

ミクロシミュレーションを用いた 駅前広場の歩行者空間設計に関する研究

稲田 健人¹・本川 晃楽²・森本 章倫³

¹学生会員 早稲田大学大学院 創造理工学研究科 (〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1)

E-mail: ke-inada@akane.waseda.jp

²学生会員 早稲田大学 創造理工学部 (〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1)

E-mail: akiramtkw@toki.waseda.jp

³正会員 早稲田大学 理工学術院 (〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1)

E-mail: akinori@waseda.jp (Corresponding Author)

近年我が国の駅前広場においても歩行者空間を拡大しようとする動きが見られる。しかし現状の我が国においては人中心の駅前広場を実現するための明確な設計基準はみられない。そこで本研究では、歩行者シミュレーションを用いることで人中心の駅前広場に関して定量的な評価を行うことを目的とする。まず従来の駅前広場の設計手法や人の密度に関する指標に関して整理し、駅前広場の空間を通行・滞留機能に着目して分類を行った。それらを踏まえ歩行者シミュレーションを実行することで、歩行者空間全体面積と滞留空間面積の関係を定量的に示し、快適な滞留のために必要な歩行者空間の面積を提案した。またケーススタディを実施し、同一面積でも歩行者空間の形状が変わればより多くの滞留空間面積を確保できる可能性を示した。

Key Words: station plaza, pedestrian space, pedestrian simulation, staying space, passage space

1. はじめに

(1) 研究の背景・目的

近年、我が国においても歩行者を優先とした人中心の交通まちづくりの必要性が議論されている。特に駅前広場においては、従来は円滑な交通処理の実現を重視した設計が多かったものの、最近では滞留空間の拡大やトランジットモールの導入など、歩行者や公共交通を優先させた取り組みも広がっている。

また自動運転技術や情報通信技術の発展によって、ショットガン方式の導入といった車両待機スペースの合理化など、将来はより駅前広場の車両空間を小さくすることができると思われている^{注1}。それに伴って歩行者空間を広げていく動きが更に進んでいくと考えられる。

しかしながら現在の日本において、人中心の駅前広場を実現するための明確な基準や評価指標はまだみられない。駅前広場設計のために現在主に使用されている面積算定式(98年式)は、交通空間は原単位をもとに計算されることになっている。一方で歩行者の滞留空間などが含

まれる環境空間については、交通空間に対する一定比率を確保するものとされているのに留まり、歩行者空間の設計に関する検討はあまりなされていないのが現状である。

また、駅まちデザイン検討会^{注2}は将来の駅周辺空間に求められる新たな視点として積極的なオープンスペース確保の必要性を述べている。ただ現状は方針が示されている程度に留まり、定量的な検討はあまり行われていない。

そこで本研究では、駅前広場の歩行者空間についてシミュレーションを用いることで定量的な評価を行い、人中心の駅前広場設計に資する知見を得ることを目的とする。

(2) 既存研究の整理

本研究に関連する既存研究を「駅前広場の計画手法・空間に関する研究」と「歩行者シミュレーションを用いて都市空間を分析した研究」に分けて整理した。

a) 駅前広場の計画手法・空間に関する研究

駅前広場の計画手法に着目した研究は従来から多く見られる。小滝ら¹⁾は、地方都市中心駅の駅前広場の整備実態を調査し、広場の計画手法と容量不足の関係について分析している。地方都市の駅前広場の容量不足の原因として一般車の駐停車が大きな要因であることを挙げている他、新たな交通モードに対応した広場規模を考察することの必要性を指摘している。

