

不均衡特性を考慮した群集挙動モデルの提案

On pedestrian flow model regarding the effect of loss aversion

首都大学東京大学院 知能機械システム学域 M2 福山 孝将 (児島研究室)

キーワード: MLDシステム表現, 群集シミュレーション, 意思決定, 出口選択

1.はじめに

人の行動を予測し解析することは、安全で快適な都市空間の構築に有用とされている。中でも退出時の出口選択行動を理解し表現することは、混雑の際、重要な指針となる。これまで確立^[1]やゲーム理論^[2]モデルが提案されているが、人間の心理的特性を反映したモデルの検討は十分に行われていない。

本研究では、以下を目的に研究を進める。

- ・プロスペクト理論を導入した群集挙動モデルの構築
- ・構築したモデルをもとに群集挙動の解析を行う

2.基本モデル

各歩行者の動きを質点で表現し、経路上の障害物や他の歩行者を回避しながら、目標点へ自立的に歩行する。

$$J = \sum_{k=0}^{N-1} \left\{ (S_{t+k} - S_f)^T Q (S_{t+k} - S_f) + u_{t+k}^T R u_{t+k} + c \varepsilon_{t+k} \right\}$$

$$\min_U J, U := \{u_{t|t}, u_{t+1|t}, \dots, u_{t+N-1|t}\} \quad \text{subj. to} \begin{cases} \cdot \text{状態方程式} \\ \cdot \text{障害物回避} \end{cases}$$

