

# 歩行者対向流における回転・横歩き効果

深町 雅浩、長谷 隆  
静岡大学工学部機械工学科

## 概要

混雑を避けるために体の向きを変えながら移動する歩行者対向流を研究する。歩行者の回転・横歩きを考慮した多粒子バイアスランダムウォークモデルを提案する。歩行者の回転・横歩きが歩行者渋滞に及ぼす影響を明らかにする。また混雑が時間と共に変動することを示す。

## Side and turn effects on pedestrian counter flow

Masahiro Fukamachi, Takashi Nagatani  
Department of Mechanical Engineering, Shizuoka University

## Abstract

We study the pedestrian counter flow in which walkers turn and slide to avoid the congestion. We present the extended version of biased-random walk model to take into account the sidle and turn. We clarify the sidle effect on pedestrian counter flow. We show that the jam oscillates around the gravity center.

### 1. 緒言

近年、人が密集する駅などにおける人の挙動を予測することが重要となっている。このような群集挙動を解析し、シミュレートすることが必要である。本研究では、混雑した道を移動する歩行者が他の歩行者を避けるために体の向きを変えながら移動していく歩行者対向流を研究する。従来の多粒子バイアスランダムウォークモデルを、歩行者の体の向きを考慮したモデルに拡張する。この拡張したモデルを用いて歩行者対向流のシミュレーションを行い、歩行者対向流に及ぼす歩行者の横歩き効果を明らかにする。

### 2. 歩行者モデルとシミュレーション

図1は、混雑した道における人の動き

をモデル化したものである。図1のように、歩行者は他の歩行者を避けるためや、他の歩行者の間を通り抜けるために体の向きを変え、横歩きをするといった行動をとる。図2は歩行者が他の歩行者を避ける時の行動を図式化したものである。混雑した道を歩いて、前方から他の歩行者が向かってきた場合、図2(a)のように体の向きを変え、横歩きで他の歩行者を避けながら移動する。その後他の歩行者を避けたのち、図2(b)のように体の向きを戻すといった行動を考える。

このような状況を再現するために、まず歩行者の進行方向に対する体の向きに注目し、体の向きが進行方向に対して垂直の場合と体の向きが進行方向に対して平行(横歩き)の場合の2通りに分類する。

図3のように多粒子バイアスランダムウォークモデルにおいて2粒子(格子点)で1歩行者とし、体の向きを考慮したモデルを構築する。

図3において水平方向を進行方向とした場合、(a)は体の向きが進行方向に対して垂直の前向きモデル(Face to face model)を示しており、(b)は体の向きが進行方向に対して平行である横歩きの横向きモデル(Sidle model)を示している。前向きモデル、横向きモデルともに前後左右の4方向に移動可能であるとし、前向きモデルでは進行方向、横向きモデルでは左右方向への移動は平行移動であるとした。さらに本研究では、図2のように体の向きを回転させ、他歩行者を避けながら移動するモデルとして、状況により図3(a)と(b)の両方の状態をとる回転モデル(Turn and sidle model)を提案する。

回転モデルにおいて、前向きから横向きへの回転は前方に歩行者がいて前に進めないときに行い、横向きから前向きへの回転は前方に歩行者が存在せず、前向きに戻った時に前進できる場合に行うこととした。また回転モデルで前向きと横向きの時の移動は前向きモデル、横向きモデルと同様に前後左右の4方向に移動可能であるとした。

図1のような道幅変化のないチャンネルに初期配置として通路の左側半分に右に進む歩行者を、右側半分に左に進む歩行者をランダムに密度を等しく配置する。前向きモデルの時は前向きの歩行者のみを、横向きモデルの時は横向きの歩行者のみを配置することとし、回転モデルの場合は前向きの状態で配置した。左右の境界は周期境界とし、右に進む歩行者が右の境界に左に進む歩行者が左の境界に到達した場合、それぞれ左と右の境界に再配置することとした。また、歩行者が前方に進むようにドリフトを与えることとした。今回のシミュレーションにおい

ては、チャンネルの長さを240(site)、幅を40(site)とし、ドリフト係数は0.7として計算を行った。

### 3. シミュレーション結果

初めに、各モデルについてシミュレーションを行った結果について示す。図4は歩行者の密度と平均速度の関係を各モデルについて表したグラフである。ここで、平均速度は全歩行者数に対する前方に進んだ歩行者の割合として算出した。図4を見ると、どのモデルについても平均速度はある密度で急激に減少し、歩行者による渋滞が発生していることがわかる。しかし、前向きモデルと横向きモデルではその値に大きな差があり、回転モデルは前向きモデルと横向きモデルの中間の値をとっていることがわかる。

図5は歩行者の密度と流量の関係を各モデルについて示したグラフである。ここで、流量は全通路に占める前方に進んだ歩行者の割合として計算した。どのモデルにおいても密度の増加とともに流量は増加し、ある密度で最大流量をとり、渋滞の発生により流量は減少していることがわかる。また、渋滞が発生している状況での流量を比較すると、前向きモデルでは0に漸近し、完全渋滞状態となっているが、横向きモデルと回転モデルでは渋滞が発生していても歩行者の流れがあることがわかる。

