

NetLogo を用いた駅コンコースにおける行動シミュレーション その2 歩行者の行動シミュレーター (DFMAPs) を用いたシミュレーションによる空間評価

○大内 一昇^{*1} 森下 正道^{*1}
林田 和人^{*2} 佐野 友紀^{*3}

キーワード：NetLogo シミュレーション 駅コンコース 空間評価

1. はじめに

駅コンコースの柱周辺には、待ち合わせなどによる滞留が多くみられる。そのため、柱周辺の滞留者により、流動が妨げられる悪影響が考えられる。

松尾ら¹⁾は、公共空間における歩行者の行動調査、分析を行い、特に駅施設における空間構造の特徴を明らかにした。滞留と改札距離との関係性から3グループに分類して、それぞれの特徴を見出した。この研究のように、駅コンコース周辺の人間の行動に関する既往研究は多い。しかし、設計時に歩行者の流動を容易に検討できる手段は少ない。

人間の行動モデルを再現できるシミュレーターとして「SimTread 2」(<http://www.aanda.co.jp/products/simtread/>)があるが、使用できるCADソフトが限定される上に、価格も安価ではなく、設計者が容易に使用できる環境とはなっていない。石橋ら²⁾、および池川ら³⁾は、群集歩行特性に基づく空間評価の研究で、NetLogoを用いてシミュレーションを行った。しかし、NetLogoを用いたシミュレーションによる研究はまだ少ない。

その1では、駅コンコース内を広域にシミュレーションできる歩行者の広域型行動シミュレーター(DFMAPs)を制作した。DFMAPs(Decision-making Focused Multi-Agent Pedestrian Simulator)は、意思決定に着目したマルチエージェント型歩行者シミュレーターである。本研究では、駅コンコース内の狭い範囲での歩行者の行動特性をモデル化して、空間を評価する。

2. 研究目的

本研究では、オープンソースのプログラミング言語であるNetLogoにより歩行者の狭域型行動シミュレーター(DFMAPs)を制作し、駅コンコースにおける歩行者の行動特性をモデル化して空間評価を行うことを目的とする。

3. 研究方法

3.1. NetLogo

本研究のシミュレーター制作で用いたNetLogo(<https://cc.l.northwestern.edu/netlogo/>)は、自然現象や社会現象をシミュレーションするための、オープンソースで利用できるプログラム可能なモデリング環境である。

NetLogoは、タートル(turtle)、パッチ(patch)、リンク

(link)の3つのエージェントで成り立っている。タートルはプログラム内で移動するエージェント、パッチは座標で示される四角い領域、リンクはタートルを結合し、ネットワークやグラフ、集合体を生成するエージェントである。

3.2. シミュレーターの設計

本シミュレーターで用いられる歩行者の行動特性モデルは、駅コンコース内の柱に着目して、柱周囲の滞留者による影響を考慮したものである。本シミュレーターで用いる用語の定義を表1に示す。

表1. 用語の定義

用語	定義
歩行者	コンコース内を歩行している人
滞留者	柱周囲の滞留域に滞留している人
滞留域	柱の周囲2パッチの領域
混雑	半径1パッチ内に他者がいる場合

歩行者は、シミュレーターの下端を出発点として、上端の出口まで歩行して消える。出発点に発生する人数は、パッチ上の歩行者人数が50人に近似するように、0.5秒ごとにプログラム内で調整される。

歩行者の行動状況およびパッチ上の柱や通路などの環境は、シミュレーター上では表2に示すように、色により表現される。色が数字で示されているものは、NetLogoによりデフォルトで定められている色である。

表2. 色種別一覧

エージェント	色
歩行者	白色
滞留者	水色
混雑を感じている人	赤色
コンコース通路	灰色
壁	黒色
柱(右側)	青色
柱(左側)	105.1
滞留域(柱1の上側、右側、左側)	5.2
滞留域(柱1の下側)	5.1
滞留域(柱2の上側、右側、左側)	5.3
滞留域(柱2の下側)	5.4

本シミュレーターでは、柱2本までの配置が可能である。インターフェース上で2本の柱の配置座標を明確にするた

めに、柱 1、柱 2 と分類した。歩行者は、進行方向の柱が右側か左側かにより、避ける方向を変えている。そのため、歩行者が柱の右側か左側かを判断できるように、柱の右側と左側の色を変えた。

