

COVID-19 を踏まえた 都心駅周辺の都市開発に伴う地下歩行者通路や 建物内の歩行者流動に関する研究

栗林 茂吉¹・矢野 敦士¹・松岡 央真²
小島 建太³・花上 美津江³・宮城島 玲子⁴

¹ 非会員 株式会社三菱地所設計 都市環境計画部 (〒100-0005 東京都千代田区丸の内 2-5-1)

² 非会員 株式会社三菱地所設計 都市環境計画部 (〒100-0005 東京都千代田区丸の内 2-5-1)

E-mail: hironao.matsuoka@mj-sekkei.com

³ 非会員 社会システム株式会社 社会経済部 (〒150-0013 東京都渋谷区恵比寿 1-20-22)

⁴ 非会員 社会システム株式会社 社会経済部 (〒150-0013 東京都渋谷区恵比寿 1-20-22)

E-mail: r_miyagishima@crp.co.jp

近年、都心駅周辺の都市開発の進展により、駅と開発地区を結ぶ地下歩行者通路や建物内で歩行者交通量の増大に伴う滞留等の発生が懸念されている。一方、新型コロナウイルス感染症(COVID-19)の流行により、過密がリスクとして捉えられるようになり、ソーシャルディスタンスの確保や施設利用者への消毒等のニューノーマル時代に対応した社会基盤整備が課題となっている。そこで本研究では、都内で予定されている国内最大規模の再開発計画を例に、消毒等の実施による地下歩行者通路や建物内の混雑状況の変化を動的シミュレーションを用いて分析し、過密を回避する誘導の必要性及びその効果を検証する。

Key Words: COVID-19, pedestrian behavior, urban development, traffic impact assessment

1. はじめに

(1) 研究の背景と目的

近年、都心駅周辺の都市開発の進展により、駅と開発地区を結ぶ地下歩行者通路や建物内で歩行者交通量の増大に伴う滞留等の発生が懸念されている。一方、新型コロナウイルス感染症(COVID-19)の流行により、過密がリスクとして捉えられるようになり、ソーシャルディスタンスの確保や施設利用者への消毒等のニューノーマル時代に対応した社会基盤整備が課題となっている。そこで本研究では、都心ターミナル駅前計画されている国内最大規模の再開発計画を例に、消毒等の実施による地下歩行者通路や建物内の混雑状況の変化を動的シミュレーションを用いて分析し、過密を回避する誘導の必要性及びその効果を検証する。具体的には、過密回避の観点から、望ましい消毒設備設置位置やサインによる誘導計画、店舗配置計画等、について他人との接触時間や歩行者密度を指標として検証し、有効性を明らかにする。

(2) 既往研究レビュー

鉄道駅の混雑に着目した既往研究では、都心駅周辺の都市開発の進展により、都心駅の構内において滞留等が発生していることが指摘されている¹⁾²⁾。また、平成28(2016)年4月に答申された「東京圏における今後の都市鉄道のあり方について」の中では、都市構造・機能の再編整備等への対応について、「まちづくりと連携した新線整備や駅施設の改良等が行われてきた一方で、駅周辺の都市開発の著しい進展に伴う駅利用者数の増加に対して、後追いで駅の容量拡大がなされるなど、まちづくりとの連携が必ずしも十分でなかった事例も存在している。」と指摘されている³⁾。

都市開発と鉄道駅の関係性に関する既存研究では、鉄道駅の混雑を緩和させる施策や施策の実施に要する費用負担の方法、各施設の許容量について検討がなされているが、何れも駅構内での施策や施設に関する内容であり、地下歩行者通路や建物内については言及されていない⁴⁾⁵⁾。

また、歩行者シミュレーションに関する既存研究・調査としては、大規模な地下街や大型集客施設等における災害時の避難行動に関するシミュレーションや、駅構内における鉄道駅改良の効果検証に関するシミュレーションについては多数の事例があるものの、本来相互に関係している駅構内～地下歩行者通路～建物内までを含む広範囲の歩行者シミュレーションは十分なされてこなかった⁶⁾⁹⁾。

一方、新型コロナウイルス感染症(COVID-19)と人流解析との関係については、with コロナ社会に必要とされる研究課題として、従来は待ち時間の短縮や混雑の分散といった指標を最適化していたが、これからは接触人数の最小化や接触者の特定といった新しい最適化指標の必要性が指摘されている¹⁰⁾。

