

歩行可能領域に制約のある空間における歩行モデル

行田 修久

(東京工業大学大学院情報理工学研究科数理・計算科学専攻 現所属・みずほ証券㈱)

指導教員 高橋幸雄 教授

1. はじめに

歩行者の往来が多い公共建築物内（特に鉄道駅構内）では、限られた歩行空間で効率の良い歩行を可能にしなければならない。そのため、通路やホーム、階段などにおいて、片側通行を促したり、手すりを設けるなど、歩行流が形成させるような何らかの対策をしている場合が多い。しかし、これらがどの程度歩行効率を向上させているか、シミュレーションを用いた具体的な議論は、あまりきちんとはなされていないように見受けられる。筆者は、このような鉄道駅構内の人の流れをシミュレートする歩行モデルおよびそれを用いたシミュレータの開発を目指しているが、本論文では鉄道駅構内のような複雑な歩行空間を対象とする前に、まずは和田-岡田-大野の衝突領域モデル[1]を改良することで、比較的簡単な歩行空間である“直線通路”と“T字路”を対象とした歩行シミュレータを開発する。次に、それを用いて片側通行や手すりの通行規制が歩行流に与える影響について検証し、これらがどの程度歩行効率を向上させているのか考察する。

2. 歩行可能領域に制約のある空間における衝突領域モデル

衝突領域モデルに、途中目的地、壁に対する衝突領域、不可視領域を新たに組み込むことで、片側通行や手すりといった歩行領域に制約がある歩行空間に適用可能な歩行モデルを提案する。歩行者が各シミュレーション・クロックにおいて自分が進むべき地点を定めるアルゴリズムは、以下のようになる。

1. 次の目的地を認識し、目的速度ベクトルを求める
2. 歩行空間内にいる歩行者に対して、情報空間に入るか否かを判定する
3. 歩行空間内の壁に対して、歩行者から可視であるか判定する
4. 可視である壁に対して、壁による不可視領域を作成し、その領域に人体円がすべて覆われる歩

行者を情報空間から除く

5. 情報空間に入る歩行者に対して、現在の速度ベクトルを用いて衝突領域を求める
 6. 可視である壁に対して、壁に対する衝突領域を求める
 7. 求めた2種類の衝突領域を重ね合わせることで合成し、非衝突領域内で最適な位置ベクトルを求め、それを速度ベクトルに変換したものを仮選択速度ベクトルとする
 8. 仮選択速度ベクトルを用いて、もう一度歩行者に対する衝突領域を求め（予測）、それを6.で求めた壁に対する衝突領域と合成し、非衝突領域内で最適な位置ベクトルを求める
- 詳しくは、文献[2]を参照されたい。

3. シミュレーション

3.1 直線通路におけるシミュレーション

直線通路における通行規制と歩行者の到着に対して以下のような状況を設定し、通行規制が歩行流と歩行効率に与える影響を検証する。直線通路を幅5m、長さ30mとし、手すりの幅を0.05mとした。また、歩行者の到着は2方向からあり、各歩行者は到着した地点と逆の地点を目的地としている。

通行規制について

- 通行規制をしていない場合
- 片側通行にした場合
- 通路中央に手すりを設置し、片側通行にした場合

歩行者の到着について

- ポアソン分布に従う場合
 - 到着率が同じ場合
 - 到着率が2:1の場合
- 波がある場合（電車の到着を想定）

3.2 T字路におけるシミュレーション

T字路における通行規制と歩行者の到着に対して以下のような状況を設定し、本モデルのT字路における適応性について検証する。T字路を幅5m、長さ

30 m の通路を3つつながげた形状とし、手すりの幅は0.05 mとした。歩行者の到着は各通路の3方向からあり、目的地は異なる通路2方向とする。歩行者の到着パターンは直線通路と同様である。

通行規制について

- 通行規制をしていない場合
- すべての通路を片側通行にした場合
- 通路中央に交差点の直前まで手すりを設置し、片側通行にした場合
- 通路中央に交差点の手前まで手すりを設置し、片側通行にした場合
- 通路中央に交差点の直前まで手すりを設置し、交差点の前後で片側通行の向きが変わる場合

