

第II部門 出口変更行動モデルによる群集避難過程の検討

京都大学大学院工学研究科 学生員 ○山根 輝己

京都大学大学院工学研究科 正会員 原田 英治

1. はじめに

内水氾濫による地下空間の避難過程では、避難出口の混雑状況によって別の避難出口へ変更する場合が想定される。本研究では簡易な出口変更行動モデルを提案し、既存の群集避難シミュレータに導入する。提案する簡易モデルでは、群集の出口変更挙動は簡易モデルのパラメータに依存するが、紙面の都合上、ここではモデルの特性を示すために、出口変更モデルの有無および出口変更行動に関する不確実性の考慮有無による、群集避難過程の違いを示す。

2. 計算条件と出口変更行動モデル

群集避難過程で、ある出口周辺の混雑度が増加した場合、別の出口を探す行動をとる。図1に示す計算領域を設定し、それぞれの領域に計算開始時刻 $t = 0(s)$ から $t = 150(s)$ まで $y = 0.0(m)$ から一様運動能力の避難者要素 5人が流動係数 $0.32(人/m/s)$ の一定割合で流入し、それぞれの領域の出口の中心座標（領域1では R_1 、領域2では R_2 ）を目指し避難する。出口1の幅 B_1 は $1.0(m)$ 、出口2の幅 B_2 は $0.5(m)$ とし出口1周辺で滞留が生じる条件を設定し、出口1周辺で発生する混雑を解消するため、簡易な出口変更行動モデルを提案する。そこでは、避難要素の位置 r_i から変更先出口までの距離と変更先出口付近の混雑状況に依存すると仮定し、以下の判定基準のとき出口変更が作動するとした（図2参照）。

$$|R_{12}| \geq |r_i - R_2|; |R_{12}| = |R_2 - R_1| \quad (1)$$

$$|r_i - R_1| \geq R_p \quad (2)$$

$$r_i \cdot e_y \geq Y \quad (3)$$

$$C_s \geq C_2 \quad (4)$$

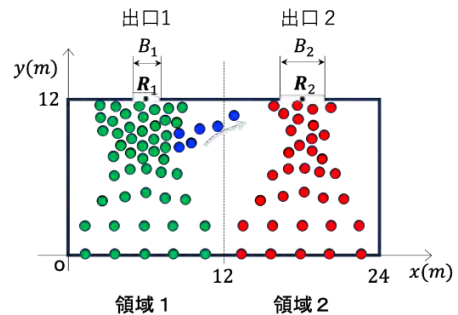


図1 計算条件

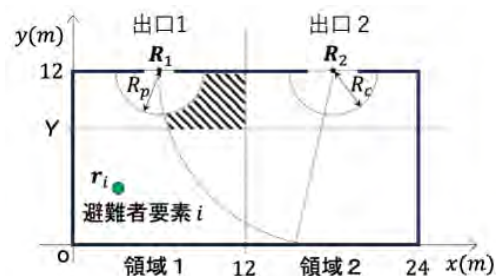


図2 出口変更行動を対象とした計算領域

ここに、 C_2 ：出口2の中止位置を中心とした半径 $R_c = 3(m)$ 内の領域における数密度、 C_s ：変更モデルが発動する数密度の閾値であり、Fruin¹⁾のサービス水準 (Level of Service :LOS) の値を用いた。なお、 $t = 100(s)$ 以降に出口変更モデルが働く。なお、出口1付近で滞留が確認できる時刻 $t = 100(s)$ 以降に出口変更モデルが発動する条件を与えた。また、出口変更挙動に関する不確実性を取り入れるため、Box-Muller 法による標準正規乱数を各避難要素に与え、0以上の値であれば出口変更モデルが有効になるように設定した。