(3) 研究方法

本研究ではシミュレーションソフト VISSIM を用いて地下歩行者通路や建物内の混雑状況を再現し、消毒や過密回避策の実施による混雑状況の変化を検証する。VISSIM は、歩行者モデルとして Social Force Model を採用したシミュレーションソフトであり、Social Force Model は歩行者の密集時において高い再現性を持つとされている¹¹⁾。

a) 対象エリア

検証対象エリアは都心ターミナル駅前の国内最大規模の再開発計画における鉄道駅と開発地区を結ぶ地下歩行者通路及び建物内とする。図-1 に示すように、鉄道駅の改札口、再開発計画による建物2棟(建物A・B)、建物同士を結ぶ地下連絡通路、改札口と建物を結ぶ地下歩行者通路を一体的に歩行可能な空間として設定する。地下歩行者通路は、建物Bとは西側・中央の2箇所、建物Aとは東側の1箇所で接続している。

b) 歩行者交通量

再開発計画に基づき歩行者交通量を設定する。歩行者交通量は表-1 に示すよう、19,976 人/ピーク時である。なお、ピークは1日の中で最も過密となる朝の通勤ラッシュ時間帯 8:00～9:00 を想定する。

c) 対象時間

シミュレーションを実施する時間は、8:00～9:00 の中で最も歩行者交通量の多い 8:15～8:45 の 30 分間とする。

d) 評価指標

過密の程度については、歩行者同士の接触時間(秒)、歩行者密度(人/m²)を指標として検証する。

歩行者同士の接触時間は、出発地から目的地までに半径 1m 以内に歩行者が存在する時間の累積値とし、大小比較により評価を行う。累積値とは、例えば半径 1m 以内に 2 人いた場合、接触時間を 2 倍として計測する。

歩行者密度は、1 m²あたり歩行者数とし、大規模開発

地区関連交通計画マニュアル¹²⁾(以下、マニュアル)によるサービス水準(A～Fの6段階に分類)に沿って評価を行う。なお、マニュアルは歩行者流量(人/m・分)に基づく評価であるため、歩行者流量から歩行者密度への換算を行う。本研究で指標とするサービス水準を表-2 に示す。

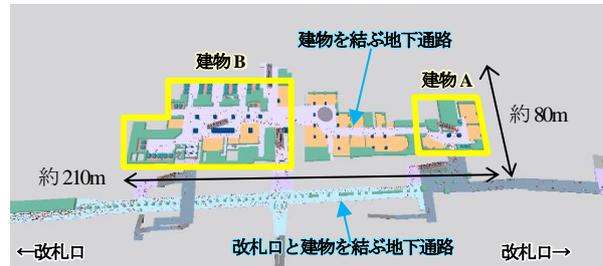


図-1 対象エリア

表-1 歩行者交通量

階層	エントランス	ピーク時交通量(人/h)
地下1階	西側	4,137
	中央	6,879
	東側	3,926
1階	建物A	1,588
	建物B	3,446

表-2 歩行者流量とサービス水準の関係

ランク	歩行者流量(人/m・分)	サービス水準
A	0～27	自由歩行
B	27～51	やや制約
C	51～71	やや困難
D	71～87	困難
E	87～100	ほとんど不可能
F	100～	極度の制約

2. 消毒設備設置位置の検討

建物入口や建物内に消毒設備を設置することは、感染症の感染防止対策となる一方で、設置位置や個所数によっては過密となる状況が発生し、感染リスクが高まる可能性がある。そこで建物内での消毒設備の設置位置について、過密回避の観点から歩行者同士の接触時間を指標として検証する。具体的には、対象エリアのうち歩行者交通量の多い建物B内の地下1階に着目し、建物内オフィスへの通勤者が利用するエレベーターホール前に設置する場合とエントランスに設置する場合の2ケースについてシミュレーションを実施し、接触時間の比較を行う。

(1) 消毒設備の想定

消毒設備をエレベーターホール前に設置する場合はエレベーターバンク当たり 3 箇所の計 12 箇所とし、建物内オフィスへの通勤者(エレベーター利用者)のみが消毒

をすると想定する。一方、エントランスに設置する場合は、西側エントランスに4箇所、中央エントランスに12箇所の計16箇所とし、全ての施設利用者が消毒をするを想定する。具体的な設置位置を図-2に示す。また、消毒に要する時間は2秒とし、消毒のために整列する場合は1mの間隔を空けることとする。

(2) 接触時間の検証

接触時間について、エレベーターホール前に設置する場合とエントランスに設置する場合での計測結果を比較する。表-3に示すように、エレベーターホール前に設置する場合、エントランス前に設置した場合よりも平均接触時間が6秒短縮し、接触時間の観点から、消毒はエレベーターホール前で行うことが望ましいといえる。



