

災害時の名古屋都心部における 歩行者シミュレーションに関する研究

那須 水玲¹・藤田 素弘²

¹ 学生会員 名古屋工業大学大学院 博士前期課程学生 (〒466-8555 愛知県名古屋市昭和区御器所町)
E-mail: m.nasu.672@stn.nitech.ac.jp

² 正会員 名古屋工業大学大学院教授 工学研究科 (〒466-8555 愛知県名古屋市昭和区御器所町)
E-mail: fujita.motohiro@nitech.ac.jp

近年、気候変動などにより日本各地で記録的な大雨による豪雨災害が頻発している。名古屋市内では、2000年の東海豪雨をはじめ、2011年の台風15号による集中豪雨やここ数年でも豪雨による被害が多々見受けられる。そうした豪雨時には実際に多くの鉄道の運休がなされた。鉄道の運休は帰宅しようとする人の足止めや他交通機関への乗り換えによる混雑、それにより帰宅困難者が発生するなど大多数の人に影響を与えることになる。同様に地震時においても地震計の感知や脱線等により運休が想定される。帰宅困難者に対する対策は災害時において減災の鍵となる。そこで本研究では、2011年の台風15号時のアンケートの結果を示しながら、中京都市圏パーソントリップ調査の結果に基づいて名古屋市内における災害時の歩行者シミュレーションを行う。それにより混雑・避難状況の把握を行い、新たに生じる問題点を明らかにし、対策案について考察する。

Key Words: disaster, simulation, pedestrian, evacuation, congestion

1. はじめに

近年、日本各地で自然災害が多発しており、度々帰宅困難者が問題となっている。帰宅困難者が多く発生すると、混雑・渋滞だけに留まらず、避難場所自体や避難場所での飲食料不足の問題も生じる。また、人が密集することにより体調不良者が生じたり、群衆雪崩による事故が発生する恐れもある。

愛知県の中でも人口の多い名古屋市では、名古屋駅周辺地区や金山駅周辺地区、伏見・栄地区といった繁華街において帰宅困難者対策にかかる計画が作成されている。しかし伏見・栄地区を対象とした伏見・栄地区都市再生安全確保計画は、令和4年の3月に作成されたばかりであるため、広く周知されていないという現状がある。そこで本研究では栄地区において帰宅へ向かう場合や避難する場合など歩行という輸送システムに着目し、災害時の歩行者シミュレーションを行った。それにより視覚的に混雑状況・避難状況を把握し、ワークシヨップ等を通して周知、また帰宅困難者対策に役立てることを目的とする。

2. 災害時における鉄道の運行状況

ここに被害の大きかった平成23年の台風15号時の様子を表-1¹⁾に示す。この時図のように鉄道路線が広い範

表-1 台風15号時の鉄道運休状況

事業者	路線名	不通区間	発生日時	復旧日時
愛知環状鉄道	愛知環状鉄道線	瀬戸市駅から高蔵寺駅	20日 17:15	21日 5:20
JR東海	東海道本線	名古屋駅から枇杷島駅	20日 17:20	21日 0:33
JR東海	中央本線	名古屋駅から高蔵寺駅	20日 17:22	21日 6:30
JR東海	中央本線	高蔵寺駅から釜戸駅	20日 17:22	22日 始発
JR東海	太田線	美濃太田駅から多治見駅	20日 17:23	22日 12:00
名古屋鉄道	瀬戸線	全線	20日 17:25	20日 21:00
名古屋鉄道	常滑線	神宮前駅から大江駅	20日 17:27	20日 21:00
名古屋鉄道	広見線	犬山駅から御嵩駅	20日 19:11	21日 2:00
名古屋鉄道	犬山線	名古屋駅から上小田井駅	20日 19:13	20日 21:00
名古屋鉄道	名古屋本線	須ヶ口駅から豊明駅	20日 19:13	20日 21:00
名古屋鉄道	小牧線	小牧駅から上飯田駅	20日 19:15	21日 2:00
JR東海	関西本線	八田駅から春田駅	20日 22:05	21日 0:30
JR東海	飯田線	新庄駅から天竜峡駅	21日 7:09	23日 始発
名古屋鉄道	空港線	常滑駅から中部国際空港駅	21日 7:12	21日 11:38
名古屋鉄道	東海道本線	豊橋駅から熱海駅	21日 10:57	22日 始発
名古屋鉄道	東海道本線	豊橋駅から蒲郡駅	21日 11:07	21日 16:42
名古屋鉄道	名古屋本線	豊橋駅から新安城駅	21日 11:07	21日 18:05
豊橋鉄道	全線	全線	21日 11:51	21日 21:00
JR東海	東海道新幹線	東京駅から名古屋駅	21日 13:16	22日 始発
名古屋鉄道	豊川線	国府駅から豊川稲荷駅	21日 15:40	21日 18:05

