

ショッピングモールにおける歩行者行動シミュレーションモデル

東京理科大学 理工学部 経営工学科 4年 矢嶋 雅倫

1 背景と目的

近年、都市計画や都市開発が進められ、駅や大型施設など様々な領域で実施されてきたが、施設を建設する上で利用者の立場に対応した施設建設がかかせない。しかし、実際に歩行空間を設計して、実地実験を行い効果を測定するには多大な時間とコストが浪費される。そこで、歩行空間を設計する前の段階で、ある程度の安全対策の効果などを事前に予測できる歩行者行動シミュレーションの研究が必要とされる。

既存研究では、安全性を確保するために避難行動シミュレーションなどが行われてきた。しかし、本研究では歩行者行動シミュレーションについて研究を行う。歩行者行動の既存研究において、歩行者の速度の違いを考慮したものなどがあるが、本研究ではショッピングモールにおける二人組のグループやベビーカーを連れたグループを考慮し、歩行者の視野に関してもより現実に近い視野を導入した歩行者行動シミュレーションモデルの構築を目的とする。

2 対象空間と歩行者行動の調査方法と結果

2.1 対象空間

ショッピングモールを対象とするため、越谷市にあるイオンレイクタウンを対象に研究を進める。

対象の空間はイオンレイクタウンの中でも二つのエリアを結ぶ連絡通路にて行う。この空間は、ショッピングモール内で一番人が行き来するエリアであることと、歩行者の行動が店舗に影響されないため、歩行者行動のみを分析することができる。

調査方法は、この連絡通路の長さや幅を測定し、障害物の有無などを確認する。

2.2 歩行者行動の調査方法

2009年10月4日(日)と2010年1月10日(日)と2010年1月17日(日)に実地調査を行い、歩行者の属性と行動特性、歩行速度、人数を計測した。

2.3 調査結果

2.3.1 対象空間

連絡通路は道幅 11m、長さ 60m とする。また、通路上には幅 96cm、長さ 6.5m の案内板があり、これを

障害物とする。

2.3.2 行動属性

歩行者の属性は大きく3つに分類することができる。

(1) 単独歩行者

歩行者の間を早歩きで追い抜く行動が見られる。

(2) 二人組のグループ

カップルや手をつないだ親子が多く見られた。これらは単独の歩行者よりも歩行速度は遅く、時折案内板を見るために立ち止まる。また進路選択において、二人のうち一人が主導権を持っている。

(3) ベビーカーを連れたグループ

これらのグループも二人組のグループ同様、案内板で立ち止まることがある。歩行速度も(2)と同様で遅い。また、あまり避ける行動が見られない。

2.3.3 属性別の歩行者速度

属性別に歩行者の歩行速度を調べる。Fruin [1]や岡山[2]によれば歩行者の速度は正規分布になるため、歩行速度として平均速度と標準偏差を表1に示す。

表1 属性別歩行者の速度

	単独歩行者	二人組のグループ	ベビーカーを連れたグループ
平均速度(m/s)	1.41	1.06	1.01
標準偏差	0.16	0.09	0.11

2.3.4 属性別の割合

1月10日(日)に3つの時間帯別に人数をカウントする。駅方向から来る人を上向きの歩行者として表2、駅に向かう人を下向きの歩行者として表3に示す。

表2 属性別の上向きの歩行者の人数

	14:40~14:45	16:15~16:20	18:05~18:10	平均
単独歩行者	60	67	52	60
二人組のグループ	125	98	116	113
ベビーカーを連れたグループ	19	24	23	22

表3 属性別の下向きの歩行者の人数

	14:40~14:45	16:15~16:20	18:05~18:10	平均
単独歩行者	38	64	25	42
二人組のグループ	126	135	107	123
ベビーカーを連れたグループ	22	24	19	22

3 モデル

3.1 空間要素

岡田[3]によれば、人は何も持たずに自然に立っている状態では、横幅 58cm, 奥行き 30cm とされている。今回は歩行者が歩行していることを考えて、図1のように歩行者を横幅 60cm, 奥行き 60cm として考える。また、モデル内ではこの歩行者の大きさを 1 とする。

