

# 群衆状態に基づく行動選択モデルを用いた空間評価 NetLogoによるシミュレーション その2

○池川 隼人\*<sup>1</sup> 石橋 優貴\*<sup>2</sup>  
林田 和人\*<sup>3</sup> 渡辺 仁史\*<sup>4</sup>

キーワード： 行動モデル 群衆歩行 シミュレーション NetLogo 空間評価

## 1. はじめに

### 1.1. 行動選択モデルを用いた容易な空間評価

近年、公共空間の設計時には、構造や環境、建築法規を満たしながら、人間の行動を考慮して空間を創造していくことが必要となっている。しかし、設計条件の膨大さから、人間の行動に関しては設計時に十分に考慮することができず、結果として混雑が生じるということや、逆に利用されないなどという、必要とされている空間からかけ離れた結果をもたらすことが多々ある。そのような結果を回避するためにも、設計者に容易に使えるシミュレーションの必要があると言える。

現状では、人間の行動に関する研究は多々あるが、その研究結果として得られる行動選択モデルは設計者にとって容易に参照できるものとはなっていない。また、容易に参照できるようになっているものとして、「SimTread 2<sup>1)</sup>」などもあるが、それらは安価なものではなく、設計者にとって身近なものとは考え難い。本研究では、フリーエンドオープンソースソフトウェアである「NetLogo」を利用して、設計者に容易に使える人間の行動シミュレーション、そしてシミュレーションによって設計案を評価し、設計にフィードバックさせる事を考察する。

### 1.2. 公共空間における群衆の流動

公共空間において、流動の中で発生する立ち止まり行動は立ち止まる人、通過する流動双方の負担が大きいことから、解決しなければならない問題の一つと考えられる。公共空間の群衆の流動が個々人に負担をかけることなく、最適な状態である時の空間の形態をシミュレーションにより考察することによって、混雑が生じることや、逆に利用されないなどという問題の解決につながる。

## 2. 研究目的

本研究における目的は、オープンソースのプログラミング言語である NetLogo を用いて、流動の影響下における立ち止まり行動のモデルを利用したシミュレータを製作し、空間評価を行うことを目的とする

### 3.1. 流動の影響下における立ち止まり行動のモデル

本シミュレーションに用いる行動選択モデルの「流動の影響化における立ち止まり行動のモデル\*<sup>2)</sup>」は群衆の流動の方向性や数秒の歩行者の歩行軌跡が与える、歩行者の立

ち止まりへの関係性を示したモデルである。図1に群衆の流動の大きさの定義、図2に数秒の歩行者の歩行軌跡が他の歩行者の立ち止まりに与える影響、表1に用語を示す。

表1.用語一覧

歩行者	人間が歩行する場合の個人
群衆	人間を集団としてとらえたもの
立ち止まり	5秒間以上速度 30cm/s 以下の状態が続き、場所の移動を行っていない状態のこと。また、その状態に至る行動
流動	歩行者の流れ、群衆歩行
歩行軌跡	人間が歩行した履歴を線分として表したものの。頭の位置の X, Y 座標 を歩行者の位置座標を代表する値として用いる