3.出口選択行動

3.1 出口の評価式

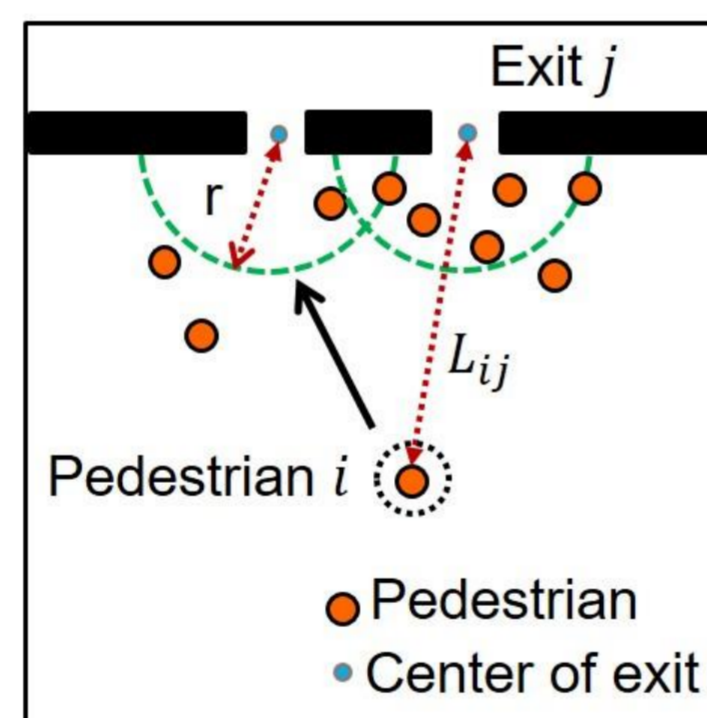
出口までの到達時間と混雑を考慮し、出口を評価。

$$C_j = \frac{L_{ij}}{v_{\max}} + T_n + T_m$$

$\frac{L_{ij}}{v_{\max}}$. . . 出口までの時間

T_n . . . 歩行者数 n 人の退出時間

T_m . . . 将来の人数 m の退出時間



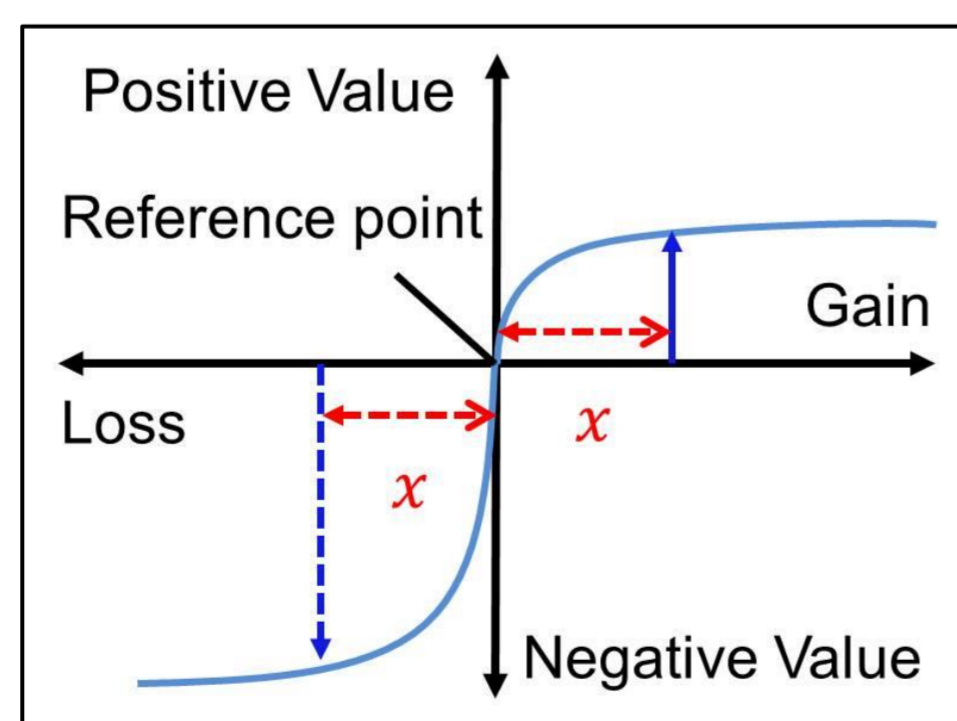
3.2 プロスペクト理論

- ・人間は不確定な要素下では、主観的な判断基準に従う。
- ・ある参照点(Reference point)を基に物事の損得を評価。

参照点: 出口周辺に存在する歩行者数 $n = 2$

$$V(x) = \begin{cases} n < 2: & (C_j')^\alpha \\ n \geq 2: & \lambda |C_j'|^\beta \end{cases}$$