困で不通となり、帰宅時間と運休が重なったことで実際多くの帰宅困難者が発生した。また台風 15 号時と普段の帰宅所要時間の比較を図-1²⁾に示す。

地震時においては脱線や線路の歪み、構造物の倒壊が予想される。また、愛知県におけるライフラインの防災対策として名古屋市交通局では震度 4 以上を感知で停止することや、JR 在来線では警戒宣言発令時に想定震度 6 弱以上の地域への進入禁止や停車など、多くの公共交通機関において広い範囲で鉄道が運休し、帰宅困難者の発生が想定される。

そこで地震時に鉄道が運休したと仮定し、徒歩で帰宅へ向かう人やひとまず避難に向かう人について、様々な条件のもと以下のようにシミュレーションを行った。

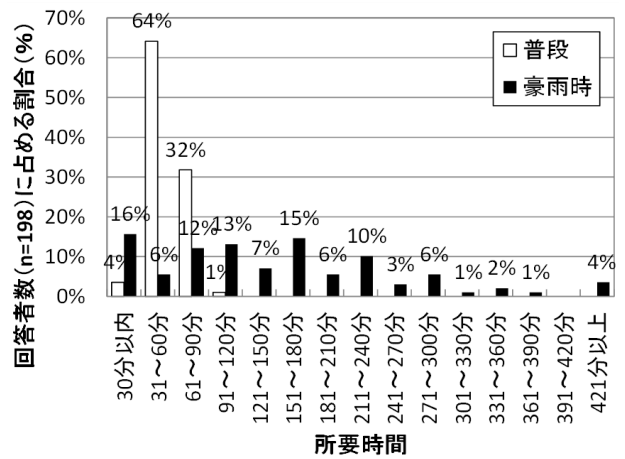


図-1 帰宅所要時間の比較

3. 歩行者シミュレーションの前提条件

(1) シミュレーションの対象範囲

シミュレーションの対象範囲は以下の図-2³⁾のとおりであり、場所は名古屋市栄の中でも北東に位置する、4丁目の中区役所周辺とした。これは先行研究⁴⁾より栄 1丁目~5丁目の中で、栄 4丁目が最も混雑率が高いと算出されたことから定められた範囲であり、それを引き継いだ。



図-2 シミュレーションの対象範囲

(2) 各建物における発生人数

各建物における発生人数は、第 4 回中京都市圏パーソントリップ調査⁵⁾の結果より得られた栄 4 丁目のピーク時間帯の滞在者数を元にした。まず、Google マップ⁶⁾上より各建物の周囲を囲むことによって面積を求め、それに階数を乗じた面積を求めてその比から各建物における発生人数を算出した。

また、シミュレーション範囲内の北西に位置する中日ビルは、現在建て替え工事中であり階数が以前の 2 倍以上となる計画⁷⁾である。そのため、中日ビルに振り分けた人数に (建て替え後の階数 / 建て替え前の階数) を乗じた人数を中日ビルの発生人数とした。つまり、建て替え後の増加分を想定したため、シミュレーション範囲内の全滞在者数は、パーソントリップ調査から得られた栄 4 丁目ピーク時間帯の滞在者数より多く設定した。

(3) 歩行速度

歩行速度 [m/s] は初期状態である 1.2m/s とした。

(4) 発生頻度

発生頻度 [人/s] は以下のように計算して 2.5 人/s を採用した。算出には、階避難安全検証法に関する算出方法等に定められた次式⁸⁾を用いた。

$$t_{queue} = \frac{\sum p A_{area}}{\sum N_{eff} B_{eff}} \quad (1)$$

t_{queue} : 在室者が当該居室の出口を通過するために要する時間 [min]

p : 在館者密度 [人/m²]

A_{area} : 当該居室等の各部分ごとの床面積 [m²]

N_{eff} : 有効流動係数 [人/min]

B_{eff} : 有効出口幅 [m]