また、駅前広場の空間の使われ方に着目した研究も多く見られる。船曳ら²⁾は駅周辺広場における利用者の観察調査を通じて、停留・滞留行動の特徴を分析した。滞留行動が発生する位置は空間の構成要素である時計台や階段付近、あるいはベンチや段差などの座ることができる場所に集中すること、滞留行動より停留行動の方が行動発生位置の範囲が広がることなどを明らかにした。

b) 歩行者シミュレーションを用いて都市空間を分析した研究

歩行者シミュレーションを用いた研究は、避難誘導に関するものが多く見られる。中村・小池³⁾は名古屋のセントラルパーク地下街を対象地として、現地調査で得た来街者などのデータをもとに歩行者シミュレーションを行った。誘導がない場合は数カ所の階段付近で滞留が発生するが、適切な避難誘導を行うことで滞留を回避し、来街者全員を3分未満で地上へ避難させることが出来ることを示した。大佛・守澤⁴⁾は大地震発生後を想定し、火災の延焼や建物の倒壊による通行止めなどによって変化する人間の行動を記述するシミュレーションモデルを構築した。東京都世田谷区を対象とした数値シミュレーションを行い、移動者と帰宅者の存在を考慮することの必要性や物的被害モデルと一体化することの重要性を検証した。

(3) 本研究の位置づけ

前節で述べたように、駅前広場の車両空間の設計手法や整備状況を考察した研究、歩行者空間の利用状況の現状把握を行った研究などは見られる。しかしながら駅前広場の歩行者空間に求められる大きさや機能を定量的に分析した研究は見られない。また都市空間を対象に歩行者シミュレーションを行った研究は主に災害時の避難を想定したものが多く、駅周辺空間の日常的な人流に関するシミュレーションはあまり見られない。

したがって、日常的な駅前広場の歩行者空間において、シミュレーションという定量的な手法を用いて分析する点に本研究の新規性がある。

(4) 研究の流れ

本研究の流れを述べる。まず駅前広場の設計を考えるにあたり、従来の駅前広場の設計手法や歩行者空間がどのように扱われているかを整理する。また歩行者空間が

人中心かを評価するための指標をまとめる。それらを踏まえ駅前広場の歩行者シミュレーションを実行し、快適な滞留空間を実現するために必要な歩行者空間全体面積の大きさなどについて分析を行う。最後に対象地におけるケーススタディを行い、実際の設計で歩行者シミュレーションを用いることを想定した分析を行う。

2. 駅前広場の設計手法の整理

(1) 従来用いられてきた面積算定式について

駅前広場を設計する際に必要な面積を検討する手段として、これまでにいくつかの面積算定式が提案されてきた。その中でも駅前広場研究委員会による研究成果⁵⁾として1953年に作成された「28年式」と呼ばれる式が初期の代表的な算定式である。28年式は鉄道駅の乗降人員のみを説明変数として面積を算出するもので、計算が容易であるため長く使われた。しかし鉄道利用者の増加や駅周辺の市街化に伴い、駅ごとに異なる要素に対応出来るような式が求められるようになった。そこで、駅前広場における各要素について面積を求め、それらを積み上げることで全体面積を求める積み上げ式と呼ばれる方式で、小浪式と昭和48年式が作られた。

その後、交通結節機能だけでなく、都市の広場機能にも着目した式として、駅前広場計画指針⁶⁾において新たな面積算定式がまとめられた。この式が98年式と呼ばれる。

このように、駅前広場の算定式は時代のニーズにあわせて改訂を繰り返して現在に至る。近年では賑わいや憩い空間の重要性が指摘されているものの、現状の駅前広場の多くは交通処理機能を重視したものとなっている。

(2) 98年式における歩行者空間の扱われ方

現在よく用いられる98年式の計算方法の概略を図-1



図-1 98年式の計算方法の概略図

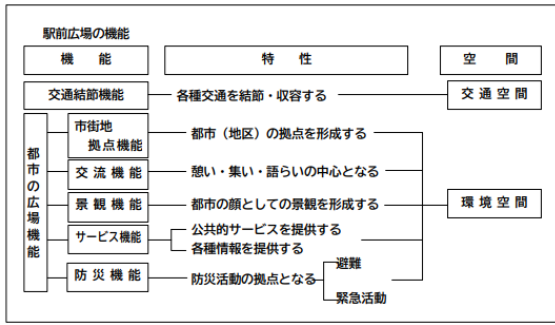


図-2 駅前広場の機能について
(駅前広場計画指針⁶⁾より)

