

災害直後の都市機能麻痺時における職場待機促進の効果に関する検討

計画マネジメント・皆川研究室 小林拓真

1. はじめに

(1) 研究背景

都市部において地震が発生すると、公共交通機関が麻痺する事態が想定され、ターミナル駅には情報や帰宅の足を求めて多くの人が集まる。ターミナルに集まる不特定多数の人間は、その不特定性故予想もしないような二次災害へと繋がる行動をとることが少なくない。こうした帰宅困難者による特異な被害を軽減するため、ソフト面での防災対策の必要性は高まっている。

(2) 研究目的

災害直後、首都圏にて交通機関が全面的にストップし、帰宅困難者が多く発生する状況を想定する。我が国では災害時の帰宅困難者による混雑抑制の対策として職場待機が謳われている。しかし東京都が593の企業に対して実施したアンケートによれば、東日本大震災の発生時、帰宅に関する規則を設けていなかったという企業が443社と、実に7割を超えていることが明らかになった。その結果、実際の状況として見られたのは帰宅のために職場を離れた人々で溢れ返った道路である。都内の道路では1平方メートル当たり6人以上という満員電車並みの混雑となり、転倒事故や火災などに巻き込まれる恐れがあるほか、救助・救急や緊急輸送活動の妨げとなる。そこで、本研究では職場待機を混雑抑制の解決策として挙げ、職場待機がターミナル駅周辺の歩行者混雑の緩和に及ぼす効果を検討する。

2. MASモデルの概要

(1) MAS手法

本研究ではマルチエージェント・シミュレーション(以下、MASとする)手法を用いる。MAS手法とは、エージェントと呼ばれる”状況を認識し自身の持つパラメータに基づいて自律的に行動する代行者”を複数

用いてコンピュータ上に現実世界に近い環境を構築し、エージェントたちの行動、相互作用、環境の変化などを分析することによって現実では難しい研究をコンピュータ上で行う手法である¹⁾。北見工業大学大学院による「広域交通流動に対する津波の被害リスクに関する研究」では、道路ネットワークや各防災施設をシミュレーションに反映させ、道路標示版やパトロール車による被害リスクの軽減を明らかにしている²⁾。

(2) エージェントルール

エージェントルールとは、空間上に配置された各エージェントを動かす為に必要な定義のことを指す。

MASモデルは図-1に示すように全体-空間-エージェント種で構成され、全体にあたるものをUniverseと表記し、これに従うように空間やエージェント種を順次作成していく。設置した各エージェントに行動ルールを持たせ、それぞれがそのルールに従って行動することによって全体としてのモデルが完成する。前述の環境にあたるものが空間であり、エージェントはそれぞれ空間で定められたルールに依存する。