$$\alpha = \beta = 0.88 \quad \lambda = 2.25$$



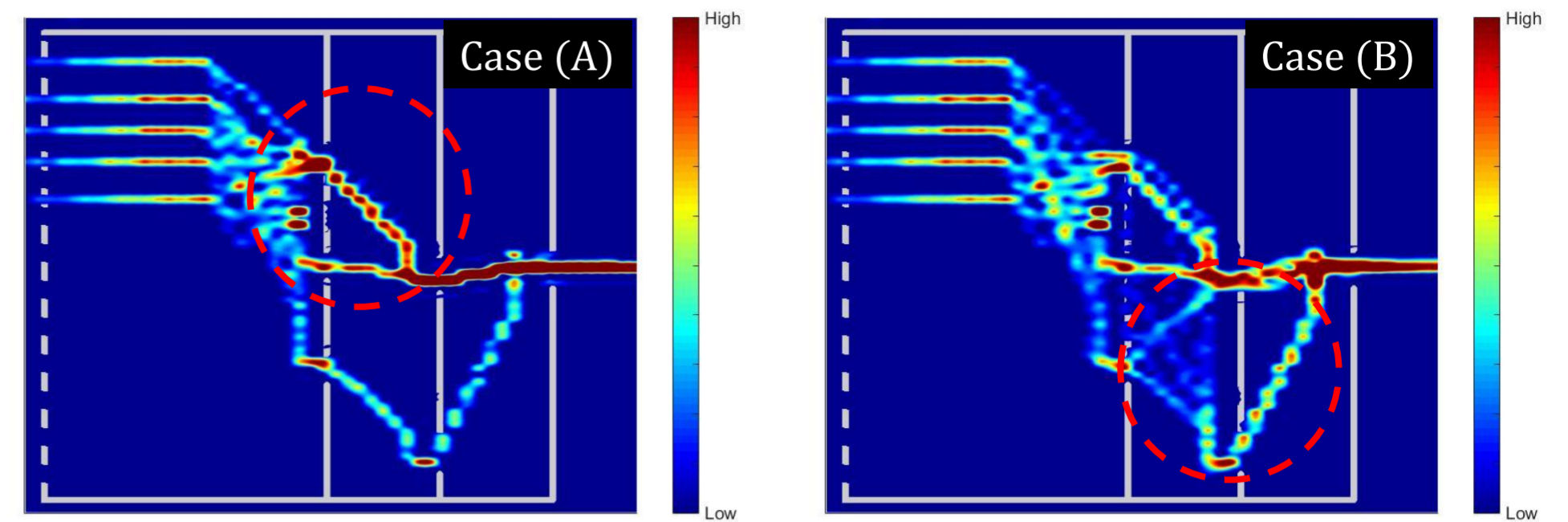
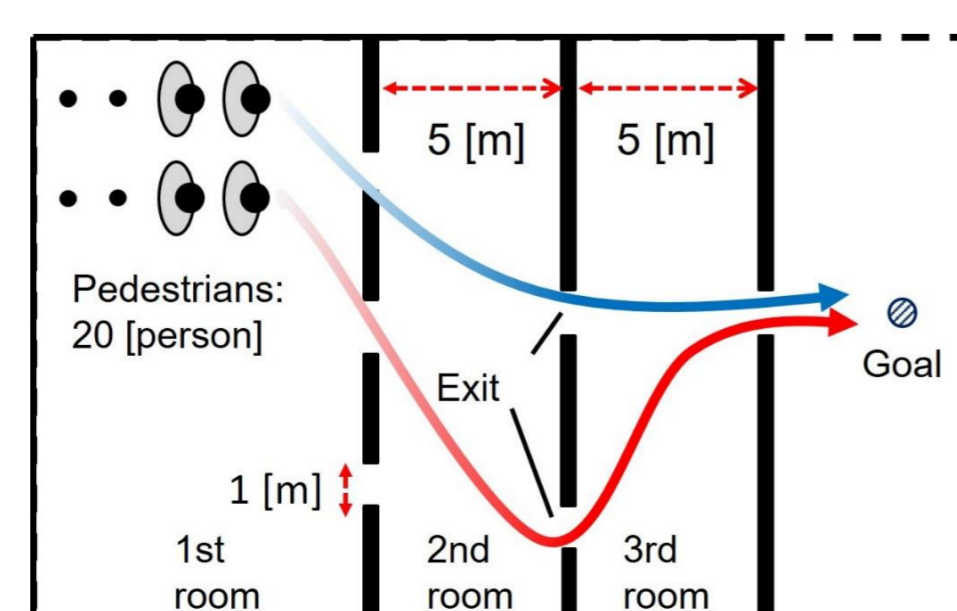
4.シミュレーション

4.1 検証シミュレーション

歩行者20人による退出シミュレーション。

Case (A): 出口の評価式

Case (B): プロスペクト理論



- ・ Case (A)は目標点に近い上側出口の密度が高い。
- ・ Case (B)では下側の出口を利用する歩行者が増加し、使用出口が分散。
- ・ プロスペクト理論を考慮した場合、歩行者は少しの混雑で遠い出口を選択。
⇒ 通路内の流動性が低下し、混雑が起きやすい状態。