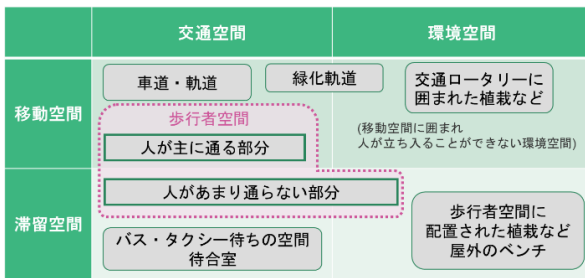


図-3 駅前広場の機能の分類

に示す。98 年式において駅前広場の面積は、それぞれの交通機能に必要な面積を計算で求め、環境空間機能のために必要な面積を追加することで求められる。広場全体の面積に対して、確保すべき環境空間面積の割合を環境空間比と呼び、現状の標準値は 0.5 となっている。ここで環境空間とは図-2 に示すとおり交流機能・景観機能・サービス機能といった、交通機能以外の様々な機能を受け持つ空間の総称である。

98 年式で歩行者空間と関係のある部分は図-1 においてピンク色で示した部分であり、まず交通空間面積の項の 1 つである「歩道面積」が挙げられる。これは乗り換えなどで広場を移動する歩行者が円滑に通行するために必要な面積を計算した項であり、ピーク時の各交通モードの利用者数と徒歩利用者数などに基づき計算される。また各種乗降場関連面積の項の中には車両を待つための滞留スペースが含まれている。一方で待ち合わせや休憩のために滞留するための空間は環境空間の面積の一部に含まれているが、明確には定まっていない。

このように 98 年式では交通機能がそれ以外の機能というように車両ベースの分類となっていて、歩行者のための空間はバラバラに考えられている。

(3) 移動・滞留に着目した歩行者空間機能の整理

しかしながら、現代では滞留のための空間も明確に検討するニーズが存在する。そこで駅前広場が持つ機能を、従来の交通空間・環境空間の区別に加え、移動のための空間か滞留のための空間かについても考慮して整理を行った。その結果を図-3 に示す。

表-1 E.T.Hall による人を取り巻く領域の区分

(ゼロから学ぶ土木の基本景観とデザイン^{注3)}より)

距離の段階		距離の目安 [※]	可能な行為・関係
密接	近接相	15cm 以下	視覚よりも嗅覚や触覚の印象が強い スキンシップ可能な関係・強い抗議
	遠方相	15~45cm	すぐに・偶然、相手の体にふれられる かなり親しい関係
個体	近接相	45~75cm	手を伸ばせば相手に容易にふれられる 小声で話をするような近しさ
	遠方相	75~120cm	手を伸ばしてようやく相手にふれられる 親しい関係
社会	近接相	1.2~2.1m	相手の上半身が見える 仕事やフォーマルな会話
	遠方相	2.1~3.6m	同じ領域にいるという感じがする限界
公衆	近接相	3.6~7.5m	嫌だと思えばすぐ遠ざかれる
	遠方相	7.5m 以上	同じ領域にいるという感じはしない

※距離の目安は、フィートで示されていた値を換算

このように、移動空間・滞留空間という新たな分類によって、駅前広場の機能を 4 つに分類した。表中の行や列をまたいだ項目は、そのどちらの要素も含んだものであることを示している。ここで歩行者空間のうち人が主に通る部分というのは、人々が目的地へ最短時間で向かう際に通るような人通りの多い部分のことである。一方で人があまり通らない部分というのは、歩行者空間の端や窪みの部分など、明確に区切られてはいないものの立ち止まることのできるような箇所を指す。

将来の歩行者空間の設計を行おうとする際には、交通・滞留空間の分類だけでなく、その機能が移動・滞留空間のどちらかであるかという点も考慮すべきであると考える。本研究では、歩行者空間における移動空間と滞留空間の割合に着目して分析を行う。

(4) 歩行者空間の円滑・快適性に関する指標の整理

歩行者空間における移動・滞留者に関する指標には様々なものがあるが、ここではシミュレーションの評価に用いる指標に絞って述べる。エドワード・ホール⁷⁾は表-1 で示すように対人距離を 4 つに大別し、さらにそれぞれを近接相・遠方相に分類した。

