

# 群衆運動の数理モデルとそのシミュレーション

○ 栗原 空良 (武蔵野大学大学院), 友枝 明保 (関西大学), 高石 武史 (武蔵野大学)

## 自己紹介

### ◆ 出身大学

- 武蔵野大学大学院  
工学研究科数理工学専攻2年

### ◆ 興味のあること

- 渋滞学・錯覚学 → 現象について
- プログラミング (現在はPythonとJuliaを使用)  
など

## 研究背景

### ◆ 混雑における被害

- 避難の遅れ・けが
- 電車・バスの遅延



解消する  
必要がある！！

## 研究テーマ

### 渋滞現象

そのなかでも

### 「人の混雑」

## 研究目的

現実への応用(障害物など)を目指す



群衆運動を表す数理モデルを使う



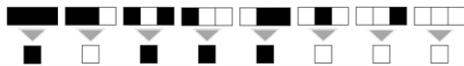
現実的な状況でのシミュレーション

# 群衆運動に対する数理モデルのアプローチ

## セルオートマトン

箱(セル)の状態を  
近傍の箱(セル)の状態を使ったルール  
従って変化させるもの

例) ルール184



## アプローチ

2つの方法によるアプローチ

- セルオートマトン系
- 微分方程式系

今回紹介するモデル

## セルオートマトン系

### フロアフィールドモデル

(Floor Field Model)

- セルオートマトンを二次元に
- セルへの移動は移動確率に従う
- 移動確率をセルごとの「フロアフィールド」で決定するモデル

## 微分方程式系

### ソーシャルフォースモデル

(Social Force Model)

- 運動方程式がベース
- 「進みたい速度と現在の速度の差」と「他の人や壁との相互作用」で加速度を表現する

# ソーシャルフォースモデルの概要

## ソーシャルフォースモデル<sup>[1]</sup>

$$m_i \frac{d\mathbf{v}_i}{dt}(t) = m_i \frac{v_i^0(t) \mathbf{e}_i^0(t) - \mathbf{v}_i(t)}{\tau_i} + \sum_{j(\neq i)} \mathbf{f}_{ij} + \sum_W \mathbf{f}_{iW}$$

## 変数の説明

$\frac{d\mathbf{v}_i}{dt}(t)$  : 加速度

$m_i$  : 質量

$\mathbf{v}_i(t)$  : 速度

$\tau_i$  : 特性時間

$v_i^0(t)$  : 望ましい速度

$\mathbf{f}_{ij}$  : 人との相互作用

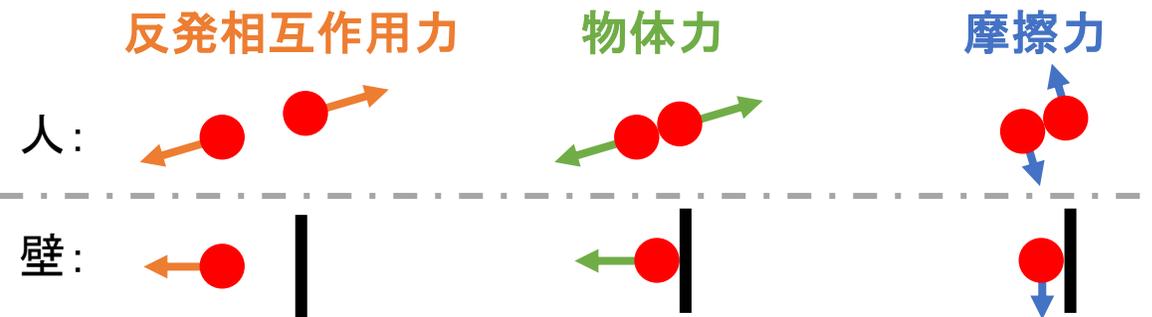
$\mathbf{e}_i^0(t)$  : 望ましい方向

$\mathbf{f}_{iW}$  : 壁との相互作用

## 相互作用項

人 :  $\mathbf{f}_{ij} = \underbrace{A_i \exp[(r_{ij} - d_{ij})/B_i]}_{\text{反発相互作用力}} \mathbf{n}_{ij} + \underbrace{kg(r_{ij} - d_{ij})}_{\text{物体力}} \mathbf{n}_{ij} + \underbrace{\kappa g(r_{ij} - d_{ij}) \Delta v_{ji}^t}_{\text{摩擦}} \mathbf{t}_{ij}$

壁 :  $\mathbf{f}_{iW} = \underbrace{A_i \exp[(r_i - d_{iW})/B_i]}_{\text{反発相互作用力}} \mathbf{n}_{iW} + \underbrace{kg(r_i - d_{iW})}_{\text{物体力}} \mathbf{n}_{iW} + \underbrace{\kappa g(r_i - d_{iW}) (\mathbf{v}_i \cdot \mathbf{t}_{iW})}_{\text{摩擦}} \mathbf{t}_{iW}$