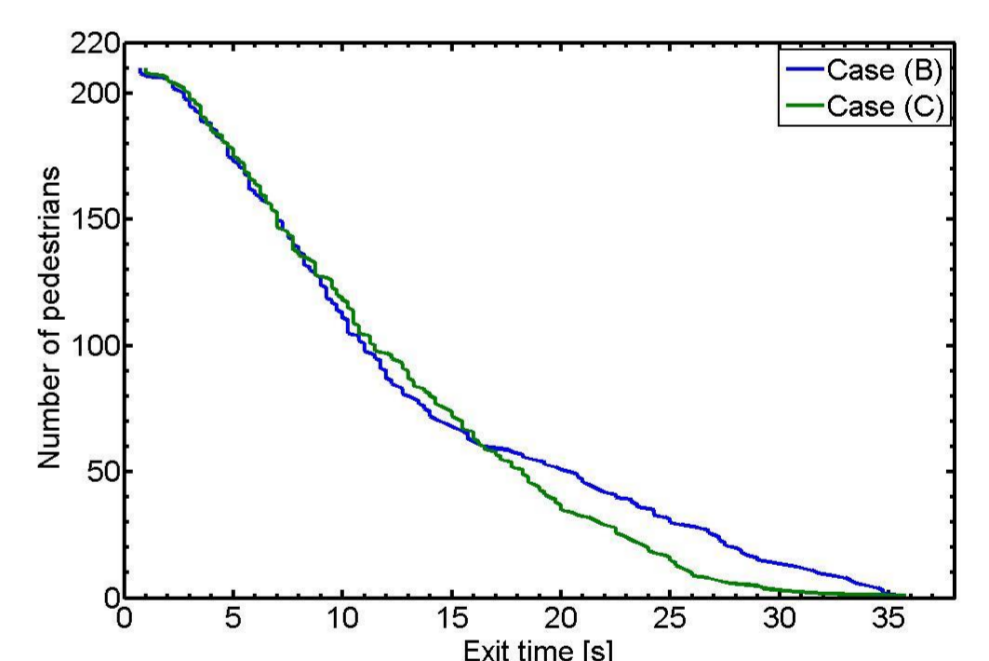
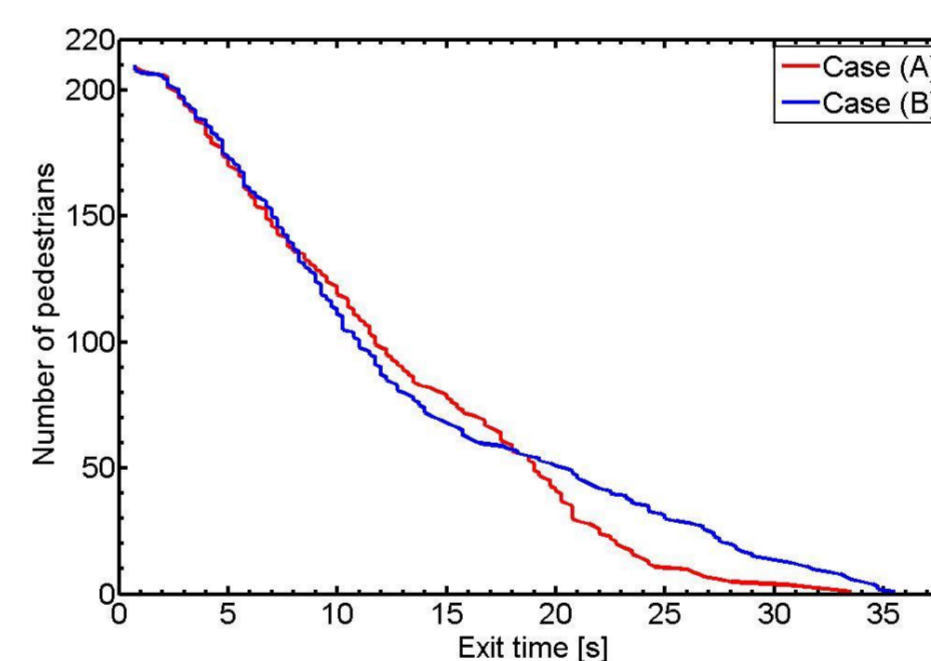
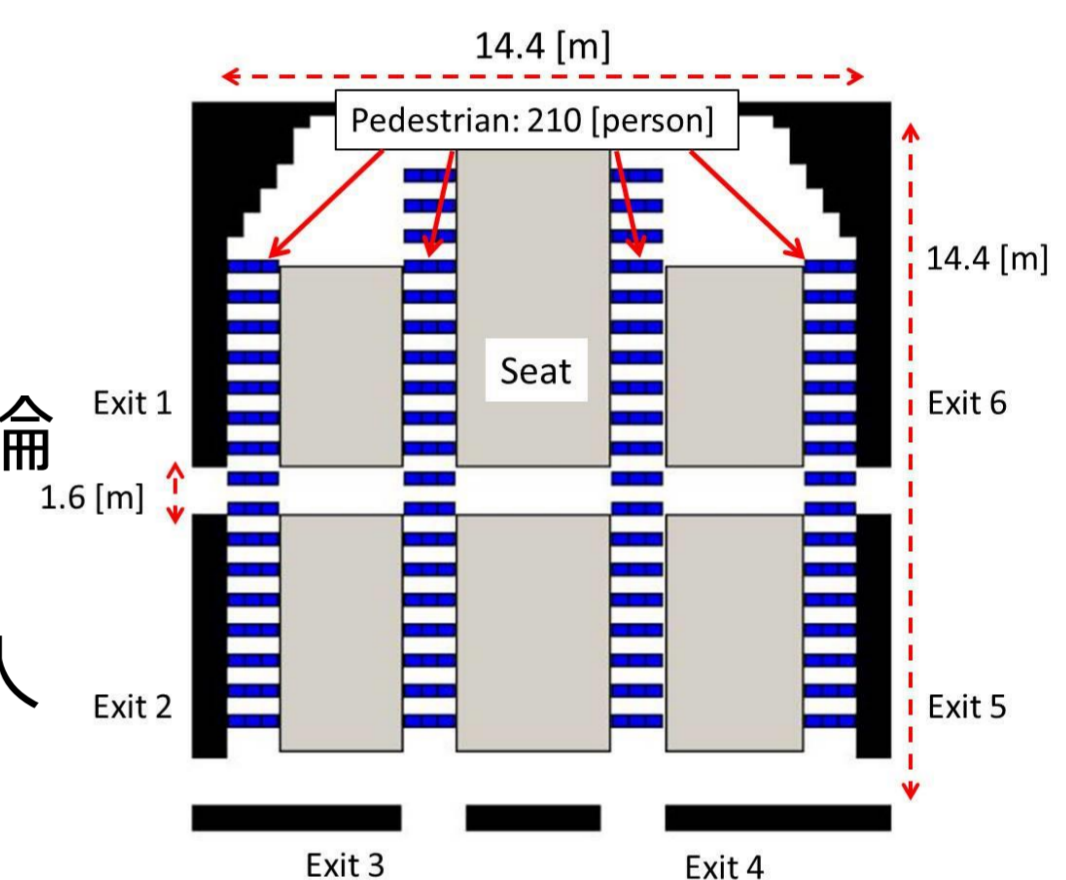
4.2 応用シミュレーション