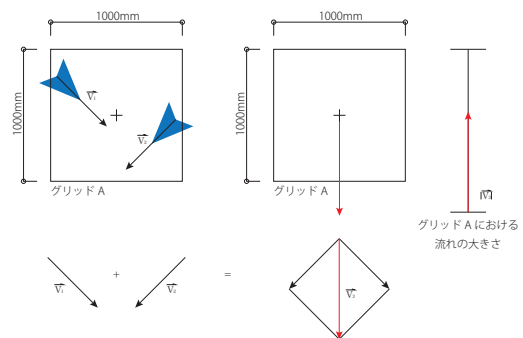


図1.群衆の流動の大きさの定義

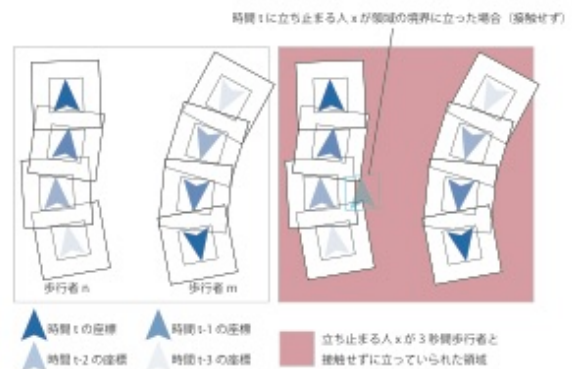


図2. 歩行軌跡が他の歩行者の立ち止まりに与える影響

### 3.2. 歩行者の行動フロー

本研究における、歩行者の行動フローを図3に示す。

立ち止まる理由の発生に関しては、本研究では具体的には設定せずに、250秒に1度立ち止まりをするように設定を行う。

歩行者の行動軌跡に関しては、他者の3秒間の歩行軌跡上には立ち止まりをする事が不可能と設定する。

立ち止まる場所の流動の大きさに関しては合成ベクトルの大きさが2より大きい場合立ち止まりをする事が不可能と設定する。

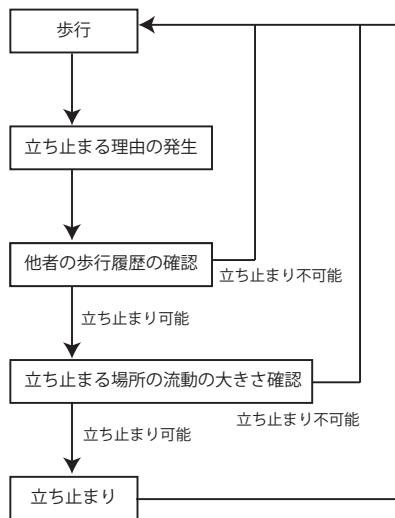


図3.歩行者の行動フロー

### 3.3. 空間の評価基準

本研究では、立ち止まり行動を行いたいと感じているのに、他者の歩行軌跡や流動の大きさから立ち止まりを行うことができなかった歩行者の人数を測定し、歩行者全体に対するその人数の割合を出し、それを評価基準として空間の評価を行う。

### 4. 設計

本研究では直線型、直交型の2種類の空間に対して「流動の影響化における立ち止まり行動のモデル」のシミュレーションを行う。変数一覧を表2示す。

表2.変数一覧

変数名	説明
Width	通路の幅を指す。
human_number	通路内歩行者総人数
human_stress_percentage	立ち止まり行動を行いたいと感じているのに、他者の歩行軌跡や流動の大きさから立ち止まりを行うことができなかった歩行者の人数に対する、歩行者全体の割合

## 5. 実装

### 5.1. NetLogo

本研究では、NetLogo<sup>3)</sup>を用いて圧縮解放モデルを実現した。NetLogoはNorthwestern大学のUri Wilenskyらによって開発され、自然現象や社会現象をシミュレーションするためのオープンソースのプログラミング環境である。

NetLogoはエージェント(agent)で成り立っている。エージェントはタートル(turtle)、パッチ(patch)、リンク(link)の3種類がある。タートルはプログラム内で動くオブジェクトであり、パッチは四角い領域であり、背景である。本研究では群衆をタートル、空間をパッチとした。実現したシミュレーションシステムを図4に示す