本シミュレーターにおける空間の評価は、歩行者の色の違いを判断基準とする。

歩行者は、移動中に表 2 に示すパッチ色の滞留域内に入った場合、設定された滞留割合により、滞留するか、そのまま通過するか行動を選択する。滞留した場合は、歩行者は白色から水色に変色し、滞留終了後に白色に戻り歩行を再開する。

歩行者は、他の歩行者や滞留者が半径 1 パッチ内に存在する場合は、混雑を感じているとして、白色から赤色に変色する。その後、半径 1 パッチ内に他の歩行者や滞留者が存在しなくなると、混雑は解消したものととして、赤色から白色にもどる。柱周囲の滞留域を変えることにより、滞留者の分布を変えることが可能である。

歩行者の色の変化により、混雑が多く発生している状況を確認して、空間評価の基準とする。

3. 3. 狭域型 DFMAPs のインターフェース

本研究で、NetLogo を用いて制作したシミュレーターを図 1 に示す。

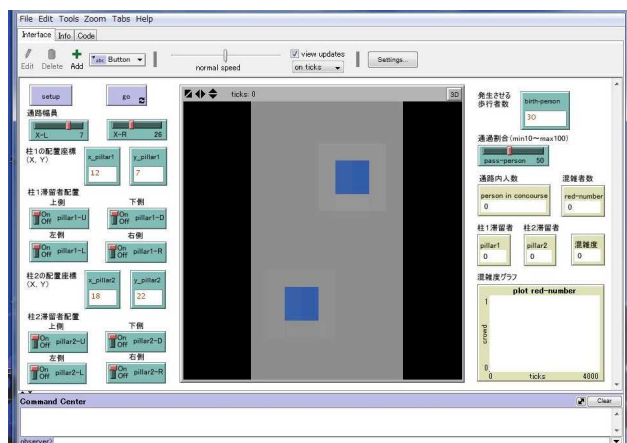


図 1. 狭域型 DFMAPs のインターフェース

一度滞留した歩行者は、次の滞留域に入っても滞留しないように設定した。setup ボタンによりシミュレーションの準備を行い、go ボタンによりシミュレーションを実行する。NetLogo のデフォルトで用意された、スライダー、スイッチ、インプットにより、シミュレーションに必要なパラメーターを設定する。本シミュレーターで設定可能なインターフェースは、表 3 に示す。

歩行者は進行方向前方に、柱の右側（パッチ青色）があった場合は左に方向を変え、柱の左側（パッチ 105.1 色）があった場合は右に方向を変えて、柱を避ける。進行方向前方に壁（パッチ黒色）があった場合は、座標位置により、逆方向へ向きを変えて壁を避ける。

本シミュレーターのエージェントの表示は、表 4 に示す。

表 3. インターフェース一覧

変数名	内容
setup	シミュレーションの準備
go	シミュレーションの実行
x_pillar1 y_pillar1	柱 1 の配置座標
x_pillar2 y_pillar2	柱 2 の配置座標
pillar1-U pillar1-D pillar1-R pillar1-L	柱 1 の滞留域の on-off 設定 上側、下側、右側、左側
pillar2-U pillar2-D pillar2-R pillar2-L	柱 2 の滞留域の on-off 設定 上側、下側、右側、左側
X-R	右側の壁の位置
X-L	左側の壁の位置
birth-person	歩行者の発生を調整
pass-person	滞留せずに通過する歩行者

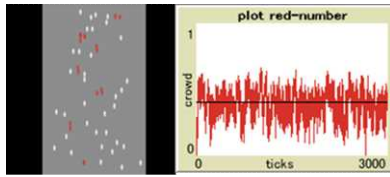
表 4. エージェント一覧

エージェント	説明
	コンコース内通路（灰色） 歩行者が通行するパッチ領域
	壁（黒色） 歩行者は入らないパッチ領域
	柱（青色） 滞留域（薄い灰色） 歩行者が滞留するパッチ領域
	歩行者（白色） コンコース内を移動している人
	滞留者（水色） 滞留域で滞留している人
	混雑者（赤色） 混雑を感じている人

