

歩行及び滞留に着目した駅前広場の評価

広島大学工学部第四類
広島大学大学院工学研究院

学生員 ○岡本佳祐
正会員 塚井誠人

1. はじめに

地方都市の大規模駅は、交通結節点として在来線に留まらず、他の市内交通機関との乗り換え機能が求められる。さらに、新幹線駅と在来線が併設されている広島駅をはじめとする大規模な駅周辺では、他の交通機関の乗り換え時に待ち合わせを行う人が多いため広場に滞留する機能が求められる。

広島駅では、2009年に広島駅南口駅前広場の東側に完成したマツダスタジアムの利用客が多く通行するプロ野球の試合日は、駅前広場が大変混雑する。広場内では歩行者同士、また滞留者と歩行者の交錯が生じ、歩行者の自由度が大きく制限されている。この問題を解消するためには、駅前広場内の交通需要を把握し、さらに滞留者が歩行者に与える影響に着目した歩行空間の設計が必要となる。

本研究では、広島駅を例に、時間変動する歩行者の流動のデータを元に、余剰空間を求める。さらに、歩行者の流れを視覚化することの出来る、エクセルVBAを用いて、滞留者による歩行者への干渉を考慮した歩行空間の評価を行う。

2. 駅前広場内の当事者の滞留時間モデル

本研究では駅前広場に流出入する歩行者の滞留時間分布を表現するために、確率密度関数にワイブル分布を採用した、比例ハザード型の滞在時間モデルを用いて、歩行者流出入断面間の時間と空間を組み合わせたOD表を作成する。なお、滞在時間に影響を及ぼす共変量として経路上にあるベンチ数を用いた。

駅前広場の歩行者需要を明らかにするため、2012年7月8日(日)15:30~18:00に広島駅南口・北口広場において調査を行った。広場に入出入りする全歩行者断面(19断面)に調査員(20人)を配置し、10分ごとに断面を出入りする歩行者数を計測した。

滞在時間モデルの推定結果を表1に示す。相関係数は0.928と高く、モデルの当てはまりは良い。推定された尺度パラメータ λ 及び形状パラメータ γ をもとに、共変量を含まない生存関数を図1に、経路上にベンチ

がないときの滞在時間に関する生存関数とベンチを共変量に含んだ生存関数の比較を図2に、それぞれ示す。

同図より、南口広場に流入した歩行者の約6割は滞在時間10分以内で南口広場から流出し、残りの4割の歩行者は、10分以上南口広場に滞在していることがわかる。南口広場に10分以上滞在している歩行者は、駅前広場を単に移動空間として利用しているだけではなく、乗り換えや待ち合わせ、休息といった滞留空間として利用していると考えられる。

図2より、ベンチを共変量に含んだ場合、それを含まない場合と比較して滞在時間が10分から40分の歩行者では滞在確率が高くなり、60分を超えるとほぼ両者は同じ結果となった。また、各経路にベンチを1つずつ配置した場合の推定結果を表1に、生存関数を図3にそれぞれ示す。ベンチを各経路に配置することによって、歩行者の10分以上の滞留が起こる確率が約9ポイント上昇し、60分程度の長時間の滞在も3ポイント程度上昇する結果となった。求められたアーク交通量から、17時20~30分あたりが最も多くの交通量が見られ、2時間30分にわたって観測した全アークの交通量の10%以上を占めていることが分かった。