図-2 消毒の設置位置

表-3 消毒設備配置による接触時間比較

消毒設備位置	設置箇所数	平均接触時間 (地下1階平均)
エレベーター ホール前	エレベーターバンク当たり3箇所(計12箇所)	65秒
エントランス 前	西側エントランス4箇所、中央エントランス12箇所(計16箇所)	71秒

※オフィス通勤者のエレベーター利用割合は地下1階:1階=70:30とし、立ち寄り店舗の想定はなし

3. オフィス通勤者のエレベーター利用フロアの検討

対象エリアのうち、建物Aよりも床面積が広く、歩行者交通量の多い建物Bでは、建物内オフィス通勤者のためのエレベーターホールが地下1階及び1階の2層に渡り計画されている。地下1階のエレベーターホールは、鉄道駅と開発地区を結ぶ地下歩行者通路からの利用、1階のエレベーターホールは、地上エントランスからの利用が想定されており、特に朝の通勤ラッシュ時間帯は、鉄道駅と接続する地下1階のエレベーターホールで混雑が予想されるため、過密回避の観点から、地下歩行者通路からのオフィス通勤者の一部を1階のエレベーターホールへ誘導することが必要となる。そこで、地下1階と

1階のエレベーター利用の配分割合を変動させてシミュレーションを実施し、歩行者同士の接触時間を指標として検証する。

(1) エレベーター利用の想定

オフィス通勤者のうち地下歩行者通路からのオフィス通勤者について、地下1階と1階の配分割合を70:30、85:15、100:0の3パターン想定する。70:30は地下1階から1階へのエスカレーター容量を最大限活用した場合の比率、85:15は70:30と100:00の中間値として想定する。なお、エレベーターホール内での待機中は歩行者同士の間隔を1m以上に保ち、エレベーターは計画された平均運転間隔での運用を前提とする。

(2) 接触時間の検証

接触時間について、地下1階と1階の配分割合の異なる3パターンの計測結果を比較する。表-4に示すように、オフィス通勤者のうち地下歩行者通路からのオフィス通勤者全てが地下1階のエレベーターを利用する場合(100:0)は、エレベーターホールにおいて消毒をするための滞留が発生するとともに平均接触時間が6秒伸びる結果となったため、地下歩行者通路からのオフィス通勤者を一定程度1階からのエレベーター利用に誘導する必要があるといえる。

表-4 エレベーター利用階の配分割合による接触時間比較

配分割合 (地下1階:1階)	平均接触時間 (地下1階・1階平均)
70:30	76秒
85:15	67秒
100:0	82秒

※消毒設備の設置位置はエレベーターホール前(計12箇所)とし、立ち寄り店舗の想定はなし

4. 店舗配置計画の検討

対象エリアのうち歩行者交通量の多い建物Bの地下1階には、複数の建物内店舗が計画されており、特に朝の通勤ラッシュ時間帯は、通勤者と店舗利用者の動線の交錯が想定される。そこで、出社時の立ち寄りが考えられるコンビニエンスストアのような店舗(以下、立ち寄り型店舗)を想定した場合の設置位置について、過密回避の観点から歩行者同士の接触時間を指標として検証する。具体的には、対象エリアのうち、建物Aよりも床面積が広く、歩行者交通量の多い建物B内の地下1階に着目し、立ち寄り型店舗の設置場所を建物B内中央付近に設置する場合と、建物A・Bを結ぶ地下通路付近に設置する場合の2ケースについてシミュレーションを実施し、接触時間の比較を行う。

(1) 店舗の想定

立ち寄り型店舗の設置場所を図-3に示す。建物B内中央に設置する場合(店舗①)、建物 A・B を結ぶ地下通路付近に設置する場合(店舗②)を設定する。店舗には、建物 A 及び建物 B へのオフィス通勤者の 10%が 3分滞在(店舗内に常時約 40人が滞在する程度)すると仮定する。

(2) 接触時間の検証

接触時間について、建物B内中央に設置する場合と建物 A・B を結ぶ地下通路付近に設置する場合での計測結果を比較する。表-5に示すように、建物 A・B を結ぶ地下通路付近に設置する場合(店舗②)、建物 B 内中央に設置する場合(店舗①)と比較して西側エントランスから店舗に立ち寄る歩行者の歩行距離が長いことから接触時間が伸びる結果となり、接触時間の観点から、立ち寄り型店舗は建物B内中央に設置することが望ましいといえる。



