

都市施設の安全性評価を目的とした群集挙動の解析的研究

中央大学大学院 学生会員 杉本 太一
 東京大学生産技術研究所 正会員 目黒 一郎

1. はじめに

2001年の明石市民夏祭り事故では、人間相互の圧迫により多数の死者・重軽傷者が発生した。この例のように、多くの人々が出口に向かって殺到するような状況下では、互いが押し合ったりする人間相互の力学的関係が、群集の避難行動を支配する要因の中で相対的に大きなウェイトを占めると考えられる。またこのような群集行動は、地下街や地下駅に代表されるような都市施設における火災や地震時においても発生する可能性があるため、これら群集挙動のメカニズムを予め検討しておくことが重要である。本研究では、筆者らが構築した群集行動解析モデルにより、都市空間の安全性評価、更には安全対策の検討を行うことを目的とする。

2. 解析モデル

本研究では、上記のような一人一人の人間行動の把握が可能で、かつ人間同士にかかる力を定量的に評価できる楕円形要素を用いた拡張個別要素法(EDM)¹⁾による群集行動解析モデルを構築した²⁾。本解析モデルは以下に示す人間の行動特性が表現できる。

人間相互が物理的に接触する前に接触を避けようとする行動

歩行時人間が進行方向に対して肩軸を直角にしようとする行動

人間は外力を受けない限り直進しようとする行動

歩行時に人間は壁との接触を避けようとする行動

人間は最短経路を選択しながら目的地に歩行しようとする行動

これらの再現性は直線通路とT字路における歩行解析を通じて検討され、本解析モデルが群集の行動特性を表現できるモデルとなっていることが確認されている²⁾。

3. シミュレーション結果

構築した解析モデルを用いて、明石市民夏祭り事故が発生した朝霧歩道橋を対象空間とした群集歩行解析及び、日常的に混雑が生じている都内在来線を対象空間とした地震時の満員電車内の乗客の挙動解析を行った。図1に対象空間と初期配置を示す。解析に用いるパラメータは、文献³⁾を参考に決定した。

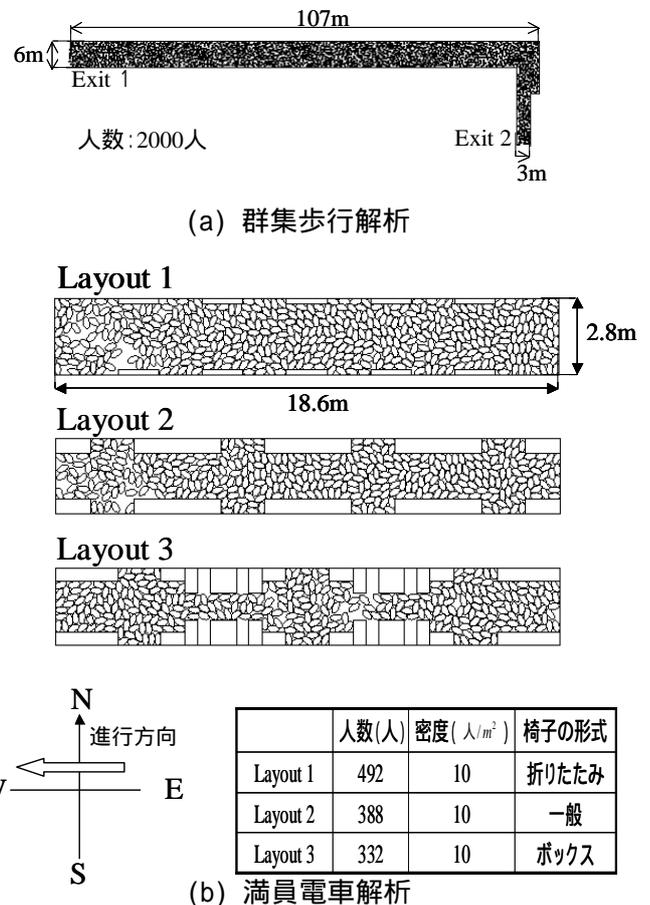


図1 対象空間と初期配置

(1) 歩道橋上の群集歩行解析

明石市民夏祭り事故では、歩行者への適確な交通整理対策が執られない状況で無制限に群集を両方向から流出させたことが、事故を発生させた主な原因のひとつと考えられている。そこで本研究では、一方向に流出する場合と二方向に流出する場合の二通りの解析を行い、流出方向規制による効果を考察する。図2は解析結果を示したものである。二方向流出では、対向流があるために空間のいたる所で滞留が起り、一方向流出と比較すると、スムーズに目的地に移動できていないことがわかる。図3は各ケースについて歩行者に作用した最大圧迫力の分布を示している。case2では、対向流が無くなるために要素相互の衝突が減少し、群集に対する圧迫力が低減されている。この結果から、群集の流出方向を規制することで、歩行者に作用する圧迫力を大きく軽減できることが確認できた。