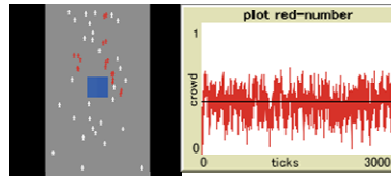
3. 4. 歩行者の行動シミュレーション

本シミュレーターを用いてシミュレーションを行う。

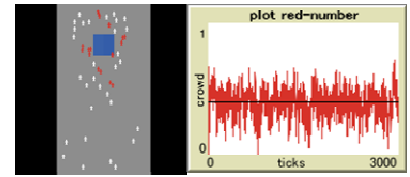
コンコースの幅は（X-L 7/X-R 26）の 18 パッチに固定した。滞留者は、滞留域を歩行中の歩行者の中からランダムに発生し、シミュレーター上で滞留者の影響がわかりやすくなるように、柱 1 本あたり 10 名前後となるように設定した。滞留域の位置を調整することにより、滞留者の滞留状況を変化させて、モデル化した。柱の本数、配置、滞留域をパラメーターとして、30 パターンのモデルに分類し、シミュレーションを行った。



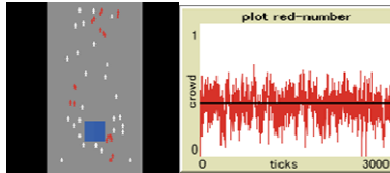
1. 柱なし



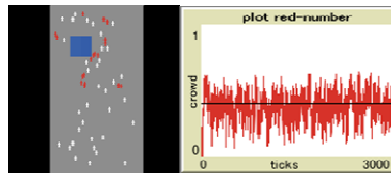
2. 柱 X15-Y23 滞留無



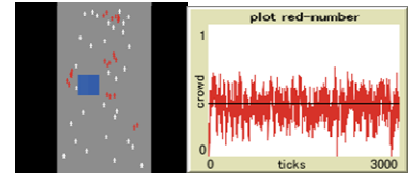
3. 柱 X15-Y15 滞留無



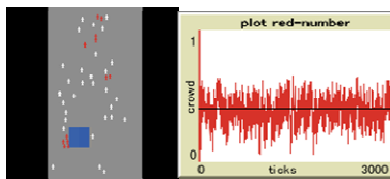
4. 柱 X15-Y6 滞留無



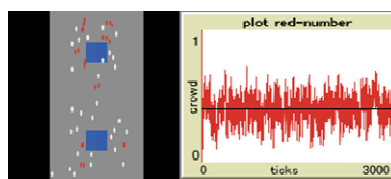
5. 柱 X12-Y23 滞留無



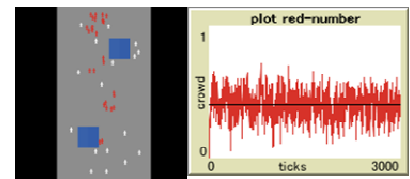
6. 柱 X12-Y15 滞留無



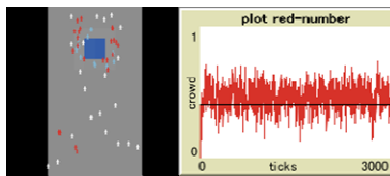
7. 柱 X12-Y6 滞留無



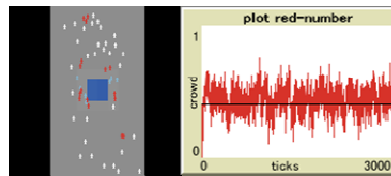
8. 柱 X15-Y6/X15-Y23 滞留無



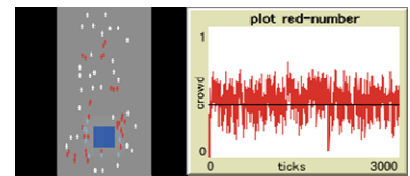
9. 柱 X12-Y6/X18-Y23 滞留無



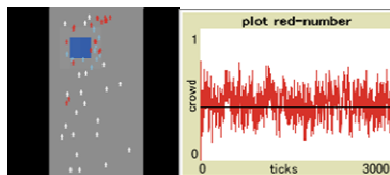
10. 柱 X15-Y23 全面滞留



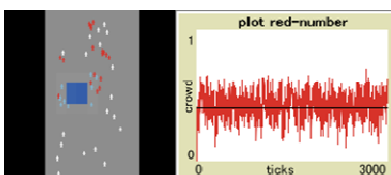
11. 柱 X15-Y15 全面滞留



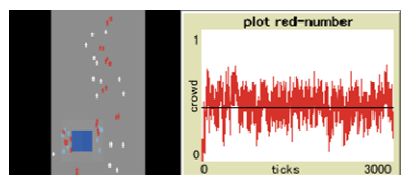
12. 柱 X15-Y6 全面滞留



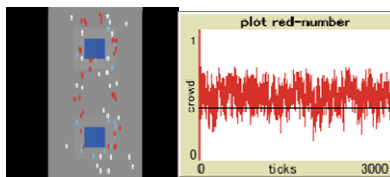
13. 柱 X12-Y23 全面滞留



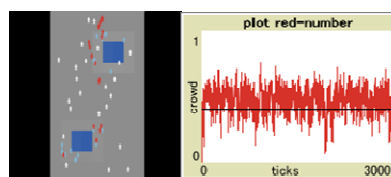
14. 柱 X12-Y15 全面滞留