ここで式変形をすると、以下のようになる。

$$\frac{\sum p A_{area}}{t_{queue}} = \sum N_{eff} B_{eff} \quad (2)$$

式(2)の右辺の有効流動係数に関しては、当該居室の出口が直接地上に通ずる場合 $N_{eff} = 90$ であるのでその値を採用した。有効出口幅は、シミュレーション範囲内に片引きと引き分けの扉が同程度存在すると仮定し、ファイヤードア⁹⁾の両有効開口幅の平均をとった $B_{eff} = 1.695\text{m}$ とした。以上より発生頻度は、これら

の値を式(2)に代入して得られた、2.5人/sとした。

(5) 歩行者発生地点

歩行者発生地点は、実際の建物の主な出入り口とし、1つの建物につき1つ配置した。ただし、シミュレーション範囲の北西に位置する中日ビル及び栄サンシティビルにおいては、発生人数が1000人を超え、建物外に出るだけで何十分もかかる計算になってしまう。そのため、前者には5か所、後者には2か所の歩行者発生地点を設置した。また、両者ともメインとなる出入り口からの発生人数が、他の出入り口からの発生人数の約2倍となるように発生人数を振り分けた。

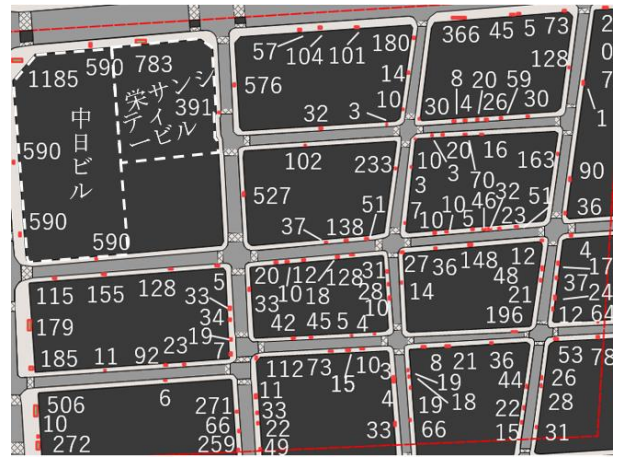


図-3 歩行者発生地点（赤点）と各建物別発生人数

上記によって定めた歩行者発生地点を配置し、各建物における発生人数を図面上に表した。(図-3)

それに加えてシミュレーション範囲北側に位置する広小路通の横断歩道部分において、シミュレーション上、人が飛び出さないようにGoogleマップより求めた車道外側線の1.7mだけ空けて障害物を設置した。

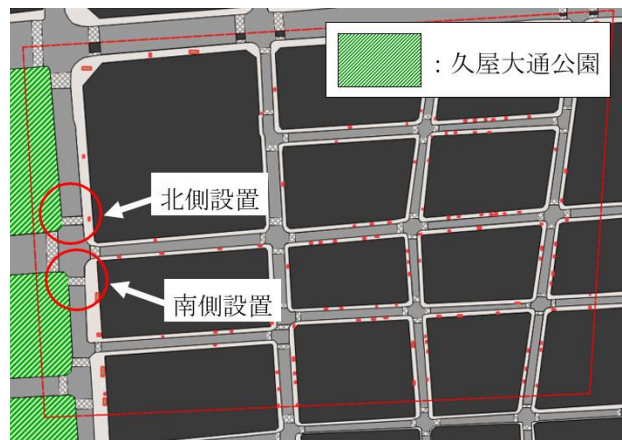


図-4 横断歩道の位置

4. シミュレーションの各種条件と結果

(1) シミュレーション完了時間

シミュレーション完了時間、言い換えると歩行者がエリア外へ脱出する時間（避難時には避難に要する時間）は、5回実行し最大、最小時間を除いた3回の平均値とした。ただし、シミュレーションを完了できず、5回実行し3回以上値を得られていない場合は、3つの値が得られるまで繰り返しシミュレーションを行い、未完了の場合を最大時間とし、最小時間を除いた2回の平均値をシミュレーション完了時間とした。

(2) 帰宅避難半々のシミュレーション

まず始めに現状の横断歩道においてシミュレーションした。すなわち図-4で北側設置と南側設置の両横断歩道を考えない状態を“現状”とする。発災後、シミュレーション範囲内の滞在者のうち半分が自分の自宅方向へ帰宅し、残り半分が久屋大通公園へ避難すると仮定した。帰宅する場合の東西南北へ向かう割合は、パーソントリップ調査より求められた帰宅方向別割合を用いてシミュレーションを行った。この場合図-5のように様々な方向に人が行き交うために、約20秒後から停滞が発生し始めシミュレーションがフリーズしてしまった。そのため、正確な実態は分からないが一斉に帰宅へ向かうことで、いたるところで混雑が発生し混乱を招く可能性があることが分かった。