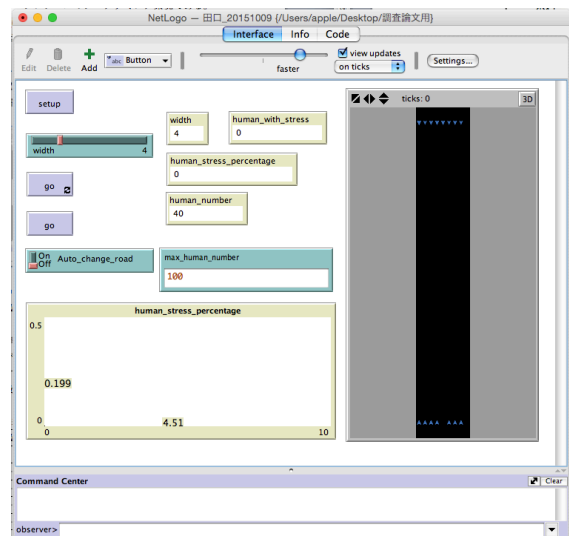


図3.シミュレーションシステム

### 5.2. 機能

本シミュレーションシステムの機能について説明する。ボタンはsetupとgoがあり、setupはシミュレーションの準備を行い、goはシミュレーションを実行する。スライダーやインプットはシミュレーションで利用するパラメーターを設定するものであり、プログラム内ではグローバル変数として扱われる。用意したスライダー、スイッチ、インプットは表3に示す。

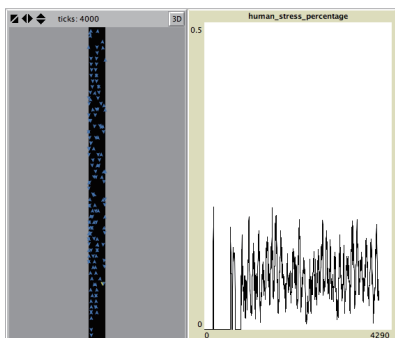
表3.スライダー、スイッチ、インプットの一覧

変数名	説明
Width	通路幅
max_human_number	通路内歩行者の総人数
Auto_change_road	human_stress_percentageに応じて自動的に通路幅が変わる

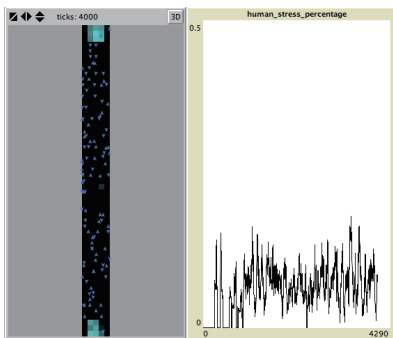
### 6. 実験

本シミュレーションシステムを用いて実験を行う。歩行者の通行方向は自由の場合と左側通行の2パターンにおいて考察する。4000tick進めたところで止まるように設定した。

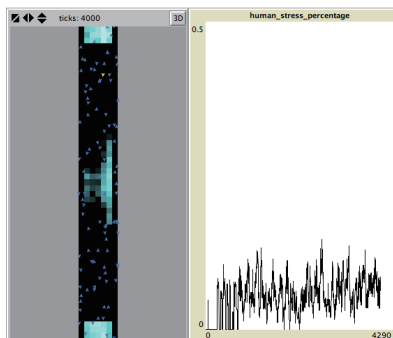
1. 通路型 (human\_number = 100)



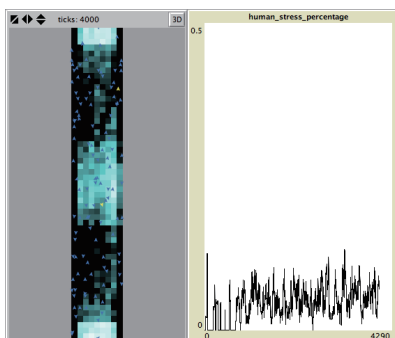
human\_stress\_percentage 0.06289  
width = 3



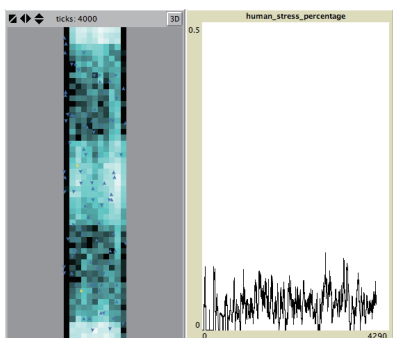
human\_stress\_percentage 0.072113  
width = 5



