

グループ歩行を考慮した群集挙動のモデル化とその解析

首都大学東京 ヒューマンメカトロニクスシステムコース B4 櫻井隼太郎 (児島研究室)

1.はじめに

群集挙動を予測は以下のような利点で有効な手法となり得る.

- ・都市計画や建築設計における安全性の**評価**や**改善**
- ・災害時の**避難行動**の円滑化



http://www.asahi.com/articles/ASJ4H7XDQJ4HUTIL06P.html
混雑の様子

従来の研究における群集挙動シミュレーションではグループで行動する歩行者の特性は十分に考慮されていなかった. グループ歩行を導入することで, グループで行動する歩行者の動特性や, グループが他の歩行者に及ぼす影響を考慮したシミュレーションが可能となる.

本研究では, 以下を目的に研究を進める.

- ・グループ歩行者の歩行特性を考慮した群集挙動モデルの検討.
- ・検討したモデルを用いた退出行動シミュレーションを行い, グループ歩行者が群集挙動に与える影響を評価.

2.基本モデル

歩行者を平面上に存在する質点と捉えて, 障害物や他者との回避や衝突, 追従行動をMLDシステムを用いて表現する.

速度制約, 入力制約, 障害物回避における制約を考慮し, モデル予測制御を用いて指定した目標点までの歩行を記述する.

Mixed Logical Dynamical (MLD)システム表現^[2]

⇒離散時間領域において対象のモード遷移を含めた記述能力の高い表現が可能.

モデル予測制御

⇒オンライン計算で制御入力を逐次決定し, ステップ毎に有限な予測区間をずらし続けることで最新の情報で最適な操作を行うことが可能.

歩行者特性

質量: $m=60[\text{kg}]$

抵抗係数: $\mu=20[\text{N} \cdot \text{s}/\text{m}]$

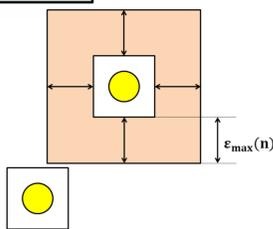
運動方程式

$$m\ddot{x} + \mu\dot{x} = f_x$$

$$m\ddot{y} + \mu\dot{y} = f_y$$

歩行者の動特性

パーソナルスペース: 他の歩行者に近づくされると不快に感じる領域.



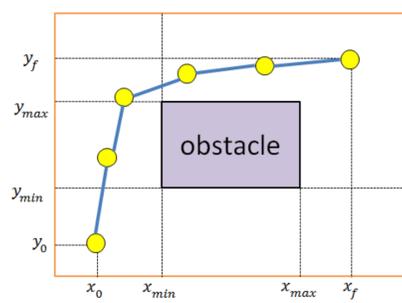
パーソナルスペース

回避条件

$$\begin{aligned} x(t+k|t) &\leq x_{\min} + M\delta_1(t+k|t) \\ -x(t+k|t) &\leq x_{\max} + M\delta_2(t+k|t) \\ y(t+k|t) &\leq y_{\min} + M\delta_3(t+k|t) \\ -y(t+k|t) &\leq y_{\max} + M\delta_4(t+k|t) \end{aligned}$$

$$\sum_{l=1}^4 \delta_l(t+k|t) \leq 3$$

M : 十分大きな正数
 δ : 0-1変数



障害物回避

評価関数

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

$s_{t+k|t}$: 歩行者位置

s_f : 目標点

min_U $J, U := \{u_{t|t}, u_{t+1|t}, \dots, u_{t+N-1|t}\}$ Subj.to $\begin{cases} \text{状態方程式} \\ \text{位置・速度の制約} \end{cases}$

3.シミュレーション

3.1シミュレーション条件

以下の表のように, 単独歩行者のみ
の群集とグループ歩行者を混在させた
群集を配置し, 退出行動を行い,
出口の流動係数を測定.

