

# 地下通路における同一方向を先行する歩行者の影響を考慮した歩行モデル

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

キーワード：地下通路 歩行モデル シミュレーション NetLogo

## 1. はじめに

### 1.1. 地下通路

近年において、大都市中心部の駅舎周辺への都市機能の集中化が進行している。これらを接続する地下街や地下通路は、駅での乗り換え、隣接する商業施設や大規模な複合ビルへのアクセスなど、より便利に連続するように多様化している。<sup>1)</sup>また、大都市においては、地下鉄の増線に伴い地下空間の複雑化が著しい。しかし地下空間は地上と違い、天井や壁があるため前後左右の見渡しが遮られ、軒並み高さが統一されていることから目印となるものがほとんど皆無であり、また、地下鉄の通勤ラッシュなどでは、ターミナル駅に限らず、乗り換えや地上に出るまでの移動空間としての地下通路も混雑が起こりやすい。

### 1.2. 歩行モデル

現在まで、歩行モデルは様々な分野で調査、分析され、多種多様なモデルが定義されている。それは建築分野に限らず、多方面で適用され、わたしたちの生活に役立っている。しかし、時代変化に伴う大都市中心部における地下鉄の発達により、地下通路や地下街が増加しているにも関わらず、天井、壁に囲まれた地下における歩行モデルを研究した例はまだ少ない。今後、大都市における移動において必ず存在すると思われる地下における歩行動作について、新たなモデルの定義が求められる。

### 1.3. NetLogo

NetLog とは、LOGO の派生として「敷居の低く限界の無い」概念のもとに、自然と社会現象をシミュレーションするためのプログラム可能なモデリング環境である。1999年に Uri Wilensky によって作成され、それ以来、“Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling”で継続して開発され、複雑なシステムをモデリングするのに適している。モデル作成者はすべて独立して動作する数百数千のエージェントに命令することができる。これは、相互作用から生じる個体のマイクロレベルでの行動と、マクロレベルでのパターンの間の結合を探索するこ

とができる。NetLogo 環境は創発現象の探求を可能にしており、経済学、生物学、物理学、化学、心理学、システムダイナミクスといった様々なドメインのモデルを含む広範なメディアライブラリが付属している。フリーアンドオープンソースソフトウェアで、Scala と Java で書かれており、Java 仮想マシン上で動作する。<sup>2)</sup>図 1. に NetLogo 操作画面の例を示す。

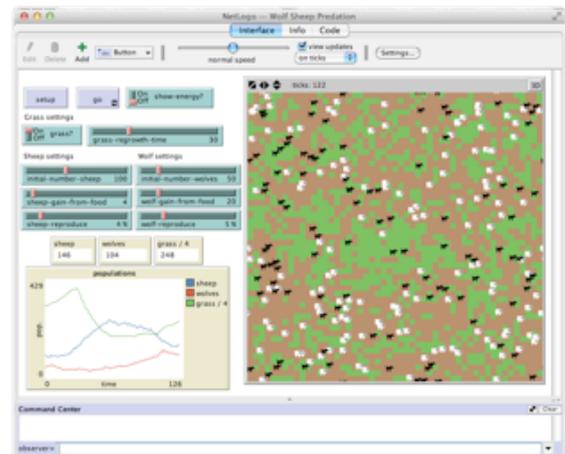


図 1. NetLogo 操作画面(例)

## 2. NetLogo によるシミュレータについて

### 2.1. 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、地下通路における同一方向を進行する歩行者の速度の影響を考慮した歩行モデルのシミュレータを作成し、実際の地下通路空間における歩行動作と比較したのち、NetLogo によるシミュレーション結果の再現性を検証することである。

### 2.2. シミュレーション

本研究では NetLogo を用いて地下通路における同一方向を先行する歩行者の影響を考慮した歩行モデルを作成した。

NetLogo はエージェント(agent)で成り立っている。エージェントは与えられた命令通りに動くものであり、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。<sup>3)</sup>タートルは動くことが可能である。本研究では、歩行者をタートル、地下面をパッチとした。

