

京都大学工学部

学生員 ○徐 詩涵

京都大学大学院工学研究科

正会員 原田英治

京都大学大学院工学研究科

正会員 後藤仁志

1. はじめに

避難行動の際、目前の混雑状況が進路変更の意思決定に及ぼす影響を評価するために、CG で作成した仮想空間を用いてアンケート調査を実施した。さらに、その調査結果に基づき開発した進路変更モデルを用いて、ディアマール大阪からの避難シミュレーションを実施し、進路変更モデルを導入することの効果について検討した。

2. 個別要素法型群集行動シミュレータ¹⁾

個々の人間要素の行動は自律推進力と他の要素から受ける相互作用力、さらに視野内歩行者の先読み行動を考慮するため、追従・回避力から決定される。相互作用力の算出には個別要素法を用いている。

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

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

ここに、 F_{hint} ：要素間の作用力、 F_{aw} ：人間要素の自律歩行力、 F_{kaihi} ：人間要素間の追従・回避行動に伴う作用力、 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、 ω_i ：人間要素の回転速度、 M_{hi} ：人間要素の質量、 I_{hi} ：慣性モーメントである。

3. 進路変更モデルの開発

今回の研究では目前の混雑状況の大小に対する進路変更確率分布を知るためにアンケート調査を実施した。図-1 に示す5つの異なる混雑状況の静止画を被験者に見てもらい、どの混雑状況で進路変更するかをアンケートに答えてもらった。実施日は2013年の11月20日、12月6日、12月11日の3日間であり、対象とする被験者は京都大学の学生121人である。アンケートでは、被験者を教室に集め、混雑状況を示すCG動画をを用いて、被験者に想定状況を説明した後、混雑状況の異なる5枚の静止画を見せて、進路変更する状況の番号をアンケート用紙（図-2参照）に記入してもらう（質問1）。

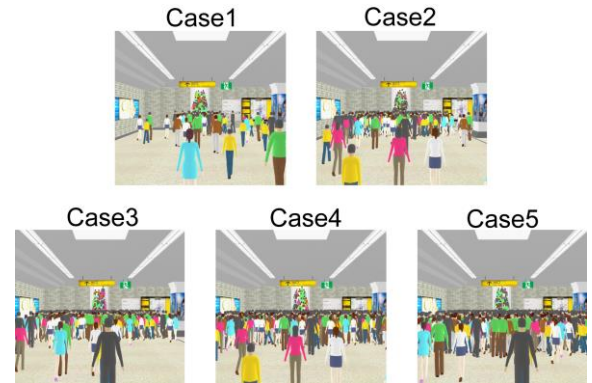


図-1 被験者に見せる5枚の静止画

アンケート用紙

性別 ☐ 男性 ☐ 女性 年齢

質問1：別の出口へ向かうと判断した段階で該当する箇所に丸をつけて下さい

1 2 3 4 5

質問2：Case3に関する情報が与えられた後、該当する箇所に丸をつけて下さい

1 2 3 4 5

ありがとうございました

Ex) Case2の状況で進路変更するなら

1 2 3 4 5

Ex) Case4とCase5の間の状況で進路変更するなら

1 2 3 4 5

図-2 アンケートの記入例

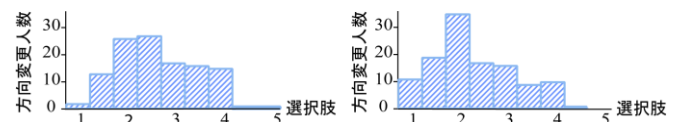


図-3 質問1と2の回答分布

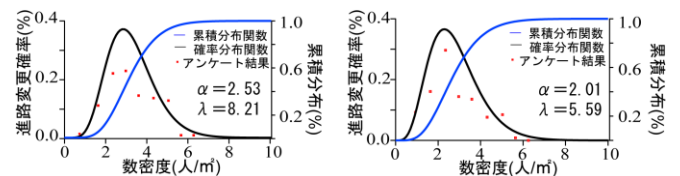


図-4 質問1と2のフィッティング結果

続いて、速度や時間、周辺の人口密度に関する定量的な情報を与えた後、再度5枚の静止画を見せて、質問1と

同じく進路変更する状況の番号を答えてもらった（質問 2）。図-3 にアンケート 1 とアンケート 2 の回答状況を示す。アンケート 1 では回答が 2 に集中しており、アンケート 2 では 2 と 3 の間に集中する。分布形状をおおむねガンマ分布であるとする。ガンマ分布の確率密度関数はガンマ関数を用いて以下のように表される。

$$f(x) = \frac{1}{\Gamma(\lambda)} \alpha^\lambda x^{\lambda-1} e^{-\alpha x} \quad (3)$$

$$\Gamma(\lambda) = \int_0^\infty x^{\lambda-1} e^{-x} dx \quad (4)$$

ここに、 λ ：形状母数、 $1/\alpha$ ：尺度母数である。平均 μ と分散 s^2 との関係：

$$\mu^2 = \frac{\lambda^2}{\alpha^2} \quad S^2 = \frac{\lambda}{\alpha^2} \quad (5)$$