表1 計算結果

誤差二乗和	λ	γ	昇降回数	相関係数
6.32157*10 ⁵	0.687	0.642	0.3694	0.928

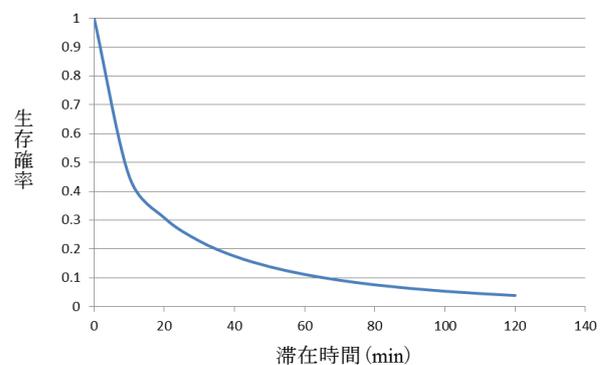


図1 歩行者の滞在時間と生存確率

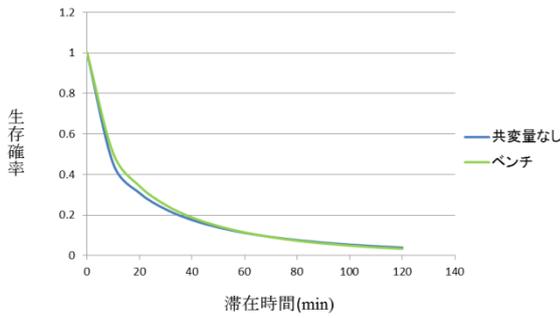


図2 共変量にベンチを含む場合と含まない場合の駅前広場内の滞在確率

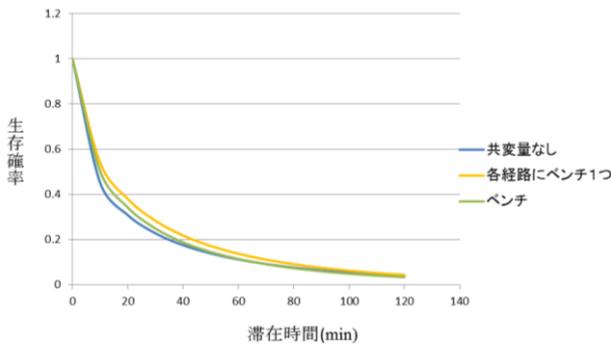


図3 各経路にベンチを1つ配置した場合の生存確率

3. 駅前広場内のリンク混雑度の算出

本研究では, Fruin が示した歩行者密度に関するサービスレベルに基づき, アーク別の評価を行う¹⁾. 図5に本研究で設定したネットワーク図を示す. Fruinによる正常歩行が可能な歩行者密度の限界は $0.4 \text{ 人}/\text{m}^2$ である. よって, その逆数として, 正常歩行時の歩行者占有面積を, $2.5 \text{ m}^2/\text{人}$ と設定する. アーク n の歩行者の空間占有率 r_n は, アークの歩行者交通量と最大交通容量の比として, 式(1)によって求められる.

$$r_n = Q_n / \bar{Q}_n \quad (1)$$

ここで, Q_n はアーク n の歩行者交通量, \bar{Q}_n はアーク最大容量である. \bar{Q}_n は Fruin の既往研究より, 式(2)より求められる.

$$\bar{Q}_n = \rho \times h_n \times v \times t \quad (2)$$

ここで ρ は歩行者密度であり, 上述の正常歩行時の歩行者占有面積として求める. h_n はアーク n の有効幅員であり, 現地調査より算出する. v は歩行者平均速

度, t は歩行時間である. 前者は既往研究を参考に設定し, 後者は観測時間間隔より 10 分とした.

双方交流となっている各アークのサービス水準については次の方法で設定した. 各アークについて, 交通量の多い歩行者流を主流, 少ない歩行者流を対向流とする. 対向流の一部が, 主流と対向流の衝突による回避行動を行い, その確率を 0.5 として, 空間占有面積を 1.8 倍 (前後 1.5 倍, 左右 1.2 倍) し, 主流とすれ違う際に 1 人当たりの歩行者占有面積が増加することを考慮した. 図5に空間占有率が 100% を超える 2 アークを示す. 図中の右端 N 点は横断歩道となっており, 調査時には警備員が配備され, 信号待ちによって歩行者流が一定時間堰き止められていた. そのため流動再開直前の歩行者密度が非常に高くなり, 歩行空間占有率(危険度)が高くなっていたと考えられる.

また図4より, ピーク時の歩行者空間占有率が 100% を超えるアーク 20, 21 では, アーク長 1m 当たりの余剰空間が 2.0m 足りておらず, 通路幅員が不足している. これらのアークは, 通路の片側がタクシー乗り場であるので, 安全性を考えた歩行空間を設計するためには, 2.0m 以上の拡幅が必要と考えられる.