駅前広場における滞留空間の評価を行う際には、立ち止まった状態について理論化されたこの対人距離を活用することができる。ただしこれら通行者・滞留者に関する指標は共に抽象的な要素を多く含んだものであるほか、提唱されてから年月が経っていることと、新型コロナウイルスの流行に伴い密度や対人距離の感じ方が変わっている可能性にも注意が必要である。

3. 歩行者シミュレーションの設定

(1) シミュレーションの概要

駅前広場を利用する歩行者の快適性は、歩行者空間の大きさや形状に大きく影響されると考えられる。そこで

その影響を定量的に評価するために、駅前広場における駅舎と広場外・各モビリティの乗降場までの間の歩行者行動のシミュレーションを行う。本研究では Vectorworks, Inc. 開発の汎用 CAD ソフト Vectorworks のプラグインである、A&A 社の SimTread を使用してシミュレーションを行う。SimTread はマルチエージェントモデルを採用しており、行動ルールの定義は個々のエージェントごとに行い、群集としての振る舞いはエージェントの動作の結果として現れる⁸⁾。シミュレーションの大きな流れについて図-4 に示す。

シミュレーションの対象地は JR 宇都宮駅の西口駅前広場とした。選定理由としては、地方都市の中核駅の代表であり利用者が多く都市の入り口としての機能を有していることと、LRT 導入に伴って駅前広場の再整備が予定されていることである。

(2) 入力データについて

歩行者シミュレーションを行うためには、歩行する空間の大きさや形状に関する情報と、歩行者の人数や目的

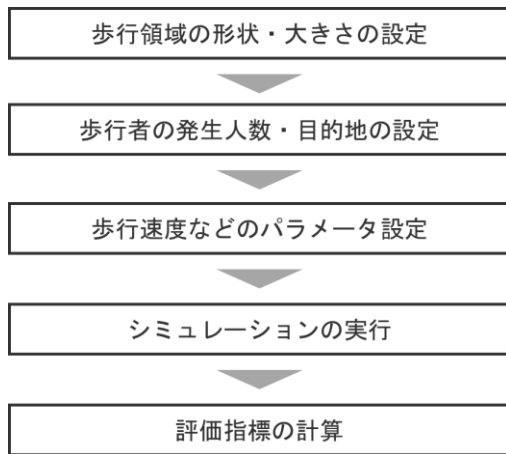


図-4 シミュレーションの流れ

表-2 現地調査の概要

調査日	2022年10月31日(月)
天候	晴れ
調査場所	宇都宮駅西口駅前広場
調査員人数	6人
測定時間	7:30~8:25 11:30~12:25
測定手段	目視によるカウント 又は動画撮影
測定方法	一人ずつ別の場所で測定 15分間測定 →5分移動 →15分間測定 →5分移動 →15分間測定 計55分の流れを2回実施

地に関する情報が必要となる。

駅前広場の大きさや形状のデータは、国土地理院の基盤地図情報に含まれる道路縁データと道路構成線データを組み合わせて作成した。植栽や階段など足りない部分については、航空写真を参照しながらデータの加工を行った。

駅前広場における歩行者の人数については、現地調査によって測定を行った。表-2 にその概要を示す。

なお現地調査の測定時間については、平成 26 年に実施された県央広域都市圏生活行動実態調査^{注 4)}から平日の JR 宇都宮駅の利用者数を 30 分ごとに集計し、朝のピークと昼の時間帯の中で利用者が多めであった時間帯を含むように設定した。

(3) 評価指標について

歩行者空間のうち滞留空間が占める面積割合によって歩行者の円滑性や快適性にどのような影響が生じるかを評価するために、次に述べる評価指標を用いる。

歩行者の通行の円滑性を評価する指標としては、それぞれの人が駅舎と各モビリティ乗り場や駅前広場外の間を移動するのにかかる時間を合計した、総移動時間を用いる。総移動時間が短くなるほど、円滑性は上がると考える。

快適性の評価については、広場内の歩行可能な空間のうち歩行者が通っていない空間を滞留可能な空間とし、その面積の大きさを用いる。具体的にはシミュレーション時の歩行軌跡の幅を 2.1m ずつ拡大し、その線が通っていない歩行者空間を滞留可能な面積とする。この大きさはエドワード・ホルの対人距離における社会距離の遠方相を参考に設定した。その上で広場内の歩行可能な空間面積に対する滞留可能な面積を算出する。

