

MASによる茗荷谷駅の混雑解消のためのモデリング

荒川 玲佳 (指導教員：浅本 紀子)

1 はじめに

本研究で茗荷谷駅を選んだのは、お茶の水女子大学の最寄り駅であること、乗り換え駅でないのに通勤通学時間帯の乗降者が非常に多い駅であることが理由である。他者との接触や高密度状態は歩行者に大きなストレスを与える。この混雑状態の原因を利用者の数に注目して分析したところ、東京メトロで他駅との連絡通路や乗り換えのない駅として11番目に利用者が多い。さらに、2012年から2016年までの利用者数は8055人増加して、平均増加率は毎年3%であった。この増加は、文京区に有名な教育機関が多く、それに伴う産業の発達と住民の移入により、高層マンションの開発が進み人口増加を引き起こしたと考えられる。

また、駅の構造に着目すると茗荷谷駅は相対型ホームからコンコース階に向かう階段及びエスカレーターの設置位置が近く、一つしかないコンコース階に一気に乗降者が流れ込むという構造上の特徴を持つ。収容面積が一定なのに対し、住民の増加に伴う利用者の年々の増加と歩行者が密集しやすい構造上の特徴から、茗荷谷駅は今後さらに混雑状態が悪化すると予想される。

そこで、電車を降りて改札に向かう降車客、改札から入場して駅ホームへ向かう乗車客の群集歩行の動線を制御、改札空間の配置を変えることで群集歩行への影響を調べ、滞留の減少を試みる。対象を駅コンコース階の歩行者に絞ってシミュレーションを行い、通勤通学時間帯かつ上り方面と下り方面がほぼ同時に到着したときの混雑度の高い状況を想定して群集歩行の様子をシミュレーションする。シミュレーションの手法はMAS (MultiAgentSimulation) を用い、シミュレータは(株)構造計画研究所のartisocを利用する。

2 研究方法

2.1 MAS(MultiAgentSimulation)

マルチエージェントシミュレーションとは、複数(マルチ)のエージェント(人や生物など)に同時進行的に各々のルールをもと、お互いに干渉(相互作用)を受けながら実行させるシミュレーション(仮想実験)のことをいう。

2.2 研究の流れ

歩行者は固有の歩行速度を持ち、改札から入場した乗車客はホームへ向かう階段を目的地、また、ホーム階から階段またはエスカレーターを上がって出てきた降車客は改札を目的地として歩行する。駅利用者の多くが、日常的に利用していると考え、歩行経路は熟知したルートで、歩行者の動きに多様性が多くないものとする。歩行者は自分の決めた歩行ルートに従って進み、視野内にいる対向者を回避したり、同一進行方向の歩行者に追従しながら減速歩行を行ったりしながら、その経路を大きく外れることなく目的地へと進行する。流動係数を参考に人発生率を変化させながら混雑度別にシミュレーションを行う。その際、減速または回避回数と改札口の通過人数を基準に、現状に模したモデル

の場合と動線制御を行ったモデルの場合で、動線制御の影響を評価する。

モデル空間(コンコース階)の設定

駅の床には30(cm) × 30(cm)の正方形タイルが敷き詰められているので、タイルを1格子として二次元空間68 × 120で再現する。改札は小日向方面改札3つとお茶の水女子大学・筑波大学附属中高方面の改札(ここではメイン改札とする)6つ。階段横にあるミニ売店とATMは簡単のため省略する。

乗車客・降車客の設定

歩行速度は女性 $1.42 + \sigma$ (m/s)、男性 $1.52 + \sigma$ (m/s)、 σ は平均0、標準偏差0.1の正規分布に従う乱数。人体円平均を60(cm)とする。視野半径はEdward Twitchell-Hallのパーソナルスペースの分類に基づいて、社会距離、個体距離を参考にする。視野は左右60度とした中心角120度の扇形とする。1ステップ=1秒とする。

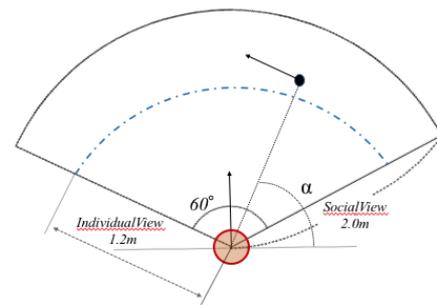


図1: 歩行者の視野

歩行者は自身の進行方向を表す方向ベクトルをもつ。視野内にいる歩行者のうち最短距離にいる人に対して、相手の方向ベクトルと自分の方向ベクトルのなす角 θ として $\cos\theta$ の値に応じて相手の進行方向を認識する。また、相手の相対位置を認識するために相手との相対角度 α として $\arctan(\alpha)$ を算出し、自分の立ち位置に対して相手が正面、右側、左側にいるかを調べる。同一進行方向で正面であれば、相手との距離を一定に保つように減速または加速歩行をする。反対方向なら相手の立ち位置に応じて避ける方向に進む。交錯判定は1ステップ前と1ステップ後の相手との距離の差を比較することによって行う。距離が縮まっていたら方向を変換して衝突を防ぐ。それ以外では、自分の歩行速度と経路を維持して進む。

2.3 動線制御した場合のモデル

現在のメイン改札口は、6つのうち中央3つが降車客用で両側が乗車客用になっていて制御前のモデルで再現した。制御後のモデルでは、この改札の振り分け方を逆にして、中央を乗車客用として両側を降車客用に設定する。さらに乗降者の動線交錯が少ないような目的地までの誘導ルートがあると想定した状態での

