

歩行者の異なる行動特性を反映させた群集挙動モデルの構築

首都大学東京大学院 知能機械システム学域 M2 太田 一希 (児島研究室)

1. はじめに

群集挙動は様々な事故の要因となり、実測が難しいため予測シミュレーションは以下の点で有効な一手法となる。

- (1) 都市計画や建築設計の安全性を評価
- (2) 災害時などの避難行動を円滑に誘導する手段として有効

《研究目的》

属性や年齢構成の変化による群集の複雑化に対応するため、歩行者の異なる行動特性を考慮した群集挙動モデルの提案

《従来研究の課題点》

- いくつかのパラメータが感覚的に決定されており、実験や実測データとの比較により決定されていない
- 基本モデルの回避制約は歩行者の向きによって変化しないため、歩行者の向きを変えながらの歩行は表現できない

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、目標点への自立的な歩行を再現する^[1]。

《評価関数》

$$\min_{U} J, U := \{u_{t|t}, u_{t+1|t}, \dots, u_{t+N-1|t}\}$$

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

Subj.to

- 状態方程式
- 位置, 速度, 入力制約
- 衝突回避条件
- 群集相互作用

3. 歩行実験による基本モデルの検証

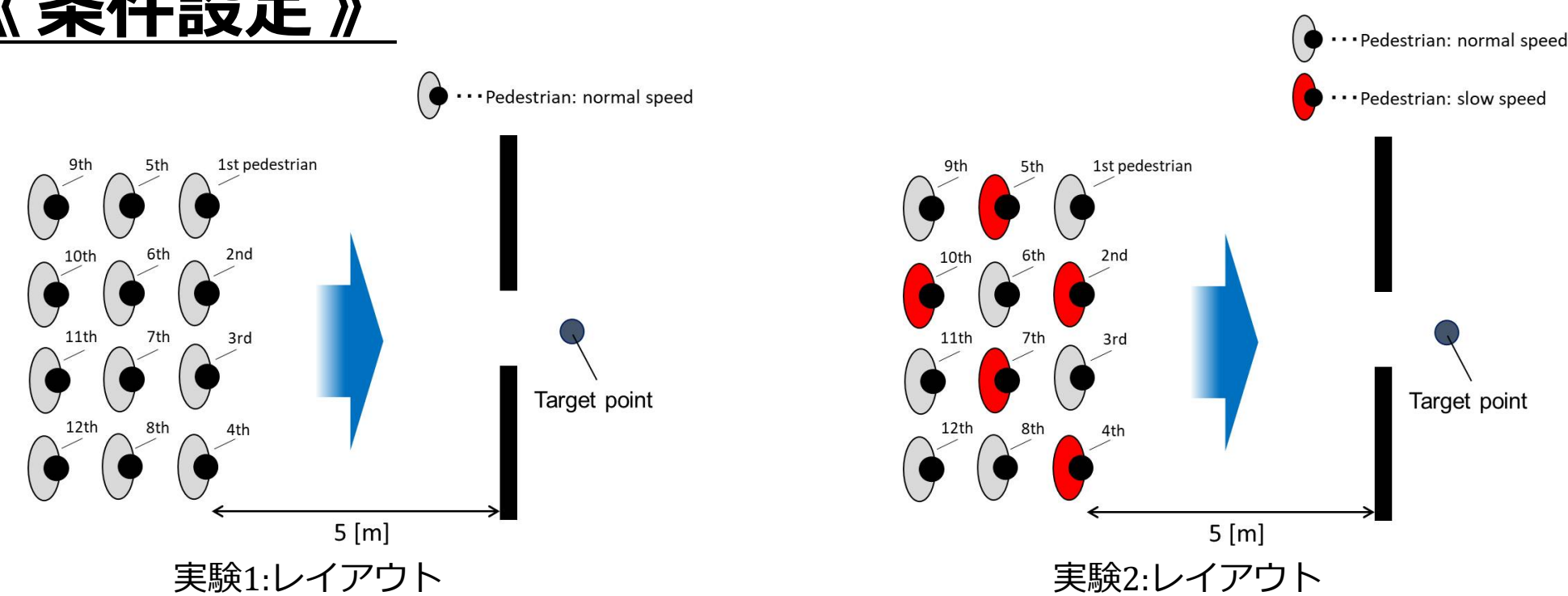
歩行実験と再現シミュレーションの比較により、歩行速度に関する式のパラメータ α と β の値と予測ホライズンの値に関して考察を行う。