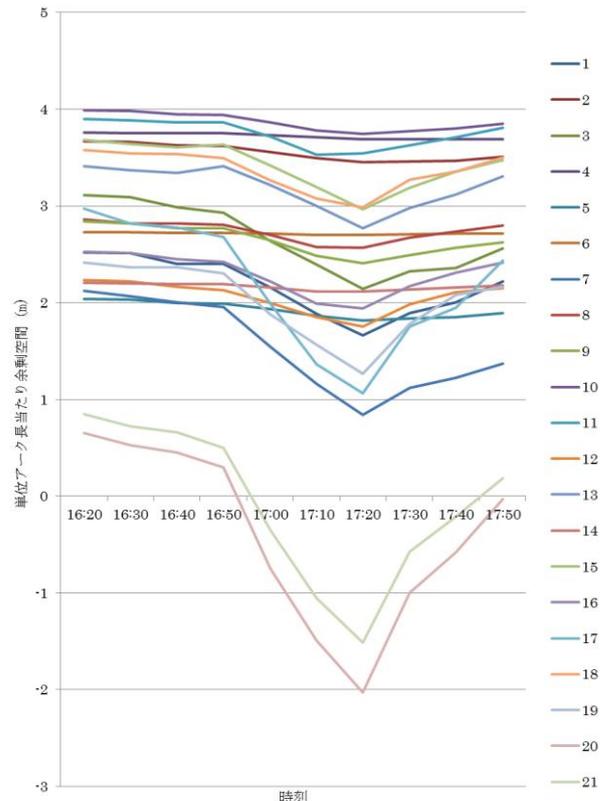


図4 単位アーク長当たりの余剰空間の時間推移

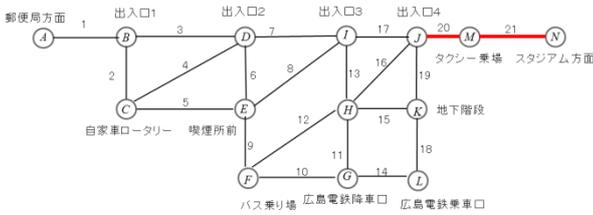


図5 南口駅前広場のネットワーク図

4. 歩行者流に関するマクロシミュレーション

本章では通路内のマイクロシミュレーションにより、歩行者の通路歩行を模した動きを再現する。既存のシミュレーションの多くは、滞留を考慮することなく移動の利便性のみに着目して、歩行空間が評価されており、上記の目的に用いることが難しい。そこで離散空間上を歩行するエージェントが、自らの周辺の歩行者配置を加味した評価値に基づいて移動方向を決定するセルラーオートマタの考え方を援用して、ビジュアルなシミュレーションを提案する。このシミュレーションでは、演算の各ステップで得られる評価値が出力される。歩行者の滞留に関しては、一定の確率で各歩行者が立ち止まる設定を加えることによって表現し、演算ステップで行われる評価値を合算することによって歩行者流動への影響を考慮する。

以下のシミュレーションでは、Excelのシートを歩行空間と見なし、シート上のセルを、歩行者を表す記号が移動することによって歩行者の流れを表現する。歩行者の動く方向の決定と表示の手順の概略は以下の通りである。

- 1) 歩行者を現在地に表示する。
- 2) 次の地点への移動フェイズとして表示されている現在の歩行者をいったん消去する。
- 3) 歩行者の移動方法を判定するアルゴリズムによって、移動方向または滞留を判定する。
- 4) (3)で決定された歩行者位置に、再度歩行者を表示する。
- 5) (2)から(4)までの手順を、通路入口に出現した歩行者が通路出口に到着するまで、繰り返す。

以上の手順から明らかなように、本シミュレーションでは、複数の歩行者が順次移動する状況を仮定しているため(1マス動くか、動かないかの判定を順に行い、それを全員について一巡させて再度次のターンの判定に入る)、歩行者が同時移動しているわけではない。解

析用通路として50×7セルの領域を考え、歩行者を24人が1セルに1人、単方向で流動するケースを想定した。移動後の方向は格子8セルについて、下記4要因から評価値を算出し、その中で最も値が大きいセルに移動するルールとした。

- 1) 自分の周囲1セルの移動後得点(方向別)
- 2) 移動先が人、もしくは壁でなければ加点。さらに評価値には、歩行者の追従と、視界中(移動後の前方)の障害物の配置によって、以下の2点を加点することとした。
- 3) 人の2つ後ろを歩くと加点(追従歩行)
- 4) 移動先の前方5セル、左右1セル内の障害物配置による得点(視界)

周囲格子8セルの得点は、前進が最も高く、斜行、横行、後斜行、後退の順に低くなるように設定した。また、乱数に基づいてその地点に停止する判定を加えることによって、一時的な滞留を表現する。歩行者が立ち止まる確率は、0~50%まで10%刻みで設定した。障害物については、なし、通路の両端に15×2セル、30×1セルの3ケースを設定した。本シミュレーションで設定した得点を表2に示す。同表において、歩行者は5点を付した中心に居る(図中黄色)。各歩行者は、上記1)~4)を移動後の得点として計算し、その中で最も値が大きいセルに移動するルールとした。なお、移動後の方向に関して選好が異なる歩行者をランダム表現するため、あらかじめ設定した移動歩行選好表の中から、乱数に基づいて個々の歩行者の性格を決定するアルゴリズムを加えた。

