

時間変動する歩行者流動を踏まえた駅前広場空間の推計

神戸市 正会員 ○小林 有太
 広島大学大学院工学研究科 正会員 塚井 誠人

1. はじめに

地方中枢都市に立地する大規模駅の構内や駅前広場では、都市間・都市内交通機関との乗り換えばかりでなく、歩行者が快適に滞留できることが望ましい。しかし駅の歩行環境については、歩行者の経路選択や歩行動線上の交錯¹⁾などに関する研究が蓄積される一方で、滞留空間に着目した研究はあまり行われていない。

本研究では、駅前広場に流出入する歩行者に関して、その短時間の流動量の変動を踏まえて、歩行以外で利用可能な余剰空間を求める手法を提案する。

2. 調査の概要

広島駅南口広場で実施した歩行者交通量調査の概要を表-1に示す。調査時には地上および地下広場に入出入りする全断面に対して、コードンラインを設定した。

歩行者によって駅前広場が混雑している状況を観測するため、広場から東1.5kmに位置する野球場でプロ野球の試合が行われる日を調査日として、試合開始前1時間30分～開始後30分後まで、10分ごとに方向別の歩行者通行量を観測した。なお当日は、イベント開催に伴うテントの設置によって通路の幅が狭まっていた。

表1 広島駅南口広場の歩行者通行量調査

調査名	広島駅南口広場および地下広場歩行者交通量調査
日時	10月22日(土) 16:30~18:30
場所	広島駅南口広場・地下広場
方法	10分毎に断面を通過する歩行者を方向別に計測
サンプル数	612 (時間×方向別観測数)

3. 分析手法

1) 滞在時間モデルを用いた歩行者流動の推計

既往研究²⁾を参考に、時間帯別断面歩行者交通量からOD交通量を推計するため、広場内滞在時間モデルを推定して時空間OD表を作成する。広場への流入・流出地点を*i*, *j*、流入・流出時刻を*s*, *t*とすると、時刻*t*、地点*j*の流出交通量推定値 $\hat{Y}(t)_j$ は、流入交通量 $X(s)_i$ と歩行者流出地点分担率 $\hat{p}(t)_j$ を用いて、式(1)で表される。

$$Y(t)_j = \sum_s \sum_i x(s,t)_{ij} = \sum_s \sum_i X(s)_i \hat{p}(t)_{ij} \quad (1)$$

ここで、 $\hat{p}(t)_j$ は、式(2)で表わされる。

$$\hat{p}(t)_j = \hat{Y}(t)_j / \sum_{\substack{t=1 \\ t \neq s}}^m \hat{Y}(t)_j \quad (2)$$

時空間OD表は、EMアルゴリズムの手順を用いて推定する。まず、地点別・時間帯別の歩行者流入交通量と経路分担率所与として、式(1)の関係を満たす歩行者滞在時間を最小二乗法によって推定する。さらに、時点*t*において広場内に流入・滞留する歩行者が流出する地点への分担率(式(2))を用いて駅前広場内の滞在時間モデルを推定し、流入時点以降に滞留する歩行者数を求める。これらの計算は、繰り返し回数*m*、パラメータ数を*L*として、更新されたパラメータが収束条件 $(1/L) * \sum\{|b_{m-1} - b_m| / |b_m|\} < \epsilon$ を満たすまで計算を繰り返す。

2) アーク混雑度の算出

流入・流出に関わる各断面を結ぶ歩行者ネットワークを設定した上で最短経路と二番目経路をdijkstra法によって算出し、時空間ODを経路配分する。以下の分析では、設定したネットワーク上の各アークに着目し、式(3)で定義するアーク*n*ごとの歩行者空間占有率*r_n*を指標として、アーク混雑度を算出する

$$r_n = Q_n / \bar{Q}_n \quad (3)$$

ここで、 Q_n は観測時間内にアーク*n*を通過する歩行者交通量、 \bar{Q}_n はアーク*n*の最大容量である。なお、アーク*n*を通過する歩行者流のうち、交通量の多い方向の歩行者流を主流、少ない方を対向流と定義する。そのうえで、対向流の一部については、主流とすれ違う際に1人当たりの歩行空間が増大することを考慮し、歩行者密度の割り増しを行った。一方、アーク*n*の最大容量 \bar{Q}_n は、式(4)より算出する。

$$\bar{Q}_n = \rho \times h \times v \times t \quad (4)$$

ここで、 ρ は歩行者密度、*h*は有効幅員、*v*は平均歩行速度、*t*は観測間隔である。 ρ は正常に歩行可能な空間密度の上限に相当する値であり、表2に示すFruin³⁾のサービスレベルに基づいて0.4人/m²として設定した。

表2 サービスレベルと空間占有率

サービスレベル	空間占有率(%)	状況
A	0~71.4	自由歩行可能
B	71.4~100	正常歩行可能
C	100~166.7	歩行自由度低下
D	166.7~250	衝突回避困難

4. 分析結果

主流と対向流が交錯する場合、対向流の歩行面積が前後に1.5倍、左右に1.2倍されると仮定した。流入交通量が観測時間帯をまたいで滞留する状況を表現するために、生存時間分析を適用して、滞留時間モデルを推定する。経路分担率の初期値は2時間集計値から算出する。滞留時間の分布形にはワイブル分布を採用した。さらに、歩行者の滞在時間に影響を及ぼす共変量は、経路特性を表す共変量の中から探索的に求めた。