次に、密度0.25、時間25000(time step)における各モデルのパターンを比較したものを図6に示す。図中、灰色で表した粒子は前向きの歩行者、黒で表された粒子は横向きの歩行者を示しており、塗りつぶされた粒子は右に進む歩行者、白抜きの粒子は左に進む歩行者を表している。図6を見ると、前向きモデルでは通路の中心で渋滞が発生し、歩行者の動きが見られないが、横向きモデルと回転モデルでは渋滞が発生しているものの、歩行者

の動きが見られる。また、回転モデルでは渋滞の発生している中心部で横向きの状態となっており、渋滞を抜けた歩行者は前向きの状態となっていることがわかる。

図7は密度0.25における回転モデルのパターンの時間発展を示したものである。粒子の表現は図6と同様で、渋滞部分で横向き、渋滞を抜けると前向きとなっていることがわかる。さらに、時間の経過とともに、渋滞の中心が移動していることがわかる。この点に注目し、各モデルについて渋滞の中心の変動を計算により求めることにした。

図8は回転モデルにおける時間と渋滞の中心位置の関係を表したグラフであり、点線は通路の真ん中を示している。図より、回転モデルでは時間の経過とともに、渋滞の中心が通路の真ん中から大きく振動していることがわかる。図9および図10は、前向きモデルおよび横向きモデルについて時間と渋滞の中心位置の関係を示している。図9より前向きモデルでは渋滞の中心位置は通路の真ん中からほとんど移動しないことがわかる。また、図10の横向きモデルでは渋滞の中心位置の振動が見られるが、その幅は回転モデルに比べて小さいことがわかる。

#### 4. 結言

- ・ 歩行者群集の観測した歩行挙動から、歩行者の向き・回転を考慮した3つの歩行者モデル(前向き・横向き・回転)を構築した。
- ・ 各モデルについてシミュレーションを行い、平均速度および流量を求め、その違いを明らかにした。
- ・ 各モデルのパターンを示すことにより、それぞれの特徴を示した。
- ・ 渋滞中心の振動に着目し、各モデルの渋滞中心の振動特性を明らかにした。

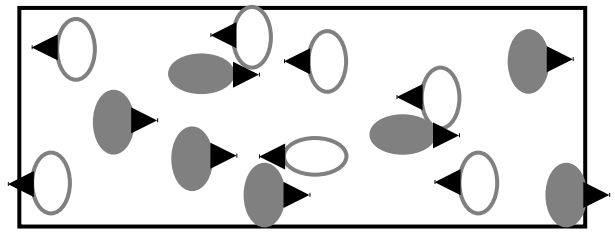


Fig.1. Pedestrian flow.

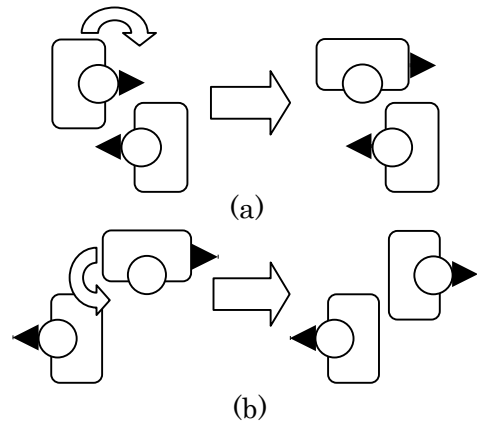


Fig.2. Action of pedestrian.

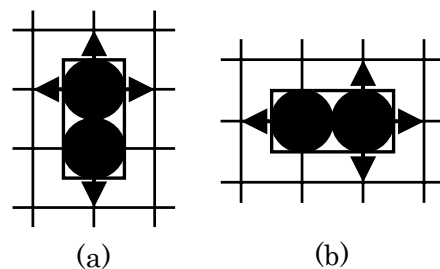


Fig.3. Simulation model.

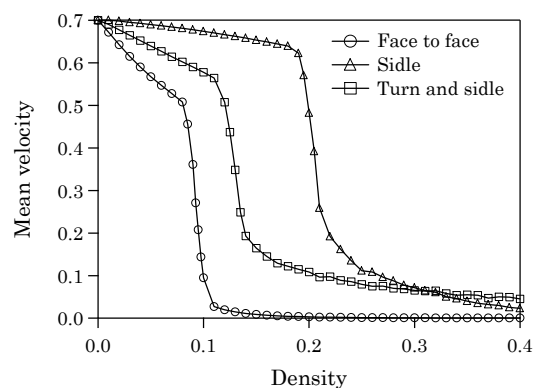


Fig.4. Plots of the mean velocity against density.