以上の条件で、各ケースについて10回ずつ移動後の得点を算出して、シミュレーションを行った結果を図5に示す。同図より、滞留確率が上昇すると、一人あたりの評価点が低下する。これは後続の歩行者が、滞留者を避けるために横に移動、立ち止まるという行動を選択しやすくなったためである。障害物を両端に15×2セル配置した場合の中で最も低い評価点は、最も高い評価点の約7割程度しか得られておらず、スムーズな動線確保が必要であることが分かる。

また、図6より、配置③の場合障害物がある手前のセルでの評価点が急激に下がっていることが分かる。歩行者の動きを観測したところ、テントを避けようとして通路中央に集中する先行歩行者により、通路のセ

ルが占有されていたことによって、後ろから来た歩行者が立ち止まってしまう状況が発生していた。通路出口付近で評価点が上昇しているのは、前の歩行者が通路出口から出た時点で、その歩行者を消去する操作を加えたことによって、視界の障害物がなくなり、前に進みやすくなったためと考えられる。以上より、駅前広場空間を設計する際に、滞留者による歩行者への影響は、通路幅の影響強く受けることが明らかになった。また、通路内に障害物が存在していない状況では、比較的スムーズに滞留する歩行者を避行できることが明らかになった。以上より、駅前広場内において滞留者が増加する地点では、より広場の幅員を確保する必要があることが、定量的に示された。

表2 移動先の評価点

右に行きたい人			左に行きたい人		
-1	5	3	3	5	-1
-4	-5	-3	-3	-5	-4
-8	-10	-7	-7	-10	-8

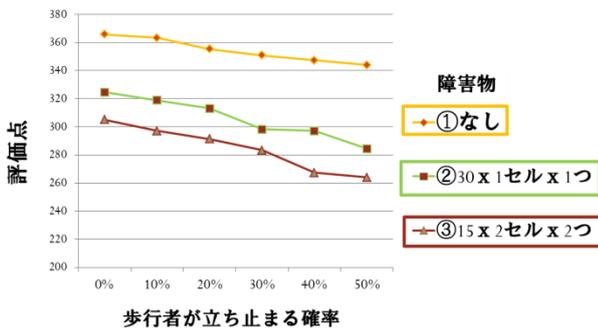


図5 シミュレーション結果(歩行者1人当たりの得点)

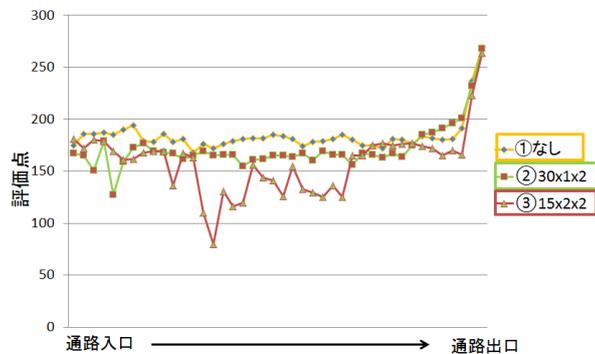


図6 出発点から到着点までの評価点の推移

5. おわりに

本研究では、駅前広場における歩行者の空間占有率及び広場の余剰空間を求め、マイクロシミュレーションを用いて歩行者への滞留者からの干渉を定量化した。

今後の課題として、滞在時間モデルでは、今回推定するにあたって用いた共変量はベンチのみであり、その他の有意に滞在時間に影響を与える変数を検討することにより、駅前広場の計画にあたっての指針が得られると考えられる。

マイクロシミュレーションでは、歩行者の移動方向に関する選好は乱数を用いてランダムに付与したが、その際の評価点の値は、研究例がなかったため妥当と思われる値を付与した。作成したマイクロシミュレーションでは評価の設定が、結果に大きな影響を及ぼす。よって実際の歩行流に関する解析を進めることによって、移動評価に関する妥当な設定を行う必要がある。また次に移動するセルを決める際に、実際の歩行者は、他の歩行者の動きを予測してあらかじめ避けるなどの先読み行動をとっていると考えられるが、現在のシミュレーションでは考慮できていない。今後は、先読みの評点を加味するように、アルゴリズムを改良する必要がある。さらに対向流を踏まえ、実際の歩行通路幅、歩行者流量に沿ったシミュレーションの開発を行い、干渉を定量化する必要がある。

参考文献

- 1) John.J.Fruin：歩行者の空間—理論とデザイナー，鹿島出版，1974
- 2) 小林有太，塚井誠人：変動する流動を踏まえた駅前広場内の歩行者混雑度の推移，平成24年度土木学会全国大会 第67回，IV-067
- 3) 岡部健次，久保貞也，岡崎一浩：新編 ITの知識と操作，創泉堂出版，2004，pp225-270