

時間的制御を組み込んだ歩行者移動のシミュレーションによる効率評価 Evaluations of Effectiveness of Temporal Control Policy of Pedestrians by Exhaustive Simulation

泉野 桂一朗*¹ 松島 裕康 山下 倫央 野田 五十樹
Keiichiro IZUNO Hiroyasu MATSUSHIMA Tomohisa YAMASHITA Itsuki NODA

東京工業大学総合理工学研究科 産業技術総合研究所

We will propose a framework to evaluate temporal control policy of the flow of a large number of pedestrians. When a disaster occurs or a big event is held, so many people begin to move at the same time and congestion occurs. While special controls such as barricades are used to handle the flow of people generally, we suppose to introduce temporal restrictions to guide people smoothly for such events. We try to evaluate and measure effectiveness of such policies by exhaustive simulation of pedestrians under various settings.

1. はじめに

本研究では、混雑時の群衆の移動において従来行われてきた通行制限などの空間的制御だけでなく、段階的避難や、ファストパスシステムのような時間的制御を加え、移動に関する効率がどのように変化するかをシミュレートし、さまざまな方策の組み合わせによる有効性を判断する仕組みを作ることを目的とする。

花火大会のような多くの人々が移動するようなイベントや、災害が起きたときの避難の際には混雑が生じ、移動に余計に時間がかかったり事故が発生したりしている。バリケードを用いた車両通行規制や通路の確保といった空間的な制御はよく見かけられるが、時間的な制御はあまり見かけない。一斉に同じ方向に向かうような移動の際には、例えば遊園地で見られるファストパスのような時間的制約が影響を与えるのではないかと考えられる。近年スマートフォン等のメディアを持つ人が多くなっており、インターネットが幅広く普及しているため、このようなシステムを利用しやすくなっていることも重要な点である。

早く目的地に移動したい人や、知り合いと共にゆっくり歩きたい人がいるように、歩行者の目的はさまざまである。それぞれの目的に応じた道路の使い分けをすることで混雑が緩和すれば、時間効率の向上や事故の防止にも繋がるだろう。

本研究では歩行者シミュレータ Crowd Walk を用いてシミュレーションを行い、歩行者の時間ごとの移動状況などの、評価に必要なデータを出力する。

2. 提案手法

さまざまな時間的制御施策とその組み合わせ条件下での歩行者シミュレーションを開発する。さらにそれを用いて、時間的制御の導入による各エージェントの満足度の変化などから、各施策の実用性などを容易に評価できる枠組みを構築する。

本稿では、シミュレーションを行う地域として、鎌倉市材木座を取り上げる。同地域は東海地震・東南海での津波被害が予想されている。また、観光地に近いこともあり、多数の避難者による混雑も検討しておく必要があると考えられる。

本研究で用いる Crowd Walk は、人の移動を道路ネットワーク上の 1 次元の動きに限定し、広域・多人数の移動を高速にシミュレーションするシステムである。ここでは、このシステムを用いて Open Street Map から変換した鎌倉市の地図を用いて設置ファイルを作成した。

2.1 時間的制御と評価

時間的制御の組み込み方として、ある一定の時間で区切って人を流す段階的避難のような方法、歩行者の通行する時間帯を予め指定しておくことで混雑を避けるというファストパスのような方法、また、一定時間ごとに複数人を運ぶことができるシャトルバスといった方法が例として挙げられる。このような様々な施策やその組み合わせの効果を容易に判断できるような枠組みを想定する。

評価の方法としては、各個人及び全体の移動にかかる時間を満足度としてまずは用いる。

2.2 コスト

コストを一定にするため、組み込まれたシステムに動員される警備員の分、それ以外に配置される警備員を減らすこととする。また、不満度というもの一般的に数値で表現することができないが、移動にかかった時間を相対的に比較することで評価する。

3. シミュレーション



Fig.1 Crowd Walk によるシミュレーションイメージ

CrowdWalk では、歩行者の発生時間や発生場所を入力値とするが、このとき時間的制御として発生時間を変化させてシミュ

レーションを行う。そして、各エージェントの目的地までにかかった時間や避難完了時間等を出力値とし、さまざまなパターンで網羅的にシミュレーションを行い、有効性を判断する指標となるような評価を行う。

4. 結果

ここでは、歩行者エージェントの発生数を 25000 とし、移動を始める間隔を 5 分とした上で、複数回に分けてエージェントを流すシミュレーションを行った。また、避難所を 3 箇所設けた 1km 四方のマップを用いており、その結果が Fig.2 である。

Fig.2 は歩行者の分割数と、全エージェントの移動完了時間の関係を表したものである。歩行者を分割せずに一度に全員流した場合に比べ、2 分割した場合は移動完了時間が少し縮まった。しかしその後は移動完了時間が長くなっていき、およそ 6 分割以上に分けてしまうとマイナスの効果になってしまうという結果となった。これは分割数を多くしすぎること、あとから移動を始める歩行者の出発時間が遅くなりすぎるためと考えられる。