図-3 立ち寄り型店舗の設置位置

表-5 立ち寄り型店舗配置による接触時間比較

立ち寄り型店舗設置位置	平均接触時間 (地下1階平均)
店舗なし	65秒
建物内中央(店舗①)	63秒
建物同士を結ぶ地下通路付近(店舗②)	67秒

※消毒設備の設置位置はエレベーターホール前(計12箇所)とし、オフィス通勤者のエレベーター利用割合は地下1階:1階=70:30、立ち寄り店舗の想定はなし。

5. サインによる誘導計画の検討

前項までに実施したシミュレーションにおいて特に混雑がみられた箇所について着目し、歩行者交通の分散を目的としてサインによる誘導計画の有効性について歩行者同士の接触時間及び歩行者密度を指標として検証する。

(1) 対象箇所及び誘導計画の想定

対象箇所は、建物B内地下1階の図-4に示すエリアとする。そのうち混雑がみられたエリアBの通過者について、エリアAへのサインによる誘導を想定する。具体的には、エリアA・Bの通過者が同数になるよう歩行者数及び歩行者経路を設定する。

(2) 接触時間の検証

エリア A・B 通過者の対象箇所内での接触時間について、誘導なしの場合と、サインによる誘導を想定した場合での計測結果を比較する。表-6に示すように、サインによる誘導を想定した場合、接触時間が3秒短縮した。

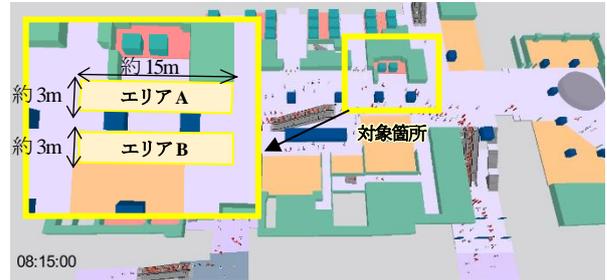


図-4 サインによる誘導の検討箇所

表-6 誘導の有無による接触時間比較

誘導の有無	平均接触時間 (A・Bエリア平均)
誘導なし	12秒
サインによる誘導計画を想定	9秒

※消毒設備の設置位置はエレベーターホール前(計12箇所)とし、オフィス通勤者のエレベーター利用割合は地下1階:1階=70:30、立ち寄り店舗の想定はなし。

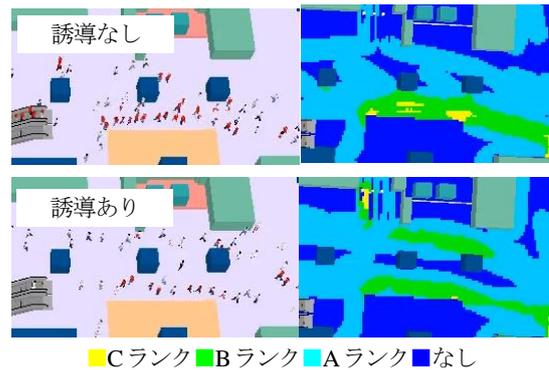


図-5 エリア A・B の3Dモデル(左)とサービス水準(右)

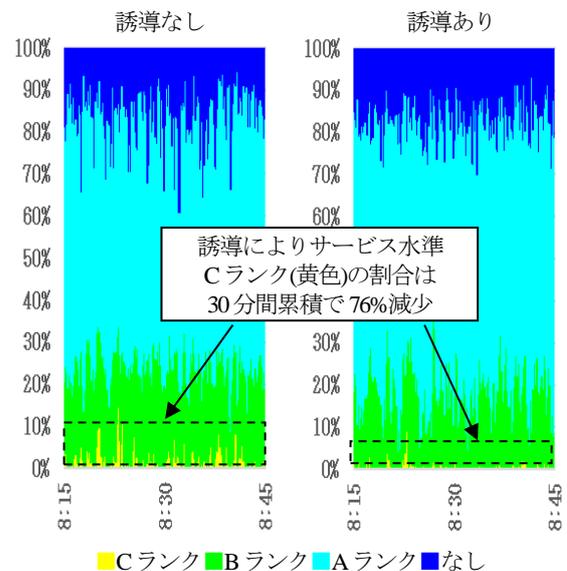


図-6 エリア A・B のサービス水準Cランクの占める割合の推移

(3) 歩行者密度の検証

歩行者密度について、誘導なしの場合と、サインによる誘導を想定した場合での計測結果を比較する。図-5に示すように 10 秒ごとに算出した歩行者密度の平均値をもとに、エリア A・B 内でサービス水準（10 秒平均）が C ランクの占める割合を 30 分間累積し比較した。サービス水準 C ランクの占める割合の 30 分間累積値を図-6に示す。サイン計画等による誘導を想定し、混雑エリアを通過する利用者の分散を図ることによりサービス水準 C ランク（歩行がやや困難）の出現割合が 7 割程度減少したことから、誘導は混雑緩和に効果的であるといえる。