# シミュレーションの設定・結果

## 設定

人数 : 100人  
改札の幅 : 1.0m  
改札の長さ : 1.0m

-初期配置-

固定した位置から  
ランダムに少しだけ移動

-進み方①-

端の壁までまっすぐ

-進み方②-

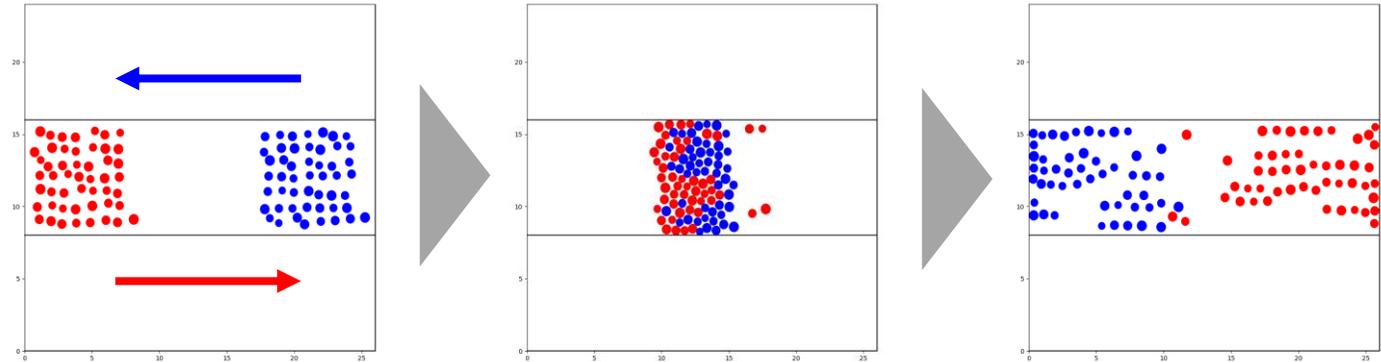
最短距離にある改札



端の壁までまっすぐ

## ①対向流のシミュレーション

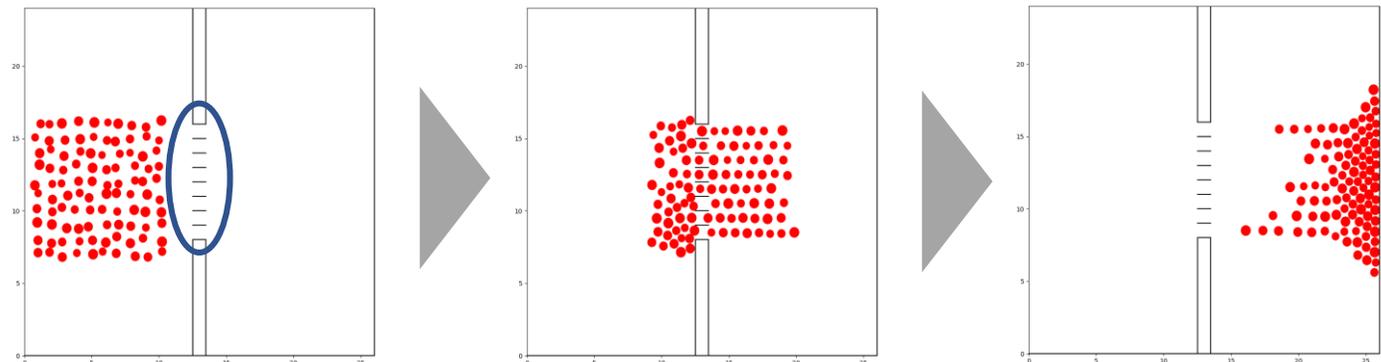
右に行く人と左に行く人が行きかう



## ②改札のシミュレーション

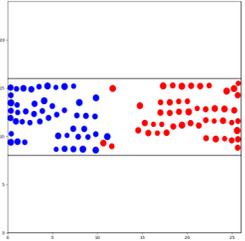


この部分が改札



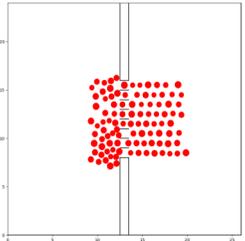
# まとめ・今後の課題

## シミュレーションの考察



### ①対向流のシミュレーション

- レーン(層)が形成される



### ②改札のシミュレーション

- 改札に入る前に並ばない
- 改札に近い人が押し出される

## まとめ

- ◆ ソーシャルフォースモデルを紹介した
- ◆ 現実的な状況を模してシミュレーションをおこなった

## 今後の課題

- ◆ フロアフィールドモデルやその他のモデルとの比較
- ◆ より現実的なモデルの提案
  - ◆ 体の形を楕円したモデル
  - ◆ (楕円での)体の回転効果を取り入れる

## シミュレーションに関して

今回紹介したシミュレーションは下記のURLからみることができます。興味がある方は是非ご覧ください。

<https://sites.google.com/view/sorak/作成したシミュレーション一覧>