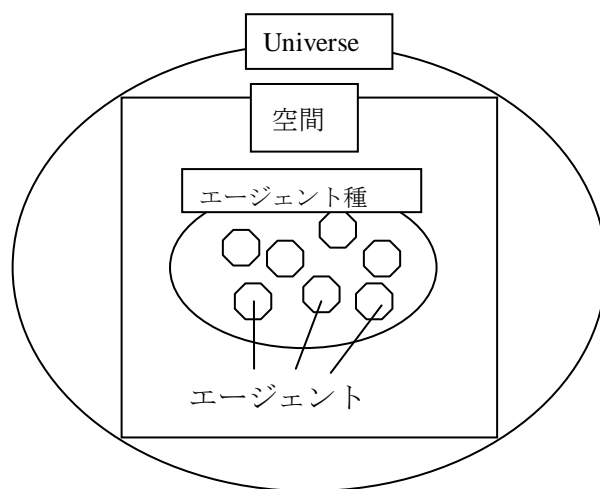


図-1 MASモデルの構成図

3. シミュレーションの対象

いくつもの路線の始終点を担い、広場が比較的大きく人口も多い首都圏有数のターミナル駅である渋谷駅を対象とした。定めたエリアは図-2の枠で示した範囲であり、対象とする人数はパーソントリップデータ³⁾にて最も多い時間帯の発生集中度を採用する。発生集中度とは発生量(あるゾーンを起点とするトリップの合計量)と集中度(あるゾーンへ終点するトリップの合計量)の総和である。トリップ数とは人が目的を持って起点から終点へ移動する場合に、その一方の移動を表す概念であり、同時にその移動を定量的に表現する際の単位である。すなわち、パーソントリップは空間的な人の移動を表す概念であり、またその計測単位である。渋谷区のパーソントリップデータは千駄ヶ谷・代々木・代々木神園町ゾーン、渋谷・道玄坂・桜丘町ゾーン、恵比寿・広尾・東ゾーン、松濤・笹塚・本町ゾーンの4つに分かれており、本研究で定めたエリアを考慮すると、指定範囲をほぼ満足し正確な数値を把握することのできる渋谷・道玄坂・桜丘町ゾーンが最も適していると判断した。よって、作成するエージェントモデルではこのゾーンのパーソントリップデータを用いる。分析した結果、18時台での発生集中度が最大であるので、対象とする帰宅者の総人数は18時台での83,942人を用いることとした。



図-2 対象エリア

4. 歩行行動のモデル化

(1) 歩行者エージェント

図-3で示した範囲のほぼ全ての番地に歩行エージェントの発生点を設ける。発生数はパーソントリップデータに基づいて設定した。職場待機を表現するために、待機率(0~1.0)を各発生地点の歩行者数に乗じた人数は、その地点で動かず待機するものとした。

(2) 経路点エージェント

計380個の経路点エージェントを歩行者発生点と渋谷駅を結ぶ道に設置した。歩行者エージェントは、各発生点に対して予め設定された経路点を通して渋谷駅へ向かうものとした。

(3) 滞留

渋谷駅に到着した歩行者エージェントはその場で滞留させる。

5. シミュレーション結果と考察

(1) 結果

待機率を0, 0.3, 0.5と変化させた時の渋谷駅の滞留者の時刻歴を図-3に示す。図-4は図-3の一部を拡大したもので、シミュレーション開始直後から経過時間300秒までを横軸にとって表している。また、縦軸に滞留者数、横軸に待機率をとり、シミュレーション開始から3分、5分、7分、9分経過した時の待機率別滞留者数のグラフを図-5に示す。更に、シミュレーション終了時の最終的な滞留者数を待機率別に表したものを表-1に示す。

次に、渋谷駅と他2箇所の合流地点を図-6のように定め、シミュレーション開始から60秒間における群集密度の時刻歴を待機率別に示した。図-7が待機率0の群集密度、図-8が待機率0.3の群集密度、図-9が待機率0.5の群集密度であり、横軸に時間、縦軸に密度をとっている。

