

京都大学工学部  
 京都大学大学院工学研究科  
 京都大学大学院工学研究科

学生員 ○吉澤 友貴  
 正会員 原田 英治  
 正会員 後藤 仁志

### 1. はじめに

本研究では群集行動シミュレータを用いて、JR 大阪駅構内の通勤ラッシュ時間帯の歩行流を再現した。また、災害等の発生により電車の運行が取り止めになった際の帰宅困難者を対象としたシミュレーションを実施し混雑状況を定量的に数値予測するとともに、混雑緩和に向けた対策について検討した。

### 2. 個別要素法型群集行動シミュレータ

群集行動予測には個別要素法ベースの群集行動シミュレータを用いる。各要素の駆動力は（人間－人間）および（人間－壁）の相互作用力と、人間要素に作用する自律歩行力、さらに視野内歩行者の先読み行動を考慮するため、追従・回避力を歩行者に与えた。基礎方程式は並進・回転の運動方程式である。

$$M_{hi} \frac{du_i}{dt} = F_{hint} + F_{aw} + F_{kaihi} \quad (1)$$

$$I_{hi} \frac{d\omega_i}{dt} = T_{hi} \quad (2)$$

ここに、 $F_{hint}$ ：要素間の作用力ベクトル、 $F_{aw}$ ：人間要素の自律歩行力ベクトル、 $F_{kaihi}$ ：人間要素間の追従・回避行動に伴う作用力ベクトル、 $u_i$ ：人間要素  $i$  の速度、 $T_{hi}$ ：人間要素  $i$  に作用するトルク、 $\omega_i$ ：人間要素の回転速度ベクトル、 $M_{hi}$ ：人間要素の質量、 $I_{hi}$ ：慣性モーメントである。

### 3. 通勤ラッシュ時の歩行者シミュレーション

シミュレーション実行に必要な境界条件を得るために JR 大阪駅（図-1）の各出入り口および外部との連絡通路において、流入・流出歩行者数を現地で計測した。計測結果を用いて実施したシミュレーションから得た、計算対象領域内の全粒子（歩行者）とその平均歩行速度の時系列を図-2 に示す。概ね 300 秒以降では粒子数・速度ともに平衡状態になったと考えられる。

