

歩行者ラウンドアバウトを再現する群集挙動モデルの構築

東京都立大学 システムデザイン学部機械システム工学科 B4 栗原利気 (児島研究室)

1. はじめに[1]

群集流の交差は明確な制御方法が未だ確立されておらず、重大な群集事故が発生する要因の一つである。



Fig. 1 : 交差する群集流

Fig. 2 : ラウンドアバウト

近年、歩行者ラウンドアバウトと呼ばれる交錯流の制御方法が提案され、注目されている。

研究目的

- 歩行者ラウンドアバウトを用いた整流をMLDシステム表現に基づいたシミュレーション上で再現する。
- 構築したモデルにおいて、群集に対し方向指示を行いその効果を人数別に考察する。
- 構築したモデルにおいて、誘導に対する従いやすさである応諾率を変化させ、その人流効率を考察する。

2. 歩行者の基本モデル[2]

モデル予測制御

歩行者を平面上の質点として扱い、導出した有限時間最適化問題を繰り返すことで歩行者の動きを再現する。

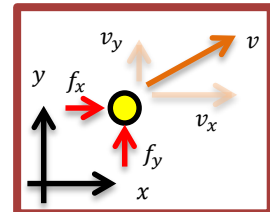


Fig. 3 : 質点モデル

状態方程式

$$\dot{s} = As + Bu$$

$$s = [x, y, v_x, v_y]^T, u = [f_x, f_y]$$

評価関数

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

有限時間最適化問題

$$\min_u J, U := \{u_{t|t}, u_{t+1|t}, \dots, u_{t+N-1|t}\} \quad \text{subject to} \begin{cases} \text{状態方程式} \\ \text{位置・速度の制約} \\ \text{衝突回避条件} \\ \text{パーソナルスペース} \end{cases}$$

3. ラウンドアバウトのモデル化[3]

歩行者ラウンドアバウト



Fig. 4 : ラウンドアバウトモード図

ラウンドアバウトとは、交差点の中央に大型の障害物を設置する4方向流制御法である。もともとは、信号を用いない自動車の交錯制御法として提案された。

本研究ではこのラウンドアバウトを歩行群集の4方向流制御に用いる。

応諾率



Fig. 5 : 応諾率

歩行者の誘導に対する従いやすさのことを応諾率という。

目的地が視認できる場合その方向以外への誘導に対する応諾率が低下することが知られている[4]。

4. シミュレーション

シミュレーション条件と結果

① 方向指示効果の検証

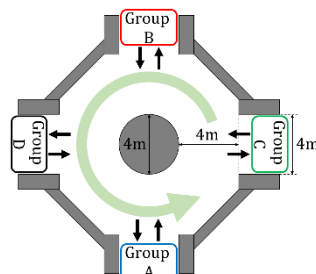


Fig. 6 : シミュレーション空間

目的地：歩行者の初期位置以外の他の3つの通路

Case A1: 方向指示なしで歩行者36人が目的地に向かう

Case A2: 反時計回りの方向指示を受け、歩行者36人が各々の目的地に向かう

Case B1: Case A1を歩行者120人で実施

Case B2: Case A2を歩行者120人で実施

経過時間と目標通路の経過人数を各Caseで比較する。

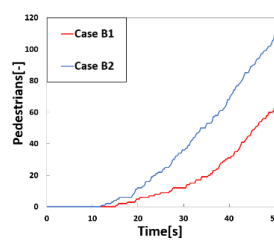
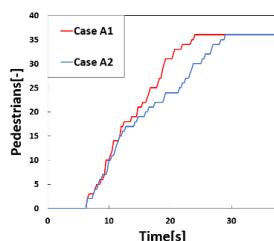


Fig. 7 : 経過時間と通過人数 (左 : 36人, 右 : 120人)

36人のときはCase A2よりCase A1のほうが人流効率が良いとなり、120人のときはCase B1よりCase B2のほうが人流効率が良いことがわかった。

② 応諾率を考慮したシミュレーション

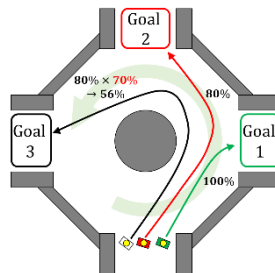


Fig. 8 : 応諾率

シミュレーション①の実験空間で応諾率を次のように変化したシミュレーションを作成する。

- 目的地が誘導と同じ方向であるとき応諾率は100%となる。
- 視認できる目的地と反対方向への方向指示には通常に応諾率に対し、70%のバイアスがかかる[4]。

人数24人、60人に対し、応諾率を20%、40%、60%、80%、100%と変化させ、シミュレーションを作成し、出口通路での経過時間と通過人数の関係を測定する。

24人のときは20%程度の低めの応諾率が適しているのに対し、60人のときは80%程度の大きな応諾率が適していることが確認された。

5. まとめ・今後の展望

- ▶ 少人数では方向指示をしない方が、多人数では方向指示をした方が人流効率が良いことがわかった。
- ▶ 少人数では小さな応諾率、多人数では大きな応諾率を実現できる誘導が適していることがわかった。
- ✓ 今後は時間変化を考慮した応諾率を実現した歩行者ラウンドアバウトを再現するモデルの構築を考えている。

参考文献

- [1] "ラウンドアバウトの現状", 第1回ラウンドアバウト検討委員会 配布資料3, 国土交通省, 2013, P.1, <https://www.mlit.go.jp/road/ir/jr-council/roundabout/pdf/01/4.pdf>, (参照 2022-09-28).
- [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, No. 7, pp. 139-146(2010).
- [3] 今西, 城, 船木, 佐野: 歩行者ラウンドアバウトによる歩行交錯流の整流 (その1) 歩行者ラウンドアバウトの提案と実験的検証, 日本建築学会計画系論文集, Vol. 86 No. 781, pp. 803-813(2021).
- [4] Tang, Wu, Lin : Using virtual reality to determine how emergency signs facilitate way-finding, Applied Ergonomics, Vol.40, No.4 (2009) .