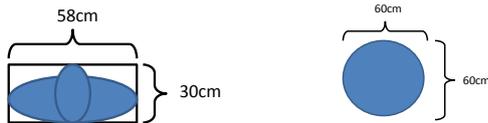


図1 歩行者の大きさ

空間は図1の歩行者の大きさを基準としてモデル化し、幅 11.4m, 長さ 60m の連絡通路とする。障害物の幅は、96cm, 長さ 6.6m とする。

また、障害物の中に魅力度変数を付けた案内板を設けて、歩行者の視野内に案内板があり、乱数が魅力度変数よりも小さければ歩行者は 30 ステップ立ち止まる。

その他に、壁、歩行者の発生点と消去点で構成される。

3.2 歩行者の設定

3.2.1 モデル化すべき基本行動

ショッピングモールにおけるビデオ撮影と実地調査から得られた歩行者の行動特性から、モデルで表現すべきショッピングモールにおける歩行者行動を、以下の3つの基本行動にまとめることができる。

(1) 追い抜き行動

歩行速度の速い単独歩行者は、歩行速度の遅いグループなどを追い抜く行動が見られる。これはグループ同士でも見られる。

(2) 衝突行動

歩行時に対向者を避けたり減速したりする行動が見られる。

(3) 滞留行動

歩行者は案内板の前で店舗の情報を得るために立ち止まる。そこでは、歩行者の滞留行動が見られる。

3.2.2 歩行者の視野

図3のように歩行者に円の視野を持たせる。それぞれの視野で、歩行者・壁・障害物が存在しているかを確認する。歩行者の進路は基本的に直進のため、半径 48cm の○の視野を直進方向にを持たせる。角[4]によれば、対向者とすれ違う時の避け始める距離は平均 5.95 m で標準偏差は 1.08 とされている。よって前方の視

野は7つ設定し、8.68m 先まで認識させる。また、近いほうから視野1, 視野2, 視野3...と名付ける。もし、前方に歩行者・壁・障害物がある時に、避けるエリアを確認するものとして半径 36cm の○の視野を持たせる。また、半径 72cm の○の視野は避ける際の避ける方向の選択時に使い、歩行者密度を調べるために用いられる。

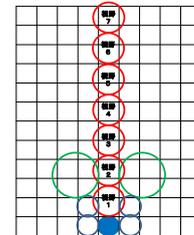


図3 歩行者の視野

3.2.3 移動速度

今回、1 ステップを 0.5 秒として考える。そのため、表1の歩行者の速度をモデル上の速さに変換する必要がある。図1の歩行者の大きさを1として各属性の歩行者の平均速度と標準偏差を算出すると表4になる。これをもとに、属性ごとに初期値の速度として正規分布で歩行者に速度を与える。

表4 属性別の歩行速度と標準偏差

	単独歩行者	二人組のグループ	ベビーカーを連れたグループ
平均速度	1.18	0.89	0.84
標準偏差	0.13	0.07	0.09

3.2.4 避ける角度と速さ

図3の歩行者の視野のように、前方の視野は7個ある。それぞれの視野内の対向者や障害物があった場合に避ける角度と、避ける際の歩行速度は異なる。ベビーカーにおいては、避ける角度を大きくすることはできない。これらを考慮した避ける角度と速度を表5に示す。また角[4]によれば、追い越し開始の同方向の歩行者との距離は平均 1.88m で標準偏差が 0.42 とされている。よって、同方向の歩行者に対しては視野3までしか認識しない。

表5 属性別の視野に対する避ける角度と速度

単独歩行者と二人組のグループ				ベビーカーを連れたグループ			
		角度(°)	速さの変化率			角度(°)	速さの変化率
視野1	避ける	80	0.5	避ける	40	0.5	
	避けられない	0	0	避けられない	0	0	
	追い抜く	55	0.7	追い抜く	30	0.7	
	追い抜けない	0	0.6	追い抜けない	0	0.6	
視野2	避ける	55	0.5	避ける	30	0.5	
	避けられない	0	0.1	避けられない	0	0.1	
	抜く	50	0.7	抜く	25	0.7	
	抜けない	0	0.6	抜けない	0	0.6	
視野3	避ける	50	0.6	避ける	25	0.6	
	避けられない	0	0.3	避けられない	0	0.3	
	抜く	45	0.8	抜く	20	0.8	
	抜けない	0	0.7	抜けない	0	0.7	
視野4	避ける	45	0.7	避ける	20	0.7	
	避けられない	0	0.5	避けられない	0	0.5	
	抜く	30	0.8	抜く	15	0.8	
	抜けない	0	0.7	抜けない	0	0.7	
視野5	避ける	30	0.8	避ける	15	0.9	
	避けられない	0	0.7	避けられない	0	0.7	
	抜く	30	0.9	抜く	15	0.9	
	抜けない	0	0.8	抜けない	0	0.8	
視野6	避ける	20	0.9	避ける	10	0.9	
	避けられない	0	0.9	避けられない	0	0.9	
	抜く	20	0.9	抜く	10	0.9	
	抜けない	0	0.9	抜けない	0	0.9	