劇場をシミュレーション域とした、大規模な群集(210人)による退出行動。

Case (A): 出口の評価式

Case (B): プロスペクト理論 (参照点: 2人)

Case (C): 参照点を1~10人でランダム



- ・ Case (B)は、全歩行者が同じ条件で行動し、混雑が発生。
- ・ Case (C)は、出口を変える歩行者が減少し、混雑が低下。

5.まとめ

- ・ MLDシステム表現を用いた群集挙動モデルに歩行者の主観的意思決定を反映したシミュレーションを構築した。
- ・ Case (C)の提案手法は従来手法と比較し、歩行者は一つの出口に集中せず分散するため、各出口の密度は低下した。

今後の展望

- ・ 歩行時の心理特性を考慮した群集挙動モデルの検討。
- ・ 群集挙動の観測を行い、提案モデルの妥当性の検証。

参考文献

- [1] 藤井 佐野: 避難時における駅鉄道改札口通過群集の通行部選択特性 間隙通過時における歩行者の行動特性 その1, J. Archit. Plann., AIJ, Vol. 80 No. 708, 289-297, 2015
- [2] Bryan L. Mesmer et al: Incorporation of decision, game, and Bayesian game theory in an emergency evacuation exit decision model, Fire Safety Journal, Volume 67, 2014
- [3] Kahneman, D. & Tversky, A. (1979). Prospect theory: An analysis of decision under risk. Econometrica, 47, 263-291