キーワード：群集行動，個別要素法，満員電車，避難，人間行動

〒153-8505 東京都目黒区駒場4-6-1 東京大学生産技術研究所B棟 目黒研究室 Tel: 03-5452-6436, Fax: 03-5452-6438

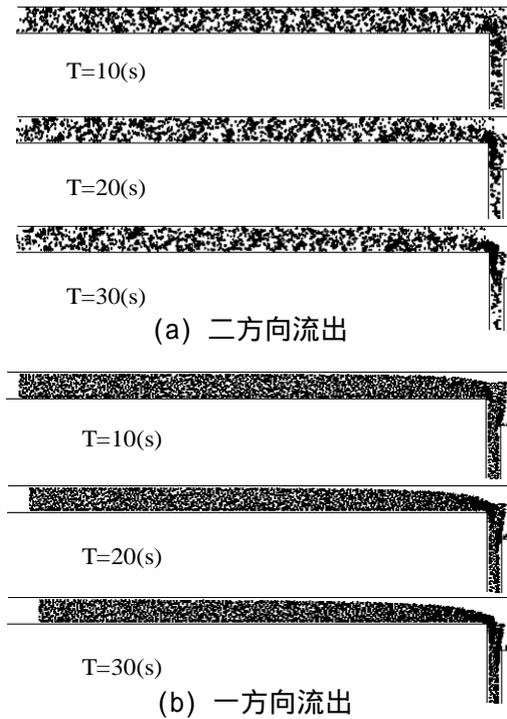


図2 流出方向規制による影響

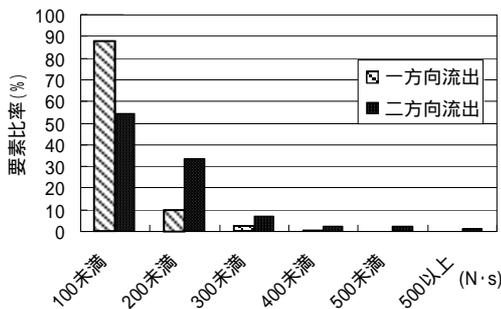


図3 最大圧迫力分布

(2) 地震時の満員電車内の群集挙動解析

1995年の兵庫県南部地震では、列車の脱線や軌道変状などの大きな鉄道被害を受けた。ただし、地震発生時刻が早朝だった関係で幸いにも鉄道利用者に死亡者はでていない。しかし地震の発生時刻が通勤ラッシュ時であった場合、鉄道被災による人的被害は甚大なものになったと考えられる。本研究では、通勤ラッシュ時に地震が発生し、強震動（神戸海洋気象台観測(1995)の揺れ）が作用する中で、70km/hで走行する列車が急ブレーキをかけた場合を想定したシミュレーションを行った。図1(b)に示すような座席レイアウトの異なる満員電車車両内の乗客の挙動解析を行い、座席レイアウトの違いが人的被害に与える影響について検討した。図4は各車両の解析結果である。Layout1では車両前方に移動する乗客の流れに抵抗するものがないのに対して、Layout2では群集の流れに対して何人かの乗客が垂直方向(NS方向)にアーチを形成して、その他の乗客の流れに抵抗している。同様に、Layout3ではボックスシート付近で形成されるアーチにより、乗客の流れが分断されている。

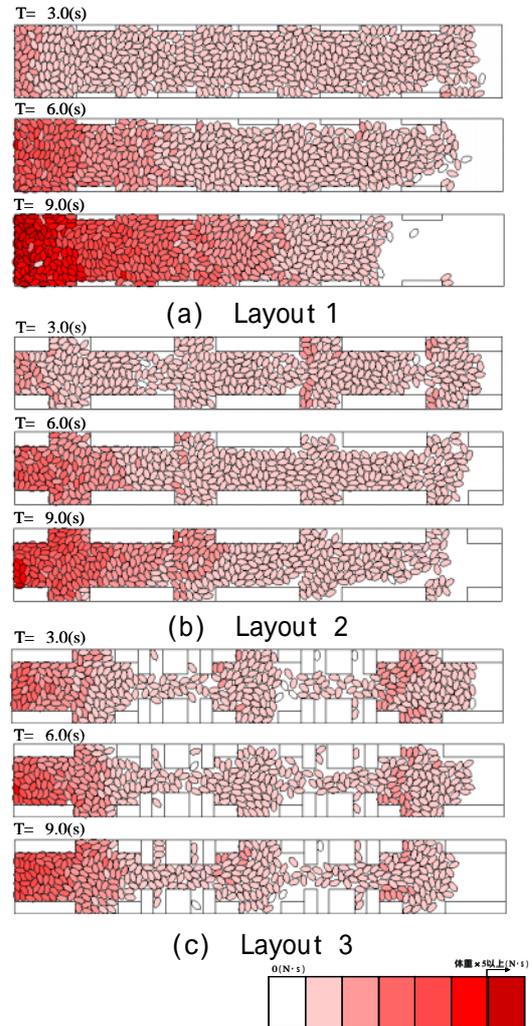


図4 座席レイアウトによる影響

以上の結果から、急ブレーキによる乗客の流れが分断される効果の大きい Layout3>2>1 の順で、乗客一人一人に作用する圧迫力が低くなっていることがわかる。すなわち、乗客の流れを分断できるように座席や吊り革をレイアウトすれば、地震時の満員電車内の人的被害を大幅に軽減できる可能性が高いことが確認された。

4. まとめ

本研究では、楕円形要素を用いて幾つかの人間の行動特性を表現できる群集行動解析モデルを構築した。そして、構築したモデルを用いて、歩道橋と都内在来線を対象空間とした群集挙動解析を行い、利用者に作用する力学的観点から都市空間の安全性評価、そして安全対策に生かすための考察を行った。

【参考文献】

- 1) 目黒公郎: 個別要素法による動的破壊解析に関する研究, 東京大学博士論文, 1991.
- 2) 杉本太一, 目黒公郎: 楕円形個別要素法を用いた避難行動解析に関する基礎的研究, 土木学会地震工学論文集, Vol27, No135, 2003.12.
- 3) 清野純史, 三浦房紀, 瀧本浩一: 被災時の群集避難行動シミュレーションへの個別要素法の適用について, 土木学会論文集, No537, 1996.