

# 数理モデリングプロジェクト

## MATHEMATICAL MODELING PROJECT

### MEMBERS & INSTRUCTORS

Shuta Nishio Kota Kikuchi Kodai Sakai  
 Koshi Sakurai Ryoga Shimazu Sota Suzuki  
 Takashi Ishio Takeshi Kano Asuka Terai

### テーマ TARGET OF PROJECT

## 大学の食堂における混雑緩和

Reducing Congestion in University Cafeterias

### 現状 CURRENT SITUATION

ピーク時の混雑や待ち行列の長大化により利便性が低下。  
 Convenience is reduced due to congestion during peak hours and long queues.

### 目的 PURPOSE

収集データを基に混雑緩和策の提案と検証を実行。  
 Propose and verify congestion relief measures based on collected data.

### 解決策 SOLUTION

数理モデルとシミュレータを用いて混雑状況を可視化。  
 Mathematical models and simulators are used to visualize congestion conditions.

### 収集データ COLLECTED DATA

#### 人流計測・観察 People Flow Measurement and Observation

入特定の時間帯に混雑し、待ち行列が出入口を塞ぐことが判明。

It was discovered that the area was crowded at certain times, with queues blocking the entrances and exits.



#### 利用者アンケート User survey

利用者の64%が主な問題点は「行列・待ち時間」と回答。

64% of customers said that the main problem with cafeterias is "queues and waiting times."



### 数理モデル MATHEMATICAL MODEL

#### Social Force Model

希望推進力 Self Driving Force 
$$\vec{F}_{drive} = m_i \frac{\vec{v}_i^d(t) - \vec{v}_i(t)}{\tau}$$

人からの反発力 Repulsion from People 
$$\vec{F}_{rep, person} = \sum_{persons} A \exp\left(-\frac{d_{ij}}{B}\right) \vec{n}_{ij}$$

壁からの反発力 Repulsion Force from the Wall 
$$\vec{F}_{rep, wall} = \sum_{walls} A \exp\left(-\frac{d_{iw}}{B}\right) \vec{n}_{iw}$$

合力 Resultant force 
$$\vec{F}_{total} = \vec{F}_{drive} + \sum \vec{F}_{rep, person} + \sum \vec{F}_{rep, wall}$$

#### 運動方程式 Equation of Motion

加速度 Acceleration 
$$\vec{a}(t) = \frac{\vec{F}_{total}}{m_i}$$

#### オイラー法 Euler Method

速度更新 Speed Update 
$$\vec{v}(t+\Delta t) = \vec{v}(t) + \vec{a}(t+\Delta t)\Delta t$$

位置更新 Location Update 
$$\vec{p}(t+\Delta t) = \vec{p}(t) + \vec{v}(t+\Delta t)\Delta t$$

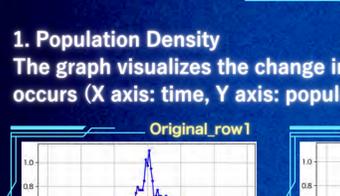
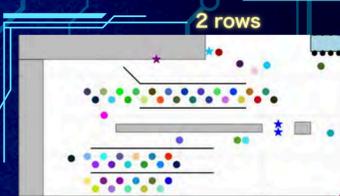
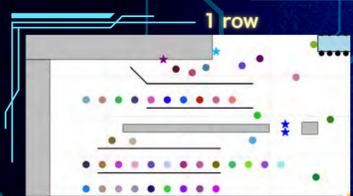
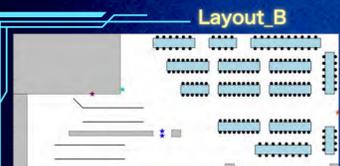
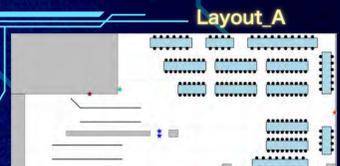
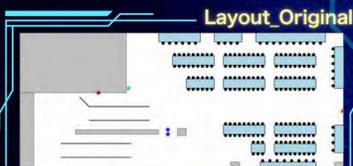
### 混雑緩和策 CONGESTION MITIGATION MEASURES

#### 混雑指標 Congestion Index

1. 人口密度  
出入口付近の人口密度の推移を測定。
2. 衝突位置・回数  
衝突位置を表示し衝突回数を計測。

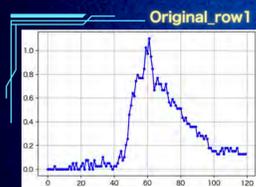
#### 仮説 Hypothesis

混雑緩和のため「レイアウト変更」と「待ち行列の列数変更」の2要素を組み合わせた対策を仮説として立案。  
 To alleviate congestion, we hypothesized a measure that combined two elements: "changing the layout" and "changing the number of rows in the queue."



#### 1. Population Density

The graph visualizes the change in population density near the entrances and exits from 12:00 to 12:30, when congestion occurs (X axis: time, Y axis: population density).



#### 2. 衝突回数

エージェント同士の衝突回数を計測。

2. Collision count  
Measure the number of collisions between agents.

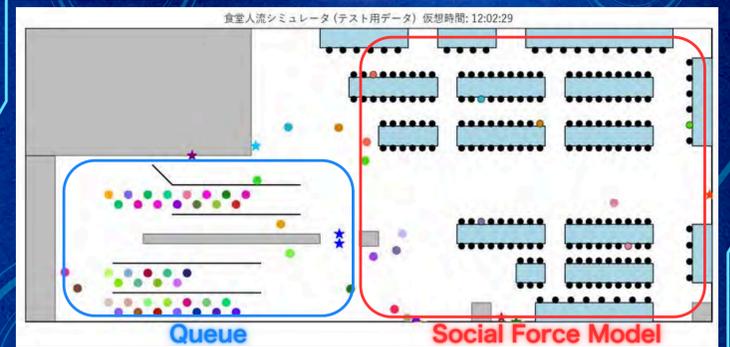
COLLISIONS			
	ORIGINAL	A	B
Row 1	194	237	151
Row 2	165	172	179

### 今後の展望 FUTURE PROSPECTS

出入口付近で衝突が発生しないように並ぶ場所を指定する。行列が長くなるようにする方法を立案する。

Designate queuing locations to avoid collisions near entrances and exits. Develop ways to keep queues from getting too long.

### 人流シミュレータ



### 検証結果 Verification Results

「レイアウト変更」と「待ち行列の列数変更」を組み合わせた6パターンで混雑指標の検証を実施。

We verified congestion indicators using six patterns that combined "layout changes" and "changing the number of rows in the queue."

#### 1. 人口密度

混雑が発生する12:00から12:30までの出入口付近の人口密度の推移をグラフ (X軸: 時間, Y軸: 人口密度) で可視化。

#### COLLISIONS

	ORIGINAL	A	B
Row 1	194	237	151
Row 2	165	172	179