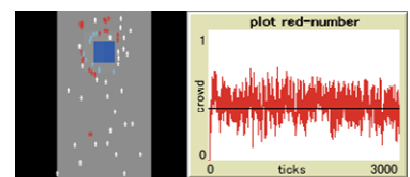
15. 柱 X12-Y6 全面滞留



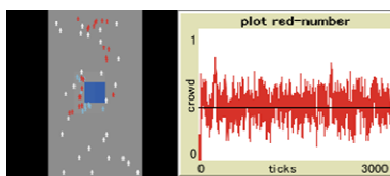
16. 柱 X15-Y6/X15-Y23 全面滞留



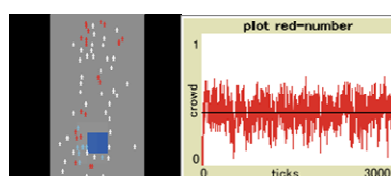
17. 柱 X12-Y6/X18-Y23 全面滞留



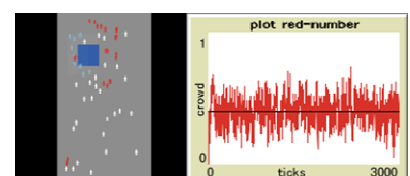
18. 柱 X15-Y23 左滞留



19. 柱 X15-Y15 左滞留

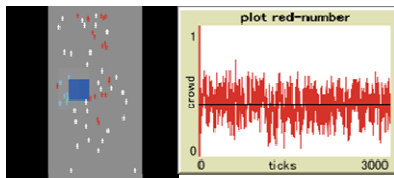


20. 柱 X15-Y6 左滞留

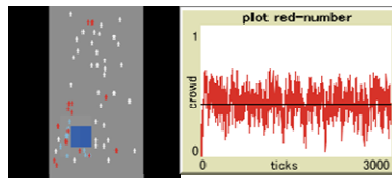


21. 柱 X12-Y23 左滞留

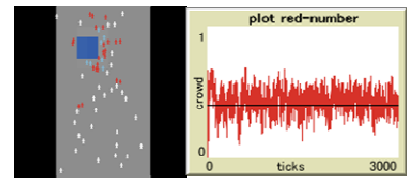
図 2-1. 歩行者の行動シミュレーション結果



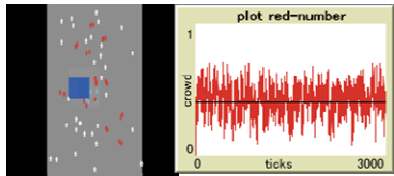
22. 柱 X12-Y15 左滞留



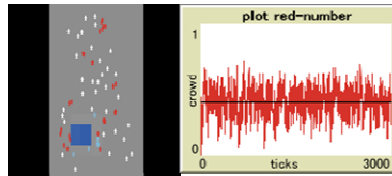
23. 柱 X12-Y6 左滞留



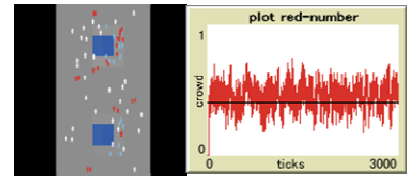
24. 柱 X12-Y23 右滞留



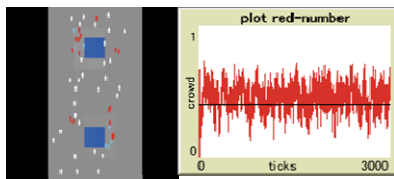
25. 柱 X12-Y15 右滞留



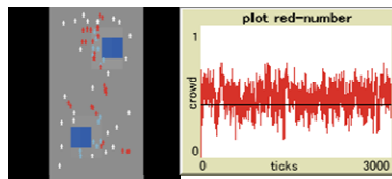
26. 柱 X12-Y6 右滞留



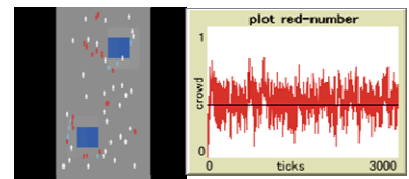
27. 柱 X15-Y6 / X15-Y23 右滞留



28. 柱 X15-Y6 右滞留 / X15-Y23 左滞留



29. 柱 X12-Y6 右滞留 / X18-Y23 左滞留



30. 柱 X12-Y6 左滞留 / X18-Y23 右滞留

図 2-2. 歩行者の行動シミュレーション結果

4. シミュレーション結果と考察

シミュレーション結果を図 2-1、図 2-2 に示す。左の図は、柱および滞留域の配置と歩行者の状況を表している。右のグラフは混雑度（全歩行者中混雑を感じている人の割合）を表している。混雑度の状況を把握しやすくするために、グラフ中において混雑度 0.4 の位置を黒線にて表した。

混雑度がもっとも低いのは、柱のない No. 1 のモデルで、もっとも高いのは、柱 2 本を X 軸中央部に直列配置し、柱全面を滞留域とした No. 16 のモデルであった。