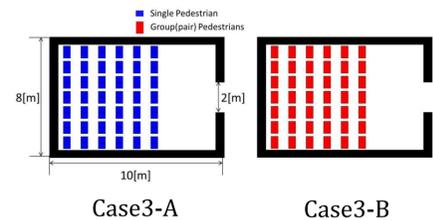
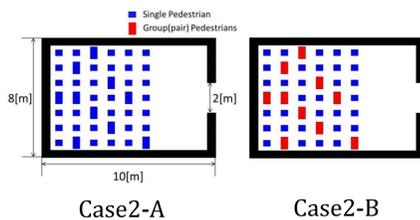
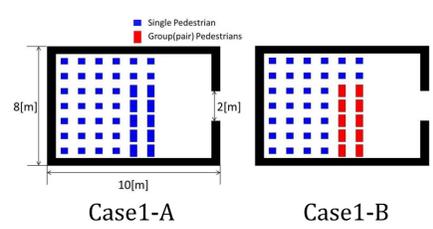
	グループの有無, 配置方法	総歩行者数(人)
Case1-A	単独歩行者のみ	52
Case1-B	グループを片側に配置	52
Case2-A	単独歩行者のみ	52
Case2-B	グループを分散させて配置	52
Case3-A	単独歩行者のみ	84
Case3-B	グループを全域に配置	84

パラメータ設定

サンプリング周期	0.25 [s]
予測ホライズン	4
出口幅	1.0 [m]
単独歩行者速度	1.5 [m/s]
グループ速度	1.26 [m/s]
単独歩行者占有領域	$0.4 \times 0.4 [\text{m}^2]$
グループ占有領域	$0.4 \times 0.8 [\text{m}^2]$

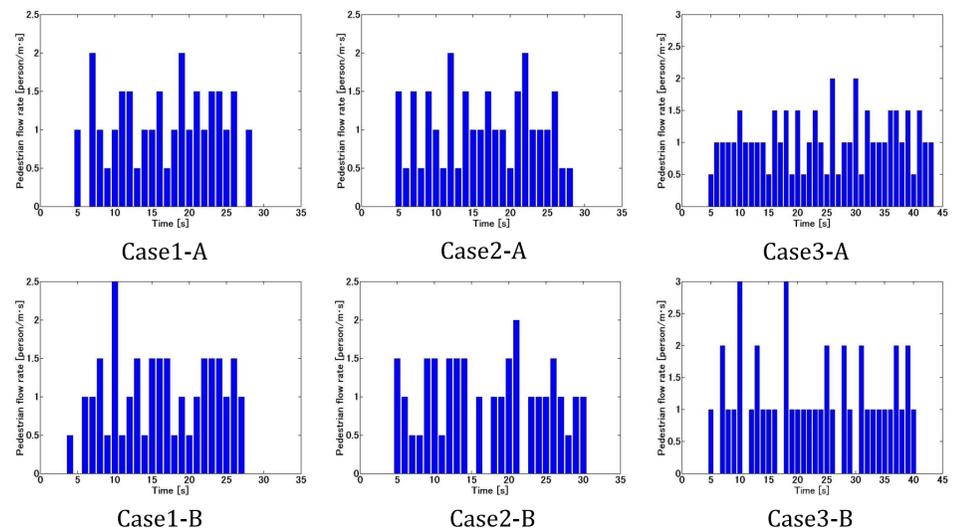
レイアウト

Case1では最も影響を及ぼすと仮定した片側配置, Case2では一般的に想定される分散配置, Case3では歩行者特性を比較するためにグループ歩行者のみとした.



3.2シミュレーション結果

流動係数のグラフ



平均流動係数

	Case 1	Case 2	Case 3
A (グループなし)	1.0833	1.0833	1.0769
B (グループあり)	1.0833	1.0	1.1667

グループ歩行者を混在させた場合, 流動係数の脈動が多くなり, 配置の仕方によって平均流動係数が変化する.

グループ歩行者のみの場合, 単独歩行者のみと比較すると, 流動性が上昇することが確認できた.

4.まとめと今後の展望

- ◆本研究では, MLDシステム表現を用いて, グループ歩行者を考慮した群集挙動モデルを検討した.
- ◆今後は周囲の歩行者や障害物によるグループ間距離の変動を考慮したより精密なグループ歩行モデルを構築する.

参考文献

- [1]Wenhang Li, Jianhua Gong, Ping Yu, Shen Shen, Rong Li, Qishen Duan, Simulation and analysis of congestion risk during escalator transfers using a modified social force model Physica A 420 (2015) 28-40
- [2] 幸加木, 児島 MLDシステム表現に基づく群集挙動のモデリング, システム制御情報学会論文誌, vol. 23, No7, pp139-146