4. 滞留面積に関するシミュレーション

(1) 人数を変更した場合のシミュレーション

まず歩行者空間の形状や大きさを変更せず、朝のピーク時を想定した人数と昼時間帯を想定した人数でシミュレーションを行い、歩行人数による滞留面積への影響を比較した。その結果を表-3 に示す。

歩行者数の違いに対して滞留空間面積の大きさはあま

表-3 歩行人数と滞留可能面積の関係

	朝	昼
15分間歩行者数(人)	1,000	662
歩行者空間全体面積に対する滞留可能面積の割合	25.0%	25.8%

り変わらないことが読み取れる。すなわち、駅舎の出入口や広場の形状によって動線が決まっていれば、滞留空間面積の大きさは時間帯によりあまり変化しないことが分かった。

(2) 形状を保って拡大した場合のシミュレーション

つづいて、歩行者空間の形状は保ったまま歩行者空間全体面積を大きくしていき、滞留可能面積の大きさの変化を分析する。歩行者空間全体面積の増やし方はヨーロッパの駅前広場の事例を参考に現実的な大きさの範囲を設定した。その結果を図-5に示す。

グラフより、歩行者空間全体の面積が大きくなるほど滞留空間面積は増加していき、増加の仕方はほぼ線形であることが読み取れる。

(3) 必要滞留面積の算出と滞留面積との関係

歩行者空間全体を大きくするほど滞留空間も大きくなる一方で、過剰に大きな広場を整備することは移動の負担が増大し、整備コストも重くなる可能性がある。そこで駅前広場の利用者数から、快適な滞留に必要な歩行者面積として必要滞留面積を算出した。船曳ら²⁾の研究を参考に、駅前広場利用者の24%が2分半滞留すると仮定し、また一人当たりに必要な滞留空間は対人距離に基づいて半径 2.1m の円相当の面積とする。両者を掛け合わせることで最低限滞留に必要な面積を求め、イベントなどの用途を想定した面積を考慮して最低限滞留に必要な面積の2倍の大きさを必要滞留空間面積とした。

必要滞留空間面積を加えた歩行者空間全体面積と滞留空間面積の関係を図-6に示す。

グラフより、快適な滞留空間面積を確保するためには、歩行者空間全体面積を現状の約 1.4 倍にする必要があることが示された。

(4) 総移動時間について

歩行者空間全体面積と総移動時間の関係を図-7に示す。

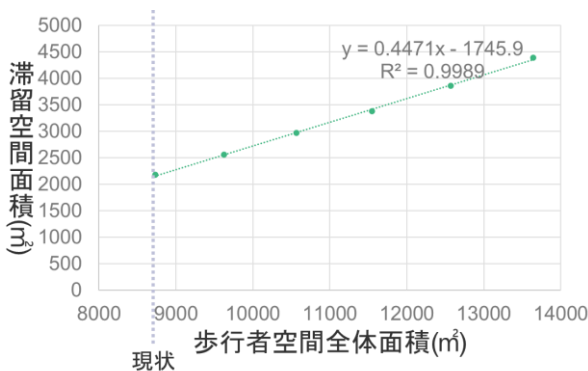


図-5 歩行者空間全体面積と滞留空間面積の関係

グラフより、形状を変化させずに歩行者空間を拡大していくと、総移動時間は直線的に増加し、移動の負担が増えることが読み取れた。

5. 将来の宇都宮駅を想定したケーススタディ

(1) ケーススタディの概要

将来の宇都宮駅を想定し、LRT の乗り場が設けられる予定がある駅前広場中央部の歩行者空間を拡大した(形状を変えた)場合のシミュレーションを行った。拡大後の歩行者空間全体面積は同程度の人口・全体面積であるヨーロッパの駅前広場の面積割合を参考に、現状に対して x・y 方向にそれぞれ 1.2 倍ずつ拡大した。

