

出入口の滞留に着目した群歩行シミュレーション

愛知工業大学 学生会員 ○古川裕基 愛知工業大学 正会員 中村栄治
愛知工業大学 正会員 小池則満 愛知工業大学 正会員 川口暢子

1 はじめに

1.1 研究背景

帰宅困難者対策を考えるにあたり、一斉徒歩帰宅者発生の抑制を図る為、一時退避施設への誘導が求められるが、その課題は非常に多い。特に鉄道ターミナル駅の出入口周辺での立ち止まりの発生は避けられない。このような状況下では人の往来が阻害されることで滞留を生み、結果として新たな二次災害を引き起こすリスクが高まる。したがって滞留を可能な限り抑える具体的な対策が求められる。

1.2 研究目的

本研究では名古屋駅桜通口を対象とし、交通シミュレーションソフト Vissim を用いて流動性・滞留の二つの観点から群歩行の様子を分析し、問題点の抽出と具体的な対策の提案を行うことを目的とする。

2 研究概要

2.1 シミュレーションのシナリオ及び設定

中村によって構築された名古屋駅東側の空間モデル¹⁾に一部歩道を追加し、PTV社のVissimを用いて通行人(帰宅困難者)を60分間発生させる。その上で、時間 $t[s]$ 変化に伴う歩行者の平均歩行速度 $v[m/s]$ と歩行者密度 $\rho[人/m^2]$ を計測する。この際、現状一時退避施設として指定されているタワーズガーデンの使用の有無でパターン分けをする。ここで、タワーズガーデンは名駅一丁目エリア内の帰宅困難者のみ利用すると仮定する。

帰宅困難者の人数は、第3次名古屋駅周辺地区都市再生安全確保計画²⁾を参考とし、31132人とした。このうち計測対象とする桜通口を利用する歩行者(26967人)の動線や配分人数等の各設定を以下に示す。ここでは、計測対象外の広小路口利用者(4165人)は除外する。

まず、タワーズガーデンを利用する場合、本研究ではおよそ自由に身動きが取れる限界として $4[人/m^2]$ を許容容量とし、それにタワーズガーデンの敷地面積($1284.48[m^2]$)をかけた5138人(駅利用者(桜通口経由)の約31%)を利用者数とした。タワーズガ

ーデン使用時は以下の表-1の人数のうち、名駅一丁目エリア内からのみ約31%低減した人数とする。また男女比は1:1とし、歩行速度は国際海事連盟(IMO)に基づいて男性が $0.97\sim 1.62[m/s]$ 、女性が $0.71\sim 1.19[m/s]$ とした。

表-1 動線及び人数の設定

動線	人数[人]
名鉄百貨店本館→桜通口	2775
JR ゲートタワー→桜通口	2782
名駅一丁目エリア外→桜通口	13931
桜通口→中央コンコース桜通口前(1・2階)	7479

2.2 シミュレーションの計測箇所

計測箇所は桜通口の北側及び中央の出入口とする。計測方法はSection法とし、桜通口中央は主要な出入口が両端に偏っていることを考慮して、計測場所をさらにAとBの二か所に分けた。(以下北側、中央A、中央Bと表記する)

2.3 分析方法

2.3.1 流動性の分析

流動性の評価は $\rho-v$ 関係を利用する。ここで流動性の良し悪しを示す基準として、戸川の理論曲線 $v=\frac{1.5}{\rho}$ を採用する³⁾。今回シミュレーションより得られた $\rho-v$ 関係は回帰係数が最も1に近かった指数関数で近似を行った。これら二つの曲線が近いほど流動性は高いとみなすが、この評価を二曲線間の面積 S の値で数値的に評価する。この際、積分範囲は0から ∞ とするため広義積分を行うが、戸川の理論曲線を積分の対象に加えると発散してしまう。そこで二曲線を近似曲線と $v=0$ とすることでその問題を解決する。つまり、ある指数関数 $f(\rho) = ce^{-d\rho}$ ($c, d = const$) に対して、

$$S = \int_0^{\infty} ce^{-d\rho} d\rho = \lim_{t \rightarrow \infty} \int_0^t ce^{-d\rho} d\rho = \lim_{t \rightarrow \infty} \left(-\frac{c}{d} e^{-dt} + \frac{c}{d} \right) = \frac{c}{d} \quad \dots(1)$$