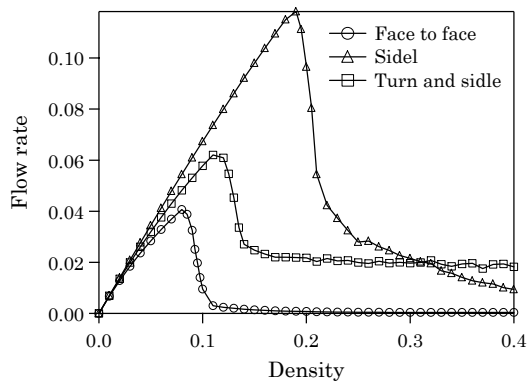


Fig. 5. Plots of the flow rate against density.

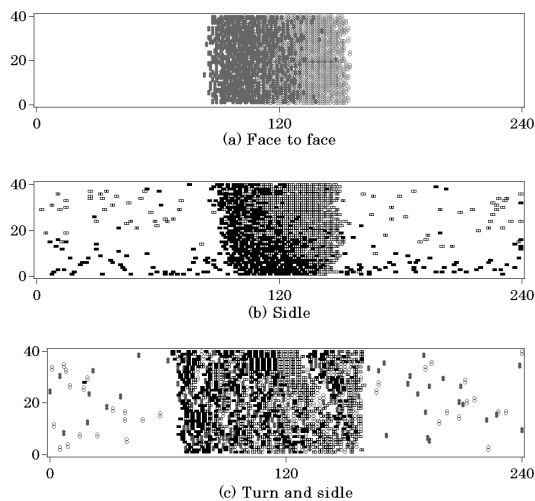


Fig. 6. Three types of patterns.

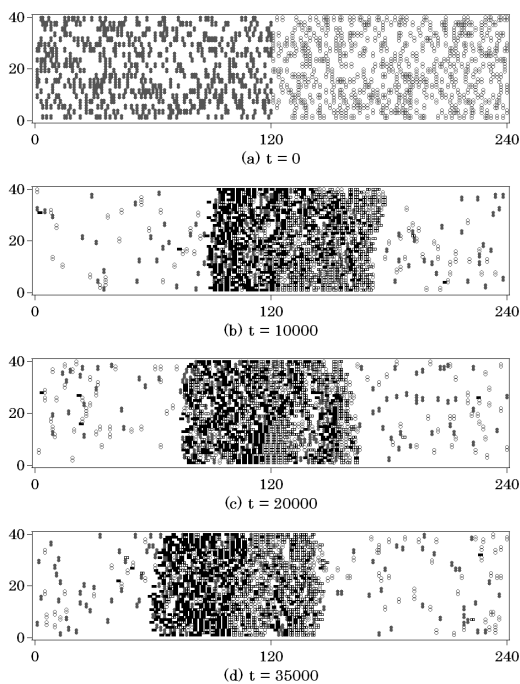


Fig. 7. Time evolution of turn and side model.

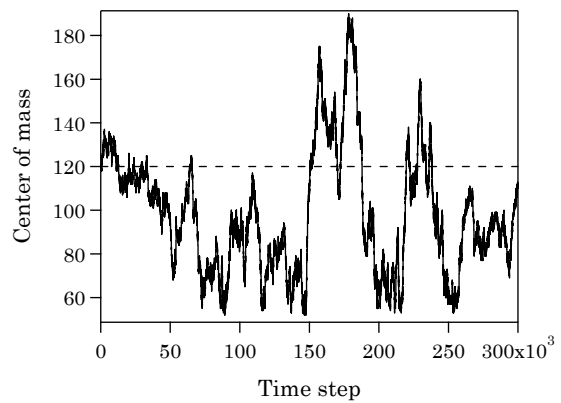


Fig. 8. Time evolution of the center of mass for turn and side model.

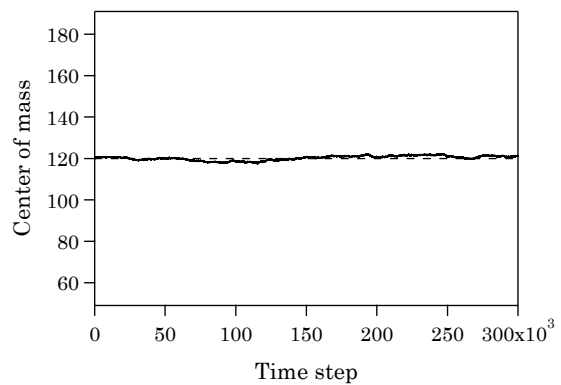


Fig. 9. Time evolution of the center of mass for face to face model.

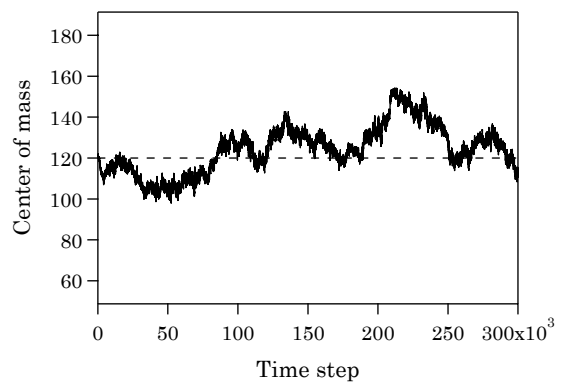


Fig. 10. Time evolution of the center of mass for side model.