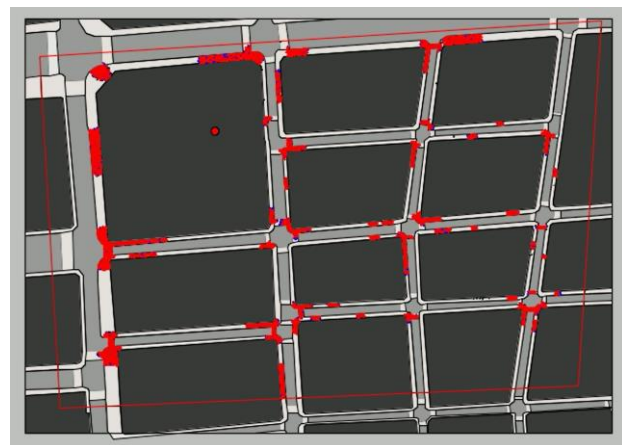


図-5 帰宅、避難半々のシミュレーション

(3) 全員避難のシミュレーション

そこで、全ての滞在する人が久屋大通公園にまず避難するとしてシミュレーションを行った。こうすることで、先ほどとは異なり停滞が発生しても流れていき完了することが分かった。よって(3)以降では全員避難するとし

てシミュレーションを行った。

(4) 横断歩道を追加したシミュレーション（全員避難）

続いて、スムーズな避難を促すため、西に位置する久屋大通に横断歩道を、北側に1つ設置（北側設置）、南側に1つ設置（南側設置）、北側南側に1つずつ計2つ設置（両側設置）してシミュレーションを行った。その設置位置を図4に示す。

また、両側設置の途中経過を図6に示す。南側設置、両側設置においては現状に比べ早く避難でき、横断歩道は2つ設置する方がよく、1つ設置するならば南側の方が優れていることが分かった。北側設置は、北側設置を通ることが最短経路となる人が多いため密集し、遅くなったと考えられる。

各シミュレーションの結果を表2にまとめた。

(5) 信号を考慮したシミュレーション（全員避難）

次に久屋大通は自動車交通量が多く、信号を無視して横断することが困難であると考えイベントタイマーという機能を使い、実際の信号時間に基づいて開閉するゲートを設けた。この場合、信号がない場合の約2倍の時間がかかり、横断歩道を設けるほど早く避難できるということが分かった。次に新設置した横断歩道は信号なしのシミュレーションを混合として行った。常時渡る横断歩道は、両側設置以外は時間短縮にならないことが分かった。

(6) 障害物を設けたシミュレーション（全員避難）

また、地震により壊れた壁面やガラスの破片の散乱による通行止めの発生を考慮しシミュレーションを実行した。図7に示すように、障害物1～障害物4の4パターンの障害物配置位置を用意しシミュレーションを行った。結果通行止めにより障害物1の場合には障害物がない場合に比べて2倍程度の時間がかかるのに対し、障害物2のように逆に避難完了時間が早まる場合もあることが分かった。

6. おわりに

本研究では、一方向避難や横断歩道の新設置により迅速な避難を促せることが分かった。また、横断歩道は両側設置が一番優れ、北側より南側の方が良く、場所の選定の重要性が明らかになった。ただし、災害時における横断歩道の在り方についてはさらに検討する必要がある。また、障害物の有無は避難完了時間に影響を及ぼすため、より多くの配置位置で検証し、場所による影響の大小を確かめ対策を講じる必要がある。

表2 シミュレーション完了までの時間（全員避難）

（単位：[mins]）

	現状	北側設置	南側設置	両側設置
信号なし	17:42	22:36	17:01	12:35
信号	37:52	31:38	31:36	27:06
混合	—	37:33	33:22	21:23
障害物1	32:38	36:47	26:17	24:18
障害物2	17:27	13:42	14:25	13:28
障害物3	24:46	23:55	18:14	20:27
障害物4	18:48	23:03	15:22	13:01