滞留時間モデルの推定結果を表2に示す。流出交通量の相関係数は0.94と高く、モデルの当てはまりは良い。昇降回数のパラメータは負であり、階段を昇降する経路利用者の滞留時間が、短い傾向を表している。

設定した駅前広場ネットワークを図1に示す。同図において、赤線で示す3アークについて、空間占有率が100%を超える時間帯がみられた。時間帯別のアーク別空間占有率の推移を図2に示す。空間占有率が100%を超えるアークは、1) 歩行者交通量が多いこと、2) 元々の幅員が狭いこと、に加えて、3) 経路上に売店などの障害物が設置されたことによって有効幅員が一層狭くなったこと、が共通する。一方で、これら3アーク以外では空間占有率が60%を下回り、余剰空間が発生していることが明らかとなった。

空間占有率が非常に高いアーク31において、混雑を解消するために必要な通路幅の拡張を検討する。アーク31は空間占有率が最大で169%となっており、歩行者の正常歩行に必要な通路有効幅員は、現在の1.69倍である。すなわち、同アークの有効幅員から求めた、拡幅量は1.38mである。

調査日のマツダスタジアムの観客動員率が6割程度であったことを踏まえると、年間ではピーク歩行者交通量が調査時点以上の値となる日がある程度出現することが予想される。一方、算出した拡幅量は、歩行者空間占有率が100%、つまり全く余剰空間が無い状態である。すなわち、ゆとりのある歩行空間を設計するためには、より大きな拡幅が必要と考えられる。

5. まとめ

本研究では、短時間間隔で収集した駅前広場の交通量データを用いて、駅前広場における歩行者の空間占有率の推移を求める手法を提案した。計算結果より、広島駅では多くの歩行路において余剰空間が生じてはいるものの、幾つかの歩行路は混雑していることが明らかとなった。調査日に行われたプロ野球の試合の観客動員率は6割程度であり、交流戦などの観客動員数が普段よりも上昇する場合には、調査日以上の混雑によって危険な状況が生じている可能性があり、対策が必要である。

今後の課題として、式(3)の歩行者交通量の算出に用

表2 滞留時間モデルの推定結果

誤差二乗和	λ	γ	昇降回数	相関係数
6.1×10^5	0.8111	0.603	-0.094	0.944

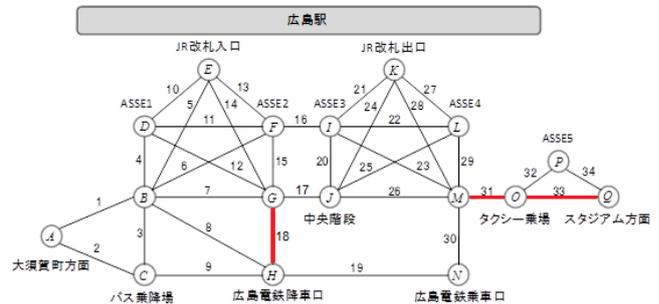


図1 広島駅南口広場のネットワーク図

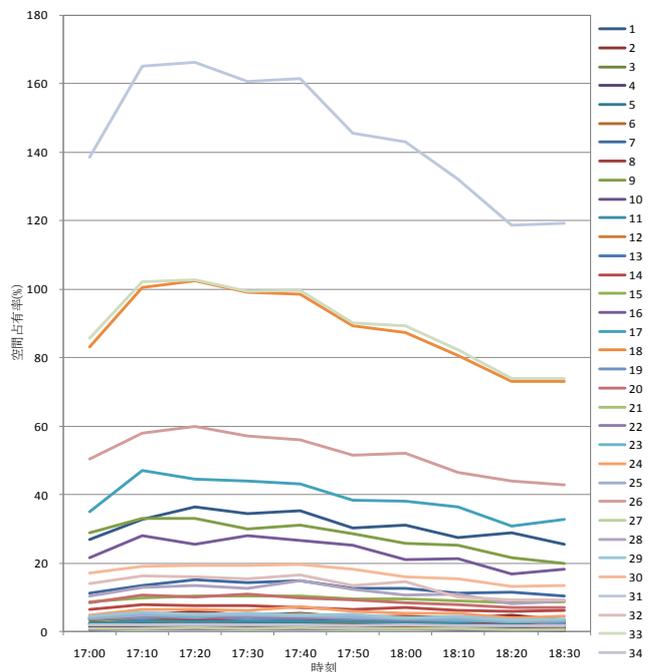


図2 アーク別空間占有率の時間推移

いる換算係数に関して、歩行者交錯実験を実施する必要がある。そのうえでアーク別混雑度を再推定し、分析精度を改善する必要がある。

参考文献

- 1) 伊藤雅, 松永弘明: 駅前広場における歩行者流動分析による乗り換え利便性の評価—広島駅南口を事例として—, 第43回土木計画学研究発表会, CD-ROM, 2011
- 2) 塚井誠人, 辻井啓, 奥村誠: 断面交通量データに基づく滞在周遊行動の分析, 第32回土木計画学研究・講演集, 2005
- 3) Fruin, J.: 歩行者の空間—理論とデザイナー—, 鹿島出版会, 1974