モデルを再現する。

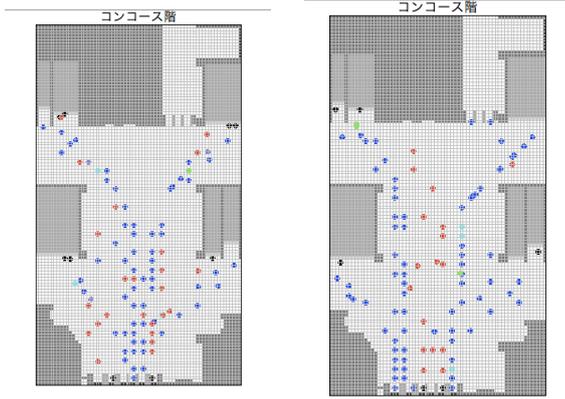


図 2: 制御前

図 3: 制御後

3 結果

ここで、混雑度に応じた動線制御の影響が比較しやすいように人発生率を変化させて現状に模したモデルと制御したモデルで検証する。人発生率の設定は、通勤群集の場所別流動係数のデータを参考にして調整する。

その方法は、改札付近では流動係数 1.25 ~ 1.75 であることから、これを 1.25 ~ 1.4、1.4 ~ 1.6、1.6 ~ 1.75 の範囲別にそれぞれ混雑度が低い、中間、高めと考え、人発生率を 500 ステップ × 10 回ずつ変化させながら実験して、流動係数が同じ分布になるような人発生率を調べる。その結果、人発生率は混雑度低め、中間、高めで 0.24、0.3、0.36 の値が得られた。この数値を基準に実験する。シミュレーションは制御前と後のモデルで人発生率 3 パターンに対し、それぞれ 300 ステップ × 10 回行った。以下に 10 回の平均結果を表に示す。

表 1: 混雑度が低い時 (発生率 0.24)

	通過人数	衝突回数	減速回数	回避回数
制御前	923.8 人	66.7 回	105.4 回	260.1 回
制御後	766.4 人	28.1 回	129.5 回	210.1 回
比較	-17.3 %	-38.6 %	+24.1 %	-19.4 %

表 2: 混雑度が中間 (発生率 0.3)

	通過人数	衝突回数	減速回数	回避回数
制御前	1081 人	85.6 回	105.3 回	276.4 回
制御後	929.9 人	28.1 回	141.8 回	225.6 回
比較	-13.9 %	56.4 %	+34.6 %	-18.3 %

評価基準の比較変化率を混雑度別にまとめた表を以下に示す。

4 考察

動線制御を行った結果、どの混雑度においても制御前と比べると減速回数が増加し、それに伴って通過人数は減少した。人の流率の点からみると、今回のシミュ

表 3: 混雑度が高い (発生率 0.36)

	通過人数	衝突回数	減速回数	回避回数
制御前	1256.1 人	105.7 回	106.8 回	293.1 回
制御後	1111.6 人	38.9 回	145.3 回	249.4 回
比較	-11.5 %	-63.1 %	+36.0 %	-14.9 %

表 4: 比較変化率を混雑度別にまとめた表

	通過人数	衝突回数	減速回数	回避回数
発生率 0.24	-17.0 %	-57.8 %	+22.9 %	-19.4 %
発生率 0.30	-13.9 %	-56.4 %	+34.6 %	-18.3 %
発生率 0.36	-11.5 %	-63.9 %	+36.0 %	-14.9 %

レーションによる誘導による制御が効果的だったとは言えない。しかし、混雑度別にまとめた変化率の表を分析すると、減速回数の増加率の値は増えているのに対し、通過人数の減少率の値は小さくなっている。改札付近の流動係数から人発生率を 3 パターンに絞ったが、さらに混雑度が高い状態を想定して発生率を高くしたときは今回の誘導制御は効果的なものになると予想する。また、衝突と回避回数の減少は各歩行者の自由歩行を維持できていると捉えることができる。自由歩行を維持できることはストレスがたまらないことにつながるので、群集のストレス解消に良い影響を与えたと評価する。このシミュレーションを踏まえて、交錯を少なくした動線制御の評価は、群集密度の条件や、制御が流率を上げるために行うものなのか、それとも歩行者自身の精神的な面で行うかで大きく変わってくると結論づける。

5 まとめと今後の課題

今回のシミュレーションでは、誘導経路は独自に設定したものだったが他のパターンでも実験していきたい。平均歩行速度や他の評価パラメータを増やすとさらに影響評価がしやすくなると予想される。壁からの反発力(避ける力)や、視野の先の歩行者密度から改札口を変えることは今回実装できなかったため、その方法を考えていく。回避歩行や群集歩行が乱れた場所での動線制御の効果やそのやり方を調べていきたい。

謝辞

本研究を進めるにあたり、ご指導を頂いた卒業論文指導教員の浅本先生、萩田先生に感謝いたします。また、日常の議論を通じて多くの知識や示唆をいただいた研究室の皆さま、感謝いたします。

参考文献

- [1] 「MAS コミュニティ Artiscoc ホームページ」
<http://mas.kke.co.jp/> (2018 年 2 月 1 日閲覧)
- [2] 「コンピュータのなかの人工社会マルチエージェントシミュレーションモデルと複雑系」山影進氏 服部正太氏 (2002 年)
- [3] 「artiscoc で始める歩行者エージェントシミュレーション-原理・方法論から安全・賑わい空間のデザインマネジメントまで-」服部正太氏 (2010 年)