《従来の設定》

$$v'_{\max} = \alpha v_{\max} + \beta \frac{1}{n+1} v_{\max}$$

- 歩行速度に関するパラメータ $\alpha = \beta = 0.5$
- 予測ホライズン $N = 4$
(サンプリング周期0.25 [s]で1.0 [s]先までを考慮)

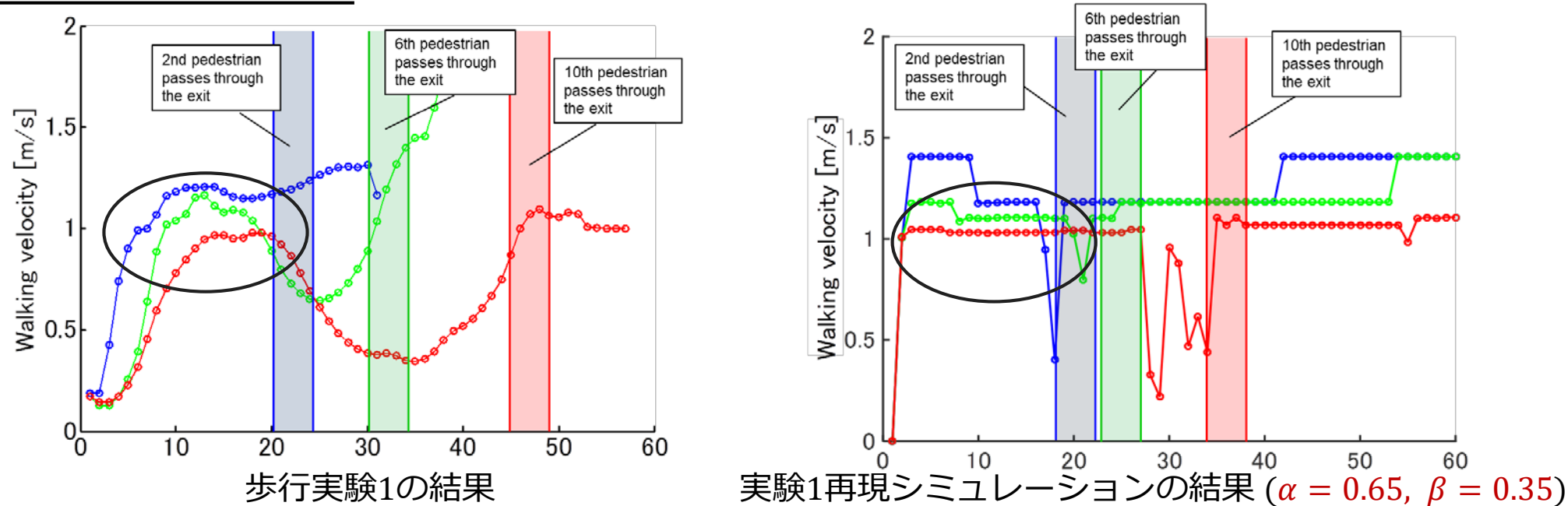
《条件設定》



実験1: 歩行特性を全て同一とした退出行動, 出口幅1.0 [m]

実験2: ゆっくり歩行する歩行者がいる退出行動, 出口幅1.0 [m]