4. シミュレーション結果

これらのシミュレーションを、各々実時間で30分に相当する時間、乱数を変えて計3回行った。図1は直線通路において到着率が同じ場合のシミュレーションによる平均歩行速度を、また図2は波がある場合のそれを表している。各図において、横軸は到着率[人/m*s]、縦軸は平均速度[m/s]を表し、“+”は通行規制をしていない場合、“×”は片側通行を設置した場合、“*”は交差点の直前まで手すりを設置した場合の結果である。

直線通路とT字路におけるシミュレーションの結果から、次のことが分かった。

- 片側通行や手すりの設置により、歩行効率を向上させることができる
- 手すりの設置よりは片側通行の方が平均歩行速度は一般に速い
- ただし、特に到着に波がある場合は、手すりの設置の方が限界歩行流率をより向上させることができる
- 手すりを設置する場合は、交差点の直前までではなく、数m手前まで設置した方がより効果的である

5. まとめ

衝突領域モデル[1]を改良することで、歩行領域に制約のある歩行空間における歩行シミュレーションを提案した。また、直線通路やT字路において、歩行者の片側通行や手すりの設置が歩行効率にどのような影響を与えるのか、シミュレーションを通じて検証することを試みた。この結果から、歩行者の片側通行や手すりの設置は歩行効率を向上させることができ、特

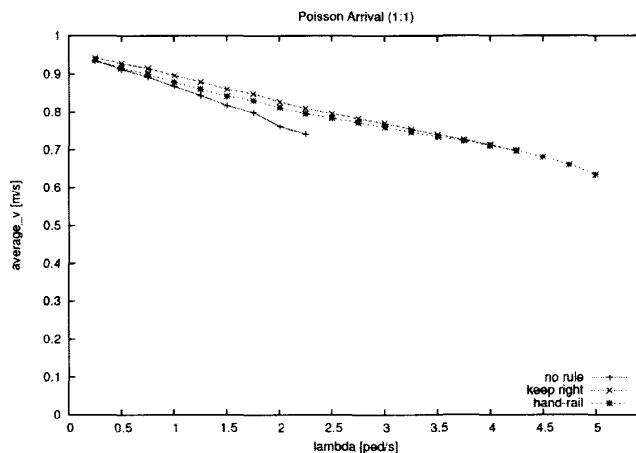


図1 到着率が同じ場合

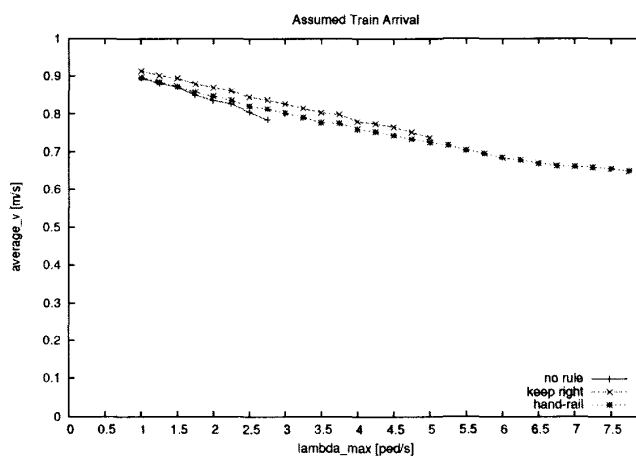


図2 波がある場合

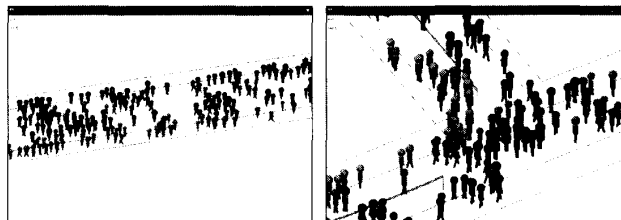


図3 シミュレーション画面

に混雑した状況下においては、手すりの設置が有効であると分かった。しかし、歩行者の交差点の曲がり方やルート選択時における意思決定の部分がまだ不完全であり、これらの点を改善することで、駅構内などの複雑な歩行空間にも適応できると思われる。

参考文献

- [1] 大野将春,「歩行者間の予測を考慮したグループ混在歩行モデルの構築」,東京工業大学大学院情報理工学研究科数理・計算科学専攻2005年度修士論文(高橋(幸)研究室),2006.
- [2] 行田修久,「歩行可能領域に制約のある空間における歩行モデル」,東京工業大学大学院情報理工学研究科数理・計算科学専攻2007年度修士論文(高橋(幸)研究室),2008.