※信号、混合は開閉するゲートあり

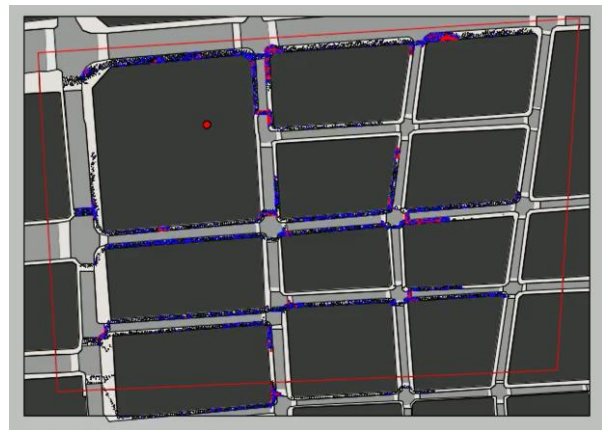


図6 両側設置の途中経過

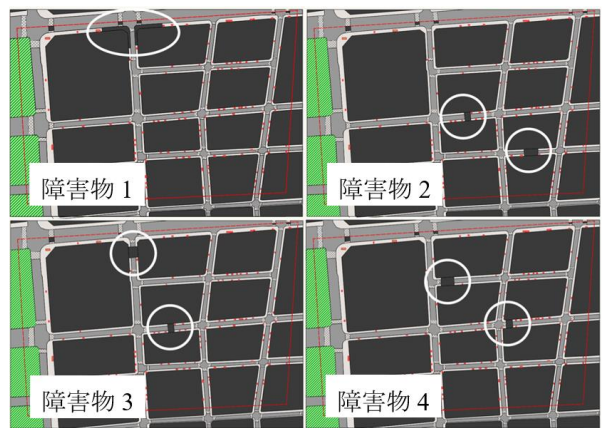


図7 障害物の配置位置

今回、地図上の面積を用いたため発生人数が正しくない可能性がある。また、歩行速度や発生頻度において一律な値の使用、シミュレーションにおいてまだ非現実的な動きをするケースが散見され条件等の改善も課題として残される。

参考文献

- 1) 小松浩樹, 平常時・災害時の公共交通利用状況と公共交通シミュレーションの分析, 名古屋工業大学大学院修士論文, 2016.
- 2) 小松浩樹, 台風 15 号時における公共交通の帰宅行動分析選択と交通状況分析, 土木計画学研究・講演集 (CD-ROM), 2015.
- 3) 国土地理院ウェブサイト, <https://mapps.gsi.go.jp/>, (参照 2022-09-27) .
- 4) 荒熊将, 名古屋都心における帰宅困難者シミュレーションに関する研究, 名古屋工業大学卒業論文, 2021.
- 5) 国土交通省, 第 4 回中京都市圏パーソントリップ調査.
- 6) Google マップ.
- 7) 中日ビル HP, <https://chunichi-bldg.co.jp/index.html>, (参照 2022-09-29) .
- 8) 2016 (平成 28) 年 4 月 25 日国土交通省告示第 704 号「階避難安全検証法に関する算出方法を定める件」, (参照 2022-09-27) .
- 9) 三和シャッター工業株式会社, カタログビュー, p. 42 <https://dcs4.icata.net/portal/CatalogViewInterfaceStartupAction.do?method=startUp&mode=PAGE&volumeID=SSY00001&catalogId=783580000&pageGroupId=1&designID=SSYD001&catalogCategoryId=>, (参照 2022-09-27)

(2022. 7. ?受付)

PEDESTRIAN SIMULATION IN CENTRAL NAGOYA DURING A DISASTER

Mirei NASU, Motohiro FUJITA

These days, heavy rain disasters for reasons such as climate change occur frequently in Japan. In Nagoya City, there have been many cases of damage due to torrential rains for example, Tokai Gouu in 2000, Typhoon No.15 in 2011 and so on. During such heavy rains, many railways have actually been suspended. The suspension of railway services will affect the majority of people, such as stranding people trying to return home, congestion due to transfer to other means of transportation, and causing people who have difficulty returning home. Similarly, in the event of an earthquake, suspension is assumed due to seismograph detection, derailment, and so on. Measures for those who have difficulty returning home are the key to disaster mitigation in the event of a disaster. Therefore, in this study, while showing the results of the questionnaire at the time of Typhoon No. 15 in 2011, we will conduct a pedestrian simulation in the event of a disaster in Nagoya City based on the results of the person trip survey in the Chukyo metropolitan area. Lastly, I will grasp the congestion and evacuation situation, clarify newly occurring problems, and consider countermeasures.