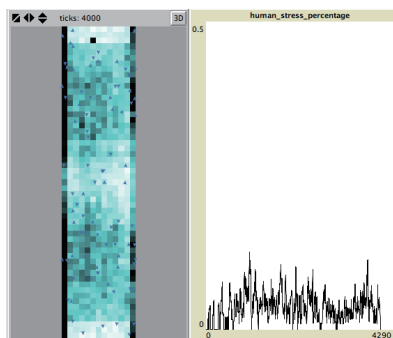
human\_stress\_percentage 0.052734  
width = 7



human\_stress\_percentage 0.043777  
width = 9

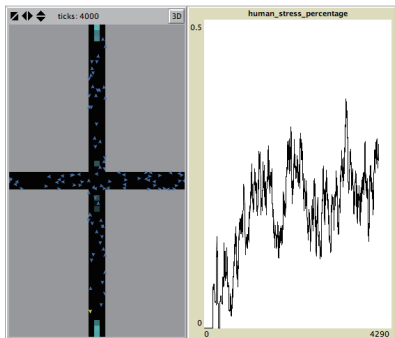


human\_stress\_percentage 0.039989  
width = 11

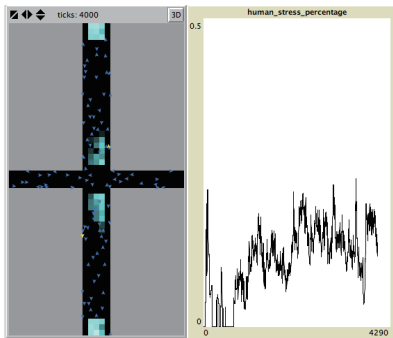


human\_stress\_percentage 0.035887  
width = 7

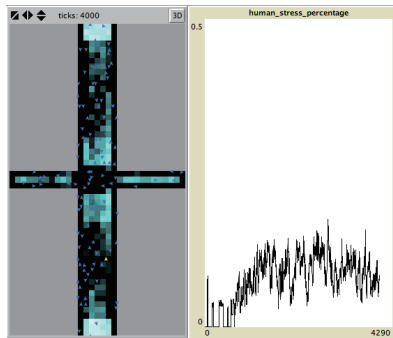
2. 直交型



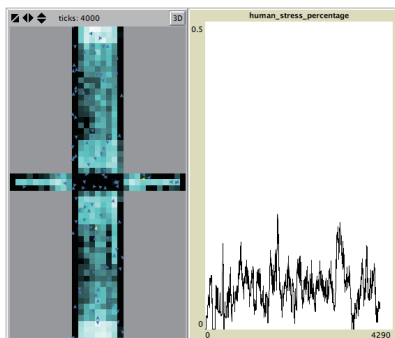
human\_stress\_percentage 0.182810  
縦 width = 3  
横 width = 3



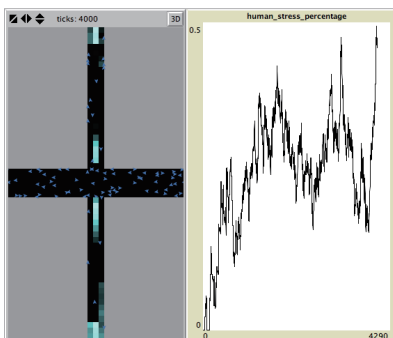
human\_stress\_percentage 0.110725  
縦 width = 5  
横 width = 3



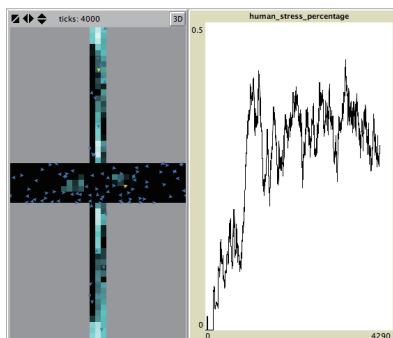
human\_stress\_percentage 0.076807  
縦 width = 7  
横 width = 3