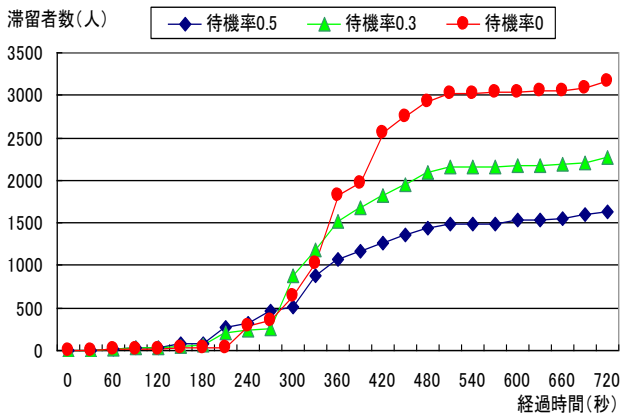


図-3 滞留者の時刻歴

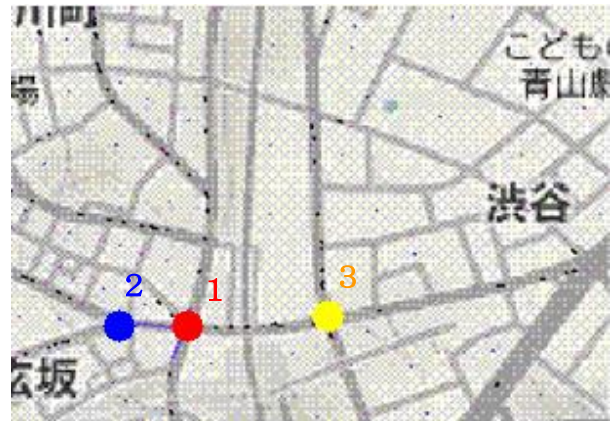


図-6 領域の指定

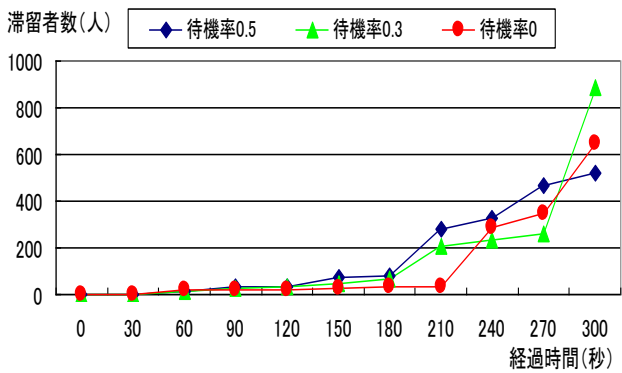


図-4 滞留者の時刻歴(300秒までの拡大図)