式(1)で導出した S を流動性の評価指標とする。

2.3.2 滞留の分析

群集の流れの性質を把握する為に用いられる指標

である流動係数 f [人/s/m]を、 $f=pv$ から導出する。今回得られた f - ρ 関係から滞留を定量的に評価する為、二次関数と仮定し近似する。

本研究では f - ρ 関係から近似した二次関数の頂点における ρ を滞留発生密度 ρ_c とする。さらに、得られた ρ_c を横一線の滞留発生ラインとして ρ - t 関係に反映させ、それを上回る密度の領域を滞留発生領域とする表示形式で滞留を定量化する。

さらに、全体のシミュレーション時間(3600s)に対してどの程度の時間滞留していたかを示す、総滞留時間 T_{total} の算出を行う。具体的には、滞留発生ラインを超えた時間の総和を求めるというものである。滞留はこの総滞留時間 T_{total} を評価指標とする。

3 シミュレーション結果

3.1 流動性の分析結果

2.3.1の流動性の分析で述べた方法で算出した S の値を表-2に示す。その際、シミュレーションから得られた問題点を踏まえ、出入口のドアを完全開放する、パーテーションにより歩行者の動線を制御するという2つの対策を踏まえた S の値も併せて示す。ここで、流動性の評価は対策前後の S を比較し、割合として算出したものである。

表-2 流動性分析結果

場所 (ケース)	S		流動性の評価
	対策前	対策後	
中央 A (31%)	1.8208	2.0670	約 14%向上
中央 A (0%)	1.9011	2.5575	約 35%向上
中央 B (31%)	2.3428	2.1461	約 8%低下
中央 B (0%)	1.8303	1.9337	約 6%向上
北側 (31%)	1.1427	1.1661	約 2%向上
北側 (0%)	1.3081	1.0584	約 19%低下

表-2から、桜通口中央に関しては構造上自然と立ち止まりが中央付近に固まり、出入りする歩行者は両端の出入口を利用する傾向がみられた為、立ち止まり流と通常流を明確に仕切る対策により概ね流動性が向上したことが読み取れる。

桜通口北側に関しては、構造上立ち止まり流と通常流が同じ出入口で干渉することから、人流を制御することは寧ろ流動性の低下を招くことがわかる。

3.2 滞留の分析結果

2.3.2の滞留の分析で述べた方法で算出した ρ_c 、

T_{total} の値を表-3に示す。その際、先述した対策を踏まえた結果も併せて示す。尚、桜通口北側 31%使用時は歩行者密度の増加が殆ど見られず、二次関数で近似できなかった為算出不可とした。

表-3 滞留分析結果

場所 (ケース)	ρ_c [人/m ²]		T_{total} [s]	
	対策前	対策後	対策前	対策後
中央 A (31%)	2	1.57	786	0
中央 A (0%)	2	1.64	1424	20
中央 B (31%)	2.19	1.57	1147	95
中央 B (0%)	2.07	1.92	1394	0
北側 (31%)	-	-	-	-
北側 (0%)	2.15	0.95	1109	394

表-3から、桜通口中央と北側共に対策により総滞留時間が大幅に削減されたことが読み取れる。また流動性との関係では、流動性が向上するほど総滞留時間も削減される傾向にあるといえる。

4 まとめ

本研究では桜通口を対象に流動性、滞留の二つの観点からシミュレーションを行った。分析としては流動性、滞留の二項目を定量化する方法を考え、対策前後での効果をより明確化した。

これにより、タワーズガーデンを一時退避施設として活用することで滞留の抑制に一定の効果を得られること、さらには出入口において対策することで、流動性、滞留時間共に概ね十分な効果が見込まれることを示した。

5 参考文献

- 1) 中村栄治, 小池則満: 地下駅や地下街との往来を考慮した百貨店における避難シミュレーション, 2020, 土木学会論文集, 第76巻, 第2号
- 2) 名古屋駅周辺地区安全確保計画部会: 第3次名古屋駅周辺地区都市再生安全確保計画, <https://www.city.nagoya.jp/jutakutoshi/cmsfiles/contents/0000075/75609/3.pdf>, 2021年7月6日閲覧
- 3) 小山維之, 篠崎喜彦, 森下信: セルオートマトンによる群集流動の特性に基づく歩行行動のモデル化, 2013, 日本建築学会環境系論文集, 第78巻, 第691号