また、需要予測^{注 9)}をもとにバス利用者の一部が LRT を利用するようになるものとして、人流データを一部変更した。

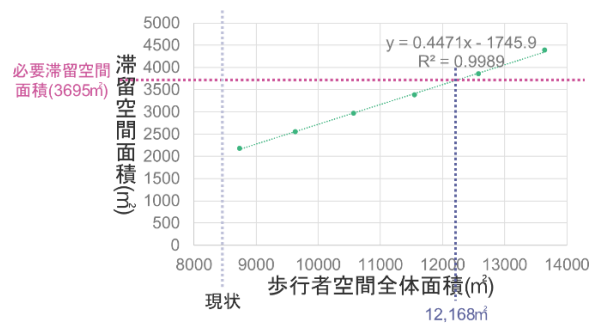


図-6 必要滞留面積と歩行者空間全体面積の関係

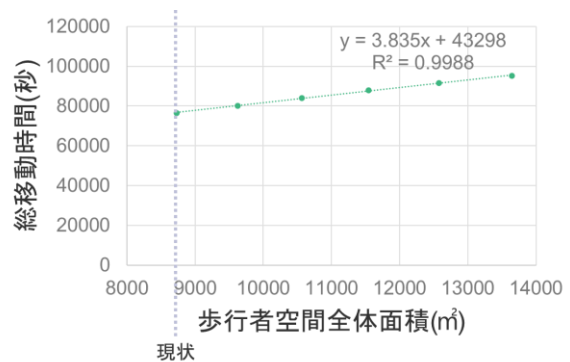


図-7 歩行者空間全体面積と総移動時間の関係

表-4 ケーススタディの結果

	形状を変えずに拡大	中央部を拡大(形状変更)
歩行者空間全体に対する滞留可能面積の割合	30.7%	36.9%
総移動時間(秒)	91,632	75,991

(2) ケーススタディの結果

中央部を拡大したケーススタディの結果を表-4 に示す。表には前章で行った形状を変えずに拡大したシミュレーションのうち、歩行者空間全体面積が同じものも比較対象として記載する。

歩行者空間全体面積が同じである場合、特定の場所を大きく拡大させた方が滞留可能面積の割合は大きくなるということが明らかになった。また総移動時間についても、広い空間を斜めに横断するようになることで移動時間が短くなるということが明らかになった。

6. おわりに

本研究で得られた知見についてまとめる。まず駅前広場の機能を従来の交通・環境空間という区別に加え、通行・滞留空間という区別による分類を行った。その中でも歩行空間の通行・滞留空間の比率に着目し、空間の大きさや形状による歩行者の快適性への影響を、シミュレーションを用いて定量的に分析を行った。その結果、歩行者空間全体面積が大きくなるほど滞留空間面積が大きくなるが、総移動時間も増加することを示した。さらに駅前広場の利用者から算出した必要滞留空間面積を組み合わせることで、快適な滞留に必要な歩行者空間全体の面積を定量的に提案した。また将来の宇都宮駅西口駅前広場を想定したケーススタディを行い、同一の歩行者空間全体面積でも歩行者空間の形状が変わればより多くの滞留面積を確保できる可能性を示した。

課題として、本研究では宇都宮駅西口駅前広場を対象としてシミュレーションを行ったが、異なる形状の広場で面積を拡大するシミュレーションを行った場合、増加の仕方が変わる可能性がある。また今後は情報通信技術の発達などにより滞留の頻度や時間といった性質が変化し、必要な滞留面積は変化する可能性に注意する必要があると考える。

NOTES

- 注1) 東京都都市整備局：自動運転社会を見据えた都市づくりの在り方，2022。
- 注2) 国土交通省 駅まちデザイン検討会：駅まちデザインの手引き，2021。
- 注3) 内山久雄，佐々木葉：ゼロから学ぶ土木の基本 景観とデザイン，オーム社，2015。
- 注4) 宇都宮市：県央広域都市圏行動実態調査，2014。
- 注5) 栃木県・宇都宮市：新交通システム導入基本計画策定調査，2003。