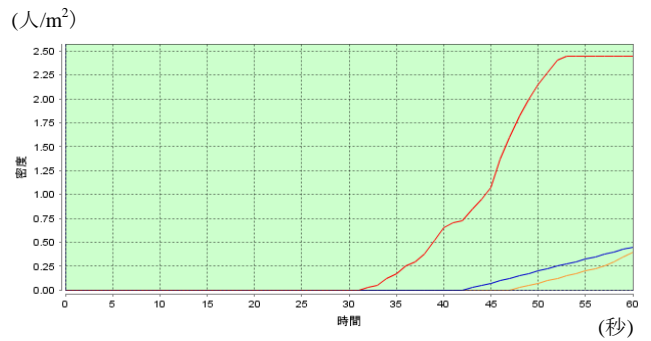


図-7 待機率0の群集密度

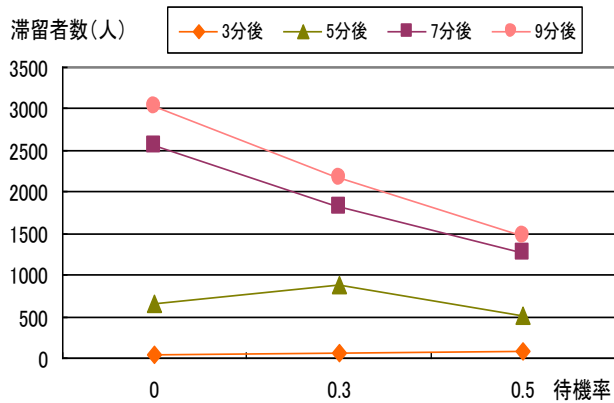


図-5 待機率別滞留者数

表-1 待機率別最終滞留者数

待機率	0	0.3	0.5
最終滞留者数	83979	58938	41996

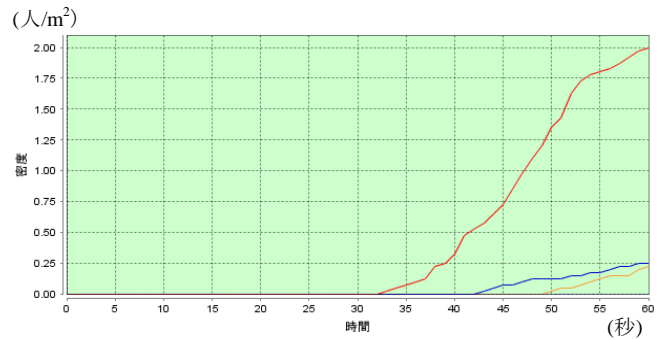


図-8 待機率0.3の群集密度

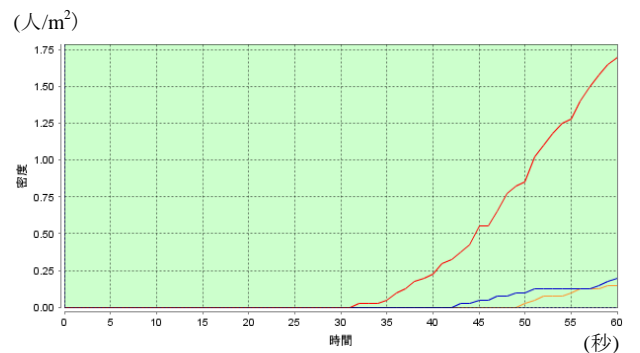


図-9 待機率0.5の群集密度

(2) 考察

図-3を見ると、シミュレーション開始直後から300秒経過するまでの間、滞留者数の増加率は細かく変化していることが判る。この部分を拡大した図-4を見ると、どの待機率の場合も凡そ120秒を過ぎた頃に滞留者数が増加し始め、150秒からその増え方に違いが表れている。270秒経過するまで、待機率が最も高いパターンでの滞留者数が多く、待機率0のパターンがそれに順ずる形となった。300秒経過時点では待機率0.3の滞留者数が最も多くなり、360秒経過以降では待機率0のパターンでの滞留者数が最も多く、図-3のグラフ後半のような全体的に安定したものとなった。待機率を横軸にした図-5を見ても、5分後、即ち300秒のところで待機率0.3の滞留者数が最も多くなり、7分以降はほぼ同じ傾きを持つグラフとなった。これらの変化は待機率と混雑が関係していると考えられる。シミュレーション開始直後、待機率が高ければ道路に進出する歩行者エージェントの人数が少ないために道路上の混雑が軽減し、渋谷駅への到着が比較的早く完了するが、待機率が低い場合には歩行者エージェントの道路への進出が多いために混雑による滞留が発生し、その結果渋谷駅に到着するまでに要する時間が増した。そのため駅の滞留者数の増え方に影響を及ぼしたのだろう。シミュレーション開始後7分以降では待機率が高い場合でも待機しない場合と同等の混雑が徐々に発生し始め、グラフの勾配を見れば判るようにどの待機率でも同じように増加していく結果となった。シミュレーションを最後まで行った場合の滞留者数は、表-1を見ると待機率0が83,979と最も多く、待機率41,996と最も少ない結果となった。この数値と先述したパーソントリップデータの数値83,942を比較すると歩行者数の設定よりも若干上回る形となっているが、これは各発生地点から平等に歩行者エージェントが発生しているために起きた現象だと推測される。滞留者の人数を見れば、職場待機の有効性は高いという結果となった。

次に領域別の群集密度に関して考察する。図-7、図-8、図-9を見ると、定めた領域ではどの地点でもシミュレーション開始後30秒で歩行者エージェントが計測され始め、領域1である渋谷駅の滞留者の増加率が最も高い結果となった。60秒経過時では、待機率0の群集密度が2.5(人/m²)、待機率0.3の群集密度が2.0(人/m²)、待機率0.5の群集密度が1.75(人/m²)となった。待機率が高い場合には群集密度が緩和されることが明らかとなり、これは帰宅困難者による混雑を軽減させることができると判断して良いだろう。但し、今回のシミュレーションでは経路点によって歩行者の行動に一貫性を生み出してしまっているため、歩行と滞留に関する行動ルールを加えてより正確な密度を求める必要があることを課題として挙げる。

6. おわりに

都市における災害では、高密化した現代都市の構造が抱えるあらゆる危険性を知ることになる。今回研究の焦点として取り上げた帰宅困難者による混雑抑制は、正に重要な都市災害対策であると注目されている。発災直後の企業対応として、職場待機が条例として定められる等して統一されれば、混雑を抑制することができ、被害の縮減に繋がれる可能性が高いということが今回のシミュレーションにより示された。

【参考文献】

- 1) 山影進:人工社会構築指南 artisocによるマルチエージェント・シミュレーション入門, 書籍工房早山, 2007
- 2) 北見工業大学大学院: 広域交通流動に対する津波の被害リスクに関する研究, 平成23年度, 土木学会第66回年次学術講演会
- 3) 東京都市圏交通計画協議会
<http://www.tokyo-pt.jp>
- 4) 安倍天夫: 自然災害の行動科学, 福村出版, 1988
- 5) 兼田敏之: artisocで始める歩行者エージェントシミュレーション, 書籍工房早山, 2010