図 2. に歩行者が目的地まで歩行する過程で行う行為を、地下通路における歩行モデルフローチャートとし、図 3. に実操作画面を示す。

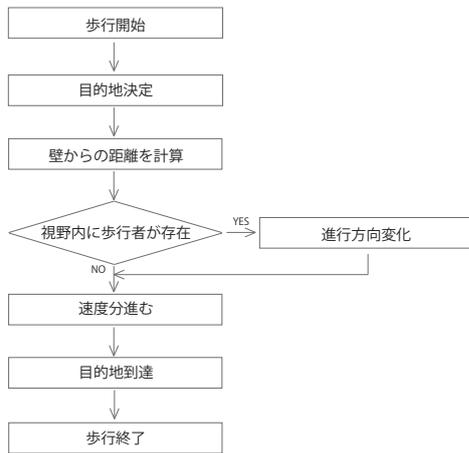


図 2. 地下通路における歩行モデルフロー



図 3. NetLogo 実操作画面

また、本研究では 4 種類の地下通路における同一方向を先行する歩行者の影響を考慮した歩行モデルを 4 種類定義する。図 4 に図示する。

### 2.3. 機能

今回の NetLogo によるシミュレータの操作機能について説明する。2つのボタンと1つの緑色のスライダーがある。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。スライダーはシミュレーションで利用するパラメータを設定するものである。今回の変数は先行する歩行者の数とした。

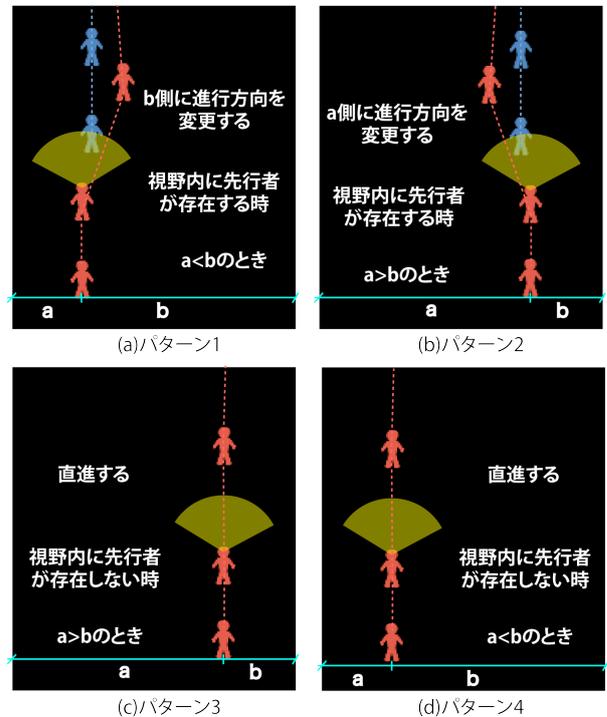


図 4. 地下通路における同一方向を先行する歩行者の影響を考慮した歩行モデルパターン

システムに組み込んだ歩行者について説明する。オブジェクト指向におけるオブジェクトがインスタンスをもつように、NetLogo ではエージェントに変数を持たせる事ができる。組み込まれている変数がいくつかあり、変数を追加することができる。今回、歩行者とするタートルに持たせた変数を表 1 に示す。

表 1. タートルの持つ変数一覧

組み込み変数	
color	タートルの色
heading	進行方向
shape	タートルの形
xcor	タートルの x 座標
ycor	タートルの y 座標
in-cone	タートルの持つ視野

NetLogo では tick と呼ばれる時間単位でのシミュレーションが行われている。tick が 1 進むたびに全てのエージェントはそれぞれの行動をする。本研究では、それぞれの歩行者は speed の分 heading の方向に進む。

### 3. 検証

実際の地下通路における、同一方向を先行する歩行者の影響を受けて変化する歩行動作と、NetLogo によるシミュレーション結果を検証する。

#### 3.1. 概要

撮影日程:2014/10/07 15:30-16:00 の 30 分間

撮影場所:新宿駅地下通路 メトロブロムナード

↓

東京メトロ丸の内線改札付近

通路幅:約 2400mm

図 5. に具体的な地図を示す。



図 5. 新宿駅地下構内における撮影場所

#### 3.2. 検証結果

図 6 の左側に実際に撮影した動画のキャプションを、右側に NetLogo におけるシミュレーション結果を示す。NetLogo において、通路幅を 24 とし、先行する歩行者を、撮影した場面の人数に合わせてスライダーで 3 人に設定した。