滞留域を設けないモデルでは、柱の本数が 1 本のモデルより、2 本のモデルの方が、混雑度は増加した。柱の配置の違いによる混雑度には大きな差は見られなかった。

柱周囲に滞留域を設けたモデルは、滞留域のないモデルより混雑度が増加した。

柱 1 本を配置したモデルは、通路 X 軸中央部に配置したモデル（No. 10～12）より、壁側に寄せて設置したモデル（No. 13～15）の方が、混雑度が低かった。壁側に柱を寄せた場合、壁側の通路幅の狭い部分では混雑度が増加するが、反対側の通路幅の広い部分での混雑度の減少の方が大きいと考えた。

柱の片側に滞留域を設けたモデル（No. 18～30）は、全面に滞留域を設けたモデル（No. 10～17）より、混雑度が減少した。

2 本の柱を左右の壁に寄せて、互い違いに配置したモデル（No. 17）は、X 軸中央部に直列に配置したモデル（No. 16）より、混雑度が減少した。柱を壁側に寄せることで、反対側に広い通路ができて、混雑度が減少したと考える。2 本の柱を左右の壁側に寄せたモデルでは、2 本の柱の滞留域

を通路中央側に設けたモデル（No. 29）より、壁側に設けたモデル（No. 30）の方が、混雑度が減少した。歩行者の流動が多い通路中央付近の滞留域の有無が原因と考える。

以上の結果により、柱の配置や、滞留域を検討することで、歩行者の混雑度の調整が可能になると考える。

5. まとめ

本研究では、柱の配置、柱周囲の滞留者の分布による歩行者の行動をモデル化して、NetLogo を用いたシミュレーターにより空間評価を行った。本シミュレーション結果により、オープンソースのシミュレーターを用いて、歩行者の流動を検討できる可能性を示すことができた。今後は、プログラムを改良し、様々な種類のモデルを追加することで、より精度の高い空間評価を行うことが可能である。

【参考文献】

- 1) 松尾佳津史、田中一成、吉川 眞：公共地下空間における歩行者の滞留特性，土木学会年次学術講演会講演概要集，2014. 08，IV-096
- 2) 石橋優貴、池川隼人、林田和人、渡辺仁史：群集歩行特性の「圧縮解放モデル」を用いた空間評価—NetLogo によるシミュレーション その 1—，第 38 回情報・システム・利用・技術シンポジウム 2015，2015. 12，pp. 205-208
- 3) 池川隼人、石橋優貴、林田和人、渡辺仁史：群集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—，第 38 回情報・システム・利用・技術シンポジウム 2015，2015. 12，pp. 209-212

- *1 早稲田大学 大学院人間科学研究科 修士課程
 *2 早稲田大学 理工学術院 客員教授・博士（工学）
 *3 早稲田大学 人間科学学術院 教授・博士（工学）