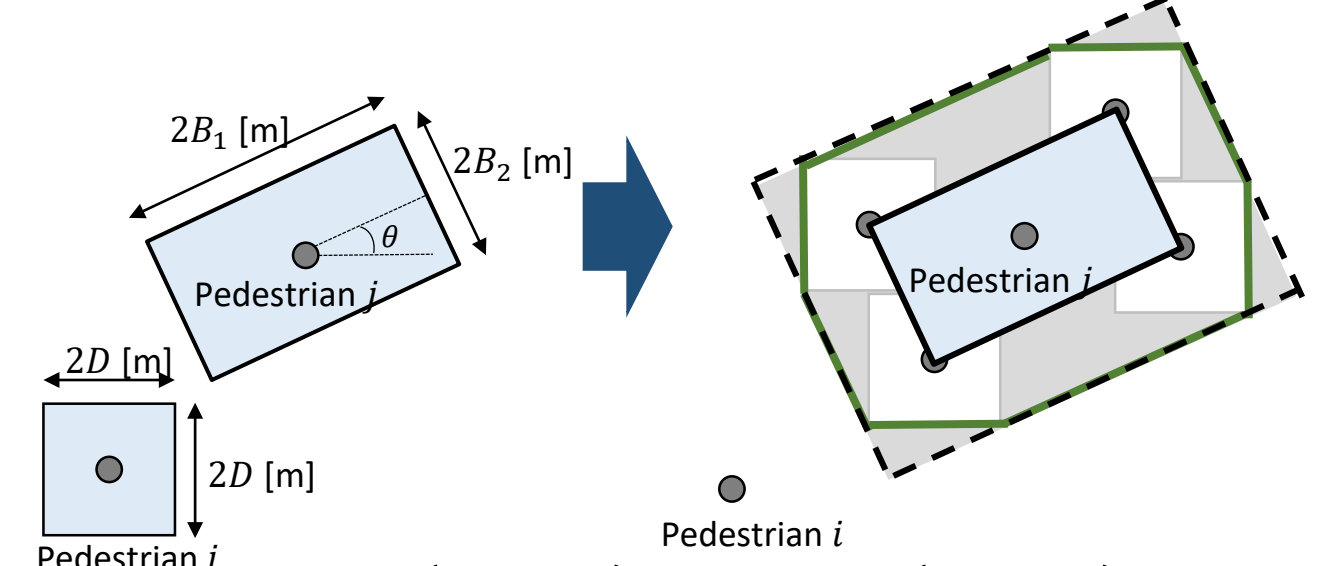
《結果比較》



- 上記のグラフより、 $\alpha = 0.65, \beta = 0.35$ としたとき、実測に近い値を示していることがわかる。
- また、実験2で見られた追い抜き現象は、予測ホライズンを $N = 6$ (1.5秒先まで考慮) とすることで再現された。

4. 回転角度をもつ歩行者との回避領域制約

周囲にいる回転角度をもつ歩行者との衝突を避けるため以下の点線で囲まれた領域に入らないような制約を導入する^[2]。



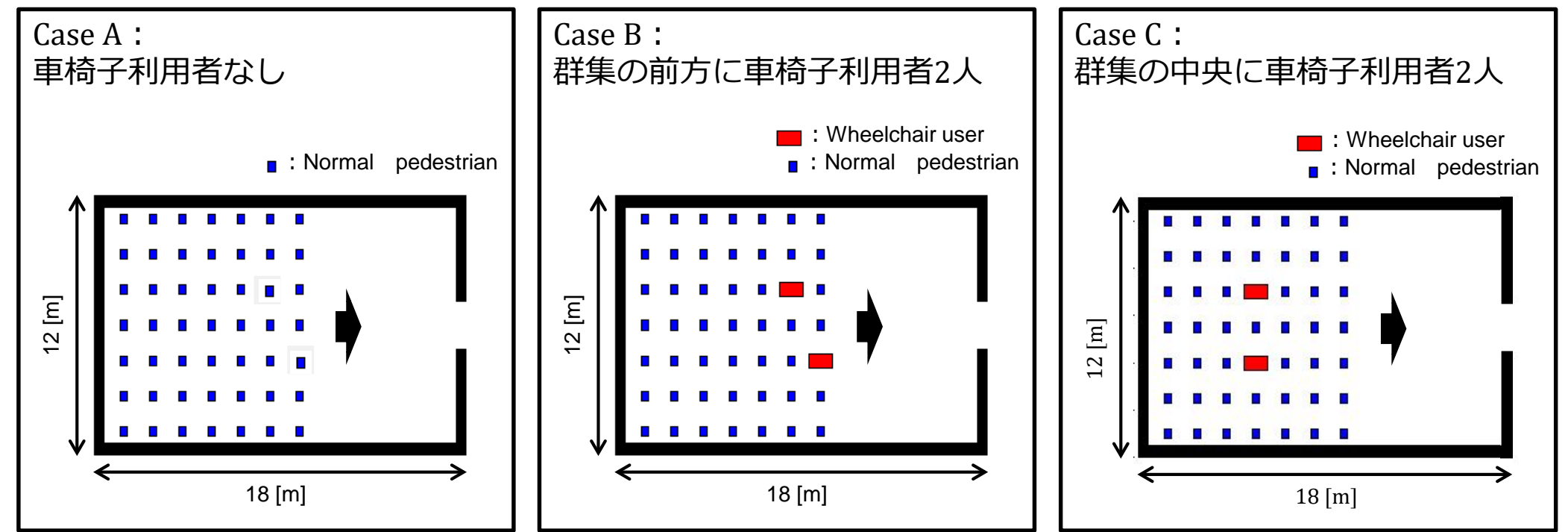
制約として用いる不等式

$$\begin{cases} -(x - p_1) \cdot \cos \theta - (y - q_1) \cdot \sin \theta \leq -(x_j + B_1/2) \\ (x - p_2) \cdot \cos \theta + (y - q_2) \cdot \sin \theta \leq x_j - B_1/2 \\ (x - p_3) \cdot \sin \theta - (y - q_3) \cdot \cos \theta \leq -(y_j + B_2/2) \\ -(x - p_4) \cdot \sin \theta + (y - q_4) \cdot \cos \theta \leq y_j - B_2/2 \end{cases}$$