human\_stress\_percentage 0.065970  
縦 width = 9  
横 width = 3



human\_stress\_percentage 0.256375  
縦 width = 3  
横 width = 5



human\_stress\_percentage 0.273317  
縦 width = 3  
横 width = 7

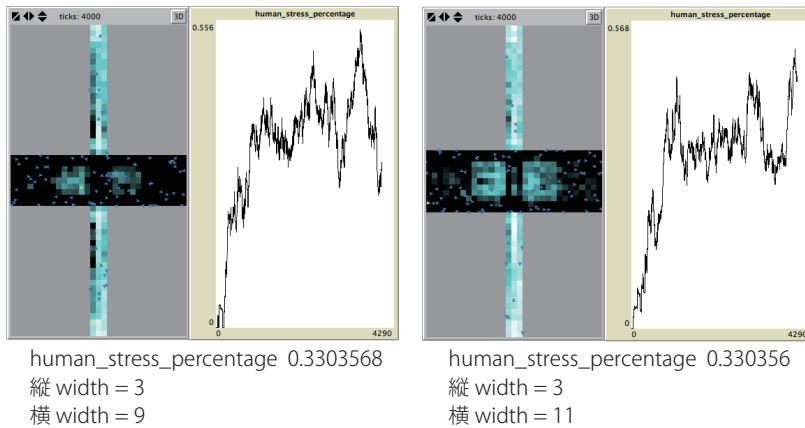


図 4.実験結果

## 7. 実験結果と考察

直線型、直交型の 2 種類の空間に対して全 14 パターンの実験結果と考察について述べる。それぞれの結果を図 4 に示す。

### 7.1. 通路型

通路幅 6 パターンに対して実験を行った。通路内の歩行者人数は 100 名に設定した。それぞれの結果の左側がシミュレーション画面となり、cyan 色が濃くなればなるほど、その場所において歩行者の流動が大きい場所であることを示している。また、それぞれの結果の右側のグラフは tick が進むにつれて変化する human\_stress\_percentage を示している。

各結果に共通して、human\_stress\_percentage のグラフの最初の部分が不安定なのは、通路内歩行人数が 100 名に安定してなるまで時間がかかるから生じる誤差であると言える。

通路型に関しては通路幅が広がるにつれて human\_stress\_percentage が下がっていき、通路幅が広がるにつれて快適な歩行環境が生み出されていると考えられる。

### 7.2. 直交型

直交型は、縦と横の 2 本の通路から形成されており縦の通路がメインの通路となり、横の通路に比べて歩行員数が 2.5 倍になるように設定している。それ以外に関しての結果の見方は上記の通路型と同様である。

メインの縦の通路に関しては幅が広がるにつれて、human\_stress\_percentage が下がっていき、通路型と同様に幅が広ければ広いほど快適な歩行環境が生み出されていると考えられる。

横の通路のみを変更させた場合に関しては、幅が広がるにつれて human\_stress\_percentage が上昇しているのが見受けられる。本実験での設計においてはメイン通路の幅を変えなければ、横の通路を変更しても人に快適な歩行空間にはならず、むしろ悪化させているという結果となる。こ

のことは、本実験の歩行者の人数の設定の環境では縦の通路の幅を十分に撮ることが重要であることを示している。

## 7. まとめ

本研究では、流動の影響化における立ち止まり行動のモデルを用い 2 種類 14 パターンの空間においてシミュレーションをおこない空間評価を行った。本実験において、シミュレーションを用いて設計にフィードバックさせる可能性について示すことができたが、本シミュレータに関してはまだ歩行モデルを追加してバージョンアップさせる余地がある。オープンソースであり、手軽に利用できる Netlogo を用い、人の行動選択モデルを利用した空間評価を通じて設計にフィードバックさせることを考えていきたい。

## 【参考文献】

- 1) Simtread (<http://www.aanda.co.jp/products/simtread/>)
- 2) 田口 想：流動の影響を考慮した立ち止まり行動のモデル化に関する研究，早稲田大学創造理工学研究所建築学専攻 修士論文，2004 年 2 月
- 3) Seth Tisue, Uri Wilensky, "Design and implementation of a multi-agent modeling environment", Proceedings of the Agent 2004 Conference on Social Dynamics: Interaction, Reflexivity and Emergence, Chicago, IL.

- 
- \*1 早稲田大学大学院建築学専攻 修士一年
  - \*2 早稲田大学大学院建築学専攻 修士二年
  - \*3 早稲田大学理工学術院客員教授・博士(工学)
  - \*4 早稲田大学理工学術院 教授・工博