シミュレーション結果の妥当性を検討するために、任意のエリアに存在する歩行者数と出入り口からの流

Yuki YOSHIKAWA, Eiji HARADA, Hitoshi GOTOH

yoshizawa.yuki.24m@st.kyoto-u.ac.jp

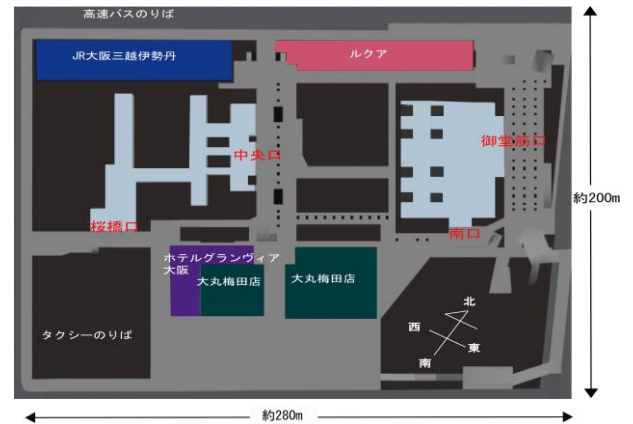


図-1 計算領域

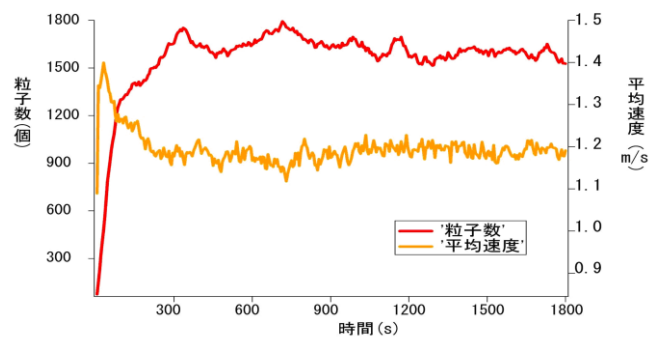


図-2 領域内粒子数および平均歩行速度

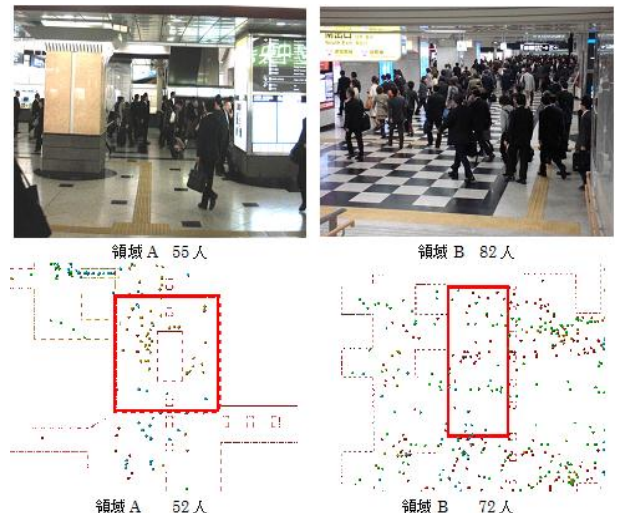


図-3 歩行者数の比較

出数を比較する。大阪駅構内の出入り口や改札付近でない領域 A と領域 B において観測された、領域内に

存在する歩行者数の平均値と、シミュレーションにおける同エリア内の平均粒子数を比較した結果、概ね良好な一致が見られた（図-3）。また、外部への出入り口における流出数の実測値とシミュレーション結果を比較すると、流出数の観点からもシミュレーション結果は実測値を概ね再現した。

#### 4. 災害発生時の歩行者シミュレーション

災害発生に伴い鉄道の運行が取り止めとなった場合の駅構内の混雑状況を検討するための数値シミュレーションを実施する。鉄道の運行取り止めに伴う計算条件の変化として、災害発生後の改札内部への入場を不可能とし、改札内部からの流入歩行者数を従来の1割とした。また、歩行者の行動に関しては、本研究では鉄道利用者は他の交通手段や徒歩による移動という選択肢を取らずに鉄道の運行再開を改札の前で待つ状況を想定することにする。待機状態を模擬するために下の式をシミュレータに導入した。

$$a'_h = \begin{cases} a_h & \text{when } dis \geq 20 \\ a_h \cdot \left(\frac{dis}{20}\right)^{1/2} & \text{when } dis < 20 \end{cases} \quad (3)$$

ここに、 $a'_h$ ：改札付近における新しい加速度， $a_h$ ：

従来の加速度， $dis$ ：粒子と最寄の改札との距離である。

シミュレーションを実施した結果、御堂筋改札口前の広場では多くの人の滞留が確認された。危険領域を定量的に把握するため、計算開始後30分の時点での領域全体での密度の分布を図-4に示すが、御堂筋口改札付近では高密度の領域が確認される。静止状態において危険な群集密度は概ね8～10人/㎡以上である。御堂筋改札付近では場所によってこの密度の閾値を超えている領域が存在しており、鉄道の運行取り止め時に



図-4 災害時の密度分布

群集流動の混雑によって危険な状況になると推測される。

御堂筋改札付近での混雑状況の緩和に向けた方策として、通路封鎖または誘導規制を想定した2つのシミュレーション（sim1・sim2）を実施した。sim1では御堂筋改札前の地下との連絡口の封鎖条件を課す。封鎖された連絡口から流入してくるはずだった歩行者は地下でつながっている他の連絡口から均等に流入してくるとする。sim2では御堂筋改札と連絡している通路の中で流入量の多い接続部から流入する歩行者に対して御堂筋改札付近から離れて別の改札方面へ向かわせる誘導を敷く。この条件で実施したシミュレーション結果のsim1・sim2の密度の分布図を図-5・図-6に示す。双方とも御堂筋改札付近に密度が8.0人/㎡を超える高密度状態は発生しておらず方策を実施する前と比較し混雑状況が改善されている。

#### 5. おわりに

本稿では個別要素法型群集行動シミュレータを用いて、通勤ラッシュ時間帯のJR大阪駅構内の歩行流を模擬し、シミュレータの妥当性を確認した後、災害発生時の混雑状況を密度を用いて定量的に評価した。さらに通路の封鎖、別改札への誘導が、混雑解消に有効な方策である結果を得た。

#### 6. 参考文献

- 1) 原田英治，後藤仁志，安藤栄祐：群集歩行シミュレータのための歩行行動モデルの改善，第30回交通工学研究発表会論文集，pp.333-336，2010。

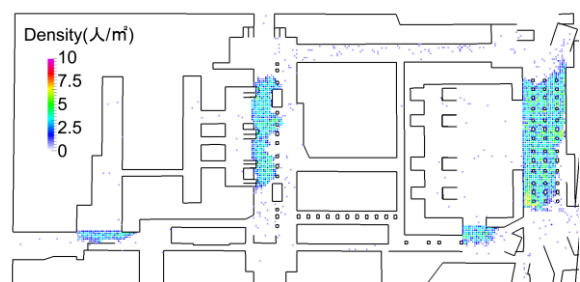


図-5 sim1の密度分布

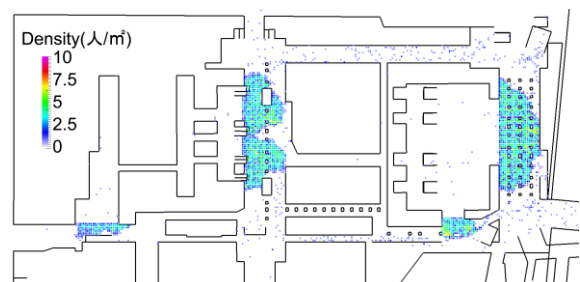


図-6 sim2の密度分布