5. シミュレーション

《車椅子利用者を取り入れた退出シミュレーション》

- 群集全体の歩行者の49人とする。
- 群集内における車椅子利用者の初期配置は固定。

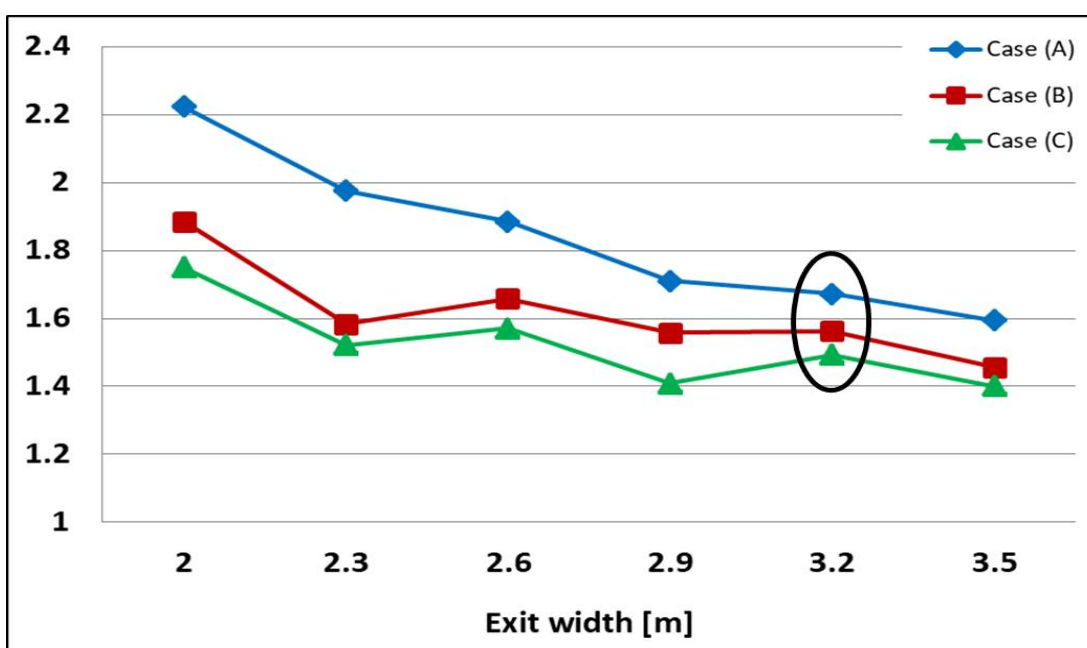


これらの条件下で、出口幅を2.0 [m], 2.3 [m], 2.6 [m], 2.9 [m], 3.2 [m], 3.5 [m]として退出シミュレーションを行う。

Table Parameters of pedestrian*

	Walking velocity	Occupied region
Pedestrian	1.4 [m/s]	0.4 [m] × 0.4 [m]
Wheelchair user	1.0 [m/s]	1.0 [m] × 0.6 [m]

《シミュレーション結果》



Flow coefficient vs. Exit width

- 車椅子利用者がいない場合では出口幅を広げていくと流動係数が徐々に減少。
- Case BとCase Cの比較より、群集内の配置によって流動係数が変化することを確認。

群集内に車椅子利用者がある場合でも流動係数を維持できる最適な出口幅が存在すると考えられる。

- 出口幅 3.2 [m]のとき、3つの条件で流動係数が最も近い値を示している。

6. 研究成果・今後の展望

- 歩行実験との比較や、新たな禁止領域制約の導入により、占有領域と動特性が異なる歩行者を考慮したモデルを提案した。

《今後の展望》

- パーソナルスペースの異方性やグループ歩行者が群集挙動に及ぼす影響の検証

参考文献

- [1] 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モデリング-ハイブリッド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)
- [2] K. Ota and A. Kojima: A modeling of pedestrian dynamics regarding the effect of walking characteristics, SICE Annual Conference 2017