3. 計算結果

本研究では、モデルの特性を明らかにするために、以下の3つのケースについて数値シミュレーションを実施した：出口変更行動モデルを導入しない既往モデ

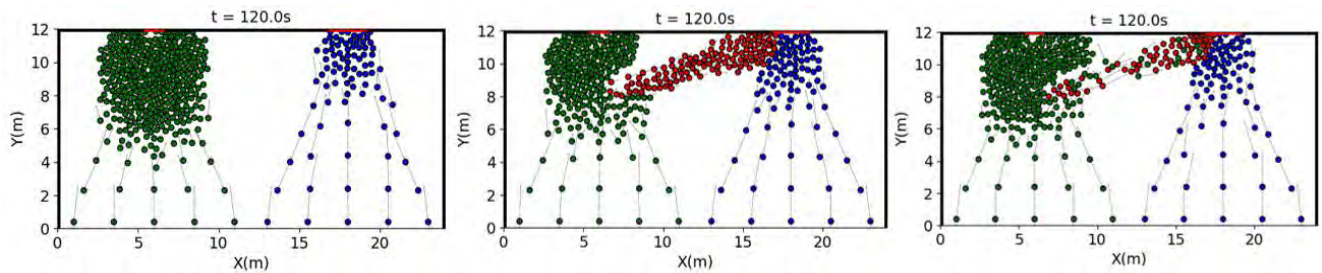


図3 代表時刻における群集避難過程のスナップショット（左：case1, 中央：case2, 右：case3）

ル (Case1, Exit unchanged) ; Case1 に出口変更行動モデルを導入した場合 (Case2, Exit changed) ; Case2 に出口変更挙動に関する不確実性を考慮した場合 (Case3, Exit changed with randomness) .

図3には、代表時刻 $t=120$ (s) における群集避難過程のスナップショットを示す。Case1では、出口変更行動モデルが導入されていないため、各避難者は初期設定された所定の出口に向かう。出口幅が狭い出口1付近では、群集の滞留が生じている様子が確認できる。

Case2では、出口変更条件を満たした避難要素が、出口1から出口2へと移動しており、変更後の出口に向かう要素は赤色で示されている。Case3では、出口変更行動に不確実性を加味しており、赤色の要素（自発的に出口を変更）に加え、それらに押し出されるようにして出口を変更した緑色の要素も観察される。こうした現象が実際に発生する可能性は完全には否定できず、決して不自然なものとは言えない。

図4は出口1および出口2の累積避難完了者数の時系列推移を示す。Case1では出口変更行動が生じないため、非効率な避難行動が見られ、避難完了にはおよそ500秒を要する。一方、Case2では出口変更により避難効率が大きく向上し、全体の避難完了時間はCase1の約5分の3に短縮されている。不確実性を加えたCase3では、避難時間はCase1とCase2の間となっており、出口変更の不確実性が避難効率の低下要因となり得ることが示唆される。

4. おわりに

本研究では、出口変更行動モデルの特徴を調査するため、Case1:出口変更行動モデルを導入しない既往モデルの場合;Case2:Case1に出口変更行動モデルを導入した場合;Case3:Case2に不確実性を考慮した場合の数値

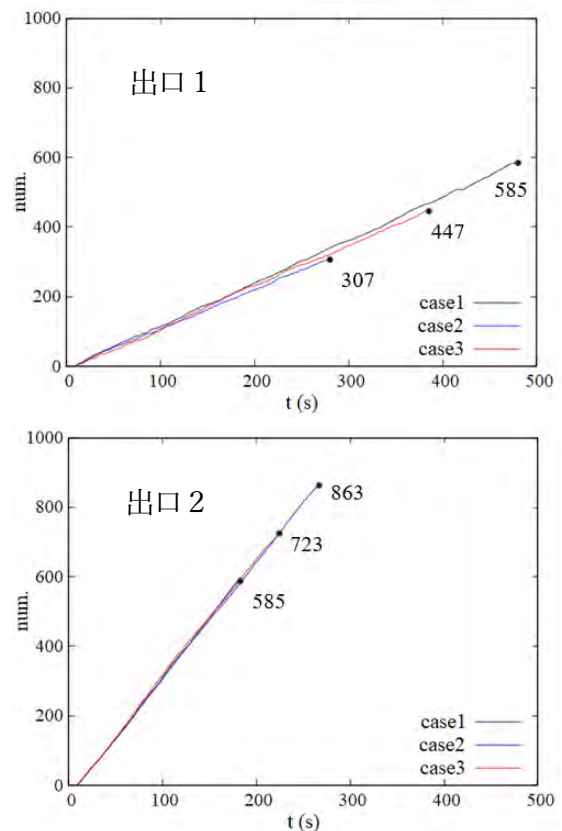


図4 累積避難完了者数の時系列

シミュレーションを実施した。その結果、出口変更行動モデルの導入することで出口周辺の混雑が緩和され、全体の避難完了時間が大幅に短縮されることが確認された。一方で、出口変更行動の意思決定に不確実性を加味したモデル (Case3) では、避難者の行動のばらつきが生じ、避難効率の低下する傾向が示された。今後は、モデルの違いが、出口付近の滞留状況の内部構造に及ぼす影響について、計算力学的な観点から検討したい。また、観測結果との比較を通じて、モデルの再現性の評価も進めたい。

参考文献

- 1) Fruin, JJ, Designing for pedestrians: A level of service concept, Mechanical Engineering, 92(12), pp.63-&, 1970.