

歩行者の主観的意思決定を反映させた群集挙動モデルの構築

東京都立大学 知能機械システムコース B4 村沢 直哉 (児島研究室)

1. はじめに

人間の歩行行動の把握は、安全性や快適性の評価に必要なが、実測が難しく、それらの解析に群集挙動モデルによるシミュレーションが広く行われている。そして、これらの特性は、歩行者の心理的影響、混雑回避の傾向により大きく変わると予想される。

研究目的

本研究では、歩行者の選好をプロスペクト理論により定式化した歩行モデルに着目し、間隔維持・混雑回避を行う歩行者モデルの構築を行い、心理的影響が歩行行動に与える影響の考察を行う。

2. 基本モデル[3]

歩行者を質点として捉え、制約下でモデル予測制御を用いて入力を求める。行動遷移は Mixed logical dynamical システム表現を用いて表現。

モデル予測制御・評価関数 $\min J, U = \{u_{t|t}, u_{t+1|t} \dots u_{t+N-1|t}\}$

$$J = \sum_{k=0}^{N-1} \left((s_{t+k|t} - s_f)^T Q (s_{t+k|t} - s_f) \right) + u_{t+k|t}^T R u_{t+k|t} - c \epsilon_{t+k|t}$$

subj. to $\left\{ \begin{array}{l} \text{状態方程式} \\ \text{位置, 速度の制約} \\ \text{衝突回避条件} \\ \text{群集相互作用} \end{array} \right.$

3. 間隔維持・混雑回避のモデル化

パーソナルスペース

- 群集内では人や物に対して距離を一定以上に保つ。
- 正方形領域で表す。人に対し ϵ_1 [m], 物に対して ϵ_2 [m]。

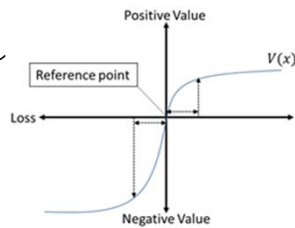


Fig. 1 参照点

プロスペクト理論

- 人間は不確定要素下で主観的判断基準に従う。
- 参照点(Fig. 3)を基に損得評価。

$$V(x) = \begin{cases} x^\alpha & (\text{Gain: } x \geq 0) \\ -\lambda(-x)^\beta & (\text{Loss: } x < 0) \end{cases}$$

$$\alpha = \beta = 0.88, \quad \lambda = 2.25 \text{ [4]}$$

評価点周りの混雑と到達時間を考慮し経路選択。(Fig. 4)

$$C_j = \gamma m_j + \delta L_{ij}/v_{\max} - pV(x) \quad (1)$$

$$\rho, \delta, p = 2, 3, 10 \text{ [1]}$$

L_{ij}/v_{\max} ... 評価点 j 到達時間

m_j ... 評価点 j 到達時の r 内人数

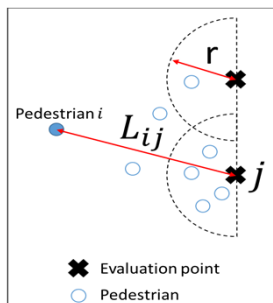
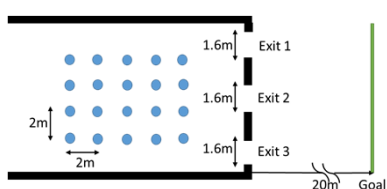


Fig. 2 経路選択

3. シミュレーション

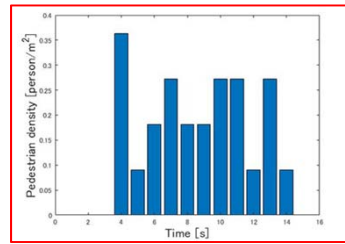
検証シミュレーション

文献[1]の歩行実験を踏まえた歩行者20人の退出シミュレーション。

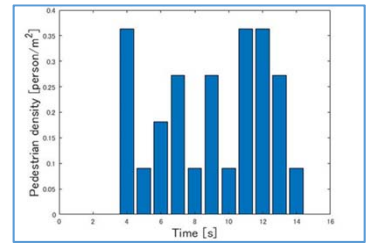


Case A: 提案法. $\epsilon_1, \epsilon_2 = 1, 0.5$ [m] [5] 参照点は評価点周りの人数増減。

Case B: 従来法. 歩行実験に近い再現性を持つ。



Case A 群集密度



Case B 群集密度

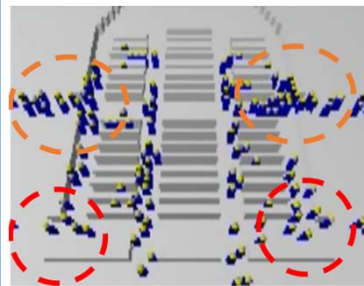
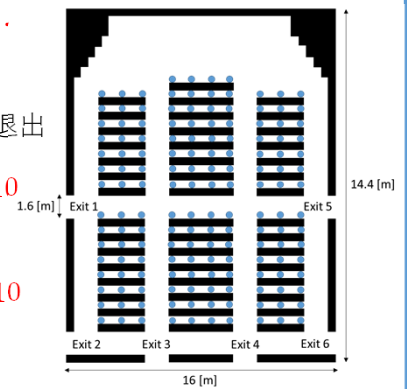
- Case Aの方が混雑，閉散の変化が少なく，各時刻で出口付近の人が同程度になるよう経路計画が行われている。
- Case Aでは間隔維持，混雑回避による心理的影響が歩行行動に反映されている。

応用シミュレーション

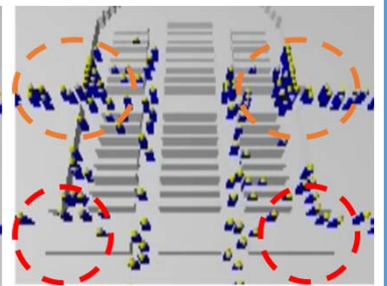
歩行者154人の劇場からの退出

Case C: $\gamma, \delta, p = 1, 1.5, 10$
混雑回避の傾向大

Case D: $\gamma, \delta, p = 3, 4.5, 10$
混雑回避の傾向小



Case C 10 [s]
混雑回避の重み 大



Case D 10 [s]
混雑回避の重み 小

- 混雑回避の傾向を大きくすることで人が集中する()を目指す歩行者が減少，()の利用者が増加，離れた出口の選択により退出時間が増加。
- 混雑回避により歩行者の集中は軽減されるが，価値関数の変化に敏感に反応することにより目標点が激しく切り替わり退出行動が鈍化する

5. まとめと展望

本研究では、人との間隔維持と混雑回避を行う歩行者モデルの構築を行い、大規模な群集内において、混雑回避の傾向が歩行行動に与える影響を明らかにした。

今後は外部からの作用による間隔維持，混雑回避の影響の考察，価値関数，評価式の重みの推定を行っていきたい。

参考文献

- [1] 福山, 児島: 出口選択の主観的意思決定を考慮した群集挙動モデルの検討, 第59回自動制御連合講演会, 2B08-1 (2014)
- [2] 岡田 光正: 群集安全工学, 鹿島出版協会 (2011)
- [3] 猪鹿倉, 清水, 石橋, 児島: パーソナルスペースを考慮した群集挙動のモデリング-ハイブリットシステム表現に基づくアプローチ, システム制御情報学会論文誌, Vol.26, No.10, pp.345-354 (2013)
- [4] E. Avineri : The Effect of Reference Point on Stochastic Network Equilibrium, Transportation Science 40 (4), pp.409-420. (2006)
- [5] 厚生労働省ホームページ「新しい生活様式」実践例) (2020)