#### 3.3. 結果分析

今回、NetLogo においてシミュレーションを作成したのち、実際に存在する地下通路において観察を行い、シミュレーション結果を検証した。

今回の結果から、実際に観察した画面と視点の高さの違いはあるものの、定義した 2 種類の歩行モデルは、軌跡としてはおおそ同じような歩行

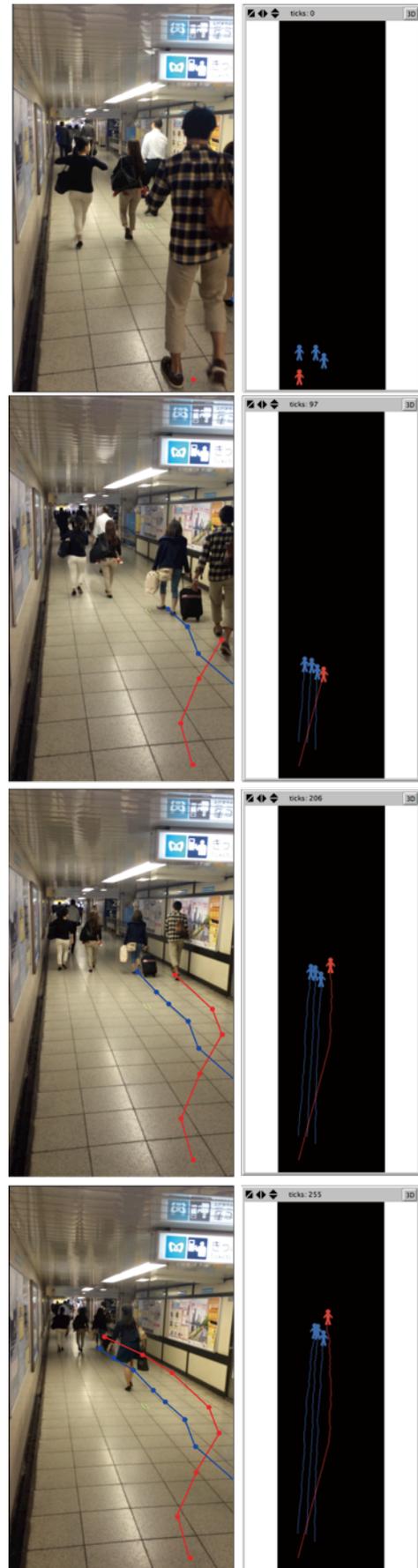


図 6. 動画のキャプションと NetLogo の実装画面との比較

今回の NetLogo におけるシミュレーションに組み込んだ変数として、in-cone(タートルのもつ視野)と、壁からの距離として xcor(タートルの x 座標)の 2 つを操作することで、実際の地下通路における同一方向を先行する歩行者の影響を考慮した歩行モデルがおおよそ再現できたことから、地下うつろにおける歩行モデルを構築する際に、考慮すべき変数が、視野と、対象者の両脇か r におお距離があるのではないかと考えられる。

しかし、今回は先行する歩行者が 3 人であるという前提であるので、更に複数パターンを検証していく必要がある。

#### 4. まとめ

今回の結果によって、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、変数として対象者の視野と両脇の壁からの距離を考慮することで、地下通路における同一方向を先行する歩行者の影響を考慮した歩行モデルを構築し、おおよそ再現出来ることが明らかになった。しかし、変数が限定的であるため、更に精度を高める必要がある。

#### 5. 展望

本研究の結果から、地下通路の特性を変数として更に組み込み、精度を高めることで、地下通路における人の流動などの様子をより現実に近いシミュレートが可能であると思われる将来、地下空間の開発を進めるにあたり、考慮すべき歩行モデルとしての実用性を確立したい。

---

#### 【参考文献】

- 1) 松本直司,船曳悦子「地下街における歩行者の停留・滞留行動と空間条件との関係」日本建築学会計画系論文集第 660 号,2011
- 2) 「NetLogo User Manual version 5.0.5 December 19,2013 日本語版」  
<http://www2.gssm.otsuka.tsukuba.ac.jp/staff/kurahashi/NetLogo-v5-ja/> 2013 年 10 月 10 日閲覧
- 3) 水谷亮,大森健児「NetLogo を用いた心理状況を反映した交通シミュレーション」FIT2013 第 12 回情報科学フォーラム,2013

---

\*1) 早稲田大学創造理工学研究科建築学専攻 修士課程一年

\*2) 早稲田大学理工学術員客員准教授・博士(工学)

\*3) 早稲田大学理工学術員 教授・工博