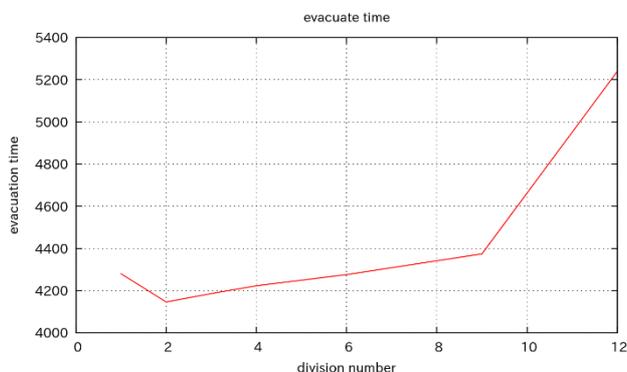


Fig.2 歩行者の分割数と移動完了時間

歩行者の分割数を 2 と固定し、一度に流す数を一定の 25000 としたシミュレーションを行ったところ、Fig.3 のような結果が得られた。

Fig.3 は分割した歩行者が移動を始めるタイミングと、全エージェントの移動完了時間に関する図である。これは歩行者の分割数を 2 とし、間隔を変えるシミュレーションを行った結果であるが、間隔が 30 分を超えて大きくなるにつれて避難完了時間が長引いてしまうという結果になった。

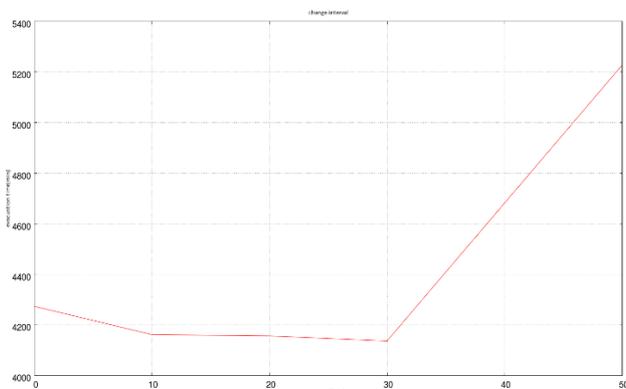


Fig.3 歩行者移動開始の間隔と移動完了時間(1)

Fig.4 は Fig.3 と同様、歩行者の分割数と一度に流す数を一定にするという設定でシミュレーションを行った結果であるが、一度に流す数を半分に実行した。

Fig.3 で説明したのと同様に、間隔を大きくすれば次第に移動完了時間が長くなっていくという結果になった。間隔を 20 分以上にすると一次的に時間が伸びているが、これは前半に移動を開始したエージェントが、後半のエージェントが移動し始めるまでに移動完了しており、総移動時間が後半の移動開始時間のみに依存しているからである。しかし(3)の時との違いは、エージェントが少ないため大きな混雑が起きず、分割の効果を得られなかったことである。

ここで問題は間隔が大きくなった場合の結果である。一度に流した場合では、(1)の移動完了までに(2)の場合の半分以下の時間であるが、図によると、50 分の間隔を置いた場合、エージェント数が半数にも関わらず避難完了時間がほとんど変わらないということが見て取れる。

以上のことから、歩行者が移動を始めるタイミングは歩行者数に応じて適切な時間にしないと、さらに混雑が悪化する可能性があるということがわかった。

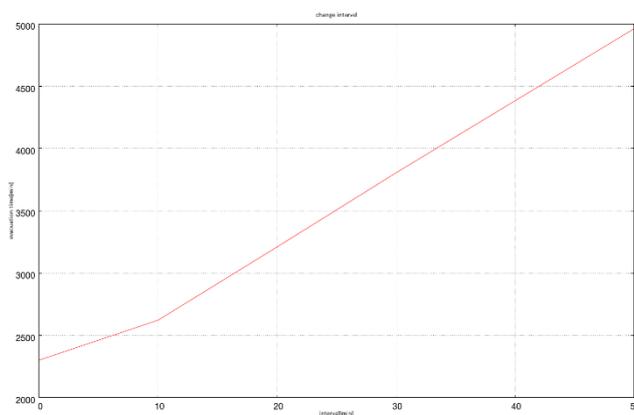


Fig.4 歩行者移動開始の間隔と移動完了時間(2)

5. まとめ

空間的制御として歩行者を誘導したりするだけでなく、時間的な制御を加えることで移動に関する効率や不満度に変化が生じると考えられる。

歩行者エージェントに時間的制御を様々なパターンで組み込み、エージェントの移動時間や混雑状況に関する評価を Crowd Walk を用いて歩行者シミュレーションによって行った。

歩行者エージェントの発生時間に変化を与えるシミュレーションでは、分割してエージェントを発生させると移動完了時間が縮まるが、あまり発生時間を遅らせると、移動完了時間も長くなっていくという結果になった。

このように、混雑を避ける方策として歩行者段階的に移動させる方法は有効と考えられるが、分割しすぎによるロスとのトレードオフがあることをシミュレーションにより確認することができた。

しかし、実際の災害時などには、現地に住んでいる人だけではなく、観光客などそこに訪れている人はたくさんいる。今回のシミュレーションで表されたとおり、時間設定を人数に合わせて設定する必要があるため、このようなシステムを導入するには、その土地に訪れる人数の統計なども考慮する必要がある。

参考文献

[1] 山下倫央 et al. 一次元歩行者モデルを用いた高速避難シミュレータの開発とその応用. 情報処理学会論文 53,1732-1744(2012)