6. まとめ

本研究では、消毒等の実施による地下歩行者通路や建物内の混雑状況の変化を動的シミュレーションを用いて分析することで、過密を回避する誘導の必要性及びその効果の検証を行った。

消毒設備設置位置の検討では、建物内オフィスへの通勤者が利用するエレベーターホール前に設置する場合とエントランスに設置する場合の歩行者同士の接触時間を比較し、過密を回避するという目的から考えると、消毒はエレベーターホール前で行うことが望ましいことを把握した。

オフィス通勤者のエレベーター利用フロアの検討では、エレベーター利用の配分割合を変動させ接触時間を比較することで、過密回避の観点から地下歩行者通路からのオフィス通勤者を一定程度 1 階からのエレベーター利用に誘導する必要があることを把握した。

店舗配置計画の検討では、立ち寄り型店舗の設置位置による接触時間を比較し、対象エリア内の建物については、立ち寄り型店舗を建物内中央に設置することが望ましいことを把握した。

サインによる誘導計画の検討では、混雑エリアを通過する利用者の分散を図るためのサイン計画による誘導を想定し、誘導の有無による接触時間及び歩行者密度を比較することで、誘導は混雑緩和に効果的であることを把握した。

今後の展望としては、以下の三点が挙げられる。第一に、今回検証したそれぞれの過密回避策の効果の大きさを定量的に比較することで、より効率的で安全な方策を検証する点が挙げられる。第二に、本研究の結果を建物運用計画に活用するという面から考えると、例えば図-7に示すように、混雑エリアの解消に向けた歩行者の適切な誘導を実現するための建物内サイン計画検討への反映などが一例として挙げられる。最後に、今回用いた解析手法を応用することで、大規模な建築物における混雑状況

を平面的かつ動的に把握するだけでなく、通過歩行者の少ないエリアでの仮設店舗の設置やイベント利用といったにぎわい空間としての利活用に反映するような、歩行者流動と空間利用を効果的に結びつける取組みの必要性も、今後の展望として示唆された。



図-7 誘導計画や店舗配置のイメージ

参考文献

- 1) 森田泰智, 森地茂, 伊東誠: 都心の都市開発に伴う鉄道駅の混雑に関する研究, 土木計画学研究・講演集, No.45, 10pages, 2012.
- 2) 独立行政法人都市再生機構: 都市開発と鉄道のリニューアル - 東京の国際競争力強化に向けて -, 2013.
- 3) 交通政策審議会: 東京圏における今後の都市鉄道のあり方について (答申), 2016.
- 4) 鈴木章悦, 日比野直彦, 森地茂: 都市開発による鉄道駅の混雑と施設容量に関する研究, 運輸政策研究, Vol.15, No.3, 2012.
- 5) 森田泰智: 都市開発と駅整備の整合性に関する研究 - 現行制度の問題点と改善方策の提案も踏まえ -, 運輸政策研究, Vol.16, No.4, 2014.
- 6) 塚口博司, 大橋祐貴: 大規模地下街における歩行者の経路選択行動分析土木計画学研究・論文集 Vol25, No.3, pp.615-622, 2008.
- 7) 岸良和, 竹市尚広: 滞留の生成・連鎖の発生を制御したスタジアムの群衆避難安全設計, 日本建築学会計画系論文集, 82 巻, 739 号, pp.2173-2183, 2017.
- 8) 山本昌和, 石突光隆, 青木俊幸: 駅における歩きにくさを可視化した旅客流動シミュレーション, 鉄道総研報告, 巻 23 号, pp.59-64, 2009.
- 9) 奥ノ坊直樹・池田直紀・庄志強・花上美津江・山下良久・鶴池康介: 歩行者ミクロシミュレーションを用いた駅構内旅客流動分析に関する研究, 土木計画学研究・講演集, No.47, 3pages, 2013.
- 10) 大西正輝: 大規模イベントにおける人流解析 - with コロナ社会に必要とされる研究課題 - (オペレーションズ・リサーチ 8月号, Vol.65, No.8, pp.439-444, 2020).
- 11) 磯崎勝吾・中辻隆: Social force model を基にした歩行者の避難シミュレーションモデルに関する研究, 土木学会北海道支部論文報告集, 第 66 号, D-3, 2009.
- 12) 国土交通省都市局都市計画課: 大規模開発地区関連交通計画マニュアル改訂版, 2014.

(2021.10.1 受付)