REFERENCES

- 1) 小滝省市，高山純一，中山晶一郎，埴正浩：駅前広場の環境空間の実態及び計画課題に関する研究—都市中心駅の駅前広場を対象として—，土木学会論文集D3（土木計画学），Vol.71，No.5，pp.I_247-I_259，2015。[Kotaki, S., Takayama, J., Nakayama, S. and Rachi, M.: Study on actual situation and planning task for environmental space of station square—Case of central station square in city—, *Transaction of the Japan Society of Civil Engineers D3*, Vol.71, No.5, pp.I_247-I_259, 2015.]
- 2) 船曳悦子，松本直司，廣澤克典，大橋怜：利用者の密度分布にみる駅周辺広場における停留・滞留特性，日本建築学会計画系論文集，第82巻，第739号，pp.2257-2266，2017。[Funabiki, E., Matsumoto, N., Hirozawa, K and Ohashi, S.: Stop/Stay properties in usage status and density distribution in public space around station, *Journal of Architecture and Planning*, Vol.82, No.739, pp.2257-2266, 2017.]
- 3) 中村栄治，小池則満：地下街での来街者調査に基づいた避難シミュレーションからの滞留者予測と避難誘導の提案～名古屋・セントラルパークを例として～，土木学会論文集F6（安全問題），Vol.74，No.2，pp.I_93-I_100，2018。[Nakamura, E and Koike, N.: Crowd congestion estimation and evacuation planning based on real number of underground mall visitors—Case study of central park in Nagoya—, *Transaction of the Japan Society of Civil Engineers F6*, Vol.74, No.2, pp.I_93-I_100, 2018.]
- 4) 大佛俊泰，守澤貴幸：都市内滞留者・移動者の多様な状態と属性を考慮した大地震時における広域避難行動シミュレーションモデル，日本建築学会計画系論文集，Vol.76，No.660，pp.389-396，2011。[Osaragi, T and Morisawa, T.: Simulation model of evacuation behavior in large-scale earthquake considering various states and attributes of people in large city, *Journal of Architecture and Planning*, Vol.76, No.660, pp.389-396, 2011.]
- 5) 財団法人都市計画協会(駅前広場研究委員会)：駅前広場の設計と費用分担率に関する研究，1952。[City Planning Association of Japan: *Study on the design and cost sharing ratio of station plaza*, 1952.]
- 6) 建設省都市局都市交通調査室監修・社団法人日本交通計画協会編：駅前広場計画指針，1998。[Japan Transportation Planning Association: *Station square planning guidelines*, 1998.]
- 7) Edward T. Hall(日高敏隆，佐藤信行)：かくれた次元，みすず書房，1970。[Edward T. Hall. (translated by Hidaka, T and Satou, N.): *The Hidden Dimension*, Misuzu Shobo, 1970.]
- 8) 木村謙，佐野友紀，林田和人，竹市尚広，峯岸良和，吉田克之，渡辺仁史：マルチエージェントモデルによる群集歩行性状の表現 - 歩行者シミュレーションシステム SimTread の構築，日本建築学会計画系論文集，Vol.74，No.636，pp.371-377，2009。[Kimura, T., Sano, T., Hayashida, K., Takeichi, N., Minegishi, Y., Yoshida, Y and Watanabe, H. :

Representation of crowd in multi-agent model - Development of pedestrian simulation system SimTread - , *Journal of Architecture and*

Planning, Vol.74, No.636, pp.371-377, 2009.]

STUDY ON PEDESTRIAN SPACE DESIGN OF STATION PLAZA USING MICROSIMULATION

Kento INADA, Akira MOTOKAWA and Akinori MORIMOTO

In recent years, there has been a movement to expand pedestrian space in station squares in Japan. However, there are no clear design criteria to realize people-centered station plazas in Japan at present. This study aims to conduct a quantitative evaluation of people-centered station plazas by using pedestrian simulation. First, conventional design methods for station plazas and indicators related to human density were organized, and the spaces of station plazas were classified with a focus on the functions of passage and retention. Based on this, a pedestrian simulation was carried out to quantitatively show the relationship between the total pedestrian space area and the area of the retention space, and the area of pedestrian space required for comfortable retention was proposed. Case studies were also carried out, showing that even with the same area, it is possible to secure a larger area of pedestrian space if the shape of the pedestrian space is changed.