速さの変化率は
初期値の速度×速さの変化率=避ける際の速度
と定義される値である。

3.2.5 グループの動き

二人組のグループは、2.3.2 に示したように二人のうち一人が進路選択の主導権を持っている。よって、二人組の歩行者を leader と follower の二つに分け、leader の行動ルールは単独歩行者と同じにする。follower の動きは、leader と follower に整数値の『グループ_ID』を持たせ、その値が同じ leader と follower が一緒に動く。follower は leader の右側もしくは左側を付いていき、follower にも前方の視野を持たせ、その状況に応じて位置を移動する。

また、ベビーカーを連れたグループは leader と follower とベビーカーの3つのエージェントからなり、leader と follower の動きは二人組のグループと同じ動きで、ベビーカーは leader が押す形で常に leader の前に存在する。

3.3 基本行動ルール

まず、自分の周囲に案内板があり、乱数が案内板の魅力度変数より小さければ30ステップ立ち止まる。

次に、図3の○の視野1に対向者・壁・障害物があったときに、左右の○の視野を確認して、空いている方向に避ける。もし、両側が空いていたら左右の○の視野内にいるエージェントの密度が小さい方向に避ける。また、両側が空いていない場合は減速する。続いて、○の視野1に同方向の歩行者がいたら左右の○の視野を確認して、空いている方向に避ける。もし、両側が空いていたら左右の○の視野内にいるエージェントの密度が小さい方向に避ける。

これを○の視野1～7まで繰り返す。しかし、3.2.4で示したように同方向の歩行者への対応は視野3までしかない。

4 シミュレーション

4.1 妥当性の検討とシナリオ分析

本研究では、ベビーカーを連れたグループを導入し、実際の歩行者の動きと同じようにするため歩行者の視野を前方に多く取り入れた。

表2と表3で示した属性別の歩行者数の平均値をもとにシミュレーションを行い、3.2.1で示した3つの行動がモデル上でも確認できるかを検討する。

4.2 結果

実際に1800ステップモデルを動かした。その状況を図4に示す。この条件でも、各エージェント同士が

ぶつかることもなく、歩行者の密集地帯は発生しなかった。また、単独歩行者は歩行速度が速いこともあり、スペースを見つけては、同方向の歩行者を追い抜く動きが見られた。ベビーカーを連れたグループは速度が遅く、避ける角度が小さいこともあるが、あまり避ける動きは見られず、逆に対向する単独歩行者などがベビーカーを連れたグループに道を譲るように避ける行動が見られた。

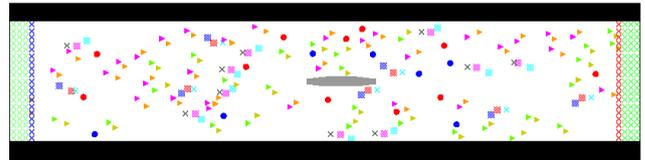


図4 横向きにした実行画面

5 結論と今後の課題

5.1 結論

本研究では、実際の歩行者のように遠くへの視野を持たせ、より人間の行動に近づけることと、ショッピングモールでの特徴である、二人組のグループやベビーカーを連れたグループを考慮してモデル化することを図った。その結果、歩行者に現実的な視野を持たせ、ベビーカーを連れたグループを考慮したショッピングモールでの歩行者行動を表現したモデルを構築することができた。

5.2 今後の課題

今後の課題として、今回は店舗の要因がないエリアでのモデル化をしたため、店舗を考慮していない。しかし、ショッピングモールを設計するにあたり店舗の要因を考慮することは重要であり、それを導入することでより現実的なショッピングモールを表現することができる。また、歩行者の避ける際の角度や速度は実際の歩行者の動きとは多少異なる。これは、歩行者の頭上から歩行者の動きを撮影することで正確な角度と速度を取得することができるが、今回は導入することができなかった。

[参考文献]

- [1]John・J・Fruin「歩行者の空間 ~理論とデザイン~」鹿島出版社(1984)
- [2]岡山大「相対座標系を用いた歩行者エージェントモデルの提案」名古屋工業大学卒業論文(2005)
- [3]岡田光正「建築人間工学 空間デザインの原点」理工学社(1993)
- [4]角知憲「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