よりアンケート結果の平均と分散から決定される λ と α を用いて、ガンマフィティングを行った（図-4）。

4. 仮想空間のシミュレーション

開発した進路変更モデルの効果を確認するため、図-5 に示すアンケートに用いた仮想地下空間を対象にシミュレーションを実施した。流入した要素は 8.84m 先の混雑状況から進路変更するか否かを乱数を用いて判定する。進路変更する場合は流入境界にて削除し計算領域内の群集には影響は及ぼさない条件となっている。なお、8.84m は回避・追従力に関する発現範囲であり、前方の歩行者を認識する距離である。密度計算領域は、進路変更モデルなしの計算において、避難出口付近の混雑を収容する領域を与えた。シミュレーションの結果から、進路変更モデルの導入によって出口付近の混雑状況が大きく改善されることが理解できる。

5. 大阪駅ディモールへの適用

大阪駅地下街の商業施設であるディモール大阪における地上部への避難シミュレーションを実施した。進路変更モデルを組み込まない従来モデルによる結果と質問 2 から得られたガンマ分布による進路変更モデルの結果を比較した。ディモール大阪の 2 箇所の出口付近を抽出し、密度判定領域での密度時系列を図-6 に示す。進路変更モデル組み込んだ場合、領域 1 では従来モデルと比較して高密度状態の継続時間が短くまた最高密度が小さい。一方で、領域 2 では折れ線グラフが中盤で谷を迎えた後、再び上昇する推移が確認される。時刻 $t=75s$ における領域 1 と領域 2 の出口の付近における歩行者挙動の平面プロットを図-7 に示すが、緑の長方形領域は進路変

更領域であり、またピンク色と青色の領域はそれぞれ領域 1 と領域 2 の密度判定領域である。領域 1 の混雑状況を見て、領域 2 に進路変更する人の増加が原因で領域 2 の密度が高くなることが考察される。

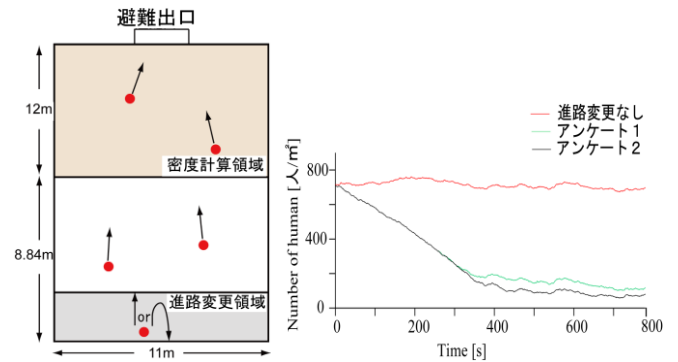


図-5 計算領域(左) 密度計算領域の密度時系列 (右)

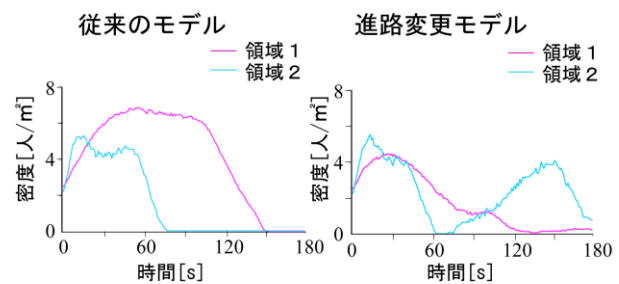


図-6 密度時系列の比較

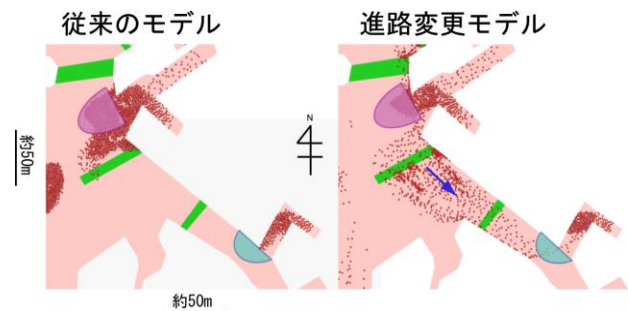


図-7 時刻 $t=75s$ の出口付近歩行者挙動

6. おわりに

本稿ではアンケート調査を基に、避難時の進路変更モデルを開発した。進路変更モデルの導入によって目今の混雑状況に対応した進路変更確率が動的に与えられるため、より現実に近い群集挙動の模擬がこの種のアンケートに期待される。

7. 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.