を入力として、「曲がり始め」「曲がり角始点」「曲がり角終点」「曲がり終り」で区切り、各々の点を繋ぐことで曲がりの軌道を表現する。この各点の関係式については3章で述べていく。

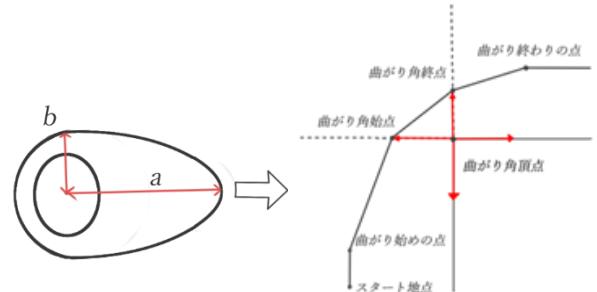


図-1 PS概略図 図-2 曲がりモデル概略図

3. モデルの構成要素の測定

歩行者がどのような曲がり方をしているのかを確認するために、2016年12月7日に男子学生10名に実際に曲がり角を曲がってもらい、その様子をビデオカメラで撮影した。その映像を元に、図-2に示されているように、曲がり角の頂点を原点に、それぞれの点の距離をまとめた。実験の際、通路の幅は6m、スタート地点は曲がり角から9m離れた地点とし、壁から60cmずつ離れた60~540cmの計9つをそれぞれスタート地点とした。

図-3はスタート地点と曲がり始め地点の位置関係をグラフにしたものである。表-1ではそれぞれの点どうしの相関係数をまとめることで、各点が他のどの点に強く依存しているのかを確かめた。表-2では相関係数の結果から、図-3のように、各点に応じた近似直線を求め、その式をまとめた。表中の「曲がり終り差」とは「曲がり終り（縦）座標と曲がり角終点座標の差」を表している。

表-1 相関係数まとめ

	スタート	曲がり始め	曲がり角始点	曲がり角終点	曲がり終り(縦)	曲がり終り差	曲がり終り(横)
スタート	1.00						
曲がり始め	0.78	1.00					
曲がり角始点	0.68	0.34	1.00				
曲がり角終点	0.10	0.03	0.49	1.00			
曲がり終り(縦)	0.06	0.05	0.26	0.76	1.00		
曲がり終り差	-0.14	0.03	-0.11	0.23	0.62	1.00	
曲がり終り(横)	-0.03	0.04	-0.16	0.02	0.66	0.70	1.00

表-2 近似直線式まとめ

Y [cm]	X [cm]	近似直線式
曲がり始め	スタート	$Y = 1.5769X - 97.9$
曲がり角始点	スタート	$Y = 0.2422X + 90.556$
曲がり角終点	曲がり角始点	$Y = 0.3246X + 82.857$
曲がり終わり(縦)	曲がり角終点	$Y = 1.0178X + 50.078$
曲がり終わり(横)	曲がり終わり差	$Y = 2.1418X + 86.723$

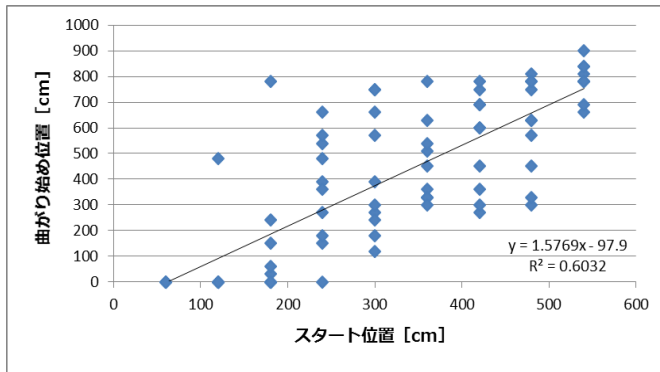


図-3 スタート-曲がり始めグラフ

4. 曲がり方の再現性確認実験

3章の結果からスタート地点を入力することで、各歩行者がどのような経路で曲がるのかを近似直線式から求めることができるようになった。しかしこのままシミュレーションにこのモデルを組み込んだ際に、シミュレーションの結果が現実の結果を反映しているか不明である。よって、シミュレーションが現実を再現しているか確かめる準備をするための実験を行った。

そこで、2016年12月20日に男子学生16名を2グループに分け、それぞれ対向するように同時にスタートし、3章の実験のように曲がり角の先に向かってもらい、ビデオカメラでその様子を記録する実験を行った。記録した映像を確認することで、各歩行者が曲がった後、対向するスタート地点のどの位置を通過したのかをデータとしてまとめた。通路の条件は3章と同じとし、スタート地点はシミュレーションで同様の再現ができるよう、図-4のように壁から1.5m刻みで離し、かつ3mずつスタート地点から離れた位置をそれぞれスタート位置の候補とし、各ライン3つのスタート位置候補の内2つをランダムに選び、そこに実験者を配置した。実験の結果は図-5のようになった

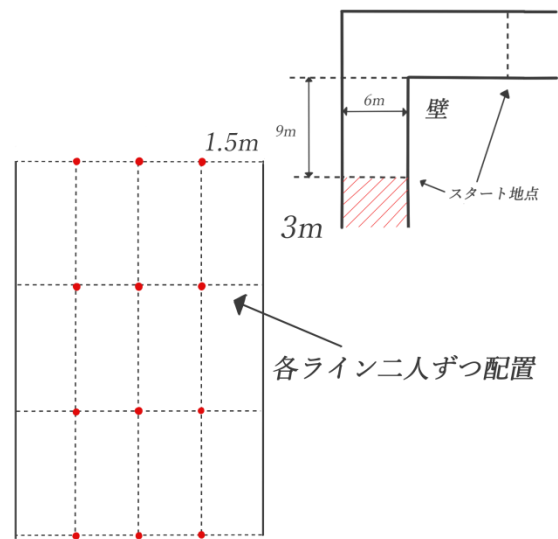


図-4 再現性実験スタート位置と全体の概略図

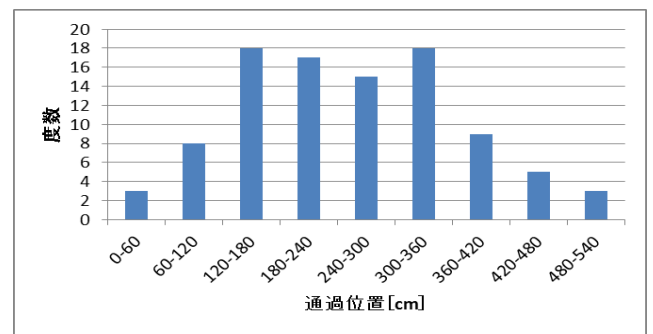


図-5 通過位置の度数分布

5. まとめ

歩行空間を評価するためにPSを用いた歩行モデルを拡張するために曲がり角部におけるモデルを考え、3章における実験結果を利用することで、各点の相関関係を確認し、近似直線を求めることで、歩行者の曲がり方のモデルを作成することができた。今後は実際にPSを用いたシミュレーションにこのモデルを組み込み、4章の実験の結果と照らし合わせることで、シミュレーションが現実の結果を反映しているか確認することを行っていく。

参考文献

- 1) 劉 建宏 パーソナルスペースを用いた障害物を回避する歩行者の群集流動 土木学会論文集D Vol.64, No.4, 513-524,2008,10
- 2) 山下 倫央ら 一次元歩行者モデルを用いた高速避難シミュレータの開発とその応用 情報処理学会論文誌